

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
**СИБИРСКИЙ ВЕСТНИК
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ**
SIBIRSKII VESTNIK SEL'SKOKHOZYAISTVENNOI NAUKI

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

ОСНОВАН В 1971 г.

ВЫХОДИТ ШЕСТЬ РАЗ В ГОД

Том 51, № 5 (282)

DOI: 10.26898



2021

сентябрь – октябрь

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

Заместитель главного редактора – Ломбанина Татьяна Александровна, начальник редакционно-издательского отдела Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Россия

Редакционная коллегия:

В.В. Альт	академик РАН, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
О.С. Афанасенко	академик РАН, д-р биол. наук, Санкт-Петербург, Россия
А.Н. Власенко	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
Н.Г. Власенко	академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
Н.П. Гончаров	академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
К.С. Голохваст	член-корреспондент РАО, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
М.И. Гулюкин	академик РАН, д-р вет. наук, Москва, Россия
В.Н. Делягин	д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
И.М. Донник	академик РАН, д-р биол. наук, Москва, Россия
Н.А. Донченко	член-корреспондент РАН, д-р вет. наук, Новосибирск, Россия
Н.М. Иванов	член-корреспондент РАН, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
А.Ю. Измайлов	академик РАН, д-р техн. наук, Москва, Россия
В.К. Каличкин	д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
Н.И. Кашеваров	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
С.Н. Магер	д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
С.П. Озорнин	д-р техн. наук, Чита, Россия
В.Л. Петухов	д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
Р.И. Полюдина	д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
М.И. Селионова	д-р биол. наук, Москва, Россия
В.А. Солошенко	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
Н.А. Сурин	академик РАН, д-р с.-х. наук, Красноярск, Россия
И.Ф. Храмов	академик РАН, д-р с.-х. наук, Омск, Россия
И.Н. Шарков	д-р биол. наук, Новосибирск, Россия

Иностранные члены редколлегии:

В.В. Азаренко	д-р техн. наук, член-корреспондент НАН Беларуси, академик-секретарь Отделения аграрных наук НАН Беларуси, Минск, Беларусь
Б. Бямбаа	д-р вет. наук, академик Академии наук Монголии, президент Монгольской академии аграрных наук, Улан-Батор, Монголия
А.М. Наметов	д-р вет. наук, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан, ректор Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана, Астана, Казахстан
В.С. Николов	д-р вет. наук, председатель Сельскохозяйственной академии Республики Болгария, София, Болгария
Сезай Эркисли	профессор, Университет Атаюрка, Турция
Сейед Али Джохари	профессор, Университет Курдистана, Иран
Сеюн Хван Янг	профессор, Чоннамский национальный университет, Республика Корея



www.sibvest.elpub.ru

Редакторы *Е.В. Мосунова, Г.Н. Ягунова*. Корректор *В.Е. Селянина*. Оператор электронной верстки *Н.Ю. Бориско*. Переводчик *М.Ш. Гаценко*
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: sibvestnik@sfsca.ru, vestnik.nsk@ngs.ru; <https://sibvest.elpub.ru/jour>

Вышел в свет 25.11.2021. Формат 60 × 84 $\frac{1}{8}$. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 16,5.
Уч.-изд. л. 16,0. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агробιοтехнологий Российской академии наук

© ФГБУ «Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук», 2021

© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2021



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

*ЗЕМЛЕДЕЛИЕ
И ХИМИЗАЦИЯ*

*AGRICULTURE
AND CHEMICALIZATION*

- Пакуль А.Л., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. 5** **Pakul A.L., Bozhanova G.V., Pakul V.N.**
Зависимость агрохимических и агрофизических свойств выщелоченного чернозема от системы обработки почвы
Dependence of agrochemical and agro-physical properties of leached chernozem on soil treatment system

- Сырмолот О.В., Кочева Н.С. 20** **Syrmolot O.V., Kocheva N.S.** Совместное использование биопрепаратов и регуляторов роста для повышения урожайности сои и томатов
Combined use of biopreparations and growth regulators to improve soybean and tomato yields

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

PLANT GROWING AND BREEDING

- Мартынова С.В., Пакуль В.Н. 28** **Martynova S.V., Pakul V.N.** Адаптивный потенциал селекционных линий ярового ячменя в условиях Кузнецкой котловины
Adaptive potential of breeding lines of spring barley in conditions of Kuznetsk depression

КОРМОПРОИЗВОДСТВО

FODDER PRODUCTION

- Кашеваров Н.И., Полюдина Р.И., Потопов Д.А. 36** **Kashevarov N.I., Polyudina R.I., Potopov D.A.** Новый сорт сои Горинская
New cultivar of soybean Gorinskaya

- Уразова Л.Д., Литвинчук О.В.** Оценка образцов двукисточника тростникового для рекультивации угольных отвалов **44** **Urazova L.D., Litvinchuk O.V.** Evaluating reed canary grass samples for reclamation of coal dumps

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION

- Пронюшкина А.С., Коваленко Т.К., Ластушкина Е.Н.** Эффективность биологической защиты капусты от вредителей в условиях Приморского края **51** **Pronyushkina A.S., Kovalenko T.K., Lastushkina E.N.** Effectiveness of biological protection of cabbage against pests in the conditions of the Primorsky Territory

ЖИВОТНОВОДСТВО
И ВЕТЕРИНАРИЯANIMAL HUSBANDRY
AND VETERINARY SCIENCE

- Гончаренко Г.М., Гришина Н.Б., Шишкина М.А., Хорошилова Т.С., Халина О.Л., Шукюрова А.М., Авадани Д.А.** Характеристика линий породы крупного рогатого скота Сибирячка по генам *CSN3*, *BLG*, *LALBA*, *LEP* и их связь с молочной продуктивностью **58** **Goncharenko G.M., Grishina N.B., Shishkina M.A., Khoroshilova T.S., Khalina O.L., Shukyurova A.M., Avadani D.A.** Characteristics of the lines of the Sibiryachka cattle breed by genes *CSN3*, *BLG*, *LALBA*, *LEP* and their relationship with dairy productivity

- Бобикова А.С., Черепушкина В.С., Миронова Т.Е., Афонюшкин В.Н., Донченко Н.А., Нefeldова Е.В., Фуди Ян, Коптев В.Ю., Фоменко В.В.** Изучение экспрессии функционально-значимых генов при терапии коронавирусной инфекции у цыплят **68** **Bobikova A.S., Cherepushkina V.S., Mironova T.E., Afonyushkin V.N., Donchenko N.A., Nefedova E.V., Fudi Ya, Koptev V.Yu., Fomenko V.V.** Study of the expression of functionally relevant genes in the treatment of coronavirus infection in chickens

- Савельева Л.Н., Бондарчук М.Л.** Мониторинг болезней органов пищеварения крупного рогатого скота на территории Забайкальского края **77** **Savelyeva L.N., Bondarchuk M.L.** Monitoring of the bovine digestive diseases on the Transbaikal territory

- Нарожных К.Н.** Влияние эколого-географического фактора на содержание тяжелых металлов в легких герефордского скота **83** **Narozhnykh K.N.** Influence of environmental and geographical factor on the heavy metal content in the lungs of hereford cattle

