

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 50, No 4 (275)

DOI: 10.26898



2020
July–August

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. Khramtsov	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, Browker, 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 50, № 4 (275)

DOI: 10.26898



2020

июль – август

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

Заместитель главного редактора – Жителева Ольга Николаевна, заместитель начальника научно-организационного отдела Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий 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 агробиотехнологий 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 25.09.2020. Формат 60 × 84^{1/8}. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 15,25.

Уч-изд. л. 14,0. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агробиотехнологий Российской академии наук

© ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук», 2020

© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2020

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

CONTENTS

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ
И ХИМИЗАЦИЯ

AGRICULTURE
AND CHEMICALIZATION

Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Эффективность севооборота при длительном воздействии систем основной обработки почвы

5 **Perfilyev N.V., Vyushina O.A.** Efficiency of crop rotation under long-term application of basic tillage systems

Епифанцев В.В., Панасюк А.Н., Осипов Я.А., Вайтехович Ю.А. Оптимальная ширина полос при Mow-till для накопления органики и урожайности сои

13 **Epifantsev V.V., Panasyuk A.N., Osipov Ya.A., Vaytekovich Yu.A.** Optimum strip width at Mow-till for organic accumulation and soybean yield

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

PLANT GROWING AND BREEDING

Куликова В.И., Ходаева В.П., Лапшинов Н.А. Оценка различных способов оздоровления перспективных сортов и гибридов картофеля

23 **Kulikova V.I., Khodaeva V.P., Lapshinov N.A.** Assessment of different ways of improving promising potato varieties and hybrids

КОРМОПРОИЗВОДСТВО

FODDER PRODUCTION

Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю. Перспективные малораспространенные мятликовые и зернобобовые кормовые культуры

32 **Andreeva O.T., Pilipenko N.G., Sidorova L.P., Kharchenko N.Yu.** Promising uncommon poaceous and leguminous fodder crops

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION

- | | |
|--|---|
| <p>Мороховец В.Н., Басай З.В., Мороховец Т.В., Штерболова Т.В., Вострикова С.С., Скорик Н.С. Изучение эффективности почвенных гербицидов в отношении ежовника обыкновенного</p> | <p>40 Morokhovets V.N., Basay Z.V., Morokhovets T.V., Shterbolova T.V., Vostrikova S.S., Skorik N.S. Study of the effectiveness of soil herbicides in relation to barnyard grass</p> |
| <p>Исачкова О.А., Логинова А.О. Устойчивость образцов голозерного овса к стеблевой ржавчине</p> | <p>48 Isachkova O.A., Loginova A.O. Resistance of samples of naked oats to stem rust</p> |

ЖИВОТНОВОДСТВО
И ВЕТЕРИНАРИЯ

ANIMAL HUSBANDRY
AND VETERINARY SCIENCE

- | | |
|--|--|
| <p>Ефимова Л.В., Гатилова Е.В., Зазнобина Т.В., Иванова О.В. Молочная продуктивность и качество молока дочерей быков голштинской породы</p> | <p>56 Efimova L.V., Gatilova E.V., Zaznobyna T.V., Ivanova O.V. Dairy productivity and milk quality of daughters from bulls of Holstein breed</p> |
| <p>Луду Б.М., Кан-оол Б.К. Разведение герфордской породы в условиях Республики Тыва</p> | <p>66 Ludu B.M., Kan-ool B.K. Raising Herford breed in the conditions of the Republic of Tuva</p> |
| <p>Лопсан Ч.О. Динамика и особенности проявления высокопатогенного гриппа птиц на территории Республики Тыва</p> | <p>72 Lopsan H.O. Dynamics and features of manifestation of highly pathogenic avian influenza in the Republic of Tuva</p> |

МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ,
МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ

MECHANISATION,
AUTOMATION, MODELLING
AND DATAWARE

- | | |
|---|--|
| <p>Альт В.В., Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Клименко Д.Н., Елкин О.В. Методологические основы автоматизации разработки измерительных экспертных систем автотракторных двигателей</p> | <p>80 Alt V.V., Dobrolyubov I.P., Savchenko O.F., Klimenko D.N., Elkin O.V. Methodological basis for measuring expert systems automation of motor and tractor Engines</p> |
|---|--|

СОДЕРЖАНИЕ

- Тихоновская К.В., Тихоновский В.В., 93 Tikhonovskaya K.V., Tikhonovsky V.V.,**
Блынский Ю.Н., Домнышев Д.А. Blynsky Y.N., Domnyshev D.A. Interac-
Взаимодействие транспортных средств tion of vehicles with the grain pre-treat-
с пунктом предварительной обработки ment point
зерна
- Гринкевич В.А., Сероклинов Г.В. Выбор 103 Grinkevich V.A., Seroklinov G.V. Select-**
точек заземления для снижения уровня ing grounding points to reduce interfer-
помех сигнала высокоомного измери- ence level of the signal of high-imped-
тельного канала ance measuring channel

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

OUR JUBILJARS

- Базарбай Оразбаевич Инербаев 114 Bazarbay Orzabaevich Inerbaev**

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

IN COMMEMORATION OF SCIENTIST

- Вячеслав Степанович Нестяк 127 Vyacheslav Stepanovich Nestyak**





ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Перфильев Н.В., Выюшина О.А.

*Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук
Тюменская область, пос. Московский, Россия*

Дана оценка продолжительного воздействия систем основной обработки почвы различной степени интенсивности на урожайность и экономическую эффективность производства при возделывании зерновых в зернопаровом севообороте. Исследования проведены в 2017–2019 гг. в длительном стационарном опыте на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве в Тюменской области. Опыты проходили в период седьмой ротации зернопарового севооборота чистый пар – озимая рожь – яровая пшеница – яровая пшеница – яровой ячмень, развернутого во времени и в пространстве. В годы с хорошей обеспеченностью осадками, близкой к среднепогодной, и теплом ресурсосберегающие системы обработки с использованием дискования БДТ-2,5 на 10–12 см и плоскорезной обработки на 12–14 см на фоне без удобрений и с их применением вели к снижению урожайности озимой ржи на 0,30–0,98 т/га. Урожайность пшеницы по озимой ржи, ячменя была близкой варианту отвальной системы. Отмечено снижение урожайности повторной пшеницы на фоне без применения удобрений на 0,04–0,40 т/га. На фоне с применением удобрений урожайность была равной контролю. На фоне без удобрений наиболее эффективной оказалась отвальная система обработки с чистым доходом 14,92 тыс. р./га. Близкие по эффективности показатели к отвальной системе отмечены по комбинированной и поверхностной системам обработки (уступали 4,3–6,6%). На фоне с применением удобрений самым эффективным оказалось возделывание зерновых по комбинированно-минимальной системе обработки с чередованием вспашки и дискования с чистым доходом 17,74 тыс. р./га, что выше, чем по отвальной вспашке, на 13,4%. Близкие к контрольному варианту показатели чистого дохода наблюдали по дифференцированной, плоскорезной, комбинированной системам обработки. В остальных изучаемых вариантах чистый доход был ниже, чем при отвальной системе: на фоне без удобрений на 1,26–2,44 тыс. р./га (8,5–16,3%), с применением удобрений на 1,02–1,78 тыс. р./га (6,5–9,0%).

Ключевые слова: севооборот, система основной обработки, продуктивность, урожайность, экономическая эффективность

EFFICIENCY OF CROP ROTATION UNDER LONG-TERM APPLICATION OF BASIC TILLAGE SYSTEMS

Nikolay V. Perfiljev, Olga A. Vyushina

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

An assessment is given of the long-term impact of basic tillage systems of various degrees of intensity on the yield and economic efficiency of production in the cultivation of cereals in grain-fallow crop rotation. The study was carried out in 2017–2019 in a long-term stationary experiment on dark grey forest heavy loamy soil in Tyumen region. The experiments were carried out during the

seventh rotation of the grain-fallow crop rotation: bare fallow – winter rye – spring wheat – spring wheat – spring barley, spread in time and space. In years with high temperatures and good rainfall, close to the average annual rainfall, resource-saving tillage systems with disk harrowing BDT-2.5 by 10-12 cm and stubble-mulch tillage by 12-14 cm with and without fertilizers led to a decrease in winter rye yield by 0.30-0.98 t/ha. Wheat yield against winter rye and barley was close to the variant with the moldboard tillage. There was a decrease in the yield of wheat sown repeatedly without the use of fertilizers by 0.04-0.40 t/ha. When fertilizers were used, the yield was equal to the control. The moldboard tillage without fertilizers was the most effective, with the net income of 14.92 thousand rubles/ha. Combined and surface soil tillage systems were similar in efficiency to the moldboard tillage (inferior by 4.3-6.6%). The most effective cultivation of cereals with the use of fertilizers was by minimum combined tillage with alternating plowing and disk harrowing, with the net income of 17.74 thousand rubles/ha, which was 13.4% higher compared to moldboard plowing. Differentiated, stubble-mulch and combined tillage brought the net income close to the control. In the remaining options studied, the net income was lower than with the moldboard tillage: without fertilizers – by 1.26-2.44 thousand rubles/ha (8.5-16.3%), with the use of fertilizers – by 1.02-1.78 thousand rubles/ha (6.5-9.0%).

Keywords: crop rotation, basic tillage system, productivity, yield, economic efficiency

Для цитирования: Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Эффективность севооборота при длительном воздействии систем основной обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 4. С. 5–12. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-1.

For citation: Perflyev N.V., Vyushina O.A. Efficiency of crop rotation under long-term application of basic tillage systems. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 4, pp. 5–12. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-1.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Обработка почвы – важный элемент системы земледелия [1–3]. Механическое воздействие при обработке почвы оказывает существенное влияние на элементы почвенного плодородия и в конечном итоге – на урожайность культур, которая определяет уровень экономической эффективности производства [4, 5]. В Тюменской области наиболее распространена традиционная отвальная система обработки. Она эффективно способствует оптимизации агрофизических параметров, в особенности малогумусных, тяжелосуглинистых, сильно уплотняющихся серых лесных почв, которые составляют более 30% пашни¹, стабильно обеспечивает фитосанитарное состояние почвы и посевов. В то же время в производстве с появлением нового поколения высокопроизводительной сельскохозяйственной техники в целях снижения затрат на топливо, повышения произ-

водительности труда при возделывании зерновых значительное место стали занимать ресурсосберегающие технологии основной обработки, при которых вспашку частично или систематически заменяют обработкой плоскорезами, дисковыми орудиями.

В публикациях по изучению систем обработки имеется значительное количество материалов по влиянию их на урожайность и эффективность производства. Некоторую встречающуюся в них противоречивость результатов объясняют отличающимися почвенными, климатическими условиями проведения экспериментов, уровнем применения средств химизации, а также продолжительностью воздействия систем обработки [6–8].

Цель исследования – дать оценку продолжительного воздействия систем основной обработки почвы различной интенсивности на урожайность и экономическую эффективность производства при возделывании зерновых в зернопаровом севообороте.

¹Каретин Л.Н. Почвы Тюменской области. Новосибирск: Наука, 1990. 258 с.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в стационарном опыте на опытном поле Научно-исследовательского института сельского хозяйства Северного Зауралья – филиале Тюменского научного центра СО РАН в 2017–2019 гг. в период седьмой ротации зернопарового севооборота чистый пар – озимая рожь – яровая пшеница – яровая пшеница – яровой ячмень, развернутого во времени и в пространстве. Почва темно-серая лесная тяжелосуглинистая.

Глубина гумусного 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.

Изучены следующие системы обработки почвы:

- отвальная – ежегодно под все культуры вспашка оборотным плугом Lemken на 20–22 см;
- безотвальная – ежегодно обработка плугом со стойками СибИМЭ на 20–22 см;
- комбинированная – чередование вспашки и безотвального рыхления на 20–22 см;
- дифференцированная – в пару и после озимой ржи плоскорезная обработка культиватором Смарагд на 12–14 см, вспашка Lemken на 20–22 см под вторую пшеницу, под ячмень и после него дискование БДТ-2,5 на 10–12 см;
- комбинированно-минимальная – чередование вспашки на 20–22 см и дискования БДТ-2,5 на 10–12 см, чередование рыхления стойками СибИМЭ на 20–22 см и дискования БДТ-2,5 на 10–12 см, чередование вспашки на 20–22 см и рыхления Смарагд на 12–14 см;
- плоскорезная – ежегодно обработка Смарагд на 12–14 см;
- поверхностная – ежегодно обработка БДТ-2,5 на 10–12 см.

Весной на всех фонах основной обработки проводили общепринятую предпосевную обра-

ботку и посев сеялкой СЗП-3,6. На фоне с применением удобрений вносили $N_{40}P_{40}K_{40}$ кг д.в. / га севооборотной площади.

Обработку гербицидами проводили общим фоном. В исследованиях использованы общепринятые методики^{2–4}. По метеорологическим условиям вегетационного периода годы исследований по обеспеченности осадками и теплом были благоприятными для возделывания сельскохозяйственных культур.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наши исследования продуктивности зернопарового севооборота в зависимости от продолжительного применения (30 лет) различных систем основной обработки показали, что в среднем за 2017–2019 гг. (годы начала седьмой ротации севооборота) урожайность озимой ржи на фоне без удобрений составила 2,53–3,51 т/га, с применением удобрений – 3,80–4,54 т/га. На фоне с применением удобрений и без них ресурсосберегающие системы обработки при длительном использовании вели к снижению урожайности озимой ржи. В сравнении с отвальной системой наиболее значительное снижение урожайности отмечено по комбинированно-минимальной системе обработки с чередованием рыхления плугом со стойками СибИМЭ на 20–22 см и дискования БДТ-2,5 на 10–12 см (на 0,98 т/га), чередованию вспашки на 20–22 см и плоскорезной обработки Смарагд на 12–14 см (на 0,50–0,54 т/га), а также по безотвальной системе обработки (на 0,30–0,44 т/га). Данное снижение урожайности объясняется тем, что в условиях преимущественно влажных лет в период наблюдений у озимой ржи формировался высокий стеблестой. Это вело к значительному его полеганию по мелким и безотвальным обработкам из-за поверхностного размещения корневой системы и вследствие этого – потерям урожая.

²Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Колос, 1979. 416 с.

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

⁴Шеметов А.К. Экономическая оценка агротехнических мероприятий и севооборотов: метод. рекомендации. Новосибирск: РИЦ СО ВАСХНИЛ, 1977. 16 с.

Влияние систем основной обработки на урожайность яровой пшеницы в значительной степени зависело от предшественника и фона применения удобрений. Ресурсосберегающие обработки в большинстве на фоне без применения удобрений обеспечивали урожайность пшеницы по озимой ржи, близкую контрольному варианту. Урожайность пшеницы по озимой ржи на фоне применения удобрений по ресурсосберегающим системам обработки в основном также была равной контрольному варианту или превышала его на 0,16–0,48 т/га. Лучшие показатели при этом обеспечивали комбинированно-минимальная система обработки с чередованием вспашки и дискования и плоскорезная система обработки, где урожайность превышала контроль на 0,37–0,48 т/га.

На повторной пшенице на фоне без применения удобрений ресурсосберегающие системы обработки снижали ее урожайность на 0,04–0,40 т/га, с применением удобрений обеспечивали получение урожайности, в основном равной контрольному варианту. В годы исследований урожайность ячменя – заключительной культуры севооборота – в основном мало зависела от систем основной обработки.

В среднем за годы исследований самую высокую зерновую продуктивность зернопарового севооборота без внесения удобрений обеспечила отвальная система обработки, где выход зерна с 1 га севооборотной площади составил 1,88 т/га. Ресурсосберегающие системы обработки снижали выход зерна на фоне без удобрений на 0,08–0,31 т/га, или 4,2–16,5%, в сравнении с отвальной системой. При этом наиболее близкие к контрольному варианту показатели выхода зерна (1,84 т/га) отмечены по комбинированной системе.

На фоне применения удобрений выход зерна по ресурсосберегающим системам обработки оказался практически равным отвальной системе. Разница в продуктивности в основном не превышала 5%. При этом по комбинированно-минимальной системе с чередованием вспашки и дискования, по плоскорезной системе выход зерна был

на 0,03–0,17 т/га выше, чем по отвальной (см. табл. 1).

Анализ показателей экономической эффективности возделывания зерновых в зернопаровом севообороте по различным системам обработки почвы свидетельствует, что эффективность в большей степени зависела от продуктивности, чем от снижения затрат на обработку при применении ресурсосберегающих технологий. Так, применение данных систем снижало прямые затраты на фоне без удобрений на 0,8–5,6%, с удобрениями на 0,37–0,92%. Уменьшение затрат по фону с внесением минеральных удобрений в данном случае объясняется снижением доли затрат на обработку почвы в общей структуре затрат при возделывании зерновых. При этом стоимость валовой продукции на фоне без удобрений по ресурсосберегающим системам обработки из-за уменьшения выхода зерна снижалась на 2,06–3,87 тыс. р./га, или 11,5–16,6%. Исключение составил вариант с комбинированной системой обработки, где снижение стоимости валовой продукции отмечено не таким значительным – 0,72 тыс. р./га, или 3,1% (см. табл. 2).

На фоне с применением минеральных удобрений при довольно близких значениях продуктивности севооборота по различным системам основной обработки почвы стоимость валовой продукции также не имела значительных различий. Некоторое ее снижение по большинству ресурсосберегающих систем обработки не превышало 1,1–5,1%. По вариантам с поверхностной системой обработки с ежегодным дискованием БДТ-2,5 на 10–12 см и при чередовании отвальной вспашки на 20–22 см и дискования стоимость валовой продукции была выше, чем на контрольном варианте, на 825–2037 р./га севооборотной площади, или 6,2–6,5%.

На фоне без применения удобрений самый высокий чистый доход (14,92 тыс. р./га севооборотной площади) был по варианту с отвальной системой. Наиболее близкие к отвальной системе обработки показатели чистого дохода отмечены по комбинированной и поверхностной системам (ниже контроля на 4,3–6,6%). На фоне с применением удо-

Табл. 1. Урожайность сельскохозяйственных культур зернопарового севооборота в зависимости от системы основной обработки почвы (среднее за 2017–2019 гг.), т/га

Table 1. Crop yield of grain-fallow rotation depending on the basic tillage system (average for 2017–2019), t/ha

Система основной обработки почвы	Озимая рожь		Пшеница		Пшеница		Ячмень		Выход зерна с 1 га севооборотной пашни	
	без удобрения	с удобрениями	без удобрения	с удобрениями	без удобрения	с удобрениями	без удобрения	с удобрениями	без удобрения	с удобрениями
<i>Глубокая обработка</i>										
Отвальная (Лемкен)	3,51	4,30	2,12	2,80	1,82	2,64	2,00	3,00	1,88	2,54
Безотвальная (ЛП-0,35)	3,07	4,00	2,04	2,77	1,47	2,30	1,86	3,03	1,69	2,41
Комбинированная	3,38	3,87	2,05	3,00	1,78	2,73	1,95	3,00	1,84	2,50
<i>Поверхностная</i>										
Дискование (БДТ-2,5)	3,34	4,01	2,11	2,74	1,49	2,62	2,06	3,04	1,80	2,48
Дифференцированная	3,03	4,54	1,90	2,96	1,46	2,36	1,98	3,02	1,67	2,57
Плоскорезная (Смарагд)	2,66	3,97	2,21	3,17	1,50	2,40	2,00	3,00	1,66	2,50
<i>Комбинированно-минимальная</i>										
Чередование вспашки и дискования	3,07	4,31	2,10	3,28	1,60	2,75	2,15	3,23	1,78	2,71
Чередование рыхления, ЛП-0,35 и дискования	2,53	3,92	2,10	3,00	1,42	2,25	1,84	3,10	1,57	2,43
Чередование вспашки и КПЭ-3,8	2,97	3,80	2,04	2,82	1,60	2,47	1,92	2,85	1,71	2,40
НСР ₀₅	0,21	0,25	0,17	0,29	0,27	0,33	0,11	0,15		

Табл. 2. Экономическая эффективность зернопарового севооборота в зависимости от систем основной обработки почвы (среднее за 2017–2019 гг.)**Table 2.** Economic efficiency of grain-fallow crop rotation depending on the basic tillage systems, (average for 2017-2019)

Система основной обработки почвы	Фон удобрений	Показатель, тыс. р./га севооборотной площади			
		Прямые затраты	Себестоимость 1 т зерна	Стоимость валовой продукции	Чистый доход
Отвальная	Без удобрений	8,39	4,46	23,31	14,92
	С удобрениями	15,75	6,20	31,40	15,65
Безотвальная	Без удобрений	8,20	4,85	20,82	12,62
	С удобрениями	15,57	6,46	29,81	14,24
Комбинированная	Без удобрений	8,31	4,52	22,60	14,28
	С удобрениями	15,67	6,27	31,04	15,38
Дифференцированная	Без удобрений	8,15	4,88	20,64	12,49
	С удобрениями	15,51	6,03	31,75	16,24
Плоскорезная	Без удобрений	7,92	4,77	20,62	12,71
	С удобрениями	15,29	6,12	30,90	15,61
Поверхностная	Без удобрений	8,26	4,59	22,19	13,93
	С удобрениями	15,61	6,29	30,58	14,97
Комбинированно-минимальная:					
чередование вспашки и дискования	Без удобрений	8,32	4,68	21,98	13,66
	С удобрениями	15,70	5,79	33,44	17,74
чередование рыхления СибИМЭ и дискования	Без удобрений	8,23	5,24	19,44	11,21
	С удобрениями	15,60	6,42	30,22	14,62
чередование вспашки и рыхления КПЭ-3,8	Без удобрений	8,19	4,79	21,03	12,84
	С удобрениями	15,56	6,48	29,42	13,87

бдений наиболее эффективным оказалось возделывание зерновых по комбинированно-минимальной системе с чередованием вспашки и дискования с чистым доходом 17,74 тыс. р./га, что выше, чем по отвальной вспашке, на 13,4%. Близкие к контрольному варианту показатели чистого дохода отмечены по дифференцированной, плоскорезной, комбинированной системам обработки. В остальных изучаемых вариантах чистый доход был ниже, чем при отвальной системе, на фоне без удобрений на 1,26–2,44 тыс. р./га (8,5–16,3%), с применением удобрений на 1,02–1,78 тыс. р./га (6,5–9,0%).

ВЫВОДЫ

1. В годы с хорошей обеспеченностью осадками, близкой к среднесулетней, и теплом ресурсосберегающие системы обра-

ботки почвы с использованием дискования БДТ-2,5 на 10–12 см и плоскорезной обработки на 12–14 см на фоне с применением удобрений и без них вели к снижению урожайности озимой ржи на 0,30–0,98 т/га, обеспечивали урожайность пшеницы по озимой ржи, ячменя, близкую варианту отвальной системы, вели к снижению урожайности повторной пшеницы на фоне без применения удобрений на 0,04–0,40 т/га, способствуя получению урожайности, равной контролю на фоне с применением удобрений.

2. Зависимость продуктивности севооборота по выходу зерна от систем основной обработки обуславливалась применением минеральных удобрений. В среднем за годы исследований лучшую зерновую продуктивность зернопарового севооборота без внесения удобрений обеспечила отвальная

система обработки, где выход зерна с 1 га севооборотной площади составил 1,88 т/га. Ресурсосберегающие системы снижали выход зерна на фоне без удобрений на 0,08–0,31 т/га, или 4,2–16,5%, в сравнении с отвальной системой. При этом наиболее близкие к контрольному варианту показатели выхода зерна (1,84 т/га) отмечены по комбинированной системе обработки. На фоне применения удобрений выход зерна по ресурсосберегающим системам был практически равным отвальной системе обработки.

3. На фоне без удобрений наиболее эффективной оказалась отвальная система обработки с чистым доходом 14,92 тыс. р./га. Близкие по эффективности к отвальной системе показатели отмечены по комбинированной и поверхностной системам (уступали 4,3–6,6%). На фоне с применением удобрений наиболее эффективно возделывание зерновых по комбинированно-минимальной системе обработки с чередованием вспашки и дискования с чистым доходом 17,74 тыс. р./га, что выше, чем по отвальной вспашке, на 13,4%. Близкие к контрольному варианту показатели чистого дохода отмечены по дифференцированной, плоскорезной, комбинированной системам обработки. В остальных изучаемых вариантах чистый доход был ниже, чем при отвальной системе, на фоне без удобрений на 1,26–2,44 тыс. р./га (8,5–16,3%), с применением удобрений на 1,02–1,78 тыс. р./га (6,5–9,0%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алабушев А.В., Сухарев А.А., Попов А.С., Камбулов С.И., Логвинов А.Я. Изменение продуктивности сельскохозяйственных культур под воздействием однотипных способов основной обработки почвы // *Земледелие*. 2015. № 8. С. 25–28.
2. Борин А.А., Коровина О.А., Лошчинина А.Э. Обработка почвы в севообороте // *Земледелие*. 2013. № 2. С. 20–22.
3. Дедов А.В., Трофимова Т.А., Селищев Д.А. Приемы основной обработки как факторы оптимизации агрофизических свойств почвы // *Вестник Воронежского аграрного университета*. 2015. № 1 (44). С. 24–29.

4. Власенко А.Н., Шарков И.Н., Иодко Л.Н. Перспективы минимализации основной обработки сибирских черноземов при возделывании зерновых культур // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2010. № 7. С. 5–14.
5. Перфильев Н.В. Оценка эффективности систем основной обработки почвы в Северном Зауралье // *Земледелие*. 2014. № 5. С. 17–19.
6. Кирюшин В.И. Актуальные проблемы и противоречия развития земледелия // *Земледелие*. 2019. № 3. С. 3–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10301.
7. Пыхтин И.Г. Обработка почвы: действительность и мифы // *Земледелие*. 2017. № 1. С. 33–36.
8. Усенко С.В., Усенко В.И., Гаркуша А.А. Эффективность приемов обработки почвы и средств интенсификации на яровой пшенице в зависимости от метеоусловий и предшественника в лесостепи Алтайского Приобья // *Земледелие*. 2019. № 5. С. 16–21. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10504.

REFERENCES

1. Alabushev A.V., Sukharev A.A., Popov A.S., Kambulov S.I., Logvinov A.Ya. Change of productivity of agricultural crops under influence of continuous methods of tillage. *Zemledelie = Zemledelie*, 2015, no. 8, pp. 25–28. (In Russian).
2. Borin A.A., Korovina O.A., Loshchinina A.E. Soil treatment in crop rotation. *Zemledelie = Zemledelie*, 2013, no. 2, pp. 20–22. (In Russian).
3. Dedov A.V., Trofimova T.A., Selishchev D.A. Primary tillage techniques as factors of optimization of soil agrophysical properties. *Vestnik Voronezhskogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*, 2015, no. 1 (44), pp. 24–29. (In Russian).
4. Vlasenko A.N., Sharkov I.N., Iodko L.N. Prospects for minimizing the basic tillage of Siberian chernozems during the cultivation of grain crops. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2010, no. 7, pp. 5–14. (In Russian).
5. Perfil'ev N.V. Evaluating of the effectiveness of basic soil treatment systems in Northern Zauralye. *Zemledelie = Zemledelie*, 2014, no. 5, pp. 17–19. (In Russian).

6. Kiryushin V.I. Actual problems and contradictions of the agriculture development. *Zemledelie = Zemledelie*, 2019, no. 3, pp. 3–7. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10301.
7. Pykhtin I.G. Tillage: reality and myths. *Zemledelie = Zemledelie*, 2017, no. 1, pp. 33–36. (In Russian).
8. Usenko S.V., Usenko V.I., Garkusha A.A. Efficiency of tillage methods and intensification means for spring wheat depending on weather conditions and a forecrop in the forest-steppe of the Altai Ob region. *Zemledelie = Zemledelie*, 2019, no. 5, pp. 16–21. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10504.

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: natalya_sharapov@bk.ru

Вьюшина О.А., научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Nikolay V. Perflyev**, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher; **address:** 2, Burlaki St., Moskovskiy vil., Tyumen, 625501, Russia; e-mail: natalya_sharapov@bk.ru

Olga A. Vyushina, Researcher

*Дата поступления статьи 20.05.2020
Received by the editors 20.05.2020*

ОПТИМАЛЬНАЯ ШИРИНА ПОЛОС ПРИ MOW-TILL ДЛЯ НАКОПЛЕНИЯ ОРГАНИКИ И УРОЖАЙНОСТИ СОИ

Епифанцев В.В., Панасюк А.Н., Осипов Я.А., Вайтехович Ю.А.

Дальневосточный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства
г. Благовещенск, Россия

Представлены результаты изучения полосного способа посева сои в условиях южных районов Амурской области. Полевые исследования проведены в 2017–2019 гг. на луговой черноземовидной почве. Опыт по изучению ширины полосы посева сои и рапса включал следующие варианты: полосы посева сои 20 см, между ними высевали рапс (полосы 20, 40 и 60 см); контроль – полосы посева сои 30 см, между ними – рапс (полосы 30, 60 и 90 см). Опыт по установлению частоты скашивания мульчирующей культуры в различные фазы развития сои включал варианты обработки: 1) один раз – в фазу третьего тройчатого листа; 2) один раз – в фазу начала ветвления; 3) два раза – в фазу третьего тройчатого листа и начала ветвления; 4) два раза – в фазу третьего тройчатого листа и в фазу бобообразования; 5) контроль – мульчу скашивали во время уборки сои. В опытах площадь учетной делянки 54 м², повторность трехкратная. Посев сои сорта Лазурная проводили 24–25 мая сеялкой КМФА-3,6 с лаповым сошником шириной 20 и 30 см. Изменение полосы посева рапса от 20 до 40 см и от 30 до 60 см достоверно увеличило массу растительных остатков на 8,6–7,7%. Наибольшая урожайность сои достигнута при посеве полосой 20 см и междуполосном пространстве 40 см, прибавка урожайности составила 0,82 т/га. Урожайность сои увеличивается на 0,19–0,25 т/га при двукратном скашивании рапса. Эффективен интервал укосов рапса от фазы третьего тройчатого листа до ветвления растений сои. В технологии возделывания сои при способе Mow-till рекомендована базовая ширина полосы посева 20 см для основной культуры. Проведение укосов в полосах посева рапса при способе Mow-till позволяет отказаться от гербицидов и обеспечить получение экологически безопасной продукции сои.

Ключевые слова: полоса, посев, соя, рапс, укос, биомасса, урожайность

OPTIMUM STRIP WIDTH AT MOW-TILL FOR ORGANIC ACCUMULATION AND SOYBEAN YIELD

Viktor V. Epifantsev, Alexander N. Panasyuk, Yakov A. Osipov, Yuriy A. Vaytekhovich

Far Eastern Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture
Blagoveshchensk, Russia

The results of the study of the strip method of sowing soybeans in the southern regions of Amur region are presented. The field study was carried out in 2017–2019 on meadow chernozem soil. The experiment in studying the width of strip for sowing soybean and rapeseed included the following options: 20 cm soybean sowing strips, with rape sown between them (strips of 20, 40 and 60 cm); control – 30 cm soybean sowing strips, with rapeseed sown between them (strips of 30, 60 and 90 cm). The experiment in establishing the frequency of mowing a mulching crop in different phases of soybean development included the following options: 1) once – in the phase of the third triple leaf, 2) once – in the phase of the beginning of branching, 3) twice – in the phase of the third triple leaf and the beginning of branching, 4) twice – in the phase of the third triple leaf and in the phase of pod formation, 5) control – mulch was mowed during soybean harvesting. In the experiments, the area of the registration plot was 54 m², the replication of the experiment was threefold. Sowing of Lazurnaya soybeans was carried out on May 24–25 by a KMFA-3.6 seeder with a seed shoe of 20 cm and 30 cm wide. Changing rape sowing strip from 20 cm to 40 cm and from 30 cm to 60 cm significantly increased the mass of plant residues by 8.6–7.7%. The highest yield of soybeans was achieved when it was sown with a strip of 20 cm and an inter-strip space of 40 cm, the yield increase was 0.82 t/ha. The yield of soybeans increases by 0.19–0.25 t/ha with two-fold mowing of rapeseed. It is effective to mow rapeseed with the interval from the phase of the third triple leaf

to the branching of soybean plants. In the technology of cultivation of soybeans with the mow-till method, a basic sowing strip width of 20 cm is recommended for the main crop. Mowing soybean in rapeseed strips using the mow-till method allows to avoid herbicides and ensure the production of environmentally friendly soybean products.

Keywords: strip, sowing, soybean, rape, mowing, biomass, yield

Для цитирования: Епифанцев В.В., Панасюк А.Н., Осипов Я.А., Вайтехович Ю.А. Оптимальная ширина полос при Mow-till для накопления органики и урожайности сои // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 4. С. 13–22. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-2.

For citation: Epifantsev V.V., Panasyuk A.N., Osipov Ya.A., Vaytekovich Yu.A. Optimum strip width at Mow-till for organic accumulation and soybean yield. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 4, pp. 13–22. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-2.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Ресурсосберегающие технологии в основном базируются на способе обработки почвы [1, 2], использовании нового поколения сельскохозяйственных машин, высокоурожайных сортов и гибридов [3–5], высокоэффективных средств защиты растений. Минимальные обработки и технология No-till (без обработки) позволяют добиться сохранения и увеличения плодородия почвы, сохранения в ней влаги в засушливые периоды [6].

Соя – наиболее важная бобовая культура в мировом земледелии, в настоящее время ведущая культура в Приамурье. В структуре посевных площадей она занимает 72%, что осложняет фитосанитарное состояние полей. Средообразующая роль у фитосанитарных культур в севообороте на фоне No-till может быть разной. Соя способна обеспечивать себя азотом на 80% от общей потребности. Эта культура сохраняет и повышает плодородие почвы [7, 8]. Рапс отличается довольно высокой потребностью в азоте [9, 10]. Растение рыхлит почву благодаря стержневой корневой системе, быстро растет, затеняет сорняки широкими листьями и увеличивает урожайность ведущих культур как по No-till (на 0,19 т/га), так и по традиционной технологии (на 0,41 т/га) [11, 12].

Технология полосового земледелия Strip-till совмещает в себе преимущества традиционной безотвальной и нулевой обработки.

Сначала обрабатывается полоса шириной 20–25 см, затем машинами с навигационными приборами, в нее высевает семена культурных растений, часть поля остается покрытой растительными остатками [6]. Недостатком технологии является применение в полосах посева основной культуры, при которой необходимо использовать пестициды и другие химические средства защиты растений [13, 14].

В современных условиях сельскохозяйственное производство России начинает ориентироваться на экологизацию и биологизацию со снижением химической нагрузки на почву и полным отказом от химикатов [15].

В Дальневосточном научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства (ДальНИИМЭСХ) разрабатывают новый способ полосного посева сои, получивший название Mow-till, создан посевной модуль с лаповыми рабочими органами и почвоуглубителями. Модуль позволяет проводить как посев сои, так и основную, и предпосевную обработки почвы в полосах по новой технологии. Стрельчатая форма сошника обеспечивает полосное размещение семян сои по уплотненному семенному ложу, равномерность их заделки на глубине и по площади полосы посева с одновременным выравниванием поверхности поля. Осенняя обработка полосы под сою включает полосное разуплотнение почвоуглубителем и культивацию. Ранее

ученые ДальНИИМЭСХа рекомендовали обрабатывать полосу с посевами (30 см), 2/3 части поля оставлять необработанной (пар) или в полосу высевать мульчирующую (одно-, двух- многолетнюю) культуру, которую периодически скашивают. Полоса основной культуры в следующем году перемещается на полосу мульчирующей культуры, на ее место высевают мульчирующую культуру. Возвращается основная культура на первоначальное место через три года, на одном поле идет полосооборот. Ранее предложенный учеными ДальНИИМЭСХа способ посева сои Mow-till [6] показал, что в полосе посева 30 см активно растут и развиваются сорняки, снижается урожайность сои, широкие полосы мульчирующей культуры при одноразовом укосе мешают уборке основной культуры.

Цель исследований – определить оптимальную ширину полос посева сои и рапса, при которой достигается максимальная урожайность сои и формируется наибольшая масса растительных остатков рапса, установить сроки и кратность скашивания мульчирующей культуры для ее дальнейшего роста.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проводили в 2017–2019 гг. в Тамбовском районе Амурской области на типичной луговой черноземовидной среднесиловой почве со следующими агрохимическими характеристиками: содержание гумуса 4,5–4,7%, нитратного азота 40,2–44,7 мг/кг почвы, подвижного фосфора 55–58, калия 150–190 мг/кг почвы,

реакция почвенной среды среднекислая (pH_{KCl} 5,0–5,2). Запасы продуктивной влаги на конец I декады апреля 2017 г. в пахотном слое находились в пределах наименьшей полевой влагоемкости (НПВ) и составляли 25–68 мм, в I декаде апреля 2018 г. в слое 0–10 см – 17–26 мм, или 40–60% от НПВ. В 2019 г. в оттаявшем слое 0–10 см – 22–28 мм, или 55–70% от НПВ.

Летний период 2017 г. отмечен за время исследований самым теплым и сухим (см. табл. 1). Погодные условия в летнее время 2018 г. по температурным показателям превышали многолетние данные на 0,3 °С, по сумме осадков зарегистрированы выше нормы на 137 мм. В летнее время 2019 г. температура воздуха за сезон была на 0,3 °С меньше многолетней, сумма осадков больше многолетних показаний на 152 мм. Таким образом, исследования проведены в различные по условиям увлажнения вегетационного периода годы: 2017 г. – близкий к среднему многолетним значениям, 2018, 2019 гг. – повышенного увлажнения.

В 2017, 2018 гг. заложен опыт по изучению влияния посева сои и рапса с различной шириной полосы на массу растительных остатков мульчирующих растений (рапса) и урожайность сои. Варианты опыта: ширина полосы посева сои 20 см, между которой высевали мульчирующие растения шириной полосы 20, 40 и 60 см; ширина полосы посева сои 30 см (контроль), между которой высевали рапс шириной полосы 30, 60 и 90 см (контроль). Рапс скашивали в междурядьях сои на высоте 10 см от поверхности почвы

Табл. 1. Погодные условия летнего периода вегетации сои

Table 1. Weather conditions during summer growing season of soybeans

Месяц	Температура воздуха, °С (данные ГМС г. Благовещенска)				Осадки, мм (данные ГМС с. Садовое)			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	средняя многолетняя	2017 г.	2018 г.	2019 г.	средние многолетние
Июнь	19,0	17,9	18,3	18,8	77	188	94	85
Июль	22,5	22,3	21,3	21,5	68	182	247	106
Август	19,9	20,1	18,9	19,2	154	61	105	103
За лето	20,5	20,1	19,5	19,8	299	431	446	294

в фазу начала его цветения. Площадь учетной делянки 54 м². Повторность вариантов трехкратная, размещение делянки систематическое.

В 2018, 2019 гг. проводили опыты по установлению влияния частоты скашивания мульчирующей культуры в различные фазы развития сои на ее продуктивность. Варианты обработки: 1) один раз – в фазу третьего тройчатого листа; 2) один раз – в фазу начала ветвления; 3) два раза – в фазу третьего тройчатого листа и начала ветвления; 4) два раза – в фазу третьего тройчатого листа и в фазу бобообразования; 5) контроль – мульчу скашивали во время уборки сои. Высота скашивания мульчирующей культуры в междурядьях сои 10 см, ширина скошенной полосы 40 см. Площадь учетной делянки 54 м². Повторность вариантов трехкратная, размещение делянок рендомизированное.

Опыты проводили в шестипольном севообороте: пар – соя – пшеница – соя – пшеница – соя. Предшественник – пар.

В 2017 г. весенняя подготовка участка включала ранневесеннее боронование – 15 апреля, дискование с боронованием – 24 апреля. В 2018, 2019 гг. полосу посева основной культуры смещали на полосу мульчирующей культуры согласно схеме опыта на 20–30 см. Посев сои проводили сеялкой КМФА-3,6 конструкции ДальНИИМЭСХ с шириной полосы 20 см лаповым сошником шириной 20 см и с шириной полосы 30 см лаповым сошником шириной 30 см – 24–25 мая. Посев рапса ярового в 2017 г. проводили 27 апреля сеялкой КМФА-3,6, в 2018, 2019 гг. 9 и 11 мая – в полосы, освободившиеся после сои, и в полосы мульчирующей культуры. Сорт сои Лазурная, рапс – несортовой. Норма высева сои 750–800 тыс. всхожих семян/га (100–120 кг/га), рапса ярового – 3 млн всхожих семян/га (10–12 кг/га). Глубина заделки семян сои 4–5 см, рапса 2,0–2,5 см. Между полосами проводили ска-

шивание мульчирующих растений. Уборку урожая осуществляли комбайном John Deere 3316.

В опытах проведены следующие сопутствующие наблюдения и учеты: фенологические наблюдения, определение густоты стояния растений, массы растительных остатков на поверхности почвы рамкой 50 × 50 см (после каждого укоса и перед уборкой сои), урожайности по общепринятым методикам¹. Полученные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа² с использованием пакета прикладных программ Snedecor³.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В органическом производстве сои наиболее важными технологическими операциями при способе Mow-till являются посев и уход за посевами с образованием слоя мульчи.

При обычном рядовом посеве создать такой слой мульчи в междурядьях основной культуры практически невозможно. В настоящее время не существует сельскохозяйственных машин, позволяющих работать между рядками посевов 15 см. В ДальНИИМЭСХе разработана машина КМФА-4 для выкашивания полос растений шириной 40 см и более, которая представляет собой набор изолированных секций ножей на вертикальных валах с защитными элементами для растений сои.

Результаты полевых опытов показали, что уплотненное ложе позволяет сберечь растения от весенней засухи за счет работы суточного влагопереноса, который обеспечивает количество влаги, сопоставимое с потребностями культуры в этот период. Необходимо определить ширину полосы посева для оптимального накопления органической массы мульчи и получения максимальной урожайности сои.

В опытах 2017, 2018 гг. на контрольных делянках с полосой посева сои 30 см и рапса

¹Васильев И.П., Туликов А.М., Баздырев Г.И., Захарченко А.В., Сафонов А.Ф. Земледелие: практикум. М.: ИНФРА-М, 2013. 424 с.

²Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. Новосибирск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. 222 с.

³Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

90 см насчитывали различных видов сорняков от 15 до 35 шт./м², до 72–75% растений размещались в полосе посева сои. Число растений рапса составляло 175–243 шт./м², сои – 42–64 шт./м². Аналогичную закономерность отмечали на делянках опыта с полосой посева сои 20 см и рапса 60 см. В полосах посева сои 20 см и рапса 20 см, сои 30 см и рапса 30 см насчитывали различных видов сорных растений от 25 до 41 шт./м². Распределение сорняков по полосам равномерное, количество культурных растений отмечено таким же, как и в предыдущих вариантах. Варианты опыта с полосами посева сои 20 см и рапса 40 см, также сои 30 см и рапса 60 см по числу культурных растений не отличались от предыдущих вариантов. Сорных растений в них отмечено существенно меньше, чем в других вариантах опыта (от 12 до 28 шт./м²). Распределение аналогично опытам с полосами посева сои 30 см и рапса 90 см и с полосами посева сои 20 см и рапса 60 см. Посеянные между полосами сои растения рапса отличались интенсивным ростом и значительно угнетали развитие сорняков. Ко времени массового цветения растений сои и укоса мульчирующих растений, растения рапса достигли фазы бутонизации – начала цветения. Перед укосом вегетативной массы рапс был выше растений сои на 5–15 см.

На накопление в полосах посева сои биомассы рапса повлияли не только различное соотношение и количество растений, срок посева, но сложившиеся погодные условия

конкретного года. В 2017 г. из-за высоких дневных июньских и июльских температур и ограниченного выпадения осадков полосы посева рапса по массе растительных остатков не зависимо от их ширины были на 62,6–81,0 г/м² менее продуктивны, чем в 2018 г.

В среднем за два года исследований по накоплению массы растительных остатков рапса выделилась полоса его посева шириной 90 см (см. табл. 2).

Установлено, что $F_{\phi} > F_{05}$, по критерию Тьюки доказано $H_0: d = 0$, нулевая гипотеза отвергается. В 2017 г. абсолютная ошибка разности средних $S_d = 3,171$ г, при значении $t_{05} = 2,16$, $HCP_{05} = 6,85$ г. Относительная величина HCP_{05} по массе растительных остатков рапса составила 4,9%. В 2018 г. абсолютная ошибка $S_d = 3,815$ г, $HCP_{05} = 8,24$ г, в относительной величине $HCP_{05} = 3,89\%$. Увеличение ширины полосы посева рапса между полосами посева сои от 20 до 60 см и от 30 до 90 см способствует существенному повышению массы растительных остатков на поверхности поля до 17,5–18,1%. Увеличение ширины полосы посева рапса от 20 до 40 см и от 30 до 60 см также достоверно увеличивает массу растительных остатков на 8,6–7,7%. Ширина полосы посева сои существенного значения на накопление массы растительных остатков рапса не имеет. Широкие полосы рапса по биомассе обеспечивают статистически значимый на 5%-м уровне эффект по сравнению с узкими полосами.

Табл. 2. Влияние ширины полосы посева на массу растительных остатков рапса, г/м²
Table 2. Influence of sowing strip width on the mass of plant residues of rapeseed, g/m²

Ширина полосы посева, см		2017 г.	2018 г.	Среднее за два года	Процент к контролю
сои	рапса				
20	20	127,7	190,3	159,0	–18,0
	40	135,8	209,6	172,7	–10,9
	60	150,4	223,2	186,8	–3,7
30 (контроль)	30	131,5	196,8	164,2	–15,4
	60	139,2	214,7	176,9	–8,8
	90 (контроль)	153,5	234,5	194,0	–
HCP _{0,5} , г/м ²		6,85	8,24		

В опытах 2017, 2018 гг. на контрольных делянках с полосой посева сои 30 см и рапса 90 см в среднем получена урожайность сои 1,82 т/га. При чередовании узких (20–30 см) полос посева рапса с полосами посева сои 20–30 см имеет место тенденция к существенному снижению урожайности. Наибольшую урожайность соя обеспечивала при полосном посеве с шириной полосы 20 см и межполосном пространстве 40 см, прибавка урожайности составляла 0,82 т/га. Вариант опыта с полосой посева сои шириной 30 см при межполосном пространстве шириной 60 см также существенно превосходил контрольный вариант на 0,6–0,82 т/га (см. табл. 3).

В 2017 г. абсолютная ошибка разности средних $S_d = 0,0486$ т, $НСР_{05} = 0,105$ т/га. Относительная величина $НСР_{05}$ по урожайности сои 5,0%. В 2018 г. абсолютная ошибка $S_d = 0,0815$ т, $НСР_{05} = 0,176$ т/га, в относительной величине $НСР_{05} - 7,98\%$. Увеличение ширины полосы посева сои от 20 до 30 см в среднем за два года закономерно ведет к снижению урожайности сои на 0,11–0,54 т/га, независимо от ширины полосы, занятой рапсом. Как в варианте с полосой посева сои 20 см, так и с полосой 30 см, увеличение полосы, занятой рапсом, до 60 см существенно повышает урожайность сои на 0,65–0,93 т/га. Дальнейшее увеличение ширины полосы посева рапса до 60–90 см, наоборот, снижает урожайность сои на 0,28–0,71 т/га. Установлена оптимальная ширина

полосы посева сои 20 см при полосе посева рапса 40 см, которая обеспечивает получение максимальной урожайности сои.

По результатам исследований, для условий Амурской области при способе посева Mow-till рекомендована базовая ширина полосы посева сои 20 см, а не 30 см, как считалось ранее [6]. Выводы подтверждаются трудами ученых-селекционеров [3–5], которые считают сою пропашной культурой. Доказана высокая эффективность рапса в севообороте по технологии No-till, его растительные остатки существенно повышают урожайность основной культуры [14, 15].

После одного укуса в фазу третьего тройчатого листа сои боковые стебли рапса к уборке сои отрастали на 27–33 см, на отростках отмечено массовое цветение, а также завязывание единичных стручков. Растения сои в полосах оставались в прямостоячем состоянии и не смыкались. Отростки рапса играли опорную роль, но зеленая масса рапса в полосе его посева сильно осложняла уборку сои комбайном. В полосе посева рапса накапливалась масса растительных остатков на поверхности поля 223,8 г/м². После одного укуса в фазу ветвления сои растения рапса отрастали на высоту 18–22 см, на отростках формировались побеги с крупными листьями, отмечали единичные цветки. Краевые растения сои ложились на отросшие зеленые стебли рапса, при уборке комбайном забивались зеленой массой мотовило и транспортер. На поверхности полосы на-

Табл. 3. Влияние ширины полосы посева на урожайность сои, т/га

Table 3. Influence of sowing strip width on soybean yield, t/ha

Ширина полосы посева, см		2017 г.	2018 г.	Среднее за два года	Процент к контролю
сои	рапса				
20	20	1,93	2,05	1,99	9,3
	40	2,50	2,77	2,64	45,1
	60	2,22	2,49	2,36	29,7
30 (контроль)	30	1,67	1,52	1,60	–12,1
	60	2,44	2,61	2,53	39,0
	90 (контроль)	1,84	1,79	1,82	–
$НСР_{0,5}$, т/га		0,105	0,176		

Табл. 4. Влияние частоты скашивания рапса на продуктивность сои (2018, 2019 гг.)

