

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

СИБИРСКИЙ ВЕСТНИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

УЧРЕДИТЕЛИ: СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ОСНОВАН В 1971 г.

Том 49, № 6 (271)



2019
ноябрь – декабрь

Главный редактор академик РАН А.С. ДОНЧЕНКО
Заместитель главного редактора О.Н. ЖИТЕЛЕВА

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

В.В. Альт	академик РАН, Новосибирск, Россия
О.С. Афанасенко	академик РАН, Санкт-Петербург, Россия
А.Н. Власенко	академик РАН, Новосибирск, Россия
Н.Г. Власенко	академик РАН, Новосибирск, Россия
Н.П. Гончаров	академик РАН, Новосибирск, Россия
И.М. Горобей	доктор сельскохозяйственных наук, Новосибирск, Россия
М.И. Гулюкин	академик РАН, Москва, Россия
В.Н. Делягин	доктор технических наук, Новосибирск, Россия
И.М. Донник	академик РАН, Москва, Россия
Н.А. Донченко	член-корреспондент, Новосибирск, Россия
Н.М. Иванов	член-корреспондент, Новосибирск, Россия
А.Ю. Измайлов	академик РАН, Москва, Россия
В.К. Каличкин	доктор сельскохозяйственных наук, Новосибирск, Россия
С.И. Кашеваров	академик РАН, Новосибирск, Россия
Н.И. Магер	доктор биологических наук, Новосибирск, Россия
С.П. Озорнин	доктор технических наук, Чита, Россия
В.Л. Петухов	доктор биологических наук, Новосибирск, Россия
Р.И. Полунина	доктор сельскохозяйственных наук, Новосибирск, Россия
М.И. Селионова	доктор биологических наук, Ставрополь, Россия
В.А. Солошенко	академик РАН, Новосибирск, Россия
Н.А. Сурин	академик РАН, Красноярск, Россия
И.Ф. Храмов	академик РАН, Омск, Россия
И.Н. Шарков	доктор биологических наук, Новосибирск, Россия

Иностранцы члены редколлегии:

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

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



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 агробιοтехнологий 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

Сдано в набор 05.12.19. Подписано в печать 20.01.2020. Формат 60 × 84¹/₈. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 15,75.
Уч-изд. л. 12,0. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агробιοтехнологий Российской академии наук
© ФГБУ «Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук», 2019
© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2019



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

**ЗЕМЛЕДЕЛИЕ
И ХИМИЗАЦИЯ**

**AGRICULTURE
AND CHEMICALIZATION**

Власенко Н.Г., Теплякова О.И., Душкин А.В. Применение механокомплексов тебуконазола с полисахаридами растительного происхождения для защиты яровой пшеницы от болезней листьев

5 Vlasenko N.G., Teplyakova O.I., Dushkin A.V. Application of mechanocomplexes of tebukonazole with vegetable organic polysaccharides for protection of spring wheat from leaf diseases

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

PLANT GROWING AND BREEDING

Хаксар Е.В., Романова М.С., Новиков О.О., Леонова Н.И., Ромашов Г.А. Получение качественного семенного материала картофеля на аэрогидропонных установках

16 Haksar E.V., Romanova M.S., Novikov O.O., Leonova N.I., Romashov G.A. Obtaining high quality potato seed material on aero-hydroponic installations

Карлов Г.И., Литвинов Д.Ю., Харченко П.Н., Крупин П.Ю., Ширнин С.Ю., Черноок А.Г., Назарова Л.А., Дивашук М.Г. Адаптация метода определения активности нитратредуктазы для массовых анализов растений

23 Karlov G.I., Litvinov D.Y., Kharchenko P.N., Krupin P.Yu., Shirnin S.Yu., Chernook A.G., Nazarova L.A., Divashuk M.G. Adaptation of nitrate reductase activity assay for high throughput screening of crops

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

Спиридонов Ю.Я., Калимуллин А.Т., Протасова Л.Д., Абубикеров В.А., Спиридонова И.Ю. Интегрированная защита озимой пшеницы от комплекса вредных объектов в условиях Европейского Нечерноземья РФ

Андреева И.В., Шаталова Е.И., Калмыкова Г.В., Акулова Н.И., Ульянова Е.Г. Восприимчивость разных видов чешуекрылых насекомых к штамму *Bacillus thuringiensis* ssp. *aizawai*

ЖИВОТНОВОДСТВО
И ВЕТЕРИНАРИЯ

Донченко А.С., Донченко Н.А., Жумаш А.С., Шаймбетова А.К., Тургумбеков А.Б., Илимбаева А.К. Профилактика туберкулеза крупного рогатого скота, завозимого из-за рубежа

Яранцева С.Б., Герасимчук Л.Д., Шишкина М.А. Новая порода крупного рогатого скота молочного направления Сибирячка

Бонина О.М., Сербина Е.А. Морфобиологические характеристики церкарий трематод семейств Opisthorchiidae и Notocotylidae

Игнатьева Л.П., Белоус А.А., Недашковский И.С., Костюнина О.В., Сермягин А.А., Зиновьева Н.А. Оценка индивидуального уровня гомозиготности быков на основе геномной информации

PLANT PROTECTION

34 Spiridonov Yu.Ya., Kalimullin A.T., Protasova L.D., Abubikerov V.A., Spiridonova I.Yu. Integrated protection of winter wheat from a complex of harmful causes in european non-chernozem region of the RF

44 Andreeva I.V., Shatalova E.I., Kalmykova G.V., Akulova N.I., Ulyanova E.G. Susceptibility of different species of lepidoptera insects to strain *Bacillus thuringiensis* ssp. *aizawai*

ANIMAL HUSBANDRY
AND VETERINARY SCIENCE

53 Donchenko A.S., Donchenko N.A., Zhumash A.S., Shaymbetova A.K., Turgumbekov A.B., Iimbayeva A.K. Prevention of tuberculosis of cattle imported from abroad

62 Yarantseva S.B., Gerasimchuk L.D., Shishkina M.A. New breed of dairy cattle Sibiryachka

71 Bonina O.M., Serbina E.A. Morphobiological characteristics of trematode cercariae of the families Opisthorchiidae and Notocotylidae

79 Ignatieva L.P., Belous A.A., Nedashkovsky I.S., Kostyunina O.V., Sermyagin A.A., Zinovieva N.A. Evaluation of the individual level of homozygosity of bulls on the basis of genomic information

- Леонова М.А., Онищенко И.С., Балыбина Н.Ю., Пенькова И.Н. Серологический мониторинг микоплазмоза крупного рогатого скота 88 Leonova M.A., Onishchenko I.S., Balybina N.Yu., Pen'kova I.N. Serological monitoring of cattle mycoplasmosis

**МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ,
МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

**MECHANISATION,
AUTOMATION, MODELLING
AND DATAWARE**

- Чемоданов С.И., Патрин П.А., Патрин В.А., Сабашкин В.А. Результаты очеса высоковлажной растительной массы пшеницы 96 Chemodanov S.I., Patrin P.A., Patrin V.A., Sabashkin V.A. The results of stripping high-moisture wheat plant mass

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

BRIEF REPORTS

- Онищенко И.С., Пенькова И.Н., Балыбина Н.Ю., Леонова М.А., Коптев В.Ю. Оценка эпизоотической ситуации по артриту-энцефалиту коз в Новосибирской области 104 Onishchenko I.S., Penkova I.N., Balybina N.Yu., Leonova M.A., Koptev V. Yu. Evaluation of epizootic situation on arthritis-encephalitis of goats in novosibirsk region

**ИЗ ИСТОРИИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ**

**FROM THE HISTORY
OF AGRICULTURAL SCIENCE**

- Ценч Ю.С. Становление и развитие сельскохозяйственного машиностроения России до 1917 г. 109 Tsench Yu.S. Formation and development of agricultural engineering in Russia before 1917

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

OUR JUBILJARS

- ИВАН ИВАНОВИЧ КЛИМЕНОК
(к 70-летию со дня рождения) 116 IVAN IVANOVICH KLIMENOK
(tu the 70-th anniversary of the birth)



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-1

УДК: 632.952.:621.926.47

ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНОКОМПЛЕКСОВ ТЕБУКОНАЗОЛА С ПОЛИСАХАРИДАМИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ БОЛЕЗНЕЙ ЛИСТЬЕВ

¹Власенко Н.Г., ¹Теплякова О.И., ²Душкин А.В.

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

²Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук
Новосибирск, Россия

Для цитирования: Власенко Н.Г., Теплякова О.И., Душкин А.В. Применение механокомплексов тебуконазола с полисахаридами растительного происхождения для защиты яровой пшеницы от болезней листьев // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 6. С. 5–15. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-1

For citation: Vlasenko N.G., Teplyakova O.I., Dushkin A.V. Primenenie mekhanokompleksov tebukonazola s polisakharidami rastitel'nogo proiskhozhdeniya dlya zashchity yarovoï pshenitsy ot boleznei list'ev [Application of mechano-complexes of tebukonazole with vegetable organic polysaccharides for protection of spring wheat from leaf diseases]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 6, pp. 5–15. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-1

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Изучены возможности использования супрамолекулярных комплексов тебуконазола с растительными полисахаридами против болезней листьев яровой пшеницы. Эксперимент (2018, 2019 гг.) проведен в посевах сортов Новосибирская 31 и Обская 2 в лесостепной зоне Западной Сибири. Результаты испытаний сравнивали с эффективностью фунгицида Фоликур, КЭ (д.в. тебуконазол, 250 г/л, норма расхода 1 л/га). Однократное применение комплексов тебуконазола с экстрактом корней солодки (соотношение 1 : 5) и арабиногалактаном (соотношение 1 : 10) с нормой расхода 0,5 кг/га в начале колошения пшеницы подавляло развитие септориоза, бурой ржавчины и мучнистой росы в течение 30 дней после обработки. Биологическая эффективность

APPLICATION OF MECHANOCOMPLEXES OF TEBUCONAZOLE WITH VEGETABLE ORGANIC POLYSACCHARIDES FOR PROTECTION OF SPRING WHEAT FROM LEAF DISEASES

¹Vlasenko N.G., ¹Teplyakova O.I., ²Dushkin A.V.

¹Siberian Federal Scientific Centre of AgroBio-Technologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

²Institute of Solid State Chemistry and Mechano-chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Novosibirsk, Russia

The possibilities of using the supramolecular complexes of tebuconazole with plant polysaccharides against diseases of spring wheat leaves were studied. The experiment (2018, 2019) was conducted in the crops of Novosibirskaya 31 and Obskaya 2 varieties in the forest-steppe zone of Western Siberia. The test results were compared with the efficiency of fungicide Folicur, EC (active ingredient tebuconazole, 250 g / l, flow rate 1 l / ha). A single use of complexes of tebuconazole with licorice root extract (ratio 1 : 5) and arabinogalactan (ratio 1 : 10) with the consumption rate of 0.5 kg / ha at the beginning of wheat earing phase suppressed the development of Septoria, brown rust and powdery mildew within 30 days after treatment. The biological effectiveness of the studied complexes in the

изучаемых комплексов на посевах сорта Новосибирская 31 была высокой и составила 95,0 и 85; 98,5 и 95,3; 86,4 и 71,0% соответственно (эталона – 97,5; 99,4 и 98,9%). Пораженность септориозом Обской 2 снизилась на 92,3 и 94,0%, в варианте с Фоликуром – на 99,8%. Фунгицидные комплексы увеличивали ассимиляционную поверхность флагового листа у Новосибирской 31 на 34,8 и 35,8%, Обской 2 на 32,4 и 22,9%, Фоликур на 29,8 и 26,1%. Отмечено также повышение числа зерен в колосе у Новосибирской 31 на 26,7 и 23,3%, у Обской 2 на 11,4 и 8,9%, при применении Фоликура на 27,6 и 7,1%. Масса 1000 зерен у Новосибирской 31 возросла на 18,1 и 18,7%, у Обской 2 на 13,7 и 14,1%, что больше, чем в варианте с Фоликуром 9,1 и 6,2%. Масса зерна главного колоса при обработке пшеницы Новосибирская 31 и Обская 2 комплексом тебуконазола с экстрактом корней солодки увеличилась на 50,0 и 20,2%, с арабиногалактаном – на 44,9 и 17,7%, что выше показателей эталона – 39,8 и 14,6%. Защита посевов изучаемыми комплексами обеспечила повышение урожайности зерна яровой мягкой пшеницы Новосибирская 31 на 18,7 и 17,8%, Обская 2 на 19,8 и 14,8% (Фоликуром на 16,2 и 12,1%). Применение механокомплексов тебуконазола с экстрактом корней солодки и арабиногалактаном при снижении норм расхода действующего вещества примерно в 2,9 и 5,6 раза обеспечивает эффективность не ниже или даже выше, чем коммерческий фунгицид Фоликур.

Ключевые слова: мягкая яровая пшеница, механокомплекс, тебуконазол, экстракт солодки, арабиногалактан, урожайность

ВВЕДЕНИЕ

Интегрированное управление фитосанитарным состоянием агроценозов предусматривает использование всех известных способов защиты, способных эффективно влиять на продуктивность растения-хозяина. Конкретные возможности увеличения производства продукции за счет улучшения защиты растений от вредных организмов, с распространением которых связаны потери урожая, определяются плотностью популяций и их вредоносностью. Агротехнологии, разработанные на основании оценки болезнеустойчивости или болезневыносливости растения-хозяина, эффективности новых

crops of cultivar Novosibirskaya 31 was high and accounted for 95.0% and 85%; 98.5% and 95.3%; 86.4% and 71.0%, respectively (the standard is 97.5%, 99.4% and 98.9%). The prevalence of Septoria in Obskaya 2 decreased by 92.3% and 94.0%, in the variant with Folicur – by 99.8%. Fungicidal complexes increased the assimilation surface of the flag leaf of Novosibirskaya 31 by 34.8% and 35.8%, Obskaya 2 – by 32.4% and 22.9%, and in the variant with Folicur – by 29.8% and 26.1%. There was also an increase in the number of grains in the ear in Novosibirskaya 31 by 26.7% and 23.3%, in Obskaya 2 – by 11.4% and 8.9%, with Folicur – by 27.6% and 7.1%. The mass of 1000 grains in Novosibirskaya 31 increased by 18.1% and 18.7%, in Obskaya 2 – by 13.7% and 14.1%, which is higher than in the variant with Folicur (9.1% and 6.2%). The grain weight in the main ear during treatment of Novosibirskaya 31 and Obskaya 2 wheat with the complex of tebuconazole with licorice root extract increased by 50.0% and 20.2%, with arabinogalactan – by 44.9% and 17.7%, which is higher than the standard (39.8% and 14.6%). The protection of crops by the studied complexes ensured an increase in the grain yield of spring common wheat Novosibirskaya 31 by 18.7% and 17.8%, Obskaya 2 – by 19.8% and 14.8%, (with Folicur – by 16.2% and 12.1%). The use of mechanocomplexes of tebuconazole with licorice root extract and arabinogalactan while reducing the consumption rates of the active ingredient by about 2.9 and 5.6 times ensures the efficiency which is not lower, but in some cases even higher than that of the commercial fungicide Folicur.

Keywords: spring common wheat, mechanocomplex, tebuconazole, licorice extract, arabinogalactan, yield

препаратов, их норм расхода, могут обеспечивать высокие урожаи [1–3]. Постоянные изменения в патогенных комплексах, появление новых видов, рас, патотипов, представляющих большую фитосанитарную опасность, усиление развития и вредоносности биообъектов, ранее не имевших хозяйственного значения, требуют поиска новых высокоэффективных и экологических препаративных форм препаратов. Такие препаративные формы должны быть способны в различных агроклиматических регионах нивелировать фитосанитарно-экономические риски и снижать опасность применения химического метода¹ [4, 5]. В рамках ком-

¹Гришечкина Л.Д. Агробиологическое и экотоксикологическое обоснование формирования ассортимента фунгицидов для защиты пшеницы: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. СПб., 2018. 36 с.

плексных методов защиты, где норма расхода фунгицида и время его применения рассчитываются на основе устойчивости сортов и инфекционной ситуации в поле, рассматривается использование уменьшенных норм расхода [6], возможность воздействия на формирование инфекционных структур малоопасными биофунгицидными соединениями [7], индуцирующими в растениях устойчивость как к болезням, так и к физиологическим стрессам [8, 9]. Ведется разработка и создание наноразмерных фунгицидов с улучшенной растворимостью, прилипаемостью и объемами удерживания фунгицида на поверхностях листьев [10]. Пестицидные препараты с фунгицидной активностью и наноразмерными частицами существенно повышают биологическую эффективность в отношении действия на целевые организмы, обеспечивая снижение гектарных норм их расхода. В качестве перспективных форм рассматриваются углеродные наноструктуры – водорастворимые производные фуллеренов, способных стимулировать рост яровой пшеницы, накопление биомассы листьев, стеблей и корней [11, 12]. В качестве альтернативы старым коммерческим препаратам предлагается использовать наноконплексные формы [13], микроэмульсии, концентраты микроэмульсий и коллоидных растворов, которые обеспечивают прибавки урожая на уровне либо выше препаратов в традиционных препаративных формах. Их высокая эффективность и однократное применение позволяют снизить токсическую нагрузку на агроценозы и широко использовать в современных системах защиты яровой пшеницы [14].

Цель исследования – оценить эффективность фунгицидных супрамолекулярных комплексов тебуконазола с экстрактом корней солодки и полисахаридом арабиногалактаном против болезней листьев яровой мягкой пшеницы, выявить наличие росто-регулирующих свойств препаратов, их влияние на продукционный процесс и сохранность урожая зерна.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2018–2019 гг. на опытном поле Сибирского научно-исследовательского института земледелия и химизации сельского хозяйства Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (СибНИИЗиХ СФНЦА РАН), расположенном в Центрально-лесостепном Приобском агроландшафтном районе Новосибирской области. В опытах использовали два сорта яровой мягкой пшеницы – Обская 2 и Новосибирская 31, которые размещали по паровому предшественнику. Посев осуществляли в начале III декады мая с нормой высева 6 млн всхожих зерен/га. Опыты включали четыре варианта:

- 1) контроль без обработки фунгицидами;
- 2) Фоликур, КЭ (д.в. тебуконазол, 250 г/л) – эталон с нормой расхода 1 л/га;
- 3) супрамолекулярный комплекс тебуконазола с растительными метаболитами – экстрактом корней солодки *Glycyrrhiza uralensis* (1 : 5; ВМ 24 ч), норма расхода препарата 0,5 кг/га;
- 4) супрамолекулярный комплекс тебуконазола с полисахаридом арабиногалактаном, выделяемым из древесины лиственниц *Larix sibirica* и *Larix gmelinii* (1 : 10; ВМ 6 ч), норма расхода препарата 0,5 кг/га.

Приготовление сухих композиций – комплексов тебуконазола с экстрактом солодки и тебуконазола с арабиногалактаном – осуществляли по оригинальной механохимической технологии, описанной ранее² [15–18]. Обработку посевов фунгицидами против комплекса болезней листьев проводили в начале колошения ручным опрыскивателем с нормой расхода рабочей жидкости 300 л/га. Семена перед посевом обрабатывали системным фунгицидом. Посевы в фазе кущения опрыскивали баковой смесью дикотицида и граминицида против комплекса сорняков. Наблюдения за развитием болезней пшеницы (септориоз – *Septoria nodorum* Berk. *Septoria tritici* Rob. et Desm., бурая листовая ржавчина – *Puccinia recondita* Rob. et Desm.; мучнистая роса – возбудитель

Blumeria graminis (DC) Speer. (синоним *Erysiphe graminis* DC) *f. tritici* Em. Marchal (порядка *Erysiphales*) проводили в динамике согласно рекомендациям [19]. Площадь флаг-листа главного побега ($n = 100$) определяли методом промеров [20] с поправочным коэффициентом 0,67 в фазе молочной спелости, показатели структуры колоса ($n = 100$) перед уборкой опыта³. Уборку урожая осуществляли прямым комбайнированием («Сампо-500») 5 и 3 сентября. Урожайность приводили к стандартной влажности и чистоте. Математическую обработку данных осуществляли с помощью пакета прикладных программ Снедекор⁴.

По метеорологическим показателям 2018 г. существенно отличался от среднеемноголетних показателей, особенно в начале вегетации пшеницы. Температура воздуха в мае зарегистрирована ниже нормы на 3,3 °С на фоне обильных осадков, превысивших среднеемноголетние значения в 2,3 раза. Июнь по температурному режиму отмечен выше среднеемноголетних показателей на 2,4 °С, при этом норма осадков превышена в 1,2 раза. В июле температура воздуха в среднем за месяц была близка к норме, но в I и III декадах зафиксирована ниже среднеемноголетних значений на 1,1 и 2,8 °С. во II декаде превысила их на 2,5 °С. При этом осадков в I декаду выпало в 1,9 раза меньше нормы, во II декаду они практически отсутствовали, в III их было в 2 раза больше нормы. В I декаде августа температура воздуха была на 2,1 °С ниже среднеемноголетних значений, во II и III – превысила их на 2,4 и 2,0 °С. В августе отмечен дефицит осадков, их выпало в 1,9 раза меньше нормы, при этом в I и II декадах – в 6,3 и 7,4 раза ниже, в III – в 1,3 раза больше нормы.

В целом по метеорологическим показателям 2019 г. был неблагоприятным для формирования высокой продуктивности растений. Температура воздуха в мае была на

уровне нормы, незначительный недобор составил только во II декаде – на 1,3 °С. Обильные осадки выпали лишь в III декаде месяца и за счет этого приход атмосферной влаги превысил месячную норму в 1,2 раза. Июнь и июль по температурному режиму близки к среднеемноголетним, однако в июне был недобор тепла в III декаде на 1,2 °С, в июле наблюдали превышение температуры воздуха в I и II декадах на 0,7 °С и такой же недобор тепла в III декаде. При этом в июне осадков выпало всего около 45% нормы, особенно мало их было в I и III декадах – в 2,0 и 7,4 раза ниже среднеемноголетних значений соответственно. Таким образом, кущение пшеницы проходило в крайне неблагоприятных погодных условиях. В июле осадки выпадали крайне неравномерно – практически отсутствовали в III декаде и превысили норму на 13,0 и 38,0 мм в I и II, что дало превышение среднеемноголетнего показателя в 1,4 раза. Август отмечен теплым и сухим. Температура в течение всего месяца зарегистрирована выше среднеемноголетних показателей по декадам на 3,1; 1,8 и 2,9 °С соответственно, за месяц температурные значения превысили норму в 1,2 раза. Недобор осадков на протяжении всего месяца составил: в I декаде августа – в 15,0 раз, во II и III – в 2,2 и 2,0 раза соответственно. В результате урожайность сорта Новосибирская 31 в 2018 г. варьировала от 5,36 до 6,02 т/га, Обская 2 – от 4,72 до 5,67, в 2019 г. – от 3,16 до 4,03 и от 3,55 до 4,24 т/га соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В годы исследований посева поражались характерными и распространенными в лесостепной зоне Западной Сибири болезнями листьев – септориозом, бурой ржавчиной и мучнистой росой. Все три заболевания ежегодно развивались на листьях пшеницы Новосибирская 31. Растения сорта Обская 2 по-

²Патент РФ № 2619249, МПК: А01N43/653, Композиция для протравливания семян и способ ее получения / А.В. Душкин, Е.С. Метелева, Н.Г. Власенко, О.И. Теплякова, С.С. Халиков. Заявл. 07.11.2016, опубл. 12.05.2017.

³Ещенко В.Е., Трифонова М.Ф., Копытко П.Г., Соловьев А.М., Фирсов И.П., Шевченко В.А. Основы опытного дела в растениеводстве. М.: Колос, 2009. 268 с.

⁴Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск, РПО. 2012. 282 с.

ражались в большей мере септориозом, незначительно – мучнистой росой и в единичных случаях – бурой ржавчиной (см. табл. 1).

Интенсивность и динамика поражения растений септориозом в посевах Обской 2 детерминировались условиями года. В 2018 г. более сильное проявление заболевания отмечено в нижнем ярусе растений, с высотой интенсивность снижалась. В фазе колошения пшеницы распространенность септориоза достигла 89 и 44 % (3-й и 2-й сверху лист), в 2019 г. – 10% (3-й и 2-й сверху лист), индексы развития составили 6,04; 0,44 и 0,1% соответственно. Однако в 2019 г. уже через 12 дней после выколашивания распространенность септориоза в незащищенных посевах Обской 2 достигала 83,0% (2-й сверху лист) и 56% (1-й сверху лист). Флаговый лист пшеницы Обская 2 к фазе молочно-восковой спелости поразила в 2,3 раза сильнее, чем в условиях 2018 г. Развитие септориоза в посевах Новосибирской 31 сдерживали две другие болезни. В 2018 г. – бурая ржавчина, поразившая флаговый лист практически всех незащищенных растений (распространенность 97%, индекс развития болезни в фазе молочно-восковой спелости зерна 60,8%). В 2019 г. – бурая ржавчина и мучнистая роса. Через 12 дней после полного выколашивания распространенность этих двух заболеваний в контроле (2-й сверху лист) достигла 35 и 98%, средняя интенсивность поражения 0,9 и 12,4%. В дальнейшем интен-

сивнее развивалась бурая ржавчина, поразившая в фазе молочно-восковой спелости зерна все (распространенность 100%) растения пшеницы Новосибирская 31.

Оба изучаемых супрамолекулярных комплекса тебуконазола с растительными метаболитами – экстрактом корней солодки и арабиногалактаном – подавляли развитие болезней листьев в посевах пшеницы (см. табл. 2).

Ежегодно доминирующую в патогенном комплексе бурую ржавчину эффективно контролировал тебуконазол в комплексе с экстрактом корней солодки (биологическая эффективность 98,5%). Фитосанитарный эффект от обработки посевов тебуконазолом в комплексе с арабиногалактаном (биологическая эффективность 95,3%) был несколько слабее полученного от химического эталона (биологическая эффективность 99,4%). Тебуконазол в комплексе с экстрактом корней солодки надежнее защищал листовую аппарат от поражения септориозом (биологическая эффективность 95,0%), чем с арабиногалактаном (85,0 %), и лишь немного уступал Фоликуру (97,5%). Этот же супрамолекулярный комплекс эффективно (в 1,2 раза) контролировал мучнистую росу. Слабее ее развитие сдерживал тебуконазол в комплексе с арабиногалактаном, уступая по биологической эффективности в 1,4 раза Фоликуру.

Фитосанитарный эффект на яровой пшенице Обская 2, восприимчивой только к сеп-

Табл. 1. Динамика развития болезней листьев яровой мягкой пшеницы в контроле, флаговый лист, %
Table 1. Dynamics of the development of leaf diseases in spring common wheat in the control, flag leaf, %

Болезнь листьев	Фаза колошения		Число дней после выколашивания растений					
			2018 г.			2019 г.		
	2018 г.	2019 г.	12	21	28	12	21	28
<i>Новосибирская 31</i>								
Мучнистая роса	0,11	0,28	6,14	7,66	3,30	5,01	13,60	14,31
Септориоз	0,16	0,00	0,33	5,78	21,60	0,34	5,81	21,51
Бурая ржавчина	0,00	0,00	7,36	29,70	60,80	0,31	9,90	32,10
<i>Обская 2</i>								
Мучнистая роса	0,00	0,00	0,02	0,16	0,10	0,11	0,15	0,26
Септориоз	0,14	0,00	0,09	4,48	4,76	2,49	3,95	10,92
Бурая ржавчина	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,02	0,00	0,13

Табл. 2. Биологическая эффективность комплексов тебуконазола с растительными полисахаридами против болезней листьев пшеницы, сорт Новосибирская 31, флаговый лист (средняя за 2018–2019 гг.), %

Table 2. Biological efficacy of tebuconazole complexes with plant polysaccharides against wheat leaf diseases, Novosibirskaya 31 variety, flag leaf (average for 2018-2019), %

Болезнь	Фунгицид	Дней после обработки		
		12	21	28
Мучнистая роса	Фоликур КЭ, 1 л/га	98,7	98,1	98,9
	Тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 5, 0,5 кг/га)	91,0	92,6	86,4
	Тебуконазол : арабиногалактан (1 : 10, 0,5 кг/га)	89,8	87,4	71,0
Септориоз	Фоликур КЭ, 1 л/га	92,5	98,1	97,5
	Тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 5, 0,5 кг/га)	97,6	94,6	95,0
	Тебуконазол : арабиногалактан (1 : 10, 0,5 кг/га)	96,1	95,3	85,0
Бурая ржавчина	Фоликур КЭ, 1 л/га	100,0	99,9	99,4
	Тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 5, 0,5 кг/га)	99,8	99,9	98,5
	Тебуконазол : арабиногалактан (1 : 10, 0,5 кг/га)	97,5	99,2	95,3

ториозу, интенсивнее поразившему посевы во второй год исследований, был сопоставим с результативностью обработки коммерческим фунгицидом (см. табл. 3).

Однократная обработка изучаемыми фунгицидными композициями эффективно контролировала септориоз в посевах пшеницы Обская 2 на протяжении месяца со дня обработки. В фазе молочно-восковой спелости зерна индексы развития болезни в опытных вариантах (тебуконазол с экстрактом солодки – 1,55 и тебуконазол с арабиногалактаном – 3,36%) зарегистрированы ниже контрольного показателя в 13,9 и 6,4 раза (в варианте с Фоликуром – 0,03%). Частота встречаемости пораженных септориозом флаговых листьев пшеницы Обская 2, обработанной в начале колошения изучаемыми комплексами, снижалась в 3,5 и 2,8 раза (в контроле частота встречаемости 88%, в варианте с Фоликуром – 3%).

У защищенной фунгицидными комплексами пшеницы достоверно увеличивалась (степень влияния по Снедекору 99,7 и 99,5% в 2018 г., 99,9 и 95,7 % в 2019 г.) площадь флагового листа и задерживалось старение листьев (см. табл. 4). Формирование флагового листа в большей степени определялось условиями выращивания (доля влияния фактора за год равна 60,7%). Однако и применение фунгицидов оказывало достаточно сильное воздействие (доля влияния фактора фунгицида равна 28,5%). Сорт опреде-

Табл. 3. Биологическая эффективность комплексов тебуконазола с растительными полисахаридами против септориоза листьев пшеницы, сорт Обская 2, флаговый лист, 2019 г., %

Table 3. Biological effectiveness of complexes of tebuconazole with plant polysaccharides against Septoria leaf blotch of wheat, Obskaya 2 variety, flag leaf, 2019, %

Фунгицид	Дней после обработки		
	12	21	28
Фоликур КЭ, 1 л/га	99,6	99,5	99,8
Тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 5, 0,5 кг/га)	97,2	94,4	92,3
Тебуконазол : арабиногалактан (1 : 10, 0,5 кг/га)	96,0	96,2	94,3

лял варьирование показателя лишь на 2,5%. Из двух изучаемых фунгицидов в оба сезона лучший стимулирующий эффект на формирование флаг-листа у Обской 2 оказывал тебуконазол в комплексе с экстрактом солодки: в 1,4 и 1,2 раза выше, чем в варианте тебуконазол с арабиногалактаном.

Увеличение площади флагового листа пшеницы, защищенной от аэрогенных болезней супрамолекулярными комплексами тебуконазола с экстрактом корней солодки и арабиногалактаном, в большей мере (в среднем на 34,8 и 35,8%, в варианте с Фоликуром на 29,8%) происходило у растений сорта Новосибирская 31. В посевах сорта Обская 2 показатели ниже – 32,4; 22,9 и 26,1% соответственно.

Табл. 4. Площадь флаг-листа главного побега яровой пшеницы, защищенной комплексами тебуконазола с растительными полисахаридами (см²)

Table 4. Flag-leaf area of the main shoot of spring wheat protected by complexes of tebuconazole with plant polysaccharides (cm²)

Вариант	Новосибирская 31				Обская 2			
	см ²		+ к контролю, %		см ²		+ к контролю, %	
	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.
Контроль без обработки фунгицидами	18,4	12,2	–	–	18,1	15,8	–	–
Фоликур, КЭ, 1 л/га	24,7	15,3	34,2	25,4	24,0	18,9	32,6	19,6
Тебуконазол : экстракт корней солодки (1 : 5, 0,5 кг/га)	25,2	16,2	36,9	32,8	25,8	19,3	42,5	22,2
Тебуконазол : арабиногалактан (1 : 10, 0,5 кг/га)	24,2	17,1	31,5	40,2	23,2	18,6	28,1	17,7
НСР ₀₅	0,2	0,1			0,3	0,5		

Использование супрамолекулярных комплексов тебуконазола с экстрактом корней солодки и арабиногалактаном для защиты яровой пшеницы ограничивало вредоносность бурой ржавчины, септориоза и мучнистой росы, положительно влияло на фотосинтезирующую поверхность флагового листа. Это стало определяющим фактором повышения показателей продуктивности колоса и урожайности зерна (см. табл. 5).

У растений пшеницы повысилась озерненность главного колоса и крупность зерновок. Их число в вариантах, где применялись супрамолекулярные комплексы, увеличилось у Новосибирской 31 на 26,7 и 23,3%, у Обской 2 на 11,4 и 8,9%, а при использовании Фоликура – на 27,6 и 7,1%. Масса

1000 зерен также возрастала в первом случае на 6,6 и 6,8 г, во втором – на 4,3 и 4,4 г (в варианте с Фоликуром на 3,3 и 3,0 г). В результате масса зерна главного колоса, защищенного фунгицидными препаратами тебуконазол с экстрактом корней солодки и тебуконазол с арабиногалактаном, достоверно превысила контрольный показатель на 50,0 и 44,9% у пшеницы сорта Новосибирская 31, на 20,2 и 17,7% у Обской 2. В варианте с применением Фоликура масса зерна главного колоса увеличилась на 39,8 и 14,6% соответственно.

В этих вариантах существенно увеличился сбор зерна: продуктивность пшеницы Новосибирская 31 возросла на 0,80 и 0,76 т/га, или 18,7 и 17,8%, Обской 2 – на 0,82 и 0,61 т/га, или 19,8 и 14,8%, что выше

Табл. 5. Показатели продуктивности главного колоса и урожайность мягкой яровой пшеницы, защищенной комплексами тебуконазола с растительными полисахаридами (среднее за 2018–2019 гг.)

Table 5. Indicators of productivity of the main spike and yield of spring common wheat protected by tebuconazole complexes with vegetable polysaccharides (average for 2018-2019)

Вариант опыта	Новосибирская 31				Обская 2			
	число зерен, шт.	масса 1000 зерен, г	масса зерна колоса, г	урожайность, т/га	число зерен, шт.	масса 1000 зерен, г	масса зерна колоса, г	урожайность, т/га
Контроль без обработки фунгицидами	32,6	36,39	1,18	4,26	32,4	48,29	1,58	4,13
Фоликур, КЭ (1 л/га – 0,25кг в пересчете на чистый ТБК)	41,6	39,62	1,65	4,95	34,7	52,17	1,81	4,63
Тебуконазол: экстракт солодки (1 : 5, 0,5 кг/га – 0,085 кг в пересчете на чистый ТБК)	41,3	42,89	1,77	5,06	36,1	52,59	1,90	4,95
Тебуконазол: арабиногалактан (1 : 10, 0,5 кг/га – 0,045 кг в пересчете на чистый ТБК)	40,2	43,12	1,73	5,02	35,3	52,70	1,86	4,74
НСР ₀₅	0,5	0,75	0,05	0,15	0,3	0,50	0,02	0,19
Степень влияния по Снедекору, %	99,6	98,5	98,8	93,8	98,4	98,8	99,4	92,2

аналогичного результата, полученного от обработки растений коммерческим фунгицидом Фоликур – 0,69 и 0,50 т/га, или 16,2 и 12,1%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты показывают, что в условиях лесостепной зоны Западной Сибири однократной обработкой, проведенной в начале колошения пшеницы супрамолекулярными комплексами тебуконазола с экстрактом корней солодки в массовом соотношении 1 : 5 (время механохимической обработки в мельнице ВМ 24 ч) и с арабиногалактаном 1 : 10 (время механохимической обработки 6 ч) с нормой расхода препарата 0,5 кг/га, можно эффективно контролировать болезни листьев, вызываемые фитопатогенными грибами *Puccinia recondita*, *Septoria nodorum*, *Blumeria graminis*. Новые формы фунгицидных препаратов оказывают выраженное ростостимулирующее воздействие на флаговый лист яровой пшеницы, от величины которого зависят такие элементы структуры урожая, как количество зерен в колосе, масса зерна главного колоса, масса 1000 зерен. Выявленные эффективные фитосанитарные и ростостимулирующие свойства фунгицидных комплексов способствовали повышению зерновой продуктивности яровой мягкой пшеницы с различной степенью устойчивости к болезням листьев на уровне или выше фунгицида Фоликур, КЭ (д.в. тебуконазол, 250 г/л), использованного с рекомендуемой нормой расхода 1 л/га. Разработанные супрамолекулярные комплексы тебуконазола с экстрактом корней солодки и с арабиногалактаном позволяют значительно, примерно в 2,9 и 5,6 раза, снизить количество действующего вещества и получить эффект, сопоставимый с рекомендованным фунгицидом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаренко В.А., Захаренко А.В. Экономический аспект применения пестицидов в современном земледелии России // Российский химический журнал. 2005. XLIX (3). С. 55–63.
2. Санин А.А., Ибрагимов Т.З., Стрижекозин Ю.А. Метод расчета потерь урожая пшеницы от болезней // Защита и карантин растений. 2018. № 1. С. 11–15.
3. Захаренко В.А. Мониторинг фитосанитарного состояния агроэкосистем как инструмент повышения эффективности защиты растений // Защита и карантин растений. 2018. № 6. С. 14–17.
4. Санин С.С. Проблемы фитосанитарии России на современном этапе // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2016. Вып. 6. С. 45–55.
5. Зеленева Ю.В., Судникова В.П. Распространенность и развитие возбудителей листовых пятнистостей на территории центрально-черноземного региона // Вестник Томского государственного университета. 2016. Т. 21. Вып. 2. С. 619–623. DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-2-619-623.
6. Soovali P., Koppel M., Nurmekivi H. Optimization of chemical disease control in spring wheat // Agronomy research. 2006. N 4. P. 389–392.
7. Li W., Csukai M., Corran A., Crowley P., Solomon P.S., Oliver R.P. Malayamycin, a new streptomycete antifungal compound, specifically inhibits sporulation of *Stagonospora nodorum* (Berk) Castell and Germano, the cause of wheat glume blotch disease // Pest Management Science. 2008. N 64 (12). P. 1294–1302. DOI: 10.1002/ps.1632.
8. Тютерев С.Л. Экологически безопасные индукторы устойчивости растений к болезням и физиологическим стрессам // Вестник защиты растений. 2015. № 1 (83). С. 3–13.
9. Шановал О.А., Можарова И.П., Коршунов А.А. Регуляторы роста растений в агротехнологиях // Защита и карантин растений. 2014. № 6. С. 16–20.
10. Wang C., Guo L., Yao J., Wang A., Gao F., Zhao X., Zeng Z., Wang Y., Sun C., Cui H., Cui B. Preparation, characterization and antifungal activity of pyraclostrobin solid nanodispersion by self-emulsifying technique // Pest Management Science. 2019. Vol. 75. P. 2785–2793. DOI: 10.1002/ps.5390
11. Захаренко В.А. Нанофитосанитария – научное направление, объединяющее нанотехнологию и современную защиту растений. Часть 1. Общая концепция // Агрохимия. 2011. № 3. С. 3–16.

12. Панова Г.Г., Канаши Е.В., Семенов К.Н., Чарыков Н.А., Хомяков Ю.В., Аникина Л.М., Артемьева А.М., Корнюхин Д.Л., Вертебный В.Е., Синявина Н.Г., Удалова О.Р., Куленова Н.А., Блохина С.Ю. Производные фуллерена стимулируют продукционный процесс, рост и устойчивость к окислительному стрессу у растений пшеницы и ячменя // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53. № 1. С. 38–49. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.38eng.
13. Banik S., Pérez-de-Luque A. In vitro effects of copper nanoparticles on plant pathogens, beneficial microbes and crop plants // *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2017. Vol. 15. N 2. e1005. 15 p. DOI: 10.5424/sjar/2017152-10305.
14. Петрова Н.Г., Гулятьева Е.И., Кунгурцева О.В. Нанопестициды против комплекса листовых болезней яровой пшеницы // *Защита и карантин растений*. 2018. № 8. С. 19–21.
15. Халиков С.С., Душкин А.В., Давлетов Р.Д., Евсеенко В.И. Создание инновационных фунгицидных средств на основе тебуконазола с привлечением механохимических процессов // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 10 (часть 12). С. 2695–2700.
16. Власенко Н.Г., Теплякова О.И., Бурлакова С.В., Евсеенко В.И., Душкин А.В. Эффективность супрамолекулярных комплексов тебуконазола с растительными метаболитами при выращивании яровой пшеницы // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2018, Т. 48. № 5. С. 5–13. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-5-116.
17. Метелева Е.С., Евсеенко В.И., Теплякова О.И., Халиков С.С., Поляков Э.Н., Апанасенко И.Е., Душкин А.В., Власенко Н.Г. Нанопестициды на основе супрамолекулярных комплексов тебуконазола для обработки семян злаковых культур // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2018. Т. 26. № 3. С. 279–294. DOI: 10.15372/ChUR20180304.
18. Душкин А.В., Толстикова Т.Г., Хвостов М.В., Поляков Н.Э., Ляхов Н.З. Супрамолекулярные системы доставки лекарственных молекул на основе растительных метаболитов. Физико-химические, фармакологические свойства и особенности механохимического получения // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2019. № 3. С. 133–244. DOI: 10.15372/ChUR2019129.
19. Санин С.С. Фитосанитарная экспертиза зернового поля и принятие решений по опрыскиванию пшеницы фунгицидами. Теория и практические рекомендации // *Защита и карантин растений*. 2016. № 5. С. 54–88.
20. Дмитриев Н.Н., Хуснидинов Ш.К. Методика ускоренного определения площади листовой поверхности сельскохозяйственных культур с помощью компьютерной технологии // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2016. № 7. С. 88–93.

REFERENCES

1. Zakharenko V.A., Zakharenko A.V. Ekonomicheskii aspekt primeneniya pestitsidov v sovremennom zemledelii Rossii [The economic aspect of the use of pesticides in modern agriculture in Russia]. *Rossiiskii khimicheskii zhurnal* [Russian Journal of General Chemistry], 2005. XLIX (3), pp. 55–63. (In Russian).
2. Sanin A.A., Ibragimov T.Z., Strizhekozina Yu.A. Metod rascheta poter' urozhasya pshenitsy ot boleznei [Method for calculating wheat yield losses from diseases]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2018, no. 1, pp. 11–15. (In Russian).
3. Zakharenko V.A. Monitoring fitosanitarnogo sostoyaniya agroekosistem kak instrument povysheniya effektivnosti zashchity rastenii [Monitoring of the phytosanitary state of agroecosystems as a tool to increase plant protection efficiency]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2018, no. 6, pp. 14–17. (In Russian).
4. Sanin S.S. Problemy fitosanitarii Rossii na sovremennom etape [Current phytosanitary problems in Russia]. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy], 2016, is. 6. pp. 45–55. (In Russian).
5. Zeleneva Yu.V., Sudnikova V.P. Rasprostranennost' i razvitie vzbuditelei listovykh pyatnistostei na territorii tsentral'no-chernozemnogo regiona [Prevalence and development of leaf spottiness agents on the territory of Central and Black Earth region]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Tomsk State University Journal], 2016, vol. 21, is. 2, pp. 619–623. (In Russian). DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-2-619-623.

6. Soovali P., Koppel M., Nurmekivi H. Optimization of chemical disease control in spring wheat. *Agronomy research*, 2006, no. 4, pp. 389–392.
7. Li W., Csukai M., Corran A., Crowley P., Solomon P.S., Oliver R.P. Malayamycin, a new streptomycete antifungal compound, specifically inhibits sporulation of *Stagonospora nodorum* (Berk) Castell and Germano, the cause of wheat glume blotch disease. *Pest Management Science*, 2008, no. 64(12), pp. 1294–302. (In Russian). DOI: 10.1002/ps.1632.
8. Tyuterev S.L. Ekologicheski bezopasnye induktory ustoichivosti rastenii k bolezniam i fiziologicheskim stressam [Ecologically safe inducers of plant resistance to diseases and physiological stresses]. *Vestnik zashchity rastenii* [Plant Protection News], 2015, no.1 (83), pp. 3–13. (In Russian).
9. Shapoval O.A., Mozharova I.P., Korshunov A.A. Regulyatory rosta rastenii v agrotekhnologiyakh [Plant growth regulators in agrotechnologies]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2014, no. 6, pp. 16–20. (In Russian).
10. Wang C., Guo L., Yao J., Wang A., Gao F., Zhao X., Zeng Z., Wang Y., Sun C., Cui H., Cui B. Preparation, characterization and antifungal activity of pyraclostrobin solid nanodispersion by self-emulsifying technique. *Pest Management Science*, 2019, vol. 75, pp. 2785–2793. DOI: 10.1002/ps.5390.
11. Zakharenko V.A. Nanofitosanitariya – nauchnoe napravlenie, obedinyayushchee nanotekhnologiyu i sovremennuyu zashchitu rastenii. Chast' 1. Obshchaya kontseptsiya [Nanophyto-sanitary, a scientific field combining nanotechnology and advanced crop protection: part 1. General Concept]. *Agrokhiimiya* [Agrochemistry], 2011, no. 3, pp. 3–16. (In Russian).
12. Panova G.G., Kanash E.V., Semenov K.N., Charykov N.A., Khomyakov Yu.V., Anikina L.M., Artem'eva A.M., Korniyukhin D.L., Vertebnyi V.E., Sinyavina N.G., Udalova O.R., Kulenova N.A., Blokhina S.Yu. Proizvodnye fullerena stimulyuyut produktsionnyi protsess, rost i ustoichivost' k okislitel'nomu stressu u rastenii pshenitsy i yachmenya [Fullerene derivatives influence production process, growth and resistance to oxidative stress in barley and wheat plants]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2018, vol. 53, no. 1, pp. 38–49. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiol. 2018.1.38eng.
13. Banik S., Pérez-de-Luque A. In vitro effects of copper nanoparticles on plant pathogens, beneficial microbes and crop plants. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2017, vol. 15, no. 2, e1005. 15 p. DOI: 10.5424/sjar/2017152-10305.
14. Petrova N.G., Gul'tyaeva E.I., Kungurtseva O.V. Nanofungitsidy protiv kompleksa listovoykh boleznii yarovoi pshenitsy [Nanofungicides against a complex of leaf diseases of spring wheat]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2018, no. 8, pp. 19–21. (In Russian).
15. Khalikov S.S., Dushkin A.V., Davletov R.D., Evseenko V.I. Sozdanie innovatsionnykh fungitsidnykh sredstv na osnove tebukonazola s privlecheniem mekhanokhimicheskikh protsessov [The creation of innovative fungicides based on tebuconazole and mechanochemical processes]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research], 2013, no. 10, (chast' 12), pp. 2695–2700. (In Russian).
16. Vlasenko N.G., Teplyakova O.I., Burlakova S.V., Evseenko V.I., Dushkin A.V. Effektivnost' supramolekulyarnykh kompleksov tebukonazola s rastitel'nymi metabolitami pri vyrashchivanii yarovoi pshenitsy [Efficiency of supramolecular complexes of tebuconazole with plant metabolites at cultivation of spring wheat]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoy nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, vol. 48, no. 5, pp. 5–13. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-5-116.
17. Meteleva E.S., Evseenko V.I., Teplyakova O.I., Khalikov S.S., Polyakov E.N., Apanasenko I.E., Dushkin A.V., Vlasenko N.G. Nanopestitsidy na osnove supramolekulyarnykh kompleksov tebukonazola dlya obrabotki semyan zlakovykh kul'tur [Nanopesticides on the basis of supramolecular complexes of tebuconazole for the treatment of seeds of cereals]. *Khiimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya* [Chemistry for sustainable development], 2018, vol. 26, no. 3, pp. 279–294. (In Russian). DOI: 10.15372/KhUR20180304.
18. Dushkin A.V., Tolstikova T.G., Khvostov M.V., Polyakov N.E., Lyakhov N.Z. Supramolekulyarnye sistemy dostavki lekarstvennykh molekul na osnove rastitel'nykh metabolitov. Fiziko-khimicheskie, farmakologicheskie svoystva i osobennosti mekhanokhimicheskogo polucheniya [Supramolecular systems for the delivery of the molecules

- of medicinal substances bases on water-soluble plant metabolites. Physicochemical, pharmacological properties and the features of mechanochemical preparation]. *Khimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya* [Chemistry for sustainable development], 2019, no. 3, pp. 133–244. DOI: 10.15372/KhUR2019129.
19. Sanin S.S. Fitosanitarnaya ekspertiza zernovogo polya i prinyatie reshenii po opryskivaniyu pshenitsy fungitsidami. Teoriya i prakticheskie rekomendatsii [Phytosanitary examination of the grain field and decision-making on the spraying of wheat with fungicides. Theory and Practice]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2016, no. 5, pp. 54–88. (In Russian).
20. Dmitriev N.N., Khusnidinov Sh.K. Metodika uskorenno opredeleniya ploshchadi listovoi poverkhnosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur s pomoshch'yu komp'yuterno tekhnologii [Accelerated method of determination of leaf area of crops by computer technology]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [The Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University], 2016, no. 7, pp. 88–93. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Теплякова О.И., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Душкин А.В., доктор химических наук, главный научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

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

Tepliyakova O.I., Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

Dushkin A.V., Doctor of Science in Chemistry, Head Researcher

Финансовая поддержка

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Новосибирской области (проект 18-416-540007/19).

Дата поступления статьи 30.10.2019
Received by the editors 30.10.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-2

УДК: 60:581.143.6:631.589:633.491:631.544

ПОЛУЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ НА АЭРОГИДРОПОННЫХ УСТАНОВКАХ

Хаксар Е.В., Романова М.С., Новиков О.О., Леонова Н.И., Ромашов Г.А.

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

Для цитирования: Хаксар Е.В., Романова М.С., Новиков О.О., Леонова Н.И., Ромашов Г.А. Получение качественного семенного материала картофеля на аэрогидропонных установках // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 6. С. 16–22. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-2

For citation: Haksar E.V., Romanova M.S., Novikov O.O., Leonova N.I., Romashov G.A. Poluchenie kachestvennogo semennogo materiala kartofelya na aerogidropnykh ustanovkakh [Obtaining high quality potato seed material on aero-hydroponic installations]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 6, pp. 16–22. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-2

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты исследования по получению миниклубней картофеля аэропонным и аэрогидропонным способами, разновидностями бесубстратного метода выращивания растений. С целью разработки технологий выращивания семенного материала картофеля на безвирусной основе в условиях закрытых систем проведены эксперименты по выращиванию миниклубней картофеля на универсальных аэропонных установках. В качестве испытуемых сортов использованы ранние сорта картофеля Розара, Антонина и Юбиляр, среднеспелый сорт Солнечный, гибриды С-112 и Ч. Цикл выращивания растений был разбит на три фазы: адаптация, рост и клубне-образование. Для каждой фазы использовали разные параметры культивирования. В качестве источника света применяли натриевые газоразрядные лампы ДНаТ 400. Количественный выход миниклубней картофеля на одно растение на данном типе установок составил у сорта Антонина 15,3 шт., Юбиляр – 23, гибрида Ч – 28,1, гибрида С-112 – 30,2, сорта Солнечный – 30,3, Розара – 43,9. На данном типе установок изучено влия-

OBTAINING HIGH QUALITY POTATO SEED MATERIAL ON AERO-HYDROPONIC INSTALLATIONS

Haksar E.V., Romanova M.S., Novikov O.O., Leonova N.I., Romashov G.A.

Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – Branch of the Siberian Federal Scientific Centre of AgroBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Tomsk, Russia

The results of the study on the production of potato minitubers by aeroponic and aero-hydroponic methods, which are non-substrate methods of growing plants, are presented. In order to develop technologies for growing virus-free potato seed material in closed systems, experiments on growing potato minitubers in multiuse aeroponic systems were conducted. Early-ripening potato varieties Rosara, Antonina and Yubilyar, mid-ripening Solnechny variety, and S-112 and Ch hybrids were used as the tested potato varieties. The plant growing cycle was divided into three phases: adaptation, growth, and tuberization. For each phase, different cultivation parameters were used. As a light source, high-pressure sodium lamps DNaT 400 were used. The quantitative yield of potato minitubers per one plant on this type of systems was as follows: Antonina variety – 15.3 pcs., Yubilyar variety – 23 pcs., Hybrid Ch – 28.1 pcs., Hybrid S-112 – 30.2 pcs., Solnechny variety – 30.3 pcs., Rosara variety – 43.9 pcs. The effect of various light sources on the quantitative yield of potato minitubers of Nevsky and Yubilyar varieties was studied for this type of systems. Culti-

яние различных источников освещения на количественный выход миниклубней картофеля сортов Невский и Юбиляр. Выращивание растений картофеля на установках осуществляли по описанной технологии, но с использованием двух разных типов источников освещения. В контрольном варианте применяли натриевые газоразрядные лампы высокого давления ДНаТ 400, в опыте – светодиодные лампы, выполненные по технологии CoB (full spectrum), с пассивной системой охлаждения. Использование светодиодного освещения на сорте Невский привело к статистически значимому увеличению количественного выхода миниклубней картофеля с одного растения – на 20,88% по сравнению с контролем. Показана перспективность использования аэрогидропонных установок серии «Фагро» для адаптации микрорастений картофеля и для получения миниклубней сортов Розара и Солнечный. Количественный выход миниклубней картофеля на одно растение на данном типе установок составил у сорта Розара 46,9 шт., Солнечный – 56,7 шт.

Ключевые слова: оздоровление картофеля, миниклубни, микрорастения, семеноводство, аэрогидропонный способ выращивания

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время урожайность картофеля в Западной Сибири остается на низком уровне. Снижение продуктивности и роста объемов производства картофеля – следствие повсеместного использования семенного посадочного материала низкого качества, особенно в зонах неустойчивого земледелия, к которым принадлежит Западная Сибирь [1].

В основе повышения качества семенного материала положено применение в первичном семеноводстве оздоровленного исходного материала, полученного биотехнологическими методами оздоровления и ускоренного размножения. Процесс современного семеноводства картофеля предполагает сочетание биотехнологических методов оздоровления растений на основе технологии культивирования *in vitro* апикальных меристем и стерильных растений с последующим выращиванием миниклубней в защищенных условиях [2–4]. Научные исследования свидетельствуют об огромных потен-

циальных возможностях биотехнологии растений безвирусного семеноводства в решении многих прикладных вопросов, просматриваются реальные перспективы использования их в практике сельского хозяйства. В Сибирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства и торфа (СибНИИСХиТ) – филиале СФНЦА РАН – широко применяют биотехнологические методы оздоровления посадочного материала с использованием культуры апикальных меристем, массового микроклонального размножения картофеля в условиях *in vitro*. Кроме этого выращивают оздоровленные растения картофеля в закрытых системах аэрогидропонного типа для круглогодичного получения ценного семенного материала [5]. Создан банк здоровых сортов картофеля, в настоящее время включающий 37 сортов и 3 перспективных гибрида.

Keywords: improvement of potatoes, minitubers, micro-plants, seed breeding, aero-hydroponic method of cultivation

циальных возможностях биотехнологии растений безвирусного семеноводства в решении многих прикладных вопросов, просматриваются реальные перспективы использования их в практике сельского хозяйства. В Сибирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства и торфа (СибНИИСХиТ) – филиале СФНЦА РАН – широко применяют биотехнологические методы оздоровления посадочного материала с использованием культуры апикальных меристем, массового микроклонального размножения картофеля в условиях *in vitro*. Кроме этого выращивают оздоровленные растения картофеля в закрытых системах аэрогидропонного типа для круглогодичного получения ценного семенного материала [5]. Создан банк здоровых сортов картофеля, в настоящее время включающий 37 сортов и 3 перспективных гибрида.

Цель исследования – разработать технологии выращивания семенного материала картофеля на безвирусной основе в условиях закрытых систем аэрогидропонного типа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

С целью разработки указанных технологий проведены эксперименты по выращиванию миниклубней картофеля на универсальных аэропонных установках (разработка Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной биотехнологии). В качестве испытуемых сортов взяты ранние сорта картофеля Розара, Антонина и Юбиляр, среднеспелый сорт Солнечный, гибриды С-112 и Ч. Использовали растения, полученные из апикальных меристем путем культивирования на стандартной питательной среде Мурасиге – Скуга с модификациями в течение 28 сут.

Схема оздоровления посадочного материала картофеля включала следующие этапы: подготовку клубней для вычленения апикальных меристем, вычленение апикальных меристем, регенерацию растений из меристем, клональное микроразмножение растений в культуре *in vitro*, адаптацию растений-регенерантов на искусственных субстратах в условиях *in vivo*¹ [6, 7].

Культура меристемных тканей предусматривала изоляцию апикальных (верхушечных) меристем, которые находятся в верхушечной части вегетативных органов и свободны от вирусной инфекции² [8].

Для повышения оздоравливающего эффекта метода культуры тканей применяли сочетание двух методов – термотерапии и химиотерапии. Термотерапия – воздействие на растения, ростки и клубни высокими температурами (37–42 °С) с целью инактивации возбудителя или увеличения «безвирусной зоны» в верхушечных или боковых почках^{3,4}.

Химиотерапия предусматривает использование в технологии оздоровления веществ, обладающих антивирусными свойствами, таких как хитозан, рибавирин, салициловая кислота, фармойод, димексид и др.⁵ [9].

Введенные в культуру *in vitro* микрорастения картофеля проходили диагностику на наличие вирусной и бактериальной нагрузки методом ПЦР в реальном времени [10, 11]. Далее микрорастения высаживали в аэропонные модули для адаптации и дальнейшего роста.

Всю работу по получению здоровых растений картофеля проводили в специально оснащенной лаборатории.

Цикл операций на аэропонной установке начинался с высадки 28-дневных микрорастений в адаптационный модуль для их предварительного доращивания. Перед высадкой растения тщательно отмывали от остатков агаризованной среды для предотвращения попадания агар-агара в систему активного питания. В адаптационных модулях адаптация растений проходила в течение 14 дней в условиях длинного дня на питательном растворе для первой фазы роста (разработка Ю.Ц. Мартиросяна). Режим впрыска раствора проходил в течение 2 мин, аэрация 2 мин, температура 20–22 °С. Выращивание растений на основных аэропонных модулях проходило в два этапа: сначала в условиях длинного дня (16-часовой фотопериод) на питательном растворе для второй и третьей фаз роста (разработка Ю.Ц. Мартиросяна), режим впрыска раствора 2 мин, аэрация 3 мин, температура 20–22 °С, затем в условиях короткого дня (10–12-часовой фотопериод), режим впрыска раствора 5 мин, аэрация 10 мин, температура 16–18 °С.