СОДЕРЖАНИЕ

МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

MECHANISATION, AUTOMATION, MODELLING AND DATAWARE

- Каличкин В.К., Лужных Т.А., Риксен В.С., Васильева Н.В., Шпак В.А.** Прогнозирование содержания нитратного азота в почве с использованием машинного обучения **91**
- Kalichkin V.K., Luzhnykh T.A., Riksen V.S., Vasilyeva N.V., Shpak V.A.** Prediction of nitrate nitrogen content in soil using machine learning
- Усолтцев С.Ф., Рыбаков Р.В., Нестяк Г.В., Гончаренко Ю.В.** Суточные колебания диаметра стебля томата как критерий управления поливом **101**
- Usoltsev S.F., Rybakov R.V., Nestyak G.V., Goncharenko Yu.V.** Daily variations in tomato stem diameter as a criterion for irrigation management

ПРОБЛЕМЫ. СУЖДЕНИЯ

PROBLEMS. SOLUTIONS

- Донченко А.С., Мельникова Т.Н., Гарке Т.М., Кретова Е.А.** Парадигма взаимодействия Сибирской научной сельскохозяйственной библиотеки и аграрных научно-исследовательских и образовательных учреждений Сибирского региона **108**
- Donchenko A.S., Melnikova T.N., Garke T.M., Kretova E.A.** Paradigm of interaction of the Siberian scientific agricultural library and agrarian research and educational institutions of the Siberian Region

НАУЧНЫЕ СВЯЗИ

SCIENTIFIC RELATIONS

- Красочко П.А., Понаськов М.А.** Конструирование и изучение иммуногенности вирус-вакцины против вирусных пневмоэнтеритов телят **118**
- Krasochko P.A., Ponaskov M.A.** Design and study of immunogenicity of virus vaccine against viral pneumoenteritis of calves

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

OUR JUBILJARS

- Владимир Андреевич Солошенко** **125** **Vladimir Andreevich Soloshenko**

ПАМЯТИ ТОВАРИЩА

IN MEMORY OF

- Ольга Николаевна Жителева** **127** **Olga Nikolaevna Zhiteleva**



ЗАВИСИМОСТЬ АГРОХИМИЧЕСКИХ И АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА ОТ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Пакуль А.Л., Божанова Г.В., (✉) Пакуль В.Н.

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

(✉) e-mail: vpakyl@mail.ru

Представлены результаты исследований по изучению зависимости агрохимических и агрофизических свойств выщелоченного чернозема от системы обработки почвы. Работа выполнена в 2015–2019 гг. в длительном стационарном полевом опыте в посевах яровой мягкой пшеницы Сибирский Альянс. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный средне-мощный среднетяжелосуглинистый. Предшественниками пшеницы были чистый пар, сидеральный пар (рапс), сидеральный пар (донник). Изучены следующие системы обработки почвы: отвальная глубокая (контроль), комбинированная глубокая, комбинированная минимальная, отвальная минимальная. Отмечено преимущество по содержанию нитратного азота в почве до посева, в фазу кушения и колошения пшеницы по предшественнику сидеральный пар (рапс) при использовании отвальной минимальной системы обработки (осенью заделка сидеральной культуры БДТ-3). Установлено влияние системы обработки на содержание нитратного азота в почве в фазу кушения пшеницы – 15,5%, условий года – 12,9, взаимодействия данных факторов – 20,1%. Выявлена положительная взаимосвязь между содержанием нитратного азота в почве и количеством подвижного фосфора по предшественнику сидеральный пар (рапс), $r = 0,7118-0,8917$ ($R = 0,9500$). Высокие показатели содержания P_2O_5 (от 150 мг/кг и выше) отмечены в среднем за 5 лет в фазу колошения пшеницы – от 145,0 до 165,6 мг/кг. Максимальные значения P_2O_5 выявлены по сидеральному пару (рапс) при комбинированной минимальной и отвальной минимальной системах обработки почвы. Достоверное превышение содержания обменного калия в сравнении с контролем по средним показателям за 2015–2019 гг. отмечено при комбинированной глубокой системе обработки – 5,0 мг/кг ($НСР_{05}$). При остальных изучаемых системах обработки показатели находились на уровне контроля. Выявлены более высокие коэффициенты структурности при отвальной глубокой системе обработки (контроль) – 2,54, комбинированной минимальной – 2,47, отвальной минимальной – 2,23 по предшественнику сидеральный пар (рапс); по сидеральному пару (донник) – 2,98 (отвальная глубокая). При увеличении коэффициента структурности отмечено снижение показателя плотности сложения почвы, $r = -0,3499$ ($R = 0,5760$). Выявлена тенденция к снижению плотности сложения почвы до 0,98 г/см³ по предшественнику сидеральный пар (рапс) при минимализации обработки почвы: комбинированной отвальной и минимальной отвальной; при отвальной глубокой (контроль) – 1,02 г/см³. В результате корреляционного анализа установлено, что при увеличении плотности сложения почвы снижается содержание P_2O_5 , $r = -0,4898$, K_2O , $r = -0,2530$.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, система обработки почвы, предшественник, агрофизические свойства почвы, водопрочные макроагрегаты, плотность почвы, агрохимические свойства почвы

DEPENDENCE OF AGROCHEMICAL AND AGROPHYSICAL PROPERTIES OF LEACHED CHERNOZEM ON SOIL TREATMENT SYSTEM

Pakul A.L., Bozhanova G.V., (✉) Pakul V.N.

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

Kemerovo region, Russia

(✉) e-mail: vpakyl@mail.ru

The results of research on the dependence of agrochemical and agrophysical properties of leached chernozem on the system of soil treatment are presented. The work was performed in 2015–2019 in a long-term stationary field experiment in crops of spring soft wheat Siberian Alliance. The soil of the experimental site is medium-powered medium-humus heavy-loamy leached chernozem. Wheat was preceded by clean fallow, green fallow (rape), green fallow (cloverleaf). The following tillage systems were studied: deep moldboard (control), deep combined, minimum combined, minimum moldboard. There is an advantage in nitrate nitrogen content in the soil before sowing, in the phase of tillering and earing of wheat on the preceding cereal fallow (rape) when using the minimum tillage system (in autumn the break crop BDT-3 is planted). The effect of the tillage system on the nitrate nitrogen content in the soil in the phase of bushing of wheat - 15,5%, conditions of the year - 12,9, the interaction of these factors - 20,1% was determined. A positive relationship between the content of nitrate nitrogen in the soil and the amount of mobile phosphorus on the precursor green fallow (rape), $r = 0.7118-0.8917$ ($R = 0.9500$), was detected. High P_2O_5 content (from 150 mg/kg and above) was recorded on average for 5 years during the earing phase of wheat - 145.0 to 165.6 mg/kg. Maximum P_2O_5 values were detected for green fallow (rape) under minimum combined and minimum moldboard systems. A significant increase in exchangeable potassium content over the control average for 2015-2019 was observed with the deep combined tillage system - 5.0 mg/kg (NSR_{05}). With the other tillage systems studied, the figures were at the control level. Higher soil pedality coefficients were revealed with a deep moldboard processing system (control) - 2.54, a minimum combined - 2.47, a minimum moldboard - 2.23 according to the predecessor green fallow (rapeseed); for green fallow (melilot) - 2.98 (deep moldboard). With an increase in the pedality coefficient, there was a decrease in the soil bulk density index, $r = -0.3499$ ($R = 0.5760$). A tendency was revealed towards a decrease in the soil bulk density to 0.98 g/cm³ according to the predecessor green fallow (rapeseed) with minimization of soil cultivation: combined moldboard and minimum moldboard; with a deep moldboard (control) - 1.02 g/cm³. As a result of the correlation analysis, it was found that with an increase in the soil bulk density, the content of P_2O_5 , $r = -0.4898$, K_2O , $r = -0.2530$, decreases.