Table 4. Influence of rapeseed mowing frequency on soybean productivity (2018, 2019)

Частота скашивания и фаза роста сои	Число растений, тыс. шт./га	Число бобов на стебле, шт.	Масса 1000 семян, г	Урожайность, т/га	Прибавка урожайности, т/га
Один раз (третий лист)	560	27	190,3	1,75	0,03
Один раз (ветвление)	580	29	190,5	1,81	0,09
Два раза (третий лист + ветвление)	603	24	181,8	2,00	0,28
Два раза (третий лист + бобообразование)	440	24	189,2	1,95	0,23
Контроль (при уборке)	733	22	184,3	1,72	—
НСР ₀₅	59 тыс. шт.	1,4	4,7	0,17	

капливалось 217,2 г/м² массы растительных остатков. При двукратном укосе в фазу третьего тройчатого листа и ветвления сои скошенная вегетативная масса подсыхала, имела коричневый цвет и равномерно покрывала поверхность почвы, встречались единичные побеги зеленого рапса. В полосе посева рапса масса растительных остатков на поверхности составляла 219,3 г/м². Аналогичное явление наблюдали и при двукратном скашивании рапса в фазу третьего тройчатого листа, затем повторно в фазу бобообразования сои. При проведении укоса повреждались краевые растения сои, наклонившиеся в сторону полосы посева рапса. В полосе посева рапса накапливалось 221,1 г/м² массы растительных остатков. Ко времени уборки растения сои смыкали междурядье, частично полегали. В контрольном варианте растения сои оставались прямостоячими в своей полосе плотно прижатыми стеблями рапса. Масса растительных остатков в полосе посева рапса достигала 230,5 г/м².

В контрольном варианте, где укос не проводили, стручки рапса отмечены в фазе полной зрелости. После уборки урожая комбайном и сортировки семян сои в контрольном варианте, кроме полученной урожайности сои 1,72 т/га, одновременно убранные и вымолоченные стручки рапса обеспечили урожайность семян 1,03 т/га.

Максимальная величина урожайности сои достигнута при скашивании рапса дву-

кратно в фазу третьего тройчатого листа и ветвления, она превышала на 0,28 т/га контроль. Все изучаемые в опыте варианты показали существенную и достоверную прибавку урожайности к контролю (см. табл. 4).

Установлена закономерность повышения урожайности сои на 0,19–0,25 т/га при увеличении до двукратности скашивания полос, занятых рапсом. Оптимальный временной интервал проведения укосов рапса в полосах его посева – начиная с фазы третьего тройчатого листа и заканчивая ветвлением растений сои. Скашивание растений рапса в более поздние фазы развития сои (бобообразование) достоверно снижает ее урожайность на 0,05 т/га. Благодаря частому скашиванию растительности в полосах, отросшие сорняки не успевают осемениться, при этом существенно снижается общая засоренность поля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За период исследований в различные по условиям увлажнения вегетационного периода годы изменение ширины полосы посева рапса от 20 до 40 см и от 30 до 60 см достоверно увеличило массу растительных остатков на 8,6–7,7%. Ширина полосы посева сои существенного влияния на накопление массы растительных остатков рапса не оказала. Наибольшую урожайность соя обеспечила при полосном посеве с шириной полосы 20 см и междуполосном пространстве

40 см, прибавка урожайности составила 0,82 т/га. Урожайность сои увеличилась на 0,19–0,25 т/га при двукратном скашивании полос, занятых рапсом. Оптимальный интервал проведения укосов рапса в полосах его посева – начиная с фазы третьего тройчатого листа и заканчивая ветвлением растений сои. В технологии возделывания сои при способе Mow-till рекомендована базовая ширина полосы посева 20 см. Проведение укосов в полосах посева рапса при способе Mow-till позволяет отказаться от такой трудоемкой операции по уходу за посевами сои, как культивация при широкорядных посевах. Можно отказаться от дорогостоящих гербицидов, используемых при сплошном рядовом посеве. Использование этих элементов при способе посева Mow-till обеспечивает получение экологически безопасной продукции сои. Разработанные в ДальНИИМЭСХе рабочие органы для обработки почвы, посева и ухода за посевами могут быть рекомендованы земледельцам, которые занимаются выращиванием экологически безопасной продукции сои.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Перфильев Н.В., Вьюшина О.А.* Элементы плодородия и продуктивность пашни в зависимости от обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 1. С. 5–12. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-1.
2. *Власенко А.Н., Перфильев Н.В., Вьюшина О.А.* Изменение показателей плодородия темно-серой лесной почвы при различных системах основной обработки // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 1. С. 5–10. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-1-1.
3. *Фокина Е.М., Титов С.А., Разанцев Д.Р.* Агроэкологическая оценка перспективных образцов сои // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 7. С. 21–23. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10705.
4. *Oliveira L.G., Hamavaki O.T., Simon G.A., Sousa L.A., Nogueira A.P.O., Rezende D.F., Hamawaki C.D.L.* Adaptability and stability of soybean yield in two soybean producing regions // Journal of Bio-science. Uberlandia. 2012. Vol. 28. N 6. P. 852–861.
5. *Meotti G.V., Benin G., Silva R.R., Beche E., Lucas B.M.* Sowing Dates and Agronomic Performance of Soybean Cultivars // Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 2012. Vol. 47. N 1. P. 14–21.
6. *Орехов Г.И., Цыбань А.А.* Агротехнические приемы и средства механизации для технологии органического производства сои и зерновых культур в Амурской области // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2017. № 91. С. 70–79.
7. *Epifantsev V.V., Panasyuk A.N., Osipov Ya.A., Tzyban A.A., Demko A.N.* Cover Crops As Sources Of Nutrients Increasing Productivity Of Soya Sown With Wide-Space Method in The Climate Of The Amur Region, Russia // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019. Vol. 10 (2). P. 1470–1476.
8. *Иванова К.А., Цыганов В.Е.* Анти-оксидантная система защиты в симбиотических клубеньках бобовых растений // Сельскохозяйственная биология. 2017. № 5. С. 878–894. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.878rus.
9. *Наздрачёв Я.П.* Применение минеральных удобрений при возделывании ярового рапса на масло и семена на чернозёме южном // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014. № 6. С. 110–117.
10. *Finlaysonchange A.J.* Changes in the nitrogenous components of rapeseed (*Brassica napus*) grown on a nitrogen and sulfur deficient soil // Canadian Journal of Plant Science. 2016. N 1970. P. 705–709.
11. *Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Кудашкин П.И., Кулагин О.В.* Средообразующая роль фитосанитарных культур, возделываемых по No-till технологии, в севооборотах // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 6. С. 5–9. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10601.
12. *Шлапунов В.Н., Радовня В.А., Аляпкин А.В.* Влияние агротехнических приемов на накопление послеуборочных остатков ярового рапса // Почвоведение и агрохимия. 2010. Т. 44. № 1. С. 197–204.
13. *Кекало А.Ю., Заргарян Н.Ю., Филиппов А.С., Немченко В.В.* Эффективность применения фунгицидов для защиты яровой пшеницы от корневых гнилей // Сибирский вестник сель-

- скохозайственной науки. 2019. Т. 49. № 3. С. 24–30. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-3.
14. Епифанцев В.В., Панасюк А.Н., Осипов Я.А., Андриенко С.В. Влияние гербицидов на видовой состав сорняков и продуктивность посевов сои // Земледелие. 2020. № 1. С. 22–26. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10106
15. Печильев Н.В., Вьюшина О.А. Засоренность и урожайность посевов ячменя в зависимости от систем основной обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 1. С. 19–26. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-1-3.
- ## REFERENCES
1. Perfil'yev N.V., V'yushina O.A. Elements of fertility and productivity of arable land depending on the soil tillage system. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 1, pp. 5–12. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-1.
2. Vlasenko A.N., Perfil'yev N.V., V'yushina O.A. Change of fertility indicators of dark-grey forest soil with different systems of basic tillage. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49, no. 1, pp. 5–10. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-1-1.
3. Fokina E.M., Titov S.A., Razantsvey D.R. Agri-environmental assessment of promising soybean samples. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, vol. 33, no. 7, pp. 21–23. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10705.
4. Oliveira L.G., Hamavaki O.T., Simon G.A. Adaptability and stability of soybean yield in two soybean producing regions. *Journal of Bio-science. Uberlandia*, 2012, vol. 28, no. 6, pp. 852–861.
5. Meotti G.V., Benin G., Silva R.R., Beche E., Lucas B.M. Sowing Dates and Agronomic Performance of Soybean Cultivars. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 2012, vol. 47, no. 1, pp. 14–21.
6. Orekhov G.I., Tsyban A.A. Field practices, machines and equipment for organic cultivation of soy and grain crops in Amur region. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva = Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products*, 2017, no. 91, pp. 70–79. (In Russian).
7. Epifantsev V.V., Panasyuk A.N., Osipov Ya.A., Tzyban A.A., Demko A.N. Cover Crops as Sources of Nutrients Increasing Productivity of Soya Sown with Wide-Space Method in the Climate of the Amur Region, Russia. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2019, no. 10 (2), pp. 1470–1476.
8. Ivanova K.A., Tsyganov V.E. Antioxidant defense system in symbiotic nodules of legumes. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2017, no. 5, pp. 878–894. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.878rus.
9. Nazdrachev Ya.P. Effectiveness of mineral fertilizers in cultivating canola for oil seeds on southern chernozem. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2014, no. 6, pp. 110–117. (In Russian).
10. Finlaysonchange A.J. Changes in the nitrogenous components of rapeseed (*Brassica napus*) grown on a nitrogen and sulfur deficient soil. *Canadian Journal of Plant Science*, 2016, no. 1970, pp. 705–709.
11. Vlasenko A.N., Vlasenko N.G., Kudashkin P.I., Kulagin O.V. Environment-forming role of phytosanitary crops in crop rotations cultivated by no-till technology. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, vol. 33, no. 6, pp. 5–9. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10601.
12. Shlapunov V.N., Radovnya V.A., Alyapkin A.V. Influence of agricultural methods on accumulation of the postharvest residues of spring rape. *Pochvovedenie i agrokhimiya = Soil Science and Agrochemistry*, 2010, vol. 44, no. 1, pp. 197–204. (In Russian).
13. Kekalo A.Yu., Zargaryan N.Yu., Filippov A.S., Nemchenko V.V. Efficiency of application of fungicides for spring wheat protection against root rots. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49, no. 3, pp. 24–30. (In Russian). DOI: 10.26898 / 0370-8799-2019-3-3.
14. Epifantsev V.V., Panasyuk A.N., Osipov Ya.A., Andrienko S.V. Influence of herbicides on the weeds species composition and productivity of soybean crops. *Zemledeliye*, 2020, no. 1, pp. 22–26. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10106.
15. Perfil'yev N.V., V'yushina O.A. Barley yield and weed infestation of barley crops depending on the basic soil tillage systems. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2019, vol. 49, no. 1, pp. 19–26. (In Russian). DOI: 10.26898 / 0370-8799-2019-1-3.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Епифанцев В.В.**, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 675028, г. Благовещенск, ул. Василенко, 5; e-mail: dalniimesh@gmail.com

Панасюк А.Н., доктор технических наук, директор

Осипов Я.А., кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Вайтехович Ю.А., аспирант, младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Viktor V. Epifantsev**, Doctor of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** 5, Vasilenko St, Blagoveshchensk, 675028, Russia; e-mail: dalniimesh@gmail.com

Alexander N. Panasyuk, Doctor of Science in Engineering, Director of the Institute

Yakov A. Osipov, Candidate of Science in Engineering, Laboratory Head

Yuriy A. Vaytekovich, Postgraduate, Junior Researcher

*Дата поступления статьи 29.06.2019
Received by the editors 29.06.2019*



ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОЗДОРОВЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ И ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ

¹Куликова В.И., ¹Ходаева В.П., ²Лапшинов Н.А.

¹Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
Кемеровская область, пос. Новостройка, Россия

²Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия
Кемерово, Россия

Представлены результаты применения метода апикальной меристемы для отбора растений-регенерантов, свободных от патогенов. Исследования 2016–2019 гг. проведены в лабораторных и полевых условиях Кемеровской области. Объекты исследований – новый сорт Памяти Аношкиной и перспективные гибриды 6-14-11, 22103-10. Эксперимент по оздоровлению картофеля проведен следующими способами: 1) применение химиотерапии на образцах, содержащих вирусную инфекцию в латентной форме, с введением ингибиторов вирусов в питательную среду; 2) изучение разновозрастных здоровых от патогенов вегетирующих растений с использованием в качестве эксплантов верхушечных и пазушных почек. Выявлены противовирусные препараты и их концентрации: виразол 0,01% + хитозан 0,05% + интерферон 0,05% (сочетание препаратов) и циклоферон 0,05%, полностью подавляющие вирусную инфекцию на сорте Памяти Аношкиной и гибриде 22103-10 – SBK и MBK, гибриде 6-14-11 – YBK. Применение этих препаратов позволяет получить от 10 до 50% жизнеспособных меристем, свободных от вирусных инфекций. Проведенными исследованиями по оздоровлению вегетирующих растений картофеля сорта Памяти Аношкиной и гибрида 22103-10 выявлены фазы роста и развития с меньшим накоплением вирусных и грибных инфекций – период отрастания растений 15–20 см и фаза цветения. Вычленение апикальной меристемы из верхушечных и пазушных почек здоровых вегетирующих растений в эти фазы развития положительно влияет на приживаемость меристем (30–50%), позволяет получить от 30,0 до 43,3% свободных от инфекций растений-регенерантов, что обеспечивает надежный выход *in vitro* материала и сокращает период получения оздоровленных линий в 6,9 раза.

Ключевые слова: картофель, оздоровление, меристема, химиотерапия, *in vitro*, вегетирующие растения

ASSESSMENT OF DIFFERENT WAYS OF IMPROVING PROMISING POTATO VARIETIES AND HYBRIDS

¹Valentina I. Kulikova, ¹Vera P. Khodaeva, ²Nikolay A. Lapshinov

¹Kemerovo Research Institute of Agriculture – Branch of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Novostroika, Kemerovo Region, Russia

²Kuzbass State Agricultural Academy
Kemerovo, Russia

The results of application of the apical meristem method for the selection of regenerant plants free of pathogens are presented. The study was carried out in laboratory and field conditions of Kemerovo region (2016–2019). The objects of research were a new variety of Pamyati Anoshkinoi

and promising hybrids 6-14-11, 22103-10. The experiment on the health improvement of potatoes was carried out by the following methods: 1) the use of chemotherapy with the addition of virus inhibitors to the nutrient medium on the samples containing a viral infection in a latent form; 2) study of vegetative plants of different ages healthy from pathogens using apical and axillary buds as explants. Antiviral drugs and their concentrations were identified: virazole 0.01% + chitosan 0.05% + interferon 0.05% (a combination of drugs) and cycloferon 0.05%, completely suppressing viral infection SBK and MBK in the Pamyati Anoshkinoi variety and 22103-10 hybrid, and YBK – in 6-14-11 hybrid. The use of these drugs makes it possible to obtain from 10 to 50% of viable meristems free from viral infections. Research into the improvement of vegetative plants of potato variety Pamyati Anoshkinoi and 22103-10 hybrid revealed phases of growth and development with less accumulation of viral and fungal infections – a period of plant regrowth of 15–20 cm and a phase of flowering. Isolation of the apical meristem from the apical and axillary buds of healthy vegetative plants in these phases of development has a positive effect on the survival of the meristems (30–50%), and makes it possible to obtain from 30.0 to 43.3% of regenerant plants free from infections, which ensures a reliable yield in vitro material and reduces the period for obtaining healthy lines by 6.9 times.

Keywords: potatoes, health improvement, meristem, chemotherapy, in vitro, vegetative plants

Для цитирования: Куликова В.И., Ходаева В.П., Лапшинов Н.А. Оценка различных способов оздоровления перспективных сортов и гибридов картофеля // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 4. С. 23–31. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-3.

For citation: Kulikova V.I., Khodaeva V.P., Lapshinov N.A. Assessment of different ways of improving promising potato varieties and hybrids. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 4, pp. 23–31. DOI:10.26898/0370-8799-2020-4-3.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Внедрение в производство сортов с комплексом хозяйственно ценных признаков, стабильным урожаем, устойчивых к болезням и вредителям в варьирующих погодных условиях выращивания¹, обеспечивает рост производства и урожайности картофеля [1–4]. Условие для включения новых сортов в Государственный реестр Российской Федерации – необходимое количество сертифицированного семенного материала картофеля с качеством, соответствующим ГОСТ 33996-2016 [5, 6]. Составные части процесса получения качественного семенного материала

картофеля – оздоровление создаваемых сортов от вирусных и бактериальных инфекций и контроль за качеством образцов на скрытые патогены на всех этапах размножения².

Метод оздоровления апикальной меристемой – наиболее эффективный при отборе в полевых условиях здоровых и сортотипичных базовых клонов. Однако он продолжителен по времени из-за оценки клонов на протяжении всей вегетации растений и клубней в период уборки по многим параметрам. В результате в процесс оздоровления включают единичные клубни картофеля³ [7]. Также проблема данного метода – поиск здорового клона из перспективного материала карто-

¹Аношкина Л.С., Куликова В.И., Вершинина Ю.А., Рябцева Т.В., Ходаева В.П. Особенности селекционной работы по картофелю в Кемеровском НИИСХ // Картофелеводство: сб. науч. тр. Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Методы биотехнологии в селекции и семеноводстве картофеля». М., 2014. С. 75–77.

²Технологический регламент производства оригинального, элитного и репродуцированного семенного картофеля. М., 2010. 31 с.

³Адамова А.И., Монархович С.В., Радкович Е.В., Ерчик В.М. Эффективность сочетания полевого отбора с культурой *in vitro* при производстве качественного семенного материала картофеля // Картофелеводство: сб. науч. тр. Минск, 2008. Т. 14. С. 14–19.

феля, полностью пораженного вирусными болезнями в скрытой форме [8].

Совершенствование способа оздоровления образцов картофеля от вирусных патогенов актуально для ускорения процесса получения сортотипичных линий, сохраняющих генетическую стабильность, требующих в производстве наименьших затрат труда и средств [9, 10].

Цель работы – изучить различные способы оздоровления образцов картофеля для получения растений-регенерантов, свободных от патогенов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в лабораторных и полевых условиях в 2016–2019 гг. Объекты исследования – новый сорт картофеля Памяти Аношкиной, перспективные гибриды 6-14-11 и 22103-10.

Эксперимент по оздоровлению картофеля проведен следующими способами: 1) применение химиотерапии с добавлением в питательную среду ингибиторов вирусов на образцах, содержащих вирусную инфекцию в латентной форме; 2) изучение разновозрастных здоровых от патогенов вегетирующих растений с использованием в качестве эксплантов верхушечных и пазушных почек. В исследованиях в качестве контроля применен вариант – оздоровление образцов картофеля методом апикальной меристемы в сочетании с термотерапией из ростков клубней.

Для опыта по оздоровлению методом апикальной меристемы с применением способа химиотерапии отбирали клубни, пораженные в скрытой форме вирусами (YBK, SBK, MBK). Подготовленные клубни проходили термотерапию в течение 40 дней при температуре 37 °С. В питательную среду для начального роста меристем, разработанную

во Всероссийском научно-исследовательском институте картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха, добавляли ингибиторы вирусов – виразол, хитозан, интерферон, ламивудин, циклоферон в концентрации 0,01 и 0,05% как в чистом виде, так и в сочетании.

Для опыта по оздоровлению картофеля методом апикальной меристемы с применением способа разновозрастных вегетирующих растений (отрастание 15–20 см, цветение; период клубнеобразования) в качестве эксплантов использовали верхушечные и пазушные почки растений. Объекты для исследований прошли оценку по типичности морфологических признаков: клубни – перед посадкой, растения – в период вегетации. Здоровые образцы визуально оценены на наличие грибных, вирусных и бактериальных болезней и по результатам диагностики ИФА – на скрытые патогены. Растения стерилизовали с применением различных агентов⁴. Для посадки апексов применяли питательную среду для начального роста меристем.

Полученные здоровые растения-регенеранты размножали микроклональным черенкованием с проведением оценки роста и развития растений *in vitro* по высоте растений, числу междоузлий и их длине, числу корешков и их длине.

Диагностику на скрытое поражение вирусными (ХВК, SBK, MBK, YBK, ВСЛК) и бактериальными инфекциями – черная ножка (*Erwinia carotovora*) и кольцевая гниль (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicum*) – проводили методом иммуноферментного анализа⁵. Статистическая обработка полученных данных проведена методом дисперсионного анализа по методике Б.А. Доспехова⁶ в обработке компьютерной программы О.Д. Сорокина⁷.

⁴Сохранение вегетативно размножаемых культур в *in vitro* и криоколлекциях: методические рекомендации. СПб., 2011. 73 с.

⁵Инструкция по применению иммуноферментного диагностического набора для определения вирусов картофеля. Коренево, 2016. 8 с.

⁶Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

⁷Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. 162 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сочетание метода апикальной меристемы и химиотерапии с использованием ингибиторов вирусных болезней позволяет в 3–5 раз увеличить безвирусную зону, сократить сроки регенерации растений в культуре *in vitro* в 2–3 раза^{8,9}.

В результате исследований отмечено различное влияние ингибиторов вирусов на приживаемость меристем в зависимости от генотипа, применяемого препарата и его концентрации. По наибольшей приживаемости меристем, вычлененных из ростков клубней образцов картофеля с поражением вирусами в скрытой форме, определены варианты с добавлением противовирусных препаратов в питательную среду и достоверно превышающие контроль: виразол 0,01% + хитозан 0,05% + интерферон 0,05%, циклоферон 0,05% – 6-14-11 (YBK) на 30–40%; ламивудин 0,05%, циклоферон 0,01 и 0,05% – Памяти Аношкиной (SBK, MBK) на 20–40%; циклоферон 0,01 и 0,05% – 22103-10 (SBK, MBK) на 20–30% ($HCP_{05} = 11,5$) (см. табл. 1).

Наибольшее стимулирующее действие оказал препарат циклоферон в концентрациях 0,01 и 0,05%, на котором в среднем по изучаемым генотипам увеличение прижи-

ваемости меристем составило 15,7 и 24,3% соответственно. Исследованиями установлено, что приживаемость меристем определялась следующими факторами: генотип (А) – 30,2%, выбором ингибитора вирусов (В) – 24,3%.

Для введения образцов картофеля в культуру *in vitro* и их размножения методом микроклонального черенкования необходимо, чтобы растения-регенеранты были свободны от вирусных патогенов в латентной форме. Трехкратная диагностика исходных микрорастений иммуноферментным анализом показала освобождение от вирусов всех изучаемых генотипов в вариантах: виразол (0,01%) + хитозан (0,05) + интерферон (0,05) и циклоферон (0,05%). На контроле все растения оставались пораженными. Здоровые исходные растения картофеля также получены в вариантах: циклоферон 0,01% – 6-14-11 (YBK), ламивудин (0,01; 0,05%) и циклоферон (0,01%) – Памяти Аношкиной (SBK, MBK) и 22103-10 (SBK), ламивудин 0,05% и циклоферон 0,01% – 22103-10 (MBK).

Увеличение выхода здоровых растений-регенерантов выявлено в вариантах: виразол 0,01% + хитозан 0,05% + интерферон 0,05% – 6-14-11 (YBK), 22103-10 (SBK, MBK); ламивудин 0,01% – Памяти Анош-

Табл. 1. Приживаемость меристем в зависимости от применения ингибиторов вирусов, %

Table 1. The survival rate of meristems depending on the use of virus inhibitors, %

Генотип (фактор А)	Вирус	Контроль	Ингибиторы вирусов (фактор В)				
			виразол 0,01% + хитозан 0,05% + интерферон 0,05%	ламивудин 0,01%	ламивудин 0,05%	циклоферон 0,01%	циклоферон 0,05%
6-14-11	Y	10	40	20	10	10	50
Памяти Аношкиной	Y	0	0	0	0	10	0
	S	10	10	20	30	30	50
	M	10	10	20	30	30	50
22103-10	S	20	20	30	20	50	40
	M	20	20	30	20	50	40

HCP_{05} = фактор А – 12,5, фактор В – 11,5.

Примечание. Доля влияния: фактор А – 30,2%, фактор В – 24,3%.

⁸Коновалова Г.И. Сравнительная эффективность оздоровления картофеля от вирусов при использовании 2'-5'-олигоаденилатов // Вопросы картофелеводства. Научные труды (к 70-летию ВНИИКС). 2001. С. 286–288.

⁹Турко С.А., Дударевич В.И., Коновалова Г.И. Производство семенного картофеля в Республике Беларусь, перспективные направления развития системы семеноводства // Картофелеводство: результаты исследований, инновации, практический опыт. М., 2008. Т. 1. С. 13–21.

киной (SBK, MBK) и 22103-10 (SBK); ламивудин 0,05% и циклоферон 0,01% – Памяти Аношкиной (SBK, MBK) и 22103-10 (SBK, MBK) и составило от двух до пяти микро-растений ($HCP_{05} = 1,4$) (см. табл. 2).

В варианте с применением ингибитора вирусов циклоферон в концентрации 0,05% наиболее высокий результат по выходу здоровых растений-регенерантов изучаемых генотипов картофеля, который составляет от 4 до 5 растений. Установлено, что лимитирующий фактор на выход здоровых растений-регенерантов – это выбор ингибитора вирусов (В) – 55,3%.

Каждому растению-регенеранту оздоровленных образцов картофеля 6-14-11, Памяти Аношкиной и 22103-10 методом апикальной меристемы в сочетании с химиотерапией присвоены номера-линии *in vitro*.

При дальнейшем размножении в культуре *in vitro* микрорастения имели высокие морфометрические показатели: высота растений 6,2–12,5 см, число междоузлий 6,3–8,7 шт., длина междоузлий 0,9–1,8 см, число корешков 5,8–8,3 шт., длина корешков 3,3–5,3 см. Полученный исходный материал используют для последующего изучения и размножения в оригинальном семеноводстве картофеля.

В исследованиях по оздоровлению вегетирующих растений картофеля в различные фазы роста и развития заложены опыты для ускоренного получения растений-регенерантов нового сорта Памяти Аношкиной и перспективных гибридов 6-14-11 и 22103-10.

Успех введения в культуру определяется эффективностью стерилизации растительного материала [11–13]. Чтобы снизить полевую загрязненность эксплантов, вводимых в культуру *in vitro*, проводили стерилизацию растительного материала.

В результате проведенных исследований определены эффективные приемы стерилизации эксплантов по этапам. На первом этапе исследований проведена предварительная стерилизация растительных образцов: отмывка в теплой воде, в дистиллированной воде, замачивание в хлорсодержащем средстве ACE (10 мл ACE на 100 мл воды), промывка в проточной и дистиллированной воде. На втором этапе выделился вариант со стерилизацией эксплантов 96%-м этиловым спиртом перед посадкой (по наименьшему зарастанию питательной среды, лучшей приживаемости меристем и высокими морфометрическими показателями развития микрорастений).

Исследования показали, что наибольшая приживаемость меристем сорта Памяти Аношкиной и гибрида 22103-10 достигнута на контрольном варианте – 40–60%, тогда как меристемы гибрида 6-14-11 не прижились.

Наибольшая жизнеспособность и приживаемость меристем (от 30 до 40%) отмечена у сорта Памяти Аношкиной и гибрида

Табл. 2. Выход здоровых растений-регенерантов в зависимости от применения ингибиторов вирусов, шт.

Table 2. Yield of healthy regenerant plants depending on the use of virus inhibitors, pieces

Генотип (фактор А)	Вирус	Контроль	Ингибиторы вирусов (фактор В)				
			виразол 0,01% + хитозан 0,05% + интерферон 0,05%	ламивудин 0,01%	ламивудин 0,05%	циклоферон 0,01%	циклоферон 0,05%
6-14-11	Y	0	2	0	0	1	5
Памяти Аношкиной	S	0	1	2	3	2	5
	M	0	1	2	3	2	5
22103-10	S	0	2	2	2	5	4
	M	0	2	0	2	5	4

HCP_{05} = фактор А – 1,4, фактор В – 1,4.

Примечание. Доля влияния: фактор А – 1,0%, фактор В – 55,3%.

22103-10, оздоровленных в разные фазы роста и развития растений. У гибрида 6-14-11 прижилось 20,0% меристем, вычлененных в период формирования клубней (см. табл. 3).

Установлено, что на приживаемость меристем основное влияние оказал фактор А (генотип) – 77,3%.

На основании проведенных исследований по оздоровлению вегетирующих растений сорта Памяти Аношкиной выявлено достоверное снижение количества растений-регенерантов при вычленении меристем в период отрастания растений 15–20 см на

16,7%, цветения – на 26,7% и в период формирования клубней – на 30,0% в сравнении с контролем (см. табл. 4).

Растения-регенеранты гибрида 6-14-11 получены только в варианте при оздоровлении вегетирующих растений в период формирования клубней – 2 шт., или 6,7%. Выход растений-регенерантов гибрида 22103-10 при оздоровлении вегетирующих растений в период отрастания 15–20 см и цветения отмечен на уровне контроля 30,0–36,7%. Он снизился при вычленении в период формирования клубней на 16,7%. Наибольшее влия-

Табл. 3. Приживаемость меристем со стерилизацией 96%-м этиловым спиртом в зависимости от фазы роста и развития, %

Table 3. The survival rate of meristems sterilized with 96% ethyl alcohol, depending on the phase of growth and development, %

Генотип (фактор А)	Контроль (оздоровление ростками клубня)	Фазы онтогенеза вегетирующих растений (фактор В)		
		Отрастание растений 15–20 см	Цветение	Период формирования клубней
Памяти Аношкиной	60	40	30	30
6-14-11	0	0	0	20
22103-10	40	40	40	30

НСР₀₅ = фактор А – 4,1%, фактор В – 4,8%.

Примечание. Доля влияния: фактор А – 77,3%, фактор В – 6,2%, факторы АВ – 10,6%.

Табл. 4. Выход здоровых растений-регенерантов картофеля по фазам развития вегетирующих растений

Table 4. The yield of healthy potato regenerant plants by development phases of vegetative plants

Генотип (фактор А)	Вычленено меристем, шт.	Выход меристемных растений	
		шт.	%
Контроль (оздоровление ростками клубня) (фактор В)			
Памяти Аношкиной	30	18	60,0
6-14-11	30	0	0
22103-10	30	12	40,0
Отрастание растений 15–20 см			
Памяти Аношкиной	30	13	43,3
6-14-11	30	0	0
22103-10	30	11	36,7
Цветение			
Памяти Аношкиной	30	10	33,3
6-14-11	30	0	0
22103-10	30	9	30,0
Период формирования клубней			
Памяти Аношкиной	30	9	30,0
6-14-11	30	2	6,7
22103-10	30	7	23,3
НСР ₀₅		фактор А – 4,2; фактор В – 4,9;	фактор А – 14,2; фактор В – 16,4.

Примечание. Доля влияния: фактор А – 83,7%, фактор В – 2,9%.

яние на выход растений-регенерантов при оздоровлении вегетирующих растений оказал фактор А (генотип) – 83,7%. Так, у сорта Памяти Аношкиной и гибрида 22103-10 выход растений-регенерантов из меристем в среднем по опыту составил 33,3 и 32,5% соответственно, у гибрида 6-14-11 – 1,7%.

Трехкратное тестирование методом иммуноферментного анализа исходных микро-растений оздоровленных в различные фазы онтогенеза показало отсутствие скрытых вирусных и бактериальных инфекций. Каждому растению-регенеранту сорта Памяти Аношкиной и гибридов 6-14-11 и 22103-10 после тщательной оценки и браковки присвоены номера линиям *in vitro*.

Визуальная оценка меристемных растений, полученных в различные фазы онтогенеза изучаемых образцов, показала, что морфологические признаки (цвет растений, форма стебля и листочков) типичны для изучаемых генотипов и различий в сравнении с контролем не выявлено. Микро-растения имели высокие морфометрические показатели: высота 6,5–10,8 см, число междоузлий 6,6–10,0 шт., число корешков 8,0–12,0 шт., длина корешков 2,3–6,3 см. Полученные растения картофеля *in vitro* используют для дальнейшего изучения и размножения.

Проблемы оздоровления методом апикальной меристемы – долгая подготовка материала (отбор базовых клонов по вегетации растений в поле, оценка клубней в послеуборочный период, прохождение периода покоя, термотерапия, проращивание клубней); регенерация растений с пятью-шестью листочками из меристем может составлять 30–45 дней и более (до 8 мес); низкая результативность и зависимость от генотипа. По результатам проведенных исследований, продолжительность подготовки образцов клубней картофеля для оздоровления методом апикальной меристемы в сочетании с термо- и химиотерапией до вычленения апекса составила 166 дней, тогда как подготовка растительных образцов из вегетирующих растений изучаемых генотипов – 24 дня.

При различных способах оздоровления картофеля установлены следующие периоды регенерации полноценных растений из меристем для сорта Памяти Аношкиной и перспективных гибридов 6-14-11, 22103-10: контрольный вариант 38–56 дней; применение химиотерапии 38–56 дней; варианты вегетирующих растений по фазам онтогенеза: отрастания растений 15–20 см – 48–51 день, фаза цветения – 38–42 дня, период клубнеобразования – 51–56 дней.

ВЫВОДЫ

1. Исследованиями по оздоровлению образцов картофеля методом апикальной меристемы с применением способа химиотерапии выявлены противовирусные препараты и их концентрации: виразол 0,01% + хитозан 0,05% + интерферон 0,05% (сочетание препаратов) и циклоферон 0,05%, полностью освобождающие от вирусов SBK и MBK сорт Памяти Аношкиной и гибрид 22103-10, от вируса YBK гибрид 6-14-11. Применение этих препаратов-ингибиторов позволяет получить от 10 до 50% жизнеспособных меристем и увеличить выход здоровых растений-регенерантов до пяти микро-растений.

2. В результате изучения способа оздоровления вегетирующих растений картофеля сорта Памяти Аношкиной и гибрида 22103-10 определены фазы роста и развития с меньшим накоплением вирусных и грибных болезней – периоды отрастания растений 15–20 см и цветения. Вычленение апикальной меристемы из верхушечных и пазушных почек здоровых растений в эти фазы развития позволяет получить от 30,0 до 43,3% свободных от вирусных инфекций растений-регенерантов.

3. Способ оздоровления вегетирующих растений в разные фазы онтогенеза наиболее эффективен, так как сокращает период выхода здоровых линий *in vitro* в 6,9 раза, ускоряет процесс получения исходного материала картофеля для дальнейшего размножения в оригинальном семеноводстве и быстрого внедрения новых сортов в производство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пакуль В.Н., Лапшинов Н.А., Гантимурова А.Н., Куликова В.И. Источники ценных признаков картофеля (*Solanum* L.) по пластичности и стабильности в условиях северной лесостепи Западной Сибири // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 5. С. 978–989. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.5.978rus.
2. Галеев Р.Р., Вышегубов С.Х., Шульга М.С. Эффективность производства оздоровленного картофеля в лесостепи Новосибирского Приобья // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (40). С. 7–12.
3. Картофелеводство Кемеровской области // Картофельная система. 2018. № 1. С. 52–57.
4. Шанина Е.П., Клюкина Е.М., Стафеева М.А., Беляева Н.В., Гончар О.Н. Сравнительный анализ сортов картофеля коллекционного питомника в зависимости от географического происхождения // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 6. С. 75–78. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10614.
5. Коришунов А.В., Симаков Е.А., Лысенко Ю.Н., Анисимов Б.В., Митюшкин А.В., Гаитов М.Ю. Актуальные проблемы и приоритетные направления развития картофелеводства // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 3. С. 12–20. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10303.
6. Ходаева В.П., Куликова В.И. Размножение исходного материала картофеля в оригинальном семеноводстве // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 2 (68). С. 44–48. DOI: 10.23670/IRJ.2018.68.016.
7. Антонова О.Ю., Апаликова О.В., Ухатова Ю.В., Крылова Е.А., Шувалов О.Ю., Шувалова А.Р., Гавриленко Т.А. Оздоровление микрорастений трех культурных видов картофеля (*Solanum tuberosum* L., *S. phureja* Juz. & Buk. и *S. stenotomum* Juz. & Buk) от вирусов методом комбинированной термо-химиотерапии // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 1. С. 95–104. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.1.95rus.
8. Овэс Е.В., Анисимов Б.В., Симаков Е.А., Жевора С.В., Гаитова Н.А. Особенности морфогенеза *in vitro* и оценка фенотипической идентичности сортов признаков картофе-

- ля // Картофель и овощи. 2018. № 7. С. 33–36.
9. Овэс Е.В., Жевора С.В. Современные способы сохранения сортовых ресурсов картофеля // Картофель и овощи. 2015. № 12. С. 21–23.
10. Юрьева Н.О., Воронкова Е.В., Терешонок Д.В., Мелешин А.А., Мелешина О.В., Беляев Д.В. Введение в асептическую культуру дигаплоидов картофеля с использованием адвентивных побегов и химиотерапии // Защита картофеля. 2017. № 2. С. 23–27.
11. Кушнарченко С.В., Ромаданова Н.В., Аралбаева М.М., Матакова Г.Н., Бекебаева М.О., Бабисекова Д.И. Создание коллекции *in vitro* сортов и гибридов картофеля как исходного материала для криоколлекции // Биотехнология. Теория и практика. 2013. № 1. С. 28–33. DOI: 10.11134/btp.1.2013.6.
12. Мякишева Е.П., Таварткиладзе О.К., Дурникин Д.А. Новые особенности процесса клонального размножения сорта картофеля селекции Западной Сибири // Біологічний вісник МДПУ. 2016. № 1. С. 375–389. DOI: 10.15421/201622.
13. Чураков А.А., Попова Н.М., Халипский А.Н., Пирятенец Ю.А. Способ получения асептических эксплантов картофеля в культуре *in vitro* // Вестник КрасГАУ. 2019. № 5. С. 16–21.

REFERENCES

1. Pakul' V.N., Lapshinov N.A., Gantimurova A.N., Kulikova V.I. Donors of potato (*Solanum* L.) plasticity and yield stability traits in the environmental conditions of North forest steppe of Western Siberia. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2019, vol. 54, no. 5, pp. 978–989. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2019.5.978rus.
2. Galeev R.R., Vyshegubov S.Kh., Shul'ga M.S. Effectiveness of production of sanitized potato varieties in the forest-steppe of the Novosibirsk Ob. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of the Novosibirsk State Agrarian University*, 2016, no. 3 (40), pp. 7–12. (In Russian).
3. Potato growing in Kemerovo region. *Kartofel'naya Sistema = Potato system*, 2018, no. 1, pp. 52–57. (In Russian).
4. Shanina E.P., Klyukina E.M., Stafeyeva M.A., Belyaeva N.V., Gonchar O.N. The comparative

- geographical analysis of potato varieties from a collection nursery. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2020, vol. 34, no. 6, pp. 75–78. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10614.
5. Korshunov A.V., Simakov E.A., Lysenko Yu.N., Anisimov B.V., Mityushkin A.V., Gaitov M.Yu. Actual problems and priority directions of innovative development of potato breeding. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2018, vol. 32, no. 3, pp. 12–20. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10303.
 6. Khodaeva V.P., Kulikova V.I. Propagation of carbohydrate raw material of potato in original seed farming. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal = International Research Journal*, 2018, no. 2 (68), pp. 44–48. (In Russian). DOI: 10.23670/IRJ.2018.68.016.
 7. Antonova O.Yu., Apalikova O.V., Ukhatova Yu.V., Krylova E.A., Shuvalov O.Yu., Shuvalova A.R., Gavrilenko T.A. Eradication of viruses in microplants of three cultivated potato species (*Solanum tuberosum* L., *S. phureja* Juz. & Buk. and *S. stenotomum* Juz. & Buk.) using combined thermo-chemistry method. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural biology*, 2017, vol. 52, no. 1, pp. 95–104. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2017.1.95rus.
 8. Oves E.V., Anisimov B.V., Simakov E.A., Zhevora S.V., Gaitova N.A. Peculiarities of morphogenesis *in vitro* and evaluation of potato cultivars for compliance. *Kartofel' i ovoshchi = Potato and Vegetables*, 2018, no. 7, pp. 33–36. (In Russian).
 9. Oves E.V., Zhevora S.V. Modern methods of maintaining varietal resources of potatoes. *Kartofel' i ovoshchi = Potato and Vegetables*, 2015, no. 12, pp. 21–23. (In Russian).
 10. Yur'eva N.O., Voronkova E.V., Tereshonok D.V., Melechin A.A., Melechina O.V., Belyaev D.V. Potato dihaploid introduction into aseptic culture using adventive shoots and chemotherapy. *Zashchita kartofelya = Protection of Potatoes*, 2017, no. 2, pp. 23–27. (In Russian).
 11. Kushnarenko S.V., Romadanova N.V., Aralbaeva M.M., Matakova G.N., Bekebaeva M.O., Babisekova D.I. Creation of an *in vitro* collection of potato varieties and hybrids as a starting material for cryo-collection. *Biotehnologiya. Teoriya i praktika = Biotechnology. Theory and practice*, 2013, no. 1, pp. 28–33. (In Russian). DOI: 10.11134/btp.1.2013.6.
 12. Myakisheva E.P., Tavartkiladze O.K., Durnikin D.A. Clonal micropropagation of potato varieties by Western Siberia selection – the new features. *Biologichnii visnik MDPU = Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytsky Melitopol State Pedagogical University*, 2016, no. 1, pp. 375–389. (In Russian). DOI: 10.15421/201622.
 13. Churakov A.A., Popova N.M., Khalipskii A.N., Piryatenets Yu.A. The way of obtaining aseptic explants of potato culture *in vitro*. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*, 2019, no. 5, pp. 16–21. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Куликова В.И.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** 650510, Россия, Кемеровская обл., Кемеровский р-н, пос. Новостройка, ул. Центральная, 47; e-mail: kulikova.potato@yandex.ru

Ходаева В.П., старший научный сотрудник
Лапшинов Н.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

AUTHOR INFORMATION

✉ **Valentina I. Kulikova**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** 47, Tsentralnaya St, Novostroika, Kemerovo district, Kemerovo region, 650510, Russia; e-mail: kulikova.potato@yandex.ru

Vera P. Khodaeva, Senior Researcher
Nikolay A. Lapshinov, Doctor of Science in Agriculture, Professor

Дата поступления статьи 23.06.2020
Received by the editors 23.06.2020



ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАЛОРАСПРОСТРАНЕННЫЕ МЯТЛИКОВЫЕ И ЗЕРНОБОБОВЫЕ КОРМОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

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

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

Представлены и проанализированы результаты исследований (2016–2018 гг.) по изучению продуктивности, адаптивности и питательной ценности мятликовых (просо кормовое, суданская трава) и зернобобовых (кормовые бобы, вика яровая, горох посевной) культур. Исследования выполнены на лугово-черноземной мучнисто-карбонатной почве, по гранулометрическому составу – легкий суглинок, в лесостепной зоне Забайкалья. Агротехника кормовых культур общепринятая в зоне. Объекты исследований – сорта зернобобовых (кормовые бобы Сибирские, вика яровая Новосибирская, горох посевной Холик, мятликовые (просо кормовое Быстрое, суданская трава Новосибирская 84). Экспериментальная работа проведена в соответствии с общепринятыми методическими указаниями по полевым опытам. Все изучаемые кормовые культуры в среднем за годы исследований сформировали достаточно высокую продуктивность. Урожайность зеленой массы составила 13,0–18,2 т/га, количество сухого вещества – 2,6–3,2, сбор кормовых единиц – 2,2–2,7 т/га, содержание переваримого протеина – 220–567 кг/га, валовой энергии – 26,5–32,2 ГДж/га с обеспеченностью одной кормовой единицы переваримым протеином 100–210 г. Среди зернобобовых культур преимущество имели вика яровая и кормовые бобы при урожайности зеленой массы 13,3–15,0 т/га, количестве сухого вещества 3,1–3,2, кормовых единиц 2,6–2,7 т/га, переваримого протеина 494–567 кг/га, валовой энергии 32,0–32,2 ГДж/га с обеспеченностью одной кормовой единицы переваримым протеином 190–210 г. Горох посевной уступал вике яровой и кормовым бобам по урожайности на 2,3–13,3%, сухому веществу на 9,6–12,5, кормовым единицам на 3,8–7,4, переваримому протеину на 4,9–17,1, валовой энергии на 8,1–8,7%. Среди мятликовых культур преимущество по продуктивности и питательной ценности имели агроценозы суданской травы. Они сформировали урожайность зеленой массы 18,2 т/га, количество сухого вещества 3,1, кормовых единиц 2,5 т/га, переваримого протеина 300 кг/га, валовой энергии 31,3 ГДж/га с обеспеченностью кормовой единицы переваримым протеином 120 г. Просо кормовое уступало суданской траве по всем показателям соответственно на 12,0–26,7%.

Ключевые слова: зернобобовые культуры, мятликовые культуры, одновидовые посевы, продуктивность, питательная ценность

PROMISING UNCOMMON POACEOUS AND LEGUMINOUS FODDER CROPS

Olga T. Andreeva, Natalya G. Pilipenko, Lyudmila P. Sidorova, Nadezhda Yu. Kharchenko

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

The results of research (2016–2018) into productivity, adaptability and nutritional value of poaceous crops (forage millet, Sudan grass) and legumes (fodder beans, spring vetch, garden peas) are presented and analyzed. The research was conducted on meadow chernozem mealy-carbonate soil, light loam by granulometric composition, in the forest-steppe zone of Trans-Baikal Territory. Agricultural technology used for fodder crop cultivation was common for this area. The objects of the

research were legumes (Sibirskiye forage beans, Novosibirskaya spring vetch, Holik garden peas), and poaceous varieties (Bystroe forage millet, Novosibirskaya 84 Sudan grass). The experimental work was carried out in accordance with the generally accepted guidelines for field experiments. All the forage crops under study have formed a fairly high productivity: the yield of green mass was 13.0-18.2 t/ha, dry matter – 2.6-3.2, feed units – 2.2-2.7 t/ha, digestible protein – 220-567 kg/ha, gross energy – 26.5-32.2 GJ/ha, with availability of digestible protein 100-210 g per one feed unit. Among leguminous crops, spring vetch and fodder beans had an advantage with the green mass yield of 13.3-15.0 t/ha, the amount of dry matter of 3.1-3.2, feed units of 2.6-2.7 t/ha, digestible protein 494–567 kg/ha, gross energy 32.0–32.2 GJ/ha, with availability of digestible protein of 190–210 g per one feed unit. Garden peas were inferior to spring vetch and fodder beans in yield by 2.3-13.3%, dry matter – by 9.6-12.5, feed units – by 3.8-7.4, digestible protein – by 4.9-17.1, gross energy – by 8.1–8.7%. Among poaceous crops, agrocenoses of Sudan grass had an advantage in productivity and nutritional value. They formed the yield of green mass 18.2 t/ha, the amount of dry matter 3.1, feed units 2.5 t/ha, digestible protein 300 kg/ha, gross energy 31.3 GJ/ha, with availability of digestible protein of 120 g per one feed unit. Fodder millet was inferior to Sudan grass in all respects by 12.0–26.7%, respectively.

Keywords: leguminous crops, poaceous crops, single-species crops, productivity, nutritional value

Для цитирования: Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю. Перспективные малораспространенные мятликовые и зернобобовые кормовые культуры // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 4. С. 33–39. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-4.

For citation: Andreeva O.T., Pilipenko N.G., Sidorova L.P., Kharchenko 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. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-4.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время животноводство ведется в условиях хронического дефицита кормов, особенно кормового белка и низкого их качества [1]. В Забайкальском крае в зиму остаются более 475 тыс. условных голов сельскохозяйственных животных, на одну условную голову заготавливают не более 15 ц к. ед. при зоотехнической норме 30–35 ц, что обусловлено низкой продуктивностью природных кормовых угодий и культур полевого кормопроизводства^{1,2}.