Контроль и корректировку рН производили ежедневно, раствор меняли один раз в неделю. В период вегетации осуществляли лабораторное тестирование листовых проб растений на вирусную инфекцию. Период выращивания – 100–120 дней в зависимости от сорта.

¹Безвирусное семеноводство картофеля: рекомендации / Л.Н. Трофимец и др. М.: Агропромиздат, 1990. 16 с.

²Тимофеева О.А., Невмержицкая Ю.Ю. Клональное микроразмножение растений: учеб.-метод. пособие. Казань: Изд-во Казанского (Приволжского) ун-та, 2012. 56 с.

³Майшук З.Н. Влияние культуры меристемы и термотерапии на изменчивость признаков и семенные качества картофеля // Современные проблемы семеноводства картофеля на безвирусной основе: сб. науч. тр. Владивосток, 1985. С. 10–17.

⁴Герасимов С.Б., Леонтьев Ю.А. К вопросу о безвирусном семеноводстве картофеля // Современные проблемы семеноводства картофеля на безвирусной основе: сб. науч. тр. Владивосток, 1985. С. 68–72.

⁵Рябцева Т.В., Куликова В.И., Аношкина Л.С. Эффективность применения противовирусных препаратов при оздоровлении картофеля // Методы биотехнологии в селекции и семеноводстве картофеля: материалы междунар. науч.-практ. конф. М., 2014. С. 212–217.

Миниклубни снимали по достижении ими 20–30 мм в диаметре через каждые 7 дней. Собранные миниклубни просушивали при высокой относительной влажности воздуха в течение недели, после чего выдерживали при комнатной температуре в течение 3–5 сут. Далее их хранили по традиционной технологии при температуре 3–4 °С.

В 2018 г. в рамках комплексного плана научных исследований (КПНИ) по картофелеводству проводили работу по подбору оптимальных источников освещения на аэропонных установках. Исследования осуществляли на двух сортах картофеля российской селекции – Невский и Юбиляр. Выращивание растений на основных установках выполняли по описанной выше технологии, но с использованием двух разных типов источников освещения: в контрольном варианте применяли натриевые газоразрядные лампы высокого давления ДНаТ 400; опытно – светодиодные лампы, выполненные по технологии CoV (full spectrum), с пассивной системой охлаждения. Особенностью светодиодных ламп, выполненных по данной технологии, является то, что рабочее световое поле возникает в непосредственной близости от поверхности лампы (10–20 см). Это позволяет размещать лампу близко от растения и более эффективно передавать световой поток без потери энергии от расстояния.

В СибНИИСХиТ разрабатывают также технологии выращивания оздоровленного картофеля на новом лабораторном автоматизированном аппаратно-программном информационном комплексе для выращивания семенного картофеля методом аэрогидропоники серии «Фагро», разработанном в рамках КПНИ по картофелеводству. Данная модель обеспечивает полную автоматизацию всех процессов, возможность дистанционно регулировать режим питания и световой режим. Установка обогащает питательный раствор кислородом с помощью аэратора и перемешивает его через установленные промежутки времени. Аэропонная установка может сама регулировать такие показатели, как pH и ЕС. Конструкция аэропонной установки обеспечивает свободный доступ

к корневой системе и формирующимся миниклубням растений.

Во всех проведенных экспериментах продуктивность растений картофеля устанавливали путем определения среднего числа миниклубней, полученных с одного растения. Статистическую обработку результатов производили с помощью пакета программ для Windows Statistica 8.0. Для сравнения изучаемых величин использовался критерий Манна – Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 представлена информация об урожайности различных сортов картофеля при выращивании на аэропонных установках (разработка Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной биотехнологии). На рис. 1 показана фаза клубнеобразования сорта картофеля Солнечный

Табл. 1. Количественный выход миниклубней картофеля на аэропонных установках

Table 1. Quantitative yield of potato minitubers on aeroponic installations

Сорт/гибрид картофеля	Число миниклубней с одного растения
Антонина	15,3
Юбиляр	23,0
Гибрид Ч	28,1
Гибрид С-112	30,3
Солнечный	36,0
Розара	43,9



Рис. 1. Фаза клубнеобразования на картофеле сорта Солнечный

Fig. 1. Tubertization phase of Solnechny potato variety

нечный, выращиваемого на универсальных аэропонных установках (разработка Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной биотехнологии).

Максимальный выход миниклубней в расчете на одно растение среди исследованных сортов у сорта Розара (в среднем 43,9 шт.), минимальный – у сорта Антонина (15,3 шт.).

Результаты влияния различных источников освещения на количественный выход миниклубней картофеля сортов Невский и Юбиляр представлены в табл. 2.

Использование светодиодного освещения привело к статистически значимому увеличению выхода миниклубней картофеля сорта Невский. Кроме того, при использовании светодиодных ламп наблюдали тенденцию к увеличению урожайности миниклубней сорта Юбиляр.

Количественный выход (шт./растение) миниклубней картофеля на лабораторном автоматизированном аппаратно-программном информационном комплексе «Фагро» у сорта Розара составил 46,9, Солнечный – 56,7. Внешний вид миниклубней картофеля сорта Розара, полученных на новом автоматизированном аппаратно-программном комплексе, показан на рис. 2.

На основании проведенных исследований можно утверждать о перспективности использования и необходимости дальнейшего усовершенствования автоматизированного аппаратно-программного комплекса для получения миниклубней оздоровленного картофеля методом аэрогидропоники.

Табл. 2. Выход миниклубней картофеля, полученных при выращивании на аэропонных установках с использованием различных источников освещения, шт./растение

Table 2. The yield of potato minitubers obtained by growing on aeroponic installations using various light sources, pcs / plant

Сорт	Источник освещения	
	Натриевые газоразрядные лампы (контроль)	Светодиодные лампы
Невский	28,44 ± 0,78	34,38 ± 0,87***
Юбиляр	30,68 ± 0,76	33,5 ± 1,08

***Статистически значимые отличия от контроля с $p < 0,001$.



Рис. 2. Миниклубни картофеля сорта Розара
Fig. 2. Potato minitubers of Rosara variety

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований подтверждают, что аэропонный и аэрогидропонный методы выращивания миниклубней картофеля позволяют повысить его продуктивность и скорректировать структуру урожая по сравнению с традиционным методом выращивания. Растения картофеля различных сортов по-разному проявляют себя в условиях аэропонии: из исследуемых сортов максимальный выход миниклубней в расчете на одно растение был у сорта Розара, минимальный – у сорта Антонина. Перспективным является использование для выращивания оздоровленных растений картофеля на аэрогидропонных установках светодиодного освещения. Требуется проведение дальнейших исследований с целью разработки сортоспецифичных технологий выращивания, оздоровленных миниклубней картофеля с помощью аэрогидропонного метода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галеев Р.Р. Особенности семеноводства картофеля на безвирусной основе в лесостепи Западной Сибири // Вестник АГАУ. 2010. № 2. С. 9–13.
2. Gong H.L., Igiraneza C., Dusengemungu L. Major In Vitro Techniques for Potato Virus Elimination and Post Eradication Detection Methods. A Review // American journal of potato research. 2019. Vol. 96. Iss. 4. P. 379–389.
3. Lakhari I.A., Gao J.M., Syed T.N., Chandio F.A., Buttar N.A. Modern plant cultivation technologies in agriculture under controlled environment: a review on aeroponics // Journal of Plant Interactions. 2018. Vol. 13. Iss. 1. P. 338–352.
4. Какимжанова А.А., Каримова В.К., Эли А.М., Созинова Л.Ф., Садаиов Л.К., Шимпф А.Я. Получения миниклубней для семеноводства картофеля // Биотехнология. Теория и практика. 2006. № 4. С. 87–91.
5. Романова М.С., Хаксар Е.В., Леонова Н.И., Новиков О.О., Семенов А.Г. Эффективность производства безвирусного материала картофеля сортов Антонина и Солнечный на аэропонных условиях // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 7. С. 33–36. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10708.
6. Шевелуха Е.А. Сельскохозяйственная биотехнология: монография. М.: Высшая школа, 1998. 416 с.
7. Анисимов Б.В., Габель Б.В., Сириев Г.М., Шакуров И.Ш. Миниклубни: как лучше их использовать // Картофель и овощи. 1998. № 6. С. 28.
8. Трускинов Э.В. Оздоровление картофеля от вирусных болезней методом культуры меристемных тканей // Сельскохозяйственная биология. 1976. Т. 11. № 2. С. 250–255.
9. Рязанцев Д. Ю., Завериев С.К. Эффективный метод диагностики и идентификации вирусных патогенов картофеля // Молекулярная биология. 2009. Т. 43, вып. 3. С. 558–567.
10. Усков А.И. Лабораторная идентификация вирусных и бактериальных фитопатогенов в системе контроля качества и сертификации семенного картофеля // Аграрная Россия. 2003. № 3. С. 21–23.
11. Шуберт Й., Рубенштайн Ф., Хрцановска М., Шнаар Д. К проблеме диагностики штаммов Y-вируса картофеля (PVY) // Вестник защиты растений. 2004. Т. 3. С. 3–10.

REFERENCES

1. Galeev R.R. Osobennosti semenovodstva kartofelya na bezvirusnoi osnove v lesostepi Zapadnoi Sibiri [Features of virus-free potato seed production in the forest steppe of Western Siberia]. *Vestnik Altaiskogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], 2010, no. 2, pp. 9–13. (In Russian).
2. Gong H.L., Igiraneza C., Dusengemungu L. Major In Vitro Techniques for Potato Virus Elimination and Post Eradication Detection Methods. A Review. *American journal of potato research*, 2019, vol. 96, iss. 4, pp. 379–389.
3. Lakhari I.A., Gao J.M., Syed T.N., Chandio F.A., Buttar N.A. Modern plant cultivation technologies in agriculture under controlled environment: a review on aeroponics. *Journal of Plant Interactions*, 2018, vol. 13, iss. 1, pp. 338–352.
4. Kakimzhanova A.A., Karimova V.K., Eli A.M., Sozinova L.F., Sadaiov L.K., Shimpf A.Ya. Polucheniya miniklubnei dlya semenovodstva kartofelya [Production of minitubers for potato seed growing]. *Biotekhnologiya. Teoriya i praktika* [Biotechnology. Theory and Practice], 2006, no. 4, pp. 87–91. (In Russian).
5. Romanova M.S., Khaksar E.V., Leonova N.I., Novikov O.O., Semenov A.G. Effektivnost' proizvodstva bezvirusnogo materiala kartofelya sortov Antonina i Solnechnyi na aeroponnykh usloviyakh [Production efficiency of virus-free material of Antonina and Solnechny potato varieties on aeroponic installations]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2019, vol. 33, no. 7, pp. 33–36. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10708.
6. Shevelukha E.A. *Sel'skokhozyaistvennaya biotekhnologiya* [Agricultural Biotechnology]. M.: Vysshaya shkola Publ., 1998, 416 p. (In Russian).
7. Anisimov B.V., Gabel' B.V., Siriev G.M., Shakurov I.Sh. Miniklubni: kak luchshe ikh ispol'zovat' [Minitubers: how to use them best]. *Kartofel' i ovoshchi* [Potatoes and vegetables], 1998, no. 6, pp. 28. (In Russian).
8. Truskinov E.V. Ozdorovlenie kartofelya ot virusnykh boleznei metodom kul'tury meristemnykh tkanei [Potato recovery from viral diseases by the method of culture of meristemic tissues]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural biology], 1976, vol. 11, no. 2, pp. 250–255. (In Russian).

9. Ryazantsev D. Yu., Zavriev S.K. Effektivnyi metod diagnostiki i identifikatsii virusnykh patogenov kartofelya [An efficient diagnostic method for the identification of potato viral pathogens]. *Molekulyarnaya biologiya* [Molecular Biology], 2009, vol. 43, iss. 3, pp. 558–567. (In Russian).
10. Uskov A.I. Laboratornaya identifikatsiya virusnykh i bakterial'nykh fitopatogenov v sisteme kontrolya kachestva i sertifikatsii semennogo kartofelya [Laboratory identification of viral and bacterial phytopathogens in the quality control system and certification of seed potatoes]. *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia], 2003, no. 3, pp. 21–23. (In Russian).
11. Shubert I., Rubenshtain F., Khrtanovska M., Shpaar D. K probleme diagnostiki shtammov Y-virusa kartofelya (PVY) [To the problem of diagnostics of strains of Y-virus of the potato (PVY)]. *Vestnik zashchity rastenii* [Plant Protection News], 2004, vol. 3, pp. 3–10. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Хаксар Е.В.**, младший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 634050, Томск, 3; e-mail: mileno4ka1988@mail.ru

Романова М.С., кандидат биологических наук; e-mail: estrel@yandex.ru

Новиков О.О., младший научный сотрудник; e-mail: novickoww@yandex.ru

Леонова Н.И., научный сотрудник

Ромашов Г.А., младший научный сотрудник; e-mail: romashovgrigoriy@gmail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Haksar E.V.**, Junior Researcher; **address:** Tomsk 3, 634050, Russia; e-mail: mileno4ka1988@mail.ru

Romanova M.S., Candidate of Science in Biology; e-mail: estrel@yandex.ru

Novikov O.O., Junior Researcher; e-mail: novickoww@yandex.ru

Leonova N.I., Researcher

Romashov G.A., Junior Researcher; e-mail: romashovgrigoriy@gmail.ru

*Дата поступления статьи 20.07.2019
Received by the editors 20.07.2019*

АДАПТАЦИЯ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ НИТРАТРЕДУКТАЗЫ ДЛЯ МАССОВЫХ АНАЛИЗОВ РАСТЕНИЙ

^{1,2}Карлов Г.И., ^{1,3}Литвинов Д.Ю., ¹Харченко П.Н., ^{1,2}Крупин П.Ю., ¹Ширнин С.Ю.,
¹Черноок А.Г., ¹Назарова Л.А., ^{1,2}Дивашук М.Г.

¹Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии
Москва, Россия

²Центр молекулярной биотехнологии, Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева
Москва, Россия

³Национальный медицинский исследовательский центр профилактической медицины
Москва, Россия

Для цитирования: Карлов Г.И., Литвинов Д.Ю., Харченко П.Н., Крупин П.Ю., Ширнин С.Ю., Черноок А.Г., Назарова Л.А., Дивашук М.Г. Адаптация метода определения активности нитратредуктазы для массовых анализов растений // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 6. С. 23–33. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-3

For citation: Karlov G.I., Litvinov D.Y., Kharchenko P.N., Krupin P.Yu., Shirnin S.Yu., Chernook A.G., Nazarova L.A., Divashuk M.G. Adaptatsiya metoda opredeleniya aktivnosti nitratreduktazy dlya massovykh analizov rastenii [Adaptation of nitrate reductase activity assay for high throughput screening of crops]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 6, pp. 23–33. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-3

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Изучена возможность лиофильного высушивания растительного материала и его измельчения в вибрационной шаровой мельнице для определения активности нитратредуктазы (НР). Показана эффективность применения данного подхода для массовых анализов сельскохозяйственных культур. Работа проведена на проростках мягкой пшеницы (*Triticum aestivum*) следующих сортов: озимых Алтиго, Васса, Гром, Дока, Собербаш, Старшина, Фишт и яровой пшеницы Новосибирская 67. Растения выращивали в течение четырех-пяти недель на субстрате без азота и на субстрате с добавкой 50 миллимоль/л (мМ) нитрата калия. Нитратредуктаза в растениях сохраняла свою активность после лиофилизации и измельчения высушенных листьев в мельнице. Применение разработанного метода корректно для образцов, содержащих активность НР, необходимую для образования нитрита в пределах 5–120 микромоль/л (мкМ) в 800 мкл реакционной смеси (например, порошок из лиофилизированных 100 мг листьев проростков пшеницы). Центрифугирование растительного лизата при 20 000 g практически не меняло результата определения активности НР по сравнению с более доступным центрифугированием при 12 000 g. Лизаты из свежих листьев проростков пшеницы содержали существенно больше общего белка, чем лизаты из лиофилизированных листьев (из расчета на одинаковое количество стартового материала). Различия лизатов из свежих и

ADAPTATION OF NITRATE REDUCTASE ACTIVITY ASSAY FOR HIGH THROUGHPUT SCREENING OF CROPS

^{1,2}Karlov G.I., ^{1,3}Litvinov D.Y.,
¹Kharchenko P.N., ^{1,2}Krupin P.Yu.,
¹Shirnin S.Yu., ¹Chernook A.G.,
¹Nazarova L.A., ^{1,2}Divashuk M.G.

¹All-Russia Research Institute of Agricultural
Biotechnology

Moscow, Russia

²Center of Molecular Biotechnology, Russian
State Agrarian University – Moscow Timiryazev
Agricultural Academy

Moscow, Russia

³National Medical Research Center for
Preventive Medicine

Moscow, Russia

The possibility of freeze drying of plant material and its grinding in a shaking bead mill to determine the activity of nitrate reductase (NR) was studied. The effectiveness of applying this approach to high throughput mass screening of crops was shown. The assay was carried out on seedlings of common wheat (*Triticum aestivum*) of the following cultivars: Altigo, Vassa, Grom, Doka, Soberbash, Starshina, Fisht and spring wheat Novosibirskaya 67. The crops were grown during 4-5 weeks on substrate without nitrogen and on substrate supplemented with 50 millimol / l (mM) of potassium nitrate. Nitrate reductase in plants retained its activity after lyophilization and grinding of dried leaves in a mill. The proposed protocol for NR activity assay is suitable for plant lysates with an NR activity sufficient to form nitrite in the range of 5–120 micromoles / l (μ M) in 800 μ l of reaction mix (for instance, freeze-dried sample originated from 100 mg of wheat seedling leaves). Centrifugation of a plant lysate at 20,000 g almost did not change NR activity compared to 12,000 g that is achievable for most lab centrifuges. Lysates from fresh leaves contained significantly more total protein than lysates

лиофилизированных листьев в способности восстанавливать нитрат была меньше, чем различие в концентрации белка. В результате активность НР в пересчете на общий белок у лиофилизированных листьев выше. Активность НР значительно индуцировалась присутствием нитрата во всех сортах. Базовая и индуцированная активности НР существенно варьировали между разными сортами пшеницы, при выращивании с нитратом активность возрастала от 2,5 раза для Новосибирской 67 и 2,7 – для Васса до 5,4 – для Алтиго и 5,7 раза для Гром.

Ключевые слова: нитратредуктаза, ферментативная активность, метаболизм азота, селекционный признак, мягкая пшеница, лиофилизация, стабильность фермента

ВВЕДЕНИЕ

Повышение урожайности – одна из основных целей селекции сельскохозяйственных растений. Эффективное усваивание азота является необходимым условием быстрого роста и высокой урожайности. Основным источником азотного питания растений в большинстве естественных хорошо аэрируемых почв являются нитраты. Более высокое содержание нитратов обеспечивается использованием нитратсодержащих удобрений, которые применяются при выращивании различных сельскохозяйственных культур. Аммонийные удобрения частично превращаются в нитраты под действием почвенных бактерий.

Азот необходим растениям для синтеза аминокислот, нуклеотидов, кофакторов и других соединений. Нитратредуктаза (НР) – первый фермент в цепочке метаболизма нитратов. Она восстанавливает нитраты в нитриты, которые далее восстанавливаются нитритредуктазой до аммиака [1]. Аммиак благодаря последовательной работе двух ферментов – глутаминсинтетазы и глутаматсинтазы – используется в синтезе аминокислоты глутамата.

Ряд исследований указывают на связь между урожайностью сельскохозяйственной культуры и активностью в ней НР [2]. Полногеномный анализ показал ассоциацию вариаций в области генома с геном НР и содержания белка в зернах пшеницы [3]. Повышение активности НР в пшенице вне-

from lyophilized leaves (with an equal amount of starting wet material). The difference in the nitrate-reducing activity in lysates from fresh and lyophilized leaves was not as high as the difference in protein concentration. Thus, the activity of NR calculated per g of total protein was higher in lyophilized leaves than in fresh leaves. The activity of NR was significantly induced by nitrate for all cultivars. The basal and nitrate-induced NR activity varied widely between the cultivars, and the induction ranged from 2.5 fold for Novosibirskaya 67 variety and 2.7 fold for Vassa to 5.4 for Altigo and 5.7 fold for Grom.

Keywords: nitrate reductase, enzyme activity, nitrogen metabolism, breeding trait, common wheat, lyophilization, enzyme stability

сением дополнительного гена НР табака приводит к увеличению массы 1000 зерен и увеличению содержания белка в зерне в полученных трансгенных растениях [4]. По данным исследователей из двух лабораторий, более высокая урожайность длиннозерного риса по сравнению с круглозерным ассоциирована с более высокой активностью НР в его растениях. Селекция данной культуры на увеличение активности НР рекомендована для получения более урожайных сортов [5, 6].

В зависимости от внешних условий активность НР регулируется растениями в широком диапазоне. Сильный эффект производят нитраты, значительно индуцируя НР. Также активность этого фермента зависит от стадии светового цикла и быстро меняется в зависимости от освещенности, влажности, засоленности, выработки растениями сахарозы, глутамин и от других факторов [7–9].

Быстрое изменение активности НР в зависимости от освещенности, влажности почвы и других факторов может негативно влиять на результаты измерений активности этого фермента при длительном времени сбора образцов для исследований. Нестабильность НР – еще один фактор, затрудняющий проведение скрининга активности фермента на большом количестве растений. Нитратредуктаза из листьев 8-дневной пшеницы теряет половину начальной активности через 30 мин при 25 °С. При 10 °С время полужизни фермента составляет 90 мин

[10]. Еще меньшая стабильность отмечена у очищенной НР из листьев 9-дневной сои (5-минутная инкубация при 20 °С приводит к потере 28% активности) [11].

В настоящее время высокопроизводительные геномные, транскриптомные, протеомные и метаболомные методы не могут в полной мере предсказать активность фермента. Увеличение производительности определения активностей различных ферментов возможно путем роботизации экспериментальных протоколов [12]. Однако стадия гомогенизации остается не роботизированной, что является препятствием для массового скрининга растений. Главная проблема заключается в том, что гомогенизация в большей или меньшей степени может инактивировать фермент, что особенно критично для таких лабильных белков, как нитратредуктаза.

Цель исследований – изучить возможность лиофильного высушивания растительного материала и его измельчения в шаровой мельнице для высокопроизводительного определения активности нитратредуктазы в лизатах растений.

Задачи исследований – оптимизация разработанного метода для измерений активности нитратредуктазы в листьях проростков пшеницы и проведение пилотного эксперимента, в котором сравнивали базовую и стимулированную нитратами активность нитратредуктазы в восьми сортах мягкой пшеницы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Растительный материал. В работе использованы сорта мягкой пшеницы (*Triticum aestivum*): озимые Алтиго (Limagrain, Франция), Васса, Гром, Дока, Собербаш, Старшина, Фишт (Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко, Россия) и яровая пшеница Новосибирская 67 (Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Россия). Проростки пшеницы выращивали в стаканчиках с

10 г вермикулита по три растения одного сорта на стаканчик в растворе Хогланда, с заменами $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ на CaCl_2 и KNO_3 на K_2SO_4 так, что молярность кальция и калия в растворе сохранялась. Состав модифицированного раствора Хогланда (MPX): 5 мМ CaCl_2 , 2,5 мМ K_2SO_4 , 2 мМ MgSO_4 , 1 мМ KH_2PO_4 , 46 мкМ H_3BO_3 , 9 мкМ MnCl_2 , 8 мкМ ZnSO_4 , 0,5 мкМ ЭДТА-Fe, Na, 0,5 мкМ CuSO_4 , 0,5 мкМ Na_2MoO_4 . Для растений, выращенных в присутствии нитратов, к этому раствору добавляли 50 мМ KNO_3 . Растения выращивали в теплице при естественном освещении с фотопериодом 12 ч. Температура составляла 18 °С.

Определение активности НР. При определении активности фермента в свежих листьях и корнях гомогенизировали фрагменты листьев (корней) массой около 30 мг. Для этого использовали 400 мкл буфера для экстракции (ЭБ), состоящего из 100 мМ KH_2PO_4 , 1 мМ ЭДТА pH 7,5. Непосредственно перед применением в ЭБ добавляли 1 мкМ молибдата натрия, 12 мМ бета-меркаптоэтанола и 250 мкМ фенилметилсульфонилфторида. Гомогенизацию проводили пластмассовыми пестиками “Pellet pestles” (Millipore Sigma) в 1,5 мл пробирках типа Эппендорф. К гомогенизированному материалу добавляли 800 мкл ЭБ. Далее суспензию деликатно перемешивали переворачиванием пробирки и центрифугировали 5 мин при 4 °С на скорости 12 000 g. Надосадочную жидкость (супернатант) после переноса в новую пробирку центрифугировали при таких же условиях. Полученный супернатант (далее – лизат) переносили в новую пробирку и его аликвоты использовали для реакции восстановления нитрата в нитрит и для определения белка по методике Брэдфорда.

При определении активности в лиофилизированных листьях фрагменты массой 80–120 мг помещали в пробирки (емкость 2 мл) со сферическим дном. Растительный материал через 1 ч подвергался обработке в лиофильной сушилке Freezone 2.5 (Labconco) при температуре минус 55 °С. Через 15–24 ч пробирки вынимали, в них помещали шарик из нержавеющей стали диаметром 7 мм

(1,38 г). Высушенные листья измельчали в вибрационной шаровой мельнице (шариковом гомогенизаторе) TissueLyser II (Qiagen) одним 30-секундным циклом на частоте 28 колебаний/с. Полученный мелкий порошок находился 4 ч при комнатной температуре и 6 ч при 8 °С. Далее, не вынимая шарики, в пробирки наливали по 1,2 мл ЭБ и порошок суспендировался в растворе деликатным переворачиванием пробирок. Пробирки центрифугировали 5 мин при 4 °С на скорости 6000 g, супернатант после переноса в новую пробирку центрифугировали 10 мин при 4 °С на скорости 12 000 g. Полученный супернатант (лизат) переносили в новую пробирку и его аликвоты использовали аналогично лизатам, полученным из свежих (нелиофилизированных) растений.

Для реакции нитратредуктазы в пробирке (емкость 2 мл) смешивали 50–600 мкл лизата (выбор объема обсуждается в разделе статьи «Результаты и обсуждение») с 0–550 мкл ЭБ (вместе с лизатом объем должен составить 600 мкл) и 200 мкл 4-кратного реакционно-го буфера (4x РБ). Состав 4x РБ: ЭБ с добавкой 120 мМ NaNO₃ и растворенной непосредственно перед экспериментом навеской натриевой соли (НАДН), создающей 0,8 мМ НАДН. Лизаты должны использоваться непосредственно после их приготовления. Реакция проводилась при температуре 25 °С в темноте в течение 1 ч, после чего добавляли 1,2 мл реактива Грисса (два раствора, смешанные 1 : 1 в день эксперимента: 1% сульфаниламида в 5%-й фосфорной кислоте и 0.1% N-(1-нафтил) этилендиамин гидрохлорида в H₂O). Также реактив Грисса (1,2 мл) добавляли к 800 мкл стандартных растворов NaNO₂ (0, 10, 50, 100 и 200 мкМ), приготовленных разбавлением 10 мМ NaNO₂ смесью ЭБ и 4x РБ в отношении 3 : 1. Оптическую плотность реакционной смеси измеряли в кювете (оптический путь 1 см) на спектрофотометре NanoPhotometer (Implen) на длине волны 540 нм. Измерения начинались в интервале 90–120 мин после начала реакции Грисса и длились для всех образцов не более 20 мин, чтобы медленное падение окраски реакционной смеси не внесло ошибки. По-

лученные значения оптической плотности пересчитывали на концентрацию нитрита, используя разведения стандартного раствора NaNO₂. Концентрацию пересчитывали на 800 мкл лизата. При использовании 400 мкл лизата концентрацию умножали на два, при 200 мкл лизата – на четыре и т.д.

Содержание белка в лизатах определяли по стандартной методике Брэдфорда [13]. К 100 мкл лизатов, а также серии разбавлений бычьего сывороточного альбумина (БСА) в ЭБ (0; 0,2; 0,5 и 1,0 мг/мл), добавляли 1,9 мл реагента Брэдфорда (Millipore Sigma). Полученную смесь измеряли в кювете (1 см) на спектрофотометре NanoPhotometer (Implen) на длине волны 595 нм. Полученные значения оптической плотности пересчитывали в концентрацию белка, используя разведения БСА. Поскольку окраска белка реагентом Брэдфорда не является стабильной, все измерения проводили в интервале 15–45 мин после добавления реагента Брэдфорда, с числом образцов в серии, которые требовали не более 15 мин для измерений. Значение активности НР (мкмоль/ч/г) получали делением концентрации образовавшегося за 1 ч нитрита (мкМ) на концентрацию общего белка в лизате (мг/мл).

Статистическая обработка. Полученные данные представлены в тексте как средние значения «плюс–минус» стандартное отклонение, и на рисунках – как средние значения и планки, отображающие стандартное отклонение. Для определения статистической значимости различий между активностью нитратредуктазы при 0 мМ KNO₃ и 50 мМ использован *t*-критерий Стьюдента. Различия принимались как значимые при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Определение оптимального объема лизата для корректного измерения активности нитратредуктазы.

Экспериментально определение активности НР происходит в два этапа. На первом этапе при участии НР происходит превращение нитрата в нитрит за счет окисления НАДН. На втором этапе концентрация образовавшегося нитрита определяется стан-

дартным аналитическим методом – с помощью реактива Грисса. При недостаточной активности НР в реакционной смеси будет образовано нитрита менее нижнего уровня детекции реактивом Грисса (в протоколе данного исследования – около 2–4 мкМ нитрита). При избыточной активности НР в реакционной смеси результаты измерения будут не корректны (занижены) за счет исчерпания НАДН, который в реакционной смеси самый ограниченный из расходоуемых компонентов (200 мкМ). Более высокую концентрацию НАДН в эксперименте не использовали, так как при этом образование окрашенного продукта в реакции Грисса будет заметно подавляться. От избытка НАДН можно избавляться введением еще одного этапа, в котором оставшийся НАДН удаляется энзиматическим или химическим путем после реакции восстановления нитрата и перед добавлением реактива Грисса. В протоколе данного исследования этого этапа нет в целях максимального упрощения метода. В зависимости от условий эксперимента активность НР может меняться в широком диапазоне, поэтому для каждого исследования необходимо подбирать подходящий объем лизата. В связи с этим в каждом эксперименте определяется линейная область образования нитрита в зависимости от объема лизата, для чего используют лизаты с ожидаемой высокой активностью НР или смесь нескольких таких образцов. Пример зависимости образования нитрита от объема лизата представлен на рис. 1. В этом эксперименте концентрация НАДН составляла половину от стандартных 200 мкМ, и максимальная выработка нитрита составила 60 мкМ. В данном случае корректными объемами лизатов являются те, которые образуют 10–55 мкМ нитрита (область линейной зависимости образования нитрита). Этот результат получен в предварительном эксперименте. В дальнейшем концентрация НАДН в реакционной смеси повышена до 200 мкМ и при использовании стандартного протокола линейность наблюдалась в диапазоне 5–120 мкМ нитрита. Все значения нитрита, выходящие за пределы линейной за-

висимости от объема лизата, нельзя считать достоверными, и они должны исключаться.

При определении белка объем лизата должен быть таким, чтобы определяемые концентрации находились внутри линейной зоны калибровочной кривой реагента Брэдфорда (0,1–1 мг/мл). В данном эксперименте это обеспечивалось при 100 мкл лизата.

Активность НР вычисляется как концентрация нитрита (мкМ), образовавшегося за 1 ч, деленная на концентрацию белка в лизате (мг/мл). Получающееся значение имеет размерность мкМ/ч/г, где г – масса общего растворимого белка. Вместо концентрации белка в лизате может использоваться общая масса исходного (сырого) растительного материала, взятого для приготовления лизата. В таком случае необходимо учесть объем раствора, в котором происходила гомогенизация. В протоколе исследований это 1,2 мл. Для вычисления активности НР нужно поделить концентрацию образовавшегося нитрита (мкМ) на массу исходного (сырого) растительного материала в миллиграммах и умножить на 1,2 мл. Полученное значение будет иметь размерность мкмоль/ч/г, где г – масса сырого материала.

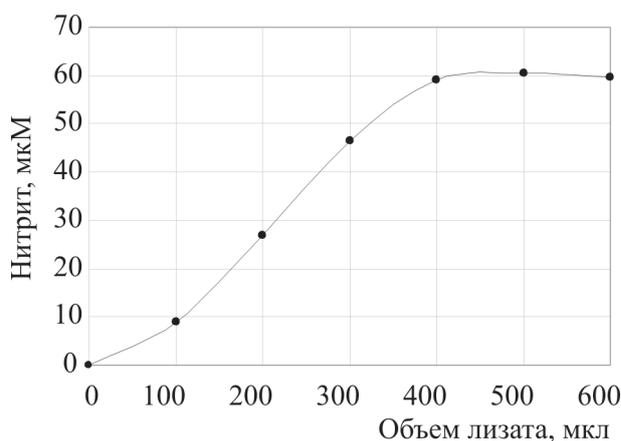


Рис. 1. Насыщение реакции превращения нитрата в нитрит в течение 1 ч при высокой активности НР в лизате и при низкой концентрации НАДН (100 мкМ). Линейность в данных условиях отмечена в области 10–55 мкМ нитрита.

Fig. 1. Saturation of the reaction of conversion of nitrate to nitrite during 1 hour at high activity of NR in the lysate and at a low concentration of NADH (100 μ M). Linearity in these conditions is observed in the range of 10–55 μ M nitrite.

Нормализация активности НР по общему белку, экстрагированному при гомогенизации листьев, корней, стебля, предпочтительна, поскольку характеризует число активных метаболизирующих клеток в использованном растительном материале и нивелирует возможное различие в содержании механической ткани.

Проверка необходимости центрифугирования при 20 000 g. Ряд протоколов определения активности НР предполагает центрифугирование лизата при 20 000 g. Многие центрифуги не могут обеспечить такие условия. В связи с этим проведено сравнение лизатов, приготовленных в более жестких условиях центрифугирования (20 000 g), а также в условиях, которые более легко достижимы (12 000 g) и использованы в стандартном протоколе. Свежие листья проростков пшеницы гомогенизировали и центрифугировали 5 мин при 12 000 g, затем переносили в новую пробирку и центрифугировали в таких же условиях повторно. Так удалось избавиться от остатков растительной ткани, которые в некоторых образцах

частично захватываются при отборе супернатанта после первого центрифугирования. Полученный стандартный лизат разделяли на две аликвоты. Одну часть дополнительно центрифугировали 10 мин при 20 000 g, другая в это время находилась в холодильнике для обеспечения равных температурных условий с первой (все центрифугирования проводятся при 4 °С). После этого в обеих аликвотах проводили определение активности НР, следуя стандартному протоколу. Результатом дополнительного центрифугирования при 20 000 g стало статистически незначимое снижение концентрации белка (на 5%) и образовавшегося нитрита (на 3%) и незначимое повышение активности НР на 2% (см. рис. 2). Таким образом, центрифугирование при 20 000 g не вносит заметных изменений в результаты определения активности НР. В данном исследовании определено, что центрифугирование при 20 000 g не обязательно. Оно не включено в стандартный протокол определения активности НР и не использовано в других описанных здесь экспериментах.

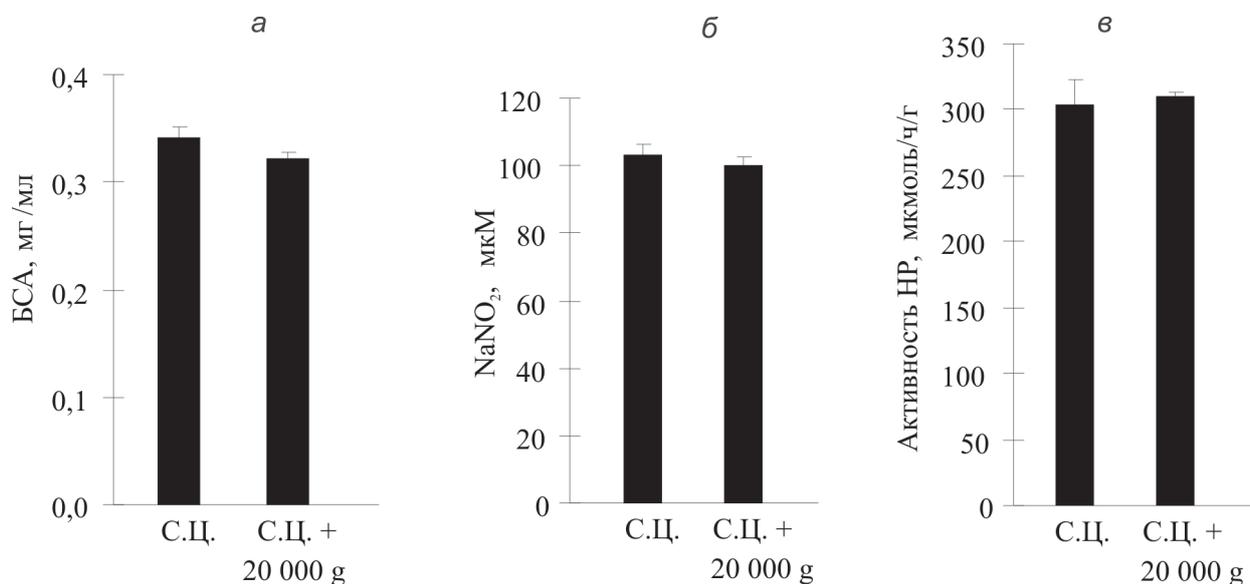


Рис. 2. Влияние центрифугирования лизата при 20 000 g после стандартного центрифугирования (двукратное центрифугирование при 12 000 g, обозначено “С.Ц.”) на: *a* – содержание общего белка в лизатах; *б* – уровень нитрита после восстановления нитрата лизатами в течение 1 ч; *в* – активность НР.

Fig. 2. The effect of centrifugation of the lysate at 20,000 g after standard centrifugation (double centrifugation at 12,000 g, denoted as “С.Ц.”) on: *a* – the total protein content in the lysates; *б* – the level of nitrite after reduction of nitrate with lysates for 1 hour; *в* – nitrate reductase activity.

Определение активности НР в лиофилизированных и измельченных в шаровой мельнице листьях. Активность НР в листьях растений быстро изменяется в зависимости от внешних условий. Нестабильность этого фермента затрудняет исследование его активности, поскольку требует практически одновременного определения ее во всех образцах. При значительном числе растительных образцов приготовление лизатов и определение активности НР за ограниченное время не представляется возможным. Однако в короткий срок значительное число образцов можно собрать и поместить для высушивания в лиофильную сушку. Чтобы проверить, сохраняет ли НР активность, близкую к нативной после лиофилизации и после измельчения в шаровой мельнице, сравнили активность НР, определенную для одних и тех же 4-недельных проростков пшеницы в свежих листьях (С.Л.) и в лиофилизированных листьях (Л.Л.), измельченных перетиранием вручную в ступке или в мельнице. При определении активности НР в свежем листе использовали 30 мг материала, для лиофилиза-

ции использовали 80–120 мг листьев. Несмотря на различие в начальном весе материала, в лизатах из С.Л. находилось больше общего белка, чем в лизатах из Л.Л. (см. рис. 3, а). Измельчение в шаровой мельнице в условиях, описанных в разделе «Материал и методы», приводило к более полному высвобождению белка из Л.Л. по сравнению с деликатным измельчением в ступке. Разброс концентраций белка и нитратов между повторами в случае применения мельницы наблюдался в меньшей степени, чем в случае использования ступки. Это свидетельствует о более строгой повторяемости условий измельчения (см. рис. 3, а, б). Несмотря на меньшее количество белка, лизаты из Л.Л. проявляли более высокую активность в восстановлении нитратов (см. рис. 3, б). Активность НР, которая определяется в пересчете на белок, была существенно выше у Л.Л. (см. рис. 3, в). Более высокая активность НР в Л.Л., вероятно, объясняется тем, что в них НР экстрагируется лучше, чем в среднем прочие белки. Таким образом, при лиофилизации и последующим измельчением высу-

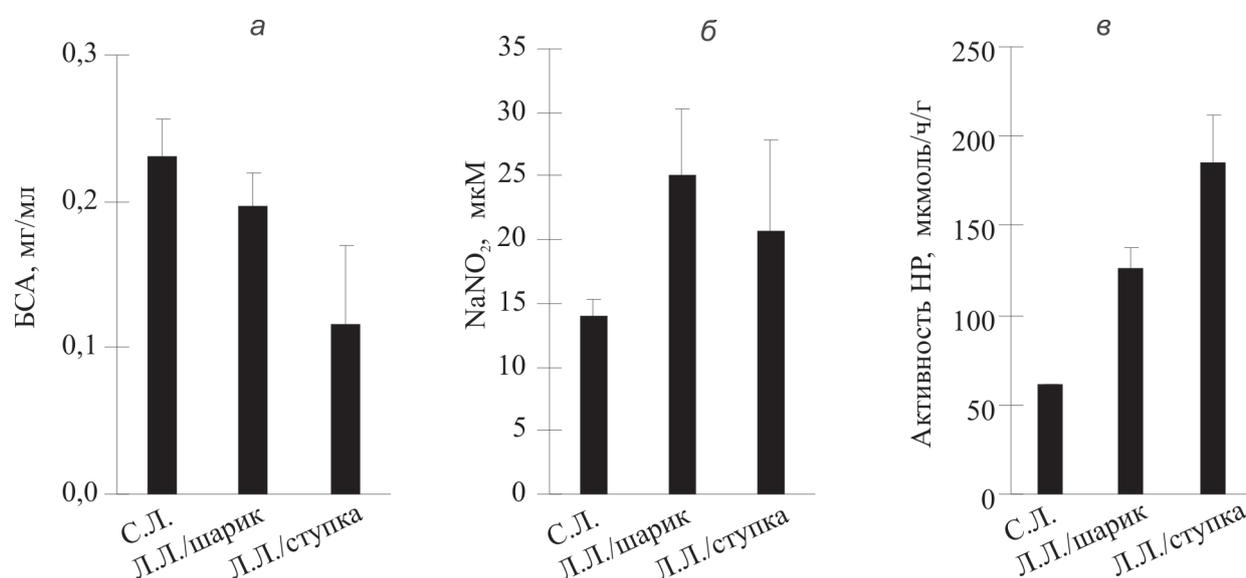


Рис. 3. Определение активности НР в лизатах свежих листьев (С.Л.), лиофилизированных листьях, измельченных шариками (Л.Л./ шарик) и лиофилизированных листьях, измельченных в ступке (Л.Л./ ступка). Определены: а – содержание общего белка; б – концентрация нитрита, образованного лизатом из нитрата за 1 ч; в – активность НР.

Fig. 3. Determination of the activity of NR in lysates from fresh leaves (С.Л.), lyophilized leaves, ground in bead mill (Л.Л./ шарик) and lyophilized leaves, ground in a mortar (Л.Л./ ступка). The following were determined: а – total protein content; б – the concentration of nitrite generated from nitrate by the lysate for 1 hour; в – NR activity.

шенного материала вибрационной шаровой мельницей активность НР сохраняется. Этот способ подготовки растительного материала можно использовать в исследованиях.

Определение активности НР в зависимости от наличия нитратов в субстрате для проростков восьми сортов пшеницы. Нитраты способны сильно индуцировать активность НР. Для верификации предложенного метода были измерены активности НР в разных сортах мягкой пшеницы в зависимости от наличия нитрат-ионов в субстрате. Для эксперимента часть проростков пшеницы была выращена на субстрате с модифицированным раствором Хогланда (МРХ), который не содержал нитраты. Другая часть – на субстрате с МРХ, в который было добавлено 50 мМ KNO_3 . Активность НР определяли во флаговом (верхнем)

листе 5-недельных проростков, при этом использовали вариант с лиофильным высушиванием листа, измельченного в шаровой мельнице (см. раздел «Материал и методы»). Активность измеряли у двух растений на субстрате без нитратов и двух растений, пророщенных в присутствии нитратов. Все сорта реагировали на присутствие нитратов повышением уровня активности НР (см. рис. 4). Наименее отзывчивым на нитраты сортом оказался Новосибирская 67 (индукция активности НР в 2,5 раза), максимально отзывчивыми сортами – Гром и Алтиго (индукция в 5,7 и 5,4 раза) (см. таблицу). Таким образом, активность НР и чувствительность к действию нитратов статистически значимо варьируются между сортами пшеницы.

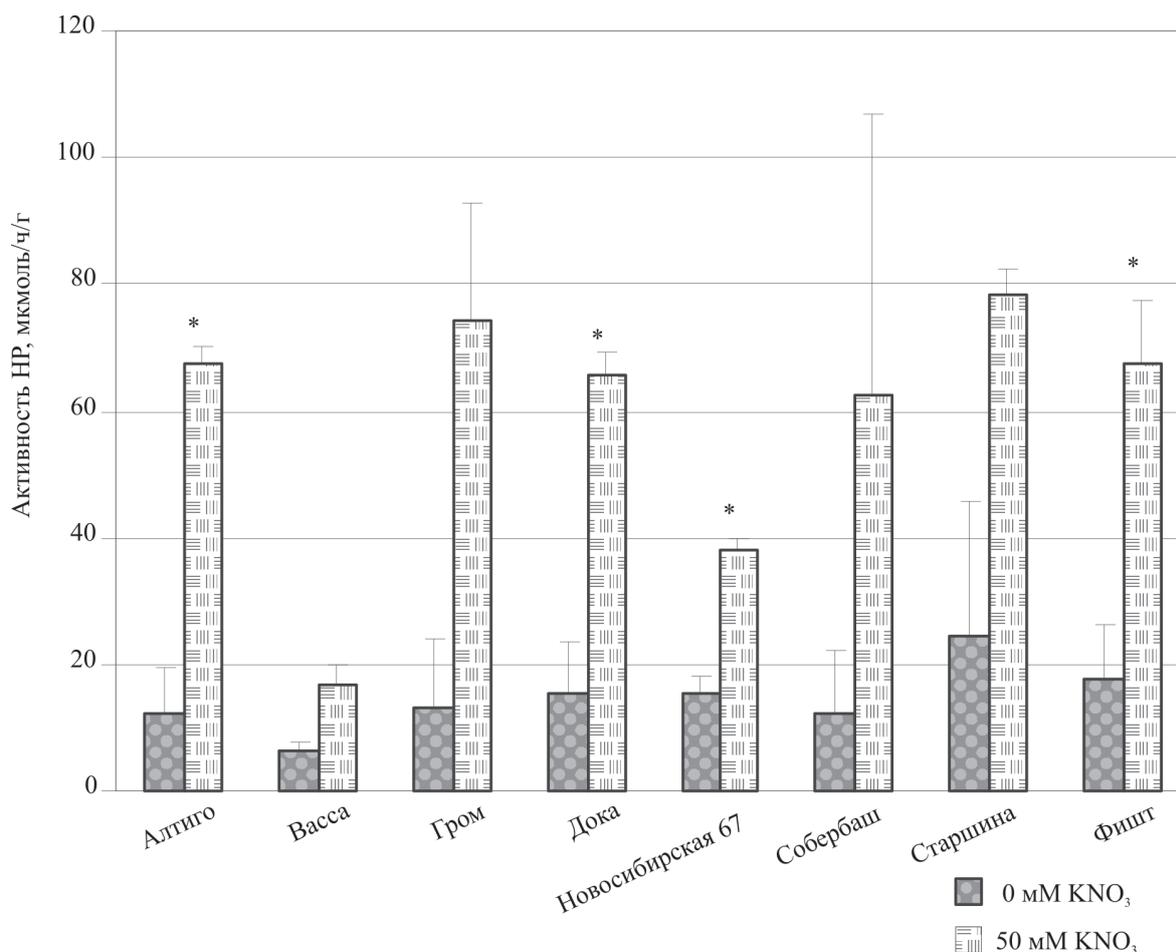


Рис. 4. Базовая (не индуцированная присутствием нитратов в субстрате) и стимулированная нитратами (50 мМ KNO_3) активность НР для восьми сортов пшеницы. * $p < 0,05$.

Fig. 4. Basal (not induced by the presence of nitrates in substrate) and nitrate-stimulated (50 мМ KNO_3) NR activity for eight wheat cultivars. * $p < 0.05$.

Отношение активностей НР у растений при 50 мМ KNO_3 и при 0 мМ KNO_3 (АНР(50)/АНР(0)).
The ratio of NR activities in plants at 50 mM KNO_3 and at 0 mM KNO_3

Сорт	АНР(50)/АНР(0)
Алтиго	5,43 ± 3,03
Васса	2,73 ± 0,91
Гром	5,72 ± 5,00
Дока	4,31 ± 2,39
Новосибирская 67	2,48 ± 0,50
Собербаш	5,08 ± 5,48
Старшина	3,18 ± 2,71
Фишт	3,78 ± 1,85

ВЫВОДЫ

1. При определении активности НР следует контролировать корректность результатов, измеряя активности в растворах с различными разбавлениями лизатов. Полученные значения должны находиться в линейной зоне зависимости образования нитратов от объема лизата.

2. Исследование активности НР на лиофилизированных листьях, приготовленных на вибрационной шаровой мельнице, более производительнее, чем на материале, гомогенизированном по традиционной ручной технологии, и позволяет проводить гомогенизацию в 96-луночном формате. Лиофилизированный материал долго сохраняет свойства при комнатной температуре в отличие от замороженного растительного материала, белковые компоненты которого после размораживания быстро деградируют. В представленном методе используется небольшое количество материала, что сводит повреждение растения к минимуму и делает возможным дальнейшее определение его урожайности и других показателей. Предложенная технология исследований позволяет проводить массовые анализы растений в полевых условиях.

3. Активность НР и ее изменение при применении нитратов в различных сортах мягкой пшеницы варьируются в широком диапазоне. Разработанный метод открывает возможность проверить гипотезу об НР как признаке, по которому можно проводить селекцию, используя большое число растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морозкина Е.В., Звягильская Р.А. Нитратредуктазы: структура, функции, влияние факторов стресса // Биохимия. 2007. Т. 72, № 10. С. 1413–1424. DOI: 10.1134/s0006297907100124.
2. Johnson C., Whittington W., Blackwood G. Nitrate reductase as a possible predictive test of crop yield // Nature. 1976. Vol. 262, N 5564. P. 133–134. DOI: 10.1038/262133a0.
3. Nigro D., Gadaleta A., Mangini G., Colasuonno P., Marcotuli I., Giancaspro A., Giove S.L., Simeone R., Blanco A. Candidate genes and genome-wide association study of grain protein content and protein deviation in durum wheat // Planta. 2019. Vol. 249, N 4. P. 1157–1175. DOI: 10.1007/s00425-018-03075-1.
4. Zhao X.Q., Nie X.L., Xiao X.G. Over-expression of a tobacco nitrate reductase gene in wheat (*Triticum aestivum* L.) increases seed protein content and weight without augmenting nitrogen supplying // PLoS One. 2013. Vol. 8, N 9. P. e74678. DOI: 10.1371/journal.pone.0074678.
5. Gao Z., Wang Y., Chen G., Zhang A., Yang S., Shang L., Wang D., Ruan B., Liu C., Jiang H., Dong G., Zhu L., Hu J., Zhang G., Zeng D., Guo L., Xu G., Teng S., Harberd N.P., Qian Q. The indica nitrate reductase gene *OsNR2* allele enhances rice yield potential and nitrogen use efficiency // Nat Commun. 2019. Vol. 10, N 1 P. 5207. DOI: 10.1038/s41467-019-13110-8.
6. Yi J., Gao J., Zhang W., Zhao C., Wang Y., Zhen X. Differential Uptake and Utilization of Two Forms of Nitrogen in Japonica Rice Cultivars From North-Eastern China. // Front Plant Sci. 2019. Vol. 4, N 10 P. 1061. DOI: 10.3389/fpls.2019.01061.
7. Bolshakova L.S., Bulgakova N.N. Effect of nitrate nutrition on nitrate compartmentation, nitrate reductase activity and productivity in spring wheat. Wheat: Prospects for Global Improvement. Developments in Plant Breeding, Vol 6. Springer, Dordrech, 1997. P. 437–443. DOI 10.1007/978-94-011-4896-2_58.
8. Yanagisawa S. Transcription factors involved in controlling the expression of nitrate reductase genes in higher plants // Plant Sci. 2014. Vol. 229. P. 167–171. DOI: 10.1016/j.plantsci.2014.09.006.

9. Клименко С.Б., Пешкова А.А., Дорофеев Н.В. Активность нитратредуктазы у озимой пшеницы при тепловом шоке // Журнал стресс-физиологии и биохимии. 2006. Т. 2. № 1. С. 50–56.
10. Sherrard J. H., Dalling M. J. In vitro stability of nitrate reductase from wheat leaves: I. Stability of highly purified enzyme and its component activities // *Plant Physiol.* 1979. Vol. 63. N 2. P. 346–353. DOI: 10.1104/pp.63.2.346.
11. Evans H.J., Nason A. Pyridine nucleotide-nitrate reductase from extracts of higher plants // *Plant Physiol.* 1953. Vol. 28. N 2. P. 233–254. DOI: 10.1104/pp.28.2.233.
12. Gibon Y., Blaesing O. E., Hannemann J., Carillo P., Höhne M., Hendriks J.H., Palacios N., Cross J., Selbig J., Stitt M. A Robot-based platform to measure multiple enzyme activities in Arabidopsis using a set of cycling assays: comparison of changes of enzyme activities and transcript levels during diurnal cycles and in prolonged darkness // *Plant Cell.* 2004. Vol. 16, N 12. P. 3304–3325. DOI: 10.1105/tpc.104.025973.
13. Bradford M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // *Analytical Biochemistry.* 1976. Vol. 72. P. 248–254. DOI: 10.1006/abio.1976.9999.
1. Morozkina E.V., Zvyagil'skaya R.A. Nitratreduktazy: struktura, funktsii, vliyanie faktorov stressa [Nitrate reductases: Structure, functions, and effect of stress factors]. *Biokhimiya* [Biochemistry], 2007, vol. 72, no. 10, pp. 1413–1424. (In Russian). DOI: 10.1134/s0006297907100124.
2. Johnson C., Whittington W., Blackwood G. Nitrate reductase as a possible predictive test of crop yield. *Nature*, 1976, vol. 262, no. 5564, pp. 133–134. DOI: 10.1038/262133a0.
3. Nigro D., Gadaleta A., Mangini G., Colasuonno P., Marcotuli I., Giancaspro A., Giove S.L., Simeone R., Blanco A. Candidate genes and genome-wide association study of grain protein content and protein deviation in durum wheat. *Planta*, 2019, vol. 249, no. 4, pp. 1157–1175. DOI: 10.1007/s00425-018-03075-1.
4. Zhao X.Q., Nie X.L., Xiao X.G. Over-expression of a tobacco nitrate reductase gene in wheat (*Triticum aestivum* L.) increases seed protein content and weight without augmenting nitrogen supplying. *PLoS One*, 2013, vol. 8, no. 9, pp. e74678. DOI: 10.1371/journal.pone.0074678.
5. Gao Z., Wang Y., Chen G., Zhang A., Yang S., Shang L., Wang D., Ruan B., Liu C., Jiang H., Dong G., Zhu L., Hu J., Zhang G., Zeng D., Guo L., Xu G., Teng S., Harberd N.P., Qian Q. The indica nitrate reductase gene OsNR2 allele enhances rice yield potential and nitrogen use efficiency. *Nat Commun*, 2019, vol. 10, no. 1, pp. 5207. DOI: 10.1038/s41467-019-13110-8.
6. Yi J., Gao J., Zhang W., Zhao C., Wang Y., Zhen X. Differential Uptake and Utilization of Two Forms of Nitrogen in Japonica Rice Cultivars From North-Eastern China. *Front Plant Sci.* 2019, vol. 4, no. 10, pp. 1061. DOI: 10.3389/fpls.2019.01061.
7. Bolshakova L.S., Bulgakova N.N. Effect of nitrate nutrition on nitrate compartmentation, nitrate reductase activity and productivity in spring wheat. Wheat: Prospects for Global Improvement. *Developments in Plant Breeding*, 1997, vol. 6, pp. 437–443. DOI 10.1007/978-94-011-4896-2_58.
8. Yanagisawa S. Transcription factors involved in controlling the expression of nitrate reductase genes in higher plants. *Plant Sci*, 2014, vol. 229, pp. 167–171. DOI: 10.1016/j.plantsci.2014.09.006.
9. Klimenko S.B., Peshkova A.A., Dorofeev N.V. Aktivnost' nitratreduktazy u ozimoi pshenitsy pri teplovom shoke [Nitrate reductase activity during heat shock in winter wheat]. *Zhurnal stress-fiziologii i biokhimi* [Journal of Stress Physiology and Biochemistry], 2006, vol. 2, no. 1, pp. 50–56. (In Russian).
10. Sherrard J.H., Dalling M. J. In vitro stability of nitrate reductase from wheat leaves: I. Stability of highly purified enzyme and its component activities. *Plant Physiol*, 1979, vol. 63, no. 2, pp. 346–353. DOI: 10.1104/pp.63.2.346.
11. Evans H.J., Nason A. Pyridine nucleotide-nitrate reductase from extracts of higher plants. *Plant Physiol*, 1953, vol. 28, no. 2, pp. 233–254. DOI: 10.1104/pp.28.2.233.
12. Gibon Y., Blaesing O.E., Hannemann J., Carillo P., Hohne M., Hendriks J. H., Palacios N., Cross J., Selbig J., Stitt M. A Robot-based platform to measure multiple enzyme activities in Arabidopsis using a set of cycling assays:

comparison of changes of enzyme activities and transcript levels during diurnal cycles and in prolonged darkness. *Plant Cell*, 2004, vol. 16, no. 12, pp. 3304–3325. DOI: 10.1105/tpc.104.025973.