Keywords: spring soft wheat, soil tillage system, predecessor, soil agrophysical properties, waterproof macroaggregates, soil density, soil agrochemical properties

Для цитирования: Пакуль А.Л., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Зависимость агрохимических и агрофизических свойств выщелоченного чернозема от системы обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 5. С. 5–19. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-1>

For citation: Pakul A.L., Bozhanova G.V., Pakul V.N. Dependence of agrochemical and agrophysical properties of leached chernozem on soil treatment system. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 5, pp. 5–19. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-1>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена в рамках государственного задания «Разработать эффективные системы повышения и стабилизации продуктивности агрофитоценозов на основе оптимального сочетания химических и биологических средств управления плодородием почвы и фитосанитарным состоянием посевов для производства высококачественной, экологически чистой продукции на лесостепных черноземах Западной Сибири» № 0533-2021-0005 в Кемеровском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – филиале Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук.

Acknowledgments

The work was carried out within the framework of the state task: "To develop effective systems for increasing and stabilizing the productivity of agrophytocenoses on the basis of an optimal combination of chemical and biological control means of soil fertility and phytosanitary state of the crops to produce high-quality, environmentally friendly products on the forest-steppe chernozems of the Western Siberia" № 0533-2021-0005 at the Kemerovo Research Institute of Agriculture - Branch of the Siberian Federal Scientific Center for Agro-Biotechnologies of the Russian Academy of Sciences.

ВВЕДЕНИЕ

Агрохимические свойства почвы обуславливают плодородие почвы^{1,2}.

Минеральное питание – один из основных регулируемых факторов, используемых для целенаправленного управления ростом и развитием растений. Необходимое условие высокой продуктивности сельскохозяйственных культур – оптимальная по сбалансированности система питания растений [1–3].

При прохождении процессов минерализации органического вещества почвы происходит мобилизация азота вследствие поглощения микрофлорой и связывания аммиака [4, 5]. Азот относится к элементам, соединения которого играют огромную роль в создании биомассы, функционировании природных и антропогенных систем [6–8]. Оптимизация минерального питания тесно связана с поглощением, транспортом и метаболизмом азота, что обуславливает величину и качество урожая. При достаточном потреблении азота из почвы растения накапливают значительную биомассу в фазу кущения, когда закладывается численная сторона урожая во время 4–5-го этапов органогенеза у зерновых культур (число колосков и цветков в колосе) [9].

Недостаток в фосфорном питании пшеница испытывает раньше, чем в азотном. На дополнительное внесение фосфорных удобрений она отзывается еще до фазы кущения. Если пшеница обеспечена фосфором до колошения, то урожай ее не снижается даже в том случае, когда в более поздние фазы фосфорные удобрения не применяют³.

Содержание подвижных форм фосфора и калия – один из важнейших агрохимических показателей плодородия почв. Хорошая обеспеченность фосфором улучшает углевод-

ный обмен, приводит к накоплению сахаров, что способствует повышению морозоустойчивости и зимостойкости, обеспечивает экономное расходование влаги и увеличение засухоустойчивости растений. При недостатке доступного фосфора замедляется синтез белков, возрастает содержание нитратного азота в тканях растений [10–12].

Оптимальная обеспеченность пахотных почв калием – один из обязательных условий высокой продуктивности выращиваемых культур и устойчивого функционирования агроэкосистем [13, 14].

П.А. Чекмарёв, П.В. Прудников, рассматривая роль калия в земледелии, поясняют, что фундаментальные, физиолого-биохимические и экологические исследования не только подтверждают известные, но и открывают новые функции этого элемента: он усиливает процесс фотосинтеза и ассимиляции CO₂, способствует большему накоплению ассимилянтов в запасных органах растений [15].

Обработка почвы в системе земледелия рассматривается многими учеными как мощный фактор воздействия на ее агрохимические и агрофизические свойства. В России немало примеров эффективности освоения минимальных систем обработки почвы и прямого посева по стерне. В Новосибирской области в хозяйствах «Рубин» и «Новомайское» Краснозерского района, «Степное» Искитимского района, применяя технологию прямого посева на десятках тысяч гектаров, ежегодно получают высокие и стабильные урожаи [16].

Большой вклад в изучение способов и системы обработки почвы на различных уровнях интенсификации внес академик В.И. Кирюшин. Под его руководством в Сибирском НИИ земледелия были заложены стационар-

¹Афонченко Н.В. Влияние способов обработки почвы на содержание минерального азота // Актуальные проблемы земледелия и защиты почв от эрозии: сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. Курск, 2017. С. 87–90.

²Караулова Л.Н. Содержание азота и калия в почвах Курской области // Адаптивно-ландшафтное земледелие: вызовы XXI века: сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. Курск, 2018. С. 189–191.

³Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзорова В.И. Агрохимия. М.: Колос, 2002. 216 с.

ные многофакторные опыты практически во всех почвенно-климатических зонах Новосибирской области⁴.

Обобщение результатов проведенных опытов показало, что при оптимизации минерального питания растений и фитосанитарной ситуации урожайность зерновых культур при различных обработках почвы от отвальной глубокой до нулевой на различных типах почв (чернозем южный тяжелосуглинистый, чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый, чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый, лугово-черноземная почва) не различалась⁵.

В процессе обработки почвы особенно сильно проявляются механические факторы структурообразования. При работе почвообрабатывающих орудий наибольшее количество макроагрегатов образуется при физической спелости почвы [17].

Цель исследований – изучить зависимость агрохимических и агрофизических свойств выщелоченного чернозема от системы обработки почвы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работу проводили в длительном стационарном полевом опыте в Кемеровском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – филиале Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднеспелый среднегумусный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса в пахотном слое 8,2%. Исследования проводили в четырехпольном зернопаровом севообороте (пар – пшеница – горох – ячмень) по следующим системам обработки почвы: отвальной глубокой, комбинированной глубокой, комбинированной минимальной, отвальной минимальной.

Системы обработки почвы:

– отвальная глубокая: ежегодно под все культуры основная обработка – вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 25–27 см, весной

закрытие влаги БЗТ-1, С-11, предпосевная культивация АКП «Лидер-2,1»;

– комбинированная глубокая: ежегодно под все культуры плоскорезная основная обработка на глубину 25–27 см плоскорезом КПП-250, весной закрытие влаги БЗТ-1, С-11, предпосевная культивация КПС-4,2;

– комбинированная минимальная: ежегодно под все культуры плоскорезная основная обработка на глубину 12–14 см плоскорезом КПП-250, весной закрытие влаги БЗТ-1, С-11, предпосевная культивация КППЭ-3,8;

– отвальная минимальная: ежегодно по предшественникам чистый и сидеральный пар осенняя обработка БДТ-3, весной прямой посев посевным комплексом.

Посев на всех вариантах проводили посевным комплексом Томь-5,1 с одновременным внесением 1,0 ц/га аммофоса ($N_{12}P_{52}$). Площадь опытных делянок по обработкам почвы 4720 м², учетная – 100 м², повторность четырехкратная. Высевали сорт яровой мягкой пшеницы Сибирский Альянс по трем предшественникам: чистому пару, сидеральному пару (рапс) и сидеральному пару (донник).

Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом в метровом слое по фазам развития ярового ячменя⁶, агрофизические свойства почвы – по методике Н.А. Качинского⁷, плотность сложения (dv) – как массу абсолютно сухой почвы (M) в единице объема почвы (V) со всеми свойственными естественной почве пустотами ($г/см^3$) ($dv = M/V$). Плотность почвы устанавливали по слоям, затем рассчитывали на слой 40 см. Агрегатный состав почвы определяли методом Н.И. Саввинова, который основан на возможности разделения почвы на фракции на ситах с отверстиями различного диаметра (см. сноску 7).

Учет урожая зерна проводили методом сплошной уборки селекционным комбайном Сампо-130. Показатели урожая зерна приведены к 100%-й чистоте и 14%-й влажности

⁴Кирюшин В.И. Методологическая концепция развития земледелия в Сибири: методические рекомендации. Новосибирск, 1989. 45 с.

⁵Власенко А.Н. Научные основы минимализации систем основной обработки почвы в лесостепи Западной Сибири. Новосибирск, 1994. 76 с.

⁶Практикум по почвоведению / под ред. И.С. Кауричева; 3-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1980. 272 с.

⁷Качинский Н.А. Физика почв. М.: Высшая школа, 1965. 318 с.

по ГОСТ 13586.5–936⁸. Статистическая обработка полученных данных проведена методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову⁹ с использованием компьютерных программ О.Д. Сорокина¹⁰.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За годы проведения исследований (2015–2019) содержание нитратного азота в посевах яровой мягкой пшеницы в период вегетации было различным (см. табл. 1). Специфика поведения нитратного азота в почве такова, что контроль его наличия необходимо проводить ежегодно до посева. Нитратный азот находится в почвенном растворе, поэтому колебания его содержания в пахотном слое в течение вегетационного периода существенно зависят от условий увлажнения [18].

За годы проведения исследований содержание нитратного азота до посева по средним

показателям составило в 2015 г. 13,6 мг/кг почвы, 2016 г. – 10,0, 2017 г. – 21,8, 2018 г. – 12,0, 2019 г. – 11,9 мг/кг. Выявлена доля влияния условий года на содержание нитратного азота до посева – 48,6%, системы обработки почвы – 7,7%.

До посева содержание N-NO₃ в среднем за 5 лет по предшественнику чистый пар составило 10,6–17,5 мг/кг почвы, преимущество имеют минимальные системы обработки почвы – комбинированная и отвальная: 17,5 и 17,4 мг/кг почвы соответственно. Такая тенденция сохраняется по предшественнику сидеральный пар (рапс) и сидеральный пар (донник). По рапсу достоверное преимущество по содержанию N-NO₃ имела отвальная минимальная система обработки почвы, превышение к контролю (отвальная глубокая) 2,1 мг/кг почвы (НСР₀₅ = 1,83).

Содержание нитратного азота увеличилось в сравнении с контролем по предше-

Табл. 1. Содержание N-NO₃ в посевах яровой мягкой пшеницы Сибирский Альянс в слое почвы 0–40 см (2015–2019 гг.), мг/кг почвы

Table 1. The content of N-NO₃ in crops of spring soft wheat Siberian Alliance in the soil layer is 0-40 cm, mg/kg of soil (2015-2019)

Система обработки почвы	До посева	Фаза кущения	Фаза колошения
<i>Предшественник чистый пар</i>			
Отвальная глубокая (контроль)	10,6	16,3	15,4
Комбинированная глубокая	14,5	22,0	11,7
Комбинированная минимальная	17,5	22,2	14,3
Отвальная минимальная	17,4	21,8	14,9
<i>Предшественник сидеральный пар (рапс)</i>			
Отвальная глубокая (контроль)	12,5	19,9	14,5
Комбинированная глубокая	13,7	20,6	14,5
Комбинированная минимальная	13,5	19,3	15,5
Отвальная минимальная	14,6	28,3	16,8
<i>Предшественник сидеральный пар (донник)</i>			
Отвальная глубокая (контроль)	10,3	19,1	12,2
Комбинированная глубокая	12,4	19,8	11,7
Комбинированная минимальная	13,9	21,7	13,6
Отвальная минимальная	15,7	27,9	11,9

Среднее по факторам, N-NO₃, мг/кг почвы; система обработки почвы: отвальная глубокая – 14,5, комбинированная глубокая – 15,7, комбинированная минимальная – 16,8, отвальная минимальная – 18,8; фазы развития: до посева – 13,9, фаза кущения – 21,6, фаза колошения – 13,9; предшественник: чистый пар – 16,5, сидеральный пар (рапс) – 17,0, сидеральный пар (донник) – 15,9; НСР₀₅ по факторам, мг/кг почвы: система обработки почвы – 1,83, предшественник – 1,59, фазы развития – 1,59.

⁸Межгосударственный стандарт. Зерно. Методы анализа: Сб. ГОСТов. М.: ИПК, 2001.

⁹Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 415 с.

¹⁰Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: РПО СО РАСХН, 2004. 162 с.

стеннику сидеральный пар (донник) при комбинированной глубокой системе обработки на 2,1 мг/кг почвы, комбинированной минимальной – на 3,6, отвальной минимальной – на 5,4 мг/кг.

Внесение аммофоса ($N_{12}P_{52}$) одновременно с посевом, прохождение процессов нитрификации в почве увеличили содержание нитратного азота в почве к фазе кущения яровой мягкой пшеницы. Наиболее высокое содержание $N-NO_3$ отмечено по предшественникам сидеральный пар (донник) и сидеральный пар (рапс) при использовании отвальной минимальной системы обработки почвы (осенью заделка сидеральной культуры БДТ-3) – 27,9 и 28,3 мг/кг почвы соответственно.

Повышенное содержание нитратного азота в фазу кущения отмечено за 2015–2019 гг. при использовании комбинированных глубокой и минимальной систем обработки почвы: по предшественнику чистый пар – 22,0–22,2 мг/кг почвы, сидеральный пар (рапс) – 20,6 и 19,3, сидеральный пар (донник) – 19,8 и 21,7 мг/кг соответственно. При отвальной глубокой системе обработки почвы содержание $N-NO_3$ в зависимости от предшественника равно 16,3–19,9 мг/кг почвы. Влияние системы обработки на содержание нитратного азота в почве в фазу кущения яровой мягкой пшеницы составило 15,5%, условий года – 12,9, взаимодействие данных факторов – 20,1%.

Влияние условий года определялось в большей степени влагообеспеченностью. Установлена положительная взаимосвязь между гидротермическим коэффициентом (ГТК) в период вегетации и содержанием нитратного азота в фазу восковой спелости яровой мягкой пшеницы. По предшественнику чистый пар такая корреляционная взаимосвязь отмечена в 2015–2018 гг.: $r = 0,5315-0,9736^*$ (* – здесь и далее по тексту означает выше порога достоверности), по рапсу в 2017–2018 гг. $r = 0,3204-0,8690$, по доннику в 2015–2016 гг. $r = 0,7313-0,9730^*$.

По средним показателям за 5 лет (2015–2019) достоверно высокое содержание продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см в период посева отмечено по предшественникам чистый пар и сидеральный пар (рапс) при отвальной минимальной системе обработ-

ки почвы – 29,7 мм, при отвальной глубокой (контроль) – 26,3 и 27,4 мм соответственно (см. табл. 2).