Эффективность и устойчивость кормопроизводства во многом определяются видовым составом используемых культур, их продуктивным и средообразующим потенциалом. Ассортимент кормовых культур должен соответствовать не только высоким

хозяйственно ценным параметрам, но и природно-климатическим и экономическим условиям зон произрастания и сложившейся в области животноводства специализации хозяйств [2–4].

В условиях недостатка материальных и технических ресурсов подбор высокопродуктивных, адаптивных к условиям выращивания перспективных культур – один из наиболее оправданных путей повышения эффективности кормопроизводства, улучшения качества и сбалансированности кормов [5].

Природно-климатические условия Забайкальского края (короткий безморозный период, засушливость большинства зон, неравномерность поступления осадков в период вегетации) ограничивают видовой состав

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: ЗабАИ ИрГСХА, 2009. С. 36–39.

²Андреева О.Т. Современное состояние и перспективные направления развития кормопроизводства Забайкальского края // Современное состояние и стратегия развития кормопроизводства в XXI веке: Материалы конф. (Новосибирск, 9–12 июля 2012 г.). Новосибирск: Сиб. отд-ние Россельхозакадемии, 2012. С. 41–48.

кормовых культур, их продуктивность, приводят к большим перепадам урожайности. Это снижает возможность балансирования кормов по основным элементам питания [6, 7]. В Забайкальском крае созданы и распространены урожайные сорта кормовых культур сибирского экотипа. Эффективное развитие животноводства в зоне рискованного земледелия требует определения видового состава наиболее перспективных высокопродуктивных агроценозов кормовых культур. В Научно-исследовательском институте ветеринарии Восточной Сибири в процессе изучения и освоения различных культур выявлены перспективные для края растения: суданская трава, просо кормовое, кормовые бобы, вика яровая, горох и др. Перспективность и ценность кормовых культур определяются не только их продуктивностью и высоким сбором протеина, но и устойчивостью к действию абиотических и биотических стрессов в конкретных агроклиматических условиях. Ведущее место в решении этой проблемы принадлежит однолетним мятликовым и зернобобовым культурам [8–11].

Увеличению кормовой базы животноводства Забайкальского края способствует внедрение в производство малораспространенной сельскохозяйственной культуры – суданской травы, обладающей рядом ценных биологических и хозяйственных особенностей. Она пластична к условиям произрастания, высокопродуктивна, быстро отрастает после укоса, особенно если он проведен в оптимальные сроки (в фазу выметывания). Это позволяет использовать поздние летние осадки и без дополнительных затрат получать второй укос, составляющий 40–50% основного укоса, или отаву в качестве дополнительного источника осенью. Обладая глубокопроникающей и хорошо разветвленной корневой системой, суданская трава способна наиболее полно использовать запасы питательных веществ и влаги из почвы и формировать высокие урожаи. Трава хорошо поедается всеми видами животных. Используется для приготовления сена, сенажа, травяной муки, силоса. Суданская трава отличается высокой питательностью: 1 кг зеленого корма содер-

жит 28 г переваримого протеина, 1,4 – кальция, 0,6 г фосфора, 65–80 мг каротина и значительное количество сахара (7–11%), что делает ее ценной кормовой культурой. Суданская трава – одна из наиболее урожайных однолетних кормовых культур [1, 4, 6, 12, 13]. Все перечисленные качества в сочетании с высокой урожайностью определяют значение суданской травы в кормопроизводстве Забайкалья. Внедрение суданской травы – перспективной засухоустойчивой кормовой культуры – позволит в значительной степени укрепить кормовую базу для животноводства Забайкальского края.

Одна из наиболее высокоурожайных засухоустойчивых кормовых культур – кормовое просо, которое может быть использовано в виде сена, сенажа, травяной резки, витаминной муки. Просо кормовое – универсальная культура, биологически приспособленная к местным климатическим условиям. В резко засушливые годы, когда другие корма выгорают полностью, оно обеспечивает сравнительно высокие урожаи. Просо кормовое – засухоустойчивое растение, корневая система которого способна извлечь из почвы воду, содержащуюся почти на уровне метрового запаса. В резко засушливые годы всходы проса длительное время могут находиться в состоянии анабиоза, не теряя жизнеспособности. К питательным веществам просо предъявляет большие требования. Зеленая масса проса отличается хорошими кормовыми качествами, в ней содержится в среднем: протеина 3,5%, жира 0,8, клетчатки 6,2, золы 2,3, БЭВ 10,3%. В 100 кг сена – 57 к. ед. и 6,5 кг переваримого протеина. Солома по кормовому достоинству приравнивается к луговому селу. Так, в 1 кг соломы просяной содержится 0,51 к. ед., половы – 0,42 к. ед., а также большое количество белков, жиров и витаминов (особенно витамина А) [1, 4]. Укосная спелость проса наступает в фазу выметывания – начала цветения метелки. В Забайкалье просо пока не получило широкого распространения, хотя по засухоустойчивости и скороспелости вполне соответствует почвенно-климатическим условиям края. Обладая высокой засухоустойчивостью, от-

зливчивостью на поздние осадки, большим потенциалом урожая, просо стало ведущей кормовой культурой среди однолетних трав в засушливых районах Забайкалья.

В условиях Забайкалья обеспечение животноводства кормовым растительным белком проблематично, так как естественные кормовые угодья, а также сложившаяся структура посевных площадей не обеспечивают необходимого содержания белка в кормах. Почвенно-климатические условия позволяют получать значительные урожаи гороха посевного, отличающегося высокой кормовой ценностью, устойчивостью к стрессовым факторам внешней среды и формирующего стабильные урожаи. Все виды кормов из гороха имеют высокое содержание белка. В 1 кг зеленой массы чистого гороха содержится 0,14–0,16 к. ед и 23–27 г переваримого протеина, при выращивании в смеси с зерновыми культурами формируют стабильные урожаи, сбалансированные по белку. Зеленые корма, зерносе-наж, силос хорошо поедаются всеми видами животных [1, 4, 6].

Высокой кормовой ценностью отличаются кормовые бобы. Урожайность зеленой массы кормовых бобов достигает 350–400 ц/га и выше, семян – 28–30 ц/га в зависимости от условий выращивания, и в значительной степени определяется количеством выпавших осадков в период вегетации. Кормовые бобы занимают значительное место в кормопроизводстве Сибири за высокие кормовые качества (обеспеченность 1 к. ед. протеином составляет 220–240 г), устойчивость к полеганию, биотическим и абиотическим факторам внешней среды [3, 14].

Вика яровая – ценная бобовая кормовая культура, являющаяся лучшим растением на зеленый корм и выпас. В 1 к. ед. зеленой массы содержится до 195 г переваримого протеина, 17,6 – кальция, 4 г фосфора, 200 мг каротина. При посеве в несколько сроков вика способна давать отличный зеленый пастбищный корм, начиная с конца II декады июня и до конца октября. Имеет тонкий нежный стебель и легко полегает, поэтому ее высевают с овсом, ячменем и другими культурами, которые служат ей опорой во вре-

мя роста. Вика яровая используется также в смешанных посевах со злаковыми травами в качестве бобового компонента, повышая содержание растительного белка в кормовой массе. По кормовой ценности она почти не уступает многолетним бобовым травам – клеверу и люцерне [15–17].

Цель исследований – изучить и оценить перспективные малораспространенные мятликовые и зернобобовые кормовые культуры по питательной ценности, продуктивности и адаптивности в условиях Забайкальского края.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2016–2018 гг. в полевых условиях 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 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. Вегетационный период (апрель – сентябрь) 2016 г. был характерным для лесостепной зоны Забайкалья, выпало 194,7 мм осадков при средней многолетней норме 276 мм. Среднемесячная температура воздуха за этот период составила 11,2 °С при средней многолетней норме 11,2 °С. Гидротермический коэффициент (ГТК) вегетационного периода составил 0,7. Распределение осадков по месяцам вегетационных периодов было неравномерным, в отдельные периоды зарегистрирована высокая температура воздуха и почвы. Вегетационные периоды 2017, 2018 гг. отличались повышенной влагообеспеченностью. Всего за апрель – сентябрь выпало 317,6 и 363,1 мм осадков. Отклонение от среднемноголетнего показателя (276,0 мм) составило 41,6 и 87,1 мм, или 15,1 и 31,5%. Среднесуточная температура воздуха в среднем за вегетационные периоды превышала норму на 3,4–4,2 °С.

В целом климатические условия 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 кормовых культур общепринятая в зоне. Минеральные удобрения под мятликовые культуры внесли под предпосевную культивацию в норме N₆₀P₆₀K₆₀. Посев кормовых культур провели в оптимальные рекомендуемые сроки (вторая половина мая) рядовым способом сеялкой СН-16 с нормой высева: суданскую траву и просо кормовое 3,0–4,0, горох посевной и кормовые бобы 0,8–1,2, вику яровую 1,5 млн всхожих семян/га. Глубина заделки семян: суданская трава 2–6 см, просо кормовое 4–6, горох посевной и кормовые бобы 6–8, вика яровая 5,6 см. Учет урожая зеленой массы определяли сплошным способом с площади 25 м².

Объекты исследований – районированные сорта изучаемых культур: суданская трава Новосибирская 84, просо кормовое Быстрое, горох посевной Холик, кормовые бобы Сибирские, вика яровая Новосибирская.

Экспериментальная работа проведена в соответствии с методическими указаниями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами в сопровождении лабораторно-полевых наблюдений³⁻⁶.

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

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований показали, что изучаемые культуры неодинаково реагировали на почвенные и климатические условия произрастания. Периоды от посева до всходов по культурам различны: от 10 до 14 дней, самый короткий (10 дней) отмечен у гороха посевного, затем по нарастающей – у вики яровой (12 дней), проса кормового и кормовых бобов (13), суданской травы (14 дней). Период от всходов до бутонизации у зернобобовых культур составил 23–24 дня; всходы – цветение – 45–49 дней. Период всходы – кущение у мятликовых: суданская трава – 39 дней, просо кормовое – 52 дня (см. табл. 1).

Табл. 1. Продолжительность межфазных периодов (среднее за 2016–2018 гг.)

Table 1. The duration of interphase periods (average for 2016–2018)

Вариант	Период, дни				
	посев – всходы	всходы – бутонизация	всходы – кущение	всходы – выметывание (колошение)	всходы – цветение
Вика яровая	12	24	–	–	45
Горох посевной	10	23	–	–	46
Кормовые бобы	13	24	–	–	49
Просо кормовое	13	–	27	52	–
Суданская трава	14	–	22	39	–

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.

По оценке реакции к засухе, предусмотренной методикой, в основе которой наблюдение за пожелтением прикорневых листьев и потеря тургора, все изучаемые культуры обладают засухоустойчивостью (просо кормовое – 4,9 балла, вика яровая – 4,5, суданская трава – 4,4, кормовые бобы – 4,2, горох посевной – 4,0 балла).

Наблюдениями за линейным ростом изучаемых культур установлено, что наиболее интенсивно в период вегетации развивались растения суданской травы, где высота к укосной спелости составила 118 см. Растения зернобобовых культур имели высоту к уборке 105–109 см (см. табл. 2).

Определение облиственности перед учетом урожая показало, что наименее облиственны растения суданской травы (38%).

Табл. 2. Высота и облиственность растений в агроценозах (среднее за 2016–2018 гг.)

Table 2. Height and foliage of plants in agroecosystems (average for 2016–2018)

Культура	Высота стебля, см	Облиственность, %
Вика яровая	107	66
Горох посевной	105	60
Кормовые бобы	109	60
Просо кормовое	98	58
Суданская трава	118	38

Наиболее высокими показателями характеризовались зернобобовые культуры – горох посевной, кормовые бобы, вика яровая (60–66%).

В создавшихся погодных условиях вегетационного периода растения вики яровой, гороха посевного, кормовых бобов, суданской травы, проса кормового успешно использовали выпавшие осадки и сформировали продуктивность зеленой массы 13,0–18,2 т/га, количество сухого вещества 2,6–3,2, сбор кормовых единиц 2,2–2,7 т/га, переваримого протеина 220–567 кг/га, валовой энергии 26,5–32,2 ГДж/га и высокую обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином 100–210 г (см. табл. 3).

Выявлена положительная корреляционная зависимость $r = 0,51–0,64$ между урожайностью зеленой массы и высотой растений за вегетационные периоды. В менее благоприятный по влаго- и теплообеспеченности 2016 г. (сумма осадков 194,7 мм, среднемесячная температура воздуха 11,2 °С) при высоте растений 95–115 см корреляционная зависимость $r = 0,51$, в более благоприятные годы по влаго- и теплообеспеченности 2017, 2018 гг. (сумма осадков 317,6 – 363,1 мм, среднемесячная температура воздуха 14,6–15,4 °С) при высоте 98–120 см отмечена большая корреляционная зависимость ($r = 0,56–0,64$).

Табл. 3. Продуктивность и питательная ценность мятликовых и бобовых культур (среднее за 2016–2018 гг.)

Table 3. Productivity and nutritional value of poaceous and leguminous crops (average for 2016–2018)

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
Вика яровая	13,3	3,2	2,6	494	190	32,0
Горох посевной	13,0	2,8	2,5	470	188	29,4
Кормовые бобы	15,0	3,1	2,7	567	210	32,2
Просо кормовое	15,4	2,6	2,2	220	100	26,5
Суданская трава	18,2	3,1	2,5	300	120	31,3
НСР ₀₅		0,20	0,10			

ВЫВОДЫ

1. В Забайкальском крае в решении проблемы производства кормов значимая роль принадлежит внедрению адаптированных к агроэкологическим условиям региона перспективных малораспространенных зернобобовых и мятликовых культур.

2. Среди зернобобовых культур за годы исследований преимущество имели вика яровая и кормовые бобы при урожайности зеленой массы 13,3–15,0 т/га, количестве сухого вещества 3,1–3,2, сборе кормовых единиц 2,6–2,7 т/га, количестве переваримого протеина 494–567 кг/га, содержании валовой энергии 32,0–32,2 ГДж/га с обеспеченностью одной кормовой единицы переваримым протеином 190–210 г. Среди мятликовых культур преимущество по продуктивности и питательной ценности имели агроценозы суданской травы, сформировавшие урожайность зеленой массы 18,2 т/га, количество сухого вещества 3,1, сбор кормовых единиц 2,5 т/га, количество переваримого протеина 300 кг/га, содержание валовой энергии 31,3 ГДж/га с обеспеченностью одной кормовой единицы переваримым протеином 120 г.

3. Посевы гороха посевного уступали вике яровой и кормовым бобам по урожайности зеленой массы на 2,3–13,3%, сухому веществу – 9,6–12,5, кормовым единицам – 3,8–7,4, переваримому протеину – 4,9–17,1, валовой энергии – 8,1–8,7%. Просо кормовое уступало суданской траве по всем показателям соответственно на 15,4; 16,1; 12,0; 26,7; 15,3%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *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.
2. *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.
3. *Щукис Е.Р.* Кормовые культуры на Алтае: монография. Барнаул: ГНУ Алтайский НИИСХ Россельхозакадемии, 2013. 182 с.
4. *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.
5. *Бенц В.А., Кашеваров Н.И., Демарчук Г.А.* Полевое кормопроизводство в Сибири: монография. Новосибирск: Издательство СО РАСХН, 2001. 240 с.
6. *Климова Э.В.* Полевые культуры Забайкалья: монография. Чита: Поиск, 2001. 392 с.
7. *Андреева О.Т., Цыганова Г.П., Климова Э.В.* Зональные системы земледелия Читинской области: монография. Чита: Областное книжное издательство, 1988. 182 с.
8. *Гончаров П.Л., Гончарова А.В., Васякин Н.И.* Вика яровая: монография. Новосибирск: Новосибирское книжное издательство, 1989. 34 с.
9. *Кашеваров Н.И., Вязовский В.А.* Проблема белка в кормопроизводстве Западной Сибири, пути ее решения // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 11. С. 42–45.
10. *Косолапов В.М., Трофимов И.А.* Роль кормовых зернобобовых культур в укреплении кормовой базы животноводства // Зернобобовые и крупяные культуры. 2012. № 1. С. 98–101.
11. *Косолапов В.М., Трофимов И.А.* Кормопроизводство – важнейшее направление в экономике сельского хозяйства России // АПК: Экономика, управление. 2011. № 1. С. 22–27.
12. *Кононов С.И., Латфуллин В.З., Фатыхов И.Ш., Мазунина Н.И.* Приемы посева суданской травы в Среднем Предуралье // Кормопроизводство. 2014. № 9. С. 29–33.
13. *Кашеваров Н.И., Полюдина Р.И., Балыкина Н.В., Штаус А.П.* Суданка в кормопроизводстве Сибири: монография. Новосибирск: СО РАСХН, 2004. 222 с.
14. *Гамко Л.Н., Подольников В.Е., Малякко 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.
15. *Храмой В.К., Рахимов О.В.* Урожайность и белковая продуктивность вики посевной в смеси с овсом, пшеницей, ячменем // Кормопроизводство. 2012. № 3. С. 9–10.
16. *Андреева О.Т., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю., Хлебникова Е.Н.* Перспективы использования холодостойких высокобелковых культур в кормопроизводстве Забайкальского края // Вестник АПК Ставрополья. 2015. № 4. С. 209–219.
17. *Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю.* Создание агроценозов кормовых культур для весеннего и раннелетнего

использования в лесостепной зоне Забайкальского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. № 4. С. 43–50.

REFERENCES

1. 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).
2. Kashevarov N.I., Danilov V.P., Polyudina R.I., Andreyeva O.T., Mustafin A.M. *Agrotechnologies of feed production in Siberia*. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2013, 248 p. (In Russian).
3. Shchukis Ye.R. *Fodder crops in Altai*. Altai Research Institute of Agriculture of the Russian Agricultural Academy, Barnaul Publ., 2013, 182 p. (In Russian).
4. 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).
5. Benz V.A., Kashevarov N.I., Demarchuk G.A. *Field fodder production in Siberia*. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2001. 240 p. (In Russian).
6. Klimova E.V. *Field crops of Transbaikalia*. Poisk Publ., Chita, 2001, 392 p. (In Russian).
7. Andreeva O.T., Cyganova G.P., Klimova E.V. *Zonal farming systems of the Chita region*. Chita, Oblastnoe knizhnoe izdatel'stvo = Regional book publishing house, 1988, 182 p. (In Russian).
8. Goncharov P.L., Goncharova A.V., Vasyakin N.I. *Spring vetch*. Novosibirsk, Novosibirskoe knizhnoe izdatel'stvo = Novosibirsk book publishing house, 1989, 34 p. (In Russian).
9. Kashevarov N.I., Vyazovskiy V.A. The problem of protein in feed production in Western Siberia, ways to solve it. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2010, no. 11, pp. 42–45. (In Russian).
10. Kosolapov V.M., Trofimov I.A. The role of fodder leguminous crops in strengthening the fodder base of livestock breeding. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury = Grain Legumes and Cereals*, 2012, no. 1, pp. 98–101. (In Russian).
11. Kosolapov V.M., Trofimov I.A. Fodder production is the most important direction in the agricultural economy of Russia. *APK: Ekonomika, upravleniye. = AIC: Economy, management*, 2011, no. 1, pp. 22–27. (In Russian).
12. Kononov S.I., Latfullin V.Z., Fatyhov I.SH., Mazunina N.I. Methods of sowing Sudan grass in the Middle Urals. *Kormoproizvodstvo = Fodder production*, 2014, no. 9, pp. 29–33. (In Russian).
13. Kashevarov N.I., Polyudina R.I., Balykina N.V., Staus A.P. *Sudan grass in fodder production in Siberia*. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2004. 222 c. (In Russian).
14. 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 of animals and poultry and ecologically safe foodstuffs. *Zootekhnika*, 2016, no. 5, pp. 6–7. (In Russian).
15. Hramoy V.K., Rakhimov O.V. Yield and protein productivity of vetch in a mixture with oats, wheat and barley. *Kormoproizvodstvo = Fodder production*, 2012, no. 3, pp. 9–10. (In Russian).
16. Andreyeva O.T., Sidorova L.P., Kharchenko N.Yu., Khlebnikova Ye.N. Prospects for the use of cold-resistant high-protein crops in feed production of Trans-Baikal Territory. *Vestnik APK Stavropol'ya = Agricultural Bulletin of Stavropol Region*, 2015, no. 4, pp. 209–219. (In Russian).
17. Andreyeva O.T., Pilipenko N.G., Sidorova L.P., Kharchenko N.Yu. Creation of agrocenoses of fodder crops for spring and early summer use in the forest-steppe zone of the Trans-Baikal Territory. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaystvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2018, no. 4, pp. 43–50. (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, Senior 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 27.03.2020
Received by the editors 27.03.2020



ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЧВЕННЫХ ГЕРБИЦИДОВ В ОТНОШЕНИИ ЕЖОВНИКА ОБЫКНОВЕННОГО

**Мороховец В.Н., Басай З.В., Мороховец Т.В., Штерболова Т.В.,
Вострикова С.С., Скорик Н.С.**

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

Дана оценка биологической активности в отношении ежовника обыкновенного семи почвенных гербицидов (на основе семи действующих веществ), разрешенных для применения в посевах сои, и их пяти баковых смесей. Исследования проведены в Приморском крае в 2018, 2019 гг. в условиях вегетационного домика. Представлена схема опыта: контроль (без обработки гербицидами); Комманд, КЭ (д.в. кломазон, 480 г/л) в норме расхода 1,0 л/га; Зенкор Ультра, КС (д.в. метрибузин, 600 г/л) – 1,0 л/га; Гезагард, КС (д.в. прометрин, 500 г/л) – 3,5 л/га; Пропонит, КЭ (д.в. пропизохлор, 720 г/л) – 3,0 л/га; Дуал Голд, КЭ (д.в. С-метолахлор, 960 г/л) – 1,6 л/га; Гардо Голд, КС (д.в. С-метолахлор + тербутилазин, 312,5 + 187,5 г/л) – 4,5 л/га; Пледж, СП (д.в. флумиоксазин, 500 г/кг) – 0,12 кг/га; Гезагард + Дуал Голд – 2,5 л/га + 1,5 л/га; Зенкор Ультра + Дуал Голд – 0,5 л/га + 1,5 л/га; Комманд + Дуал Голд – 0,7 л/га + 1,5 л/га; Пропонит + Пледж – 2,0 л/га + 0,1 кг/га; Комманд + Пледж – 0,7 л/га + 0,1 кг/га. Ежовник обыкновенный оказался достаточно чувствительным к большинству использованных в опытах гербицидов и баковых смесей. Хороший контроль проса куриного обеспечило применение гербицидов Гезагард, Гардо Голд и Комманд. Однако исключительно высокую биологическую эффективность (фитотоксичность) по отношению к данному виду в условиях вегетационного домика, оптимальных для реализации гербицидного потенциала почвенных гербицидов, продемонстрировали препараты Дуал Голд, Пропонит и баковые смеси на их основе. В связи с этим Дуал Голд и Пропонит в первую очередь могут быть рекомендованы для почвенного применения (отдельно и в составе баковых смесей) в посевах сои, в сильной степени засоренных просом куриным.

Ключевые слова: сорняк, ежовник обыкновенный (просо куриное), почвенные гербициды, чувствительность, фитотоксичность, эффективность

STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF SOIL HERBICIDES IN RELATION TO BARNYARD GRASS

**Vadim N. Morokhovets, Zoya V. Basay, Tamara V. Morokhovets,
Tatiana V. Shterbolova, Svetlana S. Vostrikova, Nina S. Skorik**

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

An assessment of the biological activity of seven soil herbicides (based on seven active substances), permitted for use in soybeans, and their five tank mixtures, is given against the common barnyard grass. The study was carried out in the Primorsky Territory in 2018, 2019 in a greenhouse. The scheme of the experiment is presented: control (without herbicide treatment); Command, EC (active agent clomazone, 480 g/l) at a consumption rate of 1.0 l/ha; Zenkor Ultra, KS (active agent metribuzin, 600 g/l) – 1.0 l/ha; Gezagard, KS (active agent prometryne, 500 g/l) – 3.5 l/ha; Proponite,

EC (active agent propisochlor, 720 g/l) – 3.0 l/ha; Dual Gold, EC (active agent S-metolachlor, 960 g/l) – 1.6 l/ha; Gardo Gold, KS (active agent S-metolachlor + terbutylazine, 312.5 + 187.5 g/l) – 4.5 l/ha; Pledge, SP (active agent flumioxazine, 500 g/kg) – 0.12 kg/ha; Gezagard + Dual Gold – 2.5 l/ha + 1.5 l/ha; Zenkor Ultra + Dual Gold – 0.5 l/ha + 1.5 l/ha; Command + Dual Gold – 0.7 l/ha + 1.5 l/ha; Proponite + Pledge – 2.0 l/ha + 0.10 kg/ha; Command + Pledge – 0.7 l/ha + 0.10 kg/ha. Barnyard grass was found to be quite sensitive to most of the herbicides and tank mixtures used in the experiments. Good control of barnyard grass was ensured by the use of herbicides Gezagard, Gardo Gold and Command. However, the extremely high biological efficiency (phytotoxicity) in relation to this species in conditions of a greenhouse and optimum herbicidal potential of soil herbicides, was demonstrated by preparations Dual Gold, Proponit and tank mixtures based on them. In this regard, Dual Gold and Proponit can primarily be recommended for soil application (separately and as part of tank mixtures) in soybean crops heavily contaminated with barnyard grass.

Keywords: weed, barnyard grass (cockspur grass), soil herbicides, sensitivity, phytotoxicity, efficiency

Для цитирования: Мороховец В.Н., Басай З.В., Мороховец Т.В., Штерболова Т.В., Вострикова С.С., Скорик Н.С. Изучение эффективности почвенных гербицидов в отношении ежовника обыкновенного // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 4. С. 40–47. DOI:10.26898/0370-8799-2020-4-5.

For citation: Morokhovets V.N., Basay Z.V., Morokhovets T.V., Shterbolova T.V., Vostrikova S.S., Skorik N.S. Study of the effectiveness of soil herbicides in relation to barnyard grass. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 4, pp. 40–47. DOI:10.26898/0370-8799-2020-4-5.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Ежовник обыкновенный, петушье или куриное просо (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.) – представитель семейства мятликовых (злаковых) – Poaceae Barnt. (Gramineae Juss.), распространенный повсеместно, кроме Крайнего Севера. В Приморском крае в 1981–1987 гг. в результате гербологических исследований, проведенных в четырех районах, зафиксировано 28 сорных видов. Просо куриное вошло в четверку наиболее распространенных сорняков после щетинника сизого, коммелины обыкновенной и щетинника зеленого [1].

Начиная с 1996 г., сотрудники Дальневосточного научно-исследовательского института защиты растений проводят ежегодные маршрутные обследования посевов основных сельскохозяйственных культур в различных почвенно-климатических зонах Приморского края для оценки степени засоренности

полей и определения видового состава сорных растений. Результаты мониторинговых исследований, проведенных с 1996 по 2005 г. и обобщенных Г.И. Лысачевой, Т.В. Мороховец и З.В. Басай, показали, что в посевах сои и зерновых культур просо куриное является наиболее распространенным сорным видом. В посевах сои встречаемость ежовника обыкновенного составила 82–100%, на ранних зерновых культурах – 78–100%. В количестве более 50 шт./м² этот сорняк присутствовал на 4–58 и 2–37% посевов сои и ранних зерновых соответственно¹⁻³.

С 2006 по 2019 г. ежовник обыкновенный в Приморском крае встречался во всех агроклиматических зонах на 70–100% (в среднем за 14 лет – на 95%) обследованных посевов сои, зерновых культур и кукурузы. Средняя плотность произрастания ежовника обыкновенного в посевах сельскохозяйственных культур колебалась от 25,4 шт./м² в 2010 г. до

¹Лысачева Г.И. Продуктивность ранних зерновых культур при регулировании численности сорняков и использованием различных средств защиты растений : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Тимирязевка, 2003. 23 с.

²Мороховец Т.В. Особенности формирования урожая сои и некоторых других культур при применении химических средств защиты растений от сорняков: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Тимирязевка, 2003. 23 с.

³Басай З.В. Адаптивные основы выращивания сои в Приморском крае с применением эффективных гербицидов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Тимирязевка, 2008. 23 с.

186,9 шт./м² в 2006 г. В среднем за последние 14 лет его обилие в посевах сельскохозяйственных культур составило 84 шт./м²; в посевах сои – 69 шт./м², зерновых – 109 и кукурузы – 44 шт./м².

В посевах сои за 25 лет исследований встречаемость проса куриного достигала 73–100%, в последние 5 лет этот показатель не опускался ниже 94%. От 7 до 83% обследованных площадей под соей были засорены ежовником обыкновенным в сильной (51–100 шт./м²) и очень сильной (более 100 шт./м²) степени.

Успешная борьба с любым сорным видом основывается на знании особенностей его биологии и экологии. Ежовник обыкновенный – однолетний тепло- и влаголюбивый яровой сорняк. Произрастает повсюду: у берегов водоемов, на влажных лугах, приречных песках и галечниках, у дорог, в посевах и посадках различных культур. Способен расти на засоленных почвах. Семена проса куриного прорастают после перезимовки в почве только после ее прогревания. Они очень чувствительны к низким температурам и часто погибают при поздних весенних заморозках. Семена, находящиеся в почве, прорастают и в более поздние сроки, вплоть до осени. Оптимальная температура для прорастания зерновок 26–28 °С. На тяжелых почвах семена ежовника обыкновенного прорастают с глубины 6–7 см, на рыхлых плодородных почвах – 8–12 см. Вначале проростки растут медленно, в этот период активно развивается корневая система. Позднее рост их усиливается, растение кустится. На бедных уплотненных сухих почвах сорняк вырастает до 10–20 см. На влажных, рыхлых и наиболее плодородных почвах может достигать в высоту 180 см и более. Стебли ветвятся, оканчиваются метельчатым соцветием. На хорошо развитых растениях образуется до 30 метелок. Цветет сорняк в июне – сентябре, плодоносит с июля и до поздней осени. Новые побеги, метелки и семена образуются до заморозков. Появление новых побегов возможно даже тогда, когда на первых созрели и начинают осыпаться семена. Максимальная плодови-

тость – до 60 тыс. зерновок. Сорняк хорошо отрастает после скашивания, уборки зерновых и плодоносит до поздней осени. Зерновки сохраняют жизнеспособность в почве в течение 8–13 лет, в воде – около 4 лет [2–5].

Основные причины роста засоренности посевов сельскохозяйственных культур – все большее внедрение ресурсосберегающих технологий, предусматривающих сокращение числа и глубины обработок почвы, глобальные изменения климата, ошибки в организационной и хозяйственной деятельности, недостаточное внимание к системному подходу в борьбе с сорняками в севооборотах, несоответствие спектра действия применяемых гербицидов видовому составу сорняков и др. [6–8]. При минимизации обработок почвы усиливается роль мятликовых сорняков, особенно просовидных: ежовника обыкновенного, или проса куриного; проса посевного, или сорнополевого; щетинника зеленого и щетинника низкого, или мышея сизого [9–12].

Большое значение во взаимоотношениях культурных и сорных растений имеет продолжительность их совместного произрастания. Соя слабо конкурирует с сорной растительностью на протяжении всей вегетации, но особенно сильно угнетается в начальные 20–40 дней после всходов, до образования первых тройчатых листьев. В зависимости от степени засоренности валовые сборы семян сои снижаются на 17–80% [13, 14].

Просо куриное – сильный конкурент за питательные вещества. Конкуренция возрастает при увеличении численности его растений и длительности пребывания посевов в засоренном состоянии. В результате прирост биомассы сои ослабевает, и конкуренция за питательные вещества происходит до фазы образования сорняком семян. По мнению К.С. Артохина, экономический порог вредоносности сорняка составляет 1–3 экз./м² [4].

В условиях юга Дальнего Востока ранние фазы роста и развития сои часто сопровождаются неблагоприятными погодными условиями (пониженные температуры воздуха, избыток или недостаток осадков и др.), дополнительно снижающими конкурентные

возможности культуры. В этот критический период крайне важно обеспечить эффективный контроль засоренности посевов, который можно обеспечить путем внесения в почву гербицидов до посева или всходов культуры. Для максимальной реализации гербицидного потенциала почвенных препаратов необходимо, чтобы почва пахотного слоя была тщательно возделана, обладала оптимальной влажностью и имела минимальное присутствие растительных остатков [15].

Цель работы – дать оценку биологической активности в отношении ежовника обыкновенного семи почвенных гербицидов (на основе семи действующих веществ), разрешенных для применения в посевах сои, и их пяти баковых смесей⁴.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2018, 2019 гг. в двух экспериментах в условиях вегетационного домика на опытно-производственной базе Дальневосточного научно-исследовательского института защиты растений (ДВНИИЗР). Лугово-бурюю оподзоленную почву, смешанную с перепревшим компостом в соотношении 1 : 1 и просеянную через сито 5 мм, помещали в пластиковые стаканы емкостью 500 см³, уплотняли, равномерно распределяли семена ежовника по поверхности и засыпали почвенной смесью слоем около 1 см; проводили полив. В каждый вегетационный сосуд помещали семена ежовника в количестве, достаточном для получения 10–12 растений, что соответствует плотности засорения, равной 1,8–2,1 тыс. шт./м². Предварительно определяли всхожесть используемых в опытах семян. Через сутки после посева ежовника на поверхность почвы в стаканах наносили гербицидные растворы с помощью стационарного опрыскивателя ОЛ-5 конструкции Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии⁵.

Схема опыта:

- контроль (без обработки гербицидами);
- Комманд, КЭ (д.в. кломазон, 480 г/л) в норме расхода 1,0 л/га;
- Зенкор Ультра, КС (д.в. метрибузин, 600 г/л) – 1,0 л/га;
- Гезагард, КС (д.в. прометрин, 500 г/л) – 3,5 л/га;
- Пропонит, КЭ (д.в. пропизохлор, 720 г/л) – 3,0 л/га;
- Дуал Голд, КЭ (д.в. С-метолахлор, 960 г/л) – 1,6 л/га;
- Гардо Голд, КС (д.в. С-метолахлор + тербутилазин, 312,5 + 187,5 г/л) – 4,5 л/га;
- Пледж, СП (д.в. флумиоксазин, 500 г/кг) – 0,12 кг/га;
- Гезагард + Дуал Голд – 2,5 л/га + 1,5 л/га;
- Зенкор Ультра + Дуал Голд – 0,5 л/га + 1,5 л/га;
- Комманд + Дуал Голд – 0,7 л/га + 1,5 л/га;
- Пропонит + Пледж – 2,0 л/га + 0,1 кг/га;
- Комманд + Пледж – 0,7 л/га + 0,1 кг/га.

Все гербициды при самостоятельном применении использовали в максимальных нормах расхода, рекомендованных для применения в посевах сои. Повторность опыта 10-кратная. Влажность почвы в течение опыта поддерживали на оптимальном уровне (60–70% от ПВ) путем ежедневного полива растений. Осуществляли регулярные наблюдения за ростом и развитием контрольных и опытных растений ежовника обыкновенного, проявлением признаков угнетения и повреждения растений гербицидами. О степени токсичности гербицидных препаратов для ежовника обыкновенного судили по снижению сырой надземной массы опытных растений в сравнении с контролем. Статистическую обработку полученных данных провели методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову⁶.

⁴Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2017. Справочное издание. М., 2019. 848 с.

⁵Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. М.: Печатный город, 2009. 252 с.

⁶Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. 335 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Всходы ежовника обыкновенного в контроле (без гербицида) и в вариантах с использованием препаратов Зенкор Ультра, Пледж, Комманд и баковой смеси Комманд + Пледж появились спустя 5 сут после посева, в остальных вариантах в течение последующих 3–4 сут. Динамика развития растений, их высота, форма и окраска первых сформировавшихся листьев были разными в контроле и в опытных вариантах. В последующие после появления всходов 6–11 сут в вегетационных сосудах, обработанных гербицидами Зенкор Ультра, Комманд и смесью Комманд + Пледж, погибло до 40–50% растений. Оставшиеся ежовники отставали в росте от контрольных растений, а также имели другие признаки угнетения и различные симптомы повреждения. Токсическое действие Зенкора Ультра было наиболее значительным и проявилось в хлорозе листьев сорняка, образовании на них немногочисленных некрозов в виде бурых пятен и последующем засыхании поврежденных растений. Комманд также заметно подавлял рост и развитие проса куриного, но наиболее характерным признаком гербицидного действия этого препарата стало осветление растений, вплоть до полного их побеления, однако это не привело к гибели подавляющего большинства растений. Пледж лишь незначительно снижал высоту сорняка в сравнении с контролем без проявления каких-либо иных видимых признаков угнетения и повреждения. В дальнейшем действие Зенкора Ультра, Комманд и смеси Комманд с Пледжем на сохранившиеся растения ежовника заметно ослабло. Они практически полностью восстановились, приобрели нормальную окраску и лишь в росте заметно уступали контрольным растениям. Наиболее динамичное и максимальное в опыте снижение гербицидной активности по видимым признакам угнетения растений отмечено в результате использования Пледжа. К концу проведения эксперимента, через месяц после обработки, растения в данном варианте визуально слабо отличались от кон-

трольных экземпляров, практически догнав их в росте и развитии.

Спустя 8–9 сут после посева, когда контрольные растения достигли фазы развития второго листа и высоты 4–5 см, появились всходы ежовника в сосудах, обработанных препаратами Дуал Голд, Гезагард, Гардо Голд, Пропонит и смесями Гезагард + Дуал Голд, Зенкор Ультра + Дуал Голд, Комманд + Дуал Голд, Пропонит + Пледж. В течение следующих 5 сут в этих вариантах погибло 70% и более растений ежовника обыкновенного. Контрольные растения к этому времени выросли до 7–11 см и достигли стадии развития третьего листа. Оставшиеся опытные растения отставали от контрольных в развитии (фаза всходы – первый лист), были в значительной мере угнетены в росте (0,5–1,0 см) и имели визуально заметные симптомы повреждения – наличие на листьях локальных некрозов, засыхание дистальных краев листовых пластинок, их осветление или хлороз.

В дальнейшем на фоне активно развивающихся контрольных растений куриного проса, угнетение сохранившихся растений в большинстве опытных вариантов становилось более выраженным, нарастающем вплоть до завершения эксперимента.

Срезку растений и взвешивание сырой надземной биомассы ежовника обыкновенного провели через 30 сут после нанесения гербицидов. К этому времени контрольные растения имели 4–6 листьев и сырую надземную массу, в среднем в двух опытах, равную 18,9 г/сосуд. Результаты оценки надземной биомассы опытных растений в сравнении с контрольными значениями показаны на рис. 1 и 2.

В двух опытах максимально возможная эффективность, т.е. полная гибель всех растений проса куриного, достигнута в результате почвенного применения гербицида Дуал Голд в норме расхода 1,6 л/га. По снижению надземной массы растений ежовника гербицидную активность, близкую к абсолютной – 97–99%, показали баковые смеси этого препарата с Гезагардом, Коммандом и Зенкором Ультра. Также высокотоксичным



Рис. 1. Биологическая эффективность почвенных гербицидов в отношении ежовника обыкновенного, средние данные двух опытов (2018, 2019 гг.):

1. Дуал Голд (1,6 л/га); 2. Пропонит (3,0 л/га); 3. Гезагард (3,5 л/га); 4. Гардо Голд (4,5 л/га); 5. Комманд (1,0 л/га); 6. Зенкор Ультра (1,0 л/га); 7. Пledge 0,12 (кг/га)

Fig. 1. Biological effectiveness of soil herbicides against barnyard grass, average data of two experiments (2018, 2019):

1. Dual Gold (1.6 l/ha); 2. Proponit (3.0 l/ha); 3. Gezard (3.5 l/ha); 4. Gardo Gold (4.5 l/ha); 5. Command (1.0 l/ha); 6. Zenkor Ultra (1.0 l/ha); 7. Pledge 0.12 (kg/ha)

для проса куриного оказался Пропонит. В результате отдельного использования этого гербицида в максимальной разрешенной норме расхода (3 л/га) подавление надземной массы единичных выживших растений проса куриного в среднем достигло 98% в сравнении с контролем. Снижение нормы применения Пропонита до 2 л/га в комбинации с малотоксичным для ежовника Пledge сохранило общую эффективность смеси на уровне 98%. Угнетение биомассы опытных растений в диапазоне 87–92% отмечено в вариантах с обработкой почвы гербицидами Комманд, Гардо Голд и Гезагард. Общепринятый минимальный приемлемый для гербицидов уровень биологической эффективности (75%) незначительно преодолен в варианте Комманд + Пledge – 76%. Снижение массы растений проса куриного ниже необходимого минимума получено в результате обработки почвы препаратами Зенкор Ультра и Пledge.



Рис. 2. Биологическая эффективность баковых смесей почвенных гербицидов в отношении ежовника обыкновенного, средние данные двух опытов (2018, 2019 гг.):

1. Гезагард (2,5 л/га) + Дуал Голд (1,5 л/га); 2. Комманд 0,7 л/га + Дуал Голд (1,5 л/га); 3. Пропонит (2,0 л/га + Пledge 0,1 кг/га); 4. Зенкор Ультра (0,5 л/га + Дуал Голд (1,5 л/га); 5. Комманд (0,7 л/га) + Пledge (0,1 кг/га)

Fig. 2. Biological efficiency of tank mixtures of soil herbicides against barnyard grass, average data of two experiments (2018-2019):

1. Gezard (2.5 l/ha) + Dual Gold (1.5 l/ha); 2. Command 0.7 l/ha + Dual Gold (1.5 l/ha); 3. Proponit (2.0 l/ha + Pledge 0.1 kg/ha); 4. Zenkor Ultra (0.5 l/ha + Dual Gold (1.5 l/ha); 5. Command (0.7 l/ha) + Pledge (0.1 kg/ha)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ежовник обыкновенный оказался достаточно чувствительным к большинству использованных в опытах гербицидов и баковых смесей. Хороший контроль проса куриного обеспечило применение гербицидов Гезагард, Гардо Голд и Комманд. Однако исключительно высокую биологическую эффективность (фитотоксичность) по отношению к данному виду в условиях вегетационного домика, оптимальных для реализации гербицидного потенциала почвенных гербицидов, продемонстрировали препараты Дуал Голд, Пропонит и баковые смеси на их основе. В связи с этим Дуал Голд и Пропонит в первую очередь могут быть рекомендованы для почвенного применения (отдельно и в составе баковых смесей) в посевах сои, в сильной степени засоренных просом куриным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щербакова Т.А. Видовой состав сорной растительности в посевах зерновых культур и сои в условиях Приморского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 1990. № 6. С. 10–13.
2. Ульянова Т.Н. Сорные растения во флоре России и других стран СНГ: монография. СПб.: Издательство ВИР, 1998. 233 с.
3. Баздырев Г.И., Зотов Л.И., Полин В.Д. Сорные растения и меры борьбы с ними в современном земледелии. М.: Издательство МСХА, 2004. 288 с.
4. Артохин К.С. Сорные растения. Ростов/на Д.: Книга, 2004. 144 с.
5. Фисюнов А.В. Сорные растения. М.: Колос, 1984. 632 с.
6. Трусов В.И., Гармашов В.М., Нужная Н.А. Засоренность посевов при разных приемах и системах основной обработки почвы в севообороте // Защита и карантин растений. 2017. № 9. С. 19–21.
7. Гармашев В.М., Корнилов И.М., Нужная Н.А. Влияние способов обработки почвы, внесение минеральных удобрений и гербицидов на засоренность посевов и урожайность зерна гороха // Защита и карантин растений. 2017. № 1. С. 14–17.
8. Борин А.А., Лощина А.Э. Влияние агротехнологий на засоренность посевов и урожайность культур севооборота // Защита и карантин растений. 2019. № 6. С. 15–18.
9. Власенко Н.Г., Кулагин О.В., Кудашкин П.И. Эффективность современных гербицидов // Защита и карантин растений. 2018. № 3. С. 9–22.
10. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Засоренность и урожайность посевов ячменя в зависимости от систем основной обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 1. С. 19–26. DOI:10.26898/0370-8799-2019-1-3.
11. Трусов В.И., Гармашов В.И., Нужная Н.А., Корнилов И.М. Засоренность посевов озимой пшеницы в зависимости от приемов обработки почвы, внесения минеральных удобрений и гербицидов // Защита и карантин растений. 2018. № 10. С. 15–16.
12. Мыслик Е.Н., Закота Т.Ю. Структура видового состава сорных растений в посадках картофеля Краснодарского края // Агропромышленные технологии Центральной России. 2018. Вып. 2. № 8. С. 1–87.

13. Веницев В.З., Захарова М.Н., Рожкова Л.В. Борьба с сорняками в посевах сои в Рязанской области // Защита и карантин растений. 2017. № 12. С. 28–29.
14. Пивень В.Т., Саенко Г.М., Бушнев И.А., Дряхлов А.И. Защита посевов сои от болезней, вредителей и сорняков // Земледелие. 2010. № 3. С. 31–33.
15. Ларина Г.Е. Важные особенности работы с почвенными гербицидами в посевах подсолнечника // Защита и карантин растений. 2017. № 4. С. 30–31.

REFERENCES

1. Shcherbakova T.A. Species composition of weeds in crops of grain crops and soybeans in the Primorsky Territory. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 1990, no. 6, pp. 10–13. (In Russian).
2. Ul'yanova T.H. *Weeds in the flora of Russia and other CIS countries*. SPb: Izdatel'stvo VIR, 1998. 233 p. (In Russian).
3. Bazdyrev G.I., Zotov L.I., Polin V.D. *Weed plants and measures to control them in modern agriculture*. M.: Izdatel'stvo MSKHA = M.: Publishing House of Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2004, 288 p. (In Russian).
4. Artokhin K.S. *Weed plants*. Rostov/na D: Kniga Publ., 2004, 144 p. (In Russian).
5. Fisyunov A.V. *Weed plants*. M.: Kolos Publ, 1984, 632 p. (In Russian).
6. Trusov V.I., Garmashov V.M., Nuzhnaya N.A. Weed infestation of crops with different methods and systems of the basic tillage in crop rotation. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2017, no. 9, pp. 19–21. (In Russian).
7. Garmashev V.M., Kornilov I.M., Nuzhnaya N.A. Influence of soil cultivation methods, introduction of mineral fertilizers and herbicides on weediness of crops and yield of pea grain. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2017, no. 1, pp. 14–17. (In Russian).
8. Borin A.A., Loshchina A.E. Influence of agricultural technologies on weediness of crops and productivity of cultures of crop rotation. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2019, no. 6, pp. 15–18. (In Russian).

9. Vlasenko N.G., Kulagin O.V., Kudashkin P.I. The effectiveness of modern herbicides. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2018, no. 3, pp. 9–22. (In Russian).
10. Perfil'ev N.V., V'yushina O.A. Barley yield and weed infestation of barley crops depending on the basic soil tillage systems. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49, no. 1, pp. 19–26. (In Russian). DOI:10.26898/0370-8799-2019-1-3.
11. Trusov V.I., Garmashov V.I., Nuzhnaya N.A., Kornilov I.M. Weediness of winter wheat crops, depending on the methods of tillage, introduction of mineral fertilizers and herbicides. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2018, no. 10, pp. 15–16. (In Russian).
12. Mysnik E.N., Zakota T.Yu. The structure of species composition of weeds in potato plantations in Krasnodar Territory. *Agropromyshlennye tekhnologii Tsentral'noi Rossii = Agro-Industrial technologies of Central Russia*, 2018, iss 2, no. 8, pp. 1–87. (In Russian).
13. Venevtsev V.Z., Zakharova M.N., Rozhkova L.V. Control of weeds in soybean crops in the Ryazan region. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2017, no. 12, pp. 28–29. (In Russian).
14. Piven' V.T., Saenko G.M., Bushneva I.A., Dryakhlov A.I. Defense of soya crops from diseases, pests and weeds. *Zemledelie = Zemledelie*, 2010, no. 3, pp. 31–33. (In Russian).
15. Larina G.E. Important features of working with soil herbicides in sunflower crops. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2017, no. 4, pp. 30–31. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Мороховец В.Н.**, кандидат биологических наук, временно исполняющий обязанности директора; **адрес для переписки:** Россия, 692684, Приморский край, Камень-Рыболов, ул. Мира, 42-а; e-mail: dalniizr@mail.ru

Басай З.В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Мороховец Т.В., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Штерболова Т.В., научный сотрудник

Вострикова С.С., научный сотрудник

Скорик Н.С., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Vadim N. Morokhovets**, Candidate of Science in Biology, Acting Director; **address:** 42-a, Mira St, Kamen-Rybolov, Primorsky Krai, Russia, 692684; e-mail: dalniizr@mail.ru

Zoya V. Basay, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Tamara V. Morokhovets, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher

Tatiana V. Shterbolova, Researcher

Svetlana S. Vostrikova, Researcher

Nina S. Skorik, Junior Researcher

Дата поступления статьи 10.05.2020
Received by the editors 10.05.2020

УСТОЙЧИВОСТЬ ОБРАЗЦОВ ГОЛОЗЕРНОГО ОВСА К СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЕ

^{1,2}Исачкова О.А., ¹Логинова А.О.