13. Bradford M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 1976, vol. 72, pp. 248–254. DOI: 10.1006/abio.1976.9999.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Карлов Г.И., академик РАН, доктор биологических наук, директор Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной биотехнологии, e-mail: karlov@iab.ac.ru

✉ **Литвинов Д.Ю.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 127550, Москва, Тимирязевская, 42; e-mail: dlitvinov@gmail.com

Харченко П.Н., академик РАН, доктор биологических наук, научный руководитель Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной биотехнологии; e-mail: xpn@iab.ac.ru

Крупин П.Ю., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; e-mail: pavelkroupin1985@gmail.com

Ширнин С.Ю., младший научный сотрудник; e-mail: durandal-1707@bk.ru

Черноок А.Г., младший научный сотрудник; e-mail: Irbis-sibrI@yandex.ru

Назарова Л.А., младший научный сотрудник; e-mail: lpukhova@yandex.ru

Дивашук М.Г., кандидат биологических наук, заведующий лабораторией прикладной генетики и частной селекции сельскохозяйственных растений; e-mail: divashuk@gmail.com

AUTHOR INFORMATION

Karlov G.I., Academician RAS, Doctor of Science in Biology, Director of All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology; e-mail: karlov@iab.ac.ru

✉ **Litvinov D.Y.**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher, **address:** 42 Timiryazevskaya ul, Moscow, 127550, Russia; e-mail: dlitvinov@gmail.com

Kharchenko P.N., Academician RAS, Doctor of Science in Biology, Scientific Director of All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology; e-mail: xpn@iab.ac.ru

Krupin P.Yu., Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; e-mail: pavelkroupin1985@gmail.com

Shirnin S.Yu., Junior Researcher; e-mail: durandal-1707@bk.ru

Chernook A.G., Junior Researcher, e-mail: Irbis-sibrI@yandex.ru

Nazarova L.A., Junior Researcher; e-mail: lpukhova@yandex.ru

Divashuk M.G., Candidate of Science in Biology, Head of Laboratory of Applied Genomics and Crop Breeding; e-mail: divashuk@gmail.com

Финансовая поддержка

Благодарим академика Российской академии наук Л.А. Беспалову за любезно предоставленные семена пшеницы различных сортов.

Работа выполнена при поддержке государственного задания по теме «Структурно-функциональный анализ организации геномов сельскохозяйственных растений для обеспечения селекционного процесса (0431-2019-0004)».

Дата поступления статьи 28.10.2019

Received by the editors 28.10.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-4

УДК: 621.926.47:668.411:674.032.14:678.029

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ЗАЩИТА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ КОМПЛЕКСА ВРЕДНЫХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ РФ

Спиридонов Ю.Я., Калимуллин А.Т., Протасова Л.Д.,
Абубикеров В.А., Спиридонова И.Ю.

Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии
Московская область, р.п. Большие Вяземы, Россия

Для цитирования: Спиридонов Ю.Я., Калимуллин А.Т., Протасова Л.Д., Абубикеров В.А., Спиридонова И.Ю. Интегрированная защита озимой пшеницы от комплекса вредных объектов в условиях Европейского Нечерноземья РФ // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 6. С. 34–43. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-4

For citation: Spiridonov Yu.Ya., Kalimullin A.T., Protasova L.D., Abubikerov V.A., Spiridonova I.Yu. *Integrirrovannaya zashchita ozimoi pshenitsy ot kompleksa vrednykh ob'ektov v usloviyakh Evropeiskogo Nechernozem'ya RF* [Integrated protection of winter wheat from a complex of harmful causes in European non-chernozem region of the RF]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 6, pp. 34–43. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-4

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты многолетних опытов по изучению эффективности комплексного применения средств защиты растений, удобрений на фоне различных обработок почвы при возделывании озимой пшеницы сорта Московская 39. Исследования проведены в условиях Европейского Нечерноземья Московской области на дерново-подзолистой среднесуглинистой среднеокультуренной почве. Показано, что сорная растительность в основном представлена широколиственными видами с количеством от 270 до 370 шт./м². Среди вредителей доминируют злаковые тли и клопы-слепняки. Из болезней отмечены корневые гнили – гельминтоспориозная и фузариозная (до 30–40%) – и аэрогенные инфекции – бурая листовая ржавчина (15–28%) и пятнистости листьев (17–25%). Исследования показали высокую индивидуальную эффективность подавления вредных объектов средствами защиты – протравителями семян, гербицидами, фунгицидами и инсектицидами. Засоренность снижалась на 78–85%, развитие корне-

INTEGRATED PROTECTION OF WINTER WHEAT FROM A COMPLEX OF HARMFUL CAUSES IN EUROPEAN NON-CHERNOZEM REGION OF THE RF

Spiridonov Yu.Ya., Kalimullin A.T.,
Protasova L.D., Abubikerov V.A.,
Spiridonova I.Yu.

All-Russian Research Institute
of Phytopathology,

Moscow region, Bolshye Vyazemy, Russia

The results of many years of research on the effectiveness of the integrated use of crop protection means and fertilizers with the application of various tillage systems for cultivation of winter wheat of Moskovskaya variety 39 are presented. The studies were conducted in the European non-chernozem soil of Moscow Region on sod-podzolic medium loamy medium-cultivated soil. It was shown that weeds are mainly represented by broad-leaved species with an amount of 270 to 370 pcs/m². Among pests, cereal aphids and capsid bugs dominate. Among diseases, Helminthosporium and Fusarium root rot (up to 30–40%) and aerogenic infections – brown leaf rust (15–28%) and leaf spot (17–25%) were noted. Studies showed high individual effectiveness in eliminating harmful causes by using appropriate means of protection – seed disinfectants, herbicides, fungicides and insecticides. Weed infestation decreased by 78–85%, root rot development – by 78–81, leaf

вых гнилей – на 78–81, пораженность листовыми болезнями – на 91–98, вредителей – на 78–100%. При этом отмечена слабая эффективность фунгицида Альто супер против септориоза и инсектицида Каратэ против пшеничного трипса. Долевой вклад защитных мероприятий в сохраненный урожай был следующим: протравители семян – 18%, инсектициды – 21, гербициды – 39, фунгициды – 22%. Наиболее высокий хозяйственный эффект получен при комплексном применении средств защиты растений – до 10,7 ц зерна/га. При этом повышались качество зерна, содержание белка, клейковины и класс зерна. Экономическая эффективность интегрированной системы защиты составила от 4,7 до 8,1 р. на каждый затраченный рубль. Лучший результат по хозяйственной эффективности получен на фоне отвальной вспашки с применением полной дозы минеральных удобрений $N_{90}P_{90}K_{90}$ и полной интегрированной схемы защиты.

Ключевые слова: озимая пшеница, интегрированная система защиты, сорняки, вредители, болезни, экономическая эффективность

ВВЕДЕНИЕ

Одной из причин ухудшения фитосанитарной ситуации в растениеводстве ряда сельскохозяйственных регионов РФ стало резкое сокращение объемов применения средств химизации (удобрений и пестицидов) и несоблюдение технологии их применения. При этом из-за недостатка средств в хозяйствах делалась попытка найти какой-то один прием или использовать какую-то одну рекомендацию по применению средств химизации (чаще всего гербицидов), которые обеспечили бы рост урожайности сельскохозяйственных культур без больших затрат средств и труда. Такой подход всегда приводит к нарушению закона земледелия о равнозначности и незаменимости факторов агротехнологии. Данный закон показывает, что уровень урожайности культуры определяется не тем агроприемом, который находится в избытке, а тем, которого не хватает. Величина урожайности является интегральным показателем действия и взаимодействия многочисленных факторов. Сельхозпроизводителю необходимо находить пути их оптимального и комплексного применения. Отсутствие системного комплекс-

diseases – by 91-98, pests – by 78-100%. At the same time, the weak effectiveness of the Alto-super fungicide against Septoria and Karate insecticide against wheat thrips was noted. The effect of protective measures on the stored crop was as follows: seed disinfectants – 18%, insecticides – 21, herbicides – 39, fungicides – 22%. The highest economic effect was obtained with the integrated use of plant protection products – up to 1.07 t / ha of grain. At the same time, the quality of grain, content of protein and gluten, and grain class increased. The economic efficiency of the integrated protection system ranged from 4.7 to 8.1 roubles for each rouble spent. The best result in terms of economic efficiency was obtained with moldboard tillage and the use of a full dose of NPK_{90} mineral fertilizers and a full integrated protection scheme.

Keywords: winter wheat, integrated protection system, weeds, pests, diseases, economic efficiency

ного подхода к применению средств химизации приводит к существенному снижению их эффективности в земледелии России.

Результаты многолетних исследований коллектива отдела гербологии Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии РАН (ВНИИФ РАН) по проблеме борьбы с сорняками в посевах различных сельскохозяйственных культур свидетельствуют, что ни один из отдельно взятых приемов (агротехнический, химический или биологический), какой бы эффективностью он ни обладал, не может решить проблему стабильного повышения продуктивности земледелия в целом. Для этого необходимо создание системы интегрированной защиты посевов сельскохозяйственных культур от комплекса вредоносных факторов, включая борьбу с сорняками, болезнями растений и вредителями. Это, на наш взгляд, представляется наиболее эффективным, экономически оправданным и экологически приемлемым способом подъема продуктивности растениеводства России на данном этапе.

Интегрированная система защиты посевов сельскохозяйственных культур предусматривает повышение общей культуры

земледелия, включающей соблюдение научно обоснованных севооборотов, преимущественное использование районированных высокоурожайных и устойчивых к вредным объектам сортов сельскохозяйственных культур, ресурсосберегающую обработку почвы и рационально обоснованное применение средств химизации (удобрений и пестицидов).

При таком подходе задача комплексного применения средств защиты культурных растений от вредных объектов в конкретном почвенно-климатическом регионе РФ заключается в сохранении того положительного вклада в их суммарную урожайность, что может дать сорт культуры, правильная обработка почвы и оптимальное использование минеральных удобрений (см. рис. 1).

В настоящее время необходимо отметить проблему низкой эффективности средств химизации, применяемых некомплексно и часто в заниженных дозах. Применять следует все основные средства химизации только в рекомендованных оптимальных дозах при строгом соблюдении технологии их внесения с учетом сложившейся фитосанитарной ситуации посевов и в тех объемах, какие определяются экономическими возможностями сельхозпредприятий. Нарушение такого подхода приводит к нарушению самого принципа интегрированного применения средств химизации. Каждый компонент комплексной системы должен создавать условия для того, чтобы другие ее составляющие могли проявлять максимальную эффективность, обеспечивая создание

наиболее благоприятных условий для роста и развития культуры и формирования высококачественного урожая.

В отделе гербологии ВНИИФ РАН с 2006 г. по настоящее время проводят исследования с целью разработки систем технологий фитосанитарного оздоровления и стабилизации агроценозов на основе оптимизации их по биологической, экономической эффективности и экологической безопасности. При разработке оптимальной технологии интегрированной защиты посевов озимой пшеницы на фоне различных агроприемов с помощью комплексного применения протравливателей семян, фунгицидов, инсектицидов и гербицидов использовали различные пестициды, представленные фирмами ООО «Сингента» и ЗАО «БАСФ» (см. табл. 1). Каждая из фирм представила свои лучшие образцы. Они были испытаны в рекомендованных дозах в оптимальные сроки применения по единой схеме в одном массиве стационарного опытного поля на фоне одинаковых агротехнических и агрохимических вариантов на посевах озимой пшеницы. В результате проведенных комплексных многофакторных исследований установлено, что с практической точки зрения (биологическая и хозяйственная эффективность и экологическая безопасность) все изучаемые схемы применения представленных пестицидов показали близкую суммарную эффективность, что, очевидно, обусловлено как близостью природы действующих веществ соответствующих препаративных форм, так и однотипностью механизмов их действия (см. табл. 1).

В настоящем сообщении приводятся обобщенные результаты технологической цепочки приемов защиты озимой пшеницы с помощью пестицидов ООО «Сингента»: протравителя Максим, КС (1,5 л/т семян), гербицидной баковой смеси Лограна, ВДГ с Банвелом, ВР (8 г/га + 150 мл/га) и ретардантом Модус, КС (0,4 л/га). Они испытаны в рекомендованные фазы пшеницы на разных фонах применения минеральных удобрений (без удобрений, $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{90}P_{90}K_{90}$), вносимых перед посевом культуры как при пред-



Рис. 1. Место комплексной защиты культурных растений в современных агротехнологиях

Fig. 1. The place of integrated protection of cultivated plants in modern agricultural technologies

Табл. 1. Химические средства защиты озимой пшеницы, использованные в экспериментах (2010–2018 гг.)

Table 1. Chemical protective products of winter wheat used in experiments (2010–2018)

Фирма-производитель	
ООО «Сингента»	ЗАО «БАСФ»
Протравитель семян Максим, КС (д.в. флудиоксонил + ципроконазол) – 1,5 л/т	Протравитель семян Кинто Дуо, КС (д.в. тритиконазол + прохлораз) – 2,5 л/т
Гербицид Логран, ВДГ (д.в. триасульфурон) – 8 г/га + Банвел, ВР (д.в. диметиламинная соль дикамбы) – 150 мл/га	Гербицид Серто Плюс, ВДГ (д.в. тритосульфурон + дикамба) – 200 г/га
Фунгицид Альто супер, КЭ (д.в. пропиконазол + ципроконазол) – 0,5 л/га	Фунгицид Рекс Дуо, КС (д.в. тиофанат-метил + эпоксиконазол) + Абакус, СЭ (д.в. пираклостробин + эпоксиконазол) – 0,6 л/га + 1,75 л/га
Инсектицид Каратэ, КЭ (д.в. лямбда-цигалотрин) – 0,2 л/га	Инсектицид БИ-58 Новый, КЭ (д.в. диметоат) + Фастак, КЭ (д.в. альфа-циперметрин) – 1 л/га + 0,15 л/га
Ретардант Модус, КЭ (д.в. тринексапак-этил) – 0,4 л/га	Ретардант Це Це Це 460, ВК (д.в. хлормекватхлорид) – 2 л/га

посевной отвальной вспашке на 17–20 см, так и при двукратной перекрестной культивации на 8–10 см. Затем в оптимальные сроки с учетом сложившегося экономического порога вредоносности (ЭПВ) применены фунгицид Альто супер, КЭ (0,5 л/га) против аэрогенных болезней и инсектицид Каратэ, КЭ (0,2 л/га) против насекомых-вредителей.

На первом этапе исследований в схему опытов были включены варианты с индивидуальным использованием каждого изучаемого пестицида, а также их парного и комплексного применения. На втором этапе эффективность лучшего варианта с комплексной обработкой пестицидами оценивали на фоне различных агротехнических и агрохимических мероприятий.

Цель исследования – оптимизировать систему защиты озимой пшеницы от сорных растений, вредителей и болезней в условиях Европейского Нечерноземья РФ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые эксперименты с использованием перечисленных выше пестицидов проведены в сезонах 2010–2019 гг. в условиях Московской области на стационарном опытном поле отдела гербологии ВНИИФ РАН на посевах озимой пшеницы сорта Московская 39, посеянной по чистому пару. Агротехника выращивания культуры была типичной для центральной части Европейского Нечерно-

земья РФ. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая среднекультуренная. Содержание гумуса составляло 2,8%, $pH_{вод}$ 5,8, ЕКО 11 мг-экв./100 г почвы, содержание подвижных форм азота, фосфора и калия соответственно 14,2; 13,5 и 15,6 мг/100 г почвы.

Полевые опыты проводили в соответствии с «Методическими указаниями по полевому испытанию пестицидов в растениеводстве» с дополнениями и изменениями, учитывающими конкретные задачи и цели испытаний, возможность увеличения производительности труда, а также точность эксперимента, что отражено в «Методических руководствах» при изучении гербицидов [1, 2].

Предпосевную обработку почвы проводили в одном случае отвальным плугом ПН-4-35 на глубину 17–20 см, в другом – поверхностную двукратную культивацию культиватором КПН на глубину 8–10 см. Минеральные удобрения вносили в обоих случаях под предпосевную культивацию на глубину 5–6 см. Весной после перезимовки по всей схеме опыта осуществляли подкормку посевов аммиачной селитрой в дозе 30 кг д.в./га.

Посев озимой пшеницы сорта Московская 39 проводили семенами только первой репродукции сеялкой СПУ-4 с прикатыванием кольчатыми катками. Норма высева семян культуры 250 кг/га. Сразу после всхо-

дов производили разбивку опытных делянок с последовательным расположением вариантов с элементами рендомизации. Площадь опытных делянок во всех экспериментах составляла 20 м², повторность 5-кратная. Для нанесения пестицидов на поверхность опытных делянок использован опрыскиватель ОМ-300, навешенный на мини-трактор «Гольдони». Норма расхода рабочей жидкости 200 л/га. Для протравливания семян пшеницы использовали протравитель ПС-5 с применением рабочего раствора протравителя 10 л/т.

Уборку урожая зерна проводили малогабаритным комбайном «Хеге-125» путем прямого комбайнирования со всей площади делянки с последующей его очисткой от сорной примеси и доведения до влажности 14%. Проведен анализ зерна на качество: белка по ГОСТ 10846–74, клейковины – ГОСТ 13586.1–68, классности зерна – ГОСТ 9353–90.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования проводили на типичном для озимой пшеницы, выращиваемой в центральной части Европейского Нечерноземья РФ, фитосанитарном фоне (см. рис. 2). Комплекс основных вредных объектов был сле-

дующим: сорная растительность представлена в основном широколиственными видами в количествах от 270 до 370 шт./м² (по годам испытаний 2010–2019 гг.). Среди них зимующих видов в среднем было 36%, яровых – 57 и многолетников – 7%. Из вредителей преобладали злаковые тли и клопы-слепняки, при малом обилии присутствовали шведская муха, цикадки, злаковые трипсы и хлебный клопик. Из болезней отмечены корневые гнили (гельминтоспориозная и фузариозная) – до 30–40%, из аэрогенных инфекций бурая ржавчина – 15–28% и пятнистость листьев – 17–25% (см. рис. 2).

На первом этапе исследования были посвящены оценке эффективности изучаемых пестицидов в посевах озимой пшеницы при применении как отдельно, так и в сочетании друг с другом. Все пестициды применяли весной или летом в строго рекомендуемые сроки и фазы развития пшеницы.

Выявлена высокая биологическая эффективность изучаемых гербицидов, фунгицидов и инсектицидов против комплекса сорняков, болезней и вредителей (см. рис. 3–5, табл. 2).

Биологическая эффективность баковой смеси гербицидов против широколистных сорняков была на уровне 85–90%, но практически не подавляла злаковые (мятлик, пы-

Ценоз основных видов сорняков	<ul style="list-style-type: none"> • Астровые – 36% • Маревые – 24% • Гвоздичные – 10% • Капустные – 7% • Мятликовые – 13% • Прочие – 10%
Ценоз основных болезней	<ul style="list-style-type: none"> • Гельминтоспориозно-фузариозная гниль (<i>Fusarium</i> sp., <i>Bipolaris sorokiniana</i>) – 30–40% • Бурая ржавчина (<i>Puccinia recondita</i>) – 15–28% • Пятнистость листьев (<i>Septoria nodorum</i> + <i>S. tritici</i>) – 17–25%
Ценоз основных вредителей	<ul style="list-style-type: none"> • Злаковые тли (Aphididae) и клопы-слепняки (Miridae) – среднее обилие • Цикадки (Delphacidae) и злаковые трипсы (Thripidae) – малое обилие • Хлебный клопик (<i>Trigonotilus ruficornis</i>) – единичное количество • Имаго шведской мухи (<i>Oscinella pusilla</i>) – малое обилие

Рис. 2. Основные сорняки, болезни и вредители в посевах озимой пшеницы (центр Европейского Нечерноземья, Московская область)

Fig. 2. The main weeds, diseases and pests in winter wheat crops (center of European non-chernozem area, Moscow Region)

Максим, КС –1,5 л/т (протравливание семян)
+
Логран, ВДГ – 8 г/га + Банвел, ВР – 150 мл/га (в фазу кущения)
+
Каратэ, КЭ – 0,2 л/га (в фазы трубкования и колошения)
+
Альто супер, КЭ – 0,5 л/га (в фазы трубкования и колошения)

Рис. 3. Вариант применения различных пестицидов на посевах озимой пшеницы

Fig. 3. Application of various pesticides on winter wheat crops

Основная предпосевная обработка почвы	Удобрения, кг/га по д.в.	Средства защиты
1. Отвальная вспашка на глубину 20–22 см	1. 0	1. Протравитель семян (Максим, КС)
2. Перекрестная культивация на глубину 7–8 см	2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2. Гербициды Логран, ВДГ + Банвел, ВР
	3. N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3. Фунгицид (Альто супер, КЭ)
		4. Инсектицид (Каратэ, КЭ)
		5. Ретардант (Модус, КЭ)

Рис. 4. Варианты применения средств защиты на фоне различных агроприемов выращивания озимой пшеницы (2015–2018 гг.)

Fig. 4. The use of protective products combined with various agricultural methods of growing winter wheat (2015–2018)

Табл. 2. Биологическая эффективность комплексного использования средств защиты в посевах озимой пшеницы (2010–2018 гг.)

Table 2. Biological effectiveness of the integrated use of protective products in winter wheat crops (2010–2018)

Снижение засоренности посевов от применения Лограна, ВДГ + Банвела, ВР (8 г/га + 150 г/га) – 78–85%
Снижение гельминто-спориозных гнилей от применения Максима, КС (1,5 л/т): <i>Fusarium</i> sp. – 78% <i>Bipolaris sorokiniana</i> – 81%
Снижение численности вредителей от двукратного применения Каратэ, КЭ (0,1 л/га): имаго шведской мухи – 70–78% шеститочечная цикадка и хлебный клопик – 90–100% злаковые тли – 45–57% трипсы – 0 (численность увеличилась на 17%)
Снижение болезней от применения Альто супер, КЭ (0,5 л/га): бурая ржавчина – 91–98% пятнистости листьев – 21–25%

рей) виды. Протравитель Максим эффективно (до 80%) подавлял семенную микрофлору, которая в основном представлена видами *Fusarium* sp., *Bipolaris sorokiniana*. Инсектицид Каратэ проявил высокую эффективность против имаго шведской мухи, шести-

точечной цикадки и хлебного клопика, но был малоэффективен против злаковой тли и не токсичен против трипсов. Фунгицид Альто супер эффективно сдерживал развитие бурой ржавчины, но оказался недостаточно токсичным для видов септории (см. табл. 2).

Проведенные исследования показали, что несмотря на высокую индивидуальную биологическую эффективность каждого из изученных пестицидов, наиболее высокий хозяйственный эффект получен только при их комплексном применении (см. рис. 5).

Принятая в эксперименте технологическая схема применения пестицидов позволила рассчитать доленой вклад каждого из защитных приемов в общую суммарную хозяйственную эффективность. Для протравителя семян он составил 18% сохраненного урожая, для гербицидов – 39, инсектицида – 21 и для фунгицида – 22% (см. рис. 6). Эти показатели подтверждают, что в данном регионе РФ сорняки представляют основную угрозу урожаю зерна озимой пшеницы.

Борьба с ними является первоочередной задачей сельхозпроизводителей, однако только одной борьбой с сорняками максимальной урожайности озимой пшеницы получить не удается.

Важным этапом исследований являлась необходимость выяснения роли различных агроприемов (обработка, удобрения) в уровне эффективности средств защиты на посевах озимой пшеницы Московская 39. В схему экспериментов включены два вида предпосевной обработки почвы (отвальная и мелкая поверхностная), три фона минеральных удобрений ($N_{0}P_{0}K_{0}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{90}P_{90}K_{90}$) и комплексная система применения пестицидов, выявленная как наиболее эффективная на первом этапе исследо-

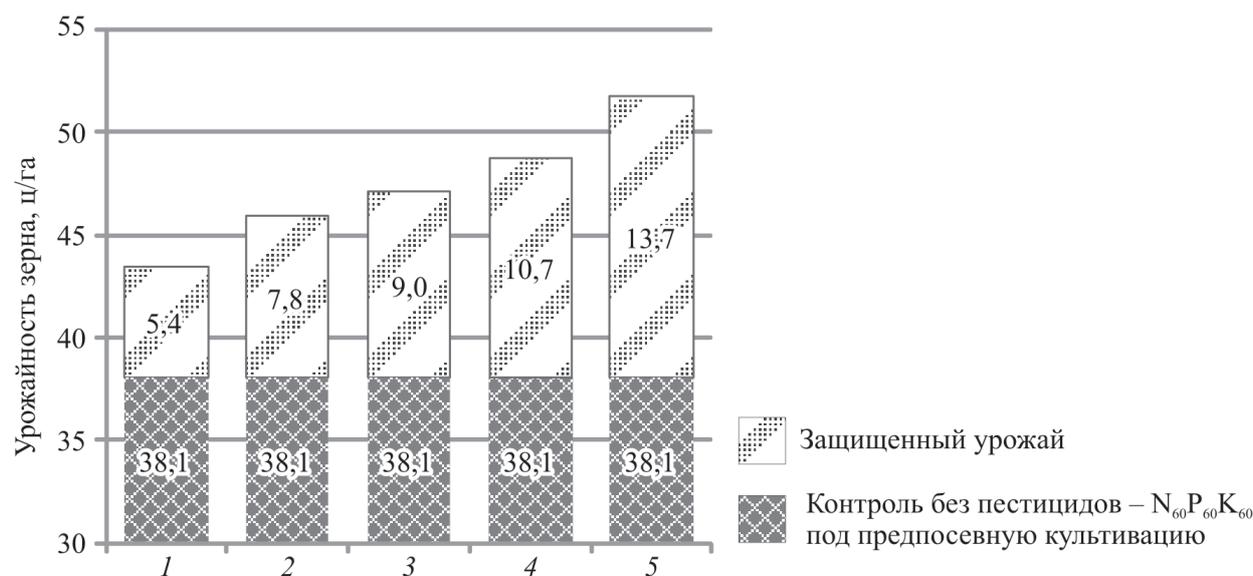


Рис. 5. Влияние различных схем применения пестицидов на уровень защищенного урожая зерна озимой пшеницы:

1 – Логран, ВДГ – 8 г/га + Банвел, ВР – 150 мл/га; 2 – Максим, КС – 1,5 л/т (протравливание семян) + Логран, ВДГ – 8 г/га + Банвел, ВР – 150 мл/га (в фазу кущения); 3 – Максим, КС – 1,5 л/т (протравливание семян) + Каратэ, КЭ – 0,2 л/га (в фазы трубкования и колошения) + Альто супер, КЭ – 0,5 л/га (в фазы трубкования и колошения); 4 – Максим, КС – 1,5 л/т (протравливание семян) + Логран, ВДГ – 8 г/га + Банвел, ВР – 150 мл/га (в фазу кущения) + Каратэ, КЭ – 0,2 л/га (в фазы трубкования и колошения); 5 – Максим, КС – 1,5 л/т (протравливание семян) + Логран, ВДГ – 8 г/га + Банвел, ВР – 150мл/га (в фазу кущения) + Каратэ, КЭ – 0,2 л/га (в фазы трубкования и колошения) + Альто супер, КЭ – 0,5 л/га (в фазы трубкования и колошения)

Fig. 5. Influence of various pesticide application schemes on the level of protection of winter wheat grain yield:

1 - Logran, VDG - 8 g / ha + Banvel, BP - 150 ml / ha; 2 - Maxim, KS - 1.5 l / t (seed disinfection) + Logran, VDG - 8 g / ha + Banvel, BP - 150 ml / ha (in the tillering phase); 3 - Maxim, KS - 1.5 l / t (seed disinfection) + Karate, KE - 0.2 l / ha (in the phases of booting and earing) + Alto-super, KE 0.5 l / ha (in the phases of booting and earing); 4 - Maxim, KS - 1.5 l / t (seed disinfection) + Logran, VDG - 8 g / ha + Banvel, BP - 150 ml / ha (in the tillering phase) + Karate, KE - 0,2 l / ha (in the phase of booting and earing); 5 - Maxim, KS - 1.5 l / t (seed disinfection) + Logran, VDG - 8 g / ha + Banvel, BP - 150 ml / ha (in tillering phase) + Karate, KE - 0.2 l / ha (in the phases of booting and earing) + Alto-super, KE - 0.5 l / ha (in the phases of booting and earing)

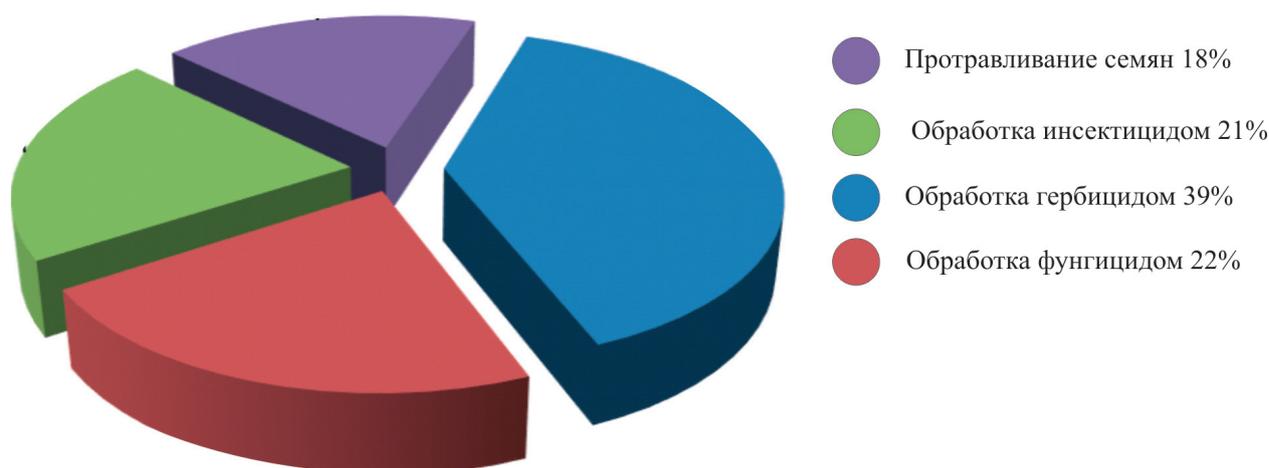


Рис. 6. Долевой вклад средств защиты сохраненного урожая зерна озимой пшеницы сорта Московская 39 от вредных объектов:

Засоренность – естественный ценоз для зоны 350 шт./м²; вредители – шведская муха, полевые клопы, цикадки, хлебные блошки, трипсы, тли; болезни – гельминто-спориозные и фузариозные гнили, септориоз и другие пятнистости, бурая ржавчина

Fig. 6. The share effect of the protection means from harmful causes on the stored winter wheat grain of the Moskovskaya 39 variety:

Weed infestation - natural cenosis for an area of 350 pcs / m²; pests – frit fly, field bugs, cicadas, bread fleas, thrips, aphids; diseases - helminthosporious and fusarious rot, septoria and other spots, brown rust

ваний (см. рис. 4). Эксперимент проведен на том же стационарном участке опытного поля ВНИИФ в сезонах 2010–2015 гг., поэтому фитосанитарная ситуация посевов озимой пшеницы мало отличалась от сезонов 2010 и 2011 гг. (см. рис. 2). Некоторые различия в развитии вредных объектов следует отметить в сезоне 2012 г. В ценозе сорняков практически проблемными оставались те же 9 видов, среди которых преобладали астровые и маревые. Среди болезней первые пустулы бурой ржавчины появились на листьях достаточно поздно – в фазу конца цветения (69-я стадия по шкале Задокса) и только к концу молочно-восковой спелости (75–85-е стадии) развитие достигло 25–28%. Пятнистости листьев, вызванные *Septoria nodorum* (превалирует) и *S. tritici*, появились также в фазы молочно-восковой спелости и развитие болезней достигло 28–30%. Численность вредителей мало отличалась от сезонов 2010 и 2011 гг.: среди трофических групп преобладали злаковые тли (подотряд *Aphidodea*) и трипсы (семейство *Thripidae*). Их относительное обилие было малым и средним, также относительно малое обилие было для имаго шведской мухи (*Oscinella*

pusilla). В единичных количествах посевы пшеницы заселяли цикадки (*Cicadellidae* и *Delphacidae*) и клопы (*Miridae*).

В целом уровень засоренности, а также численность и состав вредителей и болезней в сезонах 2012–2015 гг., как и в сезонах 2010–2011 гг., был выше экономического порога вредоносности, что определило необходимость применения как гербицидов, так и фунгицидов и инсектицидов.

В результате проведенных исследований по взаимовлиянию способов обработки почвы, различных уровней минеральных удобрений и комплексных средств защиты растений озимой пшеницы от сорняков, болезней и вредителей в условиях центральной части Европейского Нечерноземья лучший результат по хозяйственной эффективности получен на фоне отвальной вспашки с применением полной дозы минеральных удобрений N₉₀P₉₀K₉₀ и полной интегрированной схемы защиты (см. рис. 7). Максимальный хозяйственный эффект от применения средств защиты пропорционален уровню полученной урожайности зерна озимой пшеницы: чем выше урожайность, тем больше защищен урожай от применения пести-

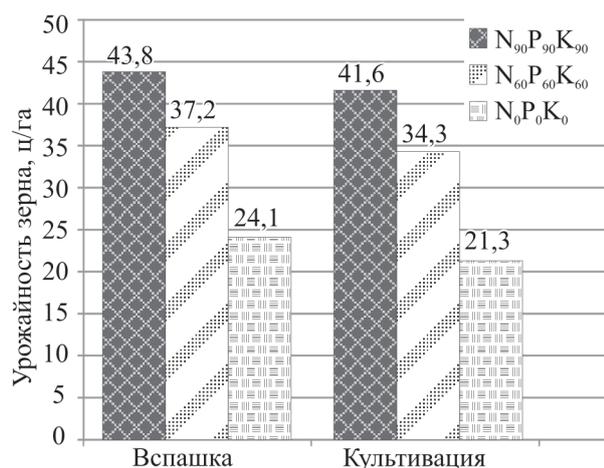


Рис. 7. Влияние комплекса обработки почвы и удобрений (без средств защиты) на урожайность зерна озимой пшеницы (2015–2018 гг.)

Fig. 7. Influence of the complex of tillage and fertilizers (without protective products) on the yield of winter wheat grain (2015–2018)

цидов (рис. 8). На таких вариантах высокая урожайность формируется за счет большей продуктивной кустистости, длины колоса, числа колосков и зерен в колосе и особенно массы 1000 зерен, которая на 17% больше контрольного варианта.

Интегрированная защита посевов озимой пшеницы в условиях Европейского Нечерноземья РФ на фоне оптимальной агротехнологии (рациональная обработка почвы, оптимальные минеральные удобрения и районированный высокопродуктивный сорт озимой пшеницы Московская 39) позволяет получать не только высокие урожаи зерна

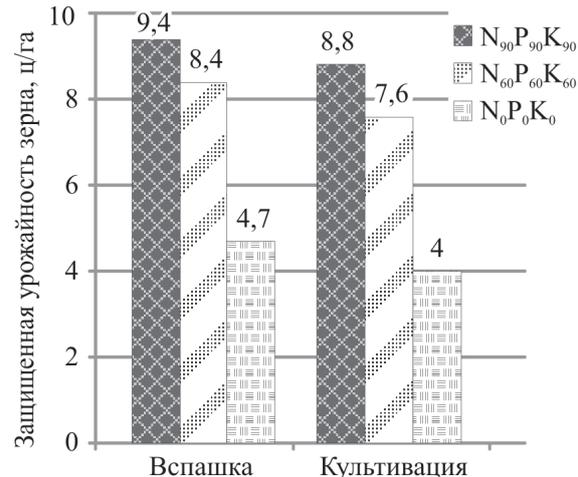


Рис. 8. Влияние комплекса обработки почвы и удобрений на хозяйственную эффективность интегрированной системы защиты озимой пшеницы (2016–2018 гг.).

Максим, КС – 1,5 л/т (протравливание семян) + гербицид Логран, ВДГ – 8 г/га с Банвелом, ВР – 150 мл/га (в фазу кущения) + инсектицид Каратэ, КЭ – 0,2 л/га (в фазу колошения) + фунгицид Альто супер, КЭ – 0,5 л/га (в фазу колошения) + ретардант Модус, КЭ – 0,4 л/га (в фазу начала выхода в трубку)

Fig. 8. The effect of the complex of tillage and fertilizers on the economic efficiency of the integrated winter wheat protection system (2016–2018).

Maxim, KS – 1.5 l/t (seed disinfection) + Logran herbicide, VDG – 8 g/ha with Banvel, BP – 150 ml/ha (tillering phase) + insecticide – Karate, KE – 0.2 l/ha (in the earing phase) + fungicide – Alto-super, KE – 0.5 l/ha (in the earing phase) + retardant – Modus, KE – 0.4 l/ha (in the phase of the beginning of stem elongation)

культуры на уровне черноземных регионов России, но и производить зерно по содержанию белка и клейковины высокого хлебопекарного качества (см. табл. 3).

Табл. 3. Влияние комплексной защиты на качество зерна озимой пшеницы (2015–2018 гг.)

Table 3. The impact of comprehensive protection on the quality of winter wheat grain (2015–2018)

Вариант	Содержание белка, %	Содержание сырой клейковины, %	ИДК	Класс
Логран, ВДГ + Банвел, ВР (8 г/га + 150 мл/га)	11,7	25,2	70,2	3
Максим, КС (1,5 л/т) + Логран, ВДГ + Банвел, ВР (8 г/га + 150 мл/га)	12,2	25,5	73,8	3
Максим, КС (1,5 л/т) + Логран, ВДГ + Банвел, ВР (8 г/га + 150 мл/га) + Каратэ, КЭ (0,2 л/га) + Альто супер, КЭ (0,5 л/га)	13,5	29,3	84,1	3 (<3)
Контроль без пестицидов – $NP_{60}K_{60}$ под предпосевную культивацию	10,7	22,3	59,9	4

ВЫВОДЫ

1. В относительно благоприятной фитосанитарной ситуации посевов озимой пшеницы сорта Московская 39, выращиваемой по чистому пару в условиях центральной части Европейского Нечерноземья РФ (Московская область), потери урожая от вредителей, болезней и сорняков составляют более 30%, при этом долевой относительный ущерб от корневых гнилей – 18%, от сорняков – 39, от аэрогенных болезней – 22 и от вредителей – 21%.

2. Несмотря на высокую биологическую эффективность каждого из изучаемых протравителей семян, гербицидов, фунгицидов и инсектицидов (от 75 до 90%), наибольший хозяйственный эффект можно получить только при комплексном оптимальном применении этих пестицидов. Каждый из используемых пестицидов создает благоприятные условия для максимального положительного проявления других пестицидов.

3. Уровень защищенного урожая от комплексного применения пестицидов будет пропорционален суммарному урожаю культуры: чем выше урожай, тем выше эффект от средств защиты.

4. В ситуациях, когда планируемую урожайность зерна озимой пшеницы может достигнуть более 40 ц/га, особенно в вегетационные сезоны с повышенными атмосферными осадками, в комплекс защитных средств необходимо включить применение ретардантов типа Модус или Це Це Це 460.

5. Применение интегрированной системы защиты озимой пшеницы сорта Московская 39 способствует не только существенному повышению урожайности зерна, но и

улучшению его биохимических показателей (белок, клейковина, балл класса).

6. С учетом указанных выше показателей экономическая эффективность интегрированной системы защиты посевов озимой пшеницы сорта Московская 39 в условиях центральной части Европейского Нечерноземья РФ в годы испытаний была следующей: на один рубль в зависимости от фона плодородия и уровня урожайности получен положительный эффект от 4,7 до 8,1 р.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. М.: Издательство Российской академии наук, 2004. 240 с.
2. Никитин Н.В., Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Научно-практические аспекты технологии применения современных гербицидов в растениеводстве. М.: Печатный город, 2010. 200 с.

REFERENCES

1. Spiridonov Yu. Ya., Larina G. E., Shestakov V. G. *Metodicheskoe rukovodstvo po izucheniyu gerbitsidov, primenyaemykh v rastenievodstve* [Guidelines for the study of herbicides used in crop production]. M.: Izdatel'stvo Rossiiskoi akademii nauk [Publishing House of the Russian Academy of Sciences], 2004, 240 p. (In Russian).
2. Nikitin N. V., Spiridonov Yu. Ya., Shestakov V. G. *Nauchno-prakticheskie aspekty tekhnologii primeneniya sovremennykh gerbitsidov v rastenievodstve* [Scientific and practical aspects of the technology of application of modern herbicides in crop production]. M.: Pechatnyi gorod [M.: Printing city], 2010. 200 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Спиридонов Ю.Я., академик РАН, доктор биологических наук, заведующий отделом; адрес для переписки: Россия, 143050, Московская область, р.п. Большие Вяземы, ВНИИФ; e-mail: spiridonov@vniif.ru

Калимуллин А.Т., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Протасова Л.Д., кандидат химических наук, старший научный сотрудник

Абубикеров В.А., кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Спиридонова И.Ю., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ Spiridonov Yu. Ya., Academician RAS, Doctor of Science in Biology, Sector Head; address: Bolshie Vyazemy, Moscow region, 143050, Russia, VNIIF; e-mail: spiridonov@vniif.ru

Kalimullin A. T., Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

Protasova L. D., Candidate of Science in Chemistry, Senior Researcher

Abubikerov V. A., Candidate of Science in Engineering, Senior Researcher

Spiridonova I. Yu., Junior Researcher

Дата поступления статьи 10.10.2019
Received by the editors 10.10.2019

ВОСПРИИМЧИВОСТЬ РАЗНЫХ ВИДОВ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ НАСЕКОМЫХ К ШТАММУ *BACILLUS THURINGIENSIS* SSP. *AIZAWAI*

Андреева И.В., Шаталова Е.И., Калмыкова Г.В., Акулова Н.И., Ульянова Е.Г.

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

Для цитирования: Андреева И.В., Шаталова Е.И., Калмыкова Г.В., Акулова Н.И., Ульянова Е.Г. Восприимчивость разных видов чешуекрылых насекомых к штамму *Bacillus thuringiensis* ssp. *aizawai* // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 6. С. 44–52. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-5

For citation: Andreeva I.V., Shatalova E.I., Kalmykova G.V., Akulova N.I., Ulyanova E.G. Vospriimchivost' raznykh vidov cheshuekrylykh nasekomykh k shtammu *Bacillus thuringiensis* ssp. *aizawai* [Susceptibility of different species of lepidoptera insects to strain *Bacillus thuringiensis* ssp. *Aizawai*]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 6, pp. 44–52. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-5

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты оценки специфичности действия штамма *Bacillus thuringiensis* ssp. *aizawai* по отношению к пяти видам чешуекрылых вредителей (Lepidoptera), относящихся к разным семействам. Смертность личинок, зараженных штаммом *B. thuringiensis*, значительно варьировала в зависимости от вида насекомого. У четырех видов – капустной белянки (*Pieris brassicae* L.), капустной совки (*Mamestra brassicae* L.), большой вошинной огневки (*Galleria melonella* L.) и боярышницы (*Aporia crataegi* L.) – гибель особей отмечена на вторые сутки опыта. При этом она существенно различалась между видами и увеличивалась со временем. Капустная моль (*Plutella xylostella* L.) была более восприимчива к патогену. Существенную смертность личинок этого фитофага наблюдали уже через одни сутки после заражения, на вторые сутки эксперимента погибали все особи. ЛТ₉₀ у устойчивого (боярышница) и чувствительного (капустная моль) видов насекомых различалась в 7 раз. Определены полужетальные концентрации изучаемого штамма *B. thuringiensis* для тестируемых видов насекомых: на третьи сутки опыта ЛК₅₀ для личинок капустной совки, большой вошинной огневки и боярышницы составляла от 1,7 до 4,5 × 10⁸ спор/мл. У капустной белянки она была на порядок ниже – 1,8 × 10⁷ спор/мл. Для гусениц капустной моли ЛК₅₀ уже через сутки после заражения со-

SUSCEPTIBILITY OF DIFFERENT SPECIES OF LEPIDOPTERA INSECTS TO STRAIN *BACILLUS THURINGIENSIS* SSP. *AIZAWAI*

Andreeva I.V., Shatalova E.I., Kalmykova G.V., Akulova N.I., Ulyanova E.G.

Siberian Federal Scientific Centre
of AgroBioTechnologies

of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

The results of assessing the effect of *Bacillus thuringiensis* ssp. *aizawai* strain on five species of lepidopteran pests (Lepidoptera) belonging to different families are presented. The mortality of larvae infected with *B. thuringiensis* strain varied significantly depending on the species of insect. In four species: the cabbage white butterfly (*Pieris brassicae* L.), the cabbage moth (*Mamestra brassicae* L.), the greater wax moth (*Galleria melonella* L.) and the black-veined white (*Aporia crataegi* L.), death of individuals was noted on the second day of the experiment. However, mortality rate was significantly different between species and increased over time. The diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) was more susceptible to the pathogen. Significant mortality of the larvae of this phytophage was observed already on the first day after infection; while on the second day of the experiment all individuals died. Lethal time LT₉₀ of more resistant species (black-veined white) and more sensitive ones (diamondback moth) differed sevenfold. Semi-lethal concentrations of *B. thuringiensis* strain for the tested insect species were determined: on the third day of the experiment, lethal concentration LC₅₀ for the cabbage moth larvae, the greater wax moth and black-veined white ranged from 1.7 to 4.5 × 10⁸ spores/ml. For the cabbage white butterfly, it was much lower (1.8 × 10⁷ spores/ml). For diamondback moth caterpillars, LC₅₀ was 4.25 × 10⁷ spores/ml already

ставляла $4,25 \times 10^7$ спор/мл. Отмечено, что специфичность действия штамма *B. thuringiensis* связана с различными механизмами системы защиты насекомых от патогенов и обусловлена индивидуальными особенностями вида. В частности, показатель pH экскрементов интактных гусениц чувствительного к *B. thuringiensis* вида – капустной белянки – был в 2 раза выше, чем у гусениц вошинной огневки – 8,9 и 4,3 соответственно, что является одной из причин восприимчивости (или устойчивости) вида к бактериальному энтомопатогену.

Ключевые слова: *Bacillus thuringiensis* ssp. *aizawai*, штамм, Lepidoptera, фитофаг, энтомопатоген, pH кишечника, LC_{50}

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях защита растений во всем мире ориентирована на использование биологических средств контроля численности вредителей. Представители отряда чешуекрылых насекомых (Lepidoptera) повреждают широкий круг сельскохозяйственных культур, причиняя значительный экономический ущерб отрасли растениеводства [1, 2]. В частности, ежегодно наблюдается возрастание вредоносности капустной моли – *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) и появление устойчивых к химическим инсектицидам популяций этого фитофага [1–3]. За последние 5 лет (2015–2019) в условиях Западной Сибири массовое размножение этого вредителя на капустных культурах отмечено в четырех вегетационных периодах, при этом аномальными по численности моли были 2015 и 2019 гг. [1]. Такие фитофаги, как капустная совка – *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) и капустная белянка – *Pieris brassicae* L. (Lepidoptera: Pieridae), ежегодно снижают урожайность и качество капусты – ключевой овощной культуры в Сибири¹ [4]. На плодовых и декоративных культурах отмечено увеличение численности и усиление вредоносности боярышницы –

one day after infection. It was noted that the specificity of *B. thuringiensis* strain is associated with various mechanisms of insect protection from pathogens, and is due to individual characteristics of the species. In particular, the pH of excrement of intact caterpillars of the cabbage white butterfly, a species sensitive to *B. thuringiensis*, was 2 times higher than that of caterpillars of the greater wax moth – 8.9 and 4.3, respectively, which is one of the reasons for the susceptibility (or resistance) of the species to bacterial entomopathogen.

Keyword: *Bacillus thuringiensis* ssp. *aizawai*, strain, Lepidoptera, phytophage, entomopathogen, intestinal pH, LC_{50} .

Aporia crataegi L. (Lepidoptera: Pieridae) [5]. Большая вошинная огневка – *Galleria melonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) – серьезный вредитель пчел. Гусеницы ее питаются пергой, пыльцой и медом, поедают воск, делают в сотах оплетенные паутиной ходы, загрязняя улей и продукты пчеловодства [6].

Из биологических средств наибольшее распространение для контроля численности чешуекрылых вредителей в мировой практике получили биопрепараты на основе бактерий *Bacillus thuringiensis* (*Bt*). В России зарегистрированы бактериальные препараты на основе *B. thuringiensis* ssp. *kurstaki* и *B. thuringiensis* ssp. *thuringiensis* (Лепидоцид, Битоксибациллин, Лептоцид, Лепидобактерицид)², применение которых в нашей стране насчитывает несколько десятков лет. Однако в результате длительного применения ограниченного ассортимента биопрепаратов у насекомых возникает устойчивость к токсинам *B. thuringiensis* [7–10]. Отмечено, что гусеницы капустной моли, устойчивые к *Bt* ssp. *kurstaki*, погибали от *Bt* ssp. *aizawai* [11]. Ведущие мировые производители биологических средств защиты растений предлагают инсектициды на основе штаммов *B. thuringiensis* ssp. *kurstaki* и *B. thuringiensis* ssp. *aizawai*, различающихся по спектру син-

¹Штерниш М.В., Андреева И.В., Шаталова Е.И., Шульгина О.А. Применение биопрепаратов для защиты капусты от фитофагов в Западной Сибири: реком. производству. Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2012. 26 с.

²Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации на 2019 г.

тезируемых Сгу-белков. Так, основой препаратов Agree, Florbac, Xen Tari являются штаммы *B. thuringiensis* ssp. *aizawai*, обладающие широким спектром восприимчивых видов чешуекрылых насекомых [12].

Восприимчивость к бактериям *B. thuringiensis* у чешуекрылых фитофагов – представителей разных семейств – обусловлена различными механизмами внешней и внутренней систем защиты насекомого и зависит от количества токсина, необходимого для наступления гибели, а также кишечной микрофлоры, рН кишечника и других условий [13–17].

Цель исследований – оценить степень восприимчивости разных видов чешуекрылых насекомых к штамму *Bacillus thuringiensis* ssp. *aizawai*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в лаборатории биологического контроля фитофагов и фитопатогенов Сибирского научно-исследовательского института кормов Сибирского федерального научного центра агроботехнологий Российской академии наук.

Объектами исследований служили насекомые отряда *Lepidoptera* пяти различных видов и штамм *B. thuringiensis* ssp. *aizawai*, выделенный из природных источников. Культуру *B. thuringiensis* ssp. *aizawai* поддерживали на среде «А» (0,7% пептона, 0,5 – NaCl, 0,4 – рыбного гидролизата, 1,2% агара) при температуре 4 °С. Для оценки инсектицидного действия штамма выращивали на среде «А» в течение 5 сут при 28 °С до полного высыпания спор и кристаллов. Далее споры и кристаллы собирали шпателем в физраствор, в полученной суспензии определяли концентрацию спор методом серийных разведений на среде «А» и подсчетом выросших на ней колоний.

Для изучения эффективности штамма использовали лабораторные культуры капустной моли (*Plutella xylostella* L.) и большой вошинной огневки (*Galleria melonella* L.). Разведение их поддерживают в лабораторных условиях круглогодично. Культивирование капустной моли осуществляли на проростках рапса по оригинальной мето-

дике. Разведение большой вошинной огневки проводили на искусственной питательной среде согласно известной методике [18]. В работе использовали также лабораторно-полевые популяции капустной совки (*Mamestra brassicae* L.), капустной белянки (*Pieris brassicae* L.) и боярышницы (*Aporia crataegi* L.), которых собирали на стадии яиц в природе, гусениц воспитывали до 2-го возраста на естественном корме – листьях капусты и яблони соответственно.

Эксперименты по оценке инсектицидного действия штамма *Bt* проводили чашечным методом, включающим нанесение бактериальной суспензии с соответствующим титром на кормовой субстрат из расчета 0,1 мл на одну повторность с дальнейшей посадкой тестируемых насекомых. В опытах использовали одновозрастных личинок капустной моли и большой вошинной огневки 3-го возраста; капустной совки, капустной белянки и боярышницы 2-го возраста. Варианты закладывали в 3–4-кратной повторности. Число тестируемых насекомых в повторности составляло 10 особей. Летальную концентрацию штамма ЛК₅₀ определяли по формуле Кербера

$$\lg \text{ЛК}_{50} = \lg C_m - \sigma \left(\sum Li - 0,5 \right), \quad (1)$$

где C_m – максимальная из испытанных концентраций; σ – логарифм кратности разведения суспензии; Li – отношение числа погибших насекомых к их общему числу в группе;

$$Li = \frac{P_o - P_k}{K - P_k}, \quad (2)$$

где P_o – число погибших особей в опыте в i -й концентрации, шт.; P_k – число погибших особей в контроле; K – общее число испытанных тест-особей.

Для сравнительной оценки энтомопатогенной активности на разных видах насекомых использовали спорокристаллическую суспензию ($\sim 3 \times 10^8$ спор/мл). В опытах по определению ЛК₅₀ использовали рабочие суспензии штамма с титром $10^7 - 10^9$ спор/мл, с кратностью разведения от 2 до 5 в зависимости от вида насекомого. Расчеты гибели

50 и 90% особей (ЛТ₅₀ и ЛТ₉₀) выполнены с использованием программы Microsoft Excel 2007. На рН-метре Ohaus Starter 2100 по методике, описанной в работе [19], определяли рН экскрементов личинок насекомых.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом многофакторного дисперсионного анализа с использованием стандартного пакета программ Snedecor.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Штамм *B. thuringiensis* ssp. *aizawai* в первичных биотестах показал более высокую инсектицидную активность по сравнению с остальными испытанными штаммами, относящимися к различным подвидам *B. thuringiensis*. Специфичность действия выбранного штамма оценивали на пяти видах чешуекрылых фитофагов. Выбор данных фитофагов был обусловлен, с одной стороны, их особой вредоносностью для сельскохозяйственных культур, с другой – принадлежностью к разным семействам отряда Lepidoptera и, как следствие, разной степенью устойчивости к энтомопатогену.

Экспериментально установлено, что гибель гусениц всех видов тест-объектов, за исключением капустной моли, начиналась на вторые сутки после заражения культурой

Bt, постепенно увеличиваясь по суткам. При этом она существенно различалась в зависимости от вида вредителя (см. табл. 1).

Значительную гибель личинок капустной моли отмечали уже через сутки после заражения, через двое суток смертность достигала 100%. По остальным видам насекомых на вторые сутки эксперимента доказаны существенные различия на уровне 1% ($p < 0,01$) как по действию бактериальной суспензии в сравнении с контролем, так и в зависимости от вида тест-объекта. Также установлено синергическое взаимодействие факторов. На 5-е и 7-е сутки эксперимента с увеличением смертности насекомых различия по активности штамма на разных видах чешуекрылых насекомых становились менее значительными, а взаимодействие факторов имело аддитивный характер.

На основании полученных данных определено время гибели 50 и 90% особей тестируемых насекомых (см. табл. 2). У высокочувствительных к действию штамма видов – капустной моли и капустной белянки – гибель 50% (ЛТ₅₀) особей определить не удалось вследствие их массовой гибели на первые и вторые сутки соответственно. ЛТ₉₀ у устойчивого (боярышница) и чувствительного (капустная моль) видов насекомых различалось в 7 раз.

Табл. 1. Действие штамма *B. thuringiensis* ssp. *aizawai* (титр 3×10^8 спор/мл) на личинок различных представителей отряда Lepidoptera

Table 1. The effect of *B. thuringiensis* ssp. *aizawai* strain (titre 3×10^8 spores/ml) on larvae of various representatives of Lepidoptera order

Вид насекомого	Вариант	Смертность личинок по суткам, %				
		1-е	2-е	3-и	5-е	7-е
<i>Plutella xylostella</i> (семейство Plutellidae)	Контроль	0	0	–	–	–
	<i>Bt</i> ssp. <i>aizawai</i>	86,7	100	–	–	–
<i>Mamestra brassicae</i> (семейство Noctuidae)	Контроль	0	3,3	16,6	16,6	16,6
	<i>Bt</i> ssp. <i>aizawai</i>	0	63,3	66,6	83,3	100
<i>Pieris brassicae</i> (семейство Pieridae)	Контроль	0	3,3	6,7	–	–
	<i>Bt</i> ssp. <i>aizawai</i>	0	83,3	100	–	–
<i>Aporia crataegi</i> (семейство Pieridae)	Контроль	0	2,5	7,5	10,0	12,5
	<i>Bt</i> ssp. <i>aizawai</i>	0	30,0	65,0	80,0	85,0
<i>Galleria melonella</i> (семейство Pyralidae)	Контроль	0	3,3	3,3	3,3	3,3
	<i>Bt</i> ssp. <i>aizawai</i>	0	20,0	53,3	80,0	83,3
НСР ₀₁	По фактору А	–	11,24	16,35	24,23	25,13
	По фактору В	–	18,51	23,28	28,77	29,17

Примечание. Фактор А – вариант (контроль и *Bt*), фактор В – вид насекомого.

Табл. 2. Влияние штамма *B. thuringiensis* ssp. *aizawai* на скорость гибели пяти видов чешуекрылых насекомых

Table 2. The effect of *B. thuringiensis* ssp. *aizawai* strain on the death rate of five Lepidoptera species

Вид насекомого	Летальное время (ЛТ), сут	
	ЛТ ₅₀	ЛТ ₉₀
<i>Plutella xylostella</i>	—*	1,1 ± 0,1
<i>Mamestra brassicae</i>	2,5 ± 0,1	5,33 ± 0,2
<i>Pieris brassicae</i>	—	2,1 ± 0,1
<i>Aporia crataegi</i>	3,62 ± 0,1	7,75 ± 0,3
<i>Galleria melonella</i>	2,95 ± 0,2	7,15 ± 0,1

*Гибель более 90% тестируемых особей.

Сравнение ЛК₅₀ между видами можно оценить на 3-и сутки после заражения тест-насекомых. У более устойчивых к энтомопатогену личинок капустной совки, большой вошинной огневки и боярышницы полумлетальная концентрация составляла от 1,7 до 4,5 × 10⁸ спор/мл, у капустной белянки она была на порядок ниже (см. табл. 3). Наиболее чувствительными к бактериальному штамму оказались гусеницы капустной моли, для которой ЛК₅₀ уже через сутки после заражения составила 4,25 × 10⁷ спор/мл.