По средним показателям за 2015–2019 гг. наибольшее содержание продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см отмечено в фазу кущения по предшественнику сидеральный пар (рапс) при отвальной минимальной системе обработки почвы (27,3 мм) по сравнению с контролем (отвальная глубокая, 22,7 мм), по предшественнику чистый пар при комбинированной минимальной – 25,4 мм (контроль – 20,2 мм). По чистому пару запасы продуктивной влаги при отвальной минимальной системе обработки почвы выше в сравнении с контролем на 3,2 мм. По сидеральному пару (донник) запасы продуктивной влаги по всем системам обработки почвы на уровне контроля – 23,9–24,2 мм (контроль – 20,3 мм, $НСР_{05} = 4,69$). Результаты дисперсионного анализа показали, что наибольшее (21,3%) влияние на содержание продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы оказали системы обработки почвы, влияние предшественника не установлено.

К фазе колошения яровой мягкой пшеницы в условиях северной лесостепи Кузнецкой котловины отмечено ежегодное выпадение осадков, содержание продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы по средним показателям за 2015–2019 гг. достаточно высокое для налива зерна: по чистому пару – 29,5 мм, сидеральному (рапс) – 29,9, доннику – 31,0 мм. Выявлена доля влияния системы обработки почвы на содержание продуктивной влаги в фазу кущения в слое почвы 0–100 см – 4,6%, в фазу колошения данного влияния не установлено.

При использовании минимальных технологий с введением в севооборот сидеральных культур и многолетних трав, сохранением стерневых фонов повышается в ризосфере биологическая активность почвы, происходит минерализация органического вещества с высвобождением доступных форм элементов питания, в частности нитратного азота [19].

При использовании растениями яровой мягкой пшеницы нитратного азота от фазы кущения к фазе колошения его содержание снизилось в среднем на 35,7% (от 21,6 до 13,9 мг/кг почвы). Отмечено влияние систе-

Табл. 2. Запасы продуктивной влаги в посевах яровой мягкой пшеницы в слое почвы 0–20 см (2015–2019 гг.), мм

Table 2. Reserves of productive moisture in crops of spring soft wheat in the soil layer 0–20 cm (2015–2019), mm

Система обработки почвы	Посев	Кущение	Колошение
<i>Предшественник чистый пар</i>			
Отвальная глубокая (контроль)	26,3	20,2	27,7
Комбинированная глубокая	25,8	21,4	31,1
Комбинированная минимальная	26,9	25,4	29,9
Отвальная минимальная	29,7	23,4	29,2
<i>Предшественник сидеральный пар (рапс)</i>			
Отвальная глубокая (контроль)	27,4	22,7	29,5
Комбинированная глубокая	27,6	19,0	30,6
Комбинированная минимальная	27,7	21,3	30,8
Отвальная минимальная	29,7	27,3	28,8
<i>Предшественник сидеральный пар (донник)</i>			
Отвальная глубокая (контроль)	24,8	20,3	30,4
Комбинированная глубокая	25,5	23,9	30,5
Комбинированная минимальная	26,1	24,2	31,8
Отвальная минимальная	26,7	24,0	31,4

НСР₀₅ по факторам (посев): система обработки почвы – 2,0, предшественник – 1,74.

НСР₀₅ по факторам (кущение): система обработки почвы – 4,69, предшественник – 4,06.

НСР₀₅ по факторам (колошение): система обработки почвы – 1,75, предшественник – 1,52.

мы обработки почвы на содержание нитратного азота в почве в фазу колошения – 10,7%, влияние предшественника не установлено. Наибольшее содержание нитратного азота выявлено в данную фазу при отвальной минимальной системе обработки почвы по предшественнику рапс – 16,8 мг/кг почвы, контроль – 14,5 мг/кг.

Подвижные формы фосфора практически не передвигаются по почвенному профилю, поэтому наибольшее значение при оценке обеспеченности им растений имеет его содержание в корнеобитаемом слое почвы (0–40 см). Группировка почв по обеспеченности растений подвижными соединениями фосфора по Чирикову следующая: меньше 20 мг/кг почвы – обеспеченность очень низкая, от 20 до 50 – низкая, от 50 до 100 – средняя, от 100 до 150 – повышенная, от 150 до 200 – высокая, больше 200 мг/кг – очень высокая [20].

Содержание подвижного фосфора по средним показателям за 2015–2019 гг. в посевах яровой мягкой пшеницы Сибирский Альянс независимо от предшественника характеризуется как повышенное: до посева от 132,6 до 148,8 мг/кг почвы, в фазу кущения от 137,4 до 150,0 мг/кг (см. табл. 3).

Высокие показатели содержания P₂O₅ (от 150 мг/кг и выше) отмечены в среднем за 5 лет в фазу колошения – от 145,0 до 165,6 мг/кг. При этом максимальные значения получены по сидеральному пару (рапс) при комбинированной минимальной системе обработки почвы – 160,6 мг/кг почвы – и отвальной минимальной – 165,6 мг/кг, при отвальной глубокой (контроль) – 150,6 мг/кг. Доля влияния системы обработки почвы на содержание подвижного фосфора составила 5,1%, предшественника – 2,8%.

По предшественнику сидеральный пар (донник) также при использовании отвальной минимальной системы обработки отмечено высокое содержание подвижного фосфора в фазу колошения – 161,6 мг/кг почвы (контроль – 151,0 мг/кг).

Корреляционный анализ по результатам наших исследований показал положительную взаимосвязь между содержанием нитратного азота в почве и количеством подвижного фосфора по предшественнику сидеральный пар (рапс), $r = 0,7118–0,8917$ ($R = 0,9500$). В соответствии с увеличением обеспеченности фосфором возрастает микробиологическая

Табл. 3. Содержание P_2O_5 в посевах яровой мягкой пшеницы Сибирский Альянс в слое почвы 0–40 см по фазам развития растений (2015–2019 гг.), мг/кг почвы**Table 3.** P_2O_5 content in spring soft wheat crops Siberian Alliance in soil layer 0–40 cm, mg/kg of soil, by plant development phases (2015–2019)

Система обработки почвы	До посева	Фаза кущения	Фаза колошения
<i>Предшественник чистый пар</i>			
Отвальная глубокая (контроль)	132,6	137,4	154,8
Комбинированная глубокая	140,0	143,0	152,4
Комбинированная минимальная	144,4	147,2	154,6
Отвальная минимальная	139,6	141,0	156,0
<i>Предшественник сидеральный пар (рапс)</i>			
Отвальная глубокая (контроль)	144,2	143,4	150,6
Комбинированная глубокая	143,6	143,0	150,4
Комбинированная минимальная	147,0	147,6	160,6
Отвальная минимальная	139,8	147,2	165,6
<i>Предшественник сидеральный пар (донник)</i>			
Отвальная глубокая (контроль)	148,8	149,2	151,0
Комбинированная глубокая	141,6	142,4	145,0
Комбинированная минимальная	144,0	141,0	147,2
Отвальная минимальная	143,4	150,0	161,6

Среднее по факторам, мг/кг почвы: P_2O_5 , система обработки почвы: отвальная глубокая – 145,8, комбинированная глубокая – 144,6, комбинированная минимальная – 148,2, отвальная минимальная – 149,4; фазы развития: до посева – 142,4, фаза кущения – 144,4, фаза колошения – 154,1; предшественник: чистый пар – 145,3, сидеральный пар (рапс) – 148,6, сидеральный пар (донник) – 147,1; НСР₀₅ по факторам, мг/кг почвы: система обработки почвы – 3,23, предшественник – 2,80, фазы развития – 2,80.