¹Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук

Кемеровская область, пос. Новостройка, Россия

²Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия

Кемерово, Россия

Представлены результаты изучения устойчивости образцов голозерного овса мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова и сортов собственной селекции к поражению стеблевой ржавчиной. Исследования проведены в 2017–2019 гг. в полевом опыте на естественном фоне в условиях Кемеровской области. Отмечено влияние метеорологических факторов в период вегетации растений голозерного овса на степень поражения заболеванием: более интенсивное поражение наблюдали в годы с низкими температурами воздуха и избыточной влагообеспеченностью в период всходы – выметывание и большим количеством осадков в период налива и созревания зерна. Результатами фитопатологического анализа 50 коллекционных образцов голозерного овса выявлено, что большему поражению стеблевой ржавчиной подвержены среднепоздние образцы (74,9% в среднем по группе). Исследованиями ($n = 50$) выявлено влияние поражения стеблевой ржавчиной на устойчивость к полеганию посевов ($r = -0,5751$ при $R = 0,273$), крупность зерна ($r = -0,7737$ при $R = 0,273$), урожайность образцов голозерного овса ($r = -0,9387$ при $R = 0,273$). Голозерный овес в значительной степени подвержен поражению патогеном, 84% образцов показали очень низкую устойчивость с индексом поражения более 65,1%. Выделены образцы с низким поражением, обладающие высокими показателями урожайности, массы 1000 зерен, устойчивостью к полеганию и головневым грибам, низким уровнем выщепления пленчатых зерен: Pennline 9010 (США), Numbat (Австралия), Прогресс (Омская область), Gehl (Канада), Пибанд (Ленинградская область), г/о-327-1/16, г/о-441-1/17, г/о-444-7/17 (Кемеровская область).

Ключевые слова: голозерный овес, стеблевая ржавчина, патоген, устойчивость

RESISTANCE OF SAMPLES OF NAKED OATS TO STEM RUST

^{1,2}Olga A. Isachkova, ¹Anastasia O. Loginova

¹Kemerovo Research Institute of Agriculture – Branch of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Novostroyka, Kemerovo Region, Russia

²Kuzbass State Agricultural Academy

Kemerovo, Russia

The results of studying the resistance of samples of naked oats from the world collection of the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources and varieties of local breeding work to stem rust lesion are presented. The study was carried out in 2017–2019 in a field experiment in natural conditions in Kemerovo region. The influence of meteorological factors during the vegetation period of naked oat plants on the degree of disease damage was noted: more intense lesion was observed in years with low air temperatures and excessive moisture supply during the period of seedling-ear formation and a large amount of precipitation during the period of filling and maturation of grain. The results of phytopathological analysis of 50 collection samples of naked oats revealed that mid-late samples are more affected by stem rust (74.9% on average for the group). The study ($n = 50$) revealed the effect of stem rust lesion on the resistance to lodging of crops ($r = -0.5751$ at $R = 0.273$), grain size ($r = -0.7737$ at $R = 0.273$), and yield of naked oat

samples ($r = -0.9387$ at $R = 0.273$). Naked oats are highly susceptible to pathogen lesion, 84% of the samples showed very low resistance with a damage index of more than 65.1%. Samples with a low damage degree were identified, characterized by high yield rates, 1000 grain weight, resistance to lodging and smut fungi, and a low level of segregation of hulled grains: Pennline 9010 (USA), Numbat (Australia), Progress (Omsk region), Gehl (Canada), Piband (Leningrad region), g/o-327-1/16, g/o-441-1/17, g/o-444-7/17 (Kemerovo region).

Keywords: naked oats, stem rust, pathogen, resistance

Для цитирования: Исачкова О.А., Логинова А.О. Устойчивость образцов голозерного овса к стеблевой ржавчине // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 4. С. 48–55. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-6.

For citation: Isachkova O.A., Loginova A.O. Resistance of samples of naked oats to stem rust. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 4, pp. 48–55. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-6.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Овес – исключительно ценное растение семейства Poaceae, особенно его голозерная форма, которая характеризуется высокими агробиологическими и качественными показателями. Повышенное содержание биохимических компонентов в зерне, таких как белок (14–22%), масло (5–10), сахар (4–7), крахмал (45–62%), стеролы, витаминный комплекс (B₁, B₂, E, F) и другие, делает возможным его использование как в кормлении животных, так и при производстве диетических и детских продуктов питания [1, 2]. Вместе с тем голозерный овес имеет ряд существенных недостатков. Один из них – это восприимчивость к воздействию различных патогенов, в том числе к стеблевой ржавчине, наиболее опасному и вредоносному заболеванию в Западной Сибири [3].

Возбудитель стеблевой ржавчины – двудомный гриб *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *avenae* Eriks. et Henn, повреждающий различные органы растений: стебли, листья, влагалища листьев и даже части метелки. Цикл развития стеблевой ржавчины в природе совершается в большинстве случаев полностью за сезон и вследствие этого она наблюдается на растениях позднее других листостебельных болезней [4]. Вредоносность стеблевой ржавчины крайне велика. Недобор урожая зерна при значимом развитии заболевания может достигать больше

60%. У пораженных ржавчиной растений отмечается нарушение обмена веществ, уменьшение площади фотосинтезирующей поверхности стеблей и листьев, снижение массы зерна, по причине многочисленных разрывов эпидермиса увеличивается транспирация, нарушается водный баланс [5].

Несмотря на существенные достижения селекционеров по созданию сортов, устойчивых к различным заболеваниям, исследования по иммунитету растений по-прежнему остаются одним из наиболее актуальных направлений селекционной практики в сибирском регионе. Работа по созданию сортов, устойчивых к болезням, отличается сложностью. Она заключается в том, что устойчивость растений можно выявить только при контакте двух живых организмов: растения – хозяина и патогена. При этом необходимо учитывать, что в популяциях фитопатогенов постоянно происходят процессы изменения генетической структуры, агрессивности, приводящие к тому, что ранее устойчивые сорта теряют свою устойчивость. Один из наиболее эффективных методов борьбы с вредными организмами – создание сортов, невосприимчивых к их внедрению в растения. И здесь ведущую роль играет поиск и использование в скрещиваниях иммунного исходного материала. Проводимое многими учеными изучение сортов по устойчивости к возбудителям заболеваний показывает, что

наибольшую часть исходного материала составляют формы, восприимчивые к патогенам [6–10].

Селекция на устойчивость к болезням – это процесс, требующий постоянного изучения генофонда, вирулентности патогенов, поиска и вовлечения в селекционные программы новых источников устойчивости с целью создания генетически разнородных сортов, проведения частых сортосмен¹.

Цель исследования – изучить устойчивость образцов голозерного овса к стеблевой ржавчине в условиях Кемеровской области.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2017–2019 гг. в полевом опыте на естественном фоне в условиях Кемеровской области. Объектами исследований послужили 50 коллекционных и селекционных образцов голозерного овса. Отличительная особенность условий Кемеровской области – большое разнообразие и нестабильность погодных и климатических факторов. Погодные условия вегетационного периода 2017 г. отмечены высокими температурами воздуха и отсутствием осадков в период всходы – выметывание и переувлажнением в период выметывание – созревание. Вегетационный период 2018 г. характеризовался избыточным увлажнением, 2019 г. отмечен как благоприятный по гидротермическим условиям для роста и развития растений голозерного овса.

Площадь учетной делянки номеров 0,2 м² с нормой высева 500 шт. всхожих зерен/м². Учет поражения растений проводили на естественном фоне. Интенсивность развития ржавчины определяли по пятибалльной шкале: 0 баллов – заболевание отсутствует, 1 – единичные, очень мелкие, окруженные некрозом пустулы, 2 – отдельные мелкие пустулы, иногда окруженные хлорозом, рас-

сеяны на листьях и стеблях, 3 – отдельные мелкие пустулы без хлороза и с таковыми, расположенные одиночным рассеянным способом, 4 – многочисленные, порой сливающиеся пустулы, особенно обильные на среднем ярусе, верхние листья частично свободны от ржавчины, 5 баллов – сплошное развитие крупных пустул, на среднем ярусе стебля, листьев и листовых влагалищ они сливаются, верхняя часть стебля и верхние листья обильно покрыты пустулами.

При учете болезней определяли два показателя: распространение или количество пораженных растений на делянке и развитие или степень пораженности органов (индекс болезни). Показатель P устанавливали по формуле

$$P = n \times 100 / N, \quad (1)$$

где N – общее количество растений в пробах; n – число больных растений.

Степень развития R болезни, или индекс болезни, в процентах определяли по формуле

$$R = \sum ab / NK, \quad (2)$$

где $\sum ab$ – сумма произведений числа больных растений на соответствующий им балл или процент пораженности листьев, стеблей или колосьев; N – общее число анализируемых растений (органов) в пробах; K – наивысший балл шкалы.

Для распределения образцов по устойчивости к стеблевой ржавчине использовали девятибалльную шкалу: 9 баллов – устойчивость очень высокая (индекс болезни 0,0%), 7 – устойчивость высокая (индекс болезни 0,1–10,0%), 5 – устойчивость средняя (индекс болезни 10,1–25,0%), 3 – устойчивость низкая (индекс болезни 25,1–65,0%), 1 балл – устойчивость очень низкая (индекс болезни 65,1–100,0%)^{2–4}.

¹Исачкова О.А., Логинова А.О., Махмадмуродов Д.Д. Изучение устойчивости образцов голозерного овса к стеблевой ржавчине // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы: Материалы III Национальной науч.-практ. конф. (г. Кемерово, 30 декабря 2019 г.) / ред. кол.: Е.А. Ижмулкина и др. Кемерово: ФГБОУ ВО Кузбасская ГСХА, 2019. URL: <http://ksai.ru/upload/sborniki>. Дата публикации: 31.12.2019.

²Международный классификатор СЭВ рода *Avena* L. Л., 1984. 46 с.

³Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб., 2012. 30 с.

⁴Койшибаев М., Муминджанов Х. Методические указания по мониторингу болезней, вредителей и сорных растений на посевах зерновых культур. Анкара, 2016. 42 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Стеблевая ржавчина (*Puccinia graminis*) способна вызывать опустошительные эпифитотии. При определенных условиях возможна потеря 70% и более урожая. Широкому распространению патогена препятствует использование устойчивых сортов. Однако устойчивость сорта – это качество непостоянное и со временем может значительно снизиться или полностью исчезнуть, так как в природе постоянно происходит процесс образования новых рас возбудителя болезни [11].

Первостепенные факторы, определяющие развитие стеблевой ржавчины, – влажность и температура воздуха в фазу цветения голозерного овса. Прорастание спор гриба и заражение протекают только при наличии на растениях влаги (роса или капли дождя) ($r = 0,6973$ при $R = 0,273$ ($n = 50$)) и соответствующих температурных показателей воздуха ($r = -0,9642$ при $R = 0,273$ ($n = 50$)). Более высокий индекс развития болезни отмечен в 2017 и 2018 гг. (83,1 и 89,8% в среднем по питомнику соответственно) с низкими температурами воздуха и избыточной влагообеспеченностью в период всходы – выметывание (ГТК = 1,5–2,4) и большим количеством осадков в период налива и созревания зерна (ГТК = 1,8–2,0). При этом распространение заболевания составило 93,6 и 95,7%. Почти на всех растениях отмечена высокая интенсивность поражения. Число растений с баллом 0 и 1 в 2017, 2018 гг. составило 6,3 и 1,4% от всех проанализированных растений, с баллом 2 – 9,5 и 0,9%, с баллом 3 – 10,1 и 4,5%, с баллом 4 – 9,7 и 2,0%, с баллом 5 – 64,5 и 91,1% соответственно.

В 2019 г. в оптимальные условия для роста и развития растений голозерного овса при ГТК = 1,1–1,2 во все фазы роста распространение заболевания составило 43,5% с интенсивностью поражения органов 50,9% в среднем по питомнику. При этом поражение отмечено менее значительным, чем в 2017,

2018 гг.: 22,2% растений были абсолютно здоровыми (0 баллов), на 19,7% растений отмечено наличие единичных штрихов на стеблях (1 балл), 12,8% растений имели незначительное поражение (2 балла), 12,1% растений характеризовались средним поражением, 3,4% растений имели значительное поражение листьев и стеблей (4 балла), на 29,9% растений наблюдали сплошное поражение органов (5 баллов).

Биология паразитного гриба подразумевает его позднее развитие. Вследствие этого более интенсивное поражение отмечено на среднепоздних образцах с периодом вегетации 91–100 дней (74,9%) с большим числом больных растений (77,8% от общего числа растений среднепоздней группы). У среднеспелых образцов с периодом вегетации 81–90 дней степень поражения составила 69,5%, распространение заболевания – 75,5%.

Многие исследователи отмечают негативное воздействие гриба *Puccinia graminis* на формирование агробиологических показателей овса. Считается, что поражение болезнью способствует полеганию растений вследствие влияния стеблевой ржавчины на снижение прочности стебля, уменьшения площади фотосинтезирующей поверхности стеблей и листовых влагалищ, усиления транспирации из-за многочисленных разрывов эпидермиса, нарушения водного баланса⁴ [12].

В опытах также отмечено влияние поражения стеблевой ржавчиной на устойчивость к полеганию посевов ($r = -0,5751$ при $R = 0,273$ ($n = 50$)). В 2017 г. с большим развитием патогена устойчивость к полеганию в среднем составила 6,6 балла (по девятибалльной шкале), в 2018 г. балл устойчивости составил 6,9 в среднем по питомнику, в 2019 г. – 7,3. При этом у среднеспелых образцов устойчивость к полеганию отмечена выше, чем у среднепоздних, – 7,1 и 6,9 балла соответственно. Данную тенденцию наблюдали ежегодно.

⁴Ашмарина Л.Ф. Распространение болезней на зернофуражных культурах в агроценозах Западной Сибири и меры борьбы с ними // Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий: материалы VII междунар. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию Горно-Алтайского государственного университета. (Горно-Алтайск, 6–8 июня 2019 г.). Горно-Алтайск, 2019. С. 11–15.

Образцы с устойчивостью к полеганию более 7 баллов имели наименьшую степень поражения: в 2017 г. – 79,3%, в 2018 г. – 87,6, в 2019 г. – 17,0%. У сортов и линий с устойчивостью к полеганию 7 баллов и менее поражение составило в 2017 г. 93,4 и 98,5%, в 2018 г. – 95,9 и 97,3, в 2019 г. – 48,7 и 52,5% соответственно (см. табл. 1).

В результате трехлетнего изучения образцов голозерного овса отмечено влияние поражения растений стеблевой ржавчиной на снижение крупности зерна ($r = -0,7737$ при $R = 0,273$ ($n = 50$)). В 2017 г. со значительным поражением масса 1000 зерен составила 24,5 г, в 2018 г. с очень интенсивным развитием болезни – 23,2 г, в 2019 г. – 26,2 г в среднем по питомнику.

Между средними показателями среднеспелой и среднепоздней групп спелости достоверных отличий по крупности зерна не выявлено (25,2 и 25,8 г соответственно). Меньшее количество пораженных растений со средним индексом болезни наблюдали у образцов с низкой массой 1000 зерен (менее 25 г) – 67,1 и 64,4% соответственно.

Наибольшая интенсивность развития заболевания отмечена у сортов и линий с массой 1000 зерен 25,1–30,0 г (распространение – 79,9%, интенсивность – 74,1%). У образцов с крупностью зерна более 30,0 г зарегистрированы следующие показатели: распространение заболевания – 70,9%, интенсивность развития – 69,7% (см. табл. 2).

Из образцов с массой 1000 зерен более 30 г наименьшее поражение зарегистриро-

Табл. 2. Зависимость интенсивности поражения стеблевой ржавчиной образцов голозерного овса от массы 1000 зерен (2017–2019 гг.)

Table 2. Dependence of the intensity of stem rust lesion of naked oat samples on the mass of 1000 grains (2017–2019)

Крупность зерна, г	Распространение болезни, %	Степень развития болезни, %
< 25,0	67,1	64,4
25,1–30,0	79,9	74,1
> 30,0	70,9	69,7

вано у образцов Gehl (Канада) – 64,0% и г/о-404-6/16 (Кемеровская область) – 66,1%.

В результате изучения образцов голозерного овса отмечено снижение урожайности при поражении растений стеблевой ржавчиной ($r = -0,9387$ при $R = 0,273$ ($n = 50$)). В годы с высокой интенсивностью развития болезни урожайность образцов составила в 2017 г. – 196 г/м², в 2018 г. – 153 г/м². В 2019 г. с благоприятными погодными условиями и низким поражением растений – 412 г/м².

При анализе сортов по сформированной урожайности выявлено, что большая устойчивость к поражению стеблевой ржавчиной характерна для образцов со средней массой зерна с единицы площади (201–300 г/м²). Интенсивность поражения у таких образцов составила в среднем 67,9%. Максимальное развитие патогена отмечено у образцов с урожайностью более 400 г/м² (см. табл. 3). У образцов с низкой (100–200 г/м²) и высокой

Табл. 1. Интенсивность поражения стеблевой ржавчиной образцов голозерного овса различных групп устойчивости к полеганию

Table 1. Intensity of stem rust lesion of naked oat samples of various groups of resistance to lodging

Группа по устойчивости к полеганию, балл	Интенсивность поражения, %			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
1–3	98,5	97,3	52,5	82,8
5–7	93,4	95,9	48,7	79,3
7–9	79,3	87,6	17,0	61,3

Табл. 3. Зависимость поражения стеблевой ржавчиной и урожайности образцов голозерного овса (2017–2019 гг.)

Table 3. Dependence of stem rust lesion and yield of naked oat samples (2017–2019)

Урожайность зерна, г/м ²	Распространение болезни, %	Степень развития болезни, %
100–200	72,3	69,3
201–300	72,2	67,9
301–400	79,3	73,3
> 400	83,1	78,3

Табл. 4. Агробиологическая характеристика образцов голозерного овса (2018, 2019 гг.)
Table 4. Agrobiological characteristics of naked oat samples (2018, 2019)

Линия	Период вегетации, дни	Устойчивость, балл			Число продуктивных стеблей, шт./м ²	Продуктивная кустистость, шт.	Число зерен в метелке, шт.	Масса зерна с метелки, г	Масса 1000 зерен, г	Выщепление пленчатых зерен, %	Натурная масса зерна, г/л	Урожайность, г/м ²
		к полеганию	к головневому грибу	к стеблевой ржавчине								
Помор (стандарт)	92	7	9	1	384	1,4	41,7	0,99	24,8	0,9	636	254
Pennline 9010 (США)	95	7	7	3	316	1,7	39,0	0,98	22,6	0,4	661	283
Numbat (Австралия)	96	9	9	3	258	2,2	36,2	0,88	25,8	8,4	612	216
Прогресс (Омская область)	100	7	5	3	430	1,5	55,3	1,50	26,0	3,2	602	305
Gehl (Канада)	95	6	9	3	420	2,5	36,3	1,24	30,3	0,0	702	316
Пибанд (Ленинградская область)	96	7	5	3	430	2,3	36,2	0,87	24,7	15,2	613	270
г/о-327-1/16 (Кемеровская область)	93	7	9	3	376	1,5	48,9	1,20	26,8	0,1	623	360
г/о-441-1/17 (Кемеровская область)	89	7	9	3	288	1,5	43,1	1,11	26,0	1,4	573	275
г/о-444-7/17 (Кемеровская область)	89	7	9	3	452	2,1	50,7	1,45	23,3	1,5	644	282
НСР ₀₅					22,2	0,1	3,0	0,07	0,8	0,9	9,2	22,7

(301–400 г/м²) продуктивностью индекс болезни составил 69,3 и 73,3% соответственно.

Проведенные исследования показали, что сорта и гибриды голозерного овса подвержены поражению стеблевой ржавчиной. Из анализируемых сортов 42 образца показали очень низкую устойчивость (1 балл) с индексом поражения более 65,1%. Только восемь образцов имели низкую устойчивость (3 балла) с интенсивностью поражения от 37,8 до 59,7%: Pennline 9010 (США), Numbat (Австралия), Gehl (Канада), Прогресс (Омская область), Пибанд (Ленинградская область), г/о-327-1/16, г/о-441-1/17, г/о-444-7/17 (Кемеровская область). Данные образцы показывали более низкое поражение ежегодно. У стандартного сорта Помор интенсивность поражения 81,9%.

Учитывая вредоносность стеблевой ржавчины, необходим поиск генотипов, сочетающих высокие показатели продуктивности и устойчивости к патогену. Выделенные образцы с более низким индексом заболевания характеризуются высокими показателями урожайности от 270 до 360 г/м², массы 1000 зерен 25–30 г, низким уровнем выщепления пленчатых зерен 0,0–1,5%, проявляют устойчивость к полеганию и поражению местной популяцией головневых грибов (кроме сорта Пибанд) (см. табл. 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате изучения устойчивости голозерного овса к стеблевой ржавчине в условиях Кемеровской области выделены образцы, сочетающие низкое поражение патогеном с комплексом хозяйственно ценных признаков: Pennline 9010 (США), Numbat (Австралия), Прогресс (Омская область), Gehl (Канада), Пибанд (Ленинградская область), г/о-327-1/16, г/о-441-1/17, г/о-444-7/17 (Кемеровская область). Выявленные образцы могут быть использованы в программе скрещиваний для создания на их основе новых сортов голозерного овса с высокими показателями продуктивности и комплексной устойчивостью к болезням.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баталова Г.А., Ведерников Ю.Е. Селекция и оригинальное семеноводство овса голозерного // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2015. № 2 (45). С. 4–9.
2. Исачкова О.А., Ганичев Б.Л. Биохимические показатели качества зерна голозерного овса // *Вестник Новосибирского государственного аграрного университета*. 2012. № 4 (25). С. 12–17.
3. Санин С.С. Влияние вредных организмов на качество зерна // *Защита и карантин растений*. 2004. № 11. С. 14–18.
4. Наумов Н.А. Ржавчина хлебных злаков: монография. М., 1939. 402 с.
5. Ашмарина Л.Ф., Горобей И.М., Коняева Н.М., Агарков З.В. Атлас болезней кормовых культур в Западной Сибири: монография. Новосибирск: Российская академия сельскохозяйственных наук. Сибирское отделение. СибНИИ кормов, 2010. 180 с.
6. Варгач Ю.И., Лоскутов И.Г. Особенности хозяйственно ценных признаков культурного овса в Центральном Нечерноземье РФ // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2018. № 72. С. 67–72.
7. Войцукская Н.П., Лоскутов И.Г. Полевая оценка коллекционных образцов овса посева на устойчивость к корончатой и стеблевой ржавчинам // *Таврический вестник аграрной науки*. 2020. № 1 (21). С. 7–18.
8. Шешегова Т.К., Баталова Г.А., Шеклеина Л.М., Русакова И.И. Новые пестициды и агрохимикаты в технологии возделывания голозерного овса Вятский // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2016. № 4 (53). С. 10–14.
9. Свиркова С.В., Старцев А.А., Заушинцева А.В. Болезни овса в Западной Сибири и генетические источники устойчивости // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2016. № 1. С. 108–115.
10. Фомина М.Н. Развитие селекции овса в Северном Зауралье с использованием генофонда мировой коллекции ВИР // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. СПб.: ВИР, 2009. Т. 165. С. 134–137.
11. Павлов А.Н. О параллелизме, модификационной и генотипической изменчивости признаков качества зерна // *Сельскохозяйственная биология*. 1990. № 1. С. 13–27.

12. Дедяев В.Г. Влияние степени поражения растений стеблевой ржавчиной на сопротивление излому верхнего междоузлия и устойчивость к полеганию озимой ржи // *Центральный научный вестник*. 2018. № 11 (52). С. 37–38.

REFERENCES

1. Batalova G.A., Vedernikov Yu.E. Breeding and original seed growing of naked oats. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2015, no. 2 (45), pp. 4–9. (In Russian).
2. Isachkova O.A., Ganichev B.L. Biochemical indicators of grain quality of naked oats. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University*, 2012, no. 4 (25), pp. 12–17. (In Russian).
3. Sanin S.S. Influence of harmful organisms on grain quality. *Zashchita i karantin rastenij = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2004, no. 11, pp. 14–18. (In Russian).
4. Naumov N.A. *Rust of cereals*. Moscow, 1939. 402 p. (In Russian).
5. Ashmarina L.F., Gorobej I.M., Konyaeva N.M., Agarkov Z.V. *Atlas of diseases of forage crops in Western Siberia*, Rossiiskaya akademiya sel'skokhozyaistvennykh nauk, Sibirskoe ot-delenie, SibNII kormov, Novosibirsk, 2010, 180 p. (In Russian).
6. Vargach Yu.I., Loskutov I.G. Features of valuable traits of oats in the non-chernozem zone of the Central region of Russian Federation. *Trudy kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of Kuban State Agrarian University*, 2018, no. 72, pp. 67–72. (In Russian).
7. Wojcuckaya N.P., Loskutov I.G. Field assessment of collection samples of *Avena Sativa* for resistance to crown and stem rust. *Tavrisheskij vestnik agrarnoj nauki = Taurida Herald of the Agrarian Sciences*, 2020, no. 1 (21), pp. 7–18. (In Russian).
8. Sheshhegova T.K., Batalova G.A., Shekleina L.M., Rusakova I.I. New pesticides and agrochemicals in the technology of cultivation of naked oats Vyatsky. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2016, no. 4 (53), pp. 10–14. (In Russian).

9. Svirkova S.V., Starcev A.A., Zaushincena A.V. Oat diseases in Western Siberia and genetic sources of resistance. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 2016, no. 1, pp. 108–115. (In Russian).
10. Fomina M.N. Development of oat breeding in the Northern Trans-Urals using the gene pool of the world collection of VIR. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, St. Petersburg, VIR, 2009, vol. 165, pp. 134–137. (In Russian).
11. Pavlov A.N. On parallelism, modification and genotypic variability of grain quality traits. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 1990, no. 1, pp. 13–27. (In Russian).
12. Dedyayev V.G. The impact of the degree of infection of plants with stem rust on the fracture resistance of the upper internodes and lodging resistance of winter rye. *Central'nyj nauchnyj vestnik = Central Science Bulletin*, 2018, no. 11 (52), pp. 37–38. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Исачкова О.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 650510, Кемеровская обл., Кемеровский р-н, пос. Новостройка, ул. Центральная, 47; e-mail: isachkova2410@mail.ru

Логинова А.О., научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Olga A. Isachkova**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** 47, Tsentralnaya St., Novostroika, Kemerovo district, Kemerovo region, 650510, Russia; e-mail: isachkova2410@mail.ru

Anastasia O. Loginova, Researcher

Дата поступления статьи 22.06.2020
Received by the editors 22.06.2020



МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО МОЛОКА ДОЧЕРЕЙ БЫКОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ

Ефимова Л.В., Гатилова Е.В., Зазнобина Т.В., Иванова О.В.

Красноярский научно-исследовательский институт животноводства – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

Красноярск, Россия

Проведено исследование влияния быков-производителей голштинской породы на молочную продуктивность, развитие и физико-химические показатели молока коров-дочерей. Исследование проводили в Красноярском крае на коровах красно-пестрой породы первой и второй лактации – дочерях трех быков-производителей Арсенала, Заряда и Велеса.

Установлено, что быки-производители оказывают влияние на суточный удой, содержание лактозы в молоке и сухой обезжиренный молочный остаток (СОМО) дочерей. Разница показателей между отдельными группами дочерей быков статистически значима. Дисперсионный анализ показал, что на суточный удой оказывает достоверное влияние паратипический фактор «возраст дочерей в лактациях». Генетический фактор «наследственность отца» повлиял лишь на содержание в молоке мочевины у дочерей. Анализ корреляционной связи между суточным удоем и физико-химическими свойствами молока выявил достоверные обратные связи слабой силы: у дочерей быка Арсенала (вторая текущая лактация) – между признаками суточный удой – белок, у дочерей быка Велеса (та же лактация) – между признаками суточный удой – СОМО и суточный удой – температура замерзания молока (ТЗМ). У коров первой лактации обнаружена сильная корреляционная связь между некоторыми физико-химическими показателями молока, такими как жир – мочевина, мочевина – ТЗМ и СОМО – ТЗМ. У коров второй лактации обнаружена сильная корреляционная связь между показателями молока белок – СОМО, белок – сухое вещество, лактоза – СОМО, СОМО – мочевина и некоторыми другими. Показано, что быки-производители голштинской породы оказывают влияние на отдельные показатели продуктивности коров-дочерей. Рекомендовано более широко использовать быка Арсенала 8492 для повышения молочной продуктивности дочерей, Велеса 5417 – для улучшения качества молока дочерей.

Ключевые слова: бык-производитель, корова-дочь, продуктивные показатели, голштинская порода, генотипические факторы

DAIRY PRODUCTIVITY AND MILK QUALITY OF DAUGHTERS FROM BULLS OF HOLSTEIN BREED

Lyubov' V. Efimova, Elena V. Gatilova, Tatyana V. Zaznobyna, Olga V. Ivanova

Krasnoyarsk Research Institute of Animal Husbandry – Division of Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”

Krasnoyarsk, Russia

A study of the influence of sires of Holstein breed on their daughters' milk productivity, development and milk physical and chemical characteristics was conducted. The study was carried out in Krasnoyarsk Territory on red-and-white cows of the first and second lactations – daughters of three sire bulls: Arsenal, Zaryad and Veles. It was established that sires affect their daughters' daily milk yield, lactose

content in milk and milk solids non-fat (MSNF). The difference in traits between individual groups of bulls' daughters is statistically significant. Analysis of variance showed that the paratypic factor defined as the age of daughters in lactations had a significant effect on daily milk yield. The genetic factor, that is father's heredity, influenced only the content of urea in daughters' milk. Analysis of the correlation between daily milk yield and physical and chemical properties of milk revealed reliable correlated response of weak strength: in the daughters of the Arsenal bull (the second current lactation) it was between the traits of daily milk yield and protein, in the daughters of the Veles bull (the same lactation) it was between the traits of daily milk yield and MSNF, and daily milk yield and the freezing temperature of milk (FTM). In cows of the first lactation, a strong correlation was found between some physical and chemical properties of milk, such as fat and urea, urea and FTM, and MSNF and FTM. In cows of the second lactation, a strong correlation was found between the following traits of milk: protein and MSNF, protein and dry matter, lactose and MSNF, MSNF and urea, and some others. It is shown that sires of Holstein breed have an impact on certain productivity parameters of their cow-daughters. It is recommended to use the bull Arsenal 8492 more widely to increase the milk yield of their daughters, and Veles 5417 – to improve the quality of milk of their daughters.

Keywords: sire bull, cow-daughter, productivity parameters, Holstein breed, genotypic factors

Для цитирования: Ефимова Л.В., Гатилова Е.В., Зазнобина Т.В., Иванова О.В. Молочная продуктивность и качество молока дочерей быков голштинской породы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 4. С. 56–65. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-7.

For citation: Efimova L.V., Gatilova E.V., Zaznobyna T.V., Ivanova O.V. Dairy productivity and milk quality of daughters from bulls of Holstein breed. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 4, pp. 56–65. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-7.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России, номер государственного учета НИОКТР: АААА-А19-119012290066-7.

ВВЕДЕНИЕ

Селекционно-племенная работа молочного скотоводства в Российской Федерации направлена на отбор животных с высоким генетическим потенциалом молочной продуктивности и улучшенными качественными характеристиками молока [1]. Многие ученые сходятся во мнении, что оценка и выявление быков-производителей, дочери которых продуцируют молоко с лучшим качественным составом, позволит ускорить процесс усовершенствования молочных стад и сформировать массивы скота, пригодного для производства молока высокого качества [2, 3]. По утверждению Т.В. Громовой с соавт., «...основная доля генетического влияния на прогресс популяции приходится на отцов-быков» [4].

Компонентный состав молока и крови, а также их свойства зависят от действия генотипических (наследственных) и паратипических (средовых) факторов. Среди генотипических факторов, оказывающих влияние

на продуктивные показатели коров, выделяют такие, как порода, линия, генотип, производитель, вариант подбора и другие, причем наиболее значимое влияние из них оказывает фактор «производитель» [5–7].

Правильный подбор быков-производителей оказывает положительное влияние не только на показатели качества молока, но и маститоустойчивость дочерей [8], пожизненную продуктивность и долголетие [9–11], иммунологические показатели [12] и динамику живой массы [13]. В работе А.И. Кузнецова с соавт. отмечено, что каждый бык-производитель по-разному влияет на продуктивные качества дочерей [14]. Ряд исследователей отмечают, что повышение уровня голштинизации стада приводит к увеличению пожизненного удоя коров и, следовательно, повышению экономической эффективности их содержания [11, 15].

Цель исследования – изучить влияние быков-производителей голштинской породы на молочную продуктивность и физико-химические свойства молока коров-дочерей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Научные исследования проведены в АО «Арефьевское» Канского района Красноярского края на коровах красно-пестрой породы в возрасте первой и второй лактаций. Материалом исследований служили данные первичного племенного учета хозяйства, а также результаты анализа физико-химических свойств молока, полученные в лаборатории селекционного контроля качества молока ОАО «Красноярск-агроплем» на высокоскоростном инфракрасном анализаторе молока «Bentley». Влияние отцовской наследуемости изучено на 178 дочерях трех быков-производителей голштинской породы линии Монтвик Чифтейн 95679, которых распределили на три группы. В 1-ю группу вошли дочери быка-производителя Арсенала 8492 ($n = 85$), во 2-ю – быка Велеса 5417 ($n = 53$), в 3-ю – быка Заряда 1156 ($n = 40$). Коров каждой группы распределили на подгруппы по текущей лактации: первой и второй.

Все анализируемые быки-производители являются импортными, страна рождения – Нидерланды, год рождения 2010. При оценке бык Арсенал 8492 получил категорию БЗ, Велес 5417 и Заряд 1156 – категорию «Нейтральный». Молочная продуктивность (удой, содержание жира и белка в молоке) за наивысшую лактацию у матери быка Арсенала 8492 составила соответственно 12 568 кг, 4,38 и 3,40% (первая лактация), матери Велеса 5417 – 11 415 кг, 4,73 и 3,82% (вторая лактация), матери Заряда 1156 – 13 935 кг, 4,32 и 3,43% (первая лактация). Молочная продуктивность матерей отцов составила у быка Арсенала 8492 – 11141 кг, 4,53 и 3,43% (вторая лактация); Велеса 5417 – 9958 кг, 4,49 и 3,70% (первая лактация); Заряда 1156 – 13 872 кг, 4,30 и 3,32% (шестая лактация). Наиболее высокий генетический потенциал по удою материнских предков (13 904 кг) имели дочери быка Заряда, по содержанию жира и белка в молоке – дочери Велеса 5417 (4,61 и 3,76%).

Во время исследований коровы находились в одинаковых условиях кормления и содержания. В хозяйстве коровы содержатся привязно, доение осуществляют в молокопровод с помощью установки АДМ-8 с использованием аппаратов попарного доения Inter Puls. Кормление коров производят согласно принятым рационам.

Биометрическую обработку полученных данных проводили методами вариационной статистики. Достоверность разницы между средними значениями признаков в группах устанавливали по критерию Стьюдента, при этом разницу считали статистически значимой при $p > 0,95$. Достоверность силы влияния (η^2) факторов устанавливали методом двухфакторного дисперсионного анализа. Числа степеней свободы (ν) составили: $\nu_1 = 2$; $\nu_2 = 172$. Силу влияния фактора признавали статистически значимой при следующих пороговых значениях трех уровней вероятности: $F_{0,95-0,99-0,999} = 3,1-4,7-7,3$ ($\nu_1 = 2$; $\nu_2 = 150$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Молочная продуктивность и развитие коров-дочерей быков. За 305 дней первой лактации установлено преимущество по ряду показателей у дочерей быка Велеса (см. табл. 1). По удою разница со сверстницами (дочерьями Арсенала и Заряда) у них составила 209,4 и 174,5 кг, количеству молочного жира – 8,2 и 5,7 кг, белка – 6,3 и 5,1 кг, живой массе – 2,0 и 3,1 кг соответственно. Однако статистически значимая разница обнаружена лишь по содержанию белка в молоке (+0,01% к тем же группам; $p > 0,999$ и $p > 0,99$). Тенденция к достоверности ($t_d = 1,20-1,71$; $p < 0,1-0,3$) отмечена по удою, содержанию жира и белка в молоке.

При оценке развития и типа продуктивности коров не установлено существенного влияния наследственности отца на дочерей: по живой массе разница между группами была незначительной, по коэффициенту молочности обнаружена лишь тенденция к достоверности ($t_d = 1,26-1,55$; $p < 0,2-0,3$).

Физико-химические свойства молока коров-дочерей быков. Для изучения влияния генетического (наследственности отца) и паратипического (возраста дочерей в лактациях) факторов на суточный удой и физико-химические свойства молока в каждой группе дочерей быков выделено две подгруппы, которые состояли из коров первой и второй лактаций. У коров-дочерей Арсенала число дойных дней первой лактации в среднем составило $407 \pm 8,3$, второй – $163 \pm 7,4$; дочерей Велеса – $461 \pm 34,8$ и $163 \pm 8,6$; Заряда – $414,7 \pm 12,8$ и $167 \pm 10,6$.

Табл. 1. Показатели молочной продуктивности и живой массы коров

Table 1. Milk productivity and live weight of cows

Показатель коров-дочерей	Кличка быка-отца		
	Арсенал (А)	Велес (В)	Заряд (З)
Число коров	85	53	40
Удой, кг	5136,30 ± 82,95	5345,70 ± 100,57	5310,80 ± 95,94
Массовая доля жира, %	3,97 ± 0,01	3,97 ± 0,01	3,94 ± 0,01
Количество молочного жира, кг	203,60 ± 3,09	211,70 ± 3,65	209,20 ± 3,60
Массовая доля белка, %	3,14 ± 0,01	3,13 ± 0,01 ^{***} (А)	3,13 ± 0,01 ^{**} (А)
Количество молочного белка, кг	161,00 ± 2,57	167,30 ± 3,10	166,10 ± 2,98
Живая масса, кг	520,70 ± 5,23	522,70 ± 6,70	523,70 ± 9,17
Коэффициент молочности, кг	990,10 ± 15,32	1026,20 ± 17,46	1023,50 ± 21,56

Разница с дочерями Арсенала статистически достоверна, здесь и в табл. 2:

^{*(А)} $p > 0,95$.

^{**}(А) $p > 0,99$.

^{***}(А) $p > 0,999$.

В результате анализа влияния отцов на суточный удой и качественные показатели молока дочерей в возрасте первой лактации выявлено превосходство дочерей Арсенала над сверстницами-дочерями Велеса по суточному удою (+2,8 кг, $p > 0,95$), и, напро-

тив, преимущество дочерей быка Велеса над дочерями Арсенала и Заряда по содержанию в молоке лактозы (+0,24 и 0,20%, $p > 0,999$ и $p > 0,95$), а также над дочерями Арсенала по содержанию в молоке СОМО (+0,33%, $p > 0,95$) (см. табл. 2).

Табл. 2. Суточный удой и физико-химические свойства молока дочерей быков

Table 2. Daily milk yield and physical and chemical properties of milk of bulls' daughters

Показатель коров-дочерей	Кличка быка-отца		
	Арсенал (А)	Велес (В)	Заряд (З)
<i>Первая лактация</i>			
Число коров	27	13	13
Суточный удой, кг	12,60 ± 0,72 ^{*(В)}	9,70 ± 1,06	12,30 ± 0,94
Массовая доля, %:			
жира	3,19 ± 0,16	3,43 ± 0,21	3,53 ± 0,25
белка	3,35 ± 0,03	3,29 ± 0,07	3,24 ± 0,09
лактозы	5,01 ± 0,03 ^{***} (В)	5,25 ± 0,06	5,05 ± 0,06 ^{*(В)}
сухого вещества	12,37 ± 0,21	12,94 ± 0,29	12,70 ± 0,27
СОМО	9,16 ± 0,09 ^{*(В)}	9,49 ± 0,13	9,17 ± 0,12
Мочевина, мг/100 мл	13,42 ± 1,12	17,00 ± 2,02	18,83 ± 2,09 ^{*(А)}
ТЗМ, °С	-0,56 ± 0,01	-0,56 ± 0,01	-0,56 ± 0,01
КСК, тыс./см ³	362,89 ± 79,71	176,85 ± 53,48	497,00 ± 274,77
<i>Вторая лактация</i>			
Число коров	58	40	27
Суточный удой, кг	21,60 ± 0,74	21,30 ± 0,75	21,40 ± 0,83
Массовая доля, %:			
жира	3,34 ± 0,09	3,45 ± 0,11	3,52 ± 0,09
белка	3,31 ± 0,03	3,31 ± 0,05	3,33 ± 0,05
лактозы	5,10 ± 0,03	5,15 ± 0,04	5,05 ± 0,13
сухого вещества	12,53 ± 0,12	12,75 ± 0,16	12,80 ± 0,12
СОМО	9,19 ± 0,05	9,30 ± 0,09	9,29 ± 0,08
Мочевина, мг/100 мл	15,53 ± 0,76	17,09 ± 0,74	16,70 ± 0,86
ТЗМ, °С	-0,56 ± 0,01	-0,56 ± 0,01	-0,56 ± 0,01
КСК, тыс./см ³	379,05 ± 72,43	345,88 ± 70,88	308,60 ± 55,43

Примечание. Здесь и в табл. 3–5: СОМО – сухой обезжиренный молочный остаток, ТЗМ – температура замерзания молока, КСК – количество соматических клеток.

Разница с дочерями Велеса статистически достоверна:

^{*(В)} $p > 0,95$.

^{***}(В) $p > 0,999$.

У коров в возрасте второй лактации статистически значимой разницы между группами сверстниц – дочерей трех быков – не обнаружено.

Корреляционная связь между признаками у дочерей быков. В результате корреляционного анализа выявлены достоверные обратные связи слабой силы у коров-первотелок – дочерей Арсенала (вторая текущая лактация) – между признаками «суточный удой – белок» ($r = -0,32, p > 0,95$) и у дочерей Велеса (та же лактация) – между признаками «суточный удой – СОМО» и «суточный удой – ТЗМ» ($r = -0,37$ и $r = -0,36, p > 0,95$) (см. табл. 3).

Анализ взаимосвязей между признаками, характеризующими физико-химические свойства молока дочерей быков, позволил проследить направление и силу их связи (см. табл. 4).

Между отдельными признаками качественного состава молока отмечена сильная и средняя прямая связь у дочерей обеих групп и подгрупп, сформированных как по отцу, так и по возрасту, а именно: между следующими парами признаков: жир – сухое вещество ($r = 0,73-0,92, p > 0,999$); лактоза – мочевины ($r = 0,48-0,68, p > 0,95-0,999$); мочевины – ТЗМ ($r = 0,56-0,79, p > 0,999$); СОМО – ТЗМ ($r = 0,67-0,83, p > 0,99-0,999$). Кроме этого, у коров-дочерей второй текущей лактации установлены достоверные связи между такими признаками, как белок – СОМО ($r = 0,56-0,69, p > 0,999$); белок – сухое вещество ($r = 0,77-0,78, p > 0,999$); лактоза – СОМО ($r = 0,43-0,70, p > 0,999$); лактоза – ТЗМ ($r = 0,41-0,56, p > 0,999$); мочевины – ТЗМ ($r = 0,56-0,62, p > 0,999$); СОМО – мочевины ($r = 0,52-0,56,$

Табл. 3. Коэффициенты корреляции между суточным удоём и физико-химическими показателями молока у дочерей быков

Table 3. Correlation coefficients between daily milk yield and physical and chemical properties of milk of bulls' daughters

Физико-химические показатели коров-дочерей	Кличка быка-отца		
	Арсенал (А)	Велес (В)	Заряд (З)
<i>Первая лактация</i>			
Массовая доля, %:			
жира	$0,16 \pm 0,19$	$0,14 \pm 0,29$	$-0,22 \pm 0,29$
белка	$0,03 \pm 0,20$	$-0,16 \pm 0,29$	$0,19 \pm 0,29$
лактозы	$0,27 \pm 0,19$	$-0,48 \pm 0,26$	$-0,14 \pm 0,29$
сухого вещества	$0,15 \pm 0,19$	$-0,09 \pm 0,30$	$-0,44 \pm 0,27$
СОМО	$0,07 \pm 0,20$	$-0,43 \pm 0,27$	$-0,52 \pm 0,25$
Мочевина, мг/100 мл	$-0,13 \pm 0,19$	$-0,32 \pm 0,28$	$-0,37 \pm 0,28$
ТЗМ, °С	$-0,09 \pm 0,19$	$-0,35 \pm 0,28$	$-0,37 \pm 0,28$
КСК, тыс./см ³	$-0,28 \pm 0,19$	$0,01 \pm 0,30$	$-0,27 \pm 0,29$
<i>Вторая лактация</i>			
Массовая доля, %:			
жира	$-0,16 \pm 0,13$	$-0,09 \pm 0,16$	$0,08 \pm 0,19$
белка	$-0,32 \pm 0,12^*$	$-0,30 \pm 0,15$	$0,07 \pm 0,20$
лактозы	$-0,10 \pm 0,13$	$-0,16 \pm 0,16$	$0,11 \pm 0,19$
сухого вещества	$-0,23 \pm 0,13$	$-0,27 \pm 0,15$	$0,12 \pm 0,19$
СОМО	$-0,22 \pm 0,13$	$-0,37 \pm 0,15^*$	$0,07 \pm 0,19$
Мочевина, мг/100 мл	$0,04 \pm 0,13$	$0,06 \pm 0,16$	$-0,05 \pm 0,20$
ТЗМ, °С	$-0,11 \pm 0,13$	$-0,36 \pm 0,15^*$	$0,02 \pm 0,20$
КСК, тыс./см ³	$0,13 \pm 0,13$	$-0,14 \pm 0,16$	$0,16 \pm 0,19$

Значение коэффициента корреляции статистически достоверно, здесь и в табл. 4:

* $p > 0,95$.