Различия в чувствительности личинок насекомых, относящих к разным семействам отряда чешуекрылых, к энтомопатогенам могут быть обусловлены рядом причин. На первом этапе патологического процесса наличие пищеварительных ферментов и (или) определенный pH кишечника необходим для активации токсинов *B. thuringiensis* и развития болезни. Известно, что растворение белкового кристалла (протоксина) и превращение его в истинный токсин происходит под действием щелочного pH в среднем отделе кишечника [8, 13]. У представителей различных отрядов, семейств и бо-

лее мелких таксонов насекомых показатели pH кишечника (а также экскрементов) существенно различаются, что отражается на их восприимчивости к патогенам [17, 19, 20]. По результатам наших экспериментов, pH экскрементов интактных гусениц чувствительного к *B. thuringiensis* вида – капустной белянки – был в 2 раза выше, чем у гусениц вошинной огневки, – 8,9 и 4,3 соответственно, что не противоречит общепризнанной концепции механизма действия *B. thuringiensis*. Однако pH кишечного сока не единственный показатель, влияющий на степень чувствительности насекомых к бактериям. Например, pH кишечника гусениц капустной совки сильнощелочная. Одной из причин устойчивости данного вида является аккумуляция в кишечном соке гусениц метаболитов, способных инактивировать дельта-эндотоксин или чувствительные к нему центры на поверхности клеток кишечного эпителия. Предполагается, что веществами-инактиваторами белкового токсина могут служить ионы-комплексообразователи. В частности, в результате сравнительного анализа установле-

Табл. 3. ЛК₅₀ штамма *B. thuringiensis* ssp. *aizawai* на разных видах чешуекрылых насекомых

Table 3. LC₅₀ of *B. thuringiensis* ssp. *aizawai* strain on different Lepidoptera species

Вид насекомого	ЛК ₅₀ по суткам, спор/мл		
	1-е	2-е	3-и
<i>Plutella xylostella</i>	4,25 × 10 ⁷	> 50%**	> 50%
<i>Mamestra brassicae</i>	—*	< 5 0%	4,5 × 10 ⁸
<i>Pieris brassicae</i>	—	1,3 × 10 ⁸	1,8 × 10 ⁷
<i>Aporia crataegi</i>	—	< 50%	1,7 × 10 ⁸
<i>Galleria melonella</i>	—	< 50%	2,1 × 10 ⁸

*Отсутствие гибели насекомых.

**Гибель насекомых более (или менее) 50% во всех испытанных титрах рабочей суспензии штамма.

но почти в 5 раз более высокое содержание ионов Ca^{2+} в кишечном соке гусениц капустной совки пятого возраста по сравнению с капустной белянкой [21]. Другими исследованиями показано, что у некоторых видов личинок чешуекрылых фитофагов под действием *B. thuringiensis* изменяется состав и численность микрофлоры кишечника, тем самым оказывается влияние на их восприимчивость к энтомопатогену [15, 22]. Таким образом, специфичность действия штамма *B. thuringiensis* ssp. *aizawai* обусловлена комплексом причин и может существенно различаться в зависимости от вида насекомого, что необходимо учитывать при биологическом контроле численности чешуекрылых вредителей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительная оценка специфичности действия штамма *B. thuringiensis* ssp. *aizawai* показала разную степень восприимчивости к нему пяти видов чешуекрылых вредителей, относящихся к разным семействам. Наибольшей чувствительностью к патогену отличались личинки капустной моли и капустной белянки. Гусеницы капустной совки, боярышницы и большой вошинной огневки были более устойчивыми к действию штамма, что проявлялось в увеличении инкубационного периода инфекционного процесса и процента смертности личинок. ЛК₅₀ у данных видов насекомых на 3-и сутки после заражения составляла от 1,7 до $4,5 \times 10^8$ спор/мл, в то время как у капустной белянки она была на порядок ниже. Высоко восприимчивой к испытанному штамму оказалась капустная моль, массовая гибель личинок которой наступала уже через одни сутки после заражения, полулетальная концентрация составляла $4,25 \times 10^7$ спор/мл. Показатель ЛТ₉₀ варьировал от 1,1 до 7,75 сут в зависимости от вида насекомого.

Специфичность действия штамма *B. thuringiensis* ssp. *aizawai* связана с различными механизмами внешней и внутренней систем защиты насекомых от энтомопатогенов и обусловлена индивидуальными особенностями вида.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева И.В., Ашмарина Л.Ф., Шаталова Е.И. Особенности изменения фитосанитарного состояния кормовых культур в условиях Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 10. С. 26–30. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11006.
2. Коваленков В.Г. Антропогенные факторы и фитосанитарная дестабилизация // Защита и карантин растений. 2015. № 9. С. 3–8.
3. Андреева И.В., Шаталова Е.И. Сезонное развитие капустной моли и ее энтомофагов в Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. № 3. С. 42–48.
4. Андреева И.В., Шаталова Е.И., Штерншис М.В., Шульгина О.А., Бехтольд В.В. Роль кормового ресурса в численности фитофагов капусты и их биоконтроле // Сибирский экологический журнал. 2013. № 3. С. 439–446.
5. Кузнецова В.В., Пальникова Е.Н. Факторы динамики численности боярышницы (*Aporia crataegi* L.) в пригородных насаждениях г. Красноярск // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2014. № 207. С. 49–59.
6. Kwadha C., Ong'amo G., Ndegwa P., Raina S., Fombong A. The biology and control of the greater wax moth, *Galleria mellonella* // Insects. 2017. Vol. 9; N 8(2). DOI: 10.3390/insects8020061.
7. Калмыкова Г.В., Горобей И.М., Осунова Г.М. Перспективы использования *Bacillus thuringiensis* как биологического агента защиты растений // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 4. С. 12–19.
8. Штерншис М.В., Беляев А.А., Цветкова В.П., Шпатова Т.В., Леляк А.А., Бахвалов С.А. Биопрепараты на основе бактерий рода *Bacillus* для управления здоровьем растений: монография. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2016. 284 с.
9. Yutao Xiao, Kongming Wu. Recent progress on the interaction between insects and *Bacillus thuringiensis* crops // Philosophical transactions of the royal society B: Biological sciences. 2019. Vol. 374. Published: 14 January 2019. DOI: org/10.1098/rstb.2018.0316.
10. White paper on resistance in Lepidopteran pests of *Bacillus thuringiensis* (Bt) plant-incorporated protectants in the United States //

- Environmental Protection Agency. 2018. 11 April. 82 p.
11. Liao J., Xue Y., Xiao G., Xie M., Huang S., You S., You S., Wyckhuys K.A.G., You M. Inheritance and fitness costs of resistance to *Bacillus thuringiensis* toxin Cry2Ad in laboratory strains of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) // *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. P. 1–8. DOI: 10.1038/s41598-019-42559-2.
 12. Yul R.J., Choi J.Y., Li M.S., Jin B.R., Je Y.H. *Bacillus thuringiensis*: as a specific, safe, and effective tool for insect pest control // *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2007. N 17 (4). P. 547–559.
 13. Глунов В.В., Бахвалов С.А., Соколова Ю.А., Слепнева И.А. Механизмы резистентности насекомых // Патогены насекомых: структурные и функциональные аспекты. М.: Круглый год, 2001. С. 475–557.
 14. Broderick N.A., Robinson C.J., McMahon M.D., Holt J., Handelsman J., Raffa K.F. Contributions of gut bacteria to *Bacillus thuringiensis*-induced mortality vary across a range of Lepidoptera // *BMC Biology*. 2009. Vol. 7 (1). N 11. DOI: 10.1186 / 1741-7007-7-11.
 15. Grizanov E.V., Dubovskiy I.M., Whitten M.M.A., Glupov V.V. Contributions of cellular and humoral immunity of *Galleria mellonella* larvae in defence against oral infection by *Bacillus thuringiensis* // *Journal of Invertebrate Pathology*. 2014. Vol. 119. P. 40–46.
 16. Hammer T.J., Janzen D.H., Hallwachs W., Jaffe S.P., Fierer N. Caterpillars lack a resident gut microbiome // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2017. Vol. 114. P. 9641–9646. DOI: org/10.1073/pnas.1707186114.
 17. Grizanov E.V., Krytsyna T.I., Surcova V.S., Dubovskiy I.M. The role of midgut nonspecific esterase in the susceptibility of *Galleria mellonella* larvae to *Bacillus thuringiensis* // *Journal of Invertebrate Pathology*. 2019. P. 107166–107208. DOI: 10.1016/j.jip.2019.107208.
 18. Коновалова Т.В. Лабораторное содержание и разведение большой восковой огневки *Galleria mellonella* L. // Российский ветеринарный журнал. 2009. № 4. С. 5–49.
 19. Dow J.A.T., Harvey W.R. Role of midgut electrogenic K⁺ pump potential difference in regulating lumen K⁺ and pH in larval Lepidoptera // *Journal Experimental Biology*. 1988. Vol. 140. P. 455–463.
 20. Johnson K., Felton G. Potential influence of midgut pH and redox potential on protein utilization in insect herbivores // *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*. 1996. Vol. 32. P. 85–105.
 21. Каменек Л.К., Новикова Л.К. Действие дельта-эндотоксина *Bacillus thuringiensis* и бактериальных препаратов на его основе на капустную совку (*Mamestra brassicae* L.) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 1984. № 4. С. 52–54.
 22. Dubovskiy I.M., Grizanov E.V., Whitten M.M.A., Mukherjee K., Greig C., Alikina T., Kabilov M., Vilcinskis A., Glupov V.V., Butt T.M. Immuno-physiological adaptations confer wax moth *Galleria mellonella* resistance to *Bacillus thuringiensis* // *Virulence*. 2016. Vol. 7. P. 860–870. DOI: org/10.3390/insects8020061.

REFERENCES

1. Andreeva I.V., Ashmarina L.F., Shatalova E.I. Osobennosti izmeneniya fitosanitarnogo sostoyaniya kormovykh kul'tur v usloviyakh Zapadnoi Sibiri [Features of changes in the phytosanitary condition of forage crops in Western Siberia]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2019, no.10, pp. 26–30. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11006.
2. Kovalenkov V.G. Antropogennye faktory i fitosanitarnaya destabilizatsiya [Anthropogenic factors and phytosanitary destabilization]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2015, no. 9, pp. 3–8. (In Russian).
3. Andreeva I.V., Shatalova E.I. Sezonnoe razvitiye kapustnoi moli i ee entomofagov v Zapadnoi Sibiri [Seasonal development of diamondback moth and its entomophages in Western Siberia]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2017, no. 3, pp. 42–48. (In Russian).
4. Andreeva I.V., Shatalova E.I., Shternshis M.V., Shul'gina O.A., Bekhtol'd V.V. Rol' kormovogo resursa v chislennosti fitofagov kapusty i ikh biokontrol'e [Role of food resource in the number of cabbage phytophages and their biocontrol]. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal* [Contemporary Problems of Ecology], 2013, no. 3, pp. 439–446. (In Russian).

5. Kuznetsova V.V., Pal'nikova E.N. Faktory dinamiki chislenosti boyaryshnitsy (*Aporia crataegi* L.) v prigorodnykh nasazhdeniyakh g. Krasnoyarska [Factors affecting abundance dynamics of the thorn butterfly (*Aporia crataegi* L.) in suburban standing woods of Krasnoyarsk city]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii* [Izvestia of St. Petersburg Forestry Academy], 2014, no. 207, pp. 49–59. (In Russian).
6. Kwadha C., Ong'amo G., Ndegwa P., Raina S., Fombong A. The biology and control of the greater wax moth, *Galleria mellonella*. *Insects*, 2017, vol. 9, no. 8 (2). DOI: 10.3390/insects8020061.
7. Kalmykova G.V., Gorobei I.M., Osipova G.M. Perspektivy ispol'zovaniya *Bacillus thuringiensis* kak biologicheskogo agenta zashchity rastenii [Prospects to use *Bacillus thuringiensis* as agent for biological plant protection]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2016, no. 4, pp. 12–19. (In Russian).
8. Shternshis M.V., Belyaev A.A., Tsvetkova V.P., Shpatova T.V., Lelyak A.A., Bakhvalov S.A. *Biopreparaty na osnove bakterii roda Bacillus dlya upravleniya zdorov'em rastenii* [Bacillus-based biological products for plant health management]. Novosibirsk: Izdatel'stvo Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk [Novosibirsk: Publishing House of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences], 2016, 284 p. (In Russian).
9. Yutao Xiao, Kongming Wu. Recent progress on the interaction between insects and *Bacillus thuringiensis* crops. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2019, vol. 374. Published: 14 January 2019. DOI: org/10.1098/rstb.2018.0316.
10. White paper on resistance in Lepidopteran pests of *Bacillus thuringiensis* (Bt) plant-incorporated protectants in the United States. *Environmental Protection Agency*, 2018, 11 April, 82 p.
11. Liao J., Xue Y., Xiao G., Xie M., Huang S., You S., You S., Wyckhuys K.A.G., You M. Inheritance and fitness costs of resistance to *Bacillus thuringiensis* toxin Cry2Ad in laboratory strains of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). *Scientific Reports*, 2019, vol. 9, pp. 1–8. DOI: 10.1038/s41598-019-42559-2.
12. Yul R.J., Choi J.Y., Li M.S., Jin B.R., Je Y.H. *Bacillus thuringiensis*: as a specific, safe, and effective tool for insect pest control. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2007, no. 17 (4), pp. 547–559.
13. Glupov V.V., Bakhvalov S.A., Sokolova Yu.A., Slepneva I.A. Mekhanizmy rezistentnosti nasekomykh [Insect resistance mechanisms]. *Patogeny nasekomykh: strukturnye i funktsional'nye aspekty* [Insect pathogens: structural and functional aspects.]. M.: Kruglyi god Publ., 2001, pp. 475–557. (In Russian).
14. Broderick N.A., Robinson C.J., McMahon M.D., Holt J., Handelsman J., Raffa K.F. Contributions of gut bacteria to *Bacillus thuringiensis*-induced mortality vary across a range of Lepidoptera. *BMC Biology*, 2009, vol. 7 (1), no. 11. DOI: 10.1186 / 1741-7007-7-11.
15. Grizanov E.V., Dubovskiy I.M., Whitten M.M. A., Glupov V.V. Contributions of cellular and humoral immunity of *Galleria mellonella* larvae in defense against oral infection by *Bacillus thuringiensis*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 2014, vol. 119, pp. 40–46.
16. Hammer T.J., Janzen D.H., Hallwachs W., Jaffe S.P., Fierer N. Caterpillars lack a resident gut microbiome. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2017, vol. 114, pp. 9641–9646. DOI: org/10.1073/pnas.1707186114.
17. Grizanov E.V., Krytsyna T.I., Surcova V.S., Dubovskiy I.M. The role of midgut nonspecific esterase in the susceptibility of *Galleria mellonella* larvae to *Bacillus thuringiensis*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 2019, pp. 107166–107208. DOI: 10.1016/j.jip.2019.107208.
18. Konovalova T.V. Laboratornoe soderzhanie i razvedenie bol'shoi voskovoi ognevki *Galleria mellonella* L. [Laboratory rearing of the greater wax moth *Galleria mellonella* L.]. *Rossiiskii veterinarnyi zhurnal* [Russian Veterinary Journal], 2009, no. 4, pp. 5–49. (In Russian).
19. Dow J.A.T., Harvey W.R. Role of midgut electrogenic K⁺ pump potential difference in regulating lumen K⁺ and pH in larval Lepidoptera. *Journal Experimental Biology*, 1988, vol. 140, pp. 455–463.
20. Johnson K., Felton G. Potential influence of midgut pH and redox potential on protein utilization in insect herbivores. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 1996, vol. 32, pp. 85–105.
21. Kamenek L.K., Novikova L.K. Deistvie del'ta-endotoksina *Bacillus thuringiensis* i bakterial'nykh preparatov na ego osnove na ka-

pustnuyu sovku (*Mamestra brassicae* L.) [The effect of delta-endotoxin *Bacillus thuringiensis* and bacterial preparations based on it on cabbage moth (*Mamestra brassicae* L.)]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 1984, no. 4, pp. 52–54. (In Russian).

22. Dubovskiy I.M., Grizanova E. V., Whitten M.M.A., Mukherjee K., Greig C., Alikina T., Kabilov M., Vilcinskas A., Glupov V.V., Butt T.M. Immuno-physiological adaptations confer wax moth *Galleria mellonella* resistance to *Bacillus thuringiensis*. *Virulence*, 2016, vol. 7, pp. 860–870. DOI: org/10.3390/insects8020061.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Андреева И.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией биологического контроля фитофагов и фитопатогенов; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН; а/я 463; e-mail: iva2008@ngs.ru

Шаталова Е.И., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Калмыкова Г.В., кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

Акулова Н.И., старший научный сотрудник

Ульянова Е.Г., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Andreeva I.V.**, Candidate of Science in Agriculture, Laboratory Head of the Laboratory of biological control of phytophages and phytopathogens; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: iva2008@ngs.ru

Shatalova E.I., Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

Kalmykova G.V., Candidate of Science in Biology, Lead Researcher

Akulova N.I., Senior Researcher

Ulyanova E.G., Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

Дата поступления статьи 20.05.2019
Received by the editors 20.05.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-6

УДК: 619: 616:982:636

ПРОФИЛАКТИКА ТУБЕРКУЛЕЗА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА, ЗАВОЗИМОГО ИЗ-ЗА РУБЕЖА

¹Донченко А.С., ¹Донченко Н.А., ²Жумаш А.С., ²Шаймбетова А.К., ³Тургумбеков А.Б., ³Илимбаева А.К.

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

²Казахский научно-исследовательский ветеринарный институт
Алматы, Республика Казахстан

³Учебный научно-производственный центр «Байсерке-Агро»
Алматы, Республика Казахстан

Для цитирования: Донченко А.С., Донченко Н.А., Жумаш А.С., Шаймбетова А.К., Тургумбеков А.Б., Илимбаева А.К. Профилактика туберкулеза крупного рогатого скота, завозимого из-за рубежа // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 6. С. 53–61. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-6

For citation: Donchenko A.S., Donchenko N.A., Zhumash A.S., Shaymbetova A.K., Turgumbekov A.B., Ilimbayeva A.K. Profilaktika tuberkuleza krupnogo rogatogo skota, zavozimogo iz-za rubezha [Prevention of tuberculosis of cattle imported from abroad]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 6, pp. 53–61. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-6

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

При завозе крупного рогатого скота из Венгрии, Германии, Голландии и Австралии отмечено множество нарушений ветеринарных правил содержания крупного рогатого скота в целях его воспроизводства, выращивания и реализации. С закупаемым скотом в животноводческие хозяйства попадают возбудители ряда инфекционных болезней. Отмечены случаи заражения завезенного племенного скота туберкулезом. Ученые совместно с практиками Республики Казахстан и Российской Федерации провели ряд исследований животноводческих хозяйств, куда завезен из-за рубежа племенной скот. Подчеркнута необходимость ветеринарно-санитарной обработки помещений до завоза племенного скота. Учитывали уровень кормления таких животных в летний и зимний периоды их содержания. Особое внимание уделено профилактическим ди-

PREVENTION OF TUBERCULOSIS OF CATTLE IMPORTED FROM ABROAD

¹Donchenko A.S., ¹Donchenko N.A., ²Zhumash A.S., ²Shaymbetova A.K., ³Turgumbekov A.B., ³Ilimbayeva A.K.

¹Siberian Federal Scientific Centre of AgroBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

²The Kazakh Scientific Research Veterinary Institute

Almaty, Republic of Kazakhstan

³Educational Research and Production Center Bayserke Agro

Almaty, Republic of Kazakhstan

When importing cattle from Hungary, Germany, Holland and Australia, many violations of veterinary rules for cattle management for the purpose of its reproduction, rearing and sale were noted. Pathogens of a number of infectious diseases penetrate livestock farms with the cattle purchased. Cases of infection of imported pedigree cattle with tuberculosis were noted. Scientists, together with practical experts of the Republic of Kazakhstan and the Russian Federation, conducted a series of surveys of livestock farms, where pedigree cattle was imported from abroad. The importance of the veterinary-sanitary treatment of premises prior to the delivery of breeding livestock was highlighted. Feeding regime of

агностическим исследованиям завозимого скота и местных животных, имевших контакт с ними. Для более эффективной диагностики использовали несколько диагностических тестов – от обычной внутрикожной туберкулиновой пробы с ППД туберкулином для млекопитающих до пальпебральной, внутривенной туберкулиновых проб и метода «бустер-эффекта». В диагностике туберкулеза особая роль отведена результатам вскрытия и лабораторного исследования биоматериала, взятого от убитых с диагностической целью животных. В комплексе диагностических исследований для окончательного решения о заболевании туберкулезом животных и общей эпизоотической оценки стада по туберкулезу животных предложена диагностическая оценка показателя внутрикожной складки – 5 мм и более. Проведены комплексные прижизненные диагностические мероприятия, послеубойная диагностика реагирующих на туберкулин животных, надлежащие ветеринарно-санитарные мероприятия в животноводческих помещениях, исключен контакт завезенных из-за границы животных с местным крупным рогатым скотом и другими домашними животными, а также птицей. Комплексные мероприятия позволяют надежно профилактировать и диагностировать случаи заболевания туберкулезом как у завозимого из-за границы, так и местного скота при размещении его в специально подготовленных животноводческих помещениях.

Ключевые слова: туберкулез, крупный рогатый скот, внутрикожная туберкулиновая проба, ППД туберкулин, пальпебральная и внутривенная туберкулиновые пробы, метод «бустер-эффекта»

ВВЕДЕНИЕ

В сельском хозяйстве Республики Казахстан более 85% поголовья крупного рогатого скота, 87 – свиней, 82 – лошадей и 50% птиц содержатся в личных подворьях. На долю фермерских (крестьянских) хозяйств приходится 8–15% такого поголовья. В личных подсобных и мелкофермерских хозяйствах используют экстенсивный малопродуктивный труд, поэтому возникают трудности внедрения новой техники и технологий для увеличения производства животноводческой продукции. В связи с этим в республике проводят работы по укрупнению мелкотоварных ферм, крестьянских хо-

such animals in the summer and winter periods was taken into account. Particular attention was paid to preventive diagnostic studies of imported livestock and local animals in contact with them. For more effective diagnosis, several diagnostic tests were used – from the usual intradermal tuberculin test with PPD tuberculin for mammals – to the palpebral and intravenous tuberculin tests as well as the “booster effect” method. In the diagnosis of tuberculosis, a special role was assigned to the results of autopsy and laboratory studies of biomaterial taken from animals killed for diagnostic purposes. In the complex of diagnostic studies for a final decision on the animal tuberculosis and a general epizootic assessment of the herd for animal tuberculosis, a diagnostic assessment of the intradermal fold of 5 mm and over was proposed. Comprehensive intravital diagnostic measures, post-mortem diagnostics of animals reacting to tuberculin, proper veterinary and sanitary measures in livestock buildings were carried out, contact of animals brought from abroad with local cattle and other domestic animals, as well as poultry, was excluded. Comprehensive measures can reliably prevent and diagnose cases of tuberculosis both in imported and local livestock when placing it in specially prepared livestock buildings.

Keywords: tuberculosis, cattle, intradermal tuberculin test, PPD tuberculin, palpebral and intravenous tuberculin tests, the “booster effect” method.

зяйств в различные крупные специализированные сельхозформирования, объединения в кооперативы или товарищества с ограниченной ответственностью, которые способны заниматься интенсивным расширенным производством животноводческой продукции. Возникает возможность более широко использовать многие факторы интенсификации производства путем внедрения трудоресурсов и энергосберегающих технологий, а также инновационных технологий, что способствует росту поголовья, в том числе племенного скота. Государство поддерживает такие хозяйства субсидированием производства продукции, что дает возможность

эффективному развитию в целом агропромышленного комплекса.

Удельный вес племенных животных в Казахстане составляет около 8% от всего поголовья сельскохозяйственных животных, число племенных хозяйствующих субъектов – 365.

Для повышения генетического потенциала сельскохозяйственных животных из дальнего и ближнего зарубежья в Казахстан все активнее ввозят племенной скот, включая эмбрионы и замороженное семя.

В 2017 г. была принята Государственная программа развития АПК Республики Казахстан до 2021 г., утвержденная Указом Главы государства № 423 от 12 июля 2018 г. Реализация этой программы позволит в племенном животноводстве разнообразить уровень генетического потенциала разводимых пород животных; совершенствовать селекционно-племенную работу; сохранить генофонд малочисленных и исчезающих пород сельскохозяйственных животных; автоматизировать процессы формирования государственного регистра индексной ценности для определения племенной оценки животных; повысить эффективность и конкурентоспособность в области племенного животноводства¹.

В рамках этой программы в Актюбинскую область завезена голштинская порода крупного рогатого скота в ТОО «Айс», в ТОО «Актеп» – абердин-ангусская, в агрохолдинг «Байсерке-Агро» Алматинской области, кроме этих пород, – герефордская, аулиекольская и казахская белоголовая.

При завозе племенного крупного рогатого скота из-за рубежа возникают проблемы сохранности и продуктивности таких животных из-за трудностей их адаптации к кормовым и климатическим условиям. Кроме того, отмечены проблемы по сохранению благополучия скота по хроническим инфекциям и болезням, не регистрируемым

в стране (болезнь Шмалленберга, вирусная диарея, маракселлез и др.). В результате в ряде стад крупного рогатого скота выбытие завозимых животных превышает 20–30% в течение первых двух лет.

Борьба с туберкулезом как зоонозным заболеванием, поражающим животных и человека, не теряет своей актуальности.

Цель работы – представить мероприятия, обеспечивающие контроль благополучия завезенного из-за рубежа и местного крупного рогатого скота от заболевания туберкулезом.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Крупный рогатый скот исследовали внутрикожной туберкулиновой пробой (ВТП) согласно наставлению², учет реакции проводили дополнительно через 24 ч (96 ч). Туберкулин вводили безыгольным инъектором Би-7 «Овод» наиболее распространенным и эффективным способом туберкулинизации [1, 2].

Дифференциацию специфических туберкулиновых реакций от неспецифических осуществляли по рекомендации Казахского НИВИ и ИЭВСиДВ СО РАСХН³. В ряде случаев использовали симультанную туберкулиновую пробу через 30 дней после последней туберкулинизации ППД туберкулинами для млекопитающих и птиц путем одновременного введения их на одной стороне шеи на расстоянии 12–15 см друг от друга. Внутрикожные реакции учитывали через 72 ч. Если реакция в неблагополучных по туберкулезу стадах крупного рогатого скота на туберкулин для млекопитающих увеличивалась на 5 мм и более, животных признавали больными. При увеличении кожной складки на ППД туберкулин для птиц более чем на 5 мм или при одинаковых показаниях на оба туберкулина реакцию оценивали как неспецифическую. В этом случае животных с увеличением кожной складки более 5 мм и интенсивнее реагировавших на ППД туберкулин для птиц или в одинаковой степени

¹Государственная программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2017–2021 годы. Астана, 2017. 157 с.

²Наставление по применению туберкулина. Астана, 1999. 13 с.

³Жумаш А.С., Қарабекова С.С., Аманжол Р., Арысбекова А.Т., Қунишов Н.О., Құлмагамбетов С.И. «Ірі қараның созылмалы аурула-рына қарсы күрес шараларына арналған ұсыныстар»: метод. рекомендации. Алматы: КазНИВИ, 2011. 78 с.

реагирования на оба аллергена дополнительно исследовали внутривенной туберкулиновой пробой с ППД туберкулином для млекопитающих. Диагностическому убою подвергались животные с повышением температуры тела на 1 °С и более. В ряде случаев животных с утолщением кожной складки на 3–4 мм исследовали через 4 или 7 дней пальпебрально ППД туберкулином для млекопитающих, реакции учитывали через 72 ч. Положительными считали животных с утолщением нижнего века глаза на 3 («+++») или 4 («++++») креста по сравнению с контрольным веком.

Кроме того, дополнительно исследовали животных через 30 дней после последней туберкулинизации ППД туберкулином для млекопитающих в дозе 5000 МЕ, внутрикожные реакции учитывали через 72 и 96 ч. При увеличении кожной складки на 5 мм и более животных оценивали как подозрительных в заболевании туберкулезом.

Для дифференциации в ряде случаев использовали метод «бустер-эффекта». ППД туберкулин для млекопитающих вводили внутрикожно через 14 сут в то же место в аналогичной дозе, реакцию учитывали через 72 ч. Животных с увеличением кожной складки на несколько миллиметров (но не менее 5 мм) по сравнению с первоначальной оценивали как скомпрометированных по туберкулезу и поступали согласно ветеринарно-санитарным правилам⁴⁻⁶ [3].

Ветеринарно-санитарный контроль за убоем реагировавших животных проводили согласно постановлению Правительства Республики Казахстан от 04.11.2009 «Правила убоя сельскохозяйственных животных».

Лабораторные исследования, индикацию и идентификацию выделенных культур микобактерий туберкулеза проводили согласно стандартным и усовершенствованным методикам [4–9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ТОО «Айс» и ТОО «Байсерке-Агро» крупный рогатый скот содержат беспривязно. В животноводческом помещении оборудованы места для отдыха животных, прохода и кормовой стол. Согласно санитарно-гигиеническим требованиям в хозяйствах регулярно проводят уборку навоза, раздачу кормов, дойку с помощью роботов и другие механизированные процедуры. Роботы дают сигналы селекционным воротам для выборки проблемных коров, измеряют удой молока, скорость молокоотдачи, электропроводность и ряд других физиологических показателей.

В целях сохранения благополучия завезенного скота в хозяйствах при въезде на территорию фермы построен ветеринарно-санитарный пропускник по типовому проекту с дезинфекционным барьером. Обслуживающий персонал проходит на рабочие места через санпропускник. Одежду оставляют в шкафчиках, перед работой и после нее работники принимают душ, затем надевают чистую спецодежду и обувь. Поскольку рабочий, перемещающийся по территории фермы, способен перенести на обуви патогенные микроорганизмы, вход в животноводческие помещения, телятники, доильный зал и ветеринарную аптеку оборудованы дезоковриками, которые заправляются дезинфектантами каждые сутки. Для поддержания надлежащей чистоты и санитарного порядка на территории фермы и внутри помещений 2 раза в месяц проводят санитарные дни. В эти дни чистят бытовые и вспомогательные помещения, проходы, стены, потолки, а также прилегающую территорию. Загрязненные места моют горячей водой или 1,5–2%-м раствором кальцинированной соды.

⁴Донченко А.С. Дифференциальная диагностика неспецифических туберкулиновых реакций в благополучных по туберкулезу стадах крупного рогатого скота // Совершенствование методологических основ научных исследований в ветеринарии и мероприятия по профилактике и ликвидации болезней сельскохозяйственных животных: тр. ИЭВСИДВ. Новосибирск, 1994. С. 1–14.

⁵Донченко А.С., Донченко Н.А., Колосов А.А. Дифференциальная диагностика туберкулиновых реакций в благополучных по туберкулезу хозяйствах: метод. рекомендации. Новосибирск, 2002. 7 с.

⁶Ветеринарные правила осуществления мероприятий по профилактике и ликвидации туберкулеза животных и птиц: сб. нормативных актов в области ветеринарии. Алматы: ТОО РПИК «Дәуір». 2005. Т. 3. С. 243–249.

В обоих хозяйствах расколы, загоны, открытые выгульные площадки для молодняка дезинфицируют 3–4%-м щелочным раствором формальдегида или растворами ВИРОЦИД-а, Гана, Повидон-йода.

Оба хозяйства являются образцово-показательными, поэтому в целях пропаганды и внедрения в производство новых технологий и обмена опытом фермы посещают многочисленные делегации профильных специалистов районов и областей республики, депутаты и работники акимата. Несмотря на то, что фермы этих хозяйств закрытого типа, происходит ежедневный контакт животных с окружающей средой. На территорию фермы постоянно завозят корма, ветеринарные препараты, вывозят готовую продукцию, происходит перемещение рабочих по территории, что создает условия повышенной опасности проникновения патогенных микроорганизмов. В связи с этим на ферме созданы условия, не позволяющие животным контактировать друг с другом.

ТОО «Айс» расположен в с. Саржансай Мартукского района Актюбинской области. В хозяйстве содержатся 1100 дойных коров. Для поддержания в животноводческом помещении постоянной температуры и влажности в течение всего года используют надувные мембраны системы «Isocll-Secco» (Канада). Летом вентиляторы охлаждают воздух в помещении, где температура не опускается ниже 0 °С и не превышает 20 °С. На такой ферме коровы защищены от всех негативных воздействий внешней среды: ветра, сквозняков, дождя, снега и летнего зноя.

В 2010, 2011 гг. на ферму завезли 1047 телок голштинофризской породы из Венгрии и Германии. Эпизоотическую ситуацию завезенного скота контролировали путем алергических и молекулярно-генетических исследований, ветеринарно-санитарной экспертизы туш на мясокомбинатах или убойных пунктах, обращали внимание на клинику животного.

В хозяйстве из исследованных в 2013 г. 1315 гол. крупного рогатого скота на внутрикожную туберкулиновую пробу реагировали 11 (0,8%) коров с утолщением кож-

ной складки на 3–10 мм. При исследовании методом «бустер-эффекта» у всех коров реакции уменьшились на 2–6 мм. Через 4 дня 11 реагировавших на туберкулиновую пробу и 5 нереагировавших коров исследовали пальпебральной туберкулиновой пробой. При учете реакции через 72 ч у двух коров утолщение нижнего века составило 2 («+++») креста. При исследовании этих животных внутривенной туберкулиновой пробой – ППД туберкулином для млекопитающих – повышение температуры тела составило 0,1–0,3 °С. Несмотря на очевидную вероятность отрицательного результата на указанные выше диагностические тесты, были убиты две коровы с увеличением отечности нижнего века на «+++» и с утолщением кожной складки на 3–4 мм. На вскрытии животных во внутренних органах и лимфатических узлах туберкулезных изменений не обнаружено, из биоматериала при бактериологическом исследовании возбудитель туберкулеза не выявлен. Всех животных исследовали ППД туберкулином для млекопитающих через 45–60 сут, получен отрицательный результат. В дальнейшем при ежегодном осеннем и весеннем исследовании этих животных на туберкулез реагирующих на туберкулиновую пробу не выявлено.

В ТОО «Байсерке-Агро» племенной молочный скот голштинофризской породы завезен в 2013 г. Животных содержали на роботизированной ферме. Животных мясных пород (абердин-ангус, герофорд, аулиекольский и казахская белоголовая) содержали на отделении «Кербулак», где их выпасали круглогодично.

При исследовании 407 гол. крупного рогатого скота ППД туберкулином для млекопитающих, находящихся на откорме на старой ферме, реагировали 12 гол. (2,9%) с увеличением внутрикожной складки на 3–5 мм. При повторном учете внутрикожных реакций через 24 ч у пяти (41,6%) животных воспалительные внутрикожные отеки уменьшались до отрицательных, у пяти животных (45,4%) – на 2–3 мм, у двух (16,8%) голов сохранились в первоначальном виде (3–4 мм).

Таких животных исследовали на 4-е сутки пальпебральной туберкулиновой пробой. Получен отрицательный результат. При убое двух животных с утолщением кожной складки на 3–4 мм, туберкулезных изменений во внутренних органах и лимфатических узлах не обнаружено, в печени и легких выявлен эхинококкоз. Бактериологическим исследованием биоматериала убитых животных изолирована атипичная культура микобактерий туберкулеза. Исходя из этого внутрикожные туберкулиновые реакции оценивали как неспецифические, таких животных оставляли в стаде. При исследовании симультанной туберкулиновой пробой через 30 дней из 404 животных две коровы (0,5%) реагировали на ППД туберкулин для млекопитающих с утолщением кожной складки на 3–4 мм, на ППД туберкулин для птиц – 6 (1,4%) животных с утолщением кожной складки на 5–9 мм. При этом внутрикожные туберкулиновые реакции совпадали только у двух животных, остальные на внутривенную туберкулиновую пробу с ППД туберкулином для млекопитающих не реагировали. Результаты исследований указывали на неспецифические туберкулиновые реакции, имеющие место в исследуемом стаде крупного рогатого скота.

В целях недопущения заноса возбудителя туберкулеза в специализированную племенную ферму в 2015, 2016 гг. животных, принадлежащих соседним хозяйствам и личным владельцам, исследовали внутрикожной туберкулиновой пробой – ППД туберкулином для млекопитающих. Из 313 животных поселка Карабулак на туберкулин реагировали 9 (2,8%) животных: с утолщением кожной складки на 5–7 мм – 2 гол., 3–4 мм – 7. При повторном учете внутрикожных реакций через 24 и 96 ч четверо животных реагировали на 2–3 мм, у пяти (55,5%) реакции выпали, что указывает на неспецифическую природу туберкулиновых реакций.

При исследовании 137 гол. крупного рогатого скота, принадлежащих жителям поселка Аркабай, на ППД туберкулин для мле-

копитающих с увеличением кожной складки на 3–4 мм реагировали 5 (3,6%) коров. Через 96 ч у трех (60,0%) из них внутрикожные туберкулиновые реакции выпали, у двух (40,0%) животных – уменьшились на 1 мм. На пальпебральные и внутривенные диагностические тесты животные не реагировали.

Известно, что в распространении туберкулеза значительную роль играют домашние животные и дикие птицы⁷ [8]. А.С. Донченко в 1970 г. при послеубойном осмотре на Петропавловском мясокомбинате Северо-Казахстанской области установил туберкулез у свиней, кур и собак. Я.А. Благодарный при исследовании 269 собак, содержащихся в здоровых семьях, у 13 (4,8%) обнаружил туберкулез, в то время как у 96 собак, принадлежащих семьям, где имелись больные туберкулезом люди, туберкулез диагностирован у 10 (10,4%) собак [9]. Заражение туберкулезом домашних животных от человека происходит при поедании остатков пищи больных туберкулезом людей и слизывании их мокроты. Человек заражается от больных туберкулезом собак и кошек при непосредственном контакте. Возможно, так возбудитель туберкулеза мигрирует от человека к собакам и, наоборот, от собак к человеку.

А.С. Жумаш с соавт. [10] при исследовании 844 собак в четырех областях Республики Казахстан выделили от 4,1 до 11,7% реагировавших на туберкулин. При убое 33 собак во внутренних органах и лимфатических узлах установлены специфические изменения, свойственные туберкулезу. Из биоматериала 16 собак, у которых не обнаружили туберкулезных изменений, выделены две (12,5%) культуры возбудителя туберкулеза бычьего вида.

На животноводческих фермах в распространении туберкулеза крупного рогатого скота могут участвовать голуби, воробьи, скворцы и вороны. В целом ущерб от таких птиц состоит из прямых потерь съеденного ими комбикорма, ухудшения санитарной обстановки (птицы загрязняют комбикорм пометом и даже сами попадают в меха-

⁷Донченко А.С., Донченко В.Н. Эпизоотическая роль животных, реагирующих на туберкулин // Информ. листок. КазНТИ Госплана КазССР. Алма-Ата. 1977. № 109 (2491). С. 1–4.

низмы по его подаче). Кроме того, проникая в животноводческие помещения, они могут распространять различные инфекции, в том числе и туберкулез.

В ТОО «Айс» ферма построена на новом месте, поэтому ее территория недостаточно заселена дикими птицами. ТОО «Байсерке-Агро» организовано на базе бывшего племзавода им. Панфилова, который создан в 60-е годы XX в. На территории старой фермы отмечено большое скопление голубей, поскольку на ферме много легкодоступных для них кормов. В целях профилактики туберкулеза применяли различные отпугивающие птиц средства. Также был перекрыт доступ голубей к чердакам коровников (основных мест их гнездования). Эпизоотическую опасность заболевания птиц туберкулезом на этой ферме изучали путем их убоя и лабораторного исследования взятого от них биоматериала. Всего убито 317 голубей, 42 скворца и 7 воробьев. Из биоматериала голубей изолировано 17 (4,8%) культур микобактерий. При идентификации три культуры (17,6%) отнесены к *M. avium* и 14 (82,3%) – к атипичным микобактериям *M. scrofulaceum*. Из биоматериала убитых скворцов и воробьев микобактерий туберкулеза не изолировано. На территории первой роботизированной фермы из биоматериала 71 голубя и 15 скворцов микобактерий туберкулеза также не изолировано. Причиной изоляции микобактерий туберкулеза на территории старой МТФ является то, что скот там содержится на открытой территории под навесом, куда птицы свободно проникают и кормятся из кормушек вместе с животными, инфицируя микобактериями поедаемый животными корм. В роботизированной ферме скот содержат только в закрытых помещениях, поэтому у него нет контакта с птицей, что обеспечивало защиту таких животных от инфицирования микобактериями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При завозе из-за рубежа крупного рогатого скота его необходимо содержать в животноводческих помещениях, соответствующих

зооветеринарно-санитарным нормам; в хозяйствах регулярно проводить дезинфекционные, дератизационные и дезинсекционные работы; исключить контакт завезенных животных с домашними животными (собаками, кошками, курами), а также дикой птицей (голубями, скворцами, воробьями).

При проведении профилактических исследований на ППД туберкулин для млекопитающих реагирующих животных изолировать и дополнительно исследовать внутривенной туберкулиновой пробой. Животных, реагирующих на туберкулиновую пробу с утолщением кожной складки на 5 мм или повышением температуры тела на 1 °С и более, подвергать убою. При исключении туберкулеза на вскрытии и лабораторном исследовании взятого от них биоматериала проводить дополнительные диагностические исследования: пальпебральной туберкулиновой пробой и методом «бустер-эффекта».

Животных с утолщением кожной складки на 5 мм и более, увеличением нижнего века на 3 (“+++”) или 4 (“++++”) креста признают инфицированными возбудителем туберкулеза. Их следует обязательно подвергать убою, лабораторно исследовать взятый от них биоматериал на наличие возбудителя туберкулеза. В случае отрицательного результата исследований стадо коров считают свободным от туберкулеза.

Проведение в хозяйствах означенных выше ветеринарно-санитарных, диагностических и профилактических мероприятий позволит надежно сохранить благополучие стад племенного крупного рогатого скота, завезенного из-за рубежа, от инфицирования микобактериями туберкулеза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Донченко А.С., Нестеров А.Г., Майер В.В., Мамедов Н.Ш. Использование механического безыгольного инъектора БИ-7 «Овод» при туберкулинизации // Профилактика и меры борьбы с инфекционными болезнями сельскохозяйственных животных в Казахстане. Алма-Ата. 1979. Т. 18. С. 34–35.

2. Донченко А.С., Майер В.В. Безыгольные инъекторы при туберкулизации скота // Ветеринария. 1979. № 9. С. 18.
3. Ионина С.В., Донченко Н.А., Донченко В.Н. Взаимосвязь циркуляции микобактерий во внешней среде с туберкулиновыми реакциями у животных // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 2 (249). С. 61–66.
4. Донченко А.С., Донченко В.Н. Туберкулез крупного рогатого скота, верблюдов и пантовых оленей: монография. Новосибирск: Издательство СО РАСХН, 1994. 352 с.
5. Донченко А.С., Овдиенко Н.П., Донченко Н.А. Диагностика туберкулеза крупного рогатого скота: монография. Новосибирск: Издательство СО РАСХН, 2004. 308 с.
6. Донченко А.С., Донченко Н.А. Научные и практические основы профилактики и ликвидации туберкулеза крупного рогатого скота // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2004. № 3 (153). С. 81–87.
7. Донченко А.С., Тупота Н.Л., Донченко Н.А. Диагностика туберкулеза животных: монография. Новосибирск: Издательство Новосибирского государственного аграрного университета, 2011. 247 с.
8. Донченко А.С. О выделении микобактерий туберкулеза с молоком больных коров // Ветеринария. 1972. № 6. С. 46–48.
9. Благодарный Я.А. Источники туберкулеза и меры профилактики: монография. Алма-Ата: Кайнар, 1980. 245 с.
10. Жумаши А.С., Абуталип А.А. Собаки – переносчики опасных болезней. Астана: «Жазыл Орда», 2016. С. 337–344.
- injectors for livestock tuberculization]. *Veterinariya* [Veterinary], 1979, no. 9, pp. 18. (In Russian).
3. Ionina S.V., Donchenko N.A., Donchenko V.N. Vzaimosvyaz' tsirkulyatsii mikobakterii vo vneshnei srede s tuberkulinovymi reaktsiyami u zhyvotnykh [Relationship between circulation of mycobacteria in the environment and tuberculin responses in animals]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2016, no. 2 (249), pp. 1–66. (In Russian).
4. Donchenko A.S., Donchenko V.N. *Tuberkulez krupnogo rogatogo skota, verblyudov i pantovykh oleney* [Tuberculosis of cattle, camels and antlers]. Novosibirsk: Izdatel'stvo SO RASKhN [Publishing House of SO RASKhN], 1994. 352 p. (In Russian).
5. Donchenko A.S., Ovdienko N.P., Donchenko N.A. *Diagnostika tuberkuleza krupnogo rogatogo skota* [Diagnosis of bovine tuberculosis]. Novosibirsk: Izdatel'stvo SO RASKhN [Publishing House of SO RASKhN], 2004, 308 p. (In Russian).
6. Donchenko A.S., Donchenko N.A. Nauchnye i prakticheskie osnovy profilaktiki i likvidatsii tuberkuleza krupnogo rogatogo skota [Scientific and practical basis for the prevention and elimination of cattle tuberculosis]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2004, no. 3 (153), pp. 81–87. (In Russian).
7. Donchenko A.S., Tupota N.L., Donchenko N.A. *Diagnostika tuberkuleza zhyvotnykh* [Diagnosis of animal tuberculosis]. Novosibirsk: Izdatel'stvo Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Publishing House of Novosibirsk State Agrarian University], 2011, 247 p. (In Russian).
8. Donchenko A.S. O vydelenii mikobakterii tuberkuleza s molokom bol'nykh korov [About the release of mycobacterium tuberculosis with milk of sick cows]. *Veterinariya* [Veterinary], 1972, no. 6, pp. 46–48. (In Russian).
9. Blagodarnyi Ya.A. *Istochniki tuberkuleza i mery profilaktiki* [Sources of tuberculosis and prevention measures]. Alma-Ata: Kainar Publ., 1980. 245 p. (Kazakhstan Republic).
10. Zhumash A.S., Abutalip A.A. *Sobaki – perenoschiki opasnykh boleznei* [Dogs are carriers of dangerous diseases]. Astana: «Zhasyl Orda» Publ., 2016, pp. 337–344. (Kazakhstan Republic).

REFERENCES

1. Donchenko A.S., Nesterov A.G., Maier V.V., Mamedov N.Sh. Ispol'zovanie mekhanicheskogo bezygol'nogo in'ektora BI-7 «Ovod» pri tuberkulinizatsii [The use of a mechanical needleless injector BI-7 "Gadfly" when conducting tuberculinization]. *Profilaktika i mery bor'by s infektsionnymi boleznyami sel'khozzyvotnykh v Kazakhstane* [Prevention and control measures against infectious diseases of agricultural animals in Kazakhstan]. Alma-Ata, 1979, vol. 18, pp. 34–35. (In Russian).
2. Donchenko A.S., Maier V.V. Bezygol'nye in'ektory pri tuberkulizatsii skota [Needle-free

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Донченко А.С., академик РАН, доктор ветеринарных наук, профессор, научный руководитель СФНЦА РАН

✉ **Донченко Н.А.**, доктор ветеринарных наук, член-корреспондент РАН, руководитель Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока СФНЦА РАН; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: tbc2009@yandex.ru

Жумаш А.С., доктор ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Республика Казахстан, 050016, Алматы, пр. Райымбека, 223; e-mail: amanzhol.zhumash@mail.ru

Шаймбетова А.К., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник; e-mail: shaimbetova79@mail.ru

Тургумбеков А.Б., Ph докторант; e-mail: Aset_turgumbecov83@mail.ru

Илимбаева А.К., младший научный сотрудник; e-mail: lmira577@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Donchenko A.S., Academician RAS, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Deputy Director

✉ **Donchenko N.A.**, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Corresponding Member, RAS Head of the Institute of Experimental Veterinary Medicine of Siberia and the Far East SFSCA RAS; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: tbc2009@yandex.ru

Zhumash A.S., Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head Researcher; address: 223 Raiymbek ave., Almaty, 050016, Republic of Kazakhstan; e-mail: amanzhol.zhumash@mail.ru

Shaymbetova A.K., Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher; e-mail: shaimbetova79@mail.ru

Turgumbekov A.B., Ph doctoral student; e-mail: Aset_turgumbecov83@mail.ru

Ilimbayeva A.K., Junior Researcher; e-mail: lmira577@mail.ru

*Дата поступления статьи 12.10.2019
Received by the editors 12.10.2019*

НОВАЯ ПОРОДА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА МОЛОЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ СИБИРЯЧКА

^{1,2} Яранцева С.Б., ¹ Герасимчук Л.Д., ¹ Шишкина М.А.

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

² Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Россия

Для цитирования: Яранцева С.Б., Герасимчук Л.Д., Шишкина М.А. Новая порода крупного рогатого скота молочного направления Сибирячка // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 6. С. 62–70. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-7

For citation: Yarantseva S. B., Gerasimchuk L. D., Shishkina M. A. Novaya poroda krupnogo rogatogo skota molochnogo napravleniya produktivnosti Sibiryachka [New breed of dairy cattle Sibiryachka]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 6, pp. 62–70. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-7

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

На основе использования лучшего отечественного и мирового генофонда голштинской породы создана отечественная высокопродуктивная, адаптированная к природно-климатическим условиям Сибири порода крупного рогатого скота с генетическим потенциалом более 10 000 кг молока за лактацию. При ее выведении использовали разные варианты воспроизводительного скрещивания. В результате получена конкурентоспособная порода скота с поголовьем 26 770 гол. Продуктивность 10 129 коров на момент апробации породы составила в среднем 7461 кг молока жирностью 3,78% и содержанием белка 3,16%. По удою и содержанию белка в молоке они превосходят коров черно-пестрой породы соответственно на 1460 кг и 0,05%. Однако животные исходной породы отличаются на 0,14% повышенной жирностью молока. Живая масса коров породы Сибирячка больше, чем у коров черно-пестрой породы, на 36 кг (6%). Молодняк новой породы интенсивно растет и развивается. Во все возрастные периоды их живая масса выше черно-пестрых сверстниц. Среднесуточный прирост от рождения до года у телок новой породы был 770 г, у черно-пестрых сверстниц – 700 г. За период выращивания до 18 мес ежедневный прирост составил в среднем соответственно 706 и 673 г. Живая масса телок в 18 мес составляет 424 кг, черно-пестрых – 405 кг, что позволяет осеменить телочек породы Сибирячка на 24 дня раньше. Средний выход телят за 3 года по новой породе составил 82,7%, у исходной он был

NEW BREED OF DAIRY CATTLE SIBIRYACHKA

^{1,2} Yarantseva S.B., ¹ Gerasimchuk L.D., ¹ Shishkina M.A.

Siberian Federal Scientific Centre of AgroBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia
Novosibirsk State Agrarian University
Novosibirsk, Russia

Based on the use of the best domestic and world gene pool of the Holstein breed, a domestic highly productive breed of cattle with a genetic potential of more than 10 000 kg of milk per lactation adapted to the climatic conditions of Siberia was created. When breeding it, different reproductive crosses were used. As a result, a competitive livestock breed with a population of 26 770 heads was obtained. The productivity of 10 129 cows at the time of breed testing averaged 7,461 kg of milk with a fat content of 3.78% and a protein content of 3.16%. In terms of milk yield and protein content in milk, they surpass Black-and-White cows by 1,460 kg and 0.05%, respectively. However, the animals of the original breed have a higher fat content of milk, by 0.14%. The live weight of cows of Sibiryachka breed is 36 kg (6%) more than that of Black-and-White cows. Young animals of the new breed are intensively growing and developing. At all ages, their live weight is higher than Black-and-White peers. The average daily increase from birth to one year for heifers of the new breed was 770 g, for Black-and-White peers – 700 g. For a growing period of up to 18 months, daily growth averaged 706 and 673 g, respectively. The live weight of heifers at 18 months is 424 kg, Black-and-White – 405 kg, which allows insemination of heifers of Sibiryachka breed 24 days earlier. The average yield of calves over 3 years in the new breed was 82.7%, in the original one it was

меньше на 3,7%. Срок использования коров созданной породы составляет 3,47 отелов, что на 8% больше по сравнению с черно-пестрой.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, порода Сибирячка, модель коровы, тип телосложения, молочная продуктивность, генеалогическая структура

3.7% less. The period of use of the cows of the created breed is 3.47 calving, which is 8% more compared to the Black-and-White breed.

Keywords: cattle, Sibiryachka breed, cow model, body type, milk productivity, genealogical structure

ВВЕДЕНИЕ

Один из резервов повышения эффективности молочного скотоводства – создание отечественных пород и типов крупного рогатого скота [1–4], характеризующихся высокой продуктивностью, приспособленными к природно-климатическим и технологическим условиям кормления и содержания. В различных регионах Российской Федерации проводят работу по созданию новых типов и пород животных на базе маточного поголовья черно-пестрой породы с использованием скрещивания с голштинскими быками-производителями [5–9]. Такую высокопродуктивную породу скота Сибирячка создали ученые и селекционеры Западной и Восточной Сибири. Выведена молочная порода крупного рогатого скота, представители которой сочетают в себе высокую молочную продуктивность, хорошие мясные качества, крепкую конституцию, а также способность к длительной эксплуатации в условиях промышленной технологии, приспособленность к сибирским экстремальным климатическим условиям и местным кормам.

Цель работы – представить показатели молочной продуктивности, конституциональные особенности новой породы крупного рогатого скота Сибирячка.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Породу создавали в 12 хозяйствах-оригинаторах из шести регионов Западной и Восточной Сибири (Новосибирская, Омская, Кемеровская, Иркутская области, Ал-

тайский и Красноярский края). Базой сравнения послужили животные шести племенных хозяйств этих же регионов. При апробации породы использовали «Методику проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность для крупного рогатого скота (*Bos primigenius* Wojanus)».

Порода выведена методом сложного воспроизводительного скрещивания коров черно-пестрой породы с быками голштинской [10, 11].

Новая высокопродуктивная порода крупного рогатого скота молочного направления Сибирячка включена в реестр селекционных достижений Российской Федерации, допущенных к использованию¹.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для модельной коровы новой породы установлены следующие требования к внешнему виду: основная окраска черная, дополнительная – белая, присутствуют белые и черные пятна по всему телу, носовое зеркало серое, окраска копыт желтая. Желательное развитие статей экстерьера первотелок: рост 148 см, ширина груди – 46, глубина груди – 73, обхват груди – 200, ширина в маклоках – 52, ширина в седалищных буграх – 36, обхват пясти – 20 см.

К промерам вымени предъявляли следующие требования: высота прикрепления задних долей вымени 16 см, ширина задних долей вымени – 23, длина передних долей – 25, борозда вымени – 2,5 см, положение дна вышескакательного сустава на 13 см, длина передних

¹Патент на селекционное достижение № 9498 (Российская Федерация). Крупный рогатый скот (*Bos primigenius* Wojanus) Сибирячка / Д.С. Адушинов, Х.А. Амерханов, Е.А. Берш, В.Ф. Востриков, Л.Д. Герасимчук, А.И. Голубков, Г.М. Гончаренко, А.П. Григорьев, В.Г. Гугля, И.М. Дунин, А.В. Еркубаев, А.И. Желтиков, В.В. Ильин, Б.О. Инербаев, Р.П. Карагод, И.И. Клименок, В.В. Ключко, О.С. Короткевич, Н.М. Костомахин, А.И. Кузнецов и др. Заявл. 16.06.2015; зарегистрир. в Государственном реестре охраняемых селекционных достижений 08.02.2018.

сосков 5 см; удой за лактацию более 7000 кг молока, содержание жира и белка в молоке соответственно не ниже 3,70 и 3,15%, интенсивность молокоотдачи 2,20 кг/мин и выше.

Установлены высокодостоверные различия ($p < 0,001$) между породой Сибирячка и животными черно-пестрой породы по следующим количественным признакам: живая масса при рождении бычка (+2,1 кг), телочки (+2,5 кг), бычка в возрасте 15 мес (+41,6 кг), телки в 18 мес (+82,2 кг), коровы (+41,3 кг); длина головы коровы (+3,0 см), ширина лба (+1,5 см), рост (+4,9 см), ширина груди (-1,7 см), ширина грудной кости (-1,4 см), глубина груди (+3,0 см), обхват груди (+3,7 см), длина крестца коровы (+3,8 см), ширина в тазобедренных сочленениях (-2,8 см), длина туловища (+8,7 см), глубина туловища (+3,9 см), угол копыта (+2,9°), толщина кожи (-0,7 см), высота прикрепления задних долей вымени (-3,7 см), ширина молочного зеркала вымени (+5,7 см), длина передних долей вымени (+5,2 см), расположение передних сосков

(+2,8 см), длина передних сосков (-0,9 см), обхват пясти коровы (-0,6 см).

Коровы новой породы имеют выпуклый затылочный гребень, черно-пестрые животные – прямой. Также они отличаются отсутствием рогов, серым носовым зеркалом и желтой окраской копыт. У черно-пестрых сверстниц носовое зеркало и копыта имеют соответственно черную и серую окраску.

В табл. 1 представлены показатели продуктивности коров в хозяйствах-оригинаторах и базы-сравнения на момент апробации селекционного достижения (данные статистические).

В хозяйствах-оригинаторах новой породы показатели по удою и содержанию белка в молоке выше, чем по базе сравнения, соответственно на 1448 кг и 0,07%. Животные черно-пестрой породы отличаются повышенной жирностью молока – на 0,22%.

Согласно бонитировке 2018 г., общее поголовье крупного рогатого скота составило более 26,7 тыс. (см. табл. 2).