активность почвы, увеличивается содержание нитратного азота [21, 22].

Содержание обменного калия имело различия по вариантам опыта. По средним показателям (2015–2019 гг.) содержание K_2O при отвальной глубокой системе обработки почвы (контроль) – 107,8 мг/кг почвы, комбинированной глубокой – 112,8, комбинированной минимальной – 110,0, отвальной минимальной – 106,2 мг/кг (см. табл. 4).

Достоверное превышение содержания обменного калия в сравнении с контролем отмечено при комбинированной глубокой системе обработки почвы – 5,0 мг/кг (НСР₀₅), при остальных изучаемых системах обработки показатели на уровне контроля.

Влияние системы обработки почвы на содержание обменного калия составило 7,5%, предшественника – 18,5, взаимодействие данных факторов – 12,3%.

Отмечено увеличение содержания обменного калия в период вегетации яровой мягкой пшеницы при комбинированной глубокой системе обработки почвы: по предшественнику чистый пар до посева – 113,2 мг/кг, в фазу

кущения – 101,2, колошения – 117,0 мг/кг, на контроле соответственно – 108,8; 95,2; 106,2 мг/кг. Такая же тенденция выявлена и при использовании комбинированной минимальной системы обработки почвы: превышение к контролю составило 3,8–7,6 мг/кг почвы. По сидеральному пару (рапс) увеличение содержания обменного калия в сравнении с контролем при всех системах обработки почвы или отсутствовало, или было незначительным.

М.Л. Цветков, А.Ф. Колесников по результатам проведенных исследований отмечают, что корни растений донника способны усваивать труднодоступные формы элементов минерального питания растений (калий и фосфор) из глубоких слоев почвы за счет хорошо развитой корневой системы. При посеве в севообороте по предшественнику сидеральный пар (донник) увеличивается содержание в почве подвижного фосфора и обменного калия [23].

По содержанию K_2O до посева яровой мягкой пшеницы по предшественнику сидеральный пар (донник) преимущество

Табл. 4. Содержание K_2O в посевах яровой мягкой пшеницы Сибирский Альянс в слое почвы 0–40 см по фазам развития растений (2015–2019 гг.), мг/кг почвы

Table 4. K_2O content in spring soft wheat crops Siberian Alliance in soil layer 0–40 cm, mg/kg of soil, by plant development phases (2015–2019)

Система обработки почвы	До посева	Фаза кущения	Фаза колошения
<i>Предшественник чистый пар</i>			
Отвальная глубокая (контроль)	108,8	95,2	106,2
Комбинированная глубокая	113,2	101,2	117,0
Комбинированная минимальная	112,6	102,8	110,0
Отвальная минимальная	105,2	92,4	104,2
<i>Предшественник сидеральный пар (рапс)</i>			
Отвальная глубокая (контроль)	102,0	116,4	111,6
Комбинированная глубокая	108,6	120,8	113,6
Комбинированная минимальная	105,6	104,0	110,4
Отвальная минимальная	89,0	105,0	111,0
<i>Предшественник сидеральный пар (донник)</i>			
Отвальная глубокая (контроль)	107,6	106,2	116,0
Комбинированная глубокая	111,8	112,8	116,0
Комбинированная минимальная	120,0	114,2	110,8
Отвальная минимальная	114,0	118,4	116,6

Среднее по факторам, мг/кг почвы: K_2O , система обработки почвы: отвальная глубокая – 107,8, комбинированная глубокая – 112,8, комбинированная минимальная – 110, отвальная минимальная – 106,2; фазы развития: до посева – 108,2, фаза кущения – 107,4, фаза колошения – 111,9; предшественник: чистый пар – 105,7, сидеральный пар (рапс) – 108,2, сидеральный пар (донник) – 113,7; НСР₀₅ по факторам, мг/кг почвы: система обработки почвы – 4,39, предшественник – 3,80, фазы развития – 3,80.

имели комбинированная глубокая система обработки почвы – на 4,2 мг/кг, отвальная минимальная – на 6,4, комбинированная минимальная – на 12,4 мг/кг (в контроле – 107,6 мг/кг) в фазу кущения – на 6,6; 12,2; 8,0 мг/кг соответственно (в контроле – 106,2 мг/кг).

Изменения агрофизических показателей почвы характеризуют процессы, происходящие в почве под влиянием системы ее обработки. При оценке структурного состояния почвы выявлено, что средние показатели по содержанию агрономически ценных агрегатов, наиболее устойчивых к размывающему действию воды (1–3 мм), в зависимости от условий года варьировали в незначительных пределах: 2015 г. – 33,1%, 2016 г. – 34,2, 2017 г. – 34,5, 2018 г. – 35,5, 2019 г. – 33,8% (см. табл. 5).

Отмечено влияние системы обработки почвы на содержание агрономически ценных агрегатов – 10,1%, взаимодействие системы обработки почвы и предшественника усиливает данное влияние до 40,6%.

В среднем за 2015–2019 гг. в зависимости от системы обработки почвы показатели по со-

держанию агрономически ценных агрегатов следующие: отвальная глубокая – 36,0%, комбинированная глубокая – 31,9, комбинированная минимальная – 35,1, отвальная минимальная – 34,0%; по предшественникам: чистый пар – 32,9 %, сидеральный пар (рапс) – 34,5, сидеральный пар (донник) – 35,3%.

В настоящее время существует отчетливая тенденция к минимализации обработки почвы и прямому посеву [24]. Минимализация обработки не ухудшила состояние агрегатного состава почвы: при комбинированной минимальной и отвальной минимальной системах количество агрономически ценных агрегатов находилось на уровне контроля (отвальная глубокая). Структурность почвы можно охарактеризовать не только количеством ценных агрегатов, но и коэффициентом структурности, который показывает отношение содержания агрономически ценных агрегатов к сумме содержания глыбистой и пылевой фракций. Отмечены более высокие коэффициенты структурности при отвальной глубокой системе (контроль) – 2,54, комбинированной минимальной – 2,47, отвальной

Табл. 5. Содержание агрономически ценных агрегатов (1–3 мм), % от воздушно-сухой почвы
Table 5. Content of agronomically valuable aggregates (1–3 mm), % of air-dry soil

Система обработки почвы	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
<i>Предшественник чистый пар</i>					
Отвальная глубокая (контроль)	32,8	30,7	23,0	31,2	31,9
Комбинированная глубокая	31,8	32,6	32,3	33,3	32,2
Комбинированная минимальная	33,9	35,8	34,4	36,0	36,2
Отвальная минимальная	29,8	34,4	37,2	34,1	34,4
<i>Предшественник сидеральный пар (рапс)</i>					
Отвальная глубокая (контроль)	32,4	32,0	39,6	37,7	38,1
Комбинированная глубокая	29,7	33,8	31,1	31,9	31,6
Комбинированная минимальная	37,5	40,0	34,8	35,2	36,9
Отвальная минимальная	29,7	28,5	35,2	37,0	37,7
<i>Предшественник сидеральный пар (донник)</i>					
Отвальная глубокая (контроль)	40,5	42,2	48,5	46,2	33,2
Комбинированная глубокая	30,4	33,2	30,5	33,4	30,8
Комбинированная минимальная	32,7	31,6	33,6	34,6	32,9
Отвальная минимальная	36,2	36,1	34,4	35,2	29,9

Среднее по факторам, %: агрономически ценные частицы 1–3 мм: система обработки почвы: отвальная глубокая – 36,0, комбинированная глубокая – 31,9, комбинированная минимальная – 35,1, отвальная минимальная – 34,0; предшественник: чистый пар – 32,9, сидеральный пар (рапс) – 34,5, сидеральный пар (донник) – 35,3; год исследований: 2015 – 33,1, 2016 – 34,2, 2017 – 34,5, 2018 – 35,5, 2019 – 33,8. НСР₀₅ по факторам, мг/кг почвы: система обработки почвы – 2,4, предшественник – 2,1, годы – 2,7.