** $p > 0,99$.

*** $p > 0,999$.

Табл. 4. Коэффициенты корреляции между физико-химическими показателями молока у коров-дочерей

Table 4. Correlation coefficients between the physical and chemical parameters of milk of bulls' daughters

Сопряженные признаки у коров-дочерей		Кличка быка-отца		
		Арсенал	Велес	Заряд
<i>Первая лактация</i>				
Белок	КСК	0,31 ± 0,19	0,60 ± 0,24*	0,05 ± 0,30
	СОМО	0,67 ± 0,14***	0,38 ± 0,28	0,40 ± 0,27
	ТЗМ	0,52 ± 0,17**	0,16 ± 0,29	0,09 ± 0,30
Жир	Лактоза	0,42 ± 0,18*	-0,07 ± 0,30	-0,32 ± 0,28
	Мочевина	0,70 ± 0,14***	-0,07 ± 0,30	-0,25 ± 0,29
	Сухое вещество	0,92 ± 0,07***	0,90 ± 0,13***	0,89 ± 0,13***
	ТЗМ	0,65 ± 0,15***	0,35 ± 0,28	-0,01 ± 0,30
Лактоза	Мочевина	0,54 ± 0,16**	0,68 ± 0,22*	0,57 ± 0,24*
	СОМО	0,77 ± 0,12***	0,62 ± 0,23*	0,18 ± 0,29
	Сухое вещество	0,64 ± 0,15***	0,23 ± 0,29	-0,22 ± 0,29
	ТЗМ	0,58 ± 0,16**	0,51 ± 0,26	0,01 ± 0,30
Мочевина	КСК	0,43 ± 0,18*	0,09 ± 0,30	-0,13 ± 0,29
	ТЗМ	0,79 ± 0,12***	0,64 ± 0,23*	0,61 ± 0,23*
СОМО	Мочевина	0,60 ± 0,16**	0,2 ± 0,28	0,40 ± 0,27
	ТЗМ	0,78 ± 0,12***	0,79 ± 0,18**	0,73 ± 0,21**
Сухое вещество	Мочевина	0,77 ± 0,12***	0,06 ± 0,30	-0,06 ± 0,30
	СОМО	0,75 ± 0,13***	0,72 ± 0,20**	0,41 ± 0,27
	ТЗМ	0,80 ± 0,11***	0,62 ± 0,23*	0,31 ± 0,28
<i>Вторая лактация</i>				
Белок	КСК	0,01 ± 0,13	-0,03 ± 0,16	0,54 ± 0,16**
	СОМО	0,56 ± 0,11***	0,69 ± 0,12***	0,67 ± 0,14***
	Сухое вещество	0,47 ± 0,12***	0,78 ± 0,10***	0,76 ± 0,13***
	ТЗМ	0,22 ± 0,13	0,39 ± 0,15*	0,47 ± 0,17*
Жир	Белок	0,25 ± 0,13	0,57 ± 0,13***	0,37 ± 0,18
	Мочевина	0,18 ± 0,13	0,48 ± 0,14**	-0,26 ± 0,19
	Сухое вещество	0,88 ± 0,06***	0,85 ± 0,08***	0,73 ± 0,13***
Лактоза	Мочевина	0,55 ± 0,11***	0,48 ± 0,14**	0,48 ± 0,17*
	КСК	-0,29 ± 0,13*	-0,28 ± 0,15	0,09 ± 0,19
	СОМО	0,70 ± 0,09***	0,65 ± 0,12***	0,43 ± 0,18*
	ТЗМ	0,56 ± 0,11***	0,64 ± 0,12***	0,41 ± 0,18*
Мочевина	ТЗМ	0,62 ± 0,10***	0,56 ± 0,13***	0,62 ± 0,15***
СОМО	Мочевина	0,56 ± 0,11***	0,52 ± 0,13***	0,52 ± 0,17**
	ТЗМ	0,67 ± 0,09***	0,75 ± 0,10***	0,83 ± 0,11***
Сухое вещество	Мочевина	0,41 ± 0,12**	0,61 ± 0,12***	0,14 ± 0,19
	СОМО	0,62 ± 0,10***	0,73 ± 0,11***	0,62 ± 0,15***
	ТЗМ	0,37 ± 0,12**	0,54 ± 0,13**	0,44 ± 0,17*

Табл. 5. Сила влияния изучаемых факторов на суточный удой и физико-химические свойства молока коров**Table 5.** The strength of the impact of the studied factors on daily milk yield and physical and chemical properties of cows' milk

Признак	Фактор				Совместное действие факторов	
	Наследственность отца		Возраст дочерей в лактациях			
	η^2 , %	F	η^2 , %	F	η^2 , %	F
Суточный удой, кг	0,0	0,06	47,1	156,48***	1	1,68
Массовая доля, %:						
жира	1,7	1,53	0,3	0,47	0,2	0,17
белка	0,1	0,17	0,0	0,0	0,9	0,83
лактозы	2,4	2,18	0,2	0,27	1,1	1,00
сухого вещества	2,7	2,42	0,1	0,23	0,5	0,43
СОМО	2,5	2,30	0,0	0,0	1,4	1,30
Мочевина, мг/100 мл	4,3	3,99*	0,3	0,52	1,9	1,71
ТЗМ, °С	1,5	1,37	0,8	1,47	0,9	0,86
КСК, тыс./см ³	0,4	0,35	0,0	0,0	1,4	1,2

* $p > 0,95$.*** $p > 0,999$.

$p > 0,99-0,999$); сухое вещество – СОМО ($r = 0,62-0,73$, $p > 0,999$); сухое вещество – ТЗМ ($r = 0,37-0,54$, $p > 0,999$).

Однако наблюдали некоторую дифференциацию. Так, у дочерей быков Арсенала в возрасте первой лактации между всеми признаками, представленными в табл. 4, за исключением одной пары (белок – КСК), отмечена прямая статистически значимая зависимость в отличие от сверстниц-потомков Велеса и Заряда, у которых достоверная связь была только между отдельными признаками. В возрасте второй лактации у дочерей Арсенала, напротив, между содержанием белка и количеством соматических клеток в молоке связь оказалась незначительной, у сверстниц-дочерей Заряда – существенной ($r = 0,54$, $p > 0,99$). У дочерей Велеса отмечена средняя прямая связь между парами признаков жир – белок ($r = 0,57$, $p > 0,999$) и жир – мочевина ($r = 0,48$, $p > 0,99$), у сверстниц дочерей Арсенала и Заряда значимой связи не прослеживалось.

Сила влияния факторов (бык-отец и возраст в лактациях дочерей) на качественные признаки молока коров. При проведении двухфакторного дисперсионного анализа установлено достоверное влияние фактора «возраст дочерей в лактациях» на суточный удой ($\eta^2 = 47,1\%$, $p > 0,999$) и фактора

«наследственность отца» на содержание в молоке дочерей мочевины ($\eta^2 = 4,3\%$, $p > 0,95$). По остальным показателям физико-химических свойств молока статистически значимого действия изучаемых факторов не обнаружено. Установлена лишь тенденция к достоверности по влиянию фактора «наследственность отца» на содержание в молоке дочерей сухого вещества, СОМО и лактозы (см. табл. 5).

ВЫВОДЫ

1. Выявлено преимущество дочерей быка Арсенала над дочерьми быка Велеса по суточному удою (+2,8 кг), дочерей Велеса над дочерьми Арсенала по содержанию в молоке лактозы и СОМО (+0,24 и 0,33%) и над дочерьми Заряда по содержанию в молоке лактозы (+0,20%).

2. Быки-производители не оказали достоверного влияния на живую массу коров-дочерей.

3. По результатам дисперсионного анализа установлено, что генетический фактор «наследственность отца» оказал достоверное влияние на показатель содержания в молоке мочевины у дочерей, паратипический фактор «возраст дочерей в лактациях» – на суточный удой коров.

4. Сильную и среднюю прямую связь наблюдали между признаками жир – сухое вещество, лактоза – мочеви́на, мочеви́на – ТЗМ, СОМО – ТЗМ у дочерей обеих групп и подгрупп, сформированных как по отцу, так и по возрасту.

5. Наиболее существенное влияние на суточный удой дочерей оказал бык Арсенал 8492, на содержание в молоке лактозы и СОМО – Велес 5417. Для повышения молочной продуктивности дочерей рекомендуем к более широкому использованию быка Арсенала 8492, для улучшения качества молока дочерей – быка Велеса 5417.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафиуллин Н.А., Калинина Н.М., Загидуллин Л.Р. Оценка качества молока у коров // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2013. Т. 3. С. 309–313.
2. Приходько Н.Ф. Оценка качественного состава и технологических свойств молока коров бурой молочной породы в зависимости от происхождения // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2014. № 17. С. 260–265.
3. Боровицкий М.В., Гаврилов Г.В. Влияние состава и свойств молока, полученного от коров различных пород, на выработку сыра // Техника и технология пищевых производств. 2012. № 1. С. 19–21.
4. Громова Т.В., Косарев А.П., Конорев П.В. Оценка влияния наследственности быков-производителей на экстерьерно-конституциональные и продуктивные качества коров-дочерей приобского типа черно-пестрой породы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 12 (158). С. 95–100.
5. Абрамова Н.И., Власова Г.С., Богорадова Н.Л., Хромова О.Л. Генетический потенциал быков-производителей отечественных пород молочного скота Вологодской области // Агрозоотехника. 2019. Т. 2. № 3. С. 3. DOI: 10.15838/alt.2019.2.3.3.
6. Чеченихина О.С. Влияние происхождения на молочную продуктивность коров черно-пестрой породы // Генетика и разведение животных. 2018. № 3. С. 45–50. DOI: 10.31043/2410-2733-2018-3-45-50.
7. Гавриленко В.П., Бушова Г.А. Генетические факторы, их роль в селекции молочного скота // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2010. № 1 (11). С. 36–39.
8. Кулешова Е.А., Бондаренко М.В. Племенная ценность быков-производителей айрширской породы по маститостойчивости потомства // Сельскохозяйственный журнал. 2018. № 3 (11). С. 27–32. DOI: 10.25930/q5jx-zx50.
9. Казаков Д.С., Белокуров С.Г. Влияние быков-производителей разной селекции на продуктивное долголетие коров костромской породы // Вестник биотехнологии. 2017. № 2 (12). С. 11.
10. Титова С.В. Влияние генотипических факторов на пожизненную продуктивность черно-пестрых коров // Вестник Марийского государственного университета. 2019. Т. 5. № 3. С. 329–334. DOI: 10.30914/2411-9687-2019-5-3-329-334.
11. Чупшева Н.Ю. Продуктивное долголетие черно-пестрого скота в зависимости от некоторых генетических факторов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2019. № 1 (54). С. 68–76.
12. Еремина М.А., Ездакова И.Ю. Влияние генетико-иммунологических факторов быков-производителей на показатели врожденного иммунитета дочерей // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 5. С. 63–66. DOI: 10.31857/S2500-26272019563-66.
13. Левина Г.Н., Калмит Е.В., Артюх В.М., Сидельникова В.Г. Влияние быков-производителей и продуктивных качеств женских предков на интенсивность выращивания телок // Молочное и мясное скотоводство. 2017. № 6. С. 12–15.
14. Кузнецов А.И., Белозерцева С.Л., Петрухина Л.Л., Мирвалиев Ф.С. Влияние быков-производителей на продуктивные показатели качества дочерей // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 87. С. 132–139.
15. Петрухина Л.Л., Белозерцева С.Л., Мирвалиев Ф.С. Оценка быков-производителей по качеству потомства // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 89. С. 126–133.

REFERENSIS

1. Safiullin N.A., Kalinina N.M., Zagidullin L.R. Estimation of cows' milk quality. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Bauman* = *Scientific Notes of Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*, 2013, vol. 3, pp. 309–313. (In Russian).
2. Prikhod'ko N.F. Evaluation of the qualitative composition and technological properties of milk from brown dairy breed cows depending on their origin. *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva* = *Current Problems of Intensive Development of Animal Husbandry*, 2014, no. 17, pp. 260–265. (In Russian).
3. Borovitskii M.V., Gavrilov G.V. Influence of the composition and properties of milk obtained from cows of various breeds on cheese development. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* = *Food Processing: Techniques and Technology*, 2012, no. 1, pp. 19–21. (In Russian).
4. Gromova T.V., Kosarev A.P., Konorev P.V. Evaluation of servicing bull heredity influence on body conformation, composition and productive qualities of cow-daughters of the Priobsky type of black-pied cattle breed. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2017, no. 12 (158), pp. 95–100. (In Russian).
5. Abramova N.I., Vlasova G.S., Bogorodova N.L., Khromova O.L. Genetic potential of seed bulls of the domestic dairy breeds of the Vologda Oblast. *Agrozootekhnika* = *Agricultural and Livestock Technology*, 2019, vol. 2, no. 3, pp. 3. (In Russian). DOI: 10.15838/alt.2019.2.3.3.
6. Chechenikhina O.S. Influence of origin on dairy productivity of cows of black and white breed. *Genetika i razvedenie zhivotnykh* = *Genetics and Animal Breeding*, 2018, no. 3, pp. 45–50. (In Russian). DOI: 10.31043/2410-2733-2018-3-45-50.
7. Gavrilenko V.P., Bushova G.A. Genetic factors, their role in selection of dairy cattle. *Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* = *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 2010, no. 1 (11), pp. 36–39. (In Russian).
8. Kuleshova E.A., Bondarenko M.V. The breeding value of the Ayrshire servicing bulls for the offspring mastitis resistance. *Sel'skokhozyaystvennyy zhurnal* = *Agricultural Journal*, 2018, no. 3 (11), pp. 27–32. (In Russian). DOI: 10.25930/q5jx-zx50.
9. Kazakov D.S., Belokurov S.G. The influence of sire bulls of different breeding on the productive longevity of cows of Kostroma breed. *Vestnik biotekhnologii* = *Bulletin of Biotechnology*, 2017, no. 2 (12), pp. 11. (In Russian).
10. Titova S.V. The effect of genotypical factors on lifelong productivity of black-and-white cows. *Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta* = *Vestnik of the Mari State University*, 2019, vol. 5, no. 3, pp. 329–334. (In Russian). DOI: 10.30914/2411-9687-2019-5-3-329-334.
11. Chupsheva N.Yu. Productive longevity of black-and-white cattle, depending on some genetic factors. *Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii im. V.R. Filippova* = *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture*, 2019, no. 1 (54), pp. 68–76. (In Russian).
12. Eremina M.A., Ezdakova I.Yu. The influence of genetic and immunologic factors on indicators of innate immunity of daughters. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka* = *Russian Agricultural Science*, 2019, no. 5, pp. 63–66. (In Russian). DOI: 10.31857/S2500-26272019563-66.
13. Levina G.N., Kalmit E.V., Artyukh V.M., Sidel'nikova V.G. Effect of sire selection and performance characteristics of female ancestors on the growth rate of heifers. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo* = *Dairy and Beef Cattle Farming*, 2017, no. 6, pp. 12–15. (In Russian).
14. Kuznetsov A.I., Belozertseva S.L., Petrukhina L.L., Mirvaliev F.S. Influence of breeding bulls on productive quality of their daughters. *Vestnik Irkutskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* = *Vestnik of IrGSHA*, 2018, no. 87, pp. 132–139. (In Russian).
15. Petrukhina L.L., Belozertseva S.L., Mirvaliev F.S. Assessment of breeding bulls by the quality of offspring. *Vestnik Irkutskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* = *Vestnik of IrGSHA*, 2018, no. 89, pp. 126–133. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Ефимова Л.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник;
адрес для переписки: Россия, 660049, Красноярск, пр. Мира, 66; e-mail: lubow_wal@mail.ru

Гатилова Е.В., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Зазнобина Т.В., научный сотрудник

Иванова О.В., доктор сельскохозяйственных наук, директор; e-mail: krasnptig75@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Lyubov' V. Efimova**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** 66, Mira Ave., Krasnoyarsk, 660049, Russia, e-mail: lubow_wal@mail.ru

Elena V. Gatilova, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

Tatyana V. Zaznobyna, Researcher

Olga V. Ivanova, Doctor of Science in Agriculture, Director; e-mail: krasnptig75@yandex.ru

*Дата поступления статьи 18.05.2020
Received by the editors 18.05.2020*

РАЗВЕДЕНИЕ ГЕРЕФОРДСКОЙ ПОРОДЫ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

Луду Б.М., Кан-оол Б.К.

Тувинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

г. Кызыл, Республика Тыва, Россия

Изучены состояние, численность и концентрация поголовья крупного рогатого скота герефордской породы мясного направления продуктивности, адаптированной к природно-климатическим условиям Восточно-Сибирского региона. Методологическую основу исследования составили приемы систематизации, логический и сравнительный статистический анализ. Информационная база исследования – официальные материалы Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Тыва по животноводству. Из общего числа скота в регионе (180 748 гол.) герефордов насчитывается 2869 гол. Проведен сравнительный анализ поголовья в хозяйствах разных форм собственности и в различных природно-климатических зонах. Наибольшее поголовье герефордов (48,94%) сосредоточено в центральной земледельческо-животноводческой зоне с лесостепной и степной подзонами, на первом месте по числу животных Пий-Хемский район – 19,1%. В южной зоне сухих степей содержится 27,43% герефордов, на втором месте по поголовью в республике Тес-Хемский район – 14,7%. В западной горно-степной зоне находятся 23,63% герефордов, наибольшее число – в Барун-Хемчикском (7,4%) и в Бай-Тайгинском районах (7,0%). В высокогорный Монгун-Тайгинский район западной зоны и в восточную высокогорно-таежную зону специализированный мясной скот не завезен. По результатам анализа с учетом категории хозяйств 56,4% герефордов содержат в крестьянско-фермерских хозяйствах, в сельскохозяйственных производственных кооперативах – 19,7%, в остальных сельскохозяйственных организациях – 29,7%. Во всех хозяйствах практикуется круглогодичное пастбищное содержание. Различия в числе крупного рогатого скота герефордской породы по районам зависят от возможностей хозяйств и природно-климатических зон разведения. Проведенный мониторинг позволит определить перспективы разведения поголовья чистопородного скота специализированного направления с учетом рельефа местности и зональной принадлежности в условиях круглогодичного пастбищного содержания в Республике Тыва.

Ключевые слова: герефорды, зоны разведения, районы, животноводство, крупный рогатый скот, мясная порода, адаптация

RAISING HEREFORD BREED IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TUVA

Bair M. Ludu, Bailak K. Kan-ool

Tuvinian Research Institute of Agriculture

Kyzyl, Republic of Tuva, Russia

The paper presents the results of the research into the condition, number and concentration of beef cattle of Hereford breed, adapted to the natural and climatic conditions of the East Siberian region. The methodological basis of the study was formed by the methods of systematization, logical and comparative statistical analysis. The research information was based on the official materials of the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Tuva on animal husbandry. Out of the total number of livestock in the region (180 748 heads), Herefords amount to 2869 heads. A comparative analysis of livestock in farms of different forms of ownership and different natural and climatic zones was carried out. The largest population of Herefords (48.94%) is concentrated in the central agricultural and livestock zone with forest-steppe and steppe subzones (by the number of animals Piy-Khem kozhuun ranks first, 19.1%). In the southern zone of dry steppes, there are 27.43% of Herefords

(by the number of livestock in the Republic, Tes-Khem kozhuun ranks second, 14.7%). In the western mountain-steppe zone there are 23.63% of Herefords, the largest number is in Barun-Khemchik (7.4%) and in Bai-Taiginsky (7%) kozhuun. Specialized beef cattle have not been brought to the high-mountain Mongun-Taiginsky kozhuun of the western zone or to the eastern high-mountain taiga zone. According to the results of the analysis, taking into account the category of farms, 56.4% of Herefords are kept in peasant farm enterprises, 19.7% – in agricultural production cooperatives, 29.7% – in other agricultural enterprises. All farms practise year-round grazing. Differences in the number of Hereford cattle by districts depend on the capacities of farms and climatic breeding zones. The monitoring which was carried out will allow to determine the prospects for raising purebred cattle of a specialized type, taking into account the terrain and zone of the breeding work in the conditions of year-round grazing in the Republic of Tuva.

Keywords: Herefords, breeding zones, kozhuun, animal husbandry, livestock, beef cattle, adaptation

Для цитирования: Луду Б.М., Кан-оол Б.К. Разведение герефордской породы в условиях Республики Тыва // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 4. С. 66–71. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-8.

For citation: Ludu B.M., Kan-ool B.K. Raising Hereford breed in the conditions of the Republic of Tuva. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 4, pp. 66–71. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-8.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Основной источник производства говядины во всех регионах России – скот молочных и комбинированных пород. Дополнительный резерв – животные специализированных мясных пород и их помеси. Мясное скотоводство практически всех зон Сибири и России базируется на разведении двух отечественных пород – калмыцкой и казахской белоголовой. Среди импортных мясных пород наиболее распространенная – герефордская, преимущественно российской репродукции сибирской селекции¹.

Герефордская порода крупного рогатого скота в Российской Федерации среди мясных пород скота занимает второе место после калмыцкого (23,6% от общего поголовья мясного скота). Общее поголовье животных породы достигает 85,8 тыс. голов². В России скот этой породы разводят как «в чистоте», так и используют для улучшения мясных ка-

честв молочного и молочно-мясного скота, также для промышленного скрещивания с животными разного направления продуктивности для получения говядины. Это позволяет значительно улучшить мясные качества и увеличить поголовье скота [1].

Впервые скот герефордской породы в Тыву завезли в 70-х годах XX в. На Тувинской опытной станции проводили опыты по скрещиванию животных с местными симменталами. В последние несколько лет в Тыву завозят из ООО «Андреиновское» Республики Хакасия андреиновский тип герефордской породы.

В условиях Республики Тыва чистопородный герефордский скот разводят многие хозяйства и частные предприниматели, спрос на качественное мясо и племенную продукцию увеличивается с каждым годом. Животные способны адаптироваться в суровом резко континентальном климате, не требовательны к условиям содержания,

¹Гамарник Н.Г., Шевелева О.М., Дуров А.С. Герефордский скот сибирской селекции. Новосибирск, 2012. 5 с.

²Живалбаева А.А. Использование интербридинга для улучшения хозяйственно-биологических качеств герефордской породы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Кинель, 2017. 160 с.

кормления. Адаптационные способности, продуктивные качества герефордской породы изучены многими авторами³ [2–9].

На территории Республики Тыва герефордскую породу выращивают во всех районах, но для обеспечения населения мясной продукцией в полном объеме имеющегося поголовья недостаточно. Поголовье чистопородного скота специализированного направления необходимо увеличивать, но при этом в первую очередь необходимо провести мониторинг имеющегося поголовья, уточнить перспективы разведения с учетом рельефа местности, зональной принадлежности в условиях круглогодичного пастбищного содержания.

Цель исследования – оценить современное состояние и определить перспективы развития мясного скотоводства в Республике Тыва.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в рамках выполнения научно-исследовательской работы «Изучение породных, адаптационных способностей крупного рогатого скота, адаптируемого в специфических агроклиматических условиях Республики Тыва» плана НИР Тувинского научно-исследовательского института сельского хозяйства на 2020–2022 гг.

Объект исследований – крупный рогатый скот мясного направления продуктивности породы герефорд, адаптируемый в суровых природно-климатических условиях Республики Тыва. Методологическую основу исследования составляют приемы систематизации, логический и сравнительный статистический анализ. Информационная база исследования – официальные материалы Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Тыва по животноводству.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Традиционно основная отрасль Республики Тыва – животноводство. Большая часть угодий Тывы представлена пастбищами, на которых выращиваются овцы, козы, лошади, яки и аборигенная порода скота, приспособленные к круглогодичному пастбищному содержанию [10].

Отрасль базируется на давних традициях ведения кочевого образа жизни местных скотоводов. Традиционно приоритетным является развитие отгонного животноводства. Для выпаса скота местные животноводы перекочевывали с учетом сезона года в поисках пастбища с наиболее благоприятным травостоем и водопоем.

На 1 января 2020 г. в республике насчитывалось 180 748 гол. крупного рогатого скота, среди них 2869 гол. герефордов, что составляет 1,61% от общего числа⁴. Данные по поголовью скота в районах республики с учетом зональной принадлежности приведены в таблице.

Около половины имеющегося в Республике Тыва поголовья герефордов сосредоточено в центральной зоне (см. рис. 1). Центральная зона – земледельческо-животноводческая с лесостепной и степной подзонами, включает пять административных районов. Наибольшим числом мясного скота характеризуется Пий-Хемский район (547 гол.).

Второе место по количеству герефордов в республике занимает преимущественно овцеводческая южная зона сухих степей. Специализированный мясной скот разводят во всех трех районах, входящих в данную зону. Тес-Хемский район – второй в Туве по численности герефордов (422 гол.). Возможно, это объясняется тем, что пастбища занимают значительную часть в структуре сельскохозяйственных угодий данного района. Также положительно влияет расположение местности вблизи транспортного сообще-

³Дубовскова М.П., Джуламанов К.М., Колпаков В.И., Герасимов Н.П. Герефордская порода в России – достижения и перспективы развития. Оренбург: ООО «ТИПОГРАФИЯ», «АГЕНТСТВО ПРЕССА», 2019. 142 с.

⁴Поголовье скота в Республике Тыва: статистический бюллетень управления статистики Республики Тыва. Кызыл, 2019–2020. 13 с.

Численность мясного скота герефордской породы

The number of beef cattle of Hereford breed

Район	Мясной скот герефордской породы, гол.		Процент от общего поголовья
	всего	в том числе коров	
Всего по республике			100,0
Западная зона	678	401	23,63
Бай-Тайгинский	202	135	7,1
Дзун-Хемчикский	177	61	6,2
Сут-Хольский	87	76	3,0
Барун-Хемчикский	212	129	7,4
Южная зона	787	586	27,43
Овюрский	124	75	4,3
Тес-Хемский	422	315	14,7
Эрзинский	241	196	8,4
Центральная зона	1404	697	48,94
Чеди-Хольский	195	133	6,8
Улуг-Хемский	135	101	4,7
Пий-Хемский	547	231	19,1
Каа-Хемский	294	105	10,2
Тандынский	108	67	3,8
Кызылский	125	60	4,4

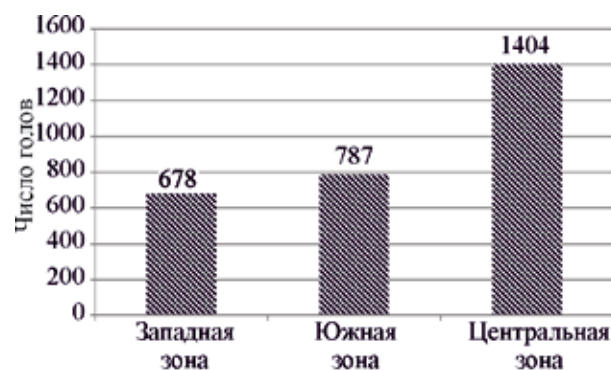


Рис. 1. Распределение поголовья герефордов по зонам

Fig. 1. Distribution of Hereford livestock by zones



Рис. 2. Распределение поголовья герефордов по категориям хозяйств, гол.

Fig. 2. Distribution of Hereford livestock by farm category, heads

ния, что способствует реализации получаемой продукции.

В западной зоне содержится 23,63% герефордского скота в четырех районах из пяти, кроме высокогорного Монгун-Тайгинского района. Западная зона – горно-степная животноводческо-земледельческая с засушливым климатом. В хозяйствах зоны развито скотоводство, мясо-шерстное овцеводство, козоводство и яководство. Земледелие развивается преимущественно на орошаемых угодьях. В западной зоне лидирующую позицию занимают отдаленные районы Барун-Хемчикский (212 гол.) и Бай-Тайгинский (202 гол.), в этих районах в основном занимаются животноводством, частично растениеводством (см. рис. 1).

К восточной зоне относятся два отдаленных района – Тоджинский и Тере-Хольский, данные районы расположены в высоко-

горной таежной местности, в отдалении от транспортного сообщения. В настоящее время в эти районы специализированный мясной скот не завозили.

При проведении сравнительного анализа поголовья герефордов по категориям хозяйств наибольшее число животных данной породы сосредоточено в крестьянско-фермерских хозяйствах 1617 гол. (см. рис. 2). Существенное поголовье (566 гол.) сосредоточено в сельскохозяйственных производственных кооперативах, в остальных сельскохозяйственных организациях – 852 гол.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях Республики Тыва основное поголовье крупного рогатого скота герефордской породы разводят в крестьянско-фермерских хозяйствах. Исследования по

зональной принадлежности показали, что по количеству герефордов преобладает центральная зона (48,94%), в этой же зоне в Пий-Хемском районе находится наибольшее поголовье мясного скота. В восточную высокогорно-таежную зону животных не завозили, возможно, из-за сложности рельефа местности. Герефордов содержат почти во всех районах, обладающих естественными пастбищными угодьями и земельными ресурсами. Анализ распределения поголовья крупного рогатого скота герефордской породы по категориям хозяйств на территории республики позволяет проводить дальнейшие исследования с учетом имеющегося в хозяйствах поголовья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дунин И.М., Шаркаев В.И., Кочетков А.А. Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации // Молочное и мясное скотоводство. 2010. № 5. С. 2–4.
2. Дуров А.С., Деева В.С. Хозяйственно-биологическая характеристика генеалогических линий коров герефордской породы сибирской селекции // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 10 (120). С. 90–95.
3. Сударев Н.П., Голубева А.В. Герефорды – удачный выбор рентабельного хозяйства // Животноводство России. 2016. № 53. С. 75–76.
4. Инербаев Б.О., Инербаева А.Т. Мясная продуктивность герефордов сибирской репродукции // Техника и технология пищевых производств. 2015. № 3 (38). С. 24–29.
5. Григорьев М.Ф., Панкратов В.В., Черкашина А.Г., Григорьева А.И. Рост и развитие бычков в условиях Центральной Якутии при использовании в их рационах местных минеральных кормовых добавок // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2019. № 2 (55). С. 46–55.
6. Донецких А.Г. Продуктивность и биологические особенности симментальской, абердин-ангусской и герефордской пород крупного рогатого скота // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 3. № 4. С. 74–76.
7. Горлов И.Ф., Сложеникина М.И., Кайдулина А.А., Гришин В.С., Бармина Т.Н., Мошолова Н.И. Хозяйственно-биологические особенности коров симментальской, герефордской пород и их помесей // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 4. С. 16–18.
8. Иванова И.П., Косенчук О.В. Экстерьерные особенности молодняка мясного направления продуктивности в зависимости от генотипа // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (34). С. 102–108.
9. Мансурова М.С. Показатели роста, развития и воспроизводительной способности коров герефордской породы австралийской селекции в условиях Амурской области // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 4. С. 87–94.
10. Чысыма Р.Б. Особенности развития АПК Республики Тыва и его научное обоснование // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 5. С. 23–26.

REFERENCES

1. Dunin I.M., Sharkaev V.I., Kochetkov A.A. State of beef cattle production in the Russian Federation. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2010, no. 5, pp. 2–4. (In Russian).
2. Durov A.S., Deeva V.S. The economic and biological description of genealogical lines of Hereford cows bred in Siberia. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2014. № 10 (120), pp. 90–95. (In Russian).
3. Sudarev N.P., Golubeva A.V. Hereford cattle: a successful choice for a profitable enterprise. *Zhivotnovodstvo Rossii = Animal Husbandry of Russia*, 2016, no. 53, pp. 75–76. (In Russian).
4. Inerbaev B.O., Inerbaeva A.T. Meat efficiency of Herefords of Siberian reproduction. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv = Food Processing: Techniques and Technology*, 2015, no. 3 (38), pp. 24–29. (In Russian).
5. Grigor'ev M.F., Pankratov V.V., Cherkashina A.G., Grigor'eva A.I. Growing bulls under conditions of Central Yakutia when using local mineral feed additives for their nutrition. *Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii im. V.R. Filip-pova = Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture*, 2019, no. 2 (55), pp. 46–55. (In Russian).

6. Donetskikh A.G. Productivity and biological features of Simmental, Aberdeen-Angus and Hereford cattle breeds. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, vol. 3, no. 4, pp. 74–76. (In Russian).
7. Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Kaidulina A.A., Grishin V.S., Barmina T.N., Mosolova N.I. Economic-biological features of cows of Simmental, Hereford breeds and their hybrids. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2019, no. 4, pp. 16–18. (In Russian).
8. Ivanova I.P., Kosenchuk O.V. Exterior features of youngsters for meat production depending on their genotype. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Omsk State Agricultural University*, 2019, no. 2 (34), pp. 102–108. (In Russian).
9. Mansurova M.S. Indicators of growth, development and reproductive ability of the Hereford cows of Australian breeding in the Amur region. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo = Animal Husbandry and Fodder Production*, 2018, vol. 101, no. 4, pp. 87–94. (In Russian).
10. Chysyma R.B. Features of the development of the agro-industrial complex of the Republic of Tuva and its scientific substantiation. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2007, no. 5, pp. 23–26. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Луду Б.М., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** 667005, Республика Тыва, г. Кызыл, ул. Бухтуева, 4; e-mail: b-kus@mail.ru

Кан-оол Б.К., младший научный сотрудник; e-mail: kan-ool27@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Bair M. Ludu**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; **address:** 4, Bukhtueva St., Kyzyl, 667005, Republic Tuva; e-mail: b-kus@mail.ru

Bailak K. Kan-ool, Junior Researcher; e-mail: kan-ool27@mail.ru

Дата поступления статьи 22.06.2020
Received by the editors 22.06.2020

ДИНАМИКА И ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ВЫСОКОПАТОГЕННОГО ГРИППА ПТИЦ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

Лопсан Ч.О.

Тувинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Республика Тыва, Россия

Изучены динамика и особенности проявления высокопатогенного гриппа птиц А/Н5N1 на территории Республики Тыва. Впервые он зарегистрирован в 2006 г. у диких перелетных водоплавающих птиц семейства утиных, в основном уток чомга. В эпизоотическом процессе высокопатогенного гриппа птиц на территории республики отмечены причинно-временные связи с сезонным перелетом диких водоплавающих птиц из стран Юго-Восточной Азии. Эпизоотии высокопатогенного гриппа птиц наблюдали в 2006, 2009, 2010, 2014–2016 гг. В 2016 г. в результате мутирования штамма вируса Н5N1 зарегистрирована вспышка высокопатогенного гриппа птиц штамма Н5N8. Вспышки высокопатогенного гриппа птиц подтипов Н5 и Н7 одновременно с низкопатогенными подтипами гриппа птиц Н3 отмечены в 2014 г., с Н9 – в 2013 и 2014 гг. При исследовании сыворотки крови птиц в официально благополучные по гриппу птиц годы антитела к гемагглютиниnam вируса разных подтипов выявлены в 11,2–50,0% случаев. Несмотря на отсутствие гибели птиц, это свидетельствует о постоянной циркуляции возбудителя гриппа птиц в организме водоплавающих птиц. На территории республики грипп птиц не получил распространения среди домашней птицы в силу природно-географических, социально-экономических условий. Развитие отгонного ведения животноводства не предусматривает содержание и разведение домашней птицы в районе расположения неблагополучной территории оз. Убсу-Нур; у местного населения нет традиции охоты на дичь, что препятствует контакту дикой и домашней птицы; озерные и прудовые водоемы вблизи единственной в республике птицефабрики с небольшим поголовьем отсутствуют, что предотвращает залет и залетные коридоры дикой водоплавающей птицы.

Ключевые слова: грипп птиц, вирус, сыворотка крови, Республика Тыва, дикая перелетная водоплавающая, синантропная птица, эпизоотия

DYNAMICS AND FEATURES OF MANIFESTATION OF HIGHLY PATHOGENIC AVIAN INFLUENZA IN THE REPUBLIC OF TUVA

Hechek O. Lopsan

Tuvinian Research Institute of Agriculture
Kyzyl, Republic of Tuva, Russia

The dynamics and features of the manifestation of highly pathogenic avian influenza A/H5N1 were studied on the territory of the Republic of Tuva, where it was first recorded in 2006 in wild migratory waterfowl of the duck family, mainly great crested grebe ducks. In the epizootic process of highly pathogenic avian flu on the territory of the Republic, causal-temporal relationships with the seasonal migration of wild waterfowl from the countries of South-East Asia have been noted. Epizootics of highly pathogenic avian flu were observed in 2006, 2009, 2010, 2014, 2015, 2016. In 2016, as a result of mutation of the H5N1 virus strain, an outbreak of highly pathogenic avian flu of the H5N8 strain was registered. Outbreaks of highly pathogenic avian flu H5 and H7 subtypes simultaneously with low pathogenic subtypes of avian flu H3 were noted in 2014, H9 – in 2013 and 2014. In the study of blood serum of birds in the years officially free from avian flu, antibodies to hemagglutinins of the virus of different subtypes were detected in 11.2-50.0% of cases. Despite the absence of bird mortality, this indicates a constant circulation of avian influenza agent in the body of waterfowl. On the territory of the Republic, avian flu has not spread among poultry due to natural-geographical, socio-economic conditions. The development of distant pasture farming does not provide for the maintenance and breeding of poultry in the unfavorable area of the lake Uvs-Nuur; the local population does not have a tradition of hunting for wild fowl, which prevents contact

between wild and domestic birds; there are no lakes or pond reservoirs near the only poultry farm in the Republic with a small stock, which prevents wild waterfowl from entering and passing through flying passages.

Keywords: avian influenza, a virus, blood serum, Republic Tuva, wild migratory waterfowl, synanthropic bird, epizootic

Для цитирования: Лопсан Ч.О. Динамика и особенности проявления высокопатогенного гриппа птиц на территории Республики Тыва // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 4. С. 72–79. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-9.

For citation: Lopsan H.O. Dynamics and features of manifestation of highly pathogenic avian influenza in the Republic of Tuva. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 4, pp. 72–79. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-9.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Высокопатогенный грипп птиц (ВПГП) – особо опасное вирусное высококонтагиозное заболевание, возбудитель – РНК-содержащий вирус из семейства Orthomyxoviridae. По антигенам гемагглютинина (Н) классифицируются на 18 подтипов, нейраминидазе (N) – 11. Из них подтипы H5, H7 высокопатогенны и способны вызывать 100%-ю гибель птиц и преодолевать межвидовой барьер, поражая многие виды млекопитающих, а также человека [1, 2]. Природным резервуаром и источником инфекции являются дикие водоплавающие и околоводные птицы из семейства утиных. Экономический ущерб от гриппа связан с массовой гибелью заболевшей птицы, затратами на проведение жестких карантинных и ветеринарно-санитарных мероприятий, включая уничтожение больной и скомпрометированной птицы, и оценивается в десятки и сотни миллиардов рублей [3, 4].

Вспышки ВПГП подтипа H5N1 начали регистрировать с 2003 г. во многих странах Юго-Восточной Азии. До настоящего времени выделено четыре волны межконтинентального распространения гриппа птиц (2005, 2006; 2009, 2010; 2014, 2015; 2016, 2017 гг.), которые характеризовались распространением вируса гриппа H5 линии A/Goose/Guangdong/1/96/. В России первые очаги ВПГП подтипа H5N1 зарегистрированы в 2005 г. в Новосибирской области [5]. Вспышке эпизоотии предшествовал перелет

диких водоплавающих птиц из стран Юго-Восточной Азии. В создавшейся эпизоотической ситуации возникла угроза его заноса на территорию Республики Тыва, на озера, куда ежегодно мигрируют дикие перелетные водоплавающие и околоводные гнездящиеся птицы. Там ВПГП подтипа H5N1 впервые зафиксирован в 2006 г.

Цель исследований – изучить динамику распространения и особенности проявления высокопатогенного гриппа птиц на территории Республики Тыва.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований послужили данные экспедиций и отчетов управления Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по республикам Хакасия и Тыва и Кемеровской области, службы по ветеринарному надзору Республики Тыва, протоколы молекулярно-биологических и вирусологических исследований на идентификацию РНК-генома вируса гриппа птиц в ПЦР. Выявление антител против гемагглютининов ВПГП в тест-системах РТГА проведено в Государственном научном центре вирусологии и биотехнологии «Вектор», Федеральном центре охраны здоровья животных, Кемеровской межобластной ветеринарной лаборатории, Тувинской ветеринарной лаборатории. Методы и совокупность методик проведения эпизоотологического анализа общепринятые в ветеринарной медицине.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Организацию мониторинга заносов и распространения гриппа птиц на территории Республики Тыва проводят с 2005 г. В первую очередь на всей территории обследовано имеющееся поголовье (90 тыс.) сельскохозяйственной птицы. Сводным мобильным отрядом осуществлено обследование диких перелетных птиц на акваториях и береговых зонах озер Хадын, Чагытай, Чедер, Дус-Холь, Тере-Холь, Шара-Нур, Ак, Хиндиктиг-Холь. Произведен их отлов для отправки патологического материала на лабораторные исследования. Проведены скрининговые исследования сывороток крови выловленных и отстрелянных диких перелетных водоплавающих, околородных, синантропных и домашних птиц на выявление антител против гемагглютининов высокопатогенного гриппа птиц (см. таблицу).

Массовая гибель диких водоплавающих птиц (3505 гол.), в основном уток чомга, зарегистрирована 10.06.2006 г. на акватории и береговой зоне соленого бессточного оз. Убсу-Нур в Овюрском районе Республики Тыва, расположенного на территории Государственного природного биосферного заповедника «Убсу-Нурская котловина» Всемирного природного наследия ЮНЕСКО. Монгольский сектор занимает основную часть оз. Убсу-Нур, российский – береговую зону протяженностью 10 км. Максимальная глубина озера 20 м. На территории заповедника обитают 376 видов птиц, 308 – гнездящихся; 34 вида занесены в Красную книгу Российской Федерации, 46 – Красную книгу Республики Тыва [6].

Плотность гнездования уток чомга (*Podiceps cristatus*) на отдельных участках достигала до 2 тыс. пар на 1 км². Из общего числа погибших птиц 169 собраны на акватории озера, 244 – с депрессией и вращением головы отстреляны сотрудниками мобильного отряда. После отбора патологического материала для лабораторных исследований все погибшие птицы вместе с павшими там же мышами и рыбами сожжены в скотомогильнике в местечке Кок-

Хаак с соблюдением всех ветеринарно-санитарных правил.

При молекулярно-биологических и вирусологических исследованиях патологического материала 44 водоплавающих птиц и 9 сывороток крови от них в ПЦР выявлены РНК генома, в РТГА – антитела к гемагглютиниnam ВПГП подтипа H5N1 в диагностических титрах.

Эпизоотия ВПГП в 2006 г. длилась с начала июня по конец августа. В связи с этим оптимальным временем начала ежегодных мониторинговых исследований в дикой орнитофауне следует считать конец мая и начало июня [7]. В результате обследования близлежащих сел и чабанских стоянок больных и подозрительных на заболевание ВПГП птиц не выявлено.

В 2007 и 2008 гг. в Тыве ситуация по гриппу птиц считалась благополучной. Однако в 2007 г. при исследовании 85 проб сыворотки крови лысух, нырков, серых крякв с озер Кислое и Белое Пий-Хемского района в 18 случаях выявлены антитела к вирусу ВПГП H5N1 в титрах от 1 : 32 до 1 : 1024. В 2008 г. при анализе 121 пробы сыворотки крови водоплавающих птиц с большинства озер республики в четырех образцах от уток чомга с оз. Убсу-Нур выявлены антитела к ВПГП подтипа H5N3 в титрах от 1 : 8 до 1 : 128 и в одном образце с оз. Хадын в титре 1 : 32. На наш взгляд, несмотря на отсутствие гибели птиц, выявление специфических антител к вирусу ВПГП подтипа H5N1 в диагностических титрах однозначно свидетельствует о циркуляции вируса гриппа среди диких водоплавающих птиц и выработки у них постинфекционных антител. В связи с угрозой повторной вспышки ВПГП в подворьях населения в 2007, 2008 гг. вакцинирована 61 тыс. домашних кур, однако напряженность поствакцинального иммунитета не превышала 68,2%.

В 2009 г. на оз. Убсу-Нур обнаружено 503 мертвых водоплавающих птицы (чомга, гусь гуменник, колпица, черноголовый хохотун), в основном уток чомга. Для про-

Динамика проявления гриппа птиц в Республике Тыва за 2005–2019 гг.
Dynamics of manifestation of avian flu in the Republic of Tuva for 2005–2019.

Год	Исследовано сыровороток крови птиц								Исследовано биологического материала от птиц					Пало птиц
	водоплавающих	число положительных проб	%	синантропных	число положительных проб	%	домашних	число положительных проб	водоплавающих	число положительных проб	%	синантропных	число положительных проб	
2005	6	0	0	–	–	–	360	0	3	0	0	–	–	0
2006	46	1	2,2	–	–	–	–	–	45	23	51,1	–	–	3749
2007	85	18	21,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2008	121	5	4,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2009	–	–	–	–	–	–	–	–	22	7	31,8	–	–	503
2010	87	16	18,4	18	3	16,6	–	–	8	4	50	–	–	708
2011	64	13	20,3	57	0	0	84	0	150	0	0	–	–	–
2012	–	–	–	18	0	0	224	0	50	–	–	49	0	0
2013	50	25	50	–	–	–	–	–	50	0	0	–	–	–
2014	50	24	48	17	0	0	–	–	69	3	4,4	17	0	–
2015	–	–	–	–	–	–	–	–	50	7	14	–	–	42
2016	4	0	0	–	–	–	–	–	50	17	34	–	–	–
2017	30	–	–	11	–	–	–	–	50	0	0	40	0	–
2018	–	–	–	–	–	–	300	–	35	–	–	48	–	–
2019	–	–	–	–	–	–	50	–	–	–	–	35	–	–
Всего	543	102	18,8	121	3	2,5	1018	0	582	84	14,4	172	0	5002

Примечание. Тире в ячейке означает, что исследование не проводили.

ведения исследований отобрано 22 пробы биоматериала; при исследовании в семи пробах от уток чомга выявлен генетический материал ВППП подтипа H5N1.

В 2010 г. на территории Республики Тыва эпизоотия ВППП продолжилась. Как и в предыдущие годы, на прибрежной зоне оз. Убсу-Нур выявлен массовый падеж (708 гол.) водоплавающих птиц (чомга, крохаль, колпица, серая утка, баклан, лысуха, белая цапля, красноголовый нырок). При исследовании восьми проб патологического материала, отобранного от погибших уток чомга, в четырех случаях изолирована РНК генома ВППП подтипа H5N1. Из исследованных 49 проб сыворотки крови водоплавающих птиц с оз. Убсу-Нур в 12 случаях выявлены антитела к ВППП H5N1 в титрах от 1 : 16 до 1 : 32. Из 38 проб сыворотки крови птиц с оз. Белое антитела выявлены в четырех случаях в титрах от 1 : 16 до 1 : 32. В сыворотках крови 18 отстрелянных синантропных птиц с полигона мусорных отходов г. Кызыл (коршуны, вороны, чайки) антитела в титрах от 1 : 32; 1 : 512 до 1 : 2048 выявлены в четырех случаях. Несмотря на отсутствие регистрации гибели птиц в других районах Тывы, кроме оз. Убсу-Нур, присутствие специфических антител к вирусу гриппа птиц в сыворотках крови синантропных птиц в высоких титрах указывает на их переболевание и выработку постинфекционных антител и потенциальную опасность распространения болезни на домашнюю птицу [8].

В 2011–2013 гг. в Республике Тыва эпизоотическая ситуация по ВППП считалась благополучной. Однако отсутствие случаев гибели птиц в данный период не может служить основанием для суждения об отсутствии циркуляции подтипов вируса гриппа в популяции дикой водоплавающей птицы. Так, в 2012 г. из исследованных в РТГА 54 проб сыворотки крови водоплавающей птицы с оз. Убсу-Нур в пяти пробах выявлены антитела к подтипу H5 в титрах от 1 : 16 до 1 : 64; в восьми случаях (чомга, серая утка, озерная чайка, баклан) – анти-

тела к подтипу H7 ниже диагностических титров. При анализе 75 сывороток крови синантропных птиц и 308 домашних кур антител к ВППП не обнаружено. В 2013 г. из 50 образцов сыворотки крови отстрелянных в акватории оз. Убсу-Нур водоплавающих птиц (озерная чайка, черноголовый хохотун, баклан, серая утка) в 15 случаях выявлены антитела к подтипу H5, в 10 – к подтипу H9.

Очередные вспышки гриппа птиц на территории республики зарегистрированы в 2014–2016 гг. В 2014 г. в биологическом материале отстрелянных на оз. Убсу-Нур 69 водоплавающих и 17 синантропных птиц методом ОТ–ПЦР РВ обнаружена РНК генома низкопатогенного гриппа птиц H3 в трех пробах от водоплавающих птиц (две малые чайки и одна утка-широконоска). При исследовании сыворотки крови 50 водоплавающих птиц в одном случае от малой чайки в РТГА выявлены антитела к подтипу H5 в титре 1 : 16; в 13 (малая чайка, черноголовый хохотун, баклан) – антитела к подтипу H7 в титрах от 1 : 16 до 1 : 64; в 10 (малая чайка, черноголовый хохотун) – антитела к подтипу H9 в титрах от 1 : 16 до 1 : 1024. Полученные результаты, свидетельствующие о выявлении с 2012 г. наряду с высокопатогенным подтипом H5 высокопатогенного H7 и низкопатогенных H3 и H9, вызывают серьезные опасения об усложнении в дальнейшем эпизоотической ситуации [9]. В то же время в сыворотках крови 17 синантропных птиц антител к вирусу гриппа птиц не выявлено.

В 2015 г. при исследовании биоматериала (внутренние органы и помет) двух мертвых уток чомги и двух крачек и 46 отстрелянных на оз. Убсу-Нур уток разного вида в семи случаях методом ОТ–ПЦР РВ выявлена РНК генома вируса ВППП подтипа H5N1 азиатской линии A/Quandong.

В 2016 г. в патологическом материале 42 погибших и 8 отстрелянных водоплавающих птиц с оз. Убсу-Нур в 17 случаях у чомги, серой цапли, баклана, крачек, озерных чаек методом ОТ–ПЦР РВ выяв-

лена РНК генома вируса высокопатогенного гриппа птиц H5N8. Несмотря на это, в четырех сыворотках крови от них же в РТГА антител к ВПГП подтипов H5, H7, H9 не обнаружено. Впоследствии вспышки ВПГП H5N8 произошли в нескольких регионах Российской Федерации [10–12].

В Республике Тыва за 2017–2019 гг. гибели птиц не отмечено. Проведенными мониторинговыми исследованиями 85 проб биоматериала, 31 пробы сыворотки крови водоплавающих птиц, отстрелянных на прибрежной зоне оз. Убсу-Нур, 123 проб биоматериала, 10 сывороток крови синантропных птиц, 350 сывороток крови кур промышленного содержания генетического материала и специфических антител к вирусу гриппа птиц не обнаружено. Республика Тыва по гриппу птиц благополучна.