По сравнению с 2015 г. численность увеличилась на 5261 гол. (24,5%). Количество

Табл. 1. Показатели молочной продуктивности коров в хозяйствах-оригинаторах
Table 1. Indicators of milk productivity of cows in the farms-origimators

Хозяйство	Всего коров, гол.	Удой на корову за год, кг	Содержание в молоке, %	
			жира	белка
<i>Сибирячка</i>				
АО ПЗ «Учхоз “Тулинское”»	525	7564	3,77	3,15
ПЗ АО «Агрофирма “Лебедевская”»	1380	8726	4,00	3,19
ПЗ СПК «Кирзинский»	660	6400	3,73	3,09
ПР ЗАО «Пламя»	1065	5085	3,80	3,18
ПЗ ФГУП «Омское»	250	6045	3,95	3,10
ПЗ ООО «Селяна»	849	6838	3,80	3,23
ФГУП «ПЗ “Комсомольское”»	1030	7147	4,04	3,01
ПЗ АО «Учхоз “Пригородное”»	670	7264	3,80	3,11
ФГУП «ПЗ “Таежный”»	1164	7204	3,78	3,09
ПЗ СПК «Алексеевский»	863	6357	3,62	3,21
ПЗ СХ ОАО «Белореченское»	6650	6700	3,60	3,20
ПЗ ЗАО «Железнодорожник»	1250	7468	3,70	3,17
Итого	16356	6908	3,73	3,17
<i>Черно-пестрая порода</i>				
АО «ПЗ “Пашинский”»	400	5740	3,80	3,10
ООО «ПЗ “Ленинск-Кузнецкий”»	1250	5126	4,21	3,24
ПЗ СПК «Колхоз им. Ленина»	1000	5601	4,10	3,06
ПР ОАО «Барки»	400	5275	3,90	3,20
ПЗ ЗАО «Агрофирма “Ангара”»	535	6440	3,70	3,12
ПЗ ЗАО «Сибирь-1»	2110	5325	3,83	3,00
Итого	5695	5460	3,95	3,10

Табл. 2. поголовье крупного рогатого скота породы Сибирячка
Table 2. The number of cattle of Sibiryachka breed

Группа животных	Год			
	2015	2016	2017	2018
Общее поголовье крупного рогатого скота	21509	21971	25853	26770
В том числе:				
коровы	13846	14066	16574	16796
нетели	2092	2413	2459	3242
телки 10–12 мес	1248	1096	1171	1161
телки 12–18 мес	2880	2952	3543	3589
телки старше 18 мес	940	1006	1845	1548
ремонтные бычки	503	438	261	434

коров выросло на 2950 гол. (21,3%). В структуре популяции коровы составляют 62,7%, нетели и телки разных возрастов – 35,6, ремонтные бычки – 1,6%. Следует отметить, что поголовье ремонтных бычков постепенно сокращается, что связано с уменьшением объемов использования племенных бычков для вольной случки и большим охватом товарных стад методом искусственного осеменения.

Продуктивность 10 129 коров на момент апробации породы составила в среднем 7461 кг молока жирностью 3,78% и содержанием белка 3,16%. По удою и содержанию белка в молоке они превосходили коров черно-пестрой породы соответственно на 1460 кг и 0,05%. До 2016 г. продуктивность коров ежегодно повышалась за счет отбора в породу лучших коров. С 2017 г. при бонитировке учитывали продуктивность всех коров, содержащихся в хозяйствах-оригинаторах, поэтому к настоящему времени с увеличением поголовья коров удои снижались на 77 кг (см. табл. 3).

В сравнении с 2015 г. в 2018 г. содержание жира и белка в молоке увеличилось на 0,04 и 0,05% соответственно, что способствовало повышению выхода молочного белка на 1,3 кг.

Молодняк новой породы интенсивно растет и развивается. Во все возрастные периоды их живая масса выше черно-пестрых сверстниц. Среднесуточный прирост от рождения до года у телок новой породы был 770 г, у черно-пестрых сверстниц – 700 г. За период выращивания до 18 мес ежедневный прирост составил в среднем соответственно 706 и 673 г.

Живая масса телок в 18 мес была 424 кг, черно-пестрых – 405 кг, что позволяет осеменить телочек породы Сибирячка на 24 дня раньше.

Возраст при первом осеменении телок новой породы – 519 дней (17 мес), у черно-пестрых – 543 (17,8 мес). В 2018 г. живая масса при первом осеменении у телок породы Сибирячка составляла 395 кг.

Хорошее развитие телок позволяет получить относительно крупных коров молочного типа. В среднем живая масса первотелок составила 565 кг, полновозрастных коров – 628 кг. Первотелки новой породы превосходили по живой массе сверстниц исходной породы на 21 кг, по третьей лактации и старше – на 34 кг. Разница статистически достоверна ($p < 0,001$).

Табл. 3. Молочная продуктивность коров породы Сибирячка ($M \pm m$) (данные бонитировки)
Table 3. Milk productivity of cows of Sibiryachka breed ($M \pm m$) (valuation data)

Год	Число коров	Удой, кг	Содержание, %		Выход, кг	
			жира	белка	молочного жира	молочного белка
2015	10014	7389 ± 12,2	3,78 ± 0,001	3,12 ± 0,001	279,3 ± 0,36	230,5 ± 0,27
2016	10129	7461 ± 10,7	3,78 ± 0,001	3,16 ± 0,001	282,0 ± 0,69	235,8 ± 0,26
2017	12957	7263 ± 13,2	3,83 ± 0,002	3,17 ± 0,002	278,2 ± 0,42	230,2 ± 1,61
2018	13045	7312 ± 12,0	3,82 ± 0,001	3,17 ± 0,001	279,3 ± 0,49	231,8 ± 0,51

Средний выход телят за 3 года по новой породе составил 82,7%, у исходной – меньше на 3,7%. Срок использования коров созданной породы составляет 3,47 отелов, что на 8% больше по сравнению с черно-пестрой.

В настоящее время проводят иммуногенетическое тестирование животных породы Сибирячка по группам крови, а также выявляют методом ПЦР скрытое носительство основных известных наследственных заболеваний и мутаций. Нежелательные генотипы в популяции апробируемой породы не выявлены. Проводят поиск генетических маркеров, связанных с величиной удоя и качеством молока.

Жизнеспособность и продуктивность любой популяции зависят от многих факторов, в том числе от генетического разнообразия, проконтролировать которое можно с использованием иммуногенетических маркеров. Аллелофонд, уровень генетического сходства и различия породы Сибирячка изучали иммуногенетическим анализом по группам крови с использованием 60 сывороток-реагентов и 8 генетических систем.

В породах Сибирячка и черно-пестрой выявлено 55 общих аллелей с разной частотой. При анализе их распространенности можно отметить, что большая часть аллелей встречается со сходной частотой, но есть и некоторые различия. Так, к наиболее распространенным аллелям в породе Сибирячка можно отнести аллели $G_2G_3Y_2E_2'Q'$, I_2 , Y_2 , частота которых составляет 0,1089–0,1254. В черно-пестрой породе аллели $G_2G_3Y_2E_2'Q'$, I_2 также занимают высокий удельный вес, однако Y_2 встречается значительно реже – 0,0045.

В породе Сибирячка выявлено 79 аллелей, которые отсутствуют у черно-пестрой породы. У последней имеется 28 аллелей, которые не выявлены в породе Сибирячка. Таким образом, аллелофонд породы Сибирячка более богат и представлен 134 аллелями, в то же время у черно-пестрой породы общее количество аллелей В-локуса составило 83.

Индекс генетического сходства между породой Сибирячка и черно-пестрой состав-

ляет $0,7691 \pm 0,0008$, что свидетельствует о достаточной дифференциации пород.

Генеалогическая структура маточного поголовья породы Сибирячка состоит из трех голштинских (Вис Бэк Айдиал 1013415, Рефлекшн Соверинг 198998 и Монтвик Чифтейн 95679) и семи сибирских линий (Раймонда 1021, Франка 937, Титула 0034, Метилла 496, Лемура 460, Коралла 1008 и Витража 5293). В настоящее время к голштинским линиям относится 74% коров и телок, сибирским – 26% маточного поголовья. Продолжатели сибирских линий содержатся на племпредприятиях региона. От быков новых линий породы Сибирячка в хозяйствах-оригинаторах насчитывалось 5318 гол. маточного поголовья, в хозяйствах всех категорий Сибирского региона – всего 26 440 гол.

В дальнейшем планируется работа с создаваемыми и заложенными линиями. С этой целью проводят заказные спаривания в хозяйствах-оригинаторах для получения продолжателей линий [12–14].

Генофонд породы Сибирячка используется для улучшения продуктивных и племенных качеств черно-пестрого скота разных регионов страны. Быки-производители находятся на племпредприятиях Новосибирской, Омской, Иркутской областей, Алтайского и Красноярского краев.

За период выведения новой породы использовали спермопродукцию от 197 быков-производителей. Продуктивность их матерей составила 8869 кг молока жирностью 4,08% с содержанием белка 3,21%, матерей отцов соответственно 11 878 кг, 4,42%, 3,29%. Всего оценено по качеству потомства 103 быка, 48 получили категорию улучшателей. В настоящее время запас спермопродукции составляет более 2687 тыс. доз, что достаточно для дальнейшего разведения породы.

Животные новой породы востребованы в товарных стадах. Большую роль в увеличении молочной продуктивности местного скота имеют бычки, реализованные из хозяйств-оригинаторов породы Сибирячка. Основную продажу племенных бычков проводят в возрасте 13–14 мес живой мас-

сой 385–410 кг. За период 2015–2018 гг. реализовано 6102 гол. племенного молодняка, в том числе 833 бычков и 5269 телок. Племенной молодняк реализуют не только в товарные стада региона, но и за его пределы. Покупателями являются хозяйства и частные предприниматели Томской, Омской, Новосибирской, Кемеровской, Амурской областей, Алтайского, Красноярского, Приморского краев, Республика Саха (Якутия) и Казахстан. С каждым годом зона распространения животных породы Сибирячка расширяется [15, 16]. Проводится обмен бычками между племпредприятиями.

Ежегодная координация селекционным процессом в породе Сибирячка осуществляется советом по племенной работе, где согласуются направления по дальнейшей работе с породой, происходит обмен информацией между селекционерами и специалистами региональных служб по результатам комплексной оценки коров и телок, а также дочерей проверяемых быков новой породы.

Для дальнейшего совершенствования племенной базы отобрана селекционная группа коров в количестве 3237 гол. со средней продуктивностью 8673 кг молока жирностью 3,91% при содержании белка 3,16%. Эти животные отличаются не только высокой молочной продуктивностью, но и крепким телосложением с хорошо выраженным молочным типом, соответствующим стандарту породы. Из них выделена быкопроизводящая группа коров в количестве 200 гол. с продуктивностью 10 080 кг молока жирностью 3,96% с содержанием белка 3,20%. В этой группе используют заказное спаривание с индивидуальным подбором, как правило внутрелинейным, и частично кроссирование.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе использования лучшего отечественного и мирового генофонда голштинской породы создана отечественная высокопродуктивная, адаптированная к природно-климатическим условиям Сибири порода крупного рогатого скота с генетическим потенциалом более 10 000 кг молока за лактацию. Сотрудники СибНИТИЖа СФНЦА

РАН разработали программу совершенствования и развития породы Сибирячка с учетом пожеланий хозяйствующих субъектов, разводящих данный скот. При разработке программы селекции с массивом породы исходили из того, что главной целью разведения данной породы в Сибирском регионе является сохранение и улучшение ценных качеств породы, достигнутых при ее выведении. Основной метод разведения – чистопородный, направленный на повышение удоя, содержания жира, белка в молоке и продолжительности хозяйственного использования животных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горлов И.Ф., Дунин И.М., Калашиников В.В., Ковешников В.С., Новиков А.А., Павлов М.Б., Прохоренко П.Н., Сакса Е.И., Саплицкий Л.Н., Степанов П.А. Новые селекционные достижения в животноводстве для обеспечения импортозамещения генетических ресурсов и продовольствия: монография. Волгоград: Волгоградское издательство, 2015. 132 с.
2. Адушинов А.Д., Адушинов Д.С., Пleshаков В.А., Солошенко В.А., Шадрин С.В. Селекция в молочном скотоводстве – основа импортозамещения // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 79. С. 109–117.
3. Дунин И.М., Тяпугин С.Е., Семенова Н.В., Щеглов М.Е., Тяпугин Е.Е. Импорт племенного крупного рогатого скота в России // Зоотехния. 2019. № 5. С. 28–30. DOI: 10.25708/ZT.2019.29.58.011.
4. Чинаров В.И. Оценка конкурентоспособности молочных пород крупного рогатого скота // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 10. С. 74–78. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11017.
5. Дунин И.М., Тяпугин С.Е., Калашиникова Л.А., Мещеров Р.К., Князева Т.А., Ходыков В.П., Аджибеков В.К., Калашиников А.Е., Мещеров Ш.Р. Генофонд пород молочного скота в России: состояние, перспективы сохранения и использования // Зоотехния. 2019. № 5. С. 2–6. DOI: 10.25708/ZT.2019.18.21.001.
6. Паронян И.А. Возможности сохранения и совершенствования генофонда пород крупно-

- го рогатого скота отечественной селекции // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 5. С. 63–66. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10516.
7. Зиновьева Н.А., Сермягин А.А., Доцев А.В., Боронецкая О.И., Петрикеева Л.В., Абдельманова А.С., Врет Г. Генетические ресурсы животных: развитие исследований аллелофонда Российских пород крупного рогатого скота – Миниобзор // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 4. С. 631–641. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.4.631rus.
 8. Амерханов Х.А., Горлов И.Ф., Дунин И.М. Новые отечественные породы – залог надежного обеспечения населения России продуктами питания животного происхождения // Аграрно-пищевые инновации. 2019. № 1 (5). С. 8–13. DOI: 10.31208/2618-7353-2019-5-8-13.
 9. Солошенко В.А., Клименок И.И. Создание новых типов молочного скота и эффективность их разведения в условиях Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 12. С. 35–37.
 10. Яранцева С.Б. Увеличение периода хозяйственного использования коров породы Сибирячка // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. Т. 47. № 5 (258). С. 57–63.
 11. Клименок И.И., Герасимчук Л.Д., Яранцева С.Б., Шишкина М.А. Продолжительность продуктивного использования коров породы Сибирячка в Западной Сибири // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (41). С. 137–142.
 12. Мкртчян Г.В., Бакай А.В., Бакай Ф.Р. Сравнительный анализ продуктивных качеств коров разного происхождения при внутрилинейном подборе // Зоотехния. 2019. № 9. С. 5–8. DOI: 10.25708/ZT.2019.97.47.002.
 13. Попов Н.А. Выведение быков для формирования генеалогической структуры молочной породы // Зоотехния. 2019. № 3. С. 2–7. DOI: 10.25708/ZT.2019.36.71.001.
 14. Харитонов С.Н., Мельникова Е.Е., Осадчая О.Ю., Янчуков И.Н., Ермилов А.Н., Сермягин А.А. К вопросу о принципах линейного разведения в молочном скотоводстве // Генетика и разведение животных. 2018. № 2. С. 13–19. DOI: 10.31043/2410-2733-2018-2-13-19.
 15. Суслов Д.Ю., Воеводин А.В., Холев С.А., Тяпугин С.Е. Современная оценка племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 1. С. 9–11.
 16. Четвертакова Е.В., Алексеева Е.А., Луценко А.Е., Донкова Н.В., Мурзина Т.В., Кириенко Н.Н., Адушинов Д.С. Перспективы развития молочного скотоводства в Красноярском крае // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2018. № 6 (141). С. 94–100.

REFERENCES

1. Gorlov I.F., Dunin I.M., Kalashnikov V.V., Koveshnikov V.S., Novikov A.A., Pavlov M.B., Prokhorenko P.N., Saksa E.I., Saplitskii L.N., Stepanov P.A. *Novye selektsionnye dostizheniya v zhivotnovodstve dlya obespecheniya importozameshcheniya geneticheskikh resursov i prodovol'stviya: monografiya* [New breeding advances in livestock for import substitution of genetic resources and food: Monograph]. Volgograd. Volgogradskoe izdatel'stvo, 2015, 132 p. (In Russian).
2. Adushinov A.D., Adushinov D.S., Pleshakov V.A., Soloshenko V.A., Shadrin S.V. *Selektsiya v molochnom skotovodstve - osnova importzameshcheniya* [Selection in dairy cattle breeding – the basis of import substitution]. *Vestnik Irkutskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Vestnik of Irkutsk State Agrarian University], 2017, no. 79, pp. 109–117. (In Russian).
3. Dunin I.M., Tyapugin S.E., Semenova N.V., Shcheglov M.E., Tyapugin E.E. *Import plenennogo krupnogo rogatogo skota v Rossii* [Import of breeding cattle to Russia]. *Zootekhnika* [Zootechnika], 2019, no. 5, pp. 28–30. (In Russian). DOI: 10.25708/ZT.2019.29.58.011.
4. Chinarov V.I. *Otsenka konkurentosposobnosti molochnykh porod krupnogo rogatogo skota* [Assessment of competitive capacity of dairy cattle breeds]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2018, vol. 32, no. 10, pp. 74–78. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11017.
5. Dunin I.M., Tyapugin S.E., Kalashnikova L.A., Meshchero R.K., Knyazeva T.A., Khodykov V.P., Adzhibekov V.K., Kalashnikov A.E., Meshchero Sh.R. *Genofond porod molochnogo skota v Rossii: sostoyanie, perspe-*

- ktivny sokhraneniya i ispol'zovaniya [Gene fund of dairy cattle breeds of domestic selection: preservation and use perspectives] *Zootekhnika* [Zootechnika], 2019, no. 5. pp. 2–6. (In Russian). DOI: 10.25708/ZT.2019.18.21.001.
6. Paronyan I.A. Vozmozhnosti sokhraneniya i sovershenstvovaniya genofonda porod krupnogo rogatogo skota otechestvennoi selektsii dostizheniya nauki i tekhniki APK [Possibilities of preservation and improvement of the gene pool of cattle of domestic breeding]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2018, vol. 32, no. 5, pp. 63–66. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10516.
 7. Zinov'eva N.A., Sermyagin A.A., Dotsev A.V., Boronetskaya O.I., Petrikeeva L.V., Abdel'manova A.S., Brem G. Geneticheskie resursy zhivotnykh: razvitie issledovaniy allelofonda Rossiiskikh porod krupnogo rogatogo skota – Miniobzor [Animal genetic resources: developing the research of allele pool of Russian cattle breeds – mini-review]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural biology], 2019, vol. 54, no. 4, pp. 631–641. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiologia.2019.4.631rus.
 8. Amerkhanov Kh.A., Gorlov I.F., Dunin I.M. Novye otechestvennye породы - zalog nadezhnogo obespecheniya naseleniya Rossii produktami pitaniya zhivotnogo proiskhozhdeniya [New domestic breeds – dependence of reliable ensuring the population of Russia by animal food products]. *Agrarno-pishchevye innovatsii* [Agrarian and food innovations], 2019, no. 1 (5), pp. 8–13. (In Russian). DOI: 10.31208/2618-7353-2019-5-8-13.
 9. Soloshenko V.A., Klimenok I.I. Sozdanie novykh tipov molochnogo skota i effektivnost' ikh razvedeniya v usloviyakh Sibiri [Development of new milk cattle types and effectiveness of its breeding under condition of Siberia]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2009, no. 12, pp. 35–37. (In Russian).
 10. Yarantseva S.B. Uvelichenie perioda khozyaistvennogo ispol'zovaniya korov porody Sibiryachka [Increasing the length of productive life of cows of Sibiryachka breed]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2017, vol. 47, no. 5 (258), pp. 57–63. (In Russian).
 11. Klimenok I.I., Gerasimchuk L.D., Yarantseva S.B., Shishkina M.A. Prodolzhitel'nost' produktivnogo ispol'zovaniya korov porody Sibiryachka v Zapadnoi Sibiri [Duration of efficient usage of Sibiryachka cows in Western Siberia]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University], 2016, no. 4 (41), pp. 137–142. (In Russian).
 12. Mkrtchyan G.V., Bakai A.V., Bakai F.R. Sravnitel'nyi analiz produktivnykh kachestv korov raznogo proiskhozhdeniya pri vnutralineinom podbore [Comparative analysis of the productive qualities of cows of different origin in intraline selection]. *Zootekhnika* [Zootechnika], 2019, no. 9, pp. 5–8. (In Russian). DOI: 10.25708/ZT.2019.97.47.002.
 13. Popov N.A. Vyvedenie bykov dlya formirovaniya genealogicheskoi struktury molochnoi porody [Breeding the bulls to manage the genealogy of dairy cattle]. *Zootekhnika* [Zootechnika], 2019, no. 3, pp. 2–7. (In Russian). DOI: 10.31043/2410-2733-2018-2-13-19.
 14. Kharitonov S.N., Mel'nikova E.E., Osadchaya O.Yu., Yanchukov I.N., Ermilov A.N., Sermyagin A.A. K voprosu o printsipakh lineinogo razvedeniya v molochnom skotovodstve [In the concern to the question about principles of line breeding in Russian dairy cattle sector]. *Genetika i razvedenie zhivotnykh* [Genetics and Breeding of Animals], 2018, no. 2, pp. 13–19. (In Russian).
 15. Suslov D.Yu., Voevodin A.V., Kholev S.A., Tyapugin S.E. Sovremennaya otsenka plemennoi tsennosti krupnogo rogatogo skota molochnogo napravleniya produktivnosti [Modern assessment of the breeding value of dairy cattle]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo* [Dairy and Beef Cattle Farming], 2018, no. 1, pp. 9–11. (In Russian).
 16. Chetvertakova E.V., Alekseeva E.A., Lushchenko A.E., Donkova N.V., Murzina T.V., Kirienko N.N., Adushinov D.S. Perspektivy razvitiya molochnogo skotovodstva v Krasnoyarskom krae [Prospects of development of dairy cattle breeding in Krasnoyarsk Region]. *Vestnik KrasGAU* [The Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University], 2018, no. 6 (141), pp. 94–100. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Яранцева С.Б.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: jaransveta@mail.ru

Шишкина М.А., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; e-mail: sibnptij@ngs.ru

Герасимчук Л.Д., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; e-mail: sibnptij@ngs.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Yarantseva S.B.**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: jaransveta@mail.ru

Shishkina M.A., Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; e-mail: sibnptij@ngs.ru

Gerasimchuk L.D., Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; e-mail: sibnptij@ngs.ru

*Дата поступления статьи 10.10.2019
Received by the editors 10.10.2019*

МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕРКАРИЙ ТРЕМАТОД СЕМЕЙСТВ OPISTHORCHIIDAE И NOTOCOTYLIDAE

¹Бонина О.М., ²Сербина Е.А.

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

²Институт систематики и экологии животных Сибирского отделения
Российской академии наук
Новосибирск, Россия

Для цитирования: Бонина О.М., Сербина Е.А. Морфобиологические характеристики церкарий трематод семейств Opisthorchiidae и Notocotylidae // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 6. С. 71–78. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-8

For citation: Bonina O.M., Serbina E.A. Morfobiologicheskie kharakteristiki tserkarii trematod semeistv Opisthorchiidae i Notocotylidae [Morphobiological characteristics of trematode cercariae of the families Opisthorchiidae and Notocotylidae]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 6, pp. 71–78. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-8

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты изучения строения тела церкарий трематод семейств Opisthorchiidae и Notocotylidae и особенности их развития в Западной Сибири. Проанализированы и обобщены данные многолетних (1994–2019) исследований о распространении этих возбудителей опасных паразитарных заболеваний человека и животных. Исследования проведены по общепринятым в паразитологии и гидробиологии методикам. Видовую принадлежность трематод определяли в лабораторных условиях на зрелых церкариях, самостоятельно покинувших раковины моллюсков-хозяев *Bithynia tentaculata* и *B. troscheli*. Отмечено, что на стадии церкарий трематоды семейств Opisthorchiidae и Notocotylidae имеют следующие сходные черты: простой хвост, пигментированные глазки, одна присоска (ротовая). Диагностировать церкарий трематод семейств Opisthorchiidae и Notocotylidae можно по следующим признакам: хвост церкарии описторхид имеет плавательную мембрану и в 2 раза длиннее тела, хвост нотокотилид не имеет плавательной мембраны и по длине примерно равен телу. Церкарии описторхид имеют два пигментных глазка, нотокотилид – три. В жизненном цикле описторхид два промежуточных хозяина (битинии и рыбы), у нотокотилид – один (битинии). У церкарий описторхов имеются железы проникновения, у но-

MORPHOBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF TREMATODE CERCARIAE OF THE FAMILIES OPISTHORCHIIDAE AND NOTOCOTYLIDAE

¹Bonina O.M., ²Serbina E.A.

Siberian Federal Scientific Centre
of Agro-BioTechnologies of the Russian
Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia
Institute of Systematics and Ecology of Animals,
Siberian Branch of RAS
Novosibirsk, Russia

The results of studying the body structure of trematode cercariae of the families Opisthorchiidae and Notocotylidae and the features of their development in Western Siberia are presented. The data of long-term (1994–2019) studies on the spread of these pathogens of dangerous parasitic diseases in humans and animals are analyzed and summarized. The studies were conducted according to generally accepted methods in parasitology and hydrobiology. The species affiliation of trematodes was determined in laboratory conditions on mature cercariae that independently left the shells of the host mollusks *Bithynia tentaculata* and *B. troscheli*. It was noted that the trematodes of the Opisthorchiidae and Notocotylidae families at the cercaria stage have the following similar features: a simple tail, pigmented eyes, and one oral sucking cup. Diagnosis of trematode cercariae of Opisthorchiidae and Notocotylidae families is possible by the following signs: the tail of the opisthorchis cercaria has a swimming membrane and is 2 times longer than the body, the tail of the notocotylid has no swimming membrane and is approximately equal in length to the body. Opisthorchis cercariae have two pigment eyes, notocotylids – three. In the life cycle of opisthorchis, there are two intermediate hosts (bitinia and fish), in the notocotylid cycle, one (bitinia). Opisthorchis cercariae have penetration glands, but notocotylids do not; the maximum

токотилид они отсутствуют. Максимальная суточная эмиссия церкарий описторхид на порядок больше, чем у нотокотилид (6672 и 422 церкарии соответственно). Возможность диагностировать описторхид и нотокотилид на стадии церкарий позволяет выявлять локальные очаги эпидемически и эпизоотически опасных заболеваний.

Ключевые слова: описторхиды, нотокотилиды, битинииды, дифференциальная диагностика, церкарии, морфометрические признаки

ВВЕДЕНИЕ

Среди трематодозов человека в Российской Федерации наиболее часто регистрируется описторхоз, который вызывают трематоды семейства Opisthorchiidae (Lass, 1899; Braun, 1901). Возбудителем описторхоза является печеночный сосальщик *Opisthorchis felineus* Rivolta, 1894. Симптоматически сходное заболевание вызывает другой представитель этого семейства – *Metorchis bilis* Braun, 1890 (syn.: *M. albidus* Braun, 1893). Паразитирование трематод этой группы приводит к нарушению функционирования печени вследствие развития в ней различных патологических процессов, дегенеративных изменений тканей [1]. Наиболее часто в России поражено описторхозом население Западной Сибири. Так, в Новосибирской области в структуре заболеваемости биогельминтозами удельный вес описторхоза составляет 98,9%¹.

Более 45 млн человек в мире заражены тремя видами наиболее значимых для здоровья человека печеночных сосальщиков (*Clonorchis sinensis* (Cobbold, 1875), *Opisthorchis felineus* и *O. viverrini* Poizier, 1886) [2]. В странах Европейского содружества (Германия, Греция, Италия) у людей отмечен такой вид, как *O. felineus*, во многих странах (Германия, Польша, Италия, Португалия, Испания) этот вид трематод выявлен у таких животных, как рыжие лисицы, хорьки, кошки, собаки [3].

daily emission of opisthorchis cercariae is ten times higher than that of notocotylids (6672 and 422 cercariae, respectively). The ability to diagnose opisthorchis and notocotilid at the cercaria stage allows the identification of local foci of epidemiologically and epizootically dangerous diseases.

Keywords: opisthorchiidae, notocotylidae, bithyniidae, differential diagnosis, cercariae, morphometric signs

Если круг дефинитивных и вторых промежуточных хозяев трематод семейства Opisthorchiidae достаточно обширен (около 30 видов млекопитающих, в том числе и человек, более 20 видов карповых рыб), то первыми промежуточными хозяевами служат только переднежаберные моллюски. Так, в разных частях Палеарктики роль первых промежуточных хозяев Opisthorchiidae исполняют только переднежаберные моллюски, например, представители семейств Cerithiidae, Semisulcospiridae, Amnicolidae, Bithyniidae² [4–7].

В Западной Сибири из этой группы обитают только моллюски семейства Bithyniidae (Gray, 1857). Они являются первыми промежуточными хозяевами не только для трематод семейства Opisthorchiidae, но и для трематод семейства Notocotylidae (Lühe, 1909). Трематоды обоих семейств имеют сложный жизненный цикл. Все представители этих семейств в первом промежуточном хозяине (битинии) имеют стадию реди. Кроме того, в морфологии церкарий обоих семейств наблюдается некоторое сходство – имеется простой хвост, пигментированные глазки, а также наличие одной присоски – ротовой. Окончательные хозяева нотокотилид включают широкий круг птиц, многие из которых перелетные или кочующие, с широким ареалом, а также грызунов и парнокопытных на суше, ластоногих и китообразных на море. Сведения о трематодах этого семейства обобщены в монографии Л.В. Фи-

¹О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Новосибирской области в 2017 г. / Государственный доклад. Новосибирск, 2018. 290 с.

²Филимонова Л.В., Шалыгина В.И. Церкарии трематод в переднежаберных моллюсках *Bithynia inflata* из озер Северной Кулунды / Гельминты водных и наземных биоценозов. М.: Наука, 1980. С. 113–124.

лимоновой [8]. Проведенный нами анализ сведений о нотокотилидозах в экосистеме оз. Чаны в Новосибирской области показал, что роль окончательных хозяев исполняли 22 вида околотовных птиц [9]. За последние 80 лет зараженность околотовных птиц трематодами семейства Notocotylidae увеличилась более чем в 2 раза. В Новосибирской области нотокотилезы отмечены и у домашних птиц³.

Поскольку на одной территории могут одновременно существовать возбудители эпидемически опасных заболеваний описторхозов и эпизоотически опасных – нотокотилезов, то при обследовании моллюсков-битиниид только правильная видовая диагностика трематод позволит выявить их локальные природные очаги.

Цель работы – выявить значимые морфобиологические признаки для диагностики церкарий трематод семейств Opisthorchiidae и Notocotylidae.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Авторами проведены исследования по распространению битиниид и их зараженности трематодами в Западной Сибири с 1994 г. Компрессорно изучено более 15 000 экз. моллюсков семейства Bithyniidae [10–16].

Сборы моллюсков проведены вручную с 4–6 площадок (0,25 м²) на глубине от 0,1 до 0,7 м. В лаборатории определяли их видовую принадлежность согласно определителю Я.И. Старобогатова⁴.

В наших сборах семейство Bithyniidae представлено двумя видами: *Bithynia tentaculata* (Linne, 1758) и *B. troscheli* (Paasch, 1842). Всех собранных моллюсков индивидуально размещали в прозрачные ячейки иммунологических планшетов емкостью 3–5 мл, которые предварительно заливали речной профильтрованной водой и оставляли на 1–2 ч. Затем воду в ячейках просматривали, не извлекая моллюсков, под 16-кратным увеличением бинокля МБС-10, по-

сле чего моллюсков пересаживали в ячейки с чистой водой. Наблюдения проводили не менее 24 ч. Зараженных моллюсков содержали в лаборатории индивидуально.

Живых церкарий окрашивали витальными красителями 0,01%-ми растворами (нейтрального красного и сульфата нильского синего). Измеряли церкарий после фиксации их уксусно-кислым кармином. Временные препараты просветлены глицерином. Изучение и измерение церкарий проведены с использованием фазово-контрастного светового микроскопа AXIOLAB с компьютерной программой AXIOVISION для обработки изображений и анализа данных, получаемых с микроскопа. Промерено 19 церкарий трематод семейства Opisthorchiidae и 26 – семейства Notocotylidae.

Наблюдение за суточной эмиссией церкарий проводили при естественном освещении в лабораторных условиях. Чашку с водой, в которой содержались моллюски, просматривали под биноклем МБС-9. Число вышедших церкарий подсчитывали в течение светлого времени суток.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Трудности диагностики церкарий трематод семейств Opisthorchiidae и Notocotylidae состоят в том, что морфологически церкарии обоих семейств в некоторых аспектах сходны.

Церкарии обоих семейств имеют простой хвост, пигментированные глазки и одну присоску.

Различия трематод заключаются в следующем: церкарии описторхид имеют два пигментных глазка прямоугольной формы, нотокотилиды – три овальных или круглых (см. рис. 1). Однако иногда у церкарий нотокотилид третий глазок выражен очень слабо или совсем не виден (см. рис. 2). Поэтому отсутствие третьего глазка нельзя считать решающим при видовой диагностике. У церкарий описторхов имеются железы проникновения, у нотокотилид их нет. По морфо-

³Джустина С.И. Некоторые вопросы эпизоотологии нотокотилидозов водоплавающей птицы в Барабинской низменности / Сб. науч. трудов Новосибирской НИВС. Новосибирск, 1965. Вып. 2. С. 306–315.

⁴Старобогатов Я.И. Класс брюхоногие моллюски Gastropoda // Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Л.: Гидрометиздат, 1977. С. 152–174.

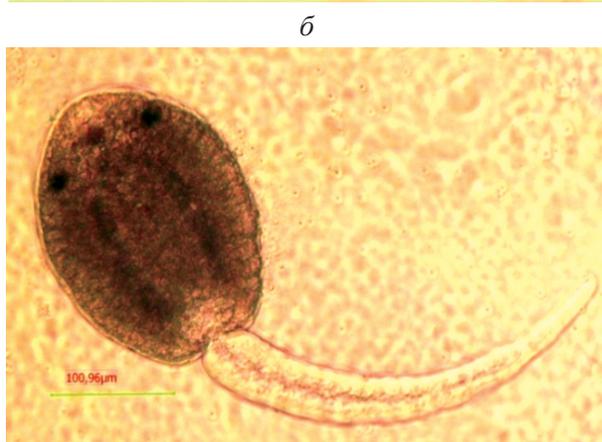


Рис. 1. Строение церкарий описторхид (а) и нотокотилид (б) (шкала 100 μm)

Fig. 1. Structure of opisthorchiidae (a) and notocotylidae (b) cercariae (scale 100 μm)



Рис. 2. Церкарии нотокотилид (шкала 100 μm)

Fig. 2. Notocotylidae cercariae (scale 100 μm)

метрическим признакам церкарии описторхид отличаются от церкарий нотокотилид более мелкими размерами. Результаты морфометрических измерений церкарий трематод двух семейств представлены в табл. 1.

По отношению длины тела к ширине церкарии описторхид выглядят более вытянутыми, а нотокотилиды – более широкими. Особенно ценный дифференциальный признак среди морфометрических показателей – отношение длины хвоста к длине тела: у описторхид хвост церкарии почти в 2 раза превышает длину тела, у нотокотилид он приблизительно равен длине тела.

Жизненный цикл описторхид и нотокотилид кардинально отличается друг от друга. У описторхид он триксенный, с наличием трех хозяев (окончательный, первый промежуточный и второй промежуточный), у нотокотилид – диксенный (окончательный и промежуточный хозяин). Церкарии описторхид должны активно проникнуть в рыбу, церкарии нотокотилид, превратившись в адолескарию во внешней среде, пассивно ждут своего окончательного хозяина. Это не может не сказаться на их строении и поведении. Церкарии описторхид отбрасывают хвост только в момент проникновения в мышцы второго промежуточного хозяина – рыбы. Нотокотилиды теряют хвост почти сразу после выхода из промежуточного хозяина – моллюска, прикрепившись к любой поверхности в толще воды, а нередко и к раковине своего моллюска-хозяина. Церкарии описторхид имеют железы проникновения, нотокотилиды в них не нуждаются.

При изучении суточной активности церкарий выявлено, что максимальная суточная эмиссия церкарий описторхид составляет 998 экз. *Opisthorchis felinus* и 6672 экз. *Metorchis bilis* [13]. Суточная активность выхода церкарий *Notocotylus imbricatus* (Looss, 1894; Szidat, 1935) описана в работе Л.В. Филимоновой [8]. По ее сведениям, из зараженного моллюска выделялось от 9 до 422 экз. церкарий за сутки. По выходу в воду церкарии нотокотилид инцистируются в течение нескольких минут до нескольких часов. Церкарии превращаются в адолескарий, инцистируясь на стеблях и листьях водных растений, раковинах водных моллюсков, камнях и на других предметах в толще воды.

Церкарии семейств нотокотилид и описторхид также различаются и по продолжи-

Табл. 1. Результаты морфометрических измерений церкарий трематод семейств Opisthorchiidae и Notocotylidae, микрон (µm).

Table 1. Results of morphometric measurements of Opisthorchiidae and Notocotylidae cercariae, micron (µm).

Признак	Opisthorchiidae, n = 19		Notocotylidae, n = 26		t-value	p
	Границы (от – до)	Средняя ± ошибка	Границы (от – до)	Средняя ± ошибка		
Длина тела	140,78 – 253,31	209,1 ± 45,88	549,89 – 817,27	622,12 ± 147,07	-4,81	< 0,001
Ширина тела	65,42 – 107,37	85,17 ± 20,97	279,43 – 414,01	345,04 ± 62,02	-10,95	<0,001
Длина хвоста	364,9 – 476,9	414,39 ± 56,53	461,3 – 698,23	599,52 ± 132,46	9,27	< 0,001
Ширина хвоста	30,97 – 48,36	35,85 ± 6,95	55,75 – 123,54	91,66 ± 31,38	-2,97	0,004
Длина ротовой присоски	30,17 – 44,98	36,85 ± 5,97	53,7 – 85,26	66,21 ± 16,45	-4,58	0,05
Ширина ротовой присоски	28,17 – 51,09	37,12 ± 10,6	60,49 – 86,41	73,55 ± 15,87	-3,16	0,05

тельности жизни: первые живут 2–4 ч, вторые – значительно больше (24–48 ч). Изучение сезонной эмиссии церкарий показало, что церкарии нотокотилид можно обнаружить во все летние месяцы, а описторхиды выявлялись, главным образом, в середине лета [12], что может быть также связано с особенностями жизненного цикла этих трематод. Это можно оценивать как пример синхронизации с биологией второго промежуточного хозяина описторхид – рыб семейства Cyprinidae. По сведениям Е.Н. Ядренкиной [17], в условиях водоемов юга Западной Сибири онтогенетическое развитие личинок и мальков завершается к июлю. С конца июня и в течение всего июля выжившая часть генерации рыб переходит на стадию сеголеток. Для этой возрастной группы характерно завершение морфобиологического развития, что приводит

к повышению жизнеспособности по сравнению с особями младших возрастов. Они наряду с перезимовавшими карповыми в июле могут исполнять роль вторых промежуточных хозяев в циклах развития трематод этих семейств. Таким образом, эмиссия церкарий семейства Opisthorchiidae и присутствие в водоеме физиологически адаптированных рыб-сеголеток совпадают по времени [12]. Для нотокотилид, в жизненном цикле которых отсутствует второй промежуточный хозяин, сезонность не играет такой важной роли. Поэтому выход церкарий из моллюска и превращение в адолескарий происходят в более растянутые по сезону сроки.

Итоги работы по выявлению отличительных морфобиологических признаков церкарий описторхид и нотокотилид представлены в табл. 2.

Табл. 2. Сравнительная характеристика различий в морфологии и биологии церкарий трематод семейств Opisthorchiidae и Notocotylidae

Table 2. Comparative distinguishing characteristics in morphology and biology of Opisthorchiidae and Notocotylidae cercariae

Признак	Opisthorchiidae	Notocotylidae
Строение хвоста	Имеет плавательную мембрану, примерно в 2 раза длиннее тела	Не имеет плавательной мембраны, примерно равен длине тела
Железы проникновения	Есть	Нет
Наличие пигментированных глазков	Два глазка прямоугольной формы	Три глазка округлой формы
Наличие второго промежуточного хозяина	Есть	Нет
Инвазионная стадия	Метацеркарий	Адолескарий
Суточная эмиссия церкарий	Максимальная суточная эмиссия 6672 церкарии	Максимальная суточная эмиссия 422 церкарии
Продолжительность жизни церкарий	24–48 ч	2–4 ч

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При поиске локальных очагов описторхоза, которые определяются в первую очередь наличием на исследуемой территории зараженных моллюсков-битиниид, необходимо различать описторхид от нотокотилид на стадии церкарий. Трематоды семейств Opisthorchiidae и Notocotylidae на стадии церкарий имеют следующие сходные черты: простой хвост, пигментированные глазки, одна присоска (ротовая). При определении церкарий указанных семейств следует обращать внимание на ряд морфологических признаков: хвост церкарии описторхид имеет плавательную мембрану и вдвое длиннее тела, хвост нотокотилид не имеет плавательной мембраны и по длине примерно равен телу. Церкарии описторхид имеют два пигментных глазка, нотокотилид – три. В жизненном цикле описторхид два промежуточных хозяина (моллюски и рыбы), в цикле нотокотилид – один (моллюски). У церкарий описторхид есть железы проникновения, у нотокотилид они отсутствуют. Максимальная суточная эмиссия церкарий описторхид значительно превышает таковую у нотокотилид.

Возможность диагностировать описторхид и нотокотилид на стадии церкарий позволяет выявлять локальные очаги опасных эпидемических и эпизоотических заболеваний, вызываемых этими трематодами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Sripa B., Bethony J.M., Sithithaworn P., Kaewkes S., Mairiang E., Loukas A., Mulvanna J., Laha T., Hotez P.J., Brindley P.J.* Opisthorchiasis and Opisthorchis – associated cholangiocarcinoma in Thailand and Laos // *Acta Tropica*. 2011. N 120. P. 158–168. DOI: 10.1016/j.actatropica.2010.07.006
2. *Petney T.N., Andrews R.H., Saijuntha W., Wenz-Mücke A., Sithithaworn P.* The zoonotic, fish-borne liver flukes *Clonorchis sinensis*, *Opisthorchis felinus* and *Opisthorchis viverrini* // *International Journal for Parasitology*. 2013. N 43 (12–13). P. 1031–1046. DOI: 10.1016/j.ijpara.2013.07.007
3. *Pozio E., Armignacco O., Ferri F., Gomez Morales M.A.* *Opisthorchis felinus*, an emerging infection in Italy and its implication for the European Union // *Acta Tropica*. 2013. Vol. 126 (1). P. 54–62. DOI: 10.1016/j.actatropica.2013.01.005
4. *Chung B.J., Joo C.Y., Choi D.W.* Seasonal Variation of Snail of *Parafossarulus manchouricus* and larval trematode infection in River Kumho, Kyungpook Province, Korea // *The Korean Journal of Parasitology*. 1980. Vol. 18. N 1. P. 54–64. DOI: 10.3347/kjp.1980.18.1.54
5. *Choi D.W.* Larval trematodes from *Semisulcospira* snails in Kyungpook province, Korea // *The Korean Journal of Parasitology*. 1982. Vol. 20. N 2. P. 147–159. DOI: 10.3347/kjp.1982.20.2.147
6. *Abdul-Salam J., Sreelatha B. N.S.* Studies on cercariae from Kuwait Bay. II. Description and surface topography of *Cercaria kuwaitae* II sp. n. (Digenea, Cyathocotylidae) // *Acta Parasitologica*. 1993. Vol. 38. N 1. P. 1–7.
7. *Faltynkova A., Literak I.* Cercariae of trematodes from *Bythinella austriaca* (Frauenfeld, 1857) agg. (Gastropoda, Prosobranchia) // *Acta Parasitologica*. 2002. Vol. 47. N 3. P. 196–204.
8. *Филимонова Л.В.* Трематоды фауны СССР. Нотокотилиды: монография. М.: Наука, 1985. 112 с.
9. *Сербина Е.А., Бонина О.М.* Динамика очагов нотокотилезов птиц в экосистеме озера Чаны (Западная Сибирь) за последние 80 лет // *Российский паразитологический журнал*. 2015. № 5. С. 29–35. DOI: 10.12737/13271.
10. *Сербина Е.А., Юрлова Н.И.* Участие *Codiella troscheli* (Mollusca, Prosobranchia) в жизненном цикле *Methorcis albidus* (Trematoda: Opisthorchidae) // *Медицинская паразитология и паразитарные болезни*. 2002. № 3. С. 21–23. DOI: 10.12737/13271.
11. *Сербина Е.А.* Церкарии трематод в моллюсках семейства Bithyniidae (Gastropoda: Prosobranchia) из бассейна оз. Малые Чаны (юг Западной Сибири) // *Сибирский экологический журнал*. 2004. № 4. С. 457–462.
12. *Сербина Е.А.* Биологическое значение сезонности эмиссии церкарий трематод семейств Opisthorchidae и Echinochasmidae в экосистемах юга Западной Сибири // *Российский паразитологический журнал*. 2012. № 3. С. 28–34.
13. *Сербина Е.А.* Первое обнаружение *Opisthorchis felinus* и *Metorchis bilis* в первых промежуточных хозяевах битинидах из бассейна озера Чаны (Новосибирская об-

- ласть) // Российский паразитологический журнал. 2016. Т. 37. Вып. 3. С. 421–429.
14. Сербина Е.А. Роль битинIID (Gastropoda: Bithyniidae) как хозяев трематод семейства Notocotylidae в экосистемах разных природно-климатических зон Западно-Сибирской равнины // Биология внутренних вод, 2016. № 2, С. 74–81. DOI: 10.7868/S0320965216020157.
 15. Карпенко С.В., Чечулин А.И., Юрлова Н.И., Сербина Е.А., Водяницкая С.Н., Кривоналов А.В., Федоров К.П. Характеристика очагов описторхоза юга Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. 2008, № 5, С. 675–680.
 16. Сербина Е.А., Бонина О.М. Выявление очагов описторхоза в пойме реки Обь и в Новосибирском водохранилище. Сообщение 2. Численность переднежаберных моллюсков и их зараженность партенитами трематод // Российский паразитологический журнал. 2011. № 4. С. 55–59.
 17. Ядренкина Е.Н. Гибридизация между представителями коренной фауны бассейна озера Чаны (Западная Сибирь) – сибирской плотвой *Rutilus rutilus* и язем *Leuciscus idus* // Вопросы ихтиологии. 2003. Т. 43. № 1. С. 110–117.
- ## REFERENCES
1. Sripa B., Bethony J.M., Sithithaworn P., Kaewkes S., Mairiang E., Loukas A., Mulvenna J., Laha T., Hotez P.J., Brindley P.J. Opisthorchiasis and Opisthorchis – associated cholangiocarcinoma in Thailand and Laos. *Acta Tropica*, 2011, no. 120, pp. 158–168. DOI: 10.1016/j.actatropica.2010.07.006
 2. Petney T.N., Andrews R.H., Saijuntha W., Wenz-Mücke A., Sithithaworn P. The zoonotic, fish-borne liver flukes. *Clonorchis sinensis*, *Opisthorchis felinus* and *Opisthorchis viverrini*. *International Journal for Parasitology*. 2013, no. 43 (12–13), pp. 1031–1046. DOI: 10.1016/j.ijpara.2013.07.007
 3. Pozio E., Armignacco O., Ferri F., Gomez Morales M.A. *Opisthorchis felinus*, an emerging infection in Italy and its implication for the European Union. *Acta Tropica*, 2013, vol. 126 (1), pp. 54–62. DOI: 10.1016/j.actatropica.2013.01.005
 4. Chung B.J., Joo C.Y., Choi D. W. Seasonal Variation of Snail of *Parafossarulus manchouricus* and larval trematode infection in River Kumho, Kyungpook Province, Korea. *The Korean Journal of Parasitology*, 1980, vol. 18, no. 1, pp. 54–64. DOI: 10.3347/kjp.1980.18.1.54
 5. Choi D.W. Larval trematodes from *Semisulcospira* snails in Kyungpook province, Korea. *The Korean Journal of Parasitology*, 1982, vol. 20, no. 2, pp. 147–159. DOI: 10.3347/kjp.1982.20.2.147
 6. Abdul-Salam J., Sreelatha B.N.S. Studies on cercariae from Kuwait Bay. II. Description and surface topography of *Cercaria kuwaitae* II sp. n. (Digenea, Cyathocotylidae). *Acta Parasitologica*. 1993, vol. 38, no. 1, pp. 1–7.
 7. Faltynkova A., Literak I. Cercariae of trematodes from *Bythinella austriaca* (Frauenfeld, 1857) agg. (Gastropoda, Prosobranchia). *Acta Parasitologica*, 2002, vol. 47, no. 3, pp. 196–204.
 8. Filimonova L.V. *Trematody fauny SSSR. Noto-kotilidy* [Trematodes of the fauna of the USSR. Notocotylidae]. Moscow, Nauka, 1985. 112 p. (In Russian).
 9. Serbina E.A., Bonina O.M. Dinamika ochagov notokotilezov ptits v ekosisteme ozera Chany (Zapadnaya Sibir') za posledniye 80 let [The dynamics of foci of bird notocotylidoses in the ecosystem of Lake Chany (Western Siberia) in the last 80 years]. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Parasitology], 2015, no. 5, pp. 29–35. (In Russian). DOI: 10.12737/13271.
 10. Serbina E.A., Yurlova N.I. Uchastiye *Codidella troscheli* (Mollusca, Prosobranchia) v zhiznennom tsikle *Methorcis albidus* (Trematoda: Opisthorchidae) [Participation of *Codidella troscheli* (Mollusca: Prosobranchia) in the *Methorcis albidus* (Trematoda: Opisthorchidae) life cycle. *Meditinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni* [Medical Parasitology and Parasitic Diseases], 2002, no. 3, pp. 21–23. (In Russian).
 11. Serbina E.A. Tserkarii trematod v mollyuskakh semeystva Bithyniidae (Gastropoda: Prosobranchia) iz basseyna oz. Malyye Chany (yug Zapadnoy Sibiri) [Cercariae of trematodes in snails of Bithyniidae family (Gastropoda: Prosobranchia) from the basin of Malyye Chany Lake (south of West Siberia)], *Sibirskiy ekologicheskii zhurnal* [Contemporary Problems of Ecology], 2004. no. 4., pp. 457–462. (In Russian).
 12. Serbina E.A. Biologicheskoye znachenie sezonnosti emissii tserkariy trematod semeystv

- Opisthorchidae i Echinochasmidae v ekosistemakh yuga Zapadnoy Sibiri [Biological value of seasonal cercaria emission of trematodes families Opisthorchidae and Echinochasmidae from ecosystems of south of Western Siberia]. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal* [Russian Journal of Parasitology], 2012, no. 3, pp. 28–34. (In Russian).
13. Serbina E.A. Pervoye obnaruzheniye *Opisthorchis felineus* i *Metorchis bilis* v pervykh promezhutochnykh khozyayevakh bitiniidakh iz basseyna ozera Chany (Novosibirskaya oblast') [Cercaria *Opisthorchis felineus* and *Metorchis bilis* from first intermediate hosts for the first time in basin of Chany Lake (Novosibirsk region, Russia) is found]. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal* [Russian Journal of Parasitology], 2016, vol. 37. iss. 3, pp. 421–429. (In Russian).
 14. Serbina E. A. The Role of Bithyniid Snails (Gastropoda: Bithyniidae) as Hosts of Trematodes of the Family Notocotylidae in Ecosystems of Different Climatic Zones of the West Siberian Plain. *Inland Water Biology*, 2016, vol. 9, no. 2, pp. 182–188. DOI: 10.1134/S1995082916020152
 15. Karpenko S.V., Chechulin A.I., Yurlova N.I., Serbina E.A., Vodyanitskaya S.N., Krivopalov A.V., Fedorov K.P. Characteristic of Opisthorchosis foci in the Southern of West Siberia. *Contemporary Problems of Ecology*, 2008, vol. 1, no. 5, pp. 517–521. DOI: 10.1134/S1995425508050019
 16. Serbina E. A., Bonina O.M. Vyyavleniye ocha-gov opistorkhoza v poyme reki Ob' i v Novosibirskom vodokhranilishche. Soobshcheniye 2. Chislennost' perednezhabernykh molluskov i ikh zarazhennost' partenitami [Revealing of the local centres of opisthorchidosis in flood-lands of river Ob and in Novosibirsk man-made lake. Repert 2. Prosobranchia molluscs' number and its infection by partenites of trematoda]. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal* [Russian Journal of Parasitology], 2011, no. 4, pp. 55–59. (In Russian).
 17. Yadrenkina E.N. Gibridizatsiya mezhdru predstavatelyami korennoy fauny basseyna ozera Chany (Zapadnaya Sibir') – sibirskoy plotvoy *Rutilus rutilus* i yazem *Leuciscus idus* [Hybridization between representatives of the native fauna of the Chany Lake basin (Western Siberia) – the Siberian roach *Rutilus rutilus* and *Leuciscus idus*]. *Voprosy Ikhtiologii* [Journal of Ichthyology], 2003, vol. 43, no. 1, pp. 110–117. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Бонина О.М.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: olga-bonina@mail.ru

Сербина Е.А., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Финансовая поддержка

Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг. АААА-А16-116121410121-7.

AUTHOR INFORMATION

✉ **Bonina O.M.**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; e-mail: olga-bonina@mail.ru; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia

Serbina E.A., Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

Дата поступления статьи 22.10.2019
Received by the editors 22.10.2019

ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНОГО УРОВНЯ ГОМОЗИГОТНОСТИ БЫКОВ НА ОСНОВЕ ГЕНОМНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Игнатьева Л.П., Белоус А.А., Недашковский И.С., Костюнина О.В.,
Сермягин А.А., Зиновьева Н.А.

Федеральный научный центр животноводства – Всероссийский
научно-исследовательский институт животноводства имени академика Л.К. Эрнста
Московская область, г.о. Подольск, Россия

Для цитирования: Игнатьева Л.П., Белоус А.А., Недашковский И.С., Костюнина О.В., Сермягин А.А., Зиновьева Н.А. Оценка индивидуального уровня гомозиготности быков на основе геномной информации // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 6. С. 79–87. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-9

For citation: Ignat'eva L.P., Belous A.A., Nedashkovskii I.S., Kostyunina O.V., Sermyagin A.A., Zinov'eva N.A. Otsenka individual'nogo urovnya gomozygotnosti bykov na osnove genomnoi informatsii [Evaluation of the individual level of homozygosity of bulls on the basis of genomic information]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 6, pp.79–87. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-9

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты оценки геномно-инбридинга быков-производителей популяции скота черно-пестрой и голштинской пород Центрального региона России. Исследования проведены путем обнаружения протяженных гомозиготных фрагментов в геноме животного – паттернов гомозиготности (ROH) в сравнении с традиционным подходом определения инбридинга по родословной. Анализ ROH проводили с помощью биочипа Illumina Bovine SNP50K v2 BeadChip плотностью 54609 SNP на популяции быков-производителей черно-пестрой и голштинской пород ($n = 100$ гол.) Московской и Ленинградской областей. Наибольшие показатели числа и суммарной длины ROH в изученной популяции обнаружено на хромосомах 3, 6, 9, 10, 20 и 24, при средней длине 10,34; 9,15; 10,33; 12,37 и 9,05 Mb соответственно. Число сегментов ROH колебалось от 5 до 34 при среднем значении 19,1. Средний размер ROH составлял 8539 ± 161 kb с общим числом нуклеотидных мутаций $136,2 \pm 2,5$ SNP и плотностью покрытия 62,2 kb. Установлено, что чем больше величина инбридинга по родословной, тем выше частота встречаемости гомозиготных сегментов (в среднем от 15,5 до 25,7 соответственно, при величине инбридинга от 0 до 8,5%). Суммарная длина паттернов и среднее значение ROH имеют тенденцию к увеличению в зависимости от уровня инбридинга (271,3 Mb и 10862 kb при значении 5,0% и выше). Наиболее высокая повторя-

EVALUATION OF THE INDIVIDUAL LEVEL OF HOMOZYGOSITY OF BULLS ON THE BASIS OF GENOMIC INFORMATION

Ignatieva L.P., Belous A.A.,
Nedashkovsky I.S., Kostyunina O.V.,
Sermyagin A.A., Zinovieva N.A.

Federal Science Center for Animal Husbandry
named after Academy Member L.K. Ernst
Moscow region, Podolsk, Russia

The results of the evaluation of genomic inbreeding of stud bulls of Black-and-White and Holstein breeds of the Central region of Russia are presented. The studies were carried out by detecting long homozygous fragments in the animal genome – runs of homozygosity (ROH), compared to the traditional approach of determining inbreeding by pedigree. ROH analysis was performed using the Illumina Bovine SNP50K v2 BeadChip biochip with the density of 54609 SNP in the population of stud bulls of Black-and-White and Holstein breeds ($n = 100$) in Moscow and Leningrad regions. The largest number and total length of ROH in the studied population were found on chromosomes 3, 6, 9, 10, 20, and 24, with an average length of 10.34; 9.15; 10.33; 12.37, and 9.05 Mb, respectively. The number of ROH segments varied from 5 to 34, with an average of 19.1. The average ROH size was 8539 ± 161 kb with the total number of nucleotide mutations of 136.2 ± 2.5 SNP and coverage density of 62.2 kb. It was found that the larger the inbreeding value by pedigree, the higher the frequency of occurrence of homozygous segments (on average from 15.5 to 25.7, respectively, with the inbreeding value from 0 to 8.5%). The total length of the fragments and the average value of ROH tend to increase depending on the inbreeding level (271.3 Mb and 10862 kb at the inbreeding value of 5.0% and higher). The highest repeatability with the inbreeding coefficient was obtained for the sum of homozygous

емость с коэффициентом инбридинга получена у показателя суммы гомозиготных паттернов генома и диаллельными маркерами 0,517 и 0,475 соответственно. Контроль уровня гомозиготности на основе геномной информации наиболее точно отражает истинный уровень инбридинга, позволяет более эффективно проводить мониторинг селекционного процесса в популяциях животных.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, инбридинг, паттерны гомозиготности, однонуклеотидный полиморфизм

ВВЕДЕНИЕ

Применение технологии биочипирования, основанной на определении SNP-маркеров, позволяет прогнозировать не только племенную ценность крупного рогатого скота. Использование полногеномного сканирования обеспечивает оценку истинного уровня инбридинга или вероятности аутозиготности. Проблемы контроля инбридинга по предкам сопряжены с часто встречающимися ошибками в родословной, малым числом учтенных поколений, а также наличием нераспознанных животных, доля которых может достигать до 13,9% [1, 2]. Наряду с идентификацией летальных мутаций и протяженных участков гомозиготности (РОН, подобно АААВА-АВВААААВВААВВВВВВАА...АВ...) возможно изучение распределения в геноме участков, ответственных за возникновение инбредной депрессии по ряду продуктивных и хозяйственных показателей [3].

Сегменты РОН длиной в 25, 10 и 2,5 Мб наследуются от общего предка в порядке 2, 5 и 20 поколений назад соответственно. Частота встречаемости РОН в геноме неодинакова, так что некоторые его регионы имеют более высокую частоту гомозиготных сегментов, а другие, напротив, – меньшую [4, 5]. Интенсивность селекции и низкая эффективность численности популяции приводят к возникновению в геноме более протяженных по длине паттернов гомозиготности. С учетом обратной зависимости между молочной продуктивностью и фертильностью скота, подверженности репродукции инбредной депрессии установлено, что воспроизводительные качества часто ассоциированы с регионами

генома с повышенным уровнем РОН. При этом отмечено, что высокая частота длинных интактных гомозиготных гаплотипов может нести локусы, находящиеся под давлением отбора [6]. По данным исследований, влияние уровня инбридинга и степени гомозиготности, рассчитанной на основе STR-маркеров, отрицательным образом сказывалось на показателях фертильности молочного скота [7, 8].