минимальной – 2,23 по предшественнику сидеральный пар (рапс) (см. табл. 6).

По предшественнику чистый пар увеличение коэффициента структурности почвы выявлено при использовании комбинированной и отвальной минимальных систем обработки – 2,21 и 2,11 соответственно, при отвальной глубокой (контроль) – 1,66. Влияние системы обработки почвы на коэффициент структурности почвы составило 19,3%, предшественника – 3,65. Наибольшее влияние определено при взаимодействии этих двух факторов – 34,4%. За счет внесения органического вещества при использовании сидеральных культур улучшается структура почвы. По предшественнику сидеральный пар (рапс) при использовании отвальной глубокой обработки почвы коэффициент структурности составил 2,54, по доннику – 2,98.

При увеличении коэффициента структурности отмечено снижение показателя плотности сложения почвы, $r = -0,3499$ ($R = 0,5760$), который является важным при оценке ее агрофизических свойств.

Оптимальная равновесная плотность сложения для основных подтипов черноземов

составляет 1,00–1,25 г/см³. При таких значениях возможно использовать минимальные технологии их обработки [25].

По предшественнику чистый пар плотность сложения почвы составила от 1,00 до 1,04 г/см³. Увеличение на 0,04 г/см³ отмечено при использовании отвальной минимальной системы обработки почвы (см. табл. 7).

Выявлена тенденция к снижению плотности сложения почвы до 0,98 г/см³ по предшественнику сидеральный пар (рапс) при минимализации обработки почвы: комбинированной отвальной и минимальной отвальной, при отвальной глубокой (контроль) – 1,02 г/см³. По всем изучаемым предшественникам при использовании комбинированной глубокой системы обработки почвы отмечено увеличение плотности сложения почвы на 0,01–0,07 г/см³. Условия года в значительной мере оказали влияние на плотность сложения почв – 55,9%, система обработки почвы – 11,1%. В результате корреляционного анализа установлено, что при увеличении плотности сложения почвы происходит снижение содержания P₂O₅, $r = -0,4898$; K₂O, $r = -0,2530$.

Табл. 6. Коэффициент структурности почвы

Table 6. Soil pedality coefficient

Система обработки почвы	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2015–2019 гг.
<i>Предшественник чистый пар</i>						
Отвальная глубокая (контроль)	2,1	1,55	1,34	1,70	1,60	1,66
Комбинированная глубокая	1,94	1,58	1,78	1,75	1,57	1,72
Комбинированная минимальная	2,1	2,24	2,15	2,15	2,39	2,21
Отвальная минимальная	1,58	2,1	2,68	2,05	2,16	2,11
<i>Предшественник сидеральный пар (рапс)</i>						
Отвальная глубокая (контроль)	1,97	2,39	2,78	2,32	3,22	2,54
Комбинированная глубокая	1,58	1,62	1,44	1,47	1,56	1,53
Комбинированная минимальная	2,87	3,03	1,90	1,86	2,69	2,47
Отвальная минимальная	2,60	1,57	2,26	2,26	2,45	2,23
<i>Предшественник сидеральный пар (донник)</i>						
Отвальная глубокая (контроль)	2,82	3,01	3,89	3,20	1,98	2,98
Комбинированная глубокая	1,59	2,12	1,69	1,72	1,98	1,82
Комбинированная минимальная	1,75	1,82	1,75	1,78	2,00	1,82
Отвальная минимальная	2,28	2,08	2,19	2,25	1,60	2,10

Среднее по факторам, коэффициент структурности, система обработки почвы: отвальная глубокая – 2,39, комбинированная глубокая – 1,69, комбинированная минимальная – 2,16, отвальная минимальная – 2,14; предшественник: чистый пар – 1,93, сидеральный пар (рапс) – 2,19, сидеральный пар (донник) – 2,17; год исследований: 2015 – 2,10, 2016 – 2,09, 2017 – 2,15, 2018 – 2,04, 2019 – 2,10. НСР₀₅ по факторам: система обработки почвы – 0,30, предшественник – 0,34, год – 0,26.

Табл. 7. Плотность сложения почвы (2015–2019 гг.), г/см³

Table 7. Soil bulk density (2015–2019)

Система обработка почвы	Плотность почвы в слое почвы 0–40 см
<i>Предшественник чистый пар</i>	
Отвальная глубокая (контроль)	1,00
Комбинированная глубокая	1,01
Комбинированная минимальная	1,00
Отвальная минимальная	1,04
<i>Предшественник сидеральный пар (рапс)</i>	
Отвальная глубокая (контроль)	1,02
Комбинированная глубокая	1,05
Комбинированная минимальная	0,98
Отвальная минимальная	0,98
<i>Предшественник сидеральный пар (донник)</i>	
Отвальная глубокая (контроль)	1,00
Комбинированная глубокая	1,07
Комбинированная минимальная	0,98
Отвальная минимальная	1,02

Среднее по факторам, плотность почвы: система обработки почвы: отвальная глубокая – 1,01, комбинированная глубокая – 1,04, комбинированная минимальная – 0,99, отвальная минимальная – 1,01; предшественник: чистый пар, сидеральный пар (рапс) – 1,01, сидеральный пар (донник) – 1,02. НСР₀₅ по факторам: система обработки почвы – 0,05, предшественник – 0,04.

ВЫВОДЫ

1. Наибольшее содержание нитратного азота до посева яровой мягкой пшеницы по предшественникам сидеральный пар (рапс), сидеральный пар (донник), чистый пар при использовании отвальной минимальной системы обработки почвы превышение по отношению к контролю (отвальная глубокая) составило 2,1; 5,4 и 6,8 мг/кг почвы соответственно.

2. Преимущество по содержанию N-NO₃ в фазу кущения яровой мягкой пшеницы отмечено по предшественникам сидеральный пар (донник) и сидеральный пар (рапс) при использовании отвальной минимальной системы обработки почвы (осенью заделка сидеральной культуры БДТ-3) – 27,9 и 28,3 мг/кг почвы соответственно. Влияние системы обработки на содержание нитратного азота в почве в фазу кущения яровой мягкой пшеницы составило 15,5%, условий года – 12,9, взаимодействие данных факторов – 20,1%.