В результате проведения исследований выявлены некоторые особенности эпизоотий ВПГП на территории Республики Тыва:

- в эпизоотический процесс высокопатогенного гриппа птиц вовлечены многие виды перелетных водоплавающих и околоводных птиц, которые при миграции по центрально-азиатскому полетному пути останавливаются на оз. Убсу-Нур, которое характеризуется богатой кормовой базой и тростниковыми угодьями для гнездования;

- в эпизоотии высокопатогенного гриппа птиц отмечены причинно-временные связи с сезонным перелетом диких водоплавающих птиц на оз. Убсу-Нур из стран Юго-Восточной Азии; эпизоотия на озере длилась с июня по август;

- эпизоотия характеризовалась массовым падежом водоплавающих и околоводных птиц, в большей части уток чомга. За 2006–2019 гг. в акватории и береговой зоне оз. Убсу-Нур обнаружено и уничтожено 5002 мертвых птицы, в материале которых выявлены РНК генома вируса и антитела против гемагглютининов ВПГП подтипа H5 в пределах диагностических титров; в отдельные годы отмечены двойные и тройные инфекции, связанные с выявлением антител к вирусу подтипов H3, H7 и H9;

- выявление антител в сыворотке крови синантропных птиц при отсутствии их гибели может свидетельствовать о циркуляции вируса в их организме или заболевании гриппом птиц без летального исхода;

- грипп не получил распространения среди домашней птицы в силу природно-географических, социально-экономических условий: развитие отгонного ведения животноводства не предусматривает содержание и разведение домашней птицы в районе расположения неблагополучной территории оз. Убсу-Нур; у местного населения нет традиции охоты на дичь, что препятствует контакту дикой и домашней птицы; озерные и прудовые водоемы вблизи единственной в республике птицефабрики с небольшим поголовьем отсутствуют, что предотвращает залет и залетные коридоры дикой водоплавающей птицы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вспышки ВПГП подтипа H5N1 у диких перелетных водоплавающих птиц на оз. Убсу-Нур отмечены в 2006, 2009, 2010, 2014, 2015 гг., в 2016 г. зарегистрирован подтип H5N8. Эпизоотии ВПГП нанесли огромные потери популяциям этих птиц, а также обусловили экономические затраты на ликвидацию эпизоотии. Вспышки ВПГП подтипов H5 и H7 одновременно с низкопатогенными подтипами гриппа птиц H3 наблюдали в 2014 г., с H9 – в 2013 и 2014 гг.

Несмотря на отсутствие гибели птиц, выявлены антитела к вирусу разных подтипов гриппа птиц: в официально благополучные 2007, 2008 гг. от всего количества исследованных сывороток крови – 11,2%, в 2011, 2012 гг. – 20,3, 2013 г. – 50%. Это предполагает постоянную циркуляцию возбудителя гриппа птиц в организме водоплавающих на оз. Убсу-Нур в течение 2006–2019 гг.

В целях сохранения экологии и популяции орнитофауны на оз. Убсу-Нур, недопущения повторения вспышки ВПГП необходимо проводить в плановом порядке пассивный мониторинг по факту гибели птиц (ПЦР на выявление РНК генома вируса и

вирусовыделение – биопробу на куриных эмбрионах и культуре клеток). В случае эпизоотических показаний необходимо, пройдя все ступени допуска на особо охраняемую территорию Государственного природного биосферного заповедника «Убсу-Нурская котловина» для отлова и отстрела многих залетных и зимующих водоплавающих и околоводных птиц краснокнижного статуса, нужно проводить всесторонний активный мониторинг гриппа птиц как среди дикой, так и домашней птицы (серологические исследования сывороток крови на обнаружение антител РТГА, ИФА и другое, ПЦР – на выявление РНК генома вируса и вирусовыделение – биопробу на куриных эмбрионах и культуре клеток).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зеленкова Г.А., Карантыш Г.В., Тамбиев Т.С., Малышева Л.А., Капелист И.В., Ермаков А.М. Птичий грипп: экология, морфология, молекулярные маркеры патогенности вируса, современная эпизоотическая ситуация // *Ветеринарная патология*. 2018. № 1 (63). С. 5–17.
2. Жуматов К.Х., Саятов М.Х., Кыдырманов А.И. Вирус гриппа птиц А/Н7, распространение, генетическая изменчивость патогенность для птиц и человека // *Биотехнология. Теория и практика*. 2013. № 2. С. 12–16.
3. Волков М.А., Чвала И.А., Ярославцев П.С., Осипова О.С., Чвала И.А. Серологический мониторинг гриппа птиц в Российской Федерации в 2017–2018 годах // *Ветеринария сегодня*. 2019. № 2 (29). С. 3–9.
4. Волкова М.А., Чвала И.А., Осипова О.С., Кулагина М.А., Андрейчук Д.Б., Чвала И.А. Серологический мониторинг гриппа птиц и Ньюкаслской болезни в Российской Федерации в 2019 году // *Ветеринария сегодня*. 2020. № 2. С. 76–82.
5. Ручко И.А., Баранов Н.И. Мониторинг за гриппом птиц в Приморском крае // *Здоровье. Медицинская экология. Наука*. 2015. № 4 (62). С. 146–149.
6. Кальная О.И., Забелин В.И., Арчимаева Т.П., Акимова О.Д. Экология и биоразнообразии приграничных территорий Тувы

и Монголии // *Известия Алтайского отделения Русского географического общества*. 2018. № 1 (48). С. 33–48.

7. Волков М.С., Варкентин А.В., Ирза В.Н., Чвала И.А., Меньщикова Л.Э. Андриясов А.В., Циванюк М.А., Оюн Ч.Б.-О., Роголев С.В., Аранчор М.Ш.-О. Изучение циркуляции вируса гриппа птиц на территории Убсу-Нурского миграционного очага Республики Тыва // *Ветеринария сегодня*. 2016. № 4. С. 8–13.
8. Чвала И.А., Андриясов А.В., Циванюк М.А., Чагина С.А., Варкентин А.В., Волков М.С., Ирза В.Н. Результаты экспедиции в Республике Тыва // *Ветеринария сегодня*. 2014. № 4 (11). С. 55–57.
9. Волков М.С., Варкентин А.В., Ирза В.Н. О распространении вируса Н1П А/Н9Н2 в мире и Российской Федерации. Проблемы искоренения болезни // *Ветеринария сегодня*. 2019. № 3 (30). С. 51–56.
10. Марченко В.Ю., Суслопаров И.М., Игнатьев В.Э., Гаврилова Е.В., Максютков Р.А., Рыжиков А.Б. Обзор ситуации по ВПП подтипа Н5 в России в 2016 и 2017 гг. // *Проблемы особо опасных инфекций*. 2018. № 1. С. 30–35.
11. Волков М.С., Ирза В.Н., Варкентин А.В. Опыт ликвидации ВПП на территории Российской Федерации в 2016–2017 годы // *Ветеринария сегодня*. 2018. № 1 (24). С. 3–10.
12. Гадзевич Д.В., Данильченко С.И., Ерофеев С.Г., Пасунькина М.А., Гринченко А.Б., Ирза В.Н., Волков М.С., Варкентин А.В. Эпизоотологический мониторинг гриппа птиц на территории Республики Крым // *Ветеринария сегодня*. 2019. № 1 (28). С. 34–42.

REFERENCES

1. Zelenkova G.A., Karantysh G.V., Tambiev T.S., Malysheva L.A., Kapelist I.V., Ermakov A.M. Avian flu: ecology, morphology, molecular markers of virus pathogenicity, current epizootic situation. *Veterinarnaya patologiya = Veterinary Pathology*, 2018, no. 1 (63), pp. 5–17. (In Russian).
2. Zhumatov K.Kh., Sayatov M.Kh., Kydymanov A.I. Avian influenza virus A/H7, distribution, genetic variability pathogenicity for birds and humans. *Biotechnologiya. Teoriya i*

- praktika = Eurasian Journal of Applied Biotechnology*, 2013. no. 2, pp. 12–16. (In Russian).
3. Volkov M.A., Chvala I.A., Yaroslavtsev P.S., Osipova O.S., Chvala I.A. Serological monitoring for avian influenza in the Russian Federation in 2017-2018. *Veterinariya segodnya = Veterinary Science Today*, 2019, no. 2 (29), pp. 3–9. (In Russian).
 4. Volkova M.A., Chvala I.A., Osipova O.S., Kulagina M.A., Andreichuk D.B., Chvala I.A. Serological monitoring of avian influenza and Newcastle disease in the Russian Federation in 2019. *Veterinariya segodnya = Veterinary Science Today*, 2020, no. 2, pp. 76–82. (In Russian).
 5. Ruchko I.A., Baranov N.I. Monitoring of avian influenza in the Primorsky region of Russia. *Zdorov'e. Meditsinskaya ekologiya. Nauka = Health. Medical Ecology. Science*, 2015, no. 4 (62), pp. 146–149. (In Russian).
 6. Kal'naya O.I., Zabelin V.I., Archimaeva T.P., Akimova O.D. Ecology and biodiversity of border territories of Tuva and Mongolia. *Izvestiya Altaiskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva = Bulletin of the Altai Branch of the Russian Geographical Society*, 2018, no. 1 (48), pp. 33–48. (In Russian).
 7. Volkov M.S., Varkentin A.V., Irza V.N., Chvala I.A., Men'shchikova L.E., Andriyasov A.V., Tsivanyuk M.A., Oyun Ch. B-O., Rogalev S.V., Arapchor M.Sh-O. Study of avian influenza virus circulation in Uvs-Nuur territory migration area in Republic of Tuva. *Veterinariya segodnya = Veterinary Science Today*, 2016, no. 4, pp. 8–13. (In Russian).
 8. Chvala I.A., Andriyasov A.V., Tsivanyuk M.A., Chagina S.A., Varkentin A.V., Volkov M.S., Irza V.N. The results of the expedition to the Republic of Tuva. *Veterinariya segodnya = Veterinary Science Today*, 2014, no. 4 (11), pp. 55–57. (In Russian).
 9. Volkov M.S., Varkentin A.V., Irza V.N. Spread of low pathogenic avian influenza A/H9N2 in the world and Russian Federation. Challenges of disease eradication. *Veterinariya segodnya = Veterinary Science Today*, 2019, no. 3 (30), pp. 51–56. (In Russian).
 10. Marchenko V.Yu., Susloparov I.M., Ignat'ev V.E., Gavrilova E.V., Maksyutov R.A., Ryzhikov A.B. Overview of the situation on highly pathogenic avian influenza virus H5 in Russia in 2016-2017. *Problemy osobo opasnykh infektsii = Problems of particularly dangerous infections*, 2018, no. 1, pp. 30–35. (In Russian).
 11. Volkov M.S., Irza V.N., Varkentin A.V. History of highly pathogenic avian influenza eradication in Russian Federation in 2016-2017. *Veterinariya segodnya = Veterinary Science Today*, 2018, no. 1 (24), pp. 3–10. (In Russian).
 12. Gadzevich D.V., Danil'chenko S.I., Erofeev S.G., Pasun'kina M.A., Grinchenko A.B., Irza V.N., Volkov M.S., Varkentin A.V. Epidemiological monitoring of avian influenza in the territory of the Republic of Crimea. *Veterinariya segodnya = Veterinary Science Today*, 2019, no. 1 (28), pp. 34–42. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ Лопсан Ч.О., кандидат ветеринарных наук; адрес для переписки: Россия, 667005, Республика Тыва, Кызыл, ул. Бухтуева, 4.

AUTHOR INFORMATION

✉ Hechek O. Lopsan, Candidate of Science in Veterinary Medicine; address: 4, Bukhtueva St., Kyzyl, 667005, Republic Tuva.

Дата поступления статьи 10.05.2020
Received by the editors 10.05.2020



МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

^{1,2}Альт В.В., ^{1,3}Добролюбов И.П., ^{1,3}Савченко О.Ф., ^{1,2}Клименко Д.Н., ¹Елкин О.В.

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

²Новосибирский государственный технический университет
Новосибирск, Россия

³Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Россия

Рассмотрены вопросы повышения эффективности применения измерительных экспертных систем (ИЭС), решающих задачи снижения потерь мощности автотракторных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в производственных условиях при изменении их технического состояния. ИЭС осуществляют оперативный контроль энергетических параметров машинно-тракторного парка для принятия своевременных ремонтно-обслуживающих воздействий. Предложен методологический подход для создания системы автоматизации разработки ИЭС, повышающей эффективность формирования ИЭС за счет имеющегося опыта в этой предметной области. Методическая основа исследований – динамический метод диагностирования ДВС. Данный метод использует тестовое динамическое воздействие на ДВС, наиболее целесообразный для оценки состояния тракторных ДВС в производственных условиях, а также компьютерное моделирование рабочих процессов ДВС с целью нахождения информативных диагностических показателей, характеризующих энергетические параметры. На основе предложенной целевой функции определено математическое обеспечение в виде модели, описывающей множество элементов системы, их признаков и состояний, а также связей между ними. Организовано информационное обеспечение, осуществляющее функции сбора, обработки и предоставления информации по запросам. Сформирована методика построения логической схемы алгоритма разработки ИЭС, формализующая процесс решения взаимосвязанных задач при синтезе различных структур технических и программных средств на основе совокупности математических моделей. На примере моделирования агрегата ДВС – рабочая машина оценено влияние варьирования входных параметров модели: крутящих моментов и моментов сопротивлений на диагностические параметры технического состояния – угловые скорости и ускорения. Применение компьютерного моделирования рабочих процессов ДВС с использованием данного методологического подхода позволило создать цифровую технологию и измерительную систему автоматизированного энергетического мониторинга тракторного парка сельхозпредприятия. Компьютерные структурные схемы моделей ДВС и ИЭС могут использоваться в диагностических комплексах. Это даст возможность повысить точность и достоверность определения состояния ДВС и агрегируемых с ним механизмов и рабочих машин, а также улучшить качество выполняемых ими работ.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, мощность, динамический метод диагностирования, моделирование рабочих процессов, цифровые технологии

METHODOLOGICAL BASIS FOR MEASURING EXPERT SYSTEMS AUTOMATION OF MOTOR AND TRACTOR ENGINES

^{1,2}Victor V. Alt, ^{1,3}Ivan P. Dobrolyubov, ^{1,3}Oleg F. Savchenko,

^{1,2}Denis N. Klimenko, ¹Oleg V. Elkin

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

²*Novosibirsk State Technical University*
Novosibirsk, Russia

³*Novosibirsk State Agrarian University*
Novosibirsk, Russia

The paper considers issues of increasing the efficiency of application of measuring expert systems (MES) that solve the problem of reducing power losses of motor and tractor internal combustion engines (ICE) in production conditions due to changes in their technical condition. MES carry out operational control of the energy parameters of the machine and tractor fleet for taking timely repair and maintenance actions. A methodological approach is proposed for creating an automation system for the development of MES, which increases the efficiency of the formation of MES due to the existing expertise in this subject area. The methodological basis of research is a dynamic method for diagnosing ICE. This method uses a test dynamic effect on ICE, which is the most practical for assessing the state of tractor ICE in production conditions, as well as computer modeling of the ICE work processes in order to find informative diagnostic indicators characterizing energy parameters. On the basis of the proposed target function, the software was determined in the form of the model describing a variety of system elements, their features and states, as well as links between them. Information provision was organized, carrying out the functions of collecting, processing and providing information upon request. A method for constructing a logical scheme of the development algorithm MES was formed, which formalizes the process of solving interrelated problems in the synthesis of various structures of hardware and software based on a set of mathematical models. On the example of modeling an ICE unit – a working machine, the effect of varying the input parameters of the model was estimated: torque effects and resistance moments on the diagnostic parameters of the technical state – angular velocities and accelerations. The use of computer modeling of ICE working processes using this methodological approach made it possible to create a digital technology and a measuring system for automated energy monitoring of the tractor fleet of an agricultural enterprise. The computer structural diagrams of ICE and MES models can be used in diagnostic complexes. This will make it possible to increase the accuracy and reliability of determining the state of the internal combustion engine and the mechanisms and working machines aggregated with it, as well as improve the quality of the work they perform.

Keywords: internal combustion engine, power, dynamic method of diagnostics, modeling of working processes, digital technologists

Для цитирования: Альт В.В., Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Клименко Д.Н., Елкин О.В. Методологические основы автоматизации разработки измерительных экспертных систем автотракторных двигателей // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 4. С. 80–92. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-10.

For citation: Alt V.V., Dobrolyubov I.P., Savchenko O.F., Klimenko D.N., Elkin O.V. Methodological basis for measuring expert systems automation of motor and tractor Engines. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 4, pp. 80–92. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-10.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Низкая конкурентоспособность отечественной сельскохозяйственной техники во многом обусловлена ее недостаточной надежностью, что приводит к снижению производительности, увеличению непроизводительных затрат времени и средств на обеспечение работоспособности. Время простоев по техническим причинам составляет 25–30% от общего рабочего времени. В результате техническая готовность тракторов и сельскохозяйственных машин снижается до 60–70%, удлиняются сроки выполнения полевых работ, ухудшается качество выполнения технологических операций в растениеводстве, что увеличивает потери продукции [1, 2].

Существенное увеличение затрат, происходящих при выполнении полевых сельскохозяйственных работ, обусловлено ухудшением технического состояния тракторного парка сельхозпредприятия из-за износа деталей, нарушения регулировок и настроек механизмов и систем и приводит к потере мощности тракторов и повышению расхода топлива. Результаты исследований показывают, что при обеспечении непрерывного определения фактического состояния МТА возможно выявить скрытые резервы по мощности в пределах 6,0–15,6%, по расходу топлива – 12,0–18,7% [3].

Решение этой задачи возможно путем улучшения оперативности и точности контроля параметров техники, мониторинга энергетических параметров двигателя внутреннего сгорания (ДВС), что позволит принимать оперативные и качественные управляющие воздействия для постоянной поддержки работоспособного состояния техники в нормальном экономичном режиме. Очевидна необходимость автоматизации процесса контроля энергетических параметров машинно-тракторного парка и

управления состоянием техники. Для этого нужен углубленный анализ больших объемов информации, что требует привлечения быстродействующих технических средств и передовых технологий передачи и обработки данных, что становится реальностью в связи с существенным развитием цифровой техники [4–7].

Одним из перспективных направлений развития является обоснование, разработка и внедрение информационных измерительных систем в сочетании с системами искусственного интеллекта – измерительных экспертных систем (ИЭС), обладающих наибольшими потенциальными возможностями при решении такого рода задач и уже получивших значимые результаты. Исследование математических и технических аспектов идентификации технического состояния ДВС и его систем позволили создать информационное, метрологическое и техническое обеспечение и разработать измерительную экспертную систему, в значительной мере решающую задачи автоматизации оперативного определения параметров технического состояния ДВС [8–10].

Однако развитие ИЭС ДВС идет сложным путем, обусловленным необходимостью четкого обоснования ее будущей востребованности и перечня решаемых задач в выбранной предметной области. Повышению эффективности разработки ИЭС ДВС способствует ее автоматизация. Для этого можно успешно использовать уже зарекомендовавшие себя методы автоматизированного проектирования перспективных систем, например [11, 12], исследования авторов по принципам моделирования динамических процессов ДВС, обоснованию совокупности диагностических параметров и измерительных каналов, а также принципам автоматизации разработки ИЭС^{1,2} [13–16]. В связи с этим весьма перспективны исследования, направленные на разработку системы

¹Пат. № 2665566 (Российская Федерация). Способ определения цикловой подачи топлива и устройство для его осуществления: / И.П. Добролюбов, В.В. Альт, С.Н. Ольшевский, О.Ф. Савченко, Д.Н. Клименко; заявл. 27.10.2015; опубл. 31.08.2018; Бюл. № 25.

²Альт В.В., Савченко О.Ф., Елкин О.В., Клименко Д.Н. Автоматизация энергетической оценки тракторного парка сельхозпредприятия с применением цифровых технологий // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: сб. науч. трудов XII междунар. науч.-практ. конф. Ростов/Д., 2019. С. 74–79. DOI: 10.23947/interagro.2019.1.74-79.

автоматизации разработки ИЭС (САРИЭС), способствующую большей степени гарантированности получения желаемого результата. САРИЭС позволяет уменьшить уровень субъективности за счет учета в полной мере уже имеющегося опыта в этой предметной области, основанного на глубоком изучении физических процессов объекта исследований и применении наиболее приемлемых методов извлечения и анализа информации для определения информативных признаков состояния объекта с достаточной точностью.

Цель исследования – разработать методологические подходы к моделированию рабочих процессов автотракторных ДВС и проектированию системы автоматизации разработки ИЭС ДВС.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Важный научно-методический аспект исследований – определить процедуру разработки САРИЭС, этапов в создании видов обеспечения, определения функций исходя из характеристики объекта проектирования. ДВС как объект экспертизы (ОЭ) – сложная система, состоящая из ряда подсистем, охваченных прямыми и обратными связями, с множеством физических процессов, характеризующих состояние и режимы его работы. Аналогично сложной является система ДВС – рабочая машина.

САРИЭС ДВС основывается на широком использовании информационных компьютерных технологий в процедурах анализа и видоизменения технических решений [11, 12]. Характеризуется применением цифрового метода выполнения задач проектирования и представляет собой систему на основе совокупности программно-алгоритмических средств.

Основные преимущества САРИЭС:

- увеличение производительности труда разработчиков;
- сокращение длительности циклов производства;
- оперативное внесение изменений в схемы и конструкцию ИЭС;
- повышение точности и оперативности разработки ИЭС;

- сокращение объемов испытаний макетных и опытных образцов ИЭС;
- оптимизация программирования.

Этапы разработки САРИЭС можно представить в виде последовательного соединения следующих блоков обеспечения: методического, организационного, информационного, программного, технического.

Методическое обеспечение – указания по работе с моделями ДВС и логическими схемами разработки САРИЭС. Содержит методики: разработки моделей ДВС, его отдельных систем и механизмов, для которых создается ИЭС, а также процессов, протекающих в ИЭС; анализа и синтеза отдельных элементов и систем в целом; решения оптимизационных задач; построения технологической процедуры функционирования ИЭС. Задача организационного обеспечения – установление оптимального взаимодействия разработчиков в соответствии с этапами жизненного цикла разрабатываемой САРИЭС. Информационное обеспечение содержит необходимые средства для описания и накопления входной, выходной и промежуточной информации (библиотеки, архивы, банки данных и др.). Сущность программного обеспечения – разработать функционально полный набор управляющих и прикладных программ. Техническое обеспечение – оптимальный выбор состава и качества технических средств.

Из последовательных фаз жизненного цикла САРИЭС (разработка, конструирование и изготовление, эксплуатация) необходимо максимизировать (по длительности) последнюю фазу и минимизировать две предыдущие. Однако фаза разработки сложных САРИЭС имеет тенденцию возрастать и становится соизмеримой с фазой эксплуатации.

Главными компонентами САРИЭС являются набор интерактивных программ для анализа систем и сигналов объекта, прикладных программ и программ реального времени, связанных с экспериментальным оборудованием. Это позволяет проводить проверку алгоритмов идентификации и управления при испытаниях САРИЭС.

Задачи синтеза в САРИЭС решаются в два этапа:

- структурный синтез направлен на создание структуры;
- параметрический синтез направлен на поиск параметров разработанной структуры, при которых САРИЭС будет функционировать при действии всех дестабилизирующих факторов.

Структурный синтез включает в себя три основных этапа: генерацию или поиск варианта структуры; оценку сгенерированного варианта; принятие решения о его пригодности или непригодности и о продолжении (или прекращении) дальнейшего поиска вариантов.

Параметрический синтез определяет область работоспособности в пространстве входных, внутренних и выходных параметров, где САРИЭС будет правильно функционировать в течение требуемого срока при наличии различного рода дестабилизирующих факторов. Параметрический синтез САРИЭС с непрерывно изменяющимися параметрами базируется на методах, являющихся основой также для параметрической оптимизации. Основные различия этих двух процессов разработки заключаются в том, что процессы параметрического синтеза ИЭС и УЭС еще плохо изучены. В связи с этим для параметрического непрерывного синтеза наиболее пригодны методы случайного поиска.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Целевая функция. Для процесса разработки ИЭС используется целевая функция F :

$$F : (\psi \circ \varphi(\vec{A}_0)) \rightarrow \vec{V}; \quad \psi \subset (\vec{P} \times \vec{X}); \\ \varphi \subset (\times \vec{P}); \quad \vec{A}_0 \subseteq \vec{A},$$

где ψ – бинарное отношение между элементами множеств $\vec{P}$ и $\vec{X}$; φ – бинарное отношение между элементами множеств $\vec{A}$ и $\vec{P}$; $\{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ – множество целей; $\vec{P} = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – множество признаков; $\vec{X} = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$ – множество технических

решений; $\vec{V} = \{v_1, v_2, \dots, v_l\}$ – множество оценок.

Бинарное отношение φ между множествами $\vec{A}$ и $\vec{P}$ означает отношение между целями и признаками, бинарное отношение ψ между $\vec{P}$ и $\vec{X}$ – между признаками и техническими решениями. Поскольку каждой цели может соответствовать несколько признаков, то подмножество $\vec{P}_i$, с которым a_i находится в отношении φ , является срезом через элемент a_i .

Если выбрано подмножество $\vec{A}_0$ множества целей $\vec{A}$, то можно найти срез через $\vec{A}_0$:

$$\varphi(\vec{A}_0) = ((p) (\cup a)) [a \in \vec{A}_0 \cap (a, p) \in \varphi];$$

$$\psi(\vec{A}_0) = ((x) (\cup p)) [p \in \vec{P}_0 \cap (p, x) \in \psi];$$

где $\vec{P}_0$ – срез множества $\vec{P}$ по подмножеству $\vec{A}_0$; $\cap$ и $\cup$ – знаки пересечения и объединения (конъюнкции и дизъюнкции).

Произведение бинарных отношений

$$\psi \circ \varphi = ((a, x) (\cup p)) [(a, p) \in \varphi \cap (p, x) \in \psi];$$

представляет собой множество упорядоченных пар (a, x) таких, что для них существует элемент p множества $\vec{P}$, с которым a находится в отношении φ , а сам он вступает в отношение ψ с элементом x .

Срез произведения по подмножеству $\vec{A}_0$ выражается

$$\psi \circ \varphi \vec{A}_0 = ((a, x) (\cup p)) [(a, p) \in \varphi \cap (p, x) \in \psi \cap a \in \vec{A}_0].$$

Отображение среза произведения бинарных отношений на множество оценок означает функцию, определенную на множестве $\psi \circ \varphi(\vec{A}_0)$ и принимающую значение на множестве $\vec{V}$. Каждый элемент множества $\vec{V}$ при этом представляет собой в общем случае n -мерный вектор, компоненты которого – стоимостные характеристики, характеристики полезности и др.

Математическое обеспечение. Описывается в форме модели и включает следующие компоненты и правила: A – цель функционирования; $\vec{E} = \{e_i\}$ – множество элементов, составляющих систему;

$\vec{T} = \{t_\tau\}$ – множество элементов времени;
 $\vec{P} = \{p_i^j\}$ – множество признаков, характеризующих систему в целом на всех этапах жизненного цикла; $\vec{P}_\zeta = \{p_\zeta^j\}$ – множество признаков, характеризующих элементы на всех этапах жизненного цикла; $\vec{S}^\tau = \{s_i^\tau\}$ – множество состояний элементов в рассматриваемый промежуток времени; $H = \vec{S}^\tau \times T$ – правило упорядочения смены состояний; $\vec{Q} = \{e_p, e_k\}$ – множество связей между всеми элементами системы; $F : \{p_\zeta^j = f_M(p_i^j)\}$ – математические зависимости, описывающие отношения между признаками элементов и признаками систем; $\vec{P}_\zeta = \{p_\zeta\}$ – множество признаков, определяющих взаимодействие системы со средой.

Множество состояний включает определенный набор значений признаков системы, подсистемы или элементов в момент времени t_τ . Элемент e_i или вся система за рассматриваемое время $t_0 - t_k$ определенное число раз переходят из начального s_n в конечное состояние s_k . Порядок смены состояний системы может быть описан дифференциальным уравнением, конечным или вероятностным автоматом, цепью Маркова, булевыми функциями, функциями предикат и др.

Переход от одного описания системы к другому отображается в виде

$$O_0 = ОП_1 \rightarrow ОП_2 \rightarrow \dots \rightarrow ОП_r$$

где O_0 – процесс разработки системы; $ОП_i$ – описание системы на разных этапах разработки: $ОП_1 = \vec{A}_0 = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ – целевое; $ОП_2 = \{\vec{A}_0, \vec{P}_i\}$ – концептуальное; $ОП_3 = \{\vec{P}_\zeta, H\}$ – функциональное; $ОП_4 = \{\vec{E}, \vec{P}_\zeta, \vec{Q}\}$ – структурное; $ОП_5 = \{\vec{P}_\zeta, \vec{T}, F : (p_\zeta^j = f_M(p_i^j))\}$ – динамическое; $ОП_6 = \{\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n\}$ – параметрическое.

Система может быть описана любым из следующих способов, причем осуществляется переход между моделями во временной области, в пространстве состояний и в частотной области:

- последовательностью детерминированных иных или стохастических входных и (или) выходных сигналов;

- последовательностью значений автокорреляционных или взаимных корреляционных функций;
- дискретными значениями импульсной и (или) переходной функции;
- передаточной функцией (матрицей) в s -области (преобразованием Лапласа) и (или) в z -области (дискретным преобразованием Лапласа);
- дискретными значениями частотных характеристик (спектрами);
- матрицами непрерывной модели в пространстве состояний;
- матрицами дискретной модели в пространстве состояний;
- полиномиальными матрицами описания систем матричными дробями.

Информационное обеспечение. Осуществляется с помощью автоматизированной информационной системы (АИС). Основная функция АИС САРИЭС – представление всем категориям пользователей и программам необходимой им информации в требуемой форме в установленные сроки по соответствующим запросам. При этом обработка информации включает сбор и подготовку, ввод и вывод, хранение, представление по запросам, поиск в установленные сроки, формирование в требуемом виде, обновление в установленные сроки с целью учета внешних изменений, размножение и распределение по блокам.

Функции сбора и подготовки информации предназначены для первоначального формирования информационной базы и подготовки информации к вводу ее в АИС в процессе ее функционирования для пополнения и обновления состава информации. При вводе и выводе информации проводится также преобразование ее форм, ее распознавание и классификация, организация общения пользователей с АИС. Обеспечивается также хранение такой информации, как библиотеки моделей ОЭ и процесса разработки САРИЭС, решающих процедур, типовых решений и др. Функции организации информационной базы, доступ к которой обеспечен разработчикам всех функциональных уровней и этапов разработки САРИЭС,

являются вспомогательными по отношению к функциям хранения и поиска.

Задачи формирования информации: построение новых решающих процедур; преобразование моделей ОЭ и процесса разработки САРИЭС, а также информации в базах данных. При размножении и распределении информации осуществляется ее передача, предоставление пользователям копий информации. Функции анализа функционирования АИС используются для сбора статистических данных о работе АИС.

Методика построения логической схемы алгоритма разработки. При системном подходе необходимо формализованное представление процесса решения взаимосвязанных задач разработки САРИЭС в виде некоторой логической схемы алгоритма разработки (ЛСАР). Эта схема создается на базе формализованных элементов – векторов (множеств): $\vec{M}$ – моделей ОЭ, ИЭС и УЭС, $\vec{A}$ – исходных данных, $\vec{C}$ – ограничений, $\vec{R}$ – вариантов решения, $\vec{K}$ – оценок принятого решения, $\vec{T}$ – решающих процедур (методик). При этом формируется принцип декомпозиции исходных задач $\vec{S}$ на логически взаимосвязанную систему подзадач $\vec{S}^d$, где d – уровни декомпозиции, i – этапы решений, представленных упорядоченными шестерками $(\vec{M}, \vec{A}, \vec{C}, \vec{R}, \vec{K}, \vec{T})$. Если задана пятерка множеств $(\vec{S}, \dots, \vec{A}, \vec{C}, \vec{R}, \vec{K}, \vec{T})$, то задана схема разработки системы H , где $\vec{S}$ – непустое множество, элементы которого являются задачами разработки САРИЭС. При этом последовательно выбираются варианты решений $\vec{R}_i \in \vec{R}$, из полученного решения R_k предыдущей задачи S_k формулируется определяющее ограничение S_{k+1} или исходная информация A_{k+1} в решающей процедуре T_{k+1} следующего этапа. Каждое из промежуточных решений R_k задачи S_k представляется основанием ветвящегося дерева вариантов по отношению к решаемым задачам S_l ($l > k$) следующего этапа.

ЛСАР содержит конечные множества: $\vec{D} = \{d\}$ – уровней формирования задач разработки САРИЭС; $\vec{T} = \{i\}$ – этапов разработки САРИЭС; $\vec{N} \{v\}$ – цепей в «вертикальном» поддереве моделей $\vec{M} = \{\vec{M}_v^d\} \in \vec{M}^D$ –

цепей в «горизонтальном» поддереве этих моделей. Каждому уровню соответствует система моделей $\vec{M}^d \in \vec{M}^D$, представляющая подмножество полного множества моделей $\vec{M}^D$. В пределах каждого из уровней выделяются классы моделей композиционной, функциональной и конструктивной структур. Модели s -го уровня упорядочены также в соответствии с дедуктивно-параллельным принципом: на d -м уровне упорядочению подлежит множество моделей $\vec{M}^d = \bigcup_{iel} \vec{M}^d$. Модель системы для решения задачи d -го уровня на i -м этапе с использованием v -й цепи решения между уровнями и λ -й цепи решения между этапами обозначается $M_{v\lambda}^{d_i}$. Для случая существования единственной цепи решения между уровнями получим M^{D_i} . Если между этапами также существует единственное решение, имеем модель M^{D_i} , принадлежащую матричной структуре моделей.

ЛСАР организует объединенную решающую процедуру $\vec{T} = \{\vec{T}_{v\lambda}^{d_i}\}$, элементы которой следующие:

- реализации отдельных формальных методов разработки САРИЭС;
- процедуры общения разработчика с компьютером для применения эвристик при отсутствии готовых (сконструированных) решающих процедур;
- оценка и выбор вариантов технических решений, единственность которых не определена из-за слабой структуризации процессов разработки САРИЭС.

Достаточно полно разработанная ЛСАР – необходимый элемент синтеза структуры комплекса технических средств с его проблемно-ориентированным программным обеспечением. Это достигается представлением функционально полной совокупности моделей ДВС, ИЭС $\vec{M} = \{M_{v\lambda}^{d_i}\}$, элементов этих моделей $\vec{m} = \{m^{d_i}\}$, связей между ними $\vec{r} = \{r_m^{d_i}\}$, а также полного состава операций преобразования моделей $\vec{P}_M = \{P_M^{d_i}\}$ и их связей $\vec{P}_M = \{P_r^{d_i}\}$ на всей совокупности решающих процедур $\vec{T} = \{\vec{T}_{v\lambda}^{d_i}\}$.

Универсальным средством единства представления информации о разрабатываемой САРИЭС является разработка совокупности ее математических моделей $\vec{M}_i^S \in \vec{M}$, обладающих определенными структурными свойствами.

Создаются следующие структуры САРИЭС:

- системная (архитектура);
- алгоритмическая (алгоритм функционирования);
- логическая (функциональная схема);
- конструктивная (монтажная схема).

Применение результатов исследований.

Моделирование агрегата ДВС – рабочая машина (ДВС – РМ). Если выходными координатами являются угловые скорости валов [9, 10, 13, 14], то для двухмассовой системы ДВС – РМ (см. рис. 1) уравнения в безразмерных величинах с учетом зазора и нелинейной зависимости трения от скорости):

$$\left. \begin{aligned} T_{m1} \frac{d\tilde{\omega}_1}{dt} &= \tilde{M}_\delta - \tilde{M}_y - k_c(\tilde{\omega}_1 - \tilde{\omega}_2) - k_{f1}\tilde{\omega}_1; \\ T_c \frac{d\tilde{M}_y}{dt} &= (\tilde{\omega}_1 - \tilde{\omega}_2); \\ T_{m2} \frac{d\tilde{\omega}_2}{dt} &= \tilde{M}_y + k_c(\tilde{\omega}_1 - \tilde{\omega}_2) - \tilde{M}_c - k_{f2}\tilde{\omega}_2, \end{aligned} \right\}$$

где $T_{m1} = J_1 \omega_6 / M_6$, $T_{m2} = J_2 \omega_6 / M_6$ – механические постоянные времени сосредоточенных масс ДВС и рабочей машины; J_1 – момент инерции вала двигателя и муфты; J_2 – приведенный к валу двигателя момент инерции

редуктора и РМ; $T_c = M_6 / (c\omega_6)$; – постоянная времени жесткости кинематической связи ДВС – РМ (c – постоянный коэффициент жесткости); ω_1 и ω_2 – угловые скорости валов ДВС и РМ; ω_6 и M_6 – базовые значения скоростей и моментов на валу двигателя; $k_c = b\omega_6 / M_6$ – относительный коэффициент внутреннего трения (b – постоянный коэффициент); M_6 – момент двигателя; M_y – упругий момент; M_c – момент нагрузки на РМ; k_{f1} , k_{f2} – относительные коэффициенты, характеризующие зависимости моментов трения от скоростей ω_1 и ω_2 ; величины со знаком $\sim$ – отнесенные к соответствующим базовым значениям моменты и скорости; величины, связанные с ДВС, имеют индекс 1, с РМ – индекс 2.

Разработанная компьютерная модель агрегата ДВС – РМ в соответствии со схемой (см. рис. 1) представлена на рис. 2 (без раскрытия субблоков). Вводя в структурную схему модели (см. рис. 2) значения параметров, характерные для конкретной марки ДВС, путем варьирования параметров крутящих моментов ДВС, РМ и моментов сопротивлений (упругостей, нелинейностей и нагрузки) можно в статическом и динамическом режимах оценить их влияние на угловые скорости и ускорения, а также на техническое состояние ДВС и РМ.

Единым звеном ЛСАР, на базе которого можно производить декомпозицию задачи системной разработки САРИЭС S , распараллеливание подзадач, их упорядочение

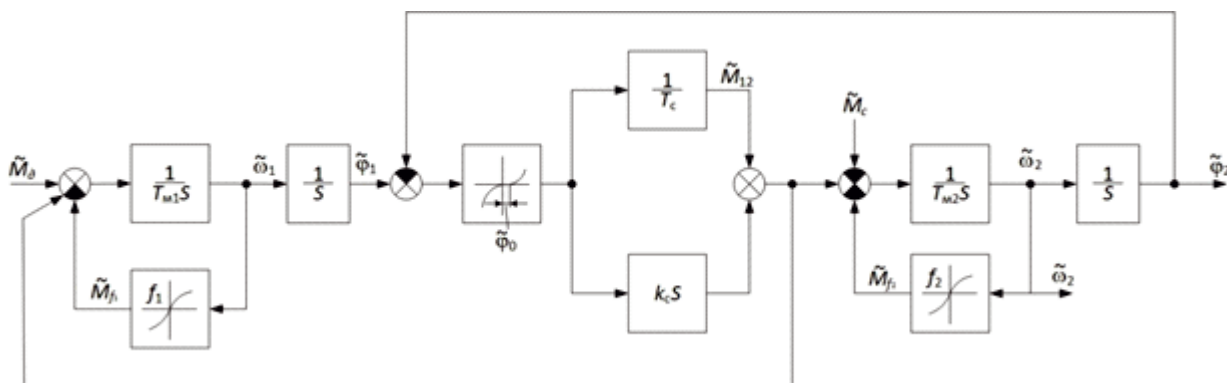


Рис. 1. Структурная схема двухмассовой модели системы ДВС – РМ:

s – дифференциатор, $1/s$ – интегратор, $\oplus$ – сумматор (с зачерненным сектором – вычитающее устройство)

Fig. 1. Structural diagram of two-mass model of the ICE system – RM: s – differentiator, $1/s$ – integrator, $\oplus$ – adder (with blackened sector – subtraction device)

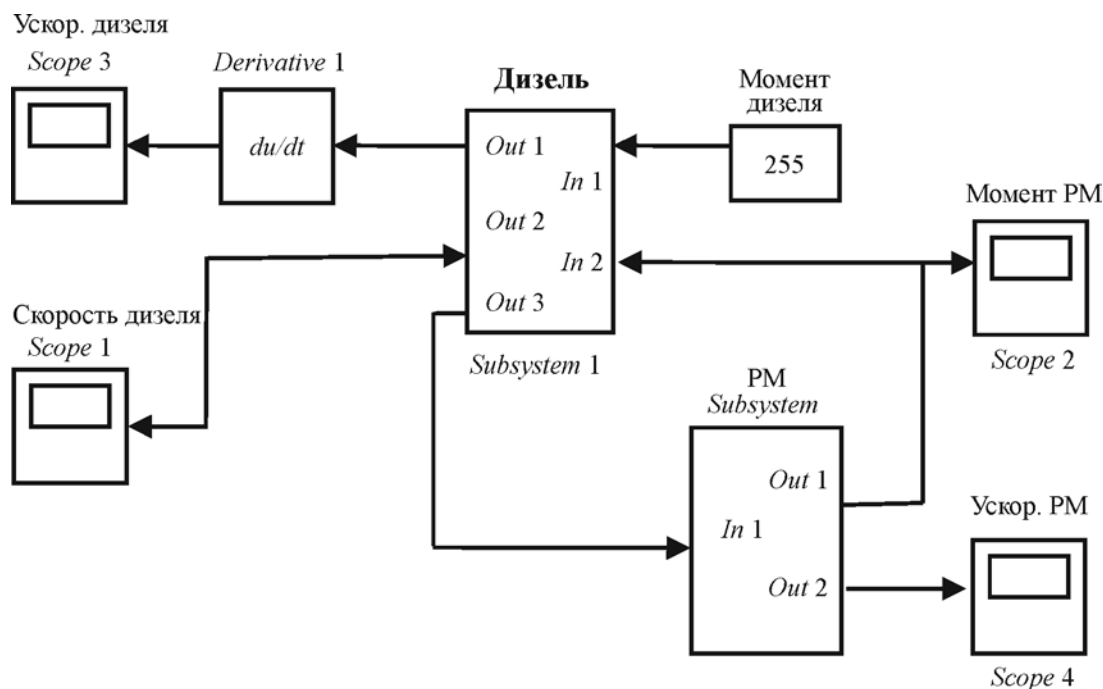


Рис. 2. Структурная схема компьютерной модели двухмассовой системы ДВС – рабочая машина
Fig. 2. Structural diagram of computer model of two-mass system of ICE – working machine

в смысле представления исходной информации и построения решающих процедур $\vec{T} = \{\vec{T}_{v\lambda}^{d_i}\}$, является ячейка ЛСАР.

Ячейки ЛСАР формируются на основе конечной совокупности моделей $\vec{M} = \{\vec{M}_{v\lambda}^{d_i}\}$ разрабатываемой системы. Полнота и эффективность модели позволяют интерпретировать полученные технические решения $\vec{R} = \{\vec{R}_{v\lambda}^{d_i}\}$ по системе оценок $\vec{K} = \{\vec{K}_{v\lambda}^{d_i}\}$. Под ячейкой понимается существование принципиально разрешимой задачи $S_{v\lambda}^{d_i}$ разработки САРИЭС с помощью определенной решающей процедуры $T_{v\lambda}^{d_i}$ (в том числе неформальной) по исходным данным $\vec{A}^*$, $\vec{C}^*$. Решения такой задачи могут быть представлены категориями модели $M_{v\lambda}^{d_i}$ разрабатываемой САРИЭС и сравнимы по оценкам $K_{v\lambda}^{d_i}$.

Автоматизация энергетического мониторинга тракторного парка сельхозпредприятия. Невозможность определения энергетических параметров тракторов в эксплуатационных условиях стандартны-

ми методами, требующими, как правило, стендового оборудования, обуславливает необходимость применения динамического метода диагностики тракторных двигателей для автоматизации процесса оперативного определения эффективной мощности ДВС.

Для разработки использовали методологические положения САРИЭС с привлечением цифровых технологий при реализации алгоритмов компьютерного моделирования переходных процессов, расчета скоростных характеристик и энергетических параметров ДВС. В результате создан алгоритм расчета мощности ДВС, общая структурная схема которого представлена на рис. 3.

Обоснована наиболее эффективная структурная схема и разработана автоматизированная измерительная информационная система – «МОТОР-ТЕСТЕР СибФТИ 2», реализующая цифровую технологию определения мощности ДВС в производственных условиях³ [17, 18]. Обеспечивается информационное сопровождение операций технологического процесса энергетической оценки ДВС

³ Пат. № 2721992 (Российская Федерация). Способ определения технического состояния двигателей внутреннего сгорания и устройство для его осуществления / И.П. Добролюбов, В.В. Альт, С.Н. Ольшевский, О.Ф. Савченко, Д.Н. Клименко; заявл. 18.12.2018; опублик. 25.05.2020; Бюл. № 15.

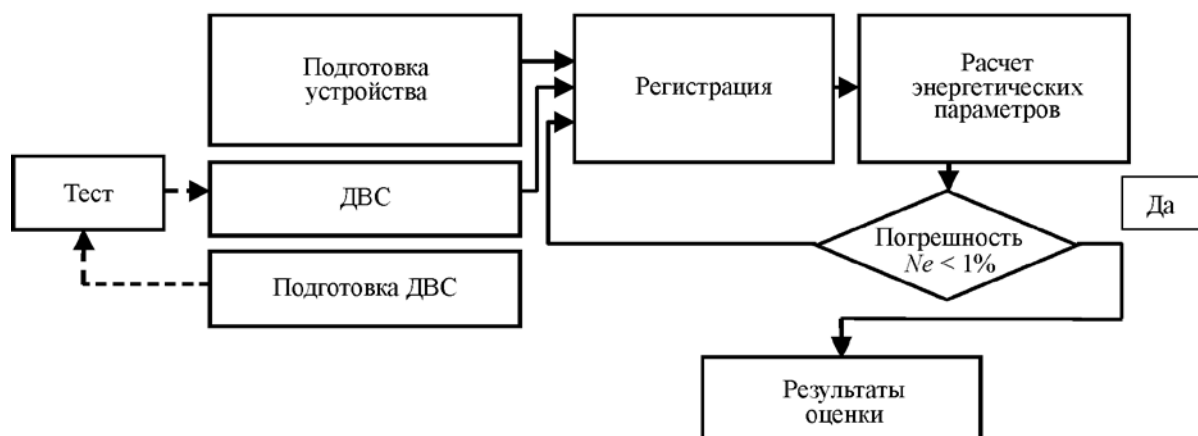


Рис. 3. Общая структурная схема алгоритма информационной технологии расчета мощности
Fig. 3. The general structural scheme of the information technology algorithm for power calculation

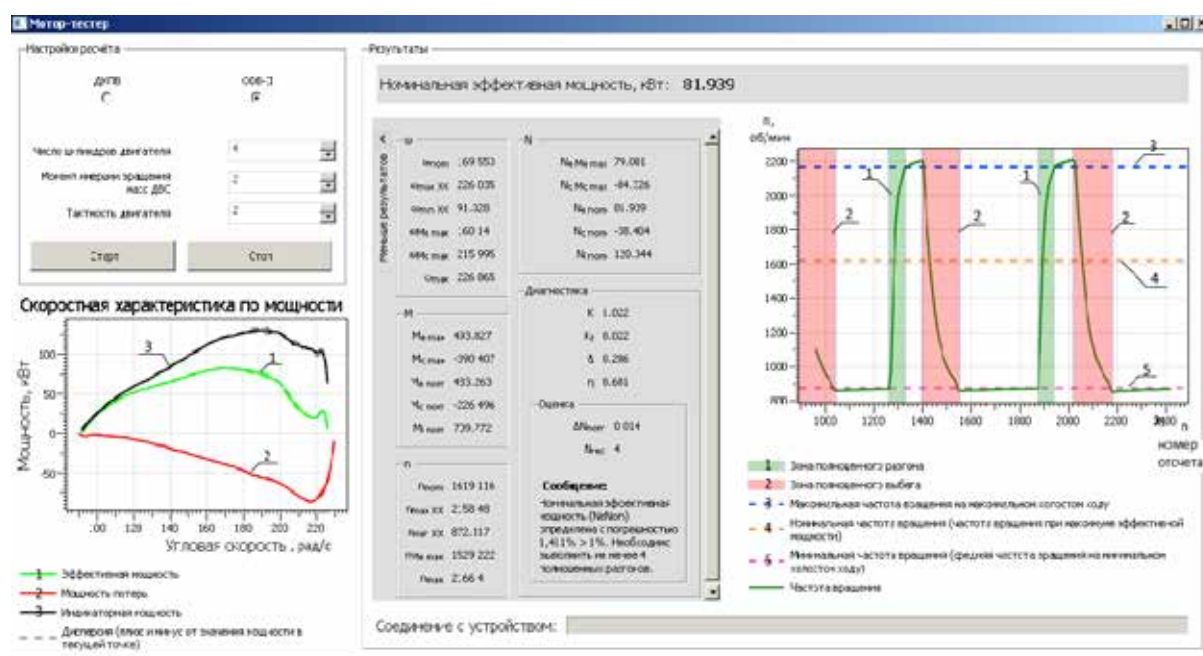


Рис. 4. Окно интерфейса пользователя МОТОР-ТЕСТЕРА СибФТИ 2
Fig. 4. SibFTI MOTOR-TESTER 2 user interface

с возможностью непосредственного контроля процесса подачи тестовых воздействий и регистрации данных (см. рис. 4).