Keywords: cattle, inbreeding, runs of homozygosity, single nucleotide polymorphism

генома с повышенным уровнем РОН. При этом отмечено, что высокая частота длинных интактных гомозиготных гаплотипов может нести локусы, находящиеся под давлением отбора [6]. По данным исследований, влияние уровня инбридинга и степени гомозиготности, рассчитанной на основе STR-маркеров, отрицательным образом сказывалось на показателях фертильности молочного скота [7, 8].

Анализ полногеномных ассоциаций между РОН и признаками фертильности, содержания соматических клеток в популяции джерсейского скота США показал наличие значимых регионов на хромосомах 1, 3, 4, 5, 7, 8, 12, 13 и 21. Сегмент РОН, обнаруженный на ВТА3 (40,0–44,5 Mb), был связан с пониженной степенью стельности коров. В данном регионе между 42 и 43 Mb располагаются мутации в генах *SLC35A3* (СVM, комплексный порок позвоночника, гаплотип ННС) и *VCAM1* (отвечает за приживаемость эмбрионов) [6]. По отдельным наблюдениям быки-носители гаплотипов фертильности имеют более высокие оценки племенной ценности по признакам молочной продуктивности [9]. При ассоциативном анализе молочной продуктивности в популяции голштинской и джерсейской пород Австралии на ВТА 20 (Bos Taurus Autosome) обнаружено два РОН (28,1–30,9 Mb, 35,7–35,8 Mb) с негативным эффектом по удою. В то же время известно, что рецепторы гена гормона роста (*GHR*) и пролактина (*PRLR*) имеют близко идентифицированные к ним мутации, находящиеся под давлением отбора (следы селекции), однако в исследовании они установлены не были. Авторы заключают, что интен-

сивный отбор по генам *GHR* и *PRLR* способствовал росту уровня гомозиготности в данном регионе генома. Хотя гомозиготность отдельных аллелей может быть полезной, общая гомозиготность в целом снижает продуктивность из-за нежелательных аллелей, которые находятся в неравновесном сцеплении с каузальными мутациями *GHR/PRLR* [10]. Исследователями определены аналогичные каузальные мутации, а также ряд генов, ассоциированных с главными селекционными признаками¹ [11].

Цель исследования – оценить на основе геномной информации индивидуальный уровень гомозиготности быков-производителей черно-пестрой и голштинской пород крупного рогатого скота Центрального региона России, сравнить с традиционным определением инбридинга по родословной.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на популяциях голштинизированного черно-пестрого и голштинского скота Московской и Ленинградской областей. В рамках создаваемой референтной популяции молочного скота России из каждой области для верификации оценок геномной племенной ценности отобрано по 50 гол. быков-производителей (всего 100 гол.). Данная выборка послужила материалом, на котором проводили моделирование процедуры расчета индивидуальных показателей – коэффициента инбридинга и суммы ROH-фрагментов быков на основе информации по родословной и полногеномным данным.

Для исследований по геномной информации животных генотипировали с помощью биочипа Illumina Bovine SNP50K v2 BeadChip плотностью 54609 SNP [12]. Общее число предков в родословной быков-производителей составляло 1050 гол. Для расчета коэффициента инбридинга (F_x) применяли программу INBUPGF90 [13]. Анализ паттернов гомозиготности (ROH) проводили с использованием пакета Plink 1.07 [14]. После контроля качества генотипиро-

вания взяли в анализ 39 818 SNP. При расчете ROH учитывались фрагменты, состоящие из не менее, чем 50 гомозиготных последовательных SNP (--homozyg-snp 50 --homozyg-kb 1000 --homozyg-density 100), на основе которых вычисляли сумму ROH по аутозиготным локусам (ΣROH) и средний размер паттерна (\overline{ROH}). Общую долю гомозиготных SNP в геноме (AA/BB) определяли как отношение генотипов вида AA или BB индивидуально по всей выборке. Использование подхода по поиску наиболее протяженных фрагментов ROH связано с тем, что в изучаемой популяции быки-потомки представлены малым числом предков-основателей (три генеалогические линии), а также предположением, что длинные гомозиготные участки несут в себе «отпечатки» селекции (отбора).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наравне с контролем гетерозиготности, как фактора внутри и межвидового разнообразия популяций, оценка величины гомозиготности или уровня инбриденности (инбридинга) – значимый показатель при чистопородном разведении животных. Традиционные методы исследований основаны на анализе информации по родословным (предкам), которая используется для расчета степени родства согласно теории путей Райта и указывает на ожидаемую долю генов, наследуемых потомством от родителей, имеющих общих предков. Однако в данном случае не учитываются менделевское распределение в выборке и сцепление между генами при гаметогенезе.

В отличие от родословных, где доля участия общего предка исчисляется от встречаемости в поколениях, генетическая архитектура гомозиготных хромосомных сегментов (паттернов гомозиготности, ROH), последовательно обнаруживаемых у одного животного, намного сложнее. Наибольшее число и длина ROH в изученной популяции референтного ядра из 100 быков-производителей разных областей России было обнаружено на

¹Soelkner J., Ferencačovic M., Karimi Z., Perez O'Brien A.M., Meszaros G., Eaglen S., Boison S.A., Curik I. Extremely Non-uniform: Patterns of Runs of Homozygosity in Bovine Populations // Proceedings, 10th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production. Vancouver, 17–22 августа 2014 г. . P. 1–3.

хромосомах 3, 6, 9, 10, 20 и 24, при средней длине 10,34; 9,15; 10,33; 12,37 и 9,05 Мб соответственно. На данных хромосомах внутри или в непосредственной близости от наиболее встречаемых гомозиготных локусов идентифицирован ряд каузальных (причинных) мутаций. Это отражает селекционную обусловленность по ряду признаков молочной продуктивности, роста и развития: ВТА 20 – гены *GHR* (рецептор гормона роста), *PRLR* (рецептор гена пролактина) (39 071 965 bp); ВТА 6 – *ABCG2* (мембранный белок, АТФ-связывающий кассетный транспортер) (37 019 972–40 158 436 bp); ВТА 14 – *DGAT1* и *PLEC* (диацилглицерол О-ацилтрансфераза 1) (1 463 676–3 956 956 bp), *TG* (тиреоглобулин) (8 659 069–10 812 434 bp); ВТА 24 – *MC4R* (рецептор меланокортина 4) (58 778 920–62 643 699 bp) (см. рис. 1).

Число сегментов ROH колебалось от 5 до 34 при среднем значении 19,1, что указывает на различную долю гомозиготности по каждому из быков-производителей, однако размер сегментов и их количество в большей степени зависят от того, сколько поколений

назад и на какого общего предка был проведен инбридинг. Средний размер ROH составлял 8539 ± 161 kb с общим числом нуклеотидных мутаций $136,2 \pm 2,5$ SNP и плотностью покрытия 62,2 kb.

Минимальные и максимальные значения в исследуемой популяции составили: 1782 kb (50 SNP) и 62 102 kb (942 SNP). При этом индивидуальная изменчивость имела аналогичную тенденцию, что свидетельствует о неодинаковом характере наследования гомозиготных участков генома как при чистопородном разведении, так и при использовании поглотительного скрещивания (на примере улучшения черно-пестрого скота голштинской породой: мать быка аутбредная, отец – инбредный).

Для выявления теоретических закономерностей сопоставлен уровень инбридинга, рассчитанный по родословной, с величиной гомозиготности, полученной на основе однонуклеотидных маркеров разными методами (см. рис. 2, табл. 1).

Полученные результаты указывают, что при увеличении инбридинга на основе SNP-

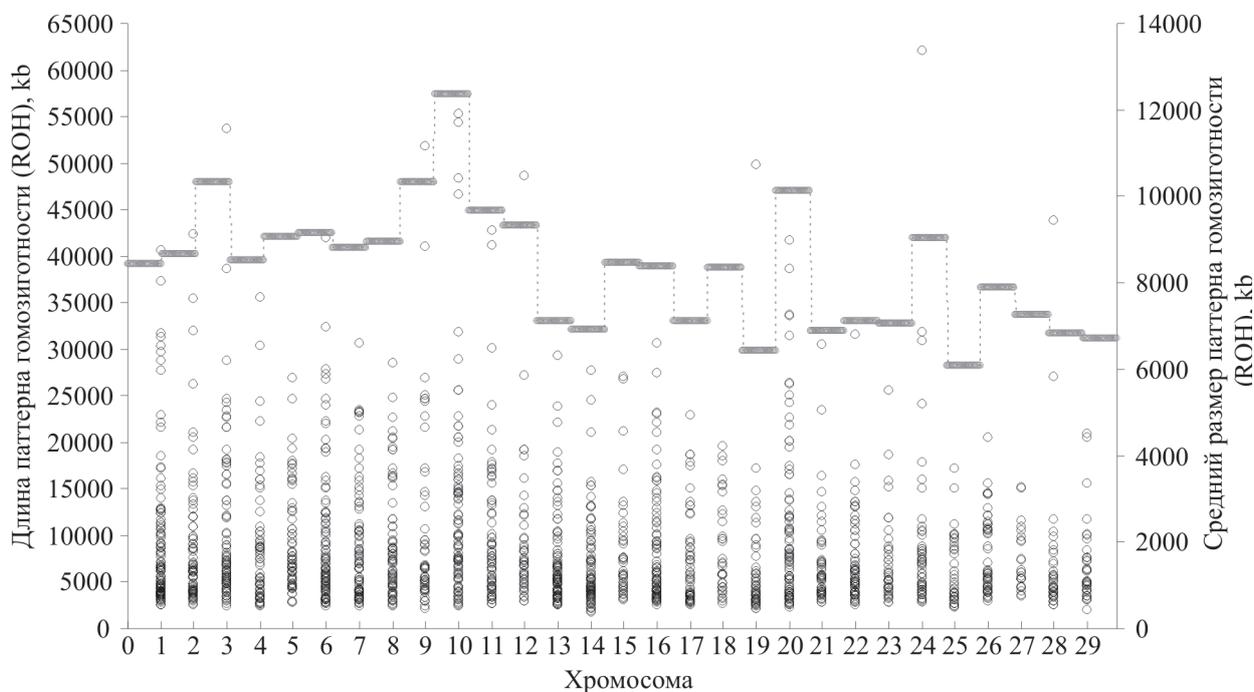


Рис. 1. Распределение встречаемости паттернов гомозиготности (ROH) по длинам фрагментов в популяции в зависимости от размера на хромосомах крупного рогатого скота

Fig. 1. Distribution of the ROH occurrence by the lengths of runs in the population depending on the size on cattle chromosomes

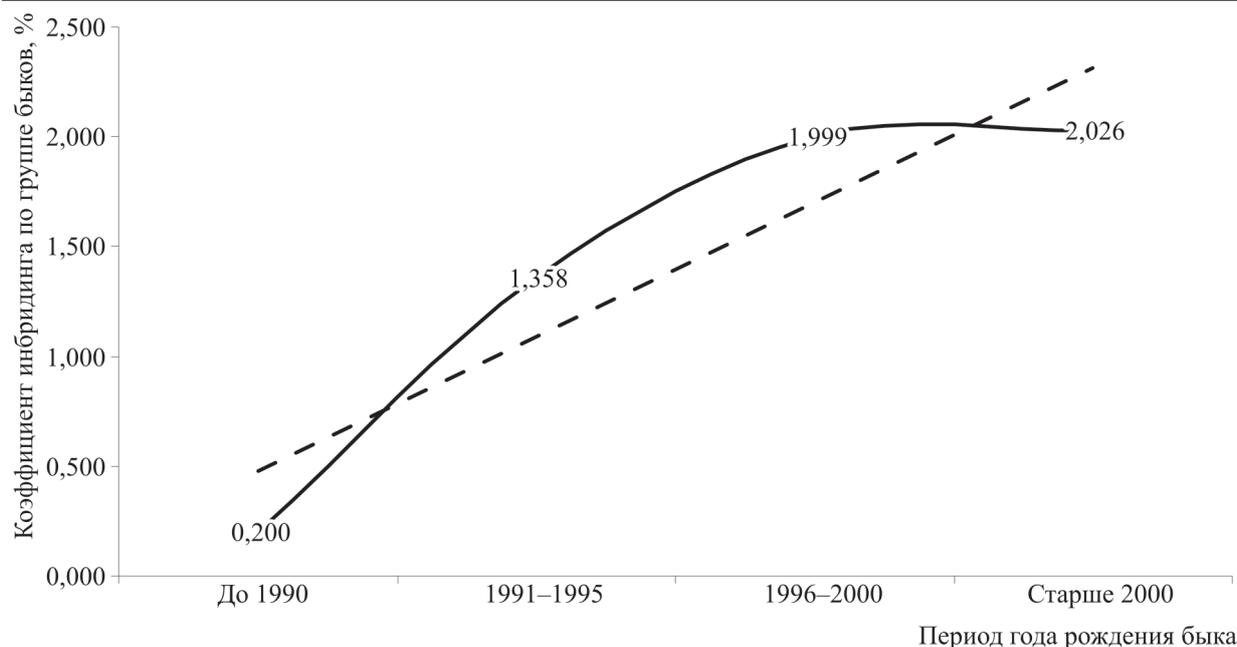


Рис. 2. Динамика коэффициента инбридинга в популяции быков-производителей черно-пестрой и голштинской пород за 1987–2006 гг.

Fig. 2. Dynamics of the inbreeding coefficient in the population of stud bulls of Black-and-White and Holstein breeds for 1987–2006

Табл. 1. Величина гомозиготности в зависимости от метода расчета по SNP-маркерам и уровня инбридинга по родословной

Table 1. The value of homozygosity depending on the method of calculation using SNP markers and the inbreeding level by pedigree

Номер ряда	Уровень инбридинга, %	F_x , %	AA/BB	Число сегментов	\sum RON (сумма), Mb	\overline{RON} , kb
1	0,00 ($n = 21$)	0,00	$0,629 \pm 0,003$	$15,5 \pm 1,5$	$127,3 \pm 15,6$	8125 ± 499
2	0,0–1,0 ($n = 27$)	$0,59 \pm 0,06$	$0,629 \pm 0,002$	$17,0 \pm 1,3$	$138,3 \pm 13,3$	8015 ± 369
3	1,0–2,0 ($n = 18$)	$1,59 \pm 0,06^c$	$0,633 \pm 0,002$	$19,5 \pm 0,8$	$166,9 \pm 10,6$	8527 ± 339
4	2,0–3,0 ($n = 12$)	$2,39 \pm 0,06^c$	$0,636 \pm 0,003$	$22,9 \pm 1,2^a$	$182,7 \pm 11,3$	7962 ± 238
5	3,0–4,0 ($n = 14$)	$3,38 \pm 0,07^c$	$0,639 \pm 0,003$	$22,1 \pm 1,7$	$205,3 \pm 18,0$	9440 ± 579^a
6	4,0–5,0 ($n = 5$)	$4,68 \pm 0,04^c$	$0,644 \pm 0,007$	$23,4 \pm 2,1$	$209,9 \pm 25,2$	8874 ± 578
7	Более 5,0 ($n = 3$)	$8,49 \pm 2,15^s$	$0,650 \pm 0,010^t$	$25,7 \pm 1,8^s$	$271,3 \pm 39,3^s$	10862 ± 2249

Примечание. F_x – коэффициент инбридинга, рассчитанный на основе родословной; AA/BB – величина гомозиготности по доле локусов (AA или BB) в геноме; RON – паттерн гомозиготности.

$a - p < 0,05$ и $c - p < 0,001$ при последовательном сравнении групп по уровню инбридинга (2/1, 3/2, 4/3, 5/4, 6/7 и 7/6); $s - p < 0,01$ – $0,001$ и $t - p < 0,10$ (тенденция) при сравнении группы аутбредных и инбредных животных ($F_x > 5,0\%$).

маркеров уровень детекции гомозиготных паттернов в участках генома также возрастает. При этом, чем больше величина инбридинга, тем выше частота встречаемости гомозиготных сегментов (в среднем от 15,5 до 25,7 соответственно при величине инбридинга от 0 до 8,5%).

Суммарная длина паттернов и среднее значение RON имеют тенденцию к увеличению в зависимости от уровня инбридинга: 271,3 Mb и 10 862 kb при 5,0% и выше. Отметим, что при отсутствии общих предков в родословной (или их наличии в пяти рядах и выше), также от-

мечены гомозиготные участки, которые были меньшей длины, по сравнению с инбредными животными (127,3 Mb и 8125 kb). Более низкую изменчивость и информативность анализа гомозиготности показали диаллельные SNP (варианты AA и BB), результативность которых составила 0,629, или 62,9%, против 0,650, или 65,0%, при уровнях инбридинга по родословной – 0 и 8,49% соответственно.

Используя различные методы расчета инбридинга и гомозиготности, было проведено сравнение результативности полученных оценок (см. табл. 2). Установлено, что наиболее

Табл. 2. Сравнительная результативность оценок уровня инбридинга животных с использованием родословной и генетических маркеров (корреляция)

Table 2. Comparative effectiveness of measurements of cattle inbreeding level by using pedigree and genetic markers (correlation)

Метод расчета инбридинга	F_x	AA/BB	RON
AA/BB	0,475	–	–
\overline{RON}	0,347	0,510	–
ΣRON	0,517	0,848	0,630

высокая повторяемость для коэффициента инбридинга получена с показателем суммы гомозиготных паттернов генома и диаллельными маркерами 0,517 и 0,475 соответственно.

По средней величине RON корреляция была наименьшей (0,347), что еще раз подтверждает комбинативный характер наследования и формирования гомозиготных сегментов в геноме, которые по большей части локализованы непосредственно, либо близко к локусам количественных признаков.

Для определения доли генов общих предков (родоначальников линии и наиболее распространенных ветвей) в родословной инбредных быков также было проведено изучение частоты их встречаемости (см. табл. 3). Из 29 наиболее встречающихся в родословных потомков быков-предков для 10 производителей даны подробные результаты анализа по родословной. Максимальные значения получены для родоначальников ветвей (Элевейшен, Старбак) наиболее многочисленной линии голштинского скота Вис Бэк Айдиал (6,0–6,1% от общего вклада быка-отца в родословную потомка). Общий вклад отца

Табл. 3. Предки быков, внесшие наибольший вклад в генотип быков-производителей изученной популяции (1987–2010 гг.)

Table 3. Bulls' ancestors that made the most contribution to the genotype of Black-and-White and Holstein cattle (1987 to 2010)

Инвентарный номер и кличка быка	Год рождения быка	Место рождения	Линия	Встречаемость в родословных потомков	Общий вклад отца, %
1491007 ROUND OAK RAG APPLE ELEVATION	1965	США	ВБА *	58	6,1
352790 HANOVERHILL STARBUCK	1979	Канада	ВБА	57	6,0
1427381 ROTHROCK TRADITION LEADMAN	1962	США	РС	55	5,8
1667366 CARLIN-M IVANHOE BELL	1974	США	МЧ	49	5,2
1650414 S-W-D VALIANT	1973	США	РС	49	5,2
1929410 EMPRISE BELL ELTON	1983	США	РС	40	4,2
1723741 CAL-CLARK BOARD CHAIRMAN	1976	США	РС	35	3,7
383622 MADAWASKA AEROSTAR	1985	Канада	ВБА	27	2,8
1879085 BIS-MAY TRADITION CLEITUS	1981	США	ВБА	23	2,4
1458744 PACLAMAR ASTRONAUT	1964	США	ВБА	23	2,4
В среднем				41,6	4,4
Число быков, гол.					29
Коэффициент инбридинга, %					3,45
Встречаемость в родословных потомков					24
Общий вклад отца, %					2,6

* ВБА – Вис Бэк Айдиал 1013415 (код линии – 1), МЧ – Монтвик Чифтейн 95679 (код линии – 5), РС – Рефлекшн Соверинг 198998 (код линии – 6).

приведен по средней доле его встречаемости в родословной (каждого конкретного родоначальника) животных (согласно числу записей). Средняя доля генов общих предков у инбредных быков составляла 2,6%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным исследований, протяженные участки гомозиготности (РОН) имеют неравномерное распределение в геноме крупного рогатого скота. В сравнении с инбридингом, определяемым на основе родословной, показатель РОН обладает большей информативностью. Точное определение паттернов в геноме позволяет детектировать локусы, находящиеся под давлением отбора, а также измерять длину сегментов каждой хромосомы, тем самым определяя долю нуклеотидных мутаций, идентичных по происхождению (предку) и по состоянию (популяции). Средний размер РОН составлял 8,5 Мб с общим числом нуклеотидных мутаций 136 при условии минимального числа последовательных гомозиготных аллелей 50. Доля предков-основателей генеалогических линий и ветвей, внесших наибольший вклад в современную популяцию голштинского скота России, составляет от 2,4 до 6,1%. Контроль уровня гомозиготности по SNP является не только информативным инструментом анализа демографических событий в популяциях животных, а также позволяет установить регионы в геноме, подвергшиеся наибольшему селекционному давлению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Howard J.T., Maltecca C., Haile-Mariam M., Hayes B.J., Pryce J.E. Characterizing homozygosity across United States, New Zealand and Australian Jersey cow and bull populations // BMC Genomics. 2015. Vol. 16. P. 187. DOI: 10.1186/s12864-015-1352-4.
2. Howard J.T., Pryce J.E., Baes C., Maltecca C. Inbreeding in the genomics era: Inbreeding, inbreeding depression, and management of genomic variability // Journal of Dairy Science. 2017. Vol. 100. P. 1–16. DOI: 10.3168/jds.2017-12787.
3. Ferencakovic M., Soelkner J., Curik I. Estimating autozygosity from high-throughput information: effects of SNP density and genotyping errors // Genetics Selection Evolution. 2013. Vol. 45. P. 42. DOI: 10.1186/1297-9686-45-42.
4. Curik I., Ferencakovic M., Soelkner J. Genomic dissection of inbreeding depression: a gate to new opportunities // Revista Brasileira de Zootecnia. 2017. Vol. 46(9). P. 773–782. DOI: 10.1590/s1806-92902017000900010.
5. Forutan M., Mahyari S.A., Baes C., Melzer N., Schenke F.S., Sargolzaei M. Inbreeding and runs of homozygosity before and after genomic selection in North American Holstein cattle // BMC Genomics. 2018. Vol. 19. P. 98. DOI: 10.1186/s12864-018-4453-z.
6. Kim E.S., Cole J.B., Huson H., Wiggans G.R., Van Tassell C.P., Crooker B.A., Liu G., Da Y., Sonstegard T.S. Effect of Artificial Selection on Runs of Homozygosity in U.S. Holstein Cattle // PLOS ONE. 2013. Vol. 8. Issue 11. P. e80813. DOI: 10.1371/journal.pone.0080813.
7. Недашковский И.С., Сермягин А.А., Богданова Т.В., Ермилова Н., Янчуков И.Н., Зиновьева Н.А. Оценка влияния уровня инбридинга на молочную продуктивность и воспроизводительные качества коров голшти-низированной популяции черно-пестрой породы // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 7. С. 17–22.
8. Недашковский И.С., Костюнина О.В., Волкова В.В., Ермилов А.Н., Сермягин А.А. Оценка племенной ценности быков-производителей голштинской породы по качеству потомства в связи с уровнем гомозиготности по STR-маркерам // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2019. № 3 (43). С. 36–43.
9. Romanenkova O.S., Volkova V.V., Kostyuni-na O.V., Gladyr E.A., Naryshkina E.N., Sermyagin A.A., Zinovieva N.A. The distribution for LoF-mutations in the FANCI, APAF1, SMC2, GART and APOB genes of the Russian Holstein cattle population // Journal of Animal Science. 2017. Vol. 95. Suppl. 4. P. 83. DOI:10.2527/asasann.2017.168.
10. Pryce J.E., Haile-Mariam M., Goddard M.E., Hayes B.J. Identification of genomic regions associated with inbreeding depression in Holstein and Jersey dairy cattle // Genetics Selection Evolution. 2014. № 46. P. 71. DOI: 10.1186/s12711-014-0071-7.
11. Nedashkovsky I., Sermyagin A., Kostyuni-na O., Brem G., Zinovieva N. Assessing homo-

- zygosity level in the Russian Black-and-White and Holstein cattle using whole-genome analysis // *Journal of Animal Science*. 2018; Vol. 96. Suppl 3, P. 139. DOI: 10.1093/jas/sky404.304.
12. Сермягин А.А., Белоус А.А., Контэ А.Ф., Филиппченко А.А., Ермилов А.Н., Янчуков И.Н., Племяшов К.В., Брем Г., Зиновьева Н.А. Валидация геномного прогноза племенной ценности быков-производителей по признакам молочной продуктивности дочерей на примере популяции черно-пестрого и голштинского скота // *Сельскохозяйственная биология*. 2017; № 6. С. 1148–1156. DOI: 10.15389/agrobiol.2017.6.1148rus.
 13. Aguilar I., Misztal I. Technical Note: Recursive Algorithm for Inbreeding Coefficients Assuming Nonzero Inbreeding of Unknown Parents // *Journal of Dairy Science*. 2008. № 91. С. 1669–1672. DOI: 10.3168/jds.2007-0575.
 14. Purcell S., Neale B., Todd-Brown K., Thomas L., Ferreira M.A.R., Bender D., Maller J., Sklar P., W. de Bakker P.I., Daly M.J., Sham P.C. PLINK: A Tool Set for Whole-Genome Association and Population-Based Linkage Analyses // *The American Journal of Human Genetics*. 2007. Vol. 81. P. 559–575.
 5. Forutan M., Mahyari S.A., Baes C., Melzer N., Schenke F.S., Sargolzaei M. Inbreeding and runs of homozygosity before and after genomic selection in North American Holstein cattle. *BMC Genomics*, 2018, no. 19, pp. 98. DOI: 10.1186/s12864-018-4453-z.
 6. Kim E.-S., Cole J.B., Huson H., Wiggans G.R., Van Tassell C.P., Crooker B.A., Liu G., Da Y., Sonstegard T.S. Effect of Artificial Selection on Runs of Homozygosity in U.S. Holstein Cattle. *PLOS ONE*, 2013, vol. 8, iss. 11, pp. e80813. DOI:10.1371/journal.pone.0080813.
 7. Nedashkovskii I.S., Sermyagin A.A., Bogdanova T.V., Ermilova N., Yanchukov I.N., Zinov'eva N.A. Otsenka vliyaniya urovnya inbridinga na molochnuyu produktivnost' i vosproizvoditel'nye kachestva korov golshтинizirovannoi populyatsii cherno-pestroii porody [Evaluation of inbreeding effect on milk production and fertility traits of black-and-white cattle improved by Holstein breed]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo* [Dairy and Beef Cattle Farming], 2018, no. 7, pp.17–22. (In Russian).
 8. Nedashkovskii I.S., Kostyunina O.V., Volkova V.V., Ermilov A.N., Sermyagin A.A. Otsenka plemennoi tsennosti bykov-proizvoditelei golshтинskoi porody po kachestvu potomstva v svyazi s urovnem gomozigotnosti po STR-markeram [Estimation of the breeding value for Holstein stud bulls using progeny testing in connection with the homozygosity level calculated by STR-markers]. *Vestnik ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva* [Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev], 2019, no. 3 (43), pp. 36–43. (In Russian).
 9. Romanenkova O.S., Volkova V.V., Kostyunina O.V., Gladyr E.A., Naryshkina E.N., Sermyagin A.A., Zinovieva N.A. The distribution for LoF-mutations in the FANCI, APAF1, SMC2, GART and APOB genes of the Russian Holstein cattle population. *Journal of Animal Science*, 2017, vol. 95, suppl. 4, pp. 83. DOI:10.2527/ajasann.2017.168.
 10. Pryce J.E., Haile-Mariam M., Goddard M.E., Hayes B.J. Identification of genomic regions associated with inbreeding depression in Holstein and Jersey dairy cattle. *Genetics Selection Evolution*, 2014, no. 46, pp. 71. DOI: 10.1186/s12711-014-0071-7.

11. Nedashkovsky I., Sermyagin A., Kostyunina O., Brem G., Zinovieva N. Assessing homozygosity level in the Russian Black-and-White and Holstein cattle using whole-genome analysis. *Journal of Animal Science*, 2018, vol. 96, suppl 3, pp. 139. DOI: 10.1093/jas/sky404.304.
12. Sermyagin A.A., Belous A.A., Konte A.F., Filipchenko A.A., Ermilov A.N., Yanchukov I.N., Plemiyashov K.V., Brem G., Zinov'eva N.A. Validatsiya genomnogo prognoza plemennoi tsennosti bykov-proizvoditelei po priznakam molochnoi produktivnosti docherei na primere populyatsii cherno-pestrogo i golshtinskogo skota [Genomic evaluation of bulls for daughters' milk traits in Russian black-and-white and Holstein cattle population through the validation procedure]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2017, no. 6, pp. 1148–1156. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiol.2017.6.1148rus.
13. Aguilar I., Misztal I. Technical Note: Recursive Algorithm for Inbreeding Coefficients Assuming Nonzero Inbreeding of Unknown Parents. *Journal of Dairy Science*, 2008, no. 91, pp. 1669–1672. DOI: 10.3168/jds.2007-0575.
14. Purcell S., Neale B., Todd-Brown K., Thomas L., Ferreira M.A.R., Bender D., Maller J., Sklar P., W. de Bakker P.I., Daly M.J., Sham P.C. PLINK: A Tool Set for Whole-Genome Association and Population-Based Linkage Analyses. *The American Journal of Human Genetics*, 2007, vol. 81, pp. 559–575.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Игнатъева Л.П., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Белоус А.А., младший научный сотрудник, аспирант

Недашковский И.С., младший научный сотрудник, аспирант

Костюнина О.В., доктор биологических наук, заведующий лабораторией, ведущий научный сотрудник; e-mail: kostolan@mail.ru

✉ **Сермягин А.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 142132, Московская область, Городской округ Подольск, пос. Дубровицы, 60; e-mail: popgen@vij.ru

Зиновьева Н.А., доктор биологических наук, профессор, академик РАН, директор ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста; e-mail: n_zinovieva@mail.ru

Финансовая поддержка

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Минобрнауки России АААА-А18-118021590134-3.

AUTHOR INFORMATION

Ignatieva L.P., Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher

Belous A.A., Junior Researcher, Postgraduate Student

Nedashkovsky I.S., Junior Researcher, Postgraduate Student

Kostyunina O.V., Doctor of Science in Biology, Head of Laboratory, Lead Researcher; e-mail: kostolan@mail.ru

✉ **Sermyagin A.A.**, Candidate of Science in Agriculture, Head of Division, Lead Researcher, **address:** 60 Dubrovitsy, Podolsk, Moscow region, Russia, 142132; e-mail: popgen@vij.ru

Zinovieva N.A., Doctor of Science in Biology, Professor, Member RAS academy, Director of Federal Science Center for Animal Husbandry named after L.K. Ernst; e-mail: n_zinovieva@mail.ru

Дата поступления статьи 14.10.2019
Received by the editors 14.10.2019

СЕРОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ МИКОПЛАЗМОЗА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Леонова М.А., Онищенко И.С., Балыбина Н.Ю., Пенькова И.Н.

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

Для цитирования: Леонова М.А., Онищенко И.С., Балыбина Н.Ю., Пенькова И.Н. Серологический мониторинг микоплазмоза крупного рогатого скота // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 6. С. 88–95. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-10

For citation: Leonova M.A., Onishchenko I.S., Balybina N.Yu., Pen'kova I.N. Serologicheskii monitoring miko-plazmoza krupnogo rogatogo skota [Serological monitoring of cattle mycoplasmosis]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 6, pp. 88–95. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-10

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты изучения иммунного ответа при персистенции микроорганизма рода *Mycoplasma* в организме коров. Исследование (2019 г.) проведено в хозяйствах молочного направления пяти районов Новосибирской области. Выявление индивидуальных специфических антител класса G к микроорганизмам рода *Mycoplasma* осуществлено в 186 пробах сыворотки крови крупного рогатого скота. Исследования проведены иммуноферментным методом с помощью набора «Микоплазма-IgG-антитела ИФА ВЕТ». В большинстве исследованных хозяйств отмечена длительная персистенция микроорганизма рода *Mycoplasma*. Установлено, что микоплазма, имея слабую иммуногенность, вызывает преимущественно хроническое течение болезни. В иммуноферментном анализе данное явление зарегистрировано в сомнительных реакциях у 60,8% животных. В отдельных хозяйствах в ходе исследований отмечен период реактивации болезни, что проявилось в переходе заболевания из фазы носительства в активную форму с клиническими проявлениями. В реакции иммуноферментного анализа положительно реагировали 7,5% животных. Отмечено, что в хозяйствах с положительно реагирующими животными высока вероятность выделения и распространения патогена от больных животных. Не выявлено реакции на наличие антител класса G к микроорганизмам рода *Mycoplasma* у 31,7% исследованных животных. В большинстве хозяйств отмечена зависимость динамики роста сомнительно реагирующих животных от их физиологического

SEROLOGICAL MONITORING OF CATTLE MYCOPLASMOSIS

Leonova M.A., Onishchenko I.S., Balybina N.Yu., Pen'kova I.N.

Siberian Federal Scientific Center of Agro-Bio Technologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

The results of studying the immune response with persistence of the microorganism of the genus *Mycoplasma* in the body of cows are presented. The study (2019) was conducted in dairy farms in five districts of Novosibirsk region. Identification of individual specific antibodies of class G to microorganisms of the genus *Mycoplasma* was carried out in 186 samples of blood serum of cattle. The study was carried out by enzyme immunoassay with the Mycoplasma-IgG antibodies ELISA VET kit. In the majority of the studied farms, a prolonged persistence of the microorganism of the genus *Mycoplasma* was noted. It was found that mycoplasma, having weak immunogenicity, mainly causes a chronic course of the disease. In an enzyme-linked immunoassay, this phenomenon was recorded in dubious reactions in 60.8% of animals. In some farms during the study, a period of reactivation of the disease was noted, which appeared in the transition of the disease from the carrier phase to the active form with clinical manifestations. In the enzyme immunoassay, 7.5% of the animals reacted positively. It was noted that in farms with positively reacting animals, the probability of isolation and spread of the pathogen from sick animals is high. No reaction to the presence of class G antibodies to microorganisms of the genus *Mycoplasma* was detected in 31.7% of the animals studied. In most farms, the growth dynamics of animals with dubious response was noted to depend on their physiological period. The connection of the duration of cow lactation with the dubious antibody response in an enzyme-linked immunosorbent assay

периода. Установлена связь длительности лактации коров с сомнительным антительным ответом в иммуноферментном анализе. Показана возможность связи данного явления с высокой интенсивностью использования продуктивных животных, которая приводит к повышению уровня стресса, снижению гомеостаза и иммунитета.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, микоплазма, антитела, иммуноферментный анализ, персистенция

ВВЕДЕНИЕ

Микоплазмоз животных – заболевание, вызванное микоплазмами, микроорганизмами, структура которых не подходит под описание вирусов или бактерий. Для этой болезни характерно поражение органов дыхания, развитие пневмонии, конъюнктивита, артрита, эндометрита, мастита. В связи со скрытым течением, микоплазмоз в начале заболевания выражается в виде вялости животного, снижении потребления корма. Это приводит к снижению удоев. Молодняк, полученный от больных коров, отстаёт в росте. При снижении иммунитета животных микоплазма создает «ворота» для вирусных и бактериальных инфекций, которые выступают на «первый план» [1, 2]. Заражение микоплазмозом происходит разными путями – с кормом, воздушно-капельным или внутриутробным [3–5]. Заболевание подвержены как взрослые особи, так и молодняк. Больные животные или носители возбудителя выделяют его во внешнюю среду со слюной, мочой, слизью из носа, молоком, калом. Источником заражения может являться корм, подстилка, инвентарь. Нередко переносчиками возбудителей являются мелкие грызуны и насекомые. Если вовремя не поставлен диагноз и лечение не начато, то состояние животного постепенно ухудшается. В дальнейшем возможно развитие полиартрита. Суставы воспаляются, становятся горячими, болезненными. Больные животные хромают, у коров нередко развивается мастит [2, 5–7].

При длительной циркуляции микоплазм на предприятиях проведение профилактических и лечебных мероприятий, направ-

was established. The possibility of connecting this phenomenon with highly intensive use of productive animals, which leads to an increase in stress levels and a decrease in homeostasis and immunity, is shown.

Keywords: cattle, mycoplasma, antibodies, enzyme-linked immunosorbent assay, persistence

ленных против вирусных патогенов, не даёт стабильного результата. Это негативно отражается на благополучии хозяйств и продуктивности животных [8].

Проведение скрининговой диагностики посредством иммуноферментного анализа (ИФА) [9, 10] усложняет скрытое течение заболевания. Также при серомониторинге особи с хроническим течением болезни (носители возбудителя) относятся к «слабоположительным» или к «сомнительным» серогруппам.

Цель исследования – изучить распространение микоплазмоза крупного рогатого скота молочного направления на территории Новосибирской области.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в 2019 г. сотрудниками лаборатории болезней молодняка Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук. Для изучения распространения микроорганизма рода *Mycoplasma* в молочных хозяйствах в Коченевском, Черепановском, Ордынском, Каргатском и Тогучинском районах Новосибирской области проведены серологические исследования 186 проб сыворотки крови от крупного рогатого скота различного физиологического статуса.

Выявление индивидуальных специфических антител класса G к микроорганизмам рода *Mycoplasma* в сыворотке крови крупного рогатого скота осуществляли иммуноферментным методом с помощью набора «Микоплазма-IgG-антитела ИФА ВЕТ» (ООО НПФ «Сиббиотест»).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований установлено, что из 186 изученных животных сомнительную реакцию показывают 60,8% гол., 7,5% реагируют положительно, у 31,7% реакции на наличие антител класса G к микроорганизмам рода *Mycoplasma* не выявлено (см. табл. 1).

В хозяйстве № 1 Коченевского района Новосибирской области не выявлены животные с повышенным количеством антител класса G к микроорганизмам рода *Mycoplasma* (см. рис. 1).

У коров различного физиологического периода (от раннего сухостоя до 100 дней

Табл. 1. Выявление реагирующих животных по наличию специфических антител класса G к микроорганизмам рода *Mycoplasma* в сыворотке крови крупного рогатого скота

Table. 1. Identification of reactive animals by the presence of specific class G antibodies to microorganisms of the genus *Mycoplasma* in the blood serum of cattle

Хозяйство	Число исследованных животных, гол.	Число реагирующих животных, гол.		
		Реакция на наличие антител класса G к микроорганизмам рода <i>Mycoplasma</i>		
		сомнительная	положительная	отрицательная
<i>Коченевский район</i>				
№ 1	32,0	17,0	0,0	15,0
<i>Черепановский район</i>				
№ 1	24,0	11,0	0,0	13,0
№ 2	30,0	18,0	9,0	3,0
<i>Ордынский район</i>				
№ 1	55,0	30,0	0,0	25,0
<i>Каргатский район</i>				
№ 1	30,0	25,0	3,0	2,0
<i>Тогучинский район</i>				
№ 1	15,0	12,0	2,0	1,0
Итого	186,0	113,0	14,0	59,0

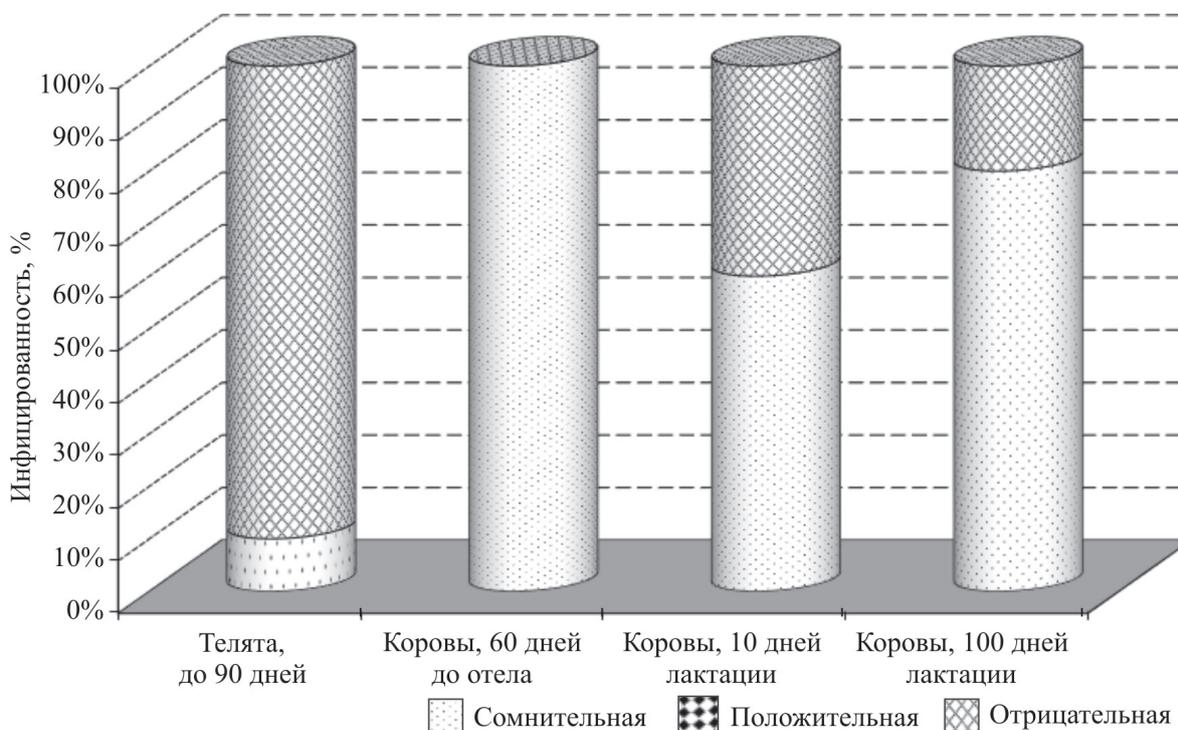


Рис. 1. Инфицированность микоплазмами крупного рогатого скота в хозяйстве № 1 Коченевского района Новосибирской области

Fig. 1. Infection with mycoplasmas of cattle in the farm № 1 of Kochenevsky district of Novosibirsk region

лактации) отмечено 80,0% сомнительно реагирующих животных и 20,0% имеют отрицательную реакцию к антителам в ИФА. В группе телят до 90 дней у 91,7% животных не отмечено положительно реагирующих особей (см. рис. 1).

В хозяйстве № 1 Черепановского района Новосибирской области не выявлены животные с повышенным количеством антител класса G к микроорганизмам рода *Mycoplasma*. При этом у коров отмечена динамика роста сомнительно реагирующих животных в период от раннего сухостоя до 120 дней лактации от 16,7% до 100% животных. Всего с сомнительной реакцией в ИФА отмечено 45,8% коров, 51,2% реагируют отрицательно (см. рис. 2).

В хозяйстве № 2 Черепановского района Новосибирской области выявлены животные с повышенным количеством антител класса G к микроорганизмам рода *Mycoplasma*. В отделении 1 у коров различного физиологического периода отмечена положительная реакция у 40,0%, сомнительная – у 46,7, отрицательная – у 13,3% животных (см. рис. 3). При этом отмечен пик положительных реакций на присутствие бактерий рода *Mycoplasma* к 30 дням лактации.

В отделении 2 в группе коров различного физиологического периода отмечена положительная реакция у 20,0%, сомнительная – у 73,3%, отрицательная – у 6,7% животных (см. рис. 3). При этом отмечена динамика снижения процента сомнительных реакций и увеличение положительных реакций у коров начиная с сухостойного периода (20 дней до отела) до 120 дней лактации.

В хозяйстве № 1 Ордынского района Новосибирской области не выявлены животные с повышенным количеством антител класса G к микроорганизмам рода *Mycoplasma*. В молодом возрасте (от телок перед случкой до первотелок 80 дней лактации) наблюдается преимущественно низкая инфицированность – отрицательная реакция в ИФА у 63,3%, сомнительная – у 36,7% исследованных животных.

При этом отмечено, что в группе коров различного физиологического периода сомнительная реакция у 76,0%, отрицательная – у 24,0% (см. рис. 4).

В хозяйстве № 1 Каргатского района Новосибирской области среди нетелей и первотелок не выявлены животные с повышенным количеством антител класса G к микро-

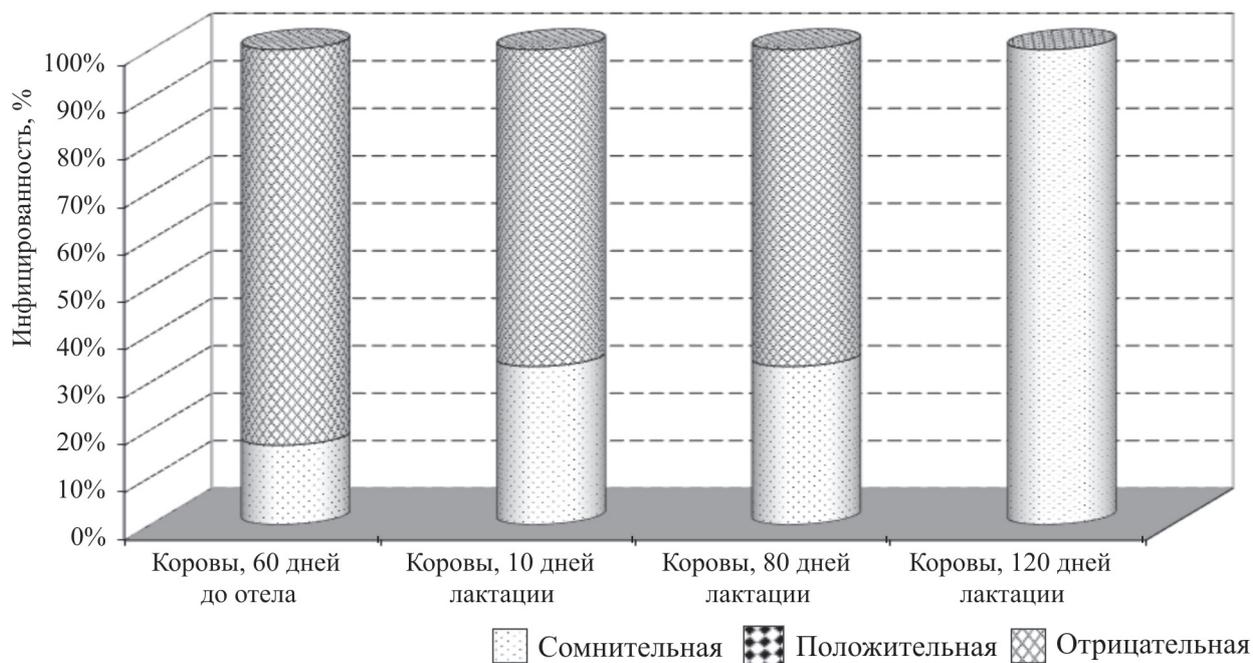


Рис. 2. Инфицированность микоплазмами крупного рогатого скота в хозяйстве № 1 Черепановского района Новосибирской области

Fig. 2. Infection with mycoplasmas of cattle in the farm No. 1 of Cherepanovsky district of Novosibirsk region

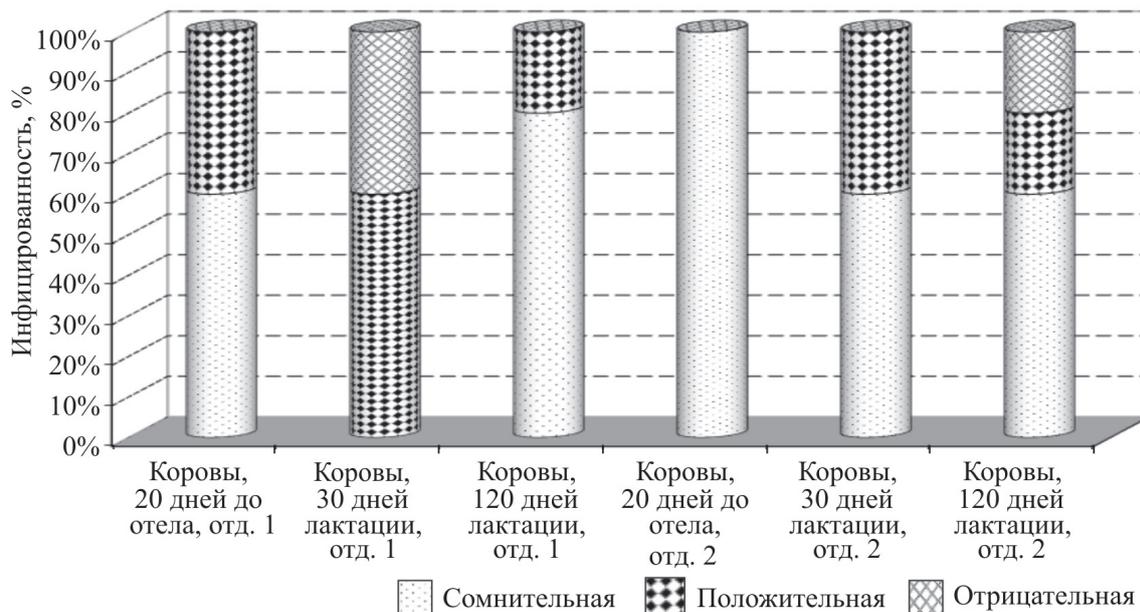


Рис. 3. Инфицированность микоплазмами крупного рогатого скота в хозяйстве № 2 Черепановского района Новосибирской области

Fig. 3. Infection with mycoplasmas of cattle in the farm No 2 of Cherepanovsky district of Novosibirsk region

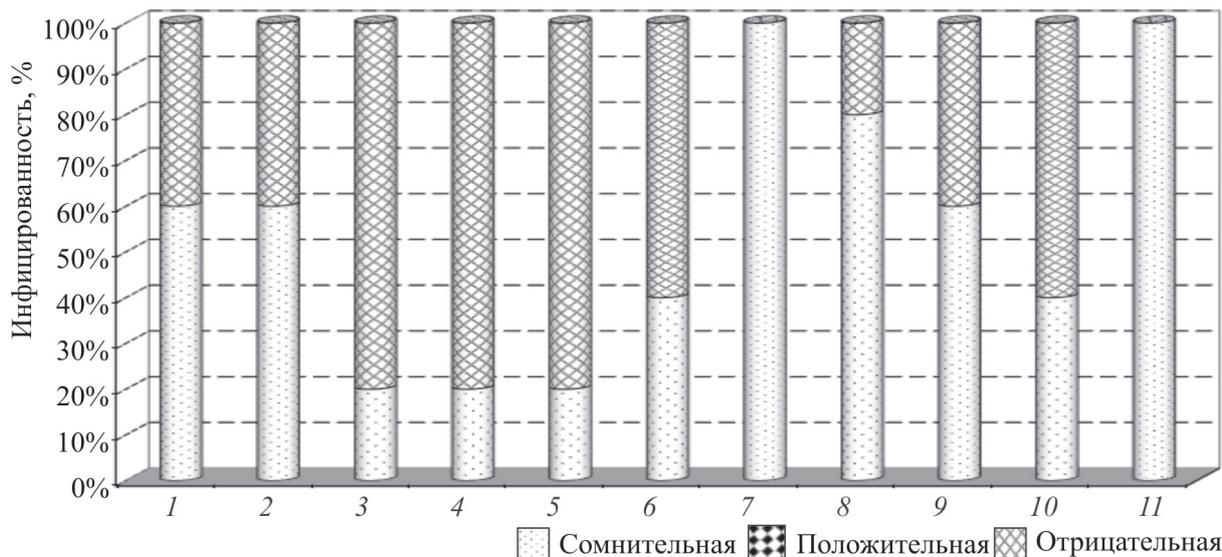


Рис. 4. Инфицированность микоплазмами крупного рогатого скота в хозяйстве № 1 Ордынского района Новосибирской области

1 – телки перед случкой; 2 – нетели, 60 дней до отела; 3 – нетели, 20 дней до отела; 4 – первотелки, 5 дней после отела; 5 – первотелки, 30 дней лактации; 6 – первотелки, 80 дней лактации; 7 – коровы, 60 дней до отела; 8 – коровы, 20 дней до отела; 9 – коровы, 5 дней после отела; 10 – коровы, 30 дней лактации; 11 – коровы, 80 дней лактации

Fig. 4. Infection with mycoplasmas of cattle in the farm No. 1 of Ordynsky district of Novosibirsk region

1 – Heifers before mating; 2 – Heifers, 60 days before calving; 3 – Heifers, 20 days before calving; 4 – First-calf cows, 5 days after calving; 5 – First-calf cows, 30 days of lactation; 6 – First-calf cows, 80 days of lactation; 7 – Cows, 60 days before calving; 8 – Cows, 20 days before calving; 9 – Cows, 5 days after calving; 10 – Cows, 30 days of lactation; 11 – Cows, 80 days of lactation

организмам рода *Mycoplasma*. В молодом возрасте (от нетелей до первотелок 80 дней лактации) отмечено 86,7% сомнительно реагирующих животных, отрицательная реакция в ИФА зарегистрирована у 13,3%.

У коров в период с раннего сухостоя до первых дней лактации отмечена сомнительная реакция у 80,0%, положительная – у 20,0% (см. рис. 5).

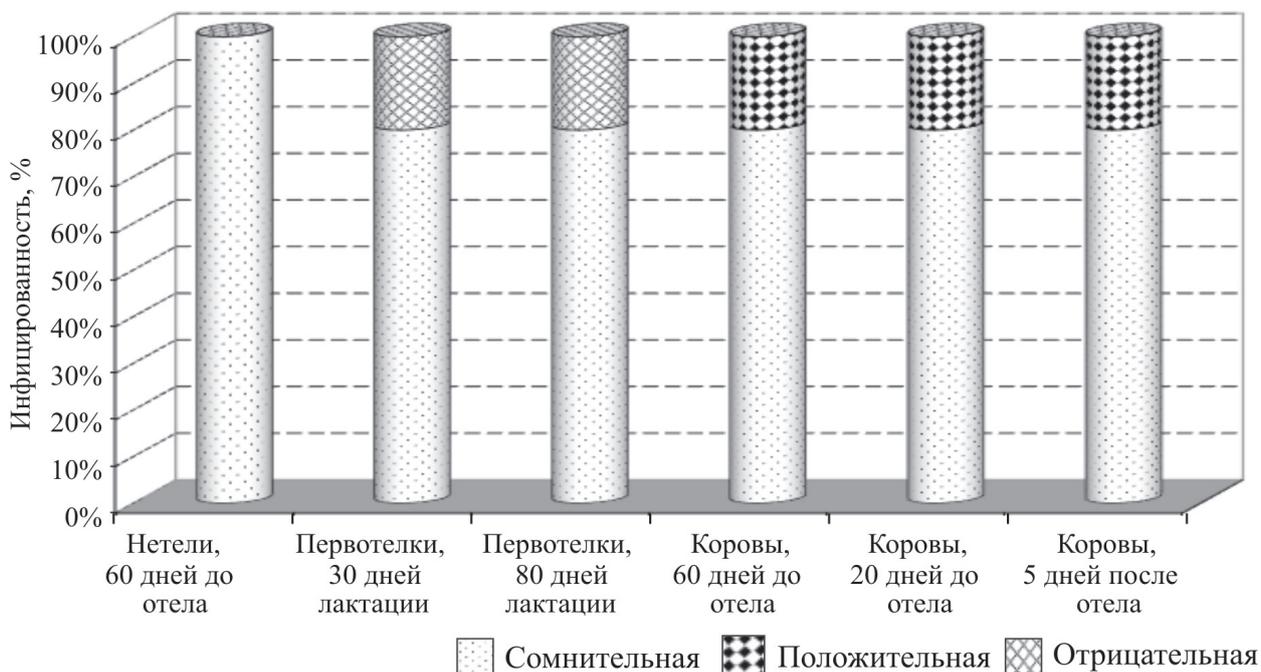


Рис. 5. Инфицированность микоплазмами крупного рогатого скота в хозяйстве № 1 Каргатского района Новосибирской области

Fig. 5. Infection with mycoplasmas of cattle in the farm № 1 of Kargatsky district of Novosibirsk region

В хозяйстве № 1 Тогучинского района Новосибирской области наблюдали возрастание численности сомнительно реагирующих животных с периода 20 дней до отела до 90 дней лактации. У коров различно-

го физиологического периода отмечена положительная реакция в 13,3%, сомнительная реакция в 80,0%, отрицательная реакция в 6,73% случаев (см. рис. 6).

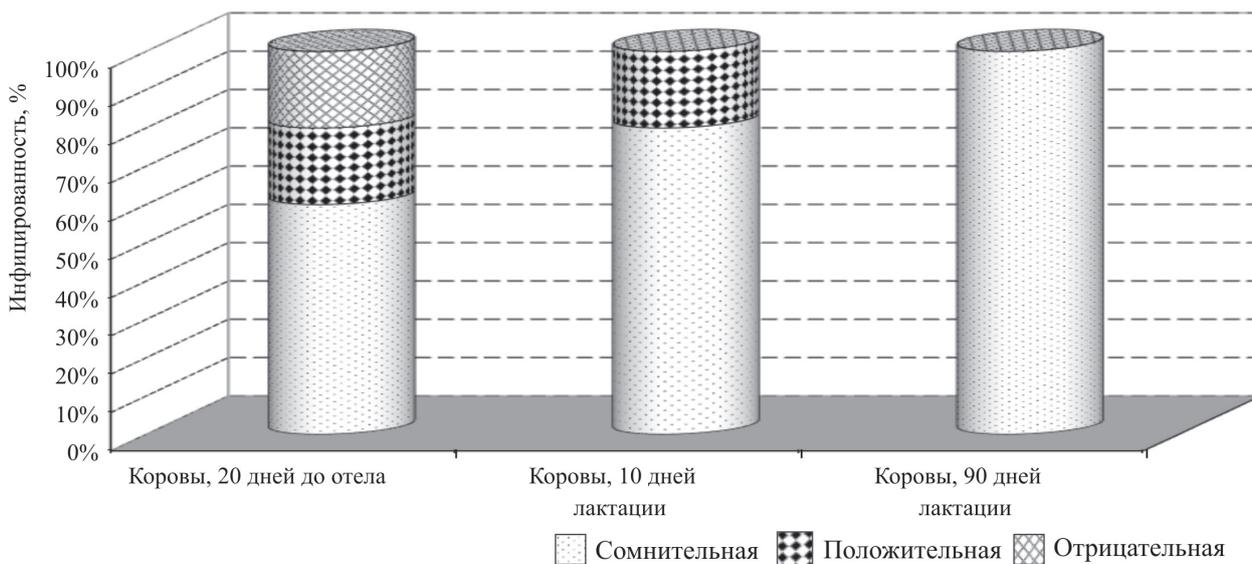


Рис. 6. Инфицированность микоплазмами крупного рогатого скота в хозяйстве № 1 Тогучинского района Новосибирской области

Fig. 6. Infection with mycoplasmas of cattle in the farm № 1 of Toguchinsky district of Novosibirsk region

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во всех исследованных хозяйствах Новосибирской области животные различных физиологических групп реагируют на наличие антител класса G к микроорганизмам рода *Mycoplasma*. Крупный рогатый скот относится к долгоживущим животным, в связи с этим микоплазма, имея слабую иммуногенность, вызывает преимущественно хроническое течение болезни. Это выражается в сомнительных реакциях в иммуноферментном анализе у 60,8% животных. При этом в отдельных хозяйствах отмечен период реактивации, проявившийся в переходе заболевания из фазы носительства в активную форму с клиническими проявлениями. В реакции иммуноферментного анализа положительно реагировали 7,5% животных. В хозяйствах с положительно реагирующими животными высока вероятность выделения патогена от больных животных. Вследствие этого отмечено активное перезаражение внутри группы (например, в группе коров хозяйства № 1 Каргатского района, в отделении 1 хозяйства № 2 Черепановского района Новосибирской области). Это проявляется снижением числа отрицательно реагирующих и повышением уровня сомнительно реагирующих животных.