Разработаны методические положения по диагностированию ДВС динамическим методом и сформирована дополнительная технологическая карта к технологии диагностирования тракторов с помощью установки КИ-13940 ГОСНИТИ в части измерения частоты вращения коленчатого вала и определения мощности дизеля тракторов⁴. Экспериментальная проверка технологии

в производственных условиях подтвердила возможность мониторинга мощностных параметров ДВС во время полевых работ.

ВЫВОДЫ

1. Показана целесообразность применения измерительных экспертных систем (ИЭС) для решения задач оперативного контроля энергетических параметров машинно-тракторного парка с целью снижения потерь мощности двигателей внутреннего сгорания

⁴Альт В.В., Ольшевский С.Н., Савченко О.Ф., Елкин О.В., Добролюбов И.П., Клименко Д.Н., Орехов А.К., Борисов А.А. Методические положения по диагностике двигателей внутреннего сгорания энергонасыщенной техники динамическим методом. Новосибирск: СФНЦА РАН, 2017. 56 с.

тракторов из-за изменения их технического состояния в производственных условиях.

2. Обоснована необходимость проектирования системы автоматизации разработки ИЭС (САРИЭС), повышающая эффективность создания ИЭС за счет учета уже имеющегося опыта в этой предметной области, основанного на глубоком изучении физических процессов объекта исследований и применении наиболее передовых цифровых методов извлечения и анализа информации.

3. Сформировано методическое, программное и техническое обеспечение САРИЭС, описывающее множество элементов системы, осуществляющее функции сбора, обработки и представления информации. Методика построения логической схемы алгоритма разработки позволяет синтезировать различные структуры комплекса технических и программных средств.

4. Показана результативность предложенной методологии на примере создания компьютерной модели двухмассовой системы ДВС – РМ, обеспечивающей оценку параметров технического состояния. Производственными испытаниями подтверждена эффективность системы автоматизации энергетического мониторинга тракторного парка сельхозпредприятия на основе компьютерной динамической модели ДВС.

5. Реализация представленной методологии разработки САРИЭС обеспечивает увеличение производительности труда разработчиков, сокращение объемов испытаний макетных и опытных образцов ИЭС, оптимизацию программирования, что позволит повысить точность и достоверность определения состояния ДВС. Разработанные в САРИЭС компьютерные структурные схемы моделей ДВС, ИЭС можно использовать в диагностических комплексах и адаптивных системах автоматического управления работой агрегатов, построенных на базе компьютерных технологий и электронных средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соловьев Р.Ю., Горячев С.А. Ресурсосбережение при техническом сервисе сельскохозяйственной техники // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. № 2. С. 37–49.
2. Немцев А.Е., Коротких В.В. Методология формирования системы обеспечения работоспособности сельскохозяйственной техники: монография. Новосибирск: СФНЦА РАН, 2018. 208 с.
3. Калачин С.В. Прогнозирование изменения контролируемых эксплуатационных параметров МТА // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 6. С. 29–31.
4. Черноиванов В.И., Габитов И.И., Неговора А.В. Цифровые технологии и электронные средства в системе технического обслуживания и ремонта автотракторной и комбайновой техники // Технический сервис машин. 2018. № 130. С. 74–81.
5. Тимонин С.Б., Тимонина А.С. Внедрение цифровых технологий в процессы обеспечения оптимального функционирования машинно-тракторного агрегата // Нива Поволжья. 2018. № 3. С. 124–132.
6. Голубев И.Г., Мишуров Н.П., Гольяпин В.Я., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С. Системы телеметрии и мониторинга сельскохозяйственной техники: монография. М.: Росинформагротех, 2020. 76 с.
7. Головин С.И., Ревякин М.М., Жосан А.А. К вопросу о мониторинге и управлении техническим состоянием мобильных энергетических средств // Агротехника и энергообеспечение. 2019. № 3 (24). С. 111–116.
8. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Альт В.В. Идентификация состояния сельскохозяйственных объектов измерительными экспертными системами: монография. Новосибирск: СО РАСХН, 2003. 209 с.
9. Савченко О.Ф., Добролюбов И.П., Альт В.В., Ольшевский С.Н. Автоматизированные технологические комплексы экспертизы двигателей: монография. Новосибирск: СО РАСХН, 2006. 272 с.
10. Альт В.В., Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н. Техническое обеспечение измерительных экспертных систем машин и механизмов в АПК: монография. Новосибирск: СО РАСХН, 2013. 523 с.

11. John de S. Coutinho. Advanced Systems Development Management. New York: Wiley, 1977. 433 s.
12. Системы автоматизированного проектирования. Пер. с англ. / под ред. Дж. Аллана. М.: Наука. 1985. 376 с.
13. Добролюбов И.П. Точностные и информационные показатели измерительных каналов экспертной системы двигателей // Измерительная техника. 2011. № 6. С. 43–47.
14. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н. Оптимизация обнаружения и измерения параметров ДВС измерительной экспертной системой // Ползуновский вестник. 2011. № 2/2. С. 275–279.
15. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Альт В.В., Ольшевский С.Н., Клименко Д.Н. Моделирование процесса оптимального определения параметров состояния двигателя внутреннего сгорания измерительной экспертной системой // Вычислительные технологии. 2015. Т. 20. № 6. С. 22–35.
16. Савченко О.Ф., Альт В.В., Добролюбов И.П., Ольшевский С.Н. Развитие средств автоматизации измерений и анализа рабочих процессов при испытаниях ДВС // Двигателестроение. 2014. № 2. С. 26–31.
17. Альт В.В., Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н., Елкин О.В., Клименко Д.Н. Автоматизированная технология энергетического мониторинга тракторного парка сельхозпредприятия // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 129. С. 36–44.
18. Альт В.В., Савченко О.Ф., Елкин О.В. Цифровая технология оценки мощности тракторного парка сельхозпредприятия // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019. Т. 13. № 4. С. 25–31. DOI 10/22314/2073-7599-2019-13-4-25-31.
3. Kalachin S.V. Prediction of changes in the monitored operational parameters of the machine and tractor aggregates. *Traktory i sel'khoz mashiny = Tractors and agricultural machinery*, 2013, no. 6, pp. 29–31. (In Russian).
4. Chernoi vanov V.I., Gabitov I.I., Negovora A.V. Digital technologies and electronic means in the system of technical maintenance and repair of tractor and combine harvesters. *Tekhnicheskii servis mashin = Machinery Technical Service*, 2018, no. 130, pp. 74–81. (In Russian).
5. Timonin S.B., Timonina A.S. The introduction of digital technologies in the processes of ensuring the optimal functioning of the machine-tractor unit. *Niva Povolzh'ya = Niva Povolzhya*, 2018, no. 3, pp. 124–132. (In Russian).
6. Golubev I.G., Mishurov N.P., Gol'tyapin V.Ya., Apatenko A.S., Sevryugina N.S. *and monitoring systems for agricultural machinery*. M.: Rosinformagrotekh Publ., 2020, 76 p. (In Russian).
7. Golovin S.I., Revyakin M.M., Zhosan A.A. On the issue of monitoring and managing the technical condition of mobile energy means. *Agrotekhnika i energoobespechenie = Agricultural machinery and energy supply*, 2019, no. 3 (24), pp. 111–116. (In Russian).
8. Dobrolyubov I.P., Savchenko O.F., Al't V.V. *Identification of the state of agricultural objects by measuring expert systems*. Novosibirsk: SO RASKhN = Novosibirsk: SB RAS, 2003, 209 p. (In Russian).
9. Savchenko O.F., Dobrolyubov I.P., Al't V.V., Ol'shevskii S.N. *Automated technological complexes for engine examination*. Novosibirsk: SO RASKhN = Novosibirsk: SB RAS, 2006, 272 p. (In Russian).
10. Al't V.V., Dobrolyubov I.P., Savchenko O.F., Ol'shevskii S.N. *Technical support of measuring expert systems of machines and mechanisms in the agro-industrial complex*. Novosibirsk: SO RASKhN = Novosibirsk: SB RAS, 2013, 523 p. (In Russian).
11. John de S. Coutinho *Advanced Systems Development Management*. New York: Wiley, 1977. 433 s.
12. *Sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya*. Per. s angl. Pod red. Dzh. Allana [Automated design systems. Translated from English. Edited by J. Allan.]. M.: Nauka Publ., 1985, 376 p. (In Russian).

REFERENCES

1. Solov'ev R.Yu., Goryachev S.A. Resource saving in the technical maintenance of agricultural machinery. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii = Agricultural Machinery and Technologies*, 2013, no. 2, pp. 37–49. (In Russian).
2. Nemtsev A.E., Korotkikh V.V. *Methodology for the formation of the system for ensuring the operability of agricultural machinery*. Novosibirsk: SFNTsA RAN = Novosibirsk: SFSCA RAS, 2018, 208 p. (In Russian).

13. Dobrolyubov I.P. Accuracy and information indicators of the measuring channels of the engine expert system. *Izmeritel'naya tekhnika = Measuring Techniques*, 2011, no. 6, pp. 43–47. (In Russian).
14. Dobrolyubov I.P., Savchenko O.F., Ol'shevskii S.N. Optimization of detection and measurement of ICE parameters by a measuring expert system. *Polzunovskii vestnik = Polzunovsky vestnik*, 2011, no. 2/2, pp. 275–279. (In Russian).
15. Dobrolyubov I.P., Savchenko O.F., Al't V.V., Ol'shevskii S.N., Klimenko D.N. Modeling the process of optimal determination for the parameters of the condition of internal combustion engine by a measurement expert system. *Vychislitel'nye tekhnologii = Computational technologies*, 2015, vol. 20, no. 6, pp. 22–35. (In Russian).
16. Savchenko O.F., Al't V.V., Dobrolyubov I.P., Ol'shevskii S.N. Instrumentation and means of automatic combustion analysis for diesel engines test facilities. *Dvigatelistroenie = Engines construction*, 2014, no. 2, pp. 26–31. (In Russian).
17. Al't V.V., Savchenko O.F., Ol'shevskii S.N., Elkin O.V., Klimenko D.N. Automated technology of energy monitoring of the tractor fleet of an agricultural enterprise. *Trudy GOSNITI = Proceedings of GOSNITI*, 2017, vol. 129, pp. 36–44. (In Russian).
18. Al't V.V., Savchenko O.F., Elkin O.V. Digital technology of assessment the power capacity of tractor fleet of an agricultural enterprise. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii = Agricultural Machinery and Technologies*, 2019, vol. 13, no. 4, pp. 25–31. (In Russian). DOI 10/22314/2073-7599-2019-13-4-25-31.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Альт В.В., доктор технических наук, руководитель научного направления; e-mail: altvictor@ngs.ru

Добролюбов И.П., доктор технических наук, главный научный сотрудник; e-mail: sof-oleg46@yandex.ru

✉ **Савченко О.Ф.**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: sof-oleg46@yandex.ru

Клименко Д.Н., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник; e-mail: angryn@mail.ru

Елкин О.В., кандидат технических наук, заведующий сектором; e-mail: oleg348@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

Victor V. Alt, Doctor of Science in Engineering, Director of Research Division; e-mail: altvictor@ngs.ru

Ivan P. Dobrolyubov, Doctor of Science in Engineering, Head Researcher; e-mail: sof-oleg46@yandex.ru

✉ **Oleg F. Savchenko**, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: sof-oleg46@yandex.ru

Denis N. Klimenko, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher; e-mail: angryn@mail.ru

Oleg V. Elkin, Candidate of Science in Engineering, Sector Head; e-mail: oleg348@yandex.ru

Дата поступления статьи 10.05.2020

Received by the editors 10.05.2020

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ПУНКТОМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

Тихоновская К.В., Тихоновский В.В., Блынский Ю.Н., Домнышев Д.А.

Новосибирский государственный аграрный университет

Новосибирск, Россия

Определены пути повышения производительности уборочно-транспортной системы на уборке зерновых культур за счет использования на пункте предварительной обработки зерна резервных площадок для разгрузки магистральных автопоездов и оборотных прицепов. Исследования проведены в сельскохозяйственных предприятиях лесостепной зоны Новосибирской области на протяжении трех уборочных периодов 2017–2019 гг. Учитывали особенности работы уборочно-транспортной системы, такие как удаленность полей, время оборота транспортных средств, число уборочных машин в звене, убираемая культура. Анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований взаимодействия транспортных средств и пункта предварительной обработки зерна как подсистем уборочно-транспортной системы показал, что операции взвешивания, оформления документов и разгрузки транспортных средств обусловлены непроизводительными затратами времени смены, что приводит к простоям дорогостоящих высокопроизводительных уборочных машин. Анализ зависимости коэффициента простоя транспортных средств на разгрузке от пропускной способности пункта предварительной обработки зерна выявил, что простои транспортных средств могут достигать по расчетным данным до 38% времени смены, по экспериментальным – до 45%. Установлено, что в работе пункта предварительной обработки зерна как у подсистемы сложной уборочно-транспортной системы есть резервы для положительного влияния на производительность системы путем поиска альтернативных вариантов обслуживания транспортных средств. Экспериментальные исследования уборки зерновых показали, что при потоке зерна, превышающем производительность пункта предварительной обработки зерна, необходимо организовывать резервные площадки на току для снижения времени разгрузки транспортных средств. Использование резервных площадок позволяет сократить простои высокопроизводительных уборочных машин на 5–9%.

Ключевые слова: пункт предварительной обработки зерна, уборочно-транспортная система, транспортные средства в сельском хозяйстве, уборка зерновых, уборочные машины

INTERACTION OF VEHICLES WITH THE GRAIN PRE-TREATMENT POINT

Ksenia V. Tikhonovskaya, Vitaly V. Tikhonovsky, Yuri N. Blynsky, Dmitriy A. Domnyshev

Novosibirsk State Agrarian University

Novosibirsk, Russia

The ways of increasing efficiency of the harvesting and transport system for grain crops harvesting through the use of reserve platforms for unloading line-haul trains and dump trailers at a grain pre-treatment point are determined. The study was carried out in agricultural enterprises of the forest-steppe zone of Novosibirsk region during three harvesting periods 2017–2019. Specific features of work of the harvesting and transport system were taken into account, such as the remoteness of fields, the turn-around time of vehicles, the number of harvesting machines in the unit, and the crop harvested. The analysis of the results of theoretical and experimental studies of the interaction of vehicles and a grain pre-treatment point as subsystems of the harvesting and transport system shows that the operations of weighing, paperwork and unloading of vehicles are conditioned by the unproductive waste of working shift time, which leads to downtime of expensive high-performance harvesting machines. The dependence analysis of downtime ratio of vehicles at unloading on the throughput of the grain pre-treatment point shows that idle time of vehicles can reach up to 38% of the working shift time, according to estimated data, and up

to 45%, according to experimental data. It is established that in the operation of a grain pre-treatment point as a subsystem of a complex harvesting and transport system, there are time reserves for a positive effect on the system performance by searching for alternative options to service vehicles. Experimental studies of grain harvesting have shown that with a grain flow exceeding productivity of a grain pre-treatment point, it is necessary to organize reserve platforms at threshing sites to reduce the time for unloading vehicles. The use of reserve platforms can reduce the downtime of high-performance harvesting machines by 5-9%.

Keywords: grain pre-treatment point, harvesting and transport system, vehicles in agriculture, grain harvesting, harvesting machines

Для цитирования: Тихоновская К.В., Тихоновский В.В., Блынский Ю.Н., Домнышев Д.А. Взаимодействие транспортных средств с пунктом предварительной обработки зерна // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 4. С. 93–102. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-11.

For citation: Tikhonovskaya Ks.V., Tikhonovsky V.V., Blynsky Y.N., Domnyshev D.A. Interaction of vehicles with the grain pre-treatment point. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 4, pp. 93–102. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-11.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В Новосибирской области, как и во многих регионах страны, из-за ограниченности периода уборочных работ происходит накладка сроков уборки сельскохозяйственных культур, что в свою очередь ведет к дефициту транспортных средств (ТС). Выявляются значительные простои на всех стадиях перемещения потока зерна, включая пункт предварительной обработки (ПОЗ)¹ [1–4]. Наряду с технологическими процессами по уборке, транспортировке зерновых требуют внимания и процессы взаимодействия транспортных средств на пунктах предварительной обработки зерна.

В исследованиях [5] отмечено, что многие вопросы теории и практики системы поле – ток в основном не рассмотрены или не получили должного освещения. Однако в работе [3] приводится, что при взаимодействии отделения ПОЗ и ТС происходят простои транспортных средств в ожидании разгрузки (после взвешивания и оформления

документации) из-за отсутствия свободных мест у приемных бункеров. В связи с этим при рассмотрении уборочно-транспортной системы (УТС) как единого целого необходимо изучить организацию работы пункта предварительной обработки зерна, а именно операции, связанные с затратами времени при приеме ТС на разгрузку.

Как показал анализ данных^{2,3} [6], в хозяйствах применяют две схемы приема потока зерна с поля: ТС разгружаются в приемный бункер зерноочистительного пункта; ТС разгружаются на резервные площадки для временного хранения (см. рис. 1). При этом в расчетах часто принимают время разгрузки на току для различных транспортных средств примерно одинаковым⁴ [1, 7, 8]. Однако в исследованиях [3] отмечено, что современный уровень производства зерна требует полного исключения открытых площадок для выгрузки зерна из ТС и обязательного наличия бункеров предварительного хранения зерна с обеспечением полнопоточ-

¹Yu H.X., Li B.C., Shen D.Q., Cao J., Mao B. Study on prediction model of grain post-harvest loss // 5th International Conference on Information Technology and Quantitative Management: New Delhi, India, Procedia Computer Science. 2017. Vol. 122. P. 122–129. DOI: 10.1016/j.procs.2017.11.350.

²Полевые работы в Сибири в 2012 году: рекомендации: Новосибирск, 2012. 170 с.

³Уборка и послеуборочная обработка зерновых культур в экстремальных условиях Сибири. М.: Росинформагротех, 2011. 176 с.

⁴Тихоновский В.В. Технично-технологическое обеспечение уборки зерновых на основе позиционирования и мониторинга: дис ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2015. 161 с.

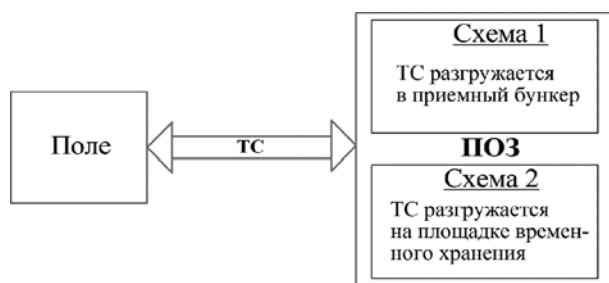


Рис. 1. Взаимодействие пункта предварительной обработки зерна и транспортных средств

Fig. 1. Interaction of the grain pre-treatment point and vehicles

ного приема зерна с поля и минимальными простоями ТС при разгрузке. Как показывают производственные условия, это требование на данном этапе трудновыполнимо.

В литературных источниках указано, что для увеличения производительности машин при рассмотрении уборочно-транспортных комплексов следует учитывать систему поле – комбайн – транспорт – ток, комбайн – ток (см. сноску 1) [1, 2, 5, 6, 9–11]. Однако влияние простоя ТС на пункте ПОЗ на эффективность функционирования уборочно-транспортной системы в целом изучено недостаточно, поэтому требует более глубоких исследований. Возникает необходимость исследовать процесс взаимодействия ТС с пунктом ПОЗ и рассматривать эту группу машин как подсистему УТС, оказывающую существенное влияние на производительность системы в целом.

Цель исследования – повысить производительность уборочно-транспортной системы путем сокращения простоев машин за счет рациональной схемы взаимодействия ТС и пункта ПОЗ.

Задачи исследования:

- изучить взаимодействие транспортных средств с пунктом предварительной обработки зерна как элементы уборочно-транспортной системы;
- установить влияние пропускной способности пункта предварительной обработки зерна на производительность уборочно-транспортной системы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в сельскохозяйственных предприятиях лесостепной зоны Кочковского и Краснозерского районов (ОАО «Решетовское», ЗАО «Новомайское») Новосибирской области на протяжении трех уборочных периодов 2017–2019 гг. Хронометражные наблюдения осуществляли в наиболее напряженные уборочные периоды с максимальной загрузкой мощностей предприятий. Урожайность зерновых на отдельных участках достигала 5,0 т/га, расстояние перевозок до 25 км, убираемые площади исследуемого периода в среднем 5000 га.

Рассматриваемую подсистему можно исследовать с использованием теории массового обслуживания. Решаемая задача сводится к необходимости определения оптимального потока для обеспечения необходимого качества обслуживания. Общая особенность всех задач, связанных с массовым обслуживанием, – это случайный характер исследуемых явлений. Количество требований на обслуживание и временные интервалы между поступлениями, длительность обслуживания случайны. Время прибытия требований в некоторых видах систем массового обслуживания также случайно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При уборке и транспортировке зерновых входящий поток характеризуется интенсивностью поступления транспортных средств и распределения времени заполнения бункера зерном [11]. Если принять комбайны за обслуживающие приборы, то рассматриваемый уборочно-транспортный процесс можно представить как замкнутую систему массового обслуживания с ожиданием (см. рис. 2).

При этом элементы УТС могут пребывать в следующих состояниях:

- уборочные машины: X_1 – работает; X_2 – простаивает по техническим причинам; X_3 – простаивает в ожидании разгрузки; X_4 – непроизводительные переезды (переезд с поля на поле, развороты);
- транспортные средства: Y_1 – работает (загруженный движется на ток); Y_2 – простаивает;

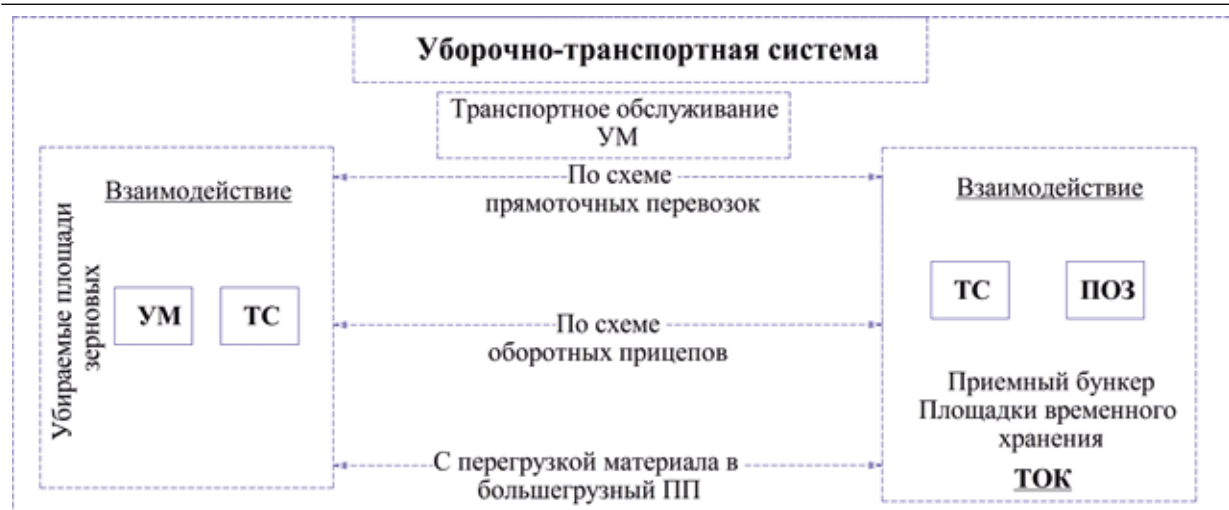


Рис.2. Схема функционирования УТС

Fig. 2. Harvesting and transport system functioning scheme

ивает в ожидании загрузки (разгрузки); Y_3 – простаивает под погрузкой (разгрузкой).

При этом необходимо учитывать урожайность, расстояние перевозок, объем бункера комбайна, объем кузова транспортного средства, производительность комбайна, состав группы, влажность зерна, длину гона, состояние дорог [12].

Во время работы уборочные машины скашивают зерно, производят его обмолот, накапливая в бункерах, и затем перегружают в транспортные средства, которые доставляют его к пункту ПОЗ. Для установления параметров производственного процесса, определяющего непрерывное перемещение партий материала по элементам уборочно-транспортной системы, определим свойство входящего потока [13].

Эффективность работы уборочно-транспортной системы позволяет оценить ее производительность (W_{UTC}):

$$W_{UTC} \leq \varepsilon \sum_{k=1}^n W_{K_k} \leq W_{ПОЗ}, \quad (1)$$

где $\sum_{k=1}^n W_{K_k}$ – суммарная теоретическая производительность комбайнов, т/ч; $\varepsilon = \sum_{k=1}^m W_{TC_k} / \sum_{k=1}^n W_{K_k}$ –

коэффициент поточности, $\varepsilon \rightarrow 1$, $\varepsilon \leq 1$; $\sum_{k=1}^m W_{TC_k}$ – суммарная фактическая производительность ТС, т/ч; $W_{ПОЗ}$ – производительность отделения приемки ПОЗ, т/ч.

Увеличение выполнения машинами операций при рациональных режимах их работы в течение сменного времени способствует повышению эффективности использования их потенциальных возможностей. При построении УТС необходимо учитывать не только рациональные параметры уборочных и транспортных машин, но и продолжительность выполняемых операций, входящих в цикл, влияющих на функционирование системы [14].

При рассмотрении подсистемы транспортных средств с изменяющимися входными производственными параметрами (увеличение расстояния перевозок, повышение потока зерна) для обеспечения бесперебойной работы уборочных машин необходимо выявление резервов времени при выполнении сопутствующих операций на пункте ПОЗ без увеличения их численного состава.

Ток состоит из d пунктов ПОЗ (приемные бункеры, площадки временного хранения зерна) ТС для разгрузки. Все пункты обладают одинаковой производительностью, которая характеризуется параметром μ . Время обслуживания ТС пунктами ПОЗ подчиняется показательному закону распределения, его среднее значение равно $t_{обс} = \frac{1}{\mu}$.

В систему поступает пуассоновский поток с плотностью λ групп ТС в 1 ч. В каждой группе содержится m ТС. Если прибывшие на пункт ПОЗ транспортные средства

застанут все пункты приема занятыми, то они становятся в очередь. Схема функционирования подсистем УТС представлена на рис. 3. Требуется оценить эффективность функционирования взаимодействия подсистем.

Обозначим вероятности соответствующих состояний рассматриваемой системы^{5, 6}:

- P_0 – ПОЗ свободен в ожидании ТС для разгрузки;
- P_k – k мест разгрузки ТС заняты, при $0 \leq k \leq d$;
- P_d – все места разгрузки ТС заняты;
- P_{n+s} – все места разгрузки ТС заняты, а s ТС простаивают в ожидании разгрузки.

Вероятность возможных состояний УТС описана системой дифференциальных уравнений (см. сноски 5, 6):

$$\begin{cases} \frac{dP_0}{dt} = -\lambda'P_0(t) + \mu P_1(t); \\ \frac{dP_1}{dt} = -(\lambda + \mu)P_1(t) + 2\mu P_2(t); \\ \frac{dP_m}{dt} = -(\lambda + m\mu)P_m(t) + (m+1)\mu P_{m+1}(t) + \lambda P_0(t); \\ \frac{dP_{m+1}}{dt} = -[\lambda + (m+1)\mu]P_{m+1}(t) + \mu(m+2)P_{m+2}(t) + \lambda P_1(t); \\ \frac{dP_d}{dt} = -[\lambda + d\mu]P_d(t) + d\mu P_{d+1}(t) + \lambda P_{d-m}(t); \\ \frac{dP_{d+s}}{dt} = -[\lambda + d\mu]P_{d+s}(t) + d\mu P_{d+s+1}(t) + \lambda P_{d+s-m}(t). \end{cases} \quad (2)$$

Для установившегося процесса при $t \rightarrow \infty$ данная система дифференциальных уравнений превращается в систему алгебраических уравнений вида:



Рис. 3. Схема работы пункта ПОЗ при групповом поступлении ТС

Fig. 3. Working scheme of a grain pre-treatment point for a group arrival of vehicles

$$\begin{aligned} -\lambda P_0 + \mu P_1 &= 0; \\ -(\lambda + \mu)P_1 + 2\mu P_2 &= 0; \\ -(\lambda + m\mu)P_m + (m+1)\mu P_{m+1} + \lambda P_0 &= 0; \\ -[\lambda + (m+1)\mu]P_{m+1} + \mu(m+2)P_{m+2} + \lambda P_1 &= 0; \\ -[\lambda + d\mu]P_d + d\mu P_{d+1} + \lambda P_d &= 0 \text{ при } d \geq m; \\ -[\lambda + d\mu]P_{d+m} + d\mu P_{d+m+1} + \lambda P_d &= 0; \\ -[\lambda + d\mu]P_{d+s} + d\mu P_{d+s+1} + \lambda P_{d+s-m} &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

При $s \rightarrow \infty$ к этой системе добавляется еще одно очевидное условие:

$$\sum_{k=0}^{\infty} P_k = P_0 \sum_{k=0}^{\infty} f_k(\mu, \lambda') = 1, \quad (4)$$

отсюда

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{\infty} f_k(\mu, \lambda)}. \quad (5)$$

Величину $\sum_{k=0}^{\infty} f_k(\mu, \lambda')$ можно получить из рекуррентных формул системы алгебраических уравнений (2).

При этом показатели системы:

- среднее число ТС, находящихся на пункте ПОЗ (на разгрузке или ожидающих ее),

$$M = \sum_{k=0}^{\infty} kP_k; \quad (6)$$

- среднее число ТС, ожидающих разгрузки,

$$M_{ож} = \sum_{k=d+1}^{\infty} (k-d)P_k; \quad (7)$$

- среднее число ТС, находящихся на разгрузке,

$$M_{обс} = \sum_{k=0}^d kP_k; \quad (8)$$

- среднее число занятых мест разгрузки на пункте ПОЗ

$$D_3 = \sum_{k=0}^d kP_k + \sum_{k=d+1}^{\infty} dP_k; \quad (9)$$

- коэффициент загрузки пункта ПОЗ

$$K_3 = \frac{D_3}{d}; \quad (10)$$

- коэффициент простоя пункта ПОЗ

$$K_{п} = \frac{D_0}{d} = \frac{d - D_3}{D}; \quad (11)$$

⁵Новиков О.А., С.И. Петухов. Прикладные вопросы теории массового обслуживания. М.: Советское радио, 1969. 399 с.

⁶Саати Т.Л. Элементы теории массового обслуживания и её приложения. М.: Советское радио, 1971. 520 с.

– коэффициент простоя ТС, который равен вероятности отказа в обслуживании ТС из-за отсутствия свободных мест для разгрузки,

$$K_T = \sum_{k=d}^m P_k, \quad (12)$$

На основании расчетных данных построены зависимости изменения коэффициента простоя ТС в зависимости от производительности ПОЗ ($W_{\text{ПОЗ}}$, т/ч).

Изменение значений M , $M_{\text{ож}}$, K_T при изменении производительности пункта ПОЗ (при $m = 3$):

Производительность пункта ПОЗ, $W_{\text{ПОЗ}}$, т/ч

20 25 30 35 40 45 50 55 60

Число ТС на пункте ПОЗ, M

2,8 2,8 2,8 2,8 2,8 2,8 2,8 2,8 2,8

Число ТС на разгрузке, $M_{\text{ож}}$

2,32 1,91 1,39 0,87 0,52 0,24 0,14 0,09 0,05

Коэффициент простоя ТС, K_T

0,68 0,54 0,42 0,30 0,23 0,18 0,13 0,08 0,06

Проведенные вычисления с использованием реальных временных характеристик, полученных экспериментально, позволяют выявить зависимость простоя ТС от производительности пункта ПОЗ (см. рис. 4).

Установлено, что при обеспечении достаточных мест разгрузки простои ТС будут минимальными, что снижает время оборо-

та ТС, повышая надежность обслуживания уборочных машин.

При рассмотрении функционирования сложной УТС, в которой взаимодействуют высокопроизводительные машины, для повышения эффективности системы и обеспечения поточности зерна появляется необходимость сокращения потерь времени на всех этапах, в том числе и на пункте ПОЗ (см. рис. 5).

Анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований взаимодействия ТС и пункта ПОЗ (см. рис. 6) как подсистем УТС показывает, что операции взвешивания, оформления документов и разгрузки ТС обусловлены непроизводительными затратами времени смены. Следствием этого часто является необоснованное увеличение парка ТС, что ведет к дополнительным затратам, при нехватке ТС – к простоям дорогостоящих высокопроизводительных уборочных машин.

Анализ зависимости коэффициента простоя ТС на разгрузке от пропускной способности пункта ПОЗ показывает, что простои транспортных средств могут достигать, по расчетным данным, 38% времени смены, по экспериментальным – 45%. Таким образом, в работе пункта предварительной обработки

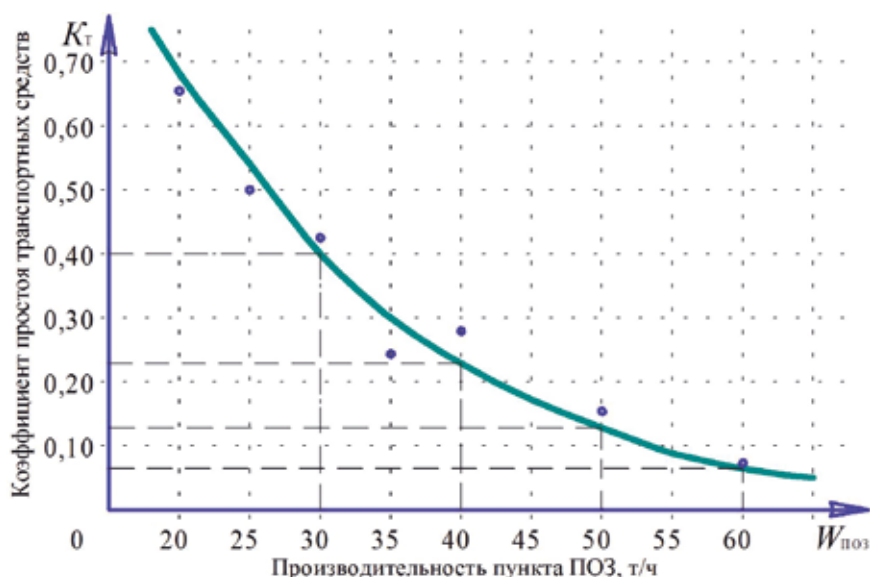


Рис. 4. Зависимость коэффициента простоя ТС от производительности пункта ПОЗ

Fig. 4. Dependence of the vehicle downtime ratio on the productivity of the grain pre-treatment point



Рис. 5. Процесс взаимодействия транспортных средств с пунктом предварительной обработки зерна при разгрузке

Fig. 5. Vehicle interaction process with a grain pre-treatment point during unloading

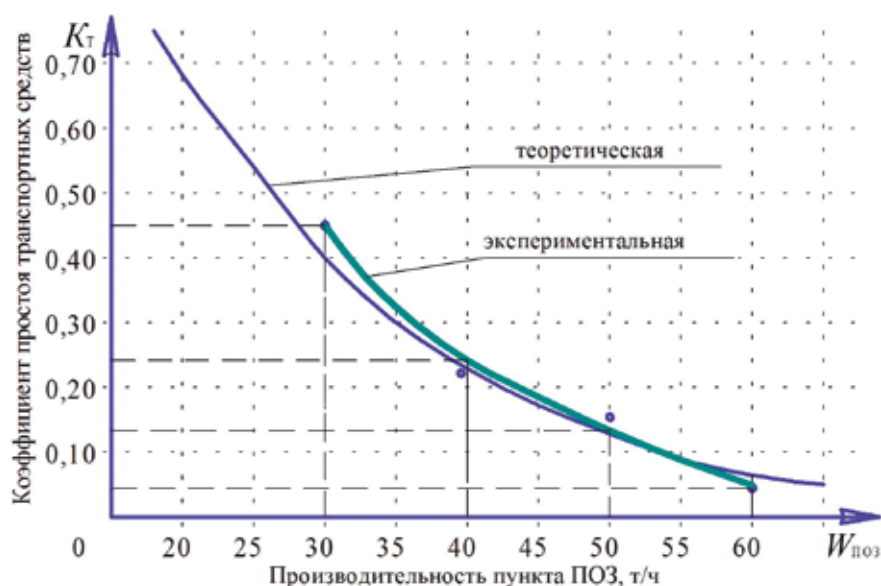


Рис. 6. Теоретическая и экспериментальная зависимость коэффициента простоя ТС от пропускной способности пункта ПОЗ

Fig. 6. Theoretical and experimental dependence of the vehicle downtime coefficient on the throughput capacity of a grain pre-treatment point

зерна как у подсистемы сложной УТС есть резервы для положительного влияния на производительность системы путем поиска альтернативных вариантов обслуживания ТС. Для этого в рамках задач экспериментальных исследований применяли дополнительные меры по обеспечению бесперебойного потока зерна с поля на ток с минимальными затратами времени на разгрузку ТС при обслуживании на пункте ПОЗ (см. рис. 7).

Как показали экспериментальные исследования уборки зерновых, при потоке зерна, превышающем производительность пункта ПОЗ, необходимо организовывать резервные площадки на току для разгрузки ТС.

Снижение времени разгрузки ТС на току позволяет сократить время оборота ТС и вследствие этого простои уборочных машин из-за отсутствия транспорта будут минимальными. Использование резервных площадок на пункте ПОЗ позволяет сократить простои высокопроизводительных уборочных машин на 5–9%.

ВЫВОДЫ

1. Анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований взаимодействия ТС и пункта ПОЗ как подсистем УТС показывает, что операции взвешивания, оформления документов и разгрузки ТС



Рис. 7. Альтернативные варианты разгрузки ТС на пункте ПОЗ

Fig. 7. Alternative options for unloading the vehicle at a grain pre-treatment point

обусловлены непроизводительными затратами времени смены, что приводит к простоям дорогостоящих высокопроизводительных уборочных машин.

2. Анализ зависимости коэффициента простоя ТС на разгрузке от пропускной способности пункта ПОЗ показывает, что простои транспортных средств могут достигать, по расчетным данным, до 38% времени смены, по экспериментальным – до 45%.

3. Экспериментальные исследования уборки зерновых показали, что в работе пункта предварительной обработки зерна как у подсистемы сложной УТС есть резервы для положительного влияния на производительность машин за счет резервирования зерна на специализированной площадке, расположенной в пределах тока. Использование таких площадок в подсистеме ПОЗ позволит сократить простои высокопроизводительных уборочных машин на 5–9%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Измайлов А.Ю. Моделирование погрузочно-транспортных процессов при уборке зерновых культур // Техника в сельском хозяйстве. 2007. № 3. С. 33–38.
2. Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е. Оптимизация уборки и транспортировки зерновых культур с использованием накопителей // Техника в сельском хозяйстве. 2008. № 3. С. 6–9.
3. Пьянов С.В. Уборочно-транспортный комплекс машин для крупнотоварного производства зерна // Техника в сельском хозяйстве. 2003. № 1. С. 11–14.
4. Bendinelli W.E., Su C.T., Pera T.G., Caixeta J.V. What are the main factors that determine post-harvest losses of grains? // Sustainable Production and Consumption. 2020. Vol. 21. P. 228–238. DOI: 10.1016/j.spc.2019.09.002.
5. Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е. Эффективность новых транспортных технологий в АПК // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2009. № 2 (9). С. 32–36.
6. Бурков А.И., Сычугов Н.П. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследование, расчет и испытание: монография. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 261 с.
7. Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е. Методика исследования уборочно-транспортных процессов // Техника в сельском хозяйстве. 2010. № 2. С. 40–43.
8. Измайлов А.Ю., Шогенов Ю.Х. Интенсивные машинные технологии и техника нового поколения для производства основных групп сельскохозяйственной продукции // Техника и оборудование для села. 2017. № 7. С. 2–6.
9. Измайлов А.Ю. Транспортное обеспечение уборочных комплексов // Техника в сельском хозяйстве. 2007. № 3. С. 16–18.
10. Гольяпин В.Я. Технологические и технические решения совершенствования уборки зерновых культур // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 7. С. 48–52.
11. Измайлов А.Ю., Артюшин А.А., Евтюшенков Н.Е., Бисенов Г.С., Рогожин В.Ф.,

- Кынев Д.Н. Расчет производительности и потребности технических средств уборочно-транспортного комплекса // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2016. № 2. С. 5–10.
12. Nourbakhsh S.M., Bai Y., Maia GDN., Ouyang Y.F., Rodriguez L. Grain supply chain network design and logistics planning for reducing *post-harvest* loss // *Biosystems Engineering*. 2016. Vol. 151. P. 105–115. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2016.08.011.
13. An K., Ouyang Y.F. Robust grain supply chain design considering *post-harvest* loss and *harvest* timing equilibrium // *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2016. Vol. 88. P. 110–128. DOI: 10.1016/j.tre.2016.01.009.
14. Измайллов А.Ю., Лобачевский Я.П., Хорошенков В.К., Смирнов И.Г., Гончаров Н.Т., Лужнова Е.С. Оптимизация управления технологическими процессами в растениеводстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. № 3. С. 4–11. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-3-4-11.
1. Izmailov A.Yu. Modeling of loading and transport processes during grain crops harvesting. *Tekhnika v sel'skom khozyaistve = Agricultural machinery*, 2007, no. 3, pp. 33–38. (In Russian).
2. Izmailov A.Yu., Evtyushenkov N.E. Optimization of harvesting and transportation of grain crops using receiving bunkers. *Tekhnika v sel'skom khozyaistve = Agricultural machinery*, 2008, no. 3, pp. 6–9. (In Russian).
3. P'yanov S.V. Harvesting and transport complex of machines for large-scale commercial grain production. *Tekhnika v sel'skom khozyaistve = Agricultural machinery*, 2003, no. 1, pp. 11–14.
4. Bendinelli W.E., Su C.T., Pera T.G., Caixeta J.V. What are the main factors that determine *post-harvest* losses of grains? *Sustainable Production and Consumption*, 2020, vol. 21, pp. 228–238. DOI: 10.1016/j.spc.2019.09.002.
5. Izmailov A.Yu., Evtyushenkov N.E. The effectiveness of new transport technologies in the agro-industrial complex. *Sel'skokhozyaistvennyye mashiny i tekhnologii = Agricultural machinery and technologies*, 2009, no. 2 (9), pp. 32–36. (In Russian).
6. Burkov A.I., Sychugov N.P. *Grain cleaning machines. Design, research, calculation and testing*. Kirov: NIISKh Severo-Vostoka = Research Agrarian Centre of the North-East, 2000, 261 p. (In Russian).
7. Izmailov A.Yu., Evtyushenkov N.E. Research methodology for harvesting and transport processes. *Tekhnika v sel'skom khozyaistve = Agricultural machinery*, 2010, no. 2, pp. 40–43.
8. Izmailov A.Yu., Shogenov Yu.Kh. перевод названия статьи. Без транслита. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela = перевод курсивом*, 2017, no. 7, pp. 2–6. (In Russian).
9. Izmailov A.Yu. Transport support of harvesting complexes. *Tekhnika v sel'skom khozyaistve = Agricultural machinery*, 2007, no. 3, pp. 16–18.
10. Gol'tyapin V.Ya. Technological and engineering solutions for the improvement of grain crops harvesting. *Traktory i sel'khoz mashiny = Tractors and agricultural machinery*, 2014, no. 7, pp. 48–52. (In Russian).
11. Izmailov A.Yu., Artyushin A.A., Evtyushenkov N.E., Bisenov G.S., Rogozhin V.F., Kynev D.N. Analysis of general plow body tractive resistance. *Sel'skokhozyaistvennyye mashiny i tekhnologii = Agricultural machinery and technologies*, 2016, no. 2, pp. 5–10. (In Russian).
12. Nourbakhsh S.M., Bai Y., Maia GDN., Ouyang Y.F., Rodriguez L. Grain supply chain network design and logistics planning for reducing *post-harvest* loss. *Biosystems Engineering*, 2016, vol. 151, pp. 105–115. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2016.08.011.
13. An K., Ouyang Y.F. Robust grain supply chain design considering *post-harvest* loss and *harvest* timing equilibrium. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2016, vol. 88, pp. 110–128. DOI: 10.1016/j.tre.2016.01.009.
14. Izmailov A.Yu., Lobachevskii Ya.P., Khoroshenkov V.K., Smirnov I.G., Goncharov N.T., Luzhnova E.S. Optimization of technological process management in plant growing. *Sel'skokhozyaistvennyye mashiny i tekhnologii = Agricultural machinery and technologies*, 2018, vol. 12, no. 3, pp. 4–11. (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-3-4-11.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Тихоновская К.В., аспирант

✉ **Тихоновский В.В.**, кандидат технических наук, доцент; **адрес для переписки:** Россия, 630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, Новосибирский государственный аграрный университет; e-mail: vitalad@ya.ru

Блынский Ю.Н., доктор технических наук, профессор; e-mail: blyskiy1949@mail.ru

Домнышев Д.А., ассистент; e-mail: demon-doom1990@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

Ksenia V. Tikhonovskaya, Postgraduate Student

✉ **Vitaly V. Tikhonovsky**, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor; **address:** 160, Dobrolyubova st, Novosibirsk, 630039, Russia, Novosibirsk State Agrarian University; e-mail: vitalad@ya.ru

Yuri N. Blynsky, Doctor of Science in Engineering, Professor; e-mail: blyskiy1949@mail.ru

Dmitriy A. Domnyshev, Assistant; e-mail: demon-doom1990@yandex.ru

Дата поступления статьи 18.05.2020

Received by the editors 18.05.2020

ВЫБОР ТОЧЕК ЗАЗЕМЛЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ПОМЕХ СИГНАЛА ВЫСОКООМНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА

Гринкевич В.А., Сероклинов Г.В.

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

Проведены исследования (2020 г.) по снижению влияния электромагнитных помех, генерируемых устройством формирования температурных воздействий на основе элемента Пельтье, на измеритель биопотенциала растений. Рассмотрено четыре варианта схем заземления оборудования при отсутствии отдельной шины заземления для силового оборудования, приведены графики сигналов биопотенциалов. Показан вид помехи, которую наводит устройство формирования температурных воздействий на канал измерения биопотенциала. Корпус блока управления для термостоллика на основе элемента Пельтье и силовой кабель для подключения элемента Пельтье к блоку управления необходимо заземлять в отдельной точке от оборудования для измерения биопотенциала. Электроды для измерения биопотенциала необходимо заземлять как можно дальше от корпуса блока управления и в отдельной точке от заземления пластины термостоллика. Даны рекомендации по заземлению измерительных устройств с высоким входным сопротивлением и силового оборудования, излучающего мощные индуктивные помехи и наводящего помехи в шине заземления, находящегося в одном лабораторном помещении при отсутствии отдельного заземления для силового оборудования. Для снижения помех до допустимого уровня, кроме выбора точки заземления, требуется фильтрация. При неправильном выборе точки заземления на выходе фильтра присутствует сигнал с высоким уровнем помех. Использование предложенных рекомендаций для заземления устройства формирования температурного воздействия на основе элемента Пельтье и измерителя биопотенциала позволяет оценить ответную реакцию растения, находящегося на термостоллике, на температурное воздействие и не усложнять программную фильтрацию сигнала, полученного измерителем биопотенциала.

Ключевые слова: помеха, экранирование, заземление, измерение биопотенциала, элемент Пельтье, импульсный преобразователь, электромагнитная совместимость

SELECTING GROUNDING POINTS TO REDUCE INTERFERENCE LEVEL OF THE SIGNAL OF HIGH-IMPEDANCE MEASURING CHANNEL

Vladimir A. Grinkevich, Gennadiy V. Seroklinov

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

The study was carried out (2020) to reduce the effect of electromagnetic interference generated by a device for the formation of temperature effects based on Peltier element on a plant biopotential meter. Four variants of equipment grounding circuits are considered in the absence of a separate grounding bus for power equipment; graphs of biopotential signals are given. The type of interference that the device for the formation of temperature effects induces on the biopotential measurement channel is shown. The control unit case for the temperature-controlled stage based on Peltier element and the power cable shield for connecting Peltier element to the control unit must be grounded at a separate point from the biopotential meter. Biopotential meter electrodes should be grounded as far as possible from the control unit case and at a separate point from the grounding of the plate of the temperature-controlled stage. Recommendations are given for the grounding of high impedance input measuring devices and the power equipment emitting powerful inductive interference and causing interference in the grounding bus located in the same laboratory room, in the absence of separate grounding for power equipment. To reduce interference to an acceptable level, in addition to the selection of the grounding point, filtering is required. If the grounding point is selected incorrectly, a signal with a high level of interference is present at the filter output. The application

of the proposed recommendations for grounding a device for the formation of a temperature effect based on Peltier element and a biopotential meter makes it possible to assess the response of a plant placed on the temperature-controlled stage to a temperature effect and not complicate programmed filtering of the signal received by the biopotential meter.

Keywords: interference, shielding, grounding, biopotential meter, Peltier element, switching convertor, electromagnetic compatibility

Для цитирования: Гринкевич В.А., Сероклинов Г.В. Выбор точек заземления для снижения уровня помех сигнала высокоомного измерительного канала // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 4. С. 103–113. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-12.

For citation: Grinkevich V.A., Seroklinov G.V. Selecting grounding points to reduce the interference level of the signal of high-impedance measuring channel. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 4, pp. 103–113. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-12.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Действующие на канал измерения электромагнитные помехи приводят к увеличению погрешности измерений, а также к недопустимым результатам измерений или нарушению работы автоматизированных систем управления¹ и возникновению ошибок при передаче информации [1]. Вопросы по электромагнитной совместимости и снижению влияния помех рассмотрены во многих информационных источниках (см. сноску 1)^{2–4} [1–11]. Электромагнитные помехи подразделяются на индуктивные и кондуктивные. Для снижения индуктивных помех применяется экранирование (см. сноску 1)^{5,6} [3, 4]. Источниками индуктивных помех являются наводки от электросети, оборудования с импульсными блоками питания, электродвигателей. В случае размещения измерительных систем вблизи оборудования с импульсными источниками питания электромагнитная совместимость становится сложной задачей (см. сноску 1). В настоящее время не существует универ-

сальных методов по защите от электромагнитных помех, а неправильное заземление экрана может даже повысить их уровень.

В зависимости от вида индуктивных помех применяют различные способы экранирования. Для защиты от низкочастотных магнитных полей применяют ферритовые экраны (см. сноску 1). Для защиты кабеля от электромагнитных полей в широком диапазоне частот применяют заземленную медную оплетку, коаксиальный кабель (см. сноски 3, 6) [6] или витую пару [7]. Для снижения электромагнитных помех от инверторов (см. сноску 2) [4, 5], ШИМ-преобразователей [12] рекомендуется их помещать в заземленный металлический шкаф (см. сноску 3). Для снижения электромагнитных помех, излучаемых кабелем от инверторов или ШИМ-преобразователей до силовых устройств (двигателей, элементов Пельтье), рекомендуется помещать эти кабели в металлическую трубу, свивать силовые провода (см. сноску 3), использовать экранированные силовые кабели. Для защиты от электромагнитных помех в измеритель-

¹Газизов Т.Р. Электромагнитная совместимость и безопасность радиоэлектронной аппаратуры: учеб. пособие. Томск: «ТМЛ-Пресс», 2007. 256 с.

²Защита от электромагнитных помех в сервосистемах. URL: <https://controlengrussia.com/innovatsii/zashchita-ot-ehlektronnymi-pomek-v-servostistemakh/>

³Инструкция по применению инвертора. Методы по борьбе с шумами. М., 2004. URL: <http://www.pkip.ru/files/files/pomeh.pdf>.

⁴Термин: эффект антенный (емкостная наводка). URL: https://www.lcard.ru/lexicon/antenna_effect.

⁵Методы экранирования и заземления. URL: https://www.bookasutp.ru/Chapter3_5.aspx.

⁶Коаксиальный кабель. URL: <http://cable-plus.ru/news/94-coaxialcable.html>.

ных цепях рекомендуется располагать их на расстоянии более 30 см от силовых кабелей, применять экранированные витые пары или коаксиальные кабели. Для снижения чувствительности к емкостным наводкам рекомендуется применять дифференциальные входы (см. сноску 3) и увеличение входной емкости.

По данным исследований, в шине заземления могут присутствовать значительные помехи, идущие от компьютеров, станков и другого электрооборудования [1, 5]. Для снижения влияния помех, распространяющихся по заземлению, рекомендуется применять для силового оборудования отдельное заземление (см. сноску 3). В случае отсутствия отдельного заземления силовое и измерительное оборудование нужно заземлить в разных точках.

В исследуемых в данной работе лабораторных условиях есть одна общая шина заземления (арматура здания). Однако существует возможность заземления приборов в разных точках этой шины – в нескольких точках электроцита, на стационарном силовом оборудовании (например, в климатической камере).

При проведении исследований стрессоустойчивости различных злаковых культур методом измерения биопотенциала проростков в лабораторных условиях^{7, 8} используют униполярный способ съема биопотенциала с применением хлорсеребряных электродов. При этом источник сигналов имеет высокое внутреннее сопротивление, что значительно снижает помехоустойчивость канала измерения к емкостной наводке (см. сноску 4).

При проектировании измерительных приборов, а также при проведении экспериментов с применением нескольких приборов необхо-

димо обеспечить электромагнитную совместимость различного оборудования. Для этого требуется провести исследования по влиянию электромагнитных помех от одного оборудования на другое (измерительные каналы).

В данной работе исследовано влияние помех от формирователя температурного профиля⁹ на основе элемента Пельтье [12] с ШИМ-преобразователем на канал измерения биопотенциала растения с хлорсеребряными электродами. Силовой ШИМ-преобразователь – источник значительных индуктивных помех. Электроды с растением как источник сигнала имеют высокое внутреннее сопротивление. Это снижает помехоустойчивость канала измерения. При проектировании канала измерения биопотенциала и применения нескольких приборов в лабораторных исследованиях необходимо обеспечить электромагнитную совместимость приборов и исследовать влияние создаваемых ШИМ-преобразователем помех на работу измерительного оборудования.

Цель исследований – определить точки заземления, позволяющие снизить помехи высокоомного измерительного канала, наводимые формирователем температурного профиля с ШИМ-преобразователем, до уровня 20–40 мВ, что обеспечит получение незашумленного сигнала измерителя биопотенциала растений.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Источник помех в данном исследовании – формирователь температурного профиля, который состоит из блока управления (термоконтроллера), лабораторного термостоллика и источников питания: цепи управления (ИПУ), термометра (ИПТ), силовой части (СИП) и модуля гальванической раз-

⁷Сероклинов Г.В. Задачи автоматизации экспериментальных исследований сложных биофизических объектов // Методы и технические средства исследований физических процессов в сельском хозяйстве: сборник научных трудов СибФТИ: Сибирское отделение РАСХН. Сибирский физико-технический институт аграрных проблем. Новосибирск, 2001. С. 46–53.

⁸Сероклинов Г.В., Гунько А.В. Информационные технологии при исследовании изменения биопотенциала растений от действия температуры // Актуальные проблемы электронного приборостроения труды XII междунар. конф.: АПЭП–2014. 2014. С. 72–75.

⁹Температурный профиль. URL:http://www.pk-altonika.ru/dictionary_42.htm. Температурный профиль. URL:http://www.pk-altonika.ru/dictionary_42.htm.

вязки (ИПГР). Измеритель биопотенциала состоит из хлорсеребряных электродов (ЭСр-10101/3,5), предусилителя с входным сопротивлением около 10 ГОм, усилителя с гальванической развязкой и многоканального АЦП «L-CARD E14-440»¹⁰. Для измерения биопотенциала растения в данном комплексе применен униполярный способ снятия сигнала с использованием хлорсеребряных электродов. Напряжение с электродов поступает на предусилитель, после чего подается на усилитель с гальванической развязкой и далее – на дифференциальный вход многоканального АЦП «L-CARD E14-440». Предусилитель имеет вход с общей землей (недифференциальный, несимметричный). Термостолик, применяемый для исследования ответной реакции на тепловой стресс, находится в климатической камере с заземленным металлическим корпусом, в которой создаются необходимые при проведении экспериментов параметры окружающей среды. Термоконтроллер имеет аналоговый выход измеренного значения температуры, который подключается ко входу АЦП «L-CARD E14-440». Силовая часть формирователя выполнена по схеме мостового ШИМ-преобразователя, в состав которого входят MOSFET-транзисторы и фильтр (два дросселя и конденсаторы). В диагональ мостового ШИМ-преобразователя через фильтр, обеспечивающий выделение из двухполярной последовательности импульсов постоянной составляющей тока, включен элемент Пельтье. Элемент Пельтье размещен под медной пластиной, в которую встроен датчик температуры, внутри лабораторного термостолика, на котором размещается объект исследований (растение). Медная пластина также служит экраном для защиты от помех, излучаемых элементом Пельтье. Для подключения элемента Пельтье к блоку управления используется силовой кабель типа «экранированная витая пара». Для снижения уровня импульсных помех рядом с блоком управления на сило-

вом кабеле установлено ферритовое кольцо с размещенной на нем закороченной обмоткой (несколько витков). На другом конце силового кабеля, в месте подключения к термостолику, установлен конденсатор для фильтрации высокочастотных помех.

В процессе экспериментальных исследований рассмотрены четыре варианта заземления оборудования:

1. Экран электродов заземлен на корпус формирователя температурного профиля. Все приборы заземлены в одной точке электрощита (см. рис. 1, а).

2. Все приборы и их соединительные кабели заземлены в одной точке электрощита (см. рис. 1, б).

3. Экран электродов заземлен на корпус климатической камеры, все приборы и их соединительные кабели заземлены в одной точке электрощита (см. рис. 1, в).

4. Экран электродов и медная пластина заземлены на корпус климатической камеры в разных точках, корпус блока управления и экран силового кабеля заземлен на электрощите отдельно от приборов канала измерения биопотенциала (см. рис. 1, г).

Для каждого варианта заземления проведены эксперименты по оценке зашумленности измеряемого сигнала биопотенциала растения при экспериментальных исследованиях его устойчивости к температурным воздействиям.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований (2020 г.) при заземлении оборудования по первому варианту (см. рис. 1, а) получена реализация сигнала биопотенциала при воздействии повышенной температуры, представленная на эюре (см. рис. 2, а). Согласно полученным данным, полезный сигнал зашумлен помехой (до 1,25 В), существенно превышающей уровень измеряемого сигнала.

При проведении экспериментальных исследований при заземлении оборудования по второму варианту (см. рис. 1, б) получена

¹⁰L-Card E14-440 Внешний модуль АЦП/ЦАП/ТТЛ на шину USB 1.1: Руководство пользователя. М., 2008. www.lcard.ru/download/e14_440_users_guide.pdf.

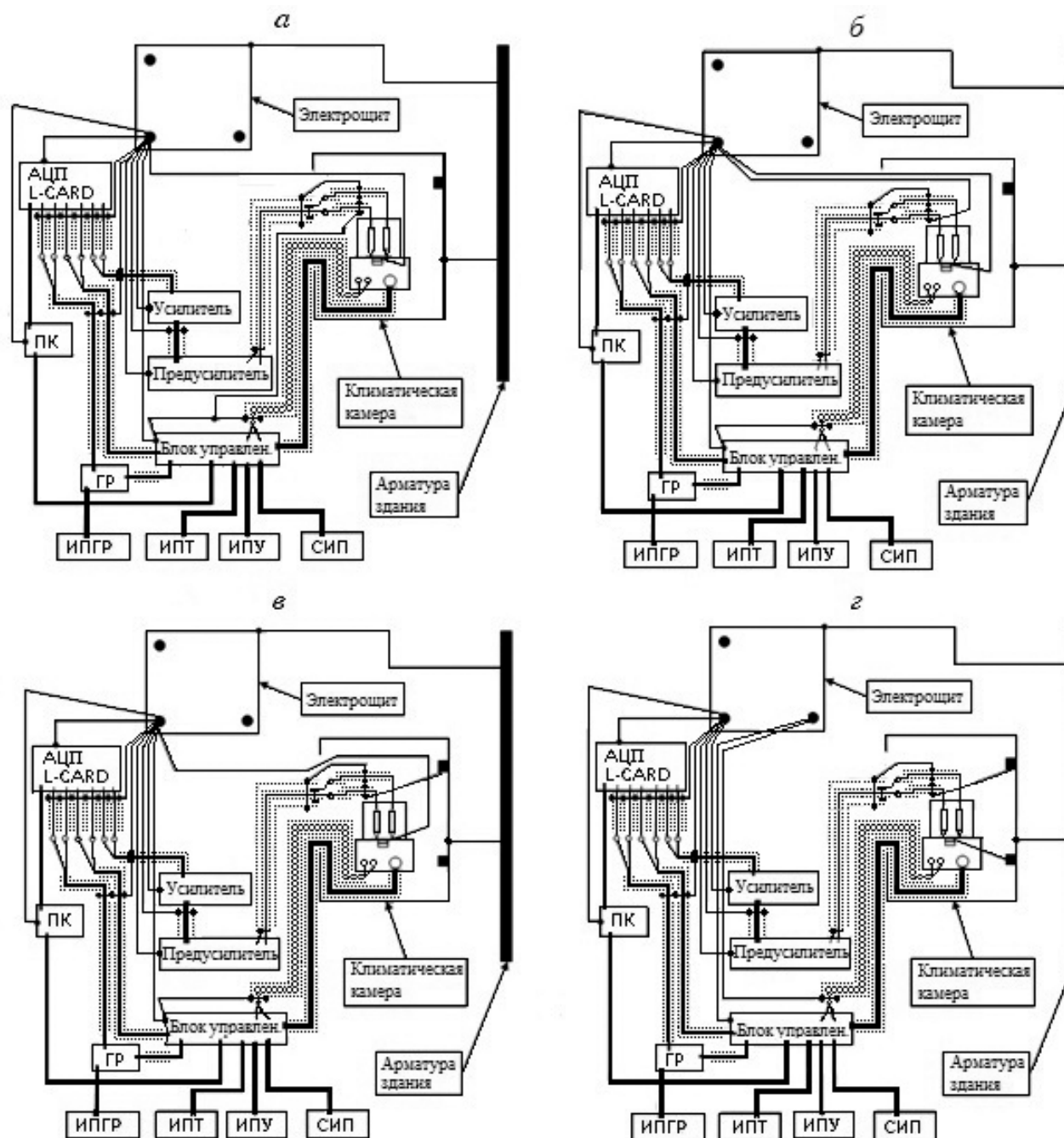


Рис. 1. Схема заземления устройств:

вариант: *а* – первый, *б* – второй, *в* – третий, *г* – четвертый

∞ – силовая витая пара; • – соединения; ● – точки заземления на электрощите; ■ – точки заземления на внутреннем корпусе климатической камеры; — – одножильные кабели; — — — – многожильные кабели; — — — — – экран кабелей

Fig. 1. The grounding circuit of devices:

variant: *a* – first, *б* – second, *в* – third, *г* – fourth

∞ – power twisted pair; • – connections; ● – grounding points on electric panel; ■ – grounding points on the inner case of climate chamber; — – single core cables; — — — – multicore cables; — — — — – cable shield.

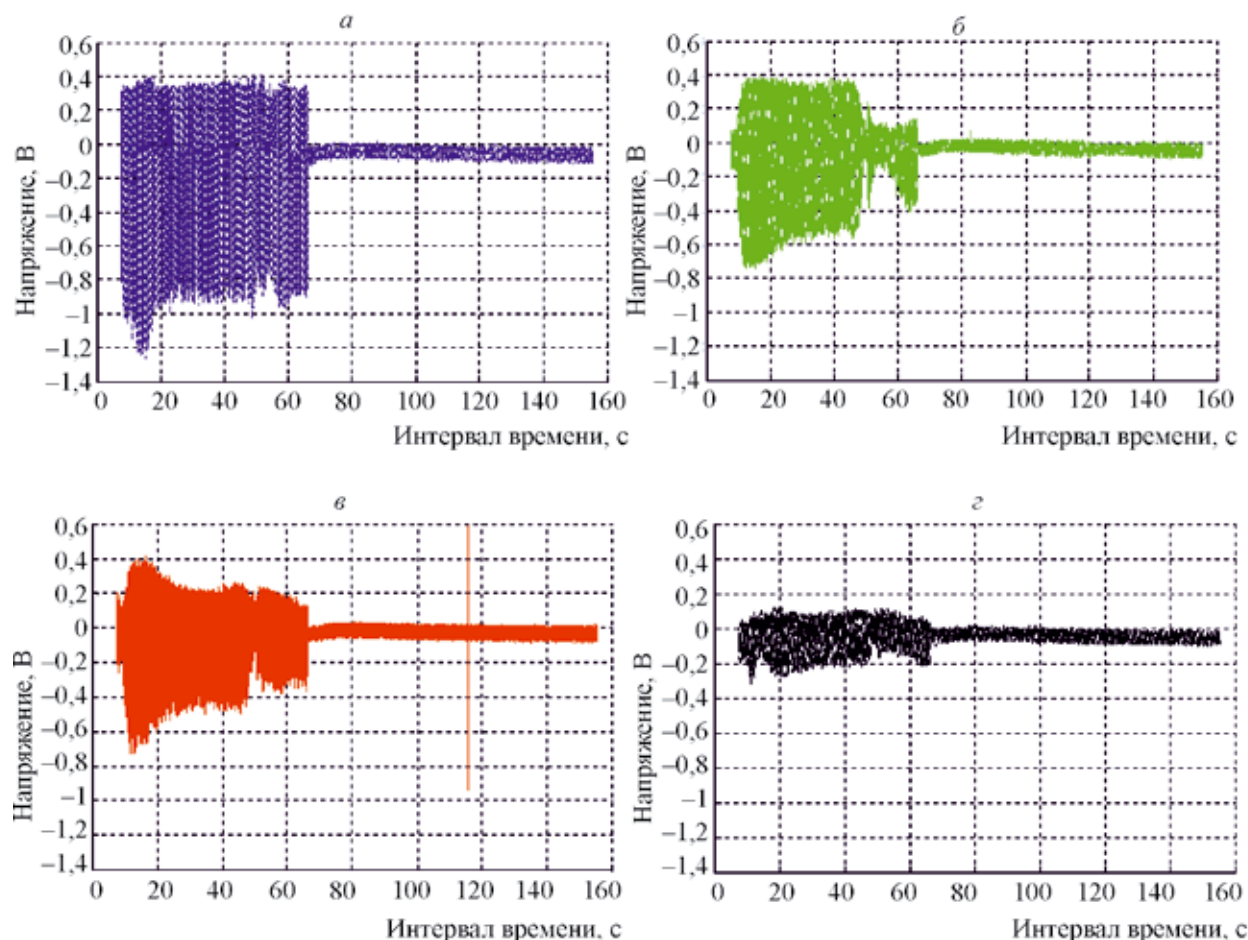


Рис. 2. Сигнал с электродов для измерения биопотенциала при различных вариантах заземления: вариант: *a* – первый, *б* — второй, *в* – третий, *г* – четвертый

Fig. 2. Signal from the electrodes of biopotential meter at different grounding variants: variant: *a* – first, *б* – second, *в* – third, *г* – fourth

реализация сигнала биопотенциала при воздействии повышенной температуры, представленная на эпюре (см. рис. 2, *б*). Согласно полученным данным, полезный сигнал зашумлен меньшей помехой (до 0,75 В), чем в первом случае, но значительно превышающей уровень полезного сигнала.

При проведении аналогичных экспериментальных исследований при заземлении оборудования по третьему варианту (см. рис. 1, *в*) получена реализация сигнала биопотенциала при воздействии повышенной температуры, представленная на эпюре (см. рис. 2, *в*). Согласно полученным данным, полезный сигнал зашумлен такой же помехой (до 0,75 В), что и во втором случае, также значительно превышающей уровень полезного сигнала.

При проведении экспериментальных исследований при заземлении оборудования по четвертому варианту (см. рис. 1, *г*) получена реализация сигнала биопотенциала, при воздействии повышенной температуры, представленная на эпюре (см. рис. 2, *г*). В данном случае экран электродов и медная пластина термостоллика заземлены на корпус климатической камеры в разных точках (на расстоянии 43 см), корпус блока управления и экран силового кабеля заземлены на электрошпильте отдельно от приборов канала измерения биопотенциала (на расстоянии 52 см). Согласно полученным данным, полезный сигнал зашумлен значительно меньшей помехой (до 0,3 В), чем во всех предыдущих случаях.

Представленные результаты показывают, что при различных вариантах заземления оборудования измерительного комплекса зашумленность измеряемого сигнала существенно различается. Наибольший уровень помехи отмечен при первом варианте заземления, когда экраны электродов соединены с корпусом формирователя температурного профиля, на котором формируется высокий уровень помехи, которая через экраны электродов попадает в канал измерения.

Снижение уровня помех во втором и третьем вариантах достигается за счет расположения точки заземления элементов измерительного канала (электродов) дальше от силового оборудования. Это происходит в результате изменения индуктивности (увеличения) цепи заземления от элементов силовой части формирователя до электрощита и шкафа.

Снижение уровня помехи в четвертом варианте достигается за счет того, что заземление элементов канала измерения биопотенциала выполнено отдельно от элементов силовой части. В результате такого подключения возрастает индуктивность цепи между точками заземления силовой части и измерительного канала, что приводит к снижению влияния силовой части на канал измерения через шину заземления.

Из приведенных графиков (см. рис. 2) видно, что помеха имеет наибольший уровень во время формирования температурного воздействия (работы элемента Пельтье), что является результатом коммутации больших значений тока ШИМ-преобразователя. Вид возникающей при этой коммутации помехи приведен на рис. 3.

Так как помеха является не постоянной, а возникающей через интервал времени,

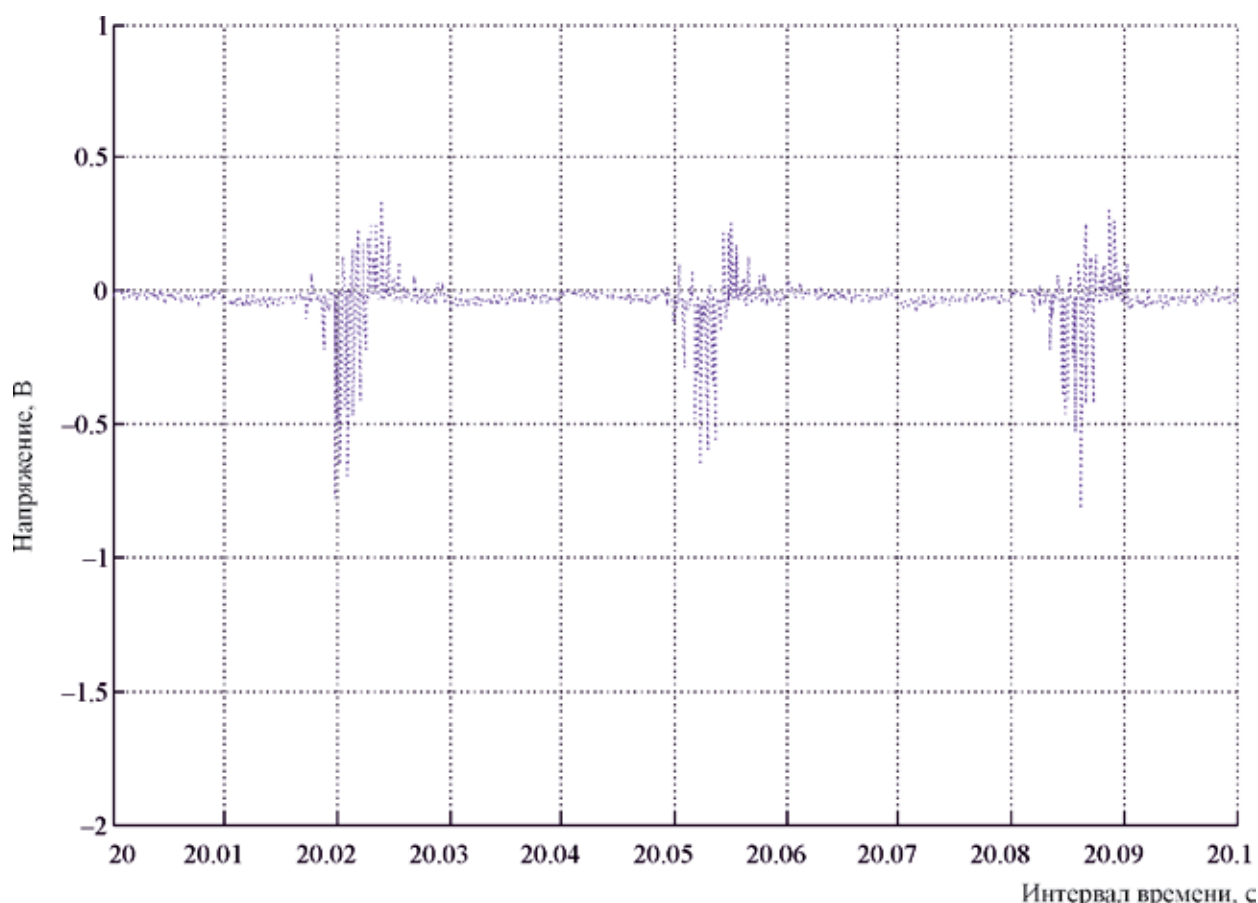


Рис. 3. Сигнал с электродов для измерения биопотенциала на интервале времени от 20 до 20.1 с

Fig. 3. Signal from the electrodes of the biopotential meter on the time interval from 20 to 20.1 s

равный 0,033 с, и имеющей длительность 0,005 с (см. рис. 3), то применение при последующей обработке цифровых фильтров не позволяет достичь необходимого уровня фильтрации и может привести к ошибкам при статистическом анализе. Поэтому необходимо обеспечивать максимально возможное снижение помехи за счет выбора оптимальной схемы заземления.

Полученные сигналы биопотенциалов проростков пшеницы обработаны с использованием цифровых фильтров [13]. В результате фильтрации получены измеренные сигналы биопотенциалов, эпюры которых приведены на рис. 4.

Приведенные на рис. 4 графики показывают, что для получения незашумленного измеренного сигнала необходимо максимально минимизировать помехи (до уровня не более 40 мВ) за счет правильного выбора

точек заземления элементов и оборудования экспериментальных исследовательских установок.

Данные результаты (см. рис. 2, 4) также подтверждают рекомендации (см. сноски 3, 5) [2, 3] о том, что электроды нужно заземлять или на отдельную шину заземления от силовых устройств, или подальше от силовых устройств. Особенность используемого в экспериментальной установке оборудования – ШИМ-преобразователь, который создает сильные помехи в точке подключения к шине заземления. Поэтому корпус блока управления, силовые провода необходимо заземлять в отдельной точке от оборудования канала измерения. Пластины термостолы, находящуюся между элементом Пельтье и исследуемым растением, также нужно заземлять в отдельной точке от оборудования канала измерения и корпуса бло-

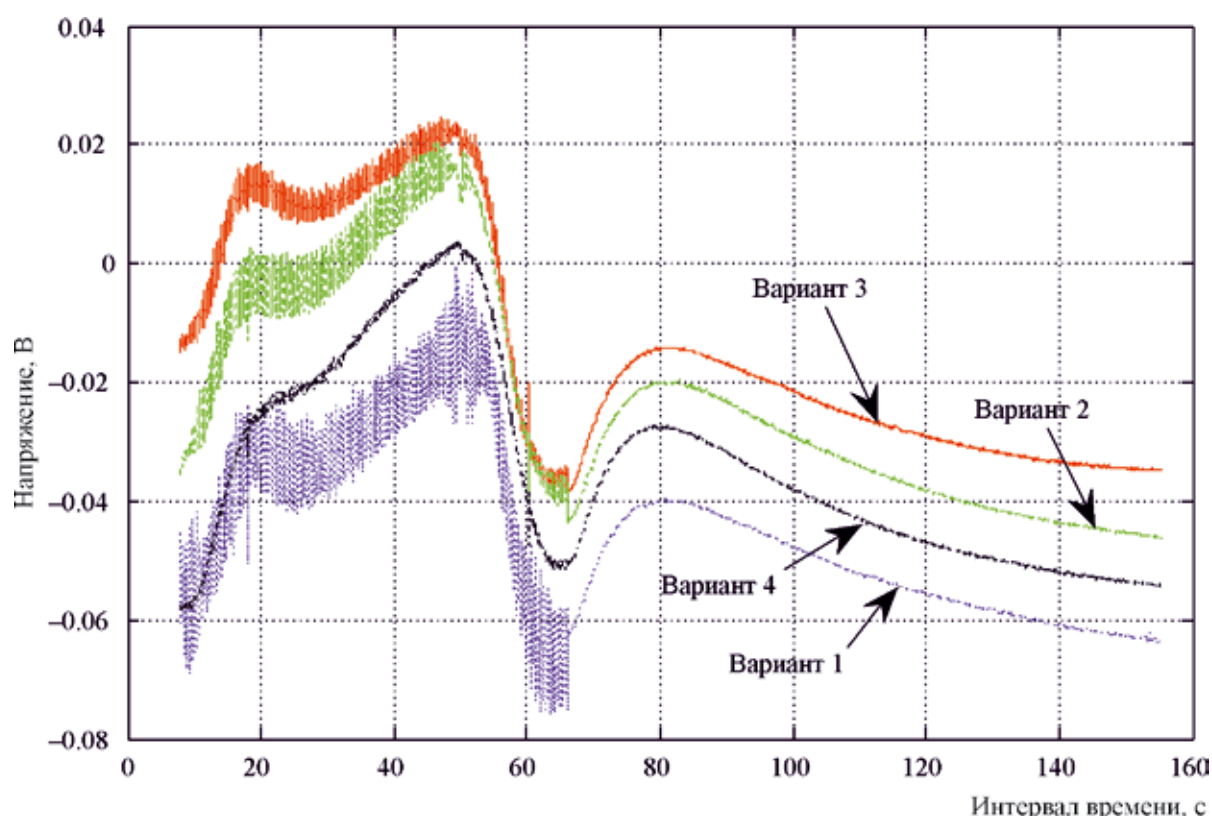


Рис. 4. Отфильтрованные сигналы с электродов для измерения биопотенциала проростков пшеницы при различных вариантах заземления

Fig. 4. Filtered signal from the electrodes of the biopotential meter of wheat seedling at different grounding circuits

ка управления, поскольку на ней наводится помеха от элемента Пельтье.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На измерение биопотенциала растений методом униполярного отведения с использованием хлорсеребряных электродов влияет емкостная наводка, индуктивные и кондуктивные помехи, формируемые на шине заземления.

Для снижения уровня помех необходимо использовать раздельное заземление силового оборудования и каналов измерения. При отсутствии отдельного заземления для силового оборудования его элементы, экраны электродов и пластину термостоллика рекомендовано заземлять в разных точках шины заземления. Подключение элемента Пельтье к силовому блоку необходимо выполнить экранированной витой парой. Данные результаты можно применять при обеспечении помехозащищенности измерительных каналов с высоким входным сопротивлением.

Результаты данной работы использованы при разработке системы оценки стрессоустойчивости растений с применением формирователя температурного профиля, излучающего сильные электромагнитные помехи, и измерителя биопотенциала с высоким входным сопротивлением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галалу В.Г., Киракосян С.А. Помехи по шинам заземления в системах промышленной автоматизации // Известия ЮФУ. Технические науки. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2016. № 5 (178). С. 20–30.
2. Guofei C., Qinglin G., Yongtao J., Yongfa L., Jian M., Linran X., Xinyun W., Zitao J. Current interference of HVDC ground electrode to buried pipelines and its personal safety distance // Natural Gas Industry. Beijing: KeAi Publishing Communications Ltd. 2019. Vol. 6. Is. 5. P. 427–434. DOI:10.1016/j.ngib.2019.03.001.
3. Sarkar K., Das D., Chattopadhyay S. Smart and Economic Conductive Textile for Electromagnetic Interference Shielding // Procedia Engineering. 2017. Vol. 216. P. 93–100. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.10.1118.
4. Shi-Zhou X., Yu-Feng P., Shao-Yu L. Suppression effectiveness research on multi-level EMI filter in thermal electromagnetic interactive filed of explosion-proof three-level NPC converter // Case Studies in Thermal Engineering. 2019. Vol. 15. Article 100510. DOI: 10.1016/j.csite.2019.100510.
5. Lezynski P., Smolenski R., Loschi H., Thomas D., Moonen N. A novel method for EMI evaluation in random modulated power electronic converters // Measurement: journal of the International Measurement Confederation (Ned.). 2020. Vol. 151, P. 107098. DOI: 10.1016/j.measurement.2019.107098.
6. Manoj G., Jacob E., Kundukulam S.O. Design, Simulation and Comparison of Mixing Schemes for DC, AC and Bidirectional Data through Coaxial Cable // Procedia Computer Science. 2016. Vol. 93. P. 578–584. DOI: 10.1016/j.procs.2016.07.303.
7. Ayob M.A., Madrin F.P., Hussien H.I., Abu Taib M.A., Yasir M., Supriyanto E. Optimal Cables Arrangement for Minimizing Electromagnetic Interference in Hospital // Procedia Computer Science. 2018. Vol. 133. P. 440–447. DOI: 10.1016/j.procs.2018.07.0543.
8. Turczyn R., Krukiewicz K., Katunin A., Sroka J., Sul P. Fabrication and application of electrically conducting composites for electromagnetic interference shielding of remotely piloted aircraft systems // Composite Structures. 2020. Vol. 232. Article 111498. DOI: 10.1016/j.compstruct.2019.111498.
9. Qian M., Zhao G., Ren Y., Diao W., Feng Z., Li M. Triple-Coil Inductive Debris Sensor with Special Shielded Coils for Depressing Interference of Dielectric Components // Procedia Manufacturing/ 2019. Vol. 39. P. 1279–1288. DOI: 10.1016/j.promfg.2020.01.341.
10. Zhai L., Lee G., Gao X., Zhang X., Gu Z., Zou M. Impact of electromagnetic interference from power inverter drive system on batteries in electric vehicle // Energy Procedia. 2016. Vol. 88. P. 881–888. DOI: 10.1016/j.promfg.2020.01.341.

11. Коекин В.А., Корчагин В.А. Защита от помех управляющего и измерительного электрооборудования системы автоматизации жизнеобеспечения зданий // Электротехнические и информационные комплексы и системы. Уфа: Уфимский государственный университет экономики и сервиса. 2009. Т. 5. № 3. С. 12–18.
12. Гринкевич В.А. Синтез регулятора тока для термостоллика на основе элемента Пельтье // Сборник научных трудов НГТУ. Новосибирск, 2019. № 3–4 (96). С. 33–52. DOI: 10.17212/2307-6879-2019-3-4-33-52.
13. Сероклинов Г.В., Гунько А.В. Информационные технологии в исследовании биопотенциалов растений при действии стрессоров // Вычислительные технологии. 2016. Т. 21. Специальный выпуск: Информационные технологии, системы и приборы в агропромышленном комплексе. С. 94–103.

REFERENCES

1. Galalu V.G., Kirakosyan SA. Noise on the ground bus in industrial automation systems. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki = Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*, Rostov-on-Don, Yuzhnyi federal'nyi universitet Southern Federal University Publ., 2016, no. 5 (178), pp. 20–30. (In Russian).
2. Guofei C., Qinglin G., Yongtao J., Yongfa L., Jian M., Linran X., Xiuyun W., Zitao J. Current interference of HVDC ground electrode to buried pipelines and its personal safety distance. *Natural Gas Industry, Beijing: KeAi Publishing Communications Ltd*, 2019, Vol. 6. Is. 5, pp. 427–434. DOI:10.1016/j.ngib.2019.03.001.
3. Sarkar K., Das D., Chattopadhyay S. Smart and Economic Conductive Textile for Electromagnetic Interference Shielding. *Procedia Engineering*, 2017, vol. 216, pp. 93–100. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.10.1118.
4. Shi-Zhou X., Yu-Feng P., Shao-Yu L. Suppression effectiveness research on multi-level EMI filter in thermal electromagnetic interactive filed of explosion-proof three-level NPC converter. *Case Studies in Thermal Engineering*, 2019, vol. 15. Article 100510. DOI: 10.1016/j.csite.2019.100510.
5. Lezynski P., Smolenski R., Loschi H., Thomas D., Moonen N. (2020). A novel method for EMI evaluation in random modulated power electronic converters. *Measurement: journal of the International Measurement Confederation (Ned.)*, vol. 151, pp. 107098. DOI: 10.1016/j.measurement.2019.107098.
6. Manoj G., Jacob E., Kundukulam S.O. Design, Simulation and Comparison of Mixing Schemes for DC, AC and Bidirectional Data through Coaxial Cable. *Procedia Computer Science*, 2016, vol. 93, pp. 578–584. DOI: 10.1016/j.procs.2016.07.303.
7. Ayob M.A., Madrin F.P., Hussien H.I., Abu Taib M.A., Yasir M., Supriyanto E. Optimal Cables Arrangement for Minimizing Electromagnetic Interference in Hospital. *Procedia Computer Science*, 2018, vol. 133, pp. 440–447. DOI: 10.1016/j.procs.2018.07.0543.
8. Turczyn R., Krukiewicz K., Katunin A., Sroka J., Sul P. Fabrication and application of electrically conducting composites for electromagnetic interference shielding of remotely piloted aircraft systems. *Composite Structures*, 2020, vol. 232, article 111498. DOI: 10.1016/j.compstruct.2019.111498.
9. Qian M., Zhao G., Ren Y., Diao W., Feng Z., Li M. Triple-Coil Inductive Debris Sensor with Special Shielded Coils for Depressing Interference of Dielectric Components. *Procedia Manufacturing*, 2019, vol. 39, pp. 1279–1288. DOI: 10.1016/j.promfg.2020.01.341.
10. Zhai L., Lee G., Gao X., Zhang X., Gu Z., Zou M. Impact of electromagnetic interference from power inverter drive system on batteries in electric vehicle. *Energy Procedia*, 2016, vol. 88, pp. 881–888. DOI: 10.1016/j.promfg.2020.01.341.
11. Koeikin V.A. Korchagin V.A. Protection of managing and measuring equipment against interference in building automation system. *Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy = Electrotechnical systems and Complexes*, Ufa: Ufimskii gosudarstvennyi universitet ekonomiki i servisa = Ufa State University of Economics and Service, 2009, vol. 5, no. 3, pp. 12–18. (In Russian).
12. Grinkevich V.A. Current controller design for temperature controlled stage based on Peltier element. *Sbornik nauchnykh trudov NGTU = Transaction of Scientific Papers of NSTU*, Novosibirsk, 2019, no. 3–4 (96), pp. 33–52. (In Russian). DOI: 10.17212/2307-6879-2019-3-4-33-52.

13. Seroklinov G.V., Gun'ko A.V. Informatsionnye tekhnologii v issledovanii biopotentsialov rastenii pri deistvii stressorov. [Information technology in the study of plant biopotentials under the action of stressors]. *Vychislitel'nye tekhnologii* = *Computational Technologies*, 2016, vol. 21, Special is.: Information technologies, systems and equipment in agribusiness industry, pp. 94–103. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Гринкевич В.А.**, научный сотрудник;
адрес для переписки: Россия, 630501, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, а/я 463, научный сотрудник; e-mail: grinkevich-vova@mail.ru

Сероклинов Г.В., кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник; e-mail: seroklinov@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Vladimir A. Grinkevich**, Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: grinkevich-vova@mail.ru

Gennadiy V. Seroklinov, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher; e-mail: seroklinov@mail.ru

Дата поступления статьи 19.06.2020
Received by the editors 19.06.2020



БАЗАРБАЙ ОРАЗБАЕВИЧ ИНЕРБАЕВ



Заведующему лабораторией разведения мясного скота, главному научному сотруднику Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук, доктору сельскохозяйственных наук, заслуженному изобретателю РФ Базарбаю Оразбаевичу Инербаеву исполнилось 60 лет.

Базарбай Оразбаевич родился 1 сентября 1960 г. в ауле Кинерал Бурлинского района Алтайского края в многодетной семье. По окончании Бурлинской средней школы в 1978 г. поступил в Алтайский сельскохозяйственный институт Барнаула по специальности «зоотехния». В 1983 г. по окончании вуза он поступил в очную аспирантуру Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства, где обучался по декабрь 1986 г. В 1989 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук, в 2006 г. – доктора сельскохозяйственных наук по специальностям 06.02.01 – «Разведение, селекция, генетика и воспроизводство сельскохозяйственных животных» и 06.02.04 – «Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства».

С 1987 г. работал в Сибирском научно-исследовательском и проектно-технологическом институте животноводства младшим научным сотрудником, научным сотрудником, старшим научным сотрудником, главным научным сотрудником, в настоящее время является заведующим лабораторией.

Разработки Б.О. Инербаева – часть комплексных исследований, проводимых СибНИПТИЖем по заданиям Государственного комитета по науке и технике СССР и РФ. Как один из ответственных исполнителей, Базарбай Оразбаевич зарекомендовал себя высококвалифицированным специалистом, способным организатором исследований и внедрения их результатов в сельскохозяйственное производство.

Исследования Базарбая Оразбаевича посвящены совершенствованию племенных и продуктивных качеств разводимых в регионе мясных пород крупного рогатого скота, созданию

новых типов мясного скота, приспособленных к резко континентальному климату, и технологии специализированного мясного скотоводства в Сибири. Отличительная особенность его разработок – научная обоснованность способов и методов повышения эффективности сельскохозяйственного производства экологически безопасной говядины.

Исходя из наследственной обусловленности экстерьерных показателей скота герефордской породы ученый изобрел «Способ определения внутривидового типа телосложения животных». Новый способ конкретизирует научную обоснованность отбора животных желательного типа и тем самым ускоряет селекционный процесс. На основе разработанных параметров Б.О. Инербаевым созданы два селекционных достижения – заводской тип крупного рогатого скота Сонский и тип Садовский. Животные новых типов по живой массе, молочности и продуктивности молодняка превосходят Всероссийский стандарт по породе на 7–15%. На животных новых типов большой спрос в Западной, Восточной Сибири и в Монголии.

Для повышения достоверности первичного зоотехнического учета в мясном скотоводстве, биометрической обработки данных и проведения комплексной оценки племенных и продуктивных качеств животных Базарбай Оразбаевич в соавторстве разработал новую компьютерную программу автоматизированного рабочего места зоотехника-селекционера ARMZOO. Программа внедрена в ведущих племенных хозяйствах по разведению мясного скота в Сибири: ГПЗ «Садовское», «Герефорд», ЗАО «Златоустовское», ЗАО «Таежное» Новосибирской области, ЗАО «Галкинская» Томской области.

В плане новых подходов по технологическим решениям Б.О. Инербаев имеет следующие изобретения: «Способ производства говядины на малых фермах», «Устройство универсальной карды для проведения зооветмероприятий», «Способы мечения животных», «Способ направленного роста рогов», «Способ определения качества мяса», «Способ производства диетической говядины». Новые изобретения позволили разработать модульную ферму по разведению мясного скота в Сибири.

Результаты научных исследований Б.О. Инербаева изложены в 150 работах, в том числе трех монографиях, восьми методических рекомендациях, двух методических указаниях. Он имеет 15 патентов на изобретения, шесть селекционных достижений (новые заводские типы герефордской породы крупного рогатого скота Сонский, Садовский, Баганский мясной, Андриановский, новый тип казахской белоголовой породы Могойтуйский, крупный рогатый скот Сибирячка), а также одно свидетельство на программу для ЭВМ. Базарбай Оразбаевич – лауреат ВДНХ и ВВЦ 1995, 2002, 2003 гг.

С 2000 г. Б.О. Инербаев – председатель секции разведения мясного скота в Совете по племенной работе с породами крупного рогатого скота Сибири и Дальнего Востока. Базарбай Оразбаевич – международный эксперт по герефордской породе мясного скота, ежегодно выступает с докладами по координации работ с породами мясного скота в регионе.

Б.О. Инербаев наряду с научной занимается педагогической деятельностью. Под его руководством защищены три кандидатских диссертации, две подготовлены к защите. Базарбай Оразбаевич работает в Новосибирском региональном институте переподготовки и повышения квалификации руководящих кадров и специалистов агропромышленного комплекса.

Научная тематика исследований Б.О. Инербаева направлена на решение актуальных проблем селекции и технологии мясного скотоводства. Они вносят существенный вклад в развитие теоретических основ мясного скотоводства, соответствуют мировому уровню, нашли широкое применение в сельскохозяйственном производстве Сибирского федерального округа.

Сердечно поздравляем Базарбая Оразбаевича с юбилеем, желаем новых творческих успехов, здоровья, счастья ему и его близким.

Коллектив Сибирского федерального научного центра
агробиотехнологий Российской академии наук



ВЯЧЕСЛАВ СТЕПАНОВИЧ НЕСТЯК



Ушел из жизни 30 августа 2020 г. Вячеслав Степанович Нестяк – ведущий ученый в области перспективных технологий и технических средств для овощеводства, ветеран Сибирского научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства, заслуженный ветеран Сибирского отделения Россельхозакадемии, изобретатель СССР, доктор технических наук, академик Петровской академии наук и искусств (ПАНИ) по отделению «Естественные и технические науки», с 2013 г. – председатель Новосибирского регионального отделения ПАНИ, с 1973 г. – заведующий лабораторией механизации овощеводства Сибирского научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий Российской академии наук.

Вячеслав Степанович родился 9 января 1947 г. в пос. Гигант Сальского района Ростовской области в семье рабочих. В 1970 г. окончил Ростовский-на-Дону институт сельскохозяйственного машиностроения, защитив диплом инженера-механика по специальности «Конструирование и производство сельскохозяйственных машин». С 1970 по 1972 г. служил в Советской армии в танковых войсках. В Сибирском научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства работал с 1972 г., здесь окончил аспирантуру, прошел путь от старшего инженера до заведующего научной лабораторией, принимал активное участие в исследованиях по тематике Сибири, БАМа, Крайнего Севера и Дальнего Востока.

В 1990 г. Вячеслав Степанович защитил кандидатскую диссертацию, в 2001 г. – докторскую. С 2005 по 2011 г. – профессор Новосибирского государственного аграрного университета.

Член диссертационного совета по защите кандидатских и докторских диссертаций.

Научная деятельность Вячеслава Степановича была направлена на решение проблем механизации овощеводства открытого и защищенного грунта. Им разработаны технология и комплект технических средств для выращивания рассады с защитной почвенно-корневой системой, обеспечивающей высокую приживаемость растений, высаживающий аппарат для рассадопосадочной машины. Под его руководством разработана технология и блочно-модульный комплекс защитных сооружений для выращивания теплолюбивых овощей в условиях Новосибирской области. В последние годы его лаборатория начала исследования, направленные на применение цифровых технологий в управлении продукционным процессом растений в искусственных агроэкосистемах.

В.С. Нестяк автор 200 научных работ, в том числе 20 авторских свидетельств и патентов на изобретения. Имеет многочисленные награды различных уровней: института, районного, областного и Министерства сельского хозяйства России. Вячеслав Степанович награждён памятным знаком «Изобретатель СССР», медалью «Ветеран труда», двумя памятными медалями администрации Новосибирска «За труд на благо города», медалью им. И.И. Синягина «За особый вклад в развитие аграрной науки Сибири», памятным знаком ПАНИ «За верность России», является лауреатом премии СО РАСХН по механизации им. А.И. Селиванова и премии Петровской академии наук и искусств.

В сердцах коллег В.С. Нестяк навсегда останется ярким, справедливым, неординарным человеком как талантливый ученый-исследователь, умелый организатор и общественный деятель.

Мы глубоко скорбим по тяжёлой утрате для института и выражаем искреннее соболезнование его родным, близким, коллегам и друзьям.

Коллектив Сибирского федерального научного центра
агробиотехнологий Российской академии наук