В большинстве хозяйств Новосибирской области отмечена зависимость динамики роста сомнительно реагирующих животных от их физиологического периода. Чем больше срок лактации у коров, тем больше зарегистрировано животных, имеющих сомнительный антительный ответ в иммуноферментном анализе. Это может быть связано с высокой интенсивностью использования продуктивных животных, что способствует повышению уровня стресса, снижению гомеостаза и иммунитета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Строганова И.Я., Хлыстунов А.Г., Трухonenko А.А., Гуменная Е.Ю.* Распространение вирусных и микоплазменных инфекций крупного рогатого скота в животноводческих хозяйствах средней Сибири // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2013. № 8 (83). С. 41–43.
2. *Fox L.K.* Mycoplasma mastitis causes, transmission and control // Veterinary Clinics of North America-Food animal practice. 2012. Vol. 28. Iss. 2. P. 225. DOI: 10.1016/j.cvfa.2012.03.007.
3. *Васильев Р.М., Васильева С.В.* Результаты комплексного обследования бесплодных коров // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2012. № 2. С. 40–42.
4. *Красиков А.П., Трофимов И.Г., Алексеева И.Г., Заболотных М.В.* Комплексная диагностика ассоциированных инфекционных болезней крупного рогатого скота // Ветеринарная патология. 2014. № 1 (47). С. 13–21.
5. *Красиков А.П., Малошевич В.Э., Новикова Н.Н., Афанасенко В.И., Гичев Ю.М., Зайнчковский В.И.* Роль микропаразитоценозов в эпизоотологии инфекционных болезней // Ветеринарная патология. 2005. № 1 (12). С. 69–72.
6. *Dudek K., Bednarek D., Ayling R.D., Szacawa E.* Immunomodulatory effect of Mycoplasma bovis in experimentally infected calves // Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy. 2013. Vol. 57. Iss. 4. P. 499–506. DOI: 10.2478/bvip-2013-0087.
7. *Maunsell F.P., Woolhums A.R., Francoz D., Rosenbusch R.F., Step D.L., Wilson D.J., Janzen E.D.* Mycoplasma bovis Infections in Cattle // Journal of Veterinary Internal Medicine. 2011. Vol. 25. Iss. 4. P. 772–783. DOI: 10.1111/j.1939-1676.2011.0750.x.
8. *Манжурина О.А., Скогорева А.М., Ромашов Б.В., Сухомлинов В.Г.* Использование Тимогена при профилактике микоплазмоза у телят // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2014. № 3 (42). С. 69–74.
9. *Васильев Р.М.* Иммунологические показатели сыворотки крови коров и телят при микоплазмозе // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2012. № 3. С. 26–29.
10. *Wawegama N.K., Markham Ph.F., Kanci A., Schibrowski M., Oswin S., Barnes T.S., Firestone S.M., Mahony T.J., Browning G.F.* Evaluation of an IgG Enzyme-Linked Immunosorbent Assay as a Serological Assay for Detection of Mycoplasma bovis Infection in Feedlot Cattle // Journal of Clinical Microbiology. 2016. Vol. 54 (5). P. 1269–1275. DOI: 10.1128/JCM.02492-15.

REFERENCES

1. Stroganova I.Ya., Khlystunov A.G., Trukhonenko A.A., Gumennaya E.Yu. Rasprostranenie virusnykh i mikoplazmennykh infektsii krupnogo rogatogo skota v zhitovnovodcheskikh khozyaistvakh srednei Sibiri [The spreading of cattle viral and mycoplasmal infections in the livestock enterprises in the Central Siberia]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [The Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University], 2013, no. 8 (83), pp. 41–43. (In Russian).
2. Fox L.K. Mycoplasma mastitis causes, transmission and control. *Veterinary Clinics of North America-Food animal practice*, 2012, vol. 28, no. 2, p. 225. DOI: 10.1016/j.cvfa.2012.03.007.
3. Vasil'ev R.M., Vasil'eva S.V. Rezul'taty kompleksnogo obsledovaniya besplodnykh korov [Results of the integrated examination of infertility cows]. *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii* [Issues of Legal Regulation in Veterinary Medicine], 2012, no. 2, pp. 40–42. (In Russian).
4. Krasikov A.P., Trofimov I.G., Alekseeva I.G., Zabolotnykh M.V. Kompleksnaya diagnostika assotsirovannykh infektsionnykh boleznei krupnogo rogatogo skota [Complex diagnosis of mixed infective diseases of cattle]. *Veterinarnaya patologiya* [Veterinary pathology], 2014, no.1 (47), pp. 13–21. (In Russian).
5. Krasikov A.P., Maloshevich V.E., Novikova N.N., Afanasenko V.I., Gichev Yu.M., Zainchkovskii V.I. Rol' mikroparazitotsenozov v epizootologii infektsionnykh boleznei [The role of microparasitocenoses in the epizootology of infectious diseases]. *Veterinarnaya patologiya* [Veterinary pathology], 2005, no.1 (12), pp. 69–72. (In Russian).
6. Dudek K., Bednarek D., Ayling R.D., Szacawa E. Immunomodulatory effect of Mycoplasma bovis in experimentally infected calves. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 2013, vol. 57, iss. 4, pp. 499–506. DOI: 10.2478/bvip-2013-0087.
7. Maunsell F.P., Woolums A.R., Francoz D., Rosenbusch R.F., Step D.L., Wilson D.J., Janzen E.D. Mycoplasma bovis Infections in Cattle. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 2011, vol. 25, iss. 4, pp. 772–783. DOI: 10.1111/j.1939-1676.2011.0750.x.
8. Manzhurina O.A., Skogoreva A.M., Romashov B.V., Sukhomlinov V.G. Ispol'zovanie Timogena pri profilaktike mikoplazmoza u telyat [The use of Thymogen for mycoplasmosis prevention in calves]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of Voronezh State Agrarian University], 2014, no. 3 (42), pp. 69–74. (In Russian).
9. Vasil'ev R.M. Immunologicheskie pokazateli syvorotki krovi korov i telyat pri mikoplazmoze [Immunological indicators of blood serum of cows and calves with mycoplasmosis]. *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii* [Issues of Legal Regulation in Veterinary Medicine], 2012, no. 3, pp. 26–29. (In Russian).
10. Wawegama N.K., Markham Ph.F., Kanci A., Schibrowski M., Oswin S., Barnes T.S., Firestone S.M., Mahony T.J., Browning G.F. Evaluation of an IgG Enzyme-Linked Immunosorbent Assay as a Serological Assay for Detection of Mycoplasma bovis Infection in Feedlot Cattle. *Journal of Clinical Microbiology*, 2016, vol. 54 (5), pp. 1269–1275. DOI: 10.1128/JCM.02492-15.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Леонова М.А., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦА РАН, а/я 463, e-mail: felis-ligr@mail.ru

Онищенко И.С., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

Бальбина Н.Ю., младший научный сотрудник

Пенькова И.Н., лаборант-исследователь

AUTHOR INFORMATION

✉ Leonova M.A., Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: felis-ligr@mail.ru

Onishchenko I.S., Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher

Balybina N.Yu., Junior Researcher

Pen'kova I.N., Research Assistant

Финансовая поддержка

Исследование проведено при финансовой поддержке Правительства Новосибирской области в виде гранта молодым ученым в 2019 г.

Дата поступления статьи 29.10.2019
Received by the editors 29.10.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-11

УДК: 631.354.3:636.085.5

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЧЕСА ВЫСОКОВЛАЖНОЙ РАСТИТЕЛЬНОЙ МАССЫ ПШЕНИЦЫ

¹Чемоданов С.И., ²Патрин П.А., ²Патрин В.А., ¹Сабашкин В.А.

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

²Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Россия

Для цитирования: Чемоданов С.И., Патрин П.А., Патрин В.А., Сабашкин В.А. Результаты очеса высоковлажной растительной массы пшеницы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 6. С. 96–103. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-11

For citation: Chemodanov S.I., Patrin P.A., Patrin V.A., Sabashkin V.A. Rezul'taty ochesa vysokovlazhnoi rastitel'noi massy pshenitsy [The results of stripping high-moisture wheat plant mass]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 6, pp. 96–103. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-11

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Проведены исследования по повышению эффективности технологии производства кормов в виде высоковлажного плющеного консервированного зерна за счет безобмолотной его уборки с применением очесывающих рабочих органов. В задачи исследований входила оценка качественных показателей и энергоемкости однороторной очесывающей жатки в зависимости от режимов ее работы при уборке высоковлажной растительной массы пшеницы. Реализация ресурсосберегающей технологии производства корма в виде влажного плющеного зерна сдерживается из-за ограничений в традиционных уборочных агрегатах для прямой уборки зерна в фазе начала восковой спелости. Для решения проблемы по эффективной уборке высоковлажного зерна предложены очесывающие рабочие органы. Обосновано применение однороторной очесывающей жатки. Для оценки технологической эффективности очеса высоковлажной растительной массы пшеницы проведены экспериментальные исследования на стендовом образце однороторной очесывающей жатки. Получены результаты изменения качественных показателей

THE RESULTS OF STRIPPING HIGH-MOISTURE WHEAT PLANT MASS

¹Chemodanov S.I., ²Patrin P.A., ²Patrin V.A., ¹Sabashkin V.A.

¹Siberian Federal Scientific Centre
of AgroBioTechnologies
of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia
²Novosibirsk State Agrarian University
Novosibirsk, Russia

Studies were conducted to improve the efficiency of feed production technology in the form of high-moisture flattened conserved grain by means of harvesting wheat with the use of stripping tools without threshing. The research objectives included an assessment of the quality and energy consumption of a single-rotor stripper header, depending on its operating modes, for harvesting high-moisture wheat plant mass. The implementation of resource-saving technologies for the feed production in the form of wet flattened grain is constrained due to restrictions in traditional harvesters for direct grain harvesting in the phase of the beginning of wax ripeness. To solve the problem of efficient harvesting of high-moisture grain, stripping working tools were proposed. The use of a single-rotor stripper header was justified. To assess the technological efficiency of stripping high-moisture wheat plant mass, experimental studies were conducted with the use of a bench model of a single-rotor stripper header. The results of changes in the quality indicators and the energy assessment

и энергооценки очеса хлебостоя пшеницы Новосибирская-31 при средней влажности зерна 40% в зависимости от частоты вращения очесывающего ротора жатки в интервале 330–650 об./мин. Проведена сравнительная оценка результатов очеса хлебостоя пшеницы в начале восковой и твердой спелости. Результаты исследований показали целесообразность использования однороторной очесывающей жатки для уборки продуктивной части зерновых колосовых культур в начале восковой спелости на кормовые цели, в том числе плющением и последующим консервированием как наиболее рационального способа переработки высоковлажного зерна. Использование очесывающей жатки в качестве кормоуборочного адаптера позволит повысить эффективность ресурсосберегающей технологии уборки высоковлажного зерна и расширит границы агротехнических сроков уборки зерна на фуражные цели.

Ключевые слова: жатка, очес, высоковлажная растительная масса, пшеница, зерновые культуры

ВВЕДЕНИЕ

Реализация ресурсосберегающей технологии производства корма в виде влажного плющеного консервированного зерна позволяет получить ценный биодоступный корм для животных, а также снизить пиковые нагрузки на уборочную технику [1–4]. Максимальной биологической урожайности и высокой кормовой ценности зерновые колосовые культуры достигают в период начала восковой спелости¹ [5–7]. При влажности зерна 40–35% прямое комбайнирование высоковлажной растительной массы не позволяет реализовать потенциальные возможности классических уборочных агрегатов² [8, 9].

Для гарантированного проведения уборки высоковлажного зерна на кормовые цели необходимы нетрадиционные рабочие органы, в качестве которых могут быть очесывающие рабочие органы, наиболее адаптированные к данному исходному материалу [10–13]. В настоящее время для очеса зерновых куль-

тур в твердой спелости используются одно- и двухроторные очесывающие жатки. Судя по материалоемкости и мощности привода аналогов однороторные жатки выгодно отличаются от прототипов³. В связи с этим однороторный вариант очесывающей жатки принят приоритетным объектом для проведения экспериментальных исследований очеса высоковлажной растительной массы пшеницы в фазе начала восковой спелости.

Keywords: header, stripping, high-moisture plant mass, wheat, cereal crops

тур в твердой спелости используются одно- и двухроторные очесывающие жатки. Судя по материалоемкости и мощности привода аналогов однороторные жатки выгодно отличаются от прототипов³. В связи с этим однороторный вариант очесывающей жатки принят приоритетным объектом для проведения экспериментальных исследований очеса высоковлажной растительной массы пшеницы в фазе начала восковой спелости.

Цель исследования – повысить эффективность технологии производства кормов в виде высоковлажного плющеного консервированного зерна за счет безобмолотной его уборки с применением очесывающих рабочих органов.

В задачи исследований входила оценка качественных показателей и энергоемкости однороторной очесывающей жатки в зависимости от режимов ее работы при уборке высоковлажной растительной массы пшеницы.

¹Биологические основы уборки урожая зерновых культур в условиях Западной Сибири: метод. реком. / Новосиб. с.-х. ин-т, Новосиб. обл. НТО сел. хоз-ва. Новосибирск: НСХИ, 1984. 12 с.

²Чепурин Г.Е., Иванов Н.М., Кузнецов А.В., Торопов В.Р., Корниенко И.О., Ревякин Е.Л. Уборка и послеуборочная обработка зерновых в экстремальных условиях Сибири: реком. М.: Росинформагротех, 2011. 176 с.

³Чемоданов С.И. Результаты энергетической оценки однороторной очесывающей жатки // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. статей: в 3 кн. Барнаул: РИО АГАУ, 2013. Кн. 3. С. 68–69.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования процесса очеса проводили на стендовом образце очесывающей жатки в лабораторных условиях, поскольку в полевых условиях велика погрешность оценки качественных показателей и затруднена стабилизация режимов работы уборочного адаптера. Конструктивное оформление и размеры поперечного сечения стендового варианта жатки соответствовали производственному образцу очесывающей жатки ЖКО-5 «Сибирь» (см. рис. 1, а). Ограничены были только габаритные размеры базовых рабочих органов по длине. Показатели технической характеристики стендового варианта очесывающей жатки представлены в таблице.

Основные рабочие органы очесывающей жатки – дефлектор, ротор с шестью рядами очесывающих гребенок и сборная камера. На период экспериментальных исследований на роторе в качестве сменных элементов установили подпружиненные очесывающие гребенки стреловидной формы с ложечкообразным углублением в начале и фи-

Техническая характеристика стендового образца очесывающей жатки
Technical characteristics of the bench model of the stripper header

Показатель	Характеристика показателя
Исполнение	Стационарное
Тип очесывающего устройства	Однороторное
Тип рабочих органов	Гребенчатое
Диаметр очесывающего ротора, м	0,716
Рабочая длина очесывающего ротора, м	1,20
Пределы регулирования частоты вращения ротора, об./мин	300–700
Диаметр трубы шнека, м	0,28
Габаритные размеры жатки, мм:	
высота	1152
ширина	1800
длина	4000
Установленная мощность привода ротора, кВт	2,2

гурным расширением в конце (см. рис. 1, б). Привод очесывающего ротора осуществлялся через клиноременный электропривод. Частоту вращения ротора устанавливали с помощью частотного преобразователя электрического тока, что позволило в период ис-

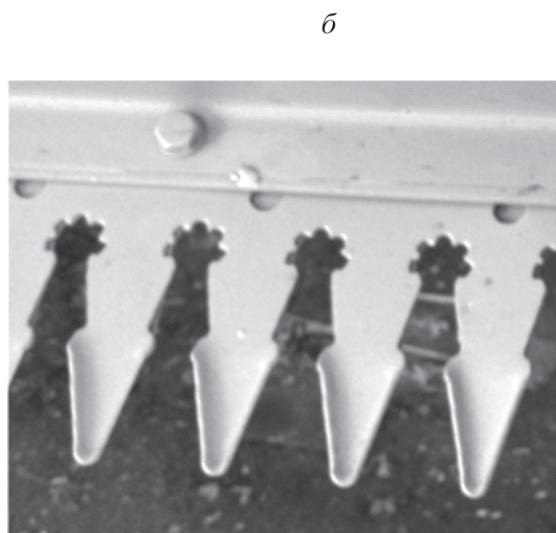
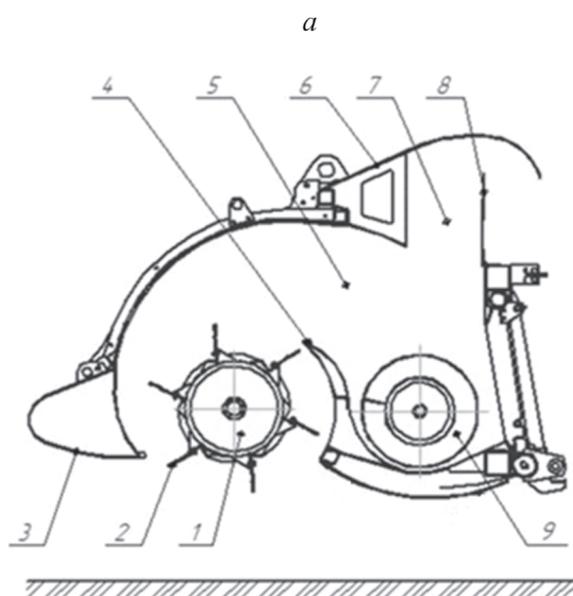


Рис. 1. Однороторная очесывающая жатка:

а – схема; б – гребенка ротора (фото);

1 – очесывающий ротор; 2 – гребенки очесывающего ротора; 3 – дефлектор; 4 – отсекатель; 5 – сборная камера; 6 – крыша сборной камеры; 7 – выпускной пневмоканал; 8 – заслонка; 9 – шнек

Fig. 1. Single-rotor stripper header:

а – diagram; б – rotor comb (photo);

1 – stripping rotor; 2 – combs of stripping rotor; 3 – deflector; 4 – cutter; 5 – collection chamber; 6 – the roof of the collection chamber; 7 – exhaust pneumatic channel; 8 – shutter; 9 – auger

следований реализовать заданный режим работы жатки.

Исходным материалом для проведения экспериментальных исследований стала одновидовая хлебная масса пшеницы Новосибирская 31 при средней влажности зерна 40%. Длина заготовленной в поле стеблевой массы перед проведением экспериментов была нормализована по длине 0,6 м (в том числе длина колоса варьировала от 0,08 до 0,12 м). Дозированную подачу исходного материала со стороны дефлектора в зону действия гребенок ротора жатки осуществляли с помощью зажимного устройства, который фиксировал стеблестой пшеницы перед очесом.

В процессе очеса стеблевой массы пшеницы формируются два основных материала: очесанный стеблестой и зернополово-соломистый ворох, осаждаемый в желобе шнека сборной камеры. Потери зерновой части урожая за очесывающей жаткой оценивали по зоне очесывающего ротора и недоочесу.

Экспериментальные исследования по оценке качественных показателей процесса очеса стеблевой массы пшеницы очесывающей жаткой проводили в трехкратной повторности на пяти режимах ее работы. Пять уровней частоты вращения ротора в период экспериментов находились в интервале от 400 до 655 об./мин. Заданный режим работы ротора устанавливали с помощью частотного преобразователя электрического тока по заранее полученной градуировочной прямой. Частоту вращения ротора определяли с помощью переносного тахометра часового типа ТЧ-10.

Положения ротора и дефлектора в течение экспериментов были неизменными. Разница по высоте нижней поверхности дефлектора и концов гребенок ротора составляла 0,18 м. Оценку качества процесса очеса высоковлажной растительной массы пшеницы при различных частотах вращения ротора определяли следующими показателями: степенью очеса, потерями продуктивной части урожая, компонентным и фракционным составом очесанного вороха, энергооценкой электропривода.

Степень очеса за опыт (на одном уровне частоты вращения ротора) определяли отношением массы очесанной продуктивной части урожая к массе исходного неочесанного материала. Для снижения трудоемкости оценки качественных показателей потери продуктивной части урожая определяли за опыт как разницу в балансе материалопотоков до и после очеса. Массу продуктов очеса оценивали на электронных весах ВЛКТ-500 с точностью до 0,1 г. Энергооценку электропривода ротора жатки на разных режимах ее работы проводили с помощью трехфазного анализатора мощности АСМ-3192.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты экспериментальных исследований показали, что с увеличением частоты вращения ротора на принятом диапазоне от 475 до 655 об./мин в компонентном составе очесанного вороха увеличивается относительное содержание свободного зерна, а зерна в пленках и колосового материала уменьшается (см. рис. 2). Следует отметить, что эксперименты с частотами вращения 400 и 475 об./мин не выявили существенной раз-

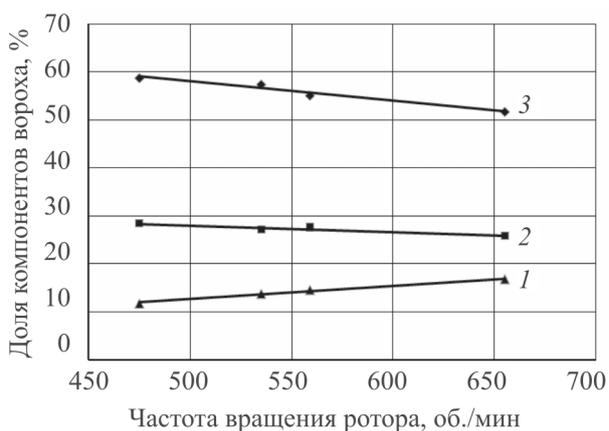


Рис. 2. Изменение доли основных компонентов очесанного вороха в зависимости от частоты вращения очесывающего ротора:

1 – свободное зерно; 2 – зерно в пленках; 3 – колосовой материал, в том числе зерно

Fig. 2. Change in the proportion of the main components of the stripped heap depending on the rotation frequency of the stripping rotor:

1 – free grain; 2 – grain in the films; 3 – spike material, including grain

ницы количественно-качественных показателей очеса. В связи с этим на рис. 2, 3, отражающих тенденции изменения качественных показателей в зависимости от режимов работы жатки, результаты исследований, полученные на меньшей частоте вращения ротора, не приведены.

Состав очесанного вороха продуктивной части урожая влажностью 40% существенно отличается от результатов классической уборки пшеницы в твердой спелости. Отличие заключается в почти тройном превышении относительного содержания колосового материала и в таком же размере снижении свободного зерна [8, 12]. Данное изменение в составе очесанного вороха не является негативным моментом для получения сбалансированных кормов.

Результаты анализа фракционного состава очесанного вороха показали, что модальная длина незерновой части как наиболее часто встречающаяся по числу всех частиц составляет 0,03 м, средневзвешенная – 0,06 м. Доминирующей фракцией (около 50%) в составе побочного продукта очеса является листостебельная часть размером до 0,05 м. Следует отметить, что листостебельная

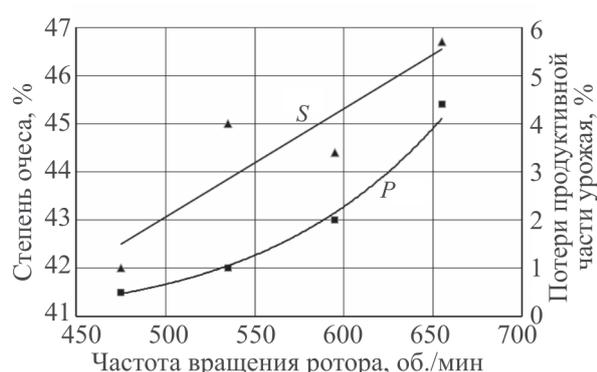


Рис. 3. Количественно-качественные показатели процесса очеса хлебостоя пшеницы в зависимости от частоты вращения ротора:

S – степень очеса; *P* – потери продуктивной части урожая

Fig. 3. Quantitative and qualitative indicators of stripping wheat stand depending on the rotation frequency of the rotor:

S – degree of stripping; *P* – losses of the productive part of the crop

часть в составе очесанного зернового вороха не имеет острых кромок, как после измельчения классическим ножевым аппаратом. В связи с этим полученный очесанный ворох пшеницы может быть исходным материалом для последующих операций приготовления корма, в том числе и плющения с дальнейшим консервированием как наиболее оптимального способа переработки высоковлажного зерна.

Предварительная оценка работы плющилки на очесанном ворохе показала, что наличие незерновой части во фракционном и компонентном составах не оказывает отрицательного влияния на процесс деформации зерна (см. рис. 4). В дальнейшем необходимо оценить особенности консервирования и хранения данного многокомпонентного зернофуражного материала.

При очесе высоковлажной хлебной массы с увеличением частоты вращения ротора повышается степень очеса (сбор продуктивной части урожая), но при этом растут и потери (см. рис. 3). Наиболее интенсивный рост потерь наблюдается при частоте вращения ротора более 580 об./мин. Основным каналом потерь являлась зона функционирования очесывающего ротора. Недоочеса зерна и листовой части урожая (более 0,01 м) в период экспериментов не зафиксировано.

Результаты энергооценки электропривода очесывающей жатки показали, что с уве-

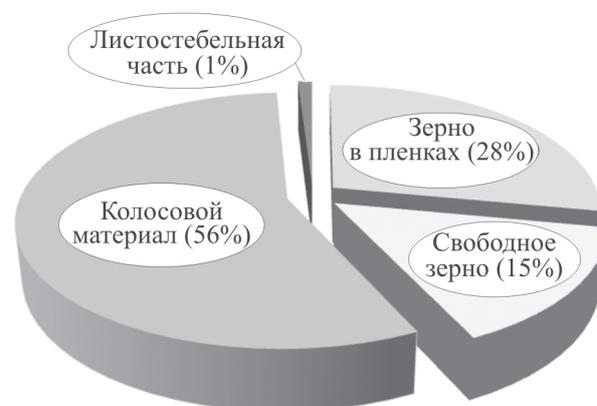


Рис. 4. Средние относительные величины компонентов состава очесанного вороха пшеницы

Fig. 4. The average relative proportions of the components in the composition of stripped wheat heap

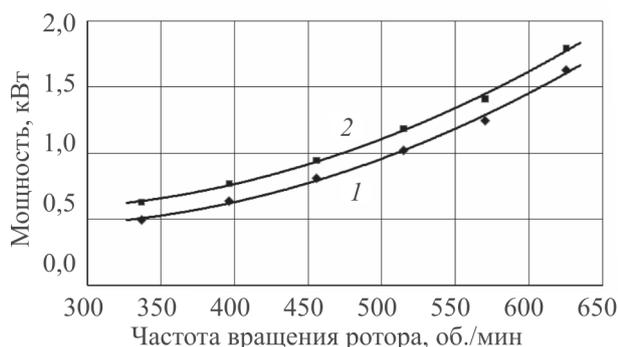


Рис. 5. Результаты энергооценки электропривода очесывающей жатки в зависимости от частоты вращения ротора:

1 – мощность в режиме холостого хода; 2 – мощность в рабочем режиме

Fig. 5. Energy assessment of the stripper header electric drive depending on the rotation frequency of the rotor:

1 – power in idle mode; 2 – power in operating mode

личением частоты вращения ротора от 330 до 625 об./мин мощность его привода как в режиме холостого хода, так и в рабочем режиме повышается более чем в 3 раза почти в квадратичной зависимости (см. рис. 5). Представленные результаты по удельным показателям согласуются с ранее полученными результатами энергооценки методом тензометрирования однороторной жатки, навешенной на зерноуборочный комбайн в период приемочных испытаний.

ВЫВОДЫ

1. Результаты исследования процесса очеса высоковлажной растительной массы пшеницы показали потенциальные возможности очесывающих рабочих органов и целесообразность их использования для уборки продуктивной части зерновых колосовых культур в начале восковой спелости на кормовые цели.

2. С увеличением частоты вращения очесывающего ротора жатки от 475 до 655 об./мин в составе очесанного вороха увеличивается относительное содержание свободного зерна на 7%, содержание зерна в пленках и колосового материала уменьшаются соответственно от 29 до 26% и от 59 до 52%. Степень очеса исходного материала повышает-

ся на 4%, но при этом растут потери продуктивной части урожая (наиболее интенсивный рост потерь наблюдается при частоте вращения ротора более 580 об./мин).

3. Результаты энергооценки электропривода очесывающей жатки показали, что с увеличением частоты вращения ротора от 330 до 625 об./мин мощность его привода как в режиме холостого хода, так и в рабочем режиме повышается более чем в 3 раза. В рабочем режиме удельная энергоемкость привода ротора при 400 об./мин составила 0,6 кВт/м, при 625 об./мин – 1,5 кВт/м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ловчиков А.П., Корытко А.В., Бикбулатов А.А. Взаимовлияние технологий уборки зерновых культур и плющения зерна для кормовых целей // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2012. № 2. С. 41–45.
2. Лапотко А.М. Технологии заготовки влажного зерна как реальная альтернатива комбикормам // Наше сельское хозяйство. 2009. № 6. С. 37–55.
3. Косолапова Е.В. Анализ технологических приемов заготовки и хранения консервированного плющеного зерна // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического университета. 2014. № 4 (35). С. 71–77.
4. Зиновенко А.Л., Ходаренок Е.П., Шуголева А.П., Вансович А.С., Шибко Д.Б., Хоченкова С.В. Влияние консервированного зерна, заготовленного с использованием консервантов, на молочную продуктивность коров // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2016. № 3. С. 94–103.
5. Патрин П.А., Кондратов А.Ф., Пшенов Е.А., Рудаков Д.С. Производство зерновых смесей в условиях Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 1. С. 23–29.
6. Галочалова З.Н. Физиология созревания семян пшеницы в Западной Сибири: монография. Новосибирск: Наука, 1978. 200 с.
7. Савиных П.А., Сычугов Ю.В., Казаков В.А. Фракционная технология и устройство послеуборочной обработки и переработки зерна плющением // Сельскохозяйственные

- машины и технологии. 2018. Т. 12. № 4. С. 16–21. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-4-16-21.
8. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве В.П. Елизаров, Н.М. Антышев, В.М. Бейлис и др.: монография. М.: Росинформагротех, 2005. 272 с.
 9. *Липовский М.И., Перекопский А.Н., Сухопаров А.И.* Чем убирать зерно для плющения // Кормопроизводство. 2005. № 2. С. 28–31.
 10. *Бурьянов М.А., Бурьянов А.И., Червяков И.В., Горячев Ю.О.* Разработка и совершенствование методов обоснования технологий комбайновой уборки зерновых колосовых культур очесом // Вестник аграрной науки Дона. 2017. № 2 (38). С. 59–72.
 11. *Константинов М.М., Ловчиков А.П., Ловчиков В.П., Корытко А.В.* Сроки и техническая оснащенность уборочного процесса в технологии производства плющеного кормового зерна // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 4. С. 78–81.
 12. *Чемоданов С.И.* Агротехнологические возможности очесывающих рабочих органов // Актуальные агросистемы. 2019. № 1-2 (62). С. 10–13.
 13. *Иванов Н.М.* Машино-технологическое обеспечение уборки и послеуборочной обработки зерна и семян в условиях Сибири // Новые технологии и оборудование. 2012. № 6. С. 23–27.
- ## REFERENCES
1. Lovchikov A.P., Korytko A.V., Bikbulatov A.A. Vzaimovliyanie tekhnologii uborki zernovykh kul'tur i plyushcheniya zerna dlya kormovykh tselei [Mutual influence of grain harvesting and lamination technologies for forage purposes]. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of Bashkir State Agrarian University], 2012, no. 2, pp. 41–45. (In Russian).
 2. Lapotko A.M. Tekhnologii zagotovki vlazhnogo zerna kak real'naya al'ternativa kombikormam [Wet grain harvesting technologies as a real alternative to animal feed]. *Nashe sel'skoe khozyaistvo* [Our Agriculture], 2009, no. 6, pp. 37–55. (In Russian).
 3. Kosolapova E.V. Analiz tekhnologicheskikh priemov zagotovki i khraneniya konservirovanogo plyushchenogo zerna [Analysis of technological methods of harvesting and storage of canned rolled grain]. *Vestnik Nizhegorodskogo gosudarstvennogo inzhenerno-ekonomicheskogo universiteta* [Bulletin of NGIE], 2014, no. 4 (35), pp. 71–77. (In Russian).
 4. Zinovenko A.L., Khodarenok E.P., Shugoleva A.P., Vansovich A.S., Shibko D.B., Khochenkova S.V. Vliyanie konservirovanogo zerna, zagotovlennogo s ispol'zovaniem konservantov, na molochnyuyu produktivnost' korov [The effect of conserved grain harvested using preservatives on the milk production of cows]. *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva* [Actual Problems of the Intensive Development of Animal Husbandry], 2016, no. 3, pp. 94–103. (In Russian).
 5. Patrin P.A., Kondratov A.F., Pshenov E.A., Rudakov D.S. Proizvodstvo zernovykh smesei v usloviyakh Sibiri [Production of grain-feed mixtures under conditions of Siberia]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2016, no. 1, pp. 23–29. (In Russian).
 6. Galochalova Z.N. *Fiziologiya sozrevaniya semyan pshenitsy v Zapadnoi Sibiri* [The Physiology of wheat seed ripening in Western Siberia]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1978, 200 p. (In Russian).
 7. Savinykh P.A., Sychugov Yu.V., Kazakov V.A. Fraktsionnaya tekhnologiya i ustroystvo posleuborochnoi obrabotki i pererabotki zerna plyushcheniem [Fractional technology and tools for post-harvest grain treatment and processing with crushing]. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii* [Agricultural machinery and technologies], 2018, vol. 12, no. 4, pp. 16–21. (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-4-16-21.
 8. *Iskhodnye trebovaniya na bazovye mashinnye tekhnologicheskie operatsii v rastenievodstve.* V.P. Elizarov, N.M. Antyshev, V.B. Beilis i dr. [Initial requirements for basic machine technological operations in crop production]. M.: Rosinformagrotekh Publ., 2005, 272 p. (In Russian).
 9. *Lipovskii M.I., Perekopskii A.N., Sukhoparov A.I.* Chem ubirat' zerno dlya plyushcheniya [How to harvest grain for further flattening]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder production], 2005, no. 2, pp. 28–31. (In Russian).
 10. *Bur'yanov M.A., Bur'yanov A.I., Chervyakov I.V., Goryachev Yu.O.* Razrabotka i

- sovershenstvovanie metodov obosnovaniya tekhnologii kombainovoi uborki zernovykh kolosovykh kul'tur ochesom [Development and improvement of methods for substantiating technologies for combine harvesting of cereal crops by stripping]. *Vestnik agrarnoi nauki Dona* [Don Agrarian Science Bulletin], 2017, no. 2 (38), pp. 59–72. (In Russian).
11. Konstantinov M.M., Lovchikov A.P., Lovchikov V.P., Korytko A.V. Sroki i tekhnicheskaya osnashchennost' uborochnogo protsessa v tekhnologii proizvodstva plyushchenogo kormovogo zerna [Terms and technical equipment of harvesting in the technological process of flattened fodder grain production technology]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestiya of Orenburg State Agrarian University], 2012, no. 4, pp. 78–81. (In Russian).
 12. Chemodanov S.I. Agrotekhnologicheskie vozmozhnosti ochesyvayushchikh rabochikh organov [Agrotechnological capabilities of stripping working tools]. *Aktual'nye agrosistemy* [Relevant agricultural systems], 2019, no. 1-2 (62), pp. 10–13. (In Russian).
 13. Ivanov N.M. Mashino-tekhnologicheskoe obezpechenie uborki i posleuborochnoi obrabotki zerna i semyan v usloviyakh Sibir [Machine-technological support for harvesting and post-harvest processing of grain and seeds in Siberia], *Novye tekhnologii i oborudovanie* [New technologies and equipment], 2012, no. 6, pp. 23–27. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Чемоданов С.И.**, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: sibime-sva@yandex.ru

Патрин П.А., кандидат технических наук, доцент; e-mail: patrin-50@mail.ru

Патрин В.А., доктор технических наук, профессор

Сабашкин В.А., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Chemodanov S.I.**, Senior Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: sibime-sva@yandex.ru

Patrin P.A., Candidate of Science in Engineering; Assistant Professor; e-mail: patrin-50@mail.ru

Patrin V.A., Doctor of Science in Engineering; Professor

Sabashkin V.A., Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher

Дата поступления статьи 20.08.2019
Received by the editors 20.08.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-12

УДК: 619.636.39.034

ОЦЕНКА ЭПИЗОТИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ПО АРТРИТУ-ЭНЦЕФАЛИТУ КОЗ В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Онищенко И.С., Пенькова И.Н., Бальбина Н.Ю., Леонова М.А., Коптев В.Ю.

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

Для цитирования: Онищенко И.С., Пенькова И.Н., Бальбина Н.Ю., Леонова М.А., Коптев В.Ю. Оценка эпизоотической ситуации по артриту-энцефалиту коз в Новосибирской области // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 6. С. 104–108. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-12

For citation: Onishchenko I.S., Pen'kova I.N., Balybina N. Yu., Leonova M.A., Koptev V. Yu. Otsenka epizooticheskoi situatsii po artritu-entsefalitu koz v Novosibirskoi oblasti [Evaluation of epizootic situation on arthritis-encephalitis of goats in Novosibirsk region]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 6, pp. 104–108. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-12

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Проведен анализ эпизоотической ситуации по вирусному артриту-энцефалиту коз на территории Новосибирской области. Средств специфической профилактики по данному заболеванию не разработано, поэтому наиболее ранние методы диагностики, а также изучение его эпизоотологии являются актуальными. Исследования проводили в 2019 г. Для изучения распространения положительно реагирующих на вирусный артрит-энцефалит коз исследовано 198 проб сыворотки крови от коз различного пола, породы и возраста, содержащихся в личных подсобных хозяйствах и крестьянско-фермерских хозяйствах, расположенных на территории Новосибирского, Искитимского, Ордынского, Коченевского, Мошковского и Маслянинского районов Новосибирской области. Для изучения наличия антител к вирусу артриту-энцефалиту коз в диагностических титрах пользовались методом непрямого иммуноферментного анализа с помощью набора для выявления антител против MVV/CAEV в сыворотке крови коз (ID Screen® MVV/CAEV Indirect Screening test).

EVALUATION OF EPIZOOTIC SITUATION ON ARTHRITIS-ENCEPHALITIS OF GOATS IN NOVOSIBIRSK REGION

Onishchenko I.S., Pen'kova I.N., Balybina N. Yu., Leonova M.A., Koptev V. Yu.

Siberian Federal Scientific Centre of AgroBiotechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

The analysis of the epizootic situation for viral arthritis-encephalitis of goats in the territory of Novosibirsk region was carried out. No specific prophylaxis for this disease has been developed, so the earliest diagnostic methods, as well as the study of its epizootology, are relevant. The studies were conducted in 2019. To study the distribution of goats that are positively responsive to viral arthritis-encephalitis, 198 blood serum samples were taken from goats of various genders, breeds and ages in private farm households and farm enterprises located on the territory of Novosibirsky, Iskitimsky, Ordynsky, Kochenevsky, Moshkovsky and Maslyaninsky districts of Novosibirsk region. In order to study the presence of antibodies to goat arthritis-encephalitis virus in diagnostic titers, an indirect enzyme-linked immunosorbent assay was used with the antibody detection kit against MVV / CAEV in goat serum (ID Screen® MVV / CAEV Indirect Screening test). Of the 198 animals examined, 86 were found to have diagnostically significant titers of antibodies to the goat arthritis-

Из 198 обследованных животных у 86 обнаружены диагностически значимые титры антител к вирусу артриту-энцефалиту коз, что составляет 43,4% от исследуемого поголовья. Сомнительно реагирующих оказалось 2 гол., что составило 1%. В сыворотке крови остальных животных (55,6%) антител к вирусу артриту-энцефалиту коз не обнаружено. Максимальное количество положительно реагирующих животных отмечено в Новосибирском районе – 66,7%. На втором месте по степени вирусоносительства оказался Маслянинский район – 47,5% проб сыворотки крови коз показали высокий титр антител к вирусу артриту-энцефалиту коз. Полученные данные указывают на то, что, как минимум, в пяти районах Новосибирской области присутствуют очаги распространения вируса к артриту-энцефалиту коз.

Ключевые слова: козоводство, артрит-энцефалит коз, иммуноферментный анализ

ВВЕДЕНИЕ

Козоводство – перспективная отрасль животноводства во многих странах, что обусловлено высокой стоимостью продукции и устойчивым спросом на нее на мировом рынке. Развитие молочного козоводства в России позволит сделать аграрный сектор более эффективным и обеспечит население высокодиетической продукцией¹ [1, 2].

В современных условиях ведения козоводства у данного вида животных регистрируют целый ряд инфекционных болезней: артрит-энцефалит коз (АЭК), некробактериоз, бруцеллез, пастереллез, листериоз, лептоспироз, инфекционный стоматит, кластридиозы, оспу, контагиозную агалактию, а также паразитарные болезни² [3–4].

По данным на 1 января 2019 г., в Новосибирской области общее поголовье коз составляет 12,1 тыс. гол. В связи с активным

encephalitis virus, which was 43.4% of the studied population. The result for two goats was uncertain, which amounted to 1%. The remaining animals (55.6%) had no antibodies to goat arthritis-encephalitis virus in their blood serum. The maximum number of positively reacting animals was noted in Novosibirsky district – 66.7%. The Maslyaninsky district was second according to the degree of virus carrying, whereby 47.5% of blood serum samples of goats showed a high titer of antibodies to the goat arthritis-encephalitis virus. The data obtained indicate that at least five districts of the Novosibirsk Region have foci of goat arthritis-encephalitis virus.

Keywords: goat breeding, goat arthritis-encephalitis, enzyme immunoassay

импортом высокопродуктивных животных увеличился риск занесения на территорию области вируса артрита-энцефалита коз.

Артрит-энцефалит коз представляет собой медленно прогрессирующую болезнь, которая характеризуется развитием демиелинизирующего энцефалита, прогрессирующего артрита и интерстициальной пневмонии³. Возбудителем является РНК-содержащий вирус семейства Retroviridae, куда входят также антигенно и генетически родственные вирусы висна-маеди овец, инфекционной анемии лошадей и иммунодефицита человека⁴ [5]. Lentivirus мелких жвачных имеют высокую генетическую изменчивость, что приводит к появлению новых вирусных штаммов [6]. Для АЭК характерен длительный инкубационный период, продолжительное течение болезни, отсутствие сезонности, периодичности эпизоотии и географической приуроченности [7].

¹Икоева Д.К. Рост, развитие и продуктивные качества молочных коз в условиях предгорной зоны РСО-Алания: дис. ... канд. с-х. наук: Владикавказ, 2014. С. 19.

²Евтеев О.С. Биологические особенности коз и проявление различных болезней в современных условиях ведения промышленного козоводства // Актуальные научные исследования в современном мире. Волгоград: ВолГАУ, 2016. С. 26–29.

³Бессарабов Б.Ф., Ващукин А.А., Воронин Е.С. и др. Артрит-энцефалит коз // Инфекционные болезни животных. М.: КолосС, 2007. 671 с.

⁴Волкова И.Ю. Эпизоотологический мониторинг и совершенствование мер борьбы с артритом-энцефалитом коз в РФ: дис. ... канд. вет. наук. Псков, 2008. 132 с.

Основными путями распространения вируса являются воздушно-капельный – при совместном содержании вирусоносителей со здоровыми животными, контактный – во время случки от зараженной козы к козлу. Помимо этого, существует горизонтальный путь передачи возбудителя от матери плоду во время родов, а также при выпойке молозива.

Клиническая картина проявляется только на более поздних стадиях болезни. Схем терапии не существует, летальность составляет 100% [8, 9]. АЭК наносит ощутимый ущерб хозяйствам из-за снижения продуктивности животных, падежа и выбраковки поголовья, роста затрат для получения мясной и молочной продукции. При вскрытии павших животных отмечаются изменения в головном мозге и легких, имеющие высокую специфичность: интерстициальная пневмония с преобладанием диффузной пролиферации мононуклеаров и диффузный негнойный лимфоцитарно-моноцитарный энцефалит [10, 11].

Для предотвращения заболеваемости требуется должное выполнение всех способов профилактики: стерильные роды, отдельное содержание зараженных и здоровых животных, выпойка пастеризованного молозива новорожденным козлятам. Средств специфической профилактики АЭК не разработано, поэтому наиболее ранние методы диагностики данного заболевания, а также изучение его эпизоотологии являются актуальными.

Цель работы – оценить эпизоотическую ситуацию по АЭК на территории Новосибирской области.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в 2019 г. в лаборатории болезней молодняка Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока СФНЦА РАН. Исследовано 198 проб сыворотки крови от коз различного пола, породы и возраста, содержащихся в личных подсобных хозяйствах (ЛПХ) и крестьянско-фермерских хозяйствах (КФХ), расположенных на территории Новосибирского, Искитимского, Ордынского, Коченев-

ского, Мошковского и Маслянинского районов Новосибирской области.

Для изучения наличия антител к вирусу АЭК в диагностических титрах пользовались методом непрямого иммуноферментного анализа с помощью набора для выявления антител против MVV/CAEV в сыворотке крови коз (IDScreen® MVV/CAEVIndirectScreeningtest).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования показали следующие результаты (см. табл. 1).

Табл. 1. Исследование сыворотки крови на наличие антител к вирусу АЭК в районах Новосибирской области

Table 1. The results of the study of blood serum for the presence of antibodies to the virus CAEV in the districts of Novosibirsk region

Хозяйство	Число проб	Результаты исследования		
		положительный	отрицательный	сомнительный
<i>Новосибирский сельский район</i>				
КФХ 1	3	2	1	–
ЛПХ 1	13	12	1	–
ЛПХ 2	5	–	5	–
<i>Искитимский район</i>				
ЛПХ 1	4	–	4	–
ЛПХ 2	5	–	5	–
ЛПХ 3	1	–	1	–
КФХ 1	10	3	7	–
<i>Ордынский район</i>				
ЛПХ 1	10	4	6	–
<i>Коченевский район</i>				
ЛПХ 1	4	3	1	–
КФХ 1	10	3	6	1
<i>Мошковский район</i>				
ЛПХ 1	7	7	–	–
ЛПХ 2	1	–	1	–
ЛПХ 3	4	2	1	1
ЛПХ 4	1	–	1	–
ЛПХ 5	1	1	–	–
ЛПХ 6	2	–	2	–
ЛПХ 7	4	–	4	–
ЛПХ 8	3	1	2	–
ЛПХ 9	6	–	6	–
ЛПХ 10	3	–	3	–
<i>Маслянинский район</i>				
ЛПХ 1	48	47	1	–
ЛПХ 2	53	1	52	–
Всего	198	86	110	2

Табл. 2. Заболеваемость в отдельных районах Новосибирской области, %

Table 2. Disease incidence in certain areas of the Novosibirsk region, %

Район	Положительно реагирующие на АЭК животные
Новосибирский сельский	66,7
Маслянинский	47,5
Коченевский	42,3
Ордынский	40,0
Мошковский	34,4
Искитимский	15,0

Из 198 обследованных животных у 86 обнаружены диагностически значимые титры антител к вирусу АЭК, что составляет 43,4% от исследуемого поголовья. Сомнительно реагирующих оказалось 2 гол., что составило 1%. В сыворотке крови остальных животных (55,6%) антител к вирусу АЭК не обнаружено.

Максимальное количество положительно реагирующих животных отмечено в Новосибирском районе – 66,7% (см. табл. 2). На втором месте по степени вирусоносительства оказался Маслянинский район – 47,5% проб сыворотки крови коз показали высокий титр антител к вирусу АЭК.

Наименьшее количество положительно реагирующих животных оказалось в Искитимском районе – высокие титры антител к вирусу АЭК выявлены в 15% проб.

В 45% обследованных подворий наблюдалось полное отсутствие животных, положительно реагирующих на наличие титров антител к вирусу АЭК, в 47% случаев в стаде присутствовали как положительно, так и отрицательно реагирующие животные.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным на начало декабря 2019 г., на территории Новосибирской области из 198 обследованных животных зарегистрировано 86 особей, положительно реагирующих в ИФА на наличие антител к вирусу артрита-энцефалита коз, что составляет 43,4%. Полученные данные указывают на то, что, как минимум, в 5 районах Новосибирской области присутствуют очаги распространения

вируса АЭК. Для более полной оценки эпизоотической ситуации по данному заболеванию требуется продолжение исследований с охватом большего количества ЛПХ и КФХ, расположенных в разных районах Новосибирской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукманова Г.Р., Хаммадов Н.И. Анализ геномов вируса артрит-энцефалита коз для поиска генетических маркеров // Новости науки в АПК: научно-практический журнал. Ставрополь, 2019. № 3 (12). С. 220–224.
2. Хайруллина Г.Ф., Гайнуллина М.К. Состояние и перспективы развития молочного козоводства // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2017. Т. 3. С. 147–149.
3. Орехова А.В. Промышленное козоводство и эпизоотологическая обстановка по инфекционным и паразитарным болезням коз // Молодежь и наука. 2017. № 4-1. С. 51–55.
4. Григорян Л.Н., Хатамаев С.А. Состояние племенной базы молочного козоводства России // Farm Animals. 2014. № 1. С. 48–51.
5. Хараламбиев Х. Актуальные лентивирусные инфекции у животных // Международный агропромышленный журнал. 1989. № 3. С. 4–8.
6. Idres T., Lamara A., Temim S., Boudjellaba S., Gagnon J., Chebloune Y. Serological Diagnosis of Lentivirus Infection in Goats Raised in Algeria // Journal of Veterinary Research. 2019. N 63 (1). P. 27–33. DOI: 10.2478/jvetres-2019-0001.
7. Зуев В.А. Медленные вирусные инфекции человека и животных: монография. М.: Медицина, 1988. 251 с.
8. Бабина С.Ю., Лаковников Е.А. Случай артрит-энцефалита коз // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2010. № 4. С. 28–29.
9. Архипов Н.И., Бакулов И.А., Соковых Л.И. Артрит-энцефалит коз // Медленные инфекции животных. М.: Агропромиздат, 1988. С. 79–82.
10. Кудряшов А.А., Балабанова В.И., Бабина С.Ю. Патоморфологические изменения в легких и головном мозге при вирусном артрите-энцефалите коз // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2014. № 3. С. 54–58.

11. Кудряшов А.А. Патологоанатомическое вскрытие трупов животных // Ветеринарная практика. 2004. № 4. С. 27–31.

REFERENCES

1. Lukmanova G.R., Khammatov N.I. Analiz genomov virusa artrit-entsefalita koz dlya poiska geneticheskikh markerov [Genome analysis of goat arthritis encephalitis virus for the search of genetic markers]. *Novosti nauki v APK: nauchno-prakticheskii zhurnal* [Science News in AIC: Scientific and Practical Journal], Stavropol', 2019, no. 3 (12), pp. 220–224. (In Russian).
2. Khairullina G.F., Gaynullina M.K. Sostoyanie i perspektivy razvitiya molochnogo kozovodstva [The state and prospects of development of dairy goats]. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Bauman* [Scientific Notes of Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.I. Bauman], 2017, vol. 3, pp. 147–149. (In Russian).
3. Orekhova A.V. Promyshlennoe kozovodstvo i epizootologicheskaya obstanovka po infektsionnym i parazitarnym boleznyam koz [Industrial goat breeding and epizootological situation for infectious and parasitic diseases of goats]. *Molodezh' i nauka* [Youth and science], 2017, no. 4-1. pp. 51–55. (In Russian).
4. Grigoryan L.N., Khatataev S.A. Sostoyanie plemennoi bazy molochnogo kozovodstva Rossii [State of dairy goat breeding base in Russia]. *Farm Animals*, 2014, no. 1, pp. 48–51. (In Russian).
5. Kharalambiev Kh. Aktual'nye lentivirusnye infektsii u zhyvotnykh [Topical lentivirus infections in animals].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Онищенко И.С., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

Пенькова И.Н., лаборант-исследователь

Балыбина Н.А., младший научный сотрудник

Леонова М.А., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

✉ **Коптев В.Ю.**, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: kastrolog@mail.ru

Финансовая поддержка

Данное исследование проведено при финансировании Правительства Новосибирской области в виде гранта молодым ученым.

6. Idres T., Lamara A., Temim S., Boudjellaba S., Gagnon J., Chebloune Y. Serological Diagnosis of Lentivirus Infection in Goats Raised in Algeria. *Journal of Veterinary Research*, 2019, no. 63 (1), pp. 27–33. DOI: 10.2478/jvetres-2019-0001.
7. Zuev V.A. *Medlennye virusnye infektsii cheloveka i zhyvotnykh* [Slow infections of humans and animals]. M.: Meditsina Publ., 1988, 251 p. (In Russian).
8. Babina S.Yu., Lakovnikov E.A. Sluchai artrit-entsefalita koz [Case of goat arthritis encephalitis]. *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii* [Issues of Legal Regulation in Veterinary Medicine], 2010, no. 4, pp. 28–29. (In Russian).
9. Arkhipov N.I., Bakulov I.A., Sokovykh L.I. Artrit-entsefalit koz [Goat arthritis encephalitis]. *Medlennye infektsii zhyvotnykh* [Slow infections of animals]. M.: Agropromizdat Publ., 1988, pp. 79–82. (In Russian).
10. Kudryashov A.A., Balabanova V.I., Babina S.Yu. Patomorfologicheskie izmeneniya v legkikh i golovnom mozge pri virusnom artrit-entsefalite koz [Pathomorphological findings in lungs and brain at caprine arthritis-encephalitis]. *Aktual'nye voprosy veterinarnoi biologii* [Actual Questions of Veterinary Biology]. 2014, no. 3, pp. 54–58. (In Russian).
11. Kudryashov A.A. Patologoanatomicheskoe vskrytie trupov zhyvotnykh [Pathoanatomical opening of corpses of animals]. *Veterinarnaya praktika* [Veterinary practice], 2004, no. 4, pp. 27–31. (In Russian).

AUTHOR INFORMATION

Onishchenko I.S., Candidate of Veterinary Medicine, Senior Researcher

Pen'kova I.N., Research Assistant

Balybina N.Yu., Junior Researcher

Leonova M.A., Candidate of Veterinary Medicine, Senior Researcher

✉ **Koptev V.Yu.**, Candidate of Veterinary Medicine, Senior Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: kastrolog@mail.ru

Дата поступления статьи 20.09.2019
Received by the editors 20.09.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-13

УДК: 631.3

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ РОССИИ ДО 1917 г.

Ценч Ю.С.

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ
Москва, Россия

Для цитирования: Ценч Ю.С. Становление и развитие сельскохозяйственного машиностроения России до 1917 г. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 6. С. 109–115. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-13

For citation: Tsench Yu.S. Stanovlenie i razvitie sel'skokhozyaistvennogo mashinostroeniya Rossii do 1917 [Formation and development of agricultural engineering in Russia before 1917]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 6, pp. 109–115. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-13

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Представлен материал о становлении и развитии сельскохозяйственного машиностроения России в XIX – начале XX в. Материалами исследования стали архивные фонды, Интернет-ресурсы, исторические труды, литературные источники. Рассмотрены предпосылки и особенности возникновения предприятий сельхозмашиностроения – ремонтных мастерских и заводов – на фоне изменения социально-общественного уклада страны. Приведена и проанализирована информация о создании и развитии первых в России заводов сельхозмашиностроения. До отмены крепостного права 60% предприятий-производителей сельскохозяйственных орудий относились к кустарным мастерским, 10% – к маленьким заводам. Это объем составлял менее 50% от потребностей рынка, поставка остальной части необходимой для сельского хозяйства техники осуществлялась иностранными заводами. Число отечественных предприятий к 1880 г. выросло до 340. В 1913 г. производство сельхозтехники составляло уже 20,5% от общего объема российского машиностроения. Наиболее крупные заводы сельхозмашиностроения располагались на юге и в центральной части России. В 1913 г. доля южных заводов составляла 53%

FORMATION AND DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL ENGINEERING IN RUSSIA BEFORE 1917

Tsench Yu.S.

Federal Scientific Agroengineering Center VIM
Moscow, Russia

Material is presented on the formation and development of agricultural engineering in Russia in the 19th - early 20th centuries. The research materials were archival funds, Internet resources, historical works, and literature. The prerequisites and features of the emergence of agricultural machine-building enterprises, namely repair shops and factories, against the background of social changes are examined. The information on the creation and development of Russia's first agricultural machine-building plants is given and analyzed. Prior to the abolition of serfdom, 60% of enterprises manufacturing agricultural tools belonged to artisanal workshops, and 10% – to small factories. This volume accounted for less than 50% of the market needs, the rest of the equipment necessary for agriculture was supplied by foreign plants. By 1880, the number of domestic enterprises increased to 340. In 1913, agricultural machinery production already accounted for 20.5% of the total volume of Russian mechanical engineering. The largest agricultural engineering plants were located in the south and in the central part of Russia. In 1913, the share of southern plants amounted to 53%, the share of the plants of central provinces – 20.5% of the total output (by value). In other regions, artisanal production of equipment and machinery of simple designs

общего выпуска (по стоимости), центральных губерний – 20,5%. В других регионах превалировало кустарное производство инвентаря и машин несложных конструкций. После Первой мировой войны выпуск продукции сельскохозяйственного машиностроения сократился до 8% от уровня 1913 г. Предприятия, созданные во второй половине XIX – начале XX в., стали основой сельскохозяйственного машиностроения России. Отмечены следующие особенности российского сельхозмашиностроения: мелкосерийное производство, ограниченная номенклатура, изготовление орудий простых конструкций, работа на местный рынок, отсутствие экспорта, зависимость объемов производства от урожая, отсутствие узкой специализации предприятий, сезонность производства.

Ключевые слова: ремонтные мастерские, завод, сельскохозяйственные машины, промышленное производство, российский трактор, колесный трактор, автоплуг

Консервативный помещичий уклад землевладения, распространенный в XIX столетии, не способствовал развитию сельского хозяйства в России. Новые технологии, эксперименты с севооборотами, тестирование на полях машин, приобретенных большей частью за границей, оставались привилегией прогрессивно мыслящих владельцев усадеб – помещиков-новаторов. В большинстве хозяйств консервативные землевладельцы использовали старые приемы хозяйствования [1, 2]. Чтобы повысить производительность сельского хозяйства, помещики стали приобретать новые более сложные орудия [3, 4]. Для устранения поломок потребовались ремонтные мастерские. В некоторых из них не только восстанавливали, но и изготавливали новые орудия. Таким образом стали открываться мастерские, ставшие впоследствии предтечей первых заводов, где изготавливали сельскохозяйственные орудия и инвентарь [5].

Первый завод в России появился в Москве. Его основал англичанин Христофор Вильсон в 1802 г. Затем подобные производ-

ства открыты в 1815 г. в Варшаве, в 1818 г. в Симбирске. В 1828 г. в Санкт-Петербурге создана мастерская при Императорском вольном экономическом обществе (полное его название звучало так: «Императорское вольное экономическое общество к поощрению в России земледелия и домостроительства»)¹. Через два года братья Николай и Иоганн Бутеноп, выходцы из Голштинии, основали в Москве один из крупнейших заводов сельскохозяйственных машин. В 1846–1860 гг. здесь трудились около 250 рабочих [6]. Открылись заводы и в других регионах. На основе статистических и архивных источников в таблице обобщена информация о возникновении в России предприятий сельхозмашиностроения.

Keywords: repair shops, plant, agricultural machinery, industrial production, Russian tractor, wheeled tractor, moto plough

ства открыты в 1815 г. в Варшаве, в 1818 г. в Симбирске. В 1828 г. в Санкт-Петербурге создана мастерская при Императорском вольном экономическом обществе (полное его название звучало так: «Императорское вольное экономическое общество к поощрению в России земледелия и домостроительства»)¹. Через два года братья Николай и Иоганн Бутеноп, выходцы из Голштинии, основали в Москве один из крупнейших заводов сельскохозяйственных машин. В 1846–1860 гг. здесь трудились около 250 рабочих [6]. Открылись заводы и в других регионах. На основе статистических и архивных источников в таблице обобщена информация о возникновении в России предприятий сельхозмашиностроения.

В источниках упоминается завод Венцкого, на котором впервые в России начали выпускать конные пружинные культиваторы «Гриф» [7].

Отмена крепостного права в 1861 г. способствовала быстрому росту промышленности. По темпам роста промышленного производства страна вышла на первое место в

¹Второй В.Ф. Становление сельскохозяйственного машиностроения (XIX век) // Технологии и технические средства производства продукции растениеводства и животноводства: Сб. науч. тр. СЗНИИМЭСХ. 2009. Вып. 81. С. 203–215.

Первые российские заводы-изготовители сельскохозяйственных орудий
The first Russian manufacturers of agricultural tools

Год создания	Расположение	Владелец	Примечание
1802	Москва	Христофор Вильсон, англичанин	Первый завод в России по производству сельскохозяйственных орудий и машин. Изготовление веялок, молотильных машин и другого инвентаря. Почти полтора десятилетия – единственный завод сельскохозяйственного машиностроения в стране. Предприятие работало успешно и просуществовало до XX в.
1815	Елец	Николай Иванович и Матвей Иванович Криворотовы	Почвообрабатывающие орудия, жатвенные машины, производство земледельческих орудий
1818	Симбирск	Илья Андреевич Андреев	Производство паровых молотилок и мельниц
1828	Санкт-Петербург	Императорское вольное экономическое общество	Изготовление разнообразного сельскохозяйственного инвентаря
1830	Москва	Иван Николаевич и Иоганн Николаевич Бутенюп	Один из крупнейших заводов России (до 250 рабочих), производство веялок, молотилок
1835	Екатеринослав (Днепропетровск)	Абрам Заславский	Первый чугунолитейный завод
1840	Смеля, Киевская губерния	Алексей Алексеевич Бобринский	Крупное промышленное предприятие, производство плугов, углубителей, сеялок, распашников и т.д.
1841	Кременчуг, Полтавская губерния	Унгерн фон Штернберг	Завод сельскохозяйственной техники
1845	Пензенская губерния	Дмитрий Иванович Давыдов, Иван Иванович Ермолов	Чугуноплавильный завод
1849	Тамбовская губерния	Миловановы	Производство плугов, сеялок
1850	Киевская губерния	В. Менцель	Механический завод производил углубители, сеялки, распашники и др.
1853	Харьковская губерния	Питер Лепп	Изготовление жаток, продукция отмечена золотыми медалями российских и международных выставок
1853	Херсон	Братья Ежен и Александр Вадонны	Чугунолитейный и механический заводы Вадона, которые со временем превратились в судостроительный и судомеханический заводы
1854	Одесса	И.И. Ген	Завод по выпуску плугов, представлявших собой радикально модернизированный украинский плуг-сабан
1855	Харьковская губерния	Н. Вестберг	Завод сельскохозяйственных орудий, в советское время – «Коммунар», с 1929 г. выпускал комбайны
1863	Таврическая губерния	Ион Ефремович Ульман	В советское время – «Завод им. Октябрьской Революции», крупнейший производитель плугов
1874	Кичкас, Запорожье	А. Унгерна	В 1859 г. на всемирной выставке в Париже молотилка удостоена золотой медали
1881	Елисаветград	Братья Роберт и Томас Эльворти из Англии	Завод сельскохозяйственных орудий, в советское время – «Коммунар», с 1929 г. выпускал комбайны
1881	Харьков	Макс Гельферик-Сале	Производство анкерных сеялок, сеялок «Россия», молотилок, в советское время – Кировоградский завод сельскохозяйственного машиностроения «Красная звезда», в настоящее время АО «Эльворти» (выпускает посевную и почвообрабатывающую технику)
1897	Ростов-на-Дону	В.М. Григорьев и К ^о	Выпуск веялок, в советское время – завод «Серп и молот»
1900	Киев	Представительство завода Эмиля Шкоды «Техническая канцелярия В. Фильверта и Ф. Дедины»	Производство и реализация земледельческих орудий, в будущем – АО «Аксай»
1904	Рязань	Братья Левитины	Изготовление комбинированных сеялок
1908	Люберцы, Московская губерния	Американская фирма «Международная компания жатвенных машин»	Производство плугов, в настоящее время – «Рязсельмаш»
1915	Балавков	Я.В. Мамин	В 1913–1914 гг. выпустила 60 тыс. косилок, жаток-самосбросок, сноповязалок, в советское время – «Завод им. Ухтомского»
			Изготовление тракторов

мире. «Россия сохи и цепа, водяной мельницы и ручного ткацкого станка, – писал В.И. Ленин, – стала быстро превращаться в Россию плуга и молотилки, паровой мельницы и парового ткацкого станка»².

До реформы 1861 г. из общего числа предприятий, занимавшихся изготовлением сельскохозяйственных орудий, 60% относились к кустарным мастерским и 10% – к маленьким заводам. Общий объем их продукции покрывал менее половины потребности в ней. Остальную часть техники поставляли иностранные заводы.

В 1861 г. более 60 торговых предприятий и 24 склада продавали иностранные сельскохозяйственные машины и орудия. Подобную технику через 20 лет в России изготавливали 340 предприятий [8]. Об успехах, достигнутых отечественным сельхозмашиностроением в 1890–1895 гг., свидетельствуют не только размеры производства и разнообразие отдельных типов орудий и машин, но и их качество, кроме того, они стали дешевле; крупные промышленники скупали и объединяли небольшие заводы и кустарные фирмы.

Однако в 1880 г. 200 из этих предприятий не имели никакого механического оборудования. Вместе с ростом потребности на сельскохозяйственную технику увеличилось и ее производство (см. сноску 1) [9].

К 1900 г. объем производства сельскохозяйственной техники в стоимостном исчислении достиг 7,5% от стоимости всей продукции машиностроения России. Кроме специализированных предприятий, сельхозмашины выпускали также Путиловский, Сортовский, Брянский, Коломенский, Воткинский заводы, Рижский завод «Руссо-Балт» и другие предприятия. В мелких крестьянских хозяйствах машины появились только в начале XX в., перед Первой мировой войной, когда в ходе Столыпинской реформы отдельные крестьяне выделились из общин на хутора [1, 2].

По данным статистики, в 1910 г. в сельском хозяйстве России насчитывалось

72 тыс. сеялок, 417 тыс. жатвенных машин, 310 тыс. молотилок, 916 тыс. веялок, 8576 тыс. деревянных сох, косуль, сабанов, а железных плугов – только 2251 тыс. При этом из 13 млн борон только 151 тыс. изготовлены из металла. В «Адресной книге заводов, мастерских и складов сельскохозяйственных машин и орудий» только в одной Вятской губернии перечислены 52 земских склада сельскохозяйственных машин и орудий, расположенных в городах и селах [10]. Это демонстрирует уровень развития агропромышленного производства России в начале XX в.

Наиболее крупные заводы сельхозмашиностроения располагались на юге и в центральной части России. Они производили технику для возделывания зерновых. В 1913 г. на долю 177 южных заводов приходилось 53% общего выпуска (по стоимости), на долю заводов центральных губерний – 20,5%. На юге страны производили 85% сеялок, 60 – жаток, 57% плугов. В других регионах превалировало кустарное производство инвентаря и машин несложных конструкций. Земские склады большей частью торговали техникой иностранного производства. Частичное объяснение этому дает Д.Д. Арцыбашев: «Иностранные заводы в высшей степени подвижны, энергичны, располагают крупными капиталами и предлагают свои изделия на выгодных условиях. Русские заводы, наоборот, малоподвижны, вступают в соглашения довольно неохотно и часто затрудняют условия отпуска машин и орудий» [11].

В 1913 г. в общем объеме российского машиностроения на производство сельхозтехники приходилось 20,5%. В это время 266 предприятий производили плуги, 54 – молотилки, 250 – веялки и сортировки, 320 – соломорезки и корнерезки. Число марок машин и орудий исчислялось сотнями.

Однако общее количество выпускаемой техники оставалось недостаточным. В 1913 г. было изготовлено 567 тыс. плугов конных однокорпусных, 172 тыс. плу-

²Ленин В.И. Полное собрание сочинений. 5-е изд. Москва: Госполитиздат. 1958–1975. Т. 3. 791 с.

гов многокорпусных, 59 тыс. сеялок рядовых, 7 тыс. сеялок разборных, 45 тыс. конных молотилок, 84 тыс. лобогреек, 818 тыс. веялок и сортировок. Значительное количество машин и орудий импортировали: из Германии – 34%, США – 32, Англии – 18, Австро-Венгрии – 6, Швеции – 4, из других стран – 6%. Если на рубеже XIX и XX вв. импорт в денежном выражении составлял 16 млн р., то в 1913 г. – 49 млн р. После Первой мировой войны выпуск продукции сельскохозяйственного машиностроения сократился до 8% от уровня 1913 г.

История создания первого российского трактора связана с именем Я.В. Мамина. Сначала он проводит ходовые испытания «Русского дизеля», установив на раму заграничного колесного трактора «Кейс» двигатель мощностью 25 л.с. (1911 г.), затем 45 л.с. (1912 г.). После тщательной проверки Я.В. Мамин в г. Балакове в 1913–1915 гг. стал выпускать первые полудизельные российские тракторы трех модификаций: «Универсал» с двигателем в 20–25 л.с., «Посредник» – 30 л.с. и «Прогресс» – 60 л.с. В начале Первой мировой войны завод переведен на военные заказы.

В дореволюционный период в России практически не было своего тракторостроения. К 1913 г. насчитывалось всего 165 тракторов разных систем и типов (для сравнения – в США их было 6,5 тыс. ед.). До 1917 г. страна закупила за границей 1500 тракторов [12–14].

На заводе сельскохозяйственных машин А. Унгерна в Кичкасе, около г. Александровска (Запорожье), выпускали колесный «крестьянский трактор», предназначенный для небольших хозяйств. Там же, но на заводе А.Я. Копа, создали конструкцию трактора упрощенного типа. Завод сельскохозяйственных машин «Луч» в с. Барвенково Харьковской губернии изготовил колесный трактор с двигателем 15 л.с. и автопflug, которые успешно работали на полях местных землевладельцев. Работы прекращены с началом Первой мировой войны. Разработки запорожцев использовали впоследствии при создании одного из первых российских колесных тракторов «Запорожец».

Сельскохозяйственному машиностроению России в XIX – начале XX в. присущи следующие характерные черты:

- мелкосерийное производство;
- ограниченная номенклатура (30–40 наименований) при огромном количестве марок однородных сельскохозяйственных машин;
- изготовление орудий простых конструкций;
- работа только на местный рынок, отсутствие поставок за границу;
- зависимость объемов производства от урожая;
- отсутствие узкой специализации предприятий;
- сезонность производства.

Несмотря на мелкокустарное производство, некоторые заводы успешно развивались и в условиях советской власти стали не только крупными технологичными предприятиями, но и флагманами отечественного сельскохозяйственного машиностроения. К таким предприятиям можно отнести следующие предприятия: Одесский завод И.И. Гена (впоследствии «Завод Октябрьской революции» – крупнейший производитель плугов в мире, в 1989 г. завод произвел более 150 тыс. плугов), Кировоградский завод «Красная звезда» (производитель посевных машин), Запорожский завод «Коммунар» (производитель жаток), Ростовский завод «Красный Аксай» (производитель культиваторов), Рязанский завод «Рязсельмаш» (производитель техники для уборки картофеля), Люберецкий завод им. А.В. Ухтомского (производитель косилок).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анфимов А.М.* Крестьянское хозяйство Европейской России 1881–1904 гг. М.: Наука, 1980. 239 с.
2. *Миронов Б.Н.* Опыт сопоставления некоторых сторон агротехнического уровня земледелия Центральной России начала XVII и второй половины XVIII в. Кишинев: ЕАИВБ. 1966. 173 с.
3. *Анфимов А.М.* Крупное помещичье хозяйство Европейской России (конец XIX – начало XX в.): М.: Наука. 1969. 394 с.

4. Федоров В.А. Наемный труд в земледелии накануне крестьянской реформы 1861 г. (по материалам центрально-промышленных губерний) // Вестник Московского университета. История. 1968. № 3. С. 87–88.
5. Яцунский В.К. Основные моменты истории сельскохозяйственного производства в России с XVI века до 1917 г. Кишинев: Ежегодник аграрной истории Восточной Европы. Карта Молдовеняскэ, 1966. С. 44–64.
6. Новиков Ю.Ф. Из истории техники основной обработки почвы в России // Вестник истории мировой культуры. 1961. № 1. С. 47–60.
7. Капитонов Е.Н. История сельскохозяйственного машиностроения России: монография. Тамбов: Тамбовский государственный технический университет. 2010. 60 с.
8. Иофинов С.А. История техники и науки о механизации земледелия: монография. СПб.: СПбГАУ, 1994. 178 с.
9. Иофинов С.А., Еникеев В.Г., Скробач В.Ф., Шкрабак В.С. Становление агроинженерной науки и образования в России (XIX–XX вв.): монография. СПб.: Химиздат. 1999. 352 с.
10. Адресная книга заводов, мастерских и складов сельскохозяйственных машин и орудий. Составлена по сведениям 1911–1912 годов // Труды Бюро по сельскохозяйственной механике. СПб., 1912. XIII. 599 с.
11. Арцыбашев Д.Д. Важнейшие сельскохозяйственные орудия и машины: монография. СПб., 1908. 60 с.
12. Монтаков В.А., Пономарев В.П. Страницы истории отечественного тракторостроения // Школа и производство. 1991. № 5. С. 34–38.
13. Ценч Ю.С., Маслов Г.Г., Трубилин Е.Г. К истории развития сельскохозяйственной техники // Вестник башкирского государственного университета. 2018. № 3 (47). С. 117–123.
14. Ценч Ю.С. История создания первого российского трактора // Технический сервис машин. 2019. № 2 (135). С. 184–194.
2. Mironov B.N. *Opyt sopostavleniya nekotorykh storon agrotekhnicheskogo urovnya zemledeliya Tsentral'noy Rossii nachala XVII i vtoroy poloviny XVIII v.* [The experience of comparing some aspects of the agrotechnical level of agriculture in Central Russia at the beginning of the XVII and the second half of the XVIII], Kishinev, 1966, 173 p. (In Russian).
3. Anfimov A.M. *Krupnoye pomeshchich'ye khozyaystvo Evropeyskoy Rossii (konets XIX nachalo XX vv.)* [Large landowner economy of European Russia (late XIX early XX)], Moscow, 1969, 394 p. (In Russian).
4. Fedorov V.A. *Nayemnyy trud v zemledelii nakanune krest'yanskoy reformy 1861 g. (po materialam tsentral'no-promyshlennykh guberniy)* [Wage labor in agriculture prior to the peasant reform of 1861 (based on the materials of the Central industrial provinces)]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Istoriya* [Bulletin of Moscow University. History]. 1968, no. 3, pp. 87–88. (In Russian).
5. Yatsunskiy V.K. *Osnovnyye momenty istorii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva v Rossii s XVI veka do 1917 g.* [Highlights of the history of agricultural production in Russia from the 16th century to 1917]. Kishinev: Ezhegodnik agrarnoi istorii Vostochnoi Evropy. Kartya Moldovenyaske [Yearbook of Agricultural History of Eastern Europe. Cartya Moldovenyaske], 1966. pp. 44–64. (In Russian).
6. Novikov Yu.F. *Iz istorii tekhniki osnovnoi obrabotki pochvy v Rossii* [From the history of primary tillage technology in Russia]. *Vestnik istorii mirovoi kul'tury* [Bulletin of the History of the World Culture], 1961, no. 1, pp. 47–60. (In Russian).
7. Kapitonov E.N. *Istoriya sel'skokhozyai-stvennogo mashinostroeniya Rossii* [The history of agricultural engineering in Russia]. Tambov: Tambovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet [Tambov State Technical University]. 2010. 60 p. (In Russian).
8. Iofinov S.A. *Istoriya tekhniki i nauki o mekhanizatsii zemledeliya* [The history of technology and science of mechanization of agriculture]. St. Petersburg, 1994. 178 p. (In Russian).
9. Iofinov S.A., Enikeyev V.G., Skrobach V.F., Shkrabak V.S. *Stanovleniye agroinzhenernoy nauki i obrazovaniya v Rossii (XIX–XX vv.)* [Formation of agroengineering science and ed-

REFERENCES

1. Anfimov A.M. *Krest'yanskoye khozyaystvo Evropeyskoy Rossii 1881–1904 gg.* [The peasant economy of European Russia, 1881–1904]. Moscow, 1980. 239 p. (In Russian).

- ucation in Russia (XIX–XX centuries)]. St. Petersburg, 1999, 352 p. (In Russian).
10. Adresnaya kniga zavodov, masterskikh i skladov sel'skokhozyaystvennykh mashin i orudiy. Sostavlena po svedeniyam 1911–1912 godov [Address book of factories, workshops and warehouses of agricultural machinery and tools. Compiled from 1911–1912], *Trudy Byuro po sel'skokhozyaystvennoy mekhanike* [Proceedings of the Bureau of agricultural mechanics]. St. Petersburg, 1912. XIII. 599 с. (In Russian).
 11. Artsybashev D.D. *Vazhneyshiy sel'skokhozyaystvennyye orudiya i mashiny* [The most important agricultural tools and machines], St. Petersburg, 1908, 60 p. (In Russian).
 12. Montakov V.A., Ponomarev V.P. Stranitsy istorii otechestvennogo traktorostroyeniya [History pages of domestic tractor construction], *Shkola i proizvodstvo* [School and production], 1991, no. 5, pp. 34–38. (In Russian).
 13. Tsench Yu.S., Maslov G.G., Trubilin E.G. K istorii razvitiya sel'skokhozyaystvennoi tekhniki. [On the history of the development of agricultural machinery]. *Vestnik bashkirskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Bashkir State University], 2018, no. 3 (47), pp. 117–123. (In Russian).
 14. Tsench Yu.S. Istoriya sozdaniya pervogo rossiiskogo traktora [The history of the first Russian tractor]. *Tekhnicheskii servis mashin* [Technical Service of Machines], 2019, no. 2 (135), pp. 184–194. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Ценч Ю.С.**, кандидат педагогических наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 109428, Москва, 1-й Институтский проезд, 5; e-mail: vimasp@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Tsench Yu.S.**, Candidate of Science in Pedagogy, Lead Researcher; **address:** 1st Institutsky proezd, 5, Moscow, 109428, Russia; e-mail: vimasp@mail.ru

Дата поступления статьи 12.10.2019

Received by the editors 12.10.2019



ИВАН ИВАНОВИЧ КЛИМЕНОК
(к 70-летию со дня рождения)



Доктору сельскохозяйственных наук, профессору, заслуженному ветерану СО РАН, заместителю руководителя Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства (СибНИПТИЖ СФНЦА РАН) Ивану Ивановичу Клименку 2 января 2020 г. исполнилось 70 лет.

Иван Иванович родился в с. Яловка Красногорского района Брянской области в крестьянской семье. В 1967 г. поступил в Витебский ветеринарный институт, в 1974 г. окончил зооинженерный факультет Новосибирского сельскохозяйственного института. Затем работал в СибНИПТИЖе младшим, старшим научным сотрудником, с 1994 г. – заведующим лабораторией разведения молочного скота, с 2000 г. – заместителем директора, затем заместителем руководителя по научной работе.

По окончании аспирантуры в 1980 г. Иван Иванович защитил кандидатскую диссертацию по обоснованию эффективных способов содержания телят в молочный период. Дальнейшие исследования посвящены выращиванию ремонтных телок черно-пестрой породы сибирского отродья, что позволило научно обосновать ресурсосберегающую технологию получения высокопродуктивных молочных животных и в 1994 г. защитить докторскую диссертацию.

Основная научно-исследовательская работа И.И. Клименка направлена на интенсификацию молочного скотоводства в Сибири. Являясь ответственным исполнителем федеральной программы, руководителем и координатором региональных программ по совершенствованию черно-пестрого скота сибирского отродья и выведению его новых голштинизированных типов, зарекомендовал себя высококвалифицированным специалистом по организации НИОКР и внедрению их результатов в сельскохозяйственное производство.

Многолетние исследования Ивана Ивановича позволили установить широкий диапазон термонейтральной зоны у голштин × черно-пестрого скота разного возраста, что послужило основой для разработки «Ресурсосберегающей технологии производства молока в Сибири, обеспечивающей удой 7500 кг и более», отмеченную дипломом Россельхозакадемии «За

лучшую завершенную разработку 2006 года». Ее внедрение в ОАО «Большеникольское» Новосибирской области дало возможность повысить сохранность молодняка до 95% и более, в 2–3 раза сократить стоимость одного скотоместа, повысить нагрузку на оператора машинного доения до 120 коров и раздоить первотелок до 6200 кг молока за лактацию. Приоритетность результатов исследований защищена авторским свидетельством СССР и пятью патентами на инвентарь, стойловое оборудование и молочную ферму.

Под руководством И.И. Клименка изучены и научно обоснованы основные элементы энергосберегающих технологий в молочном скотоводстве: целесообразная кровность голштин × черно-пестрых животных; оптимальные возраст (от 18 до 19 мес) и живая масса (от 380 до 400 кг) ремонтных телок при плодотворном осеменении, разработаны оценка голштинизированных коров по морфологическим и функциональным свойствам вымени и типу их стрессоустойчивости, организация и технология машинного доения коров и качество молока, изложенные в девяти методических рекомендациях и трех учебно-методических пособиях, рекомендованных к широкому внедрению и использованию в учебных процессах вузов Сибири и других регионов России.

И.И. Клименок – автор и основной исполнитель пяти селекционных достижений. Молочная продуктивность коров приобского, красноярского и прибайкальского типов черно-пестрой породы в хозяйствах-оригинаторах Сибири составляет от 5300 до 6500 кг, что на 680–1590 кг больше, чем у сверстниц, у коров-рекордисток удой за лактацию превышает 12 000 кг молока жирностью от 3,6 до 4,4%. Живая масса коров андриановского типа герфордской породы составляет 550–600 кг, быков-производителей – 1000–1200 кг, среднесуточный прирост телят на откорме – 1286 г.

Результаты многолетней селекционно-племенной работы защищены пятью авторскими свидетельствами и пятью патентами. Углубленный ее анализ позволил не только запатентовать новый способ получения высокопродуктивных производителей сельскохозяйственных животных, но и создать новую породу молочного скота Сибирячка с удоем 7461 кг молока жирностью 3,78%, что на 1460 кг больше, чем у коров черно-пестрой породы.

Иван Иванович подготовил 14 кандидатов сельскохозяйственных наук, руководит тремя докторантами и соискателем. В соавторстве и самостоятельно им опубликовано более 210 научных работ, в том числе 11 книг, 9 рекомендаций, 3 учебно-методических пособия, а также 37 «Планов племенной работы» с молочными стадами ведущих племенных заводов и репродукторов Западной Сибири. Он автор разделов «Животноводство» в концепциях, рекомендациях и системах ведения АПК республик Алтай, Бурятия, Тыва, Северного Зауралья, Томской, Кемеровской и Новосибирской областей, а также раздела «Племенная работа» в «Справочнике сибирского животновода».

Более 14 лет Иван Иванович работает профессором кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии Новосибирского государственного аграрного университета.

Исследования И.И. Клименка, внесшие существенный вклад в развитие теоретических основ молочного скотоводства, соответствуют мировому уровню и нашли широкое распространение в сельскохозяйственном производстве Сибири.

За разработку перспективных технологий в животноводстве и их активное внедрение в производство Иван Иванович неоднократно награжден почетными грамотами президиума Россельхозакадемии, Сибирского регионального отделения, администрации Новосибирской области, президиума СО Россельхозакадемии, присвоением звания «Заслуженный ветеран СО РАН», за особый вклад в развитие аграрной науки – медалью им. И.И. Синягина и медалью «40 лет СО Россельхозакадемии», отмечен благодарностью Президента РФ В.В. Путина.

Коллектив Сибирского федерального научного центра агробiotехнологий Российской академии наук сердечно поздравляет Ивана Ивановича со знаменательной датой и желает ему крепкого здоровья, новых творческих успехов и плодотворного долголетия.

*Коллектив Сибирского федерального
научного центра агробiotехнологий
Российской академии наук*



ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И ХИМИЗАЦИЯ

- Власенко А.Н., Перфильев Н.В., Вьюшина О.А.** Изменение показателей плодородия темно-серой лесной почвы при различных системах основной обработки, № 1.
- Костюк А.В., Лукачева Н.Г.** Довсходовое и послевсходовое применение гербицида Аденго в посевах кукурузы, № 1.
- Перфильев Н.В., Вьюшина О.А.** Засоренность и урожайность посевов ячменя в зависимости от систем основной обработки почвы, № 1.
- Добротворская Н.И., Семендяева Н.В., Морозова А.А.** Элементный состав почв засоленных агроландшафтов Причановской депрессии и их санитарно-гигиеническая оценка, № 2.
- Мороховец В.Н., Мороховец Т.В., Штерболова Т.В., Басай З.В., Баймуханова А.А.** Результаты испытаний нового гербицида Флекс в посевах сои в Приморском крае, № 2.
- Данилова А.А.** Оптимальные дозы фосфорных удобрений (к почвенно-биохимическим аспектам проблемы), № 3.
- Пакуль А.Л., Лапшинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н.** Влияние различных систем обработки почвы на агрофизические свойства чернозема выщелоченного, № 3.
- Кекало А.Ю., Заргарян Н.Ю., Филиппов А.С., Немченко В.В.** Эффективность применения фунгицидов для защиты яровой пшеницы от корневых гнилей, № 3.
- Власенко Н.Г., Кулагин О.В., Егорычева М.Т., Иванова И.А.** Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы в зависимости от технологии возделывания, № 4.
- Сотпа А.С., Жарова Т.Ф.** Агрэкологическая эффективность способов заделки органических удобрений, № 5.
- Власенко Н.Г., Теплякова О.И., Душкин А.В.** Применение механокомплексов тебуконазола с полисахаридами растительного происхождения для защиты яровой пшеницы от болезней листьев, № 6.

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

- Стёпочкин П.И.** Всхожесть семян пшеницы, ржи и тритикале при разных вариантах хранения, № 1.
- Петрук В.А., Боровикова Т.В., Маркова И.Е.** Хозяйственно-биологическая оценка сортов коллекции земляники садовой в лесостепи Новосибирской области, № 1.
- Мичкина Г.А., Попова Г.А., Рогальская Н.Б., Князева Н.В., Трофимова В.М.** Новый сорт льна-долгунца Томич 2, № 1.
- Аносов С.И., Сурначёв А.С., Мусинов К.К.** Накопление сахаров растениями озимой пшеницы в зависимости от сроков посева, № 2.
- Красников С.Н., Дергачева Н.В., Черемисин А.И., Дубинин С.В.** Новый раннеспелый сорт картофеля Триумф, № 2.
- Гурова Т.А., Луговская О.С., Свежинцева Е.А.** Адаптивные реакции проростков пшеницы, дифференцирующие сорта при гипертермии, № 3.
- Ламажап Р.Р., Липшин А.Г.** Изменчивость селекционно-ценных признаков ярового ячменя, № 4.
- Рожанская О.А., Горшкова Е.М.** Культура *in vitro* как источник биоразнообразия для селекции сои, № 4.

Мартынова С.В., Пакуль В.Н., Андросов Д.Е. Взаимосвязь морфометрических параметров ярового ячменя с урожайностью, № 5.

Габышева Н.С. Оценка исходного селекционного материала смородины черной, № 5.

Темиров К.С. Сравнительная оценка селекционных линий гороха различного морфотипа, № 5.

Хаксар Е.В., Романова М.С., Новиков О.О., Леонова Н.И., Ромашов Г.А. Получение качественного семенного материала картофеля на аэрогидропонных установках, № 6.

Карлов Г.И., Литвинов Д.Ю., Харченко П.Н., Крупин П.Ю., Ширнин С.Ю., Черноок А.Г., Назарова Л.А., Дивашук М.Г. Адаптация метода определения активности нитратредуктазы для массовых анализов растений, № 6.

КОРМОПРОИЗВОДСТВО

Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю. Продуктивность и питательная ценность смешанных посевов овса с зернобобовыми культурами, № 1.

Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю. Рапс яровой в одновидовых и поливидовых посевах с мятликовыми культурами, № 2.

Полюдина Р.И. Новый сорт клевера лугового Прима, № 3.

Жукова Е.Ю., Барсукова И.Н., Жуков А.А. Продуктивность кормовых угодий по данным Terra Modis, 4.

Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю. Продуктивность и питательная ценность подсолнечника и суданской травы, № 4.

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

Маркова Т.О., Маслов М.В., Репш Н.В., Сахнов А.С. Тахины (Diptera: Tachinidae, Tachininae) – паразиты насекомых-вредителей, № 3.

Исачкова О.А., Ганичев Б.Л., Логинова А.О. Устойчивость голозерного овса к головным грибам в Западной Сибири, № 3.

Коробейников А.С., Ашмарина Л.Ф. Влияние погодно-климатических условий вегетационного периода на поражаемость сои пероноспорозом, № 5.

Плотникова Т.В., Ишмуратов Г.Ю., Исмаилов В.Я. Система управления численностью хлопковой совки на табаке в севообороте органического земледелия, № 5.

Спиридонов Ю.Я., Калимуллин А.Т., Протасова Л.Д., Абубикеров В.А., Спиридонова И.Ю. Интегрированная защита озимой пшеницы от комплекса вредных объектов в условиях европейского нечерноземья РФ, № 6.

Андреева И.В., Шаталова Е.И., Калмыкова Г.В., Акулова Н.И., Ульянова Е.Г. Восприимчивость разных видов чешуекрылых насекомых к штамму *Bacillus thuringiensis* ssp. *aizawai*, № 6.

ЖИВОТНОВОДСТВО И ВЕТЕРИНАРИЯ

Донченко А.С., Шкиль Н.Н., Бурмистров В.А. Применение препаратов, содержащих наночастицы металлов, в ветеринарии, № 1.

Глотова Т.И., Никонова А.А., Котенева С.В., Глотов А.Г. Способ борьбы с персистентной инфекцией при вирусной диарее, № 2.

Давыдова Н.В., Коптев В.Ю., Козлова Ю.Н., Сулимова Л.И., Афонюшкин В.Н., Черепушкина В.С. Оценка проницаемости для бактериофагов слизистой оболочки кишечника цыплят при эймериозе, № 2.

- Ионина С.В.** Культивирование микобактерий паратуберкулеза, № 2.
- Мерзлякова О.Г., Рогачёв В.А.** Использование пробиотиков на основе штаммов рода *Bacillus* в кормлении перепелов, № 2.
- Вертипрахов В.Г., Борисенко К.В.** Пищеварение и биохимические показатели крови кур при введении в рацион экзогенной протеазы, № 2.
- Хамируев Т.Н., Волков И.В., Базарон Б.З.** Продуктивные и племенные качества овец агинской породы зугалайского типа, № 3.
- Магер С.Н., Гончаренко Г.М., Гришина Н.Б., Хорошилова Т.С., Герасимчук Л.Д., Шишкина М.А., Халина О. Л.** Влияние генов белков и гормонов на продуктивность и долголетие симменталов, № 4.
- Колчев А.Г.** Продуктивность коров-первотелок разной линейной принадлежности, № 4.
- Волошин В.А., Матолинец Д.А., Морозков Н.А., Майсак Г.П.** Роль левзеи сафлоровидной в кормлении молочных коров, № 5.
- Миронова Т.Е., Афонюшкин В.Н., Сигарева Н.А., Троменшлегер И.Н., Харченко А.В.** Изучение депонирования гентамицина в составе целлюлозы с альбумином, № 5.
- Смолянинов Ю.И., Балыбердин Б.Н., Мельцов И.В.** Анализ эффективности мероприятий при гиподерматозе крупного рогатого скота, № 5.
- Осипова Н.А., Агаркова Т.А., Двоглазов Н.Г., Храмов В.В.** Оценка эффективности комплексных противолейкозных мероприятий в сельскохозяйственных предприятиях, № 5.
- Дягилев Г.Т., Неустроев М.П.** Кадастр неблагополучных пунктов по сибирской язве животных в Республике Саха (Якутия), № 5.
- Тарабукина Н.П., Неустроев М.П., Обоева Н.А., Максимова А.Н.** Дезинфекция помещений в присутствии телят, № 5.
- Донченко А.С., Донченко Н.А., Жумаш А.С., Шаймбетова А.К., Тургумбеков А.Б., Илимбаева А.К.** Профилактика туберкулеза крупного рогатого скота, завозимого из-за рубежа, № 6.
- Яранцева С.Б., Герасимчук Л.Д., Шишкина М.А.** Новая порода крупного рогатого скота молочного направления продуктивности Сибирячка, № 6.
- Бонина О.М., Сербина Е.А.** Морфобиологические характеристики церкарий трематод семейств *Opisthorchiidae* и *Notocotylidae*, № 6.
- Игнатьева Л.П., Белоус А.А., Недашковский И.С., Костюнина О.В., Сермягин А.А., Зиновьева Н.А.** Оценка индивидуального уровня гомозиготности быков на основе геномной информации, № 6.
- Леонова М.А., Онищенко И.С., Балыбина Н.Ю., Пенькова И.Н.** Серологический мониторинг микоплазмоза крупного рогатого скота, № 6.

МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- Каличкин В.К., Задков А.П.** Выбор и адаптация агротехнологий, № 1.
- Назаров Н.Н., Нестяк В.С., Яковлев Н.С.** Влияние конструктивных и режимных параметров анкерного сошника на формирование посевной борозды, № 1.
- Чепурин Г.Е., Цегельник А.П.** Методика определения себестоимости зерна при обмолоте зерновых с учетом потребности в комбайнах и комбайнерах, № 2.
- Алейников А.Ф., Минеев В.В.** Изменение флуоресценции хлорофилла земляники садовой при воздействии гриба *Ramularia tulasnei* Sacc, № 2.
- Павлова А.И., Каличкин В.К., Каличкин А.В.** Создание цифровой модели рельефа с использованием беспилотного летательного аппарата, № 3.
- Усольцев С.Ф., Нестяк В.С., Ивакин О.В., Нестяк Г.В., Гончаренко Ю.В.** Обоснование привода механизма управления вентиляцией крупногабаритного укрытия экранного типа, № 3.

Альт В.В., Исакова С.П., Лапченко Е.А., Ёлкин О.В. Структурная схема по выбору технологий и технических средств в растениеводстве, № 3.

Каличкин В.К., Корякин Р.А., Куценогий П.К. Архитектура и принципы работы аграрной интеллектуальной системы, № 4.

Чемоданов С.И., Патрин П.А., Патрин В.А., Сабашкин В.А. Результаты очеса высоковлажной растительной массы пшеницы, № 6.

ПРОБЛЕМЫ. СУЖДЕНИЯ

Чепурин Г.Е. Тенденции и целесообразность классификации зерноуборочных комбайнов, № 4.

Савельева Д.А., Каличкин В.К. Применение цифровых технологий при изучении водной эрозии почв Западной Сибири, № 4.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Шкуратова Г.М., Базарон Б.З., Хамируев Т.Н., Дашинимаев С.М. Адаптивные изменения кожно-волосного покрова лошадей забайкальской аборигенной породы, № 4.

Луду Б.М. Изменение аминокислотного состава крови яков в зависимости от сезона года, № 5.

Онищенко И.С., Пенькова И.Н., Балыбина Н.Ю., Леонова М.А., Коптев В.Ю. Оценка эпизоотической ситуации по артриту-энцефалиту коз в Новосибирской области, № 6.

ИЗ ИСТОРИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

Донченко А.С., Папков С.А., Самолова Т.Н., Донченко Н.А. Малоизвестные аспекты истории Омского ветеринарного института в 1920–1950-х годах, № 1.

Ценч Ю.С. Становление и развитие сельскохозяйственного машиностроения России до 1917 г., № 6.

НАУЧНЫЕ СВЯЗИ

Садыгов Г.Б. Гибринологический анализ глиадинкодирующих локусов пшеницы F_2 от межвидовой гибридной комбинации, № 1.

ИЗ ДИССЕРТАЦИОННЫХ РАБОТ

Дулова С.В. Применение санитарно-гигиенического средства «Пробиодез 3 + 5» для обработки вымени коров, № 5.

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

Академику Александру Семеновичу Донченко – 80 лет, № 2.

К 85-летию Аркадия Максимовича Крикова, № 2.

Иван Иванович Клименок (к 70-летию со дня рождения), № 6.

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

Памяти академика Петра Лазаревича Гончарова (1929–2016), № 1.

К 90-летию со дня рождения Игоря Андреевича Косилова, № 2.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Правила публикации рукописей в журнале определяют требования к оформлению, научной экспертизе и подготовке к публикации направляемых в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рукописей. Правила для авторов составлены на основе этических принципов, общих для членов научного сообщества, и правил публикации в международных и отечественных научных периодических изданиях, а также в соответствии с требованиями ВАК для периодических изданий, включенных в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал публикует оригинальные статьи по фундаментальным и прикладным проблемам по направлениям:

- общее земледелие и растениеводство;
- селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений;
- защита растений;
- кормопроизводство;
- кормление сельскохозяйственных животных и технологии кормов;
- ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунологией;
- технология и средства механизации сельского хозяйства.

В журнале также публикуются обзоры, краткие сообщения, хроника, рецензии, книжные обзоры, материалы по истории сельскохозяйственной науки и деятельности учреждений и ученых.

Статья, направляемая в редакцию, должна соответствовать тематическим разделам журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»:

Наименование рубрики	Группы специальностей научных работников в соответствии с Номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени
Земледелие и химизация	06.01.01 Общее земледелие и растениеводство
Растениеводство и селекция	06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений
Защита растений	06.01.07 Защита растений
Кормопроизводство	06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов
Животноводство и ветеринария	06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных
Механизация, автоматизация, моделирование и информационное обеспечение	05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства
Проблемы. Суждения	06.01.01 Общее земледелие и растениеводство 06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений 06.01.07 Защита растений 06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов

Журнал принимает материалы от аспирантов, соискателей, докторантов, специалистов и экспертов в данной области.

При направлении статьи в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рекомендуется руководствоваться следующими правилами.

РЕКОМЕНДАЦИИ АВТОРУ ДО ПОДАЧИ СТАТЬИ

Представление статьи в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» подразумевает, что:

- статья ранее не была опубликована в другом журнале;
- статья не находится на рассмотрении в другом журнале;
- все соавторы согласны с публикацией текущей версии статьи.

Перед отправкой статьи на рассмотрение необходимо убедиться, что в файле (файлах) содержится вся необходимая информация на русском и английском языках, указаны источники информации, размещенной на рисунках и в таблицах, все ссылки оформлены корректно.

На публикацию представляемых в редакцию материалов требуются письменное разрешение и рекомендация руководства организации, на средства которой проводились работы. Авторы (соавторы) подписывают рукопись, подтверждая свое участие в выполнении представляемой работы и удостоверяя согласие с ее содержанием. Сведения об авторах (соавторах) заполняются согласно представленной анкете на русском и английском языках.

АНКЕТА АВТОРА

- Фамилия, имя, отчество (полностью)
- Ученая степень
- Место работы (полное название организации и подразделения)
- Должность
- Почтовый адрес места работы
- Контактные телефоны (служебный, домашний, мобильный), e-mail
- Отдельно следует выделить автора, ответственного за связь с редакцией, и указать его контактные e-mail и мобильный телефон

По представленной форме заполняется Авторская справка <http://sibvest.elpub.ru/>, в которой должно быть выражено согласие на открытое опубликование статьи в печатном варианте журнала и его электронной копии в сети Интернет. Автор, подписывая рукопись и направляя ее в редакцию, тем самым передает авторские права на издание этой статьи СФНЦА РАН.

Полный пакет документов (сопроводительное письмо, анкеты авторов, авторская справка, статья на одной стороне стандартного листа формата А4) направить по адресу: 630501, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, а/я 463, научно-организационный отдел СФНЦА РАН.

Необходимо также предоставить электронный вариант рукописи по электронной почте: vestnik.nsk@ngs.ru. Запись на электронном носителе должна быть идентична оригиналу на бумаге. Текст оформляется в программе Word кеглем 14, шрифтом Times New Roman с интервалом 1,5, все поля 2,0 см, нумерация страниц внизу и посередине. Объем статьи, включая таблицы, иллюстрации и библиографию, не должен превышать 15 страниц компьютерного набора; статей, размещаемых в рубриках «Из диссертационных работ» и «Краткие сообщения», – не более 5 страниц.

Число публикаций одного автора в номере журнала не должно превышать двух, при этом вторая статья допустима лишь в соавторстве.

Плата за публикацию статей в журнале с аспирантов не взимается, для иных авторов статьи в журнале публикуются на платной основе. После прохождения рецензирования рукописи редакция направляет в адрес организации или автора счет для оплаты.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК

Заголовок статьи (не более 70 знаков)

Фамилия и инициалы автора, полное официальное название научного учреждения, в котором проведены исследования, а также его полный почтовый адрес (включая индекс, город и страну). Если в подготовке статьи принимали участие авторы из разных учреждений, необходимо указать принадлежность каждого автора к конкретному учреждению с помощью надстрочного индекса. Необходимо официальное англоязычное название учреждения для блока информации на английском языке.

Информация о конфликте интересов либо его отсутствии. Автор обязан уведомить редактора о реальном или потенциальном конфликте интересов, включив информацию о конфликте интересов в соответствующий раздел статьи. Если конфликта интересов нет, автор должен также сообщить об этом. Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

Реферат. Реферат является кратким и последовательным изложением материала статьи по основным разделам и должен отражать основное содержание, следовать логике изложения материала и описания результатов в статье с приведением конкретных данных. Объем реферата не менее 200–250 слов. Не следует включать впервые введенные термины, аббревиатуры (за исключением общеизвестных), ссылки на литературу. В реферате не следует подчеркивать новизну, актуальность и личный вклад автора; место исследования необходимо указывать до области (края), не упоминать конкретные организации.

Ключевые слова. 5–7 слов по теме статьи. Желательно, чтобы ключевые слова дополняли аннотацию и название статьи.

Основной текст статьи. При изложении оригинальных экспериментальных данных рекомендуется использовать подзаголовки:

Введение (постановка проблемы, цель, задачи исследования)

Материалы и методы (условия, методы (методика) исследований, описание объекта, место и время проведения)

Результаты и обсуждение

Заключение или Выводы

Теоретические, обзорные и проблемные статьи могут иметь произвольную структуру, но обязательно должны содержать реферат, ключевые слова, список литературы.

Список литературы. Библиографический список должен быть оформлен в виде общего списка в порядке цитирования в тексте (не менее 15 источников), желательны ссылки на источники 2–3-летнего срока давности. Список литературы должен быть оформлен в соответствии с требованиями и правилами составления библиографической ссылки (ГОСТ Р 7.05–2008). В тексте ссылка на источник отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на тех языках, на которых она издана. В библиографическое описание публикации необходимо вносить всех авторов, не сокращая их одним, тремя и т.п. Недопустимо сокращение названий статей, журналов, издательств. В список литературы включаются только рецензируемые источники: статьи из научных журналов и монографии, упоминающиеся в тексте статьи.

REFERENCES составляется в том же порядке, что и русскоязычный вариант, по следующим правилам:

Фамилии И.О. авторов в транслитерированном варианте, транслитерация названия статьи [перевод названия статьи на английский язык в квадратных скобках], транслитерация названия русскоязычного источника [перевод названия источника на английский язык], через запятую город, транслитерация названия издательства [перевод на английском языке], год, количество страниц (для журнала: год, номер, страницы). (In Russian).

Транслитерация осуществляется через сайт: <https://antropophob.ru/translit-bsi>

Пример: Avtor A.A., Avtor B.B., Avtor C.C. Nazvanie stat'i [Title of article].

транслитерация авторов транслитерация статьи название статьи на английском языке
Zaglavie jurnala [Title of Journal], 2012, vol. 10, no. 2, pp. 49–54.

транслитерация источника название источника на английском языке

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ И REFERENCES

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Монография

Климова Э.В. Полевые культуры Забайкалья: монография. Чита: Поиск, 2001. 392 с.

Часть книги

Холмов В.Г. Минимальная обработка кулисного пара под яровую пшеницу при интенсификации земледелия в южной лесостепи Западной Сибири // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. М.: Агропромиздат, 1990. С. 230–235.

Периодическое издание

Пакуль А.Л., Лапшинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Технологические качества зерна мягкой яровой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 4. С. 27–35. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4

REFERENCES

Монография

Klimova E.V. *Polevye kul'tury Zabaikal'ya* [Field crops of Zabaikalya]. Chita, Poisk Publ., 2001, 392 p. (In Russian).

Часть книги

Kholmov V.G. Minimal'naya obrabotka kulisnogo para pod yarovuyu pshenitsu pri intensifikatsii zemledeliya v yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri. [Minimum tillage of coulisse-strip fallow for spring wheat with intensification of arable agriculture in southern forest-steppe of Western Siberia] *Resursosberegayushchie sistemy obrabotki pochvy* [Resource-saving tillage systems]. Moscow, Agropromizdat [Agro-industrial press], 1990, pp. 230–235. (In Russian).

Периодическое издание

Pakul A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul V.N. Tekhnologicheskie kachestva zerna myagkoi yarvoi pshenitsy v zavisimosti ot sistemy obrabotki pochvy [Technological grain qualities of spring common wheat depending on the system of soil tillage]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, vol. 48, no. 4, pp. 27–35. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4

Если необходимо сослаться на авторефераты, диссертации, сборники статей, учебники, учебные пособия, ГОСТы, информацию с сайтов, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и прочее, то такую информацию следует оформить в *сноски* в конце страницы. Сноски нумеруются арабскими цифрами, размещаются постранично сквозной нумерацией.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СНОСКИ:

Цитируемый текст.¹

¹Климова Э.В., Андреева О.Т., Темникова Г.П. Пути стабилизации кормопроизводства Забайкалья // Проблемы и перспективы совершенствования зональных систем земледелия в современных условиях: материалы науч.-практ. конф. (Чита, 16–17 октября 2008 г.). Чита, 2009. С. 36–39.

Цифровой идентификатор Digital Object Identifier – DOI (когда он есть у цитируемого материала) необходимо указывать в конце библиографической ссылки.

Пример:

Chu T., Starek M.J., Brewer M.J., Murray S.C., Pruter L.S. Assessing lodging severity over an experimental maize (*Zea mays* L.) field using UAS images // Remote Sensing. 2017. Vol. 9, P. 923. DOI: 10.3390/rs9090923

Наличие DOI статьи следует проверять на сайте <http://search.crossref.org/> или <https://www.citethisforme.com>. Для этого нужно ввести в поисковую строку название статьи на английском языке.

БЛАГОДАРНОСТИ

В этом разделе указываются все источники финансирования исследования, а также благодарности людям, которые участвовали в работе над статьей, но не являются ее авторами.

РИСУНКИ, ТАБЛИЦЫ, СКРИНШОТЫ И ФОТОГРАФИИ

Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Все рисунки должны иметь подрисуночные подписи. Подрисуночную подпись необходимо перевести на английский язык. Рисунки нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если рисунок в тексте один, то он не нумеруется. Отсылки на рисунки оформляются следующим образом: «На рис. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. рис. 3)». Подрисуночная подпись включает порядковый номер рисунка и его название. Выравнивается по центру: «Рис. 2. Описание жизненно важных процессов». Точка после подрисуночной подписи не ставится. Перевод подрисуночной подписи следует располагать после подрисуночной подписи на русском языке.

Таблицы должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Предпочтительны таблицы, пригодные для редактирования, а не отсканированные или в виде рисунков. Все таблицы должны иметь заголовки. Название таблицы должно быть переведено на английский язык. Таблицы нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если таблица в тексте одна, то она не нумеруется. Отсылки на таблицы оформляются следующим образом: «В табл. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. табл. 3)». Заголовок таблицы включает порядковый номер таблицы и ее название. Выравнивается по центру: «Табл. 2. Описание

жизненно важных процессов». Точка после заголовка таблицы не ставится. Перевод заголовка таблицы следует располагать после заголовка таблицы на русском языке.

Следует обратить внимание на написание формул в статье. Во избежание путаницы необходимо греческие (α , β , π и др.), русские (А, а, Б, б и др.) буквы и цифры писать прямым шрифтом, латинские – курсивным (*W*, *Z*, *m*, *n* и др.). Математические знаки и символы нужно писать также прямым шрифтом. Необходимо четко указывать верхние и нижние надстрочные символы (W^1 , F_1 и др.).

Фотографии, скриншоты и другие нерисованные иллюстрации необходимо загружать отдельно в специальном разделе формы для подачи статьи в виде файлов формата *.jpeg, *.bmp, *.gif (*.doc и *.docx – в случае, если на изображение нанесены дополнительные пометки). Разрешение изображения должно быть >300 dpi. Файлам изображений необходимо присвоить название, соответствующее номеру рисунка в тексте. В описании файла следует отдельно привести подрисовочную подпись, которая должна соответствовать названию фотографии, помещаемой в текст.

Редакция просит авторов при подготовке статей руководствоваться изложенными выше правилами. Статьи, оформленные не по правилам, будут возвращаться авторам без рассмотрения.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЖУРНАЛОМ И АВТОРОМ

Редакция журнала ведет переписку с ответственным (контактным) автором, однако при желании коллектива авторов письма могут направляться всем авторам, для которых указан адрес электронной почты.

Все поступающие в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» статьи проходят предварительную проверку на соответствие формальным требованиям. На этом этапе статья может быть возвращена автору (авторам) на доработку с просьбой устранить ошибки или добавить недостающие данные. Также на этом этапе статья может быть отклонена из-за несоответствия ее целям журнала, отсутствия оригинальности, малой научной ценности.

Все научные статьи, поступившие в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки», проходят обязательное двухстороннее «слепое» рецензирование (double-blind – автор и рецензент не знают друг о друге). Рукописи направляются по профилю научного исследования на рецензию членам редакционной коллегии.

В спорных случаях редактор может привлечь к процессу рецензирования нескольких специалистов, а также главного редактора. При положительном заключении рецензента статья передается редактору для подготовки к печати.

При принятии решения о доработке статьи замечания и комментарии рецензента передаются автору. Автору дается 2 месяца на устранение замечаний. Если в течение этого срока автор не уведомил редакцию о планируемых действиях, статья снимается с очереди публикации.

При принятии решения об отказе в публикации статьи автору отправляется соответствующее решение редакции.

Ответственному (контактному) автору принятой к публикации статьи направляется финальная версия верстки, которую он обязан проверить.

ПОРЯДОК ПЕРЕСМОТРА РЕШЕНИЙ РЕДАКТОРА/РЕЦЕНЗЕНТА

Если автор не согласен с заключением рецензента и/или редактора или отдельными замечаниями, он может оспорить принятое решение. Для этого автору необходимо:

- исправить рукопись статьи согласно обоснованным комментариям рецензентов и редакторов;
- ясно изложить свою позицию по рассматриваемому вопросу.

Редакторы содействуют повторной подаче рукописей, которые потенциально могли бы быть приняты, однако были отклонены из-за необходимости внесения существенных изменений или сбора дополнительных данных, и готовы подробно объяснить, что требуется исправить в рукописи для того, чтобы она была принята к публикации.

ДЕЙСТВИЯ РЕДАКЦИИ В СЛУЧАЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛАГИАТА, ФАБРИКАЦИИ ИЛИ ФАЛЬСИФИКАЦИИ ДАННЫХ

Редакция научного журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» в своей работе руководствуется традиционными этическими принципами научной периодики и сводом принципов «Кодекса этики научных публикаций», разработанным и утвержденным Комитетом по этике научных публикаций, требуя соблюдения этих правил от всех участников издательского процесса.

ИСПРАВЛЕНИЕ ОШИБОК И ОТЗЫВ СТАТЬИ

В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, влияющих на ее восприятие, но не искажающих изложенные результаты исследования, они могут быть исправлены путем замены pdf-файла статьи. В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, искажающих результаты исследования, либо в случае плагиата, обнаружения недобросовестного поведения автора (авторов), связанного с фальсификацией и/или фабрикацией данных, статья может быть отозвана. Инициатором отзыва статьи может быть редакция, автор, организация, частное лицо. Отзыванная статья помечается знаком «Статья отозвана», на странице статьи размещается информация о причине отзыва статьи. Информация об отзыве статьи направляется в базы данных, в которых индексируется журнал.

УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ!

*Подписка на журнал
«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
принимается в почтовых отделениях ФГУП «Почта России»
и в других организациях, осуществляющих прием подписки*

*В каталоге «Газеты. Журналы»
ОАО Агентство «Роспечать»
подписной индекс 46808*

*На годовой комплект журналов
или отдельные номера можно подписаться
в редакции*

*Полнотекстовая версия журнала
«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
размещена на сайте Научной электронной библиотеки:
<http://www.elibrary.ru>*

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

Volume 49, No 6 (271)



2019
November-December

Editor-in-Chief A.S. DONCHENKO, RAS Member
Deputy Editor-in-Chief O.N. ZHITELEVA

EDITORIAL BOARD:

V.V. Alt	RAS Member, Novosibirsk, Russia
O.S. Afanassenko	RAS Member, Saint-Petersburg, Russia
A.N. Vlasenko	RAS Member, Novosibirsk, Russia
N.G. Vlasenko	RAS Member, Novosibirsk, Russia
N.P. Goncharov	RAS Member Novosibirsk, Russia
I.M. Gorobey	Doctor of Science in Agriculture, Novosibirsk, Russia
M.I. Gulyukin	RAS Member, Moscow, Russia
V.N. Delyagin	Doctor of Science in Engineering, Novosibirsk, Russia
I.M. Donnik	RAS Member, Moscow, Russia
N.A. Donchenko	Corresponding Member, Novosibirsk, Russia
N.M. Ivanov	Corresponding Member, Novosibirsk, Russia
A. Yu. Izmailov	RAS Member, Moscow, Russia
V.K. Kalichkin	Doctor of Science in Agriculture, Novosibirsk, Russia
N.I. Kashevarov	RAS Member, Novosibirsk, Russia
S.N. Mager	Doctor of Science in Biology, Novosibirsk, Russia
S.P. Ozornin	Doctor of Science in Engineering, Chita, Russia,
V.L. Petukhov	Doctor of Science in Biology, Novosibirsk, Russia
R.I. Polyudina	Doctor of Science in Agriculture, Novosibirsk, Russia
M.I. Selionova	Doctor of Science in Biology, Stavropol, Russia
V.A. Soloshenko	RAS Member, Novosibirsk, Russia
N.A. Surin	RAS Member, Krasnoyarsk, Russia
I.F. Khrantsov	RAS Member, Omsk, Russia
I.N. Sharkov	Doctor of Science in Biology, Novosibirsk, Russia

Foreign Members of Editorial Board:

V.V. Azarenko	Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Science in Engineering, Academician-Secretary of the Department of Agrarian Sciences NASB, Minsk, Belarus
B. Byambaa	Member of the Mongolian Academy of Sciences, Doctor of Science in Veterinary Medicine, President of the Mongolian Academy of Agricultural Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia
A.M. Nametov	Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University, Rector, Astana, Kazakhstan
V. Nikolov	Professor Doctor, Chairman of the Agricultural Academy of the Republic of Bulgaria, Sofia, Bulgaria.

The scientific journal "Siberian Herald of Agricultural Science" has been 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 should be published.

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

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



www.sibvest.elpub.ru

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