3. При использовании растениями яровой мягкой пшеницы нитратного азота от фазы кущения к фазе колошения его содержание снизилось в среднем по опыту на 35,7% (от 21,6 до 13,9 мг/кг почвы). Отмечено влияние системы обработки почвы на содержание нитратного азота в почве в фазу колошения – 10,7%; влияние предшественника не выявлено. Наиболее высокий показатель содержания нитратного азота отмечен при отвальной минимальной системе обработки почвы по предшественнику рапс – 16,8 мг/кг почвы, контроль – 14,5 мг/кг.

4. Высокие показатели содержания P₂O₅ (от 150 мг/кг и выше) установлены в среднем за 5 лет в фазу колошения – от 145,0 до 165,6 мг/кг; максимальные значения получены по сидеральному пару (рапс) при комбинированной минимальной системе обработки – 160,6 мг/кг и отвальной минимальной – 165,6 мг/кг, при отвальной глубокой (контроль) – 150,6 мг/кг почвы. Доля влияния системы обработки почвы на содержание подвижного фосфора составила 5,1%, предшественника – 2,8%. Выявлена положительная взаимосвязь между содержанием нитратного азота в почве и количеством подвижного

фосфора по предшественнику сидеральный пар (рапс), $r = 0,7118-0,8917$ ($R = 0,9500$).

5. Достоверное превышение содержания обменного калия в сравнении с контролем по средним показателям за 2015–2019 гг. отмечено при комбинированной глубокой системе обработки – 5,0 мг/кг (НСР₀₅), при остальных изучаемых системах показатели были на уровне контроля. Влияние системы обработки почвы на содержание обменного калия составило 7,5%, предшественника – 18,5, взаимодействие данных факторов – 12,3%.

6. Отмечено влияние системы обработки почвы на содержание агрономически ценных агрегатов, наиболее устойчивых к размывающему действию воды (1–3 мм) – 10,1%. Взаимодействие системы обработки почвы и предшественника усиливает данное влияние до 40,6%. В среднем за 2015–2019 гг. в зависимости от системы обработки почвы показатели по содержанию агрономически ценных агрегатов составили по отвальной глубокой 36,0%, комбинированной глубокой – 31,9, комбинированной минимальной – 35,1, отвальной минимальной – 34,0%; по предшественникам: чистому пару – 32,9%, сидеральному (рапс) – 34,5 %, сидеральному (донник) – 35,3%.

7. Отмечены более высокие коэффициенты структурности при отвальной глубокой системе обработки почвы (контроль) – 2,54, комбинированной минимальной – 2,47, отвальной минимальной – 2,23 по предшественнику сидеральный пар (рапс), сидеральному (донник) – 2,98 (отвальная глубокая).

8. Влияние системы обработки почвы на коэффициент структурности почвы составило 19,3%, предшественника – 3,65%. Наибольшее влияние определено при взаимодействии этих двух факторов – 34,4%. При увеличении коэффициента структурности отмечено снижение показателя плотности сложения почвы, $r = -0,3499$ ($R = 0,5760$), который является важным при оценке ее агрофизических свойств.

9. Выявлена тенденция к снижению плотности сложения почвы до 0,98 г/см³ по предшественнику сидеральный пар (рапс) при минимализации обработки почвы: ком-

бинированной отвальной и минимальной отвальной обработках, отвальной глубокой (контроль) – 1,02 г/см³. По всем изучаемым предшественникам отмечено увеличение плотности сложения почвы при использовании комбинированной глубокой системы обработки почвы на 0,01–0,07 г/см³. Условия года в значительной мере оказали влияние на плотность сложения почв – 55,9%, система обработки почвы – 11,1%. В результате корреляционного анализа установлено, что при увеличении плотности сложения почвы снижается содержание P₂O₅, $r = -0,4898$, K₂O, $r = -0,2530$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Panfilova A., Korkhova M., Markova N.* Optimization of elements of the technology of *Triticumaestivum* L. cultivation Kolchuga variety in the conditions of the southern steppe of Ukraine // *Agrolife Scientific Journal*. 2019. Vol. 8. P. 112–120.
2. *Singh S.P.* Effect of integrated nutrient management on wheat (*Triticumaestivum*) yield, nutrient uptake and soil fertility status in alluvial soil // *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 89. N 6. P. 929–933.
3. *Yue X.L., Hu Y.C., Zhang H.Z.* Optimizing the nitrogen management strategy for winter wheat in the North China plain using rapid soil and plant nitrogen measurements // *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2019. Vol. 50. N 11. P. 1310–1320. DOI: 10.1080/00103624.2019.1604738.
4. *Liu E., Yan C.R., Mei X.R.* Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China // *Geoderma*. 2010. Vol. 158. N 3–4. P. 173–180. DOI: 10.1016/i.geoderma.2010.04.029.
5. *Liu Y.R., Li X., Shen Q.R.* Enzyme activity in water-stable soil aggregates as affected by long-term application of organic manure and chemical fertilizer // *Pedosphere*. 2013. Vol. 23. N 1. P. 111–119. DOI: 10.1016/S1002-0160(12)60086-1.
6. *Щербаков А.П., Чуян Г.А., Виноградов Ю.А.* Азот в современных агроландшафтах Центрально-черноземной зоны (ЦЧЗ) // *Агрохимия*. 1990. № 11. С. 38–46.
7. *Капитанов А.Н., Явтушенко В.Е.* Агроэкология почв склонов: монография. М.: Колос. 1997. 239 с.
8. *Uvarov G.I., Solovlev A.B., Lebedeva M.G.* The role of weather conditions and agricultural technologies in the formation of the winter wheat crop in the southwest of the Central Chernozem region of Russia // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2017. N 242. P. 75–84.
9. *Duan W.X., Yu Z.W., Zhang Y.L.* Effects of nitrogen application on biomass accumulation, remobilization, and soil water contents in a rainfed wheat field // *Turkish Journal of Field Crops*. 2014. Vol. 19. N 1. P. 25–34. DOI: 10.17557/tjfc.45522.
10. *Иванов А.Л., Сычев В.Г., Державин Л.М.* Агрохимический цикл фосфора: монография. М.: РАСХН. 2012. 522 с.
11. *Просьянникова О.И., Просьянников В.И.* Плодородие почвы и урожайность полевых культур в условиях Кемеровской области // *Достижения науки и техники АПК*. 2014. № 10 (28). С. 3–8.
12. *Medvedev V.V., Laktionova T.N.* Analysis of the experience of European countries in soil monitoring // *Eurasian soil science*. 2012. Vol. 45. N 1. P. 90–97. DOI: 10.1134/S1064229312010139.
13. *Якименко В.Н.* Формы калия в почве и методы их определения // *Почвы и окружающая среда*. 2018. № 1 (1). С. 26–33.
14. *Якименко В.Н.* К вопросу оценки калийного состояния почв агроценозов // *Плодородие*. 2009. № 4. С. 8–10.
15. *Чекмарев П.А., Прудников П.В.* Агрохимическое и агрофизическое состояние почв, эффективность применения средств химизации и новых комплексных удобрений в Брянской области // *Достижения науки и техники АПК*. 2016. № 7 (30). С. 24–33.
16. *Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Коротких Н.А.* Перспективы технологии No-till в Сибири // *Земледелие*. 2014. № 1. С. 16–26.
17. *Тугуз Р.К.* Способы определения строения (сложения) пахотного слоя // *Аграрный вестник Урала*. 2011. № 3 (82). С. 12–15.
18. *Гаркуша А.А., Дерянова Е.Г.* Запасы нитратного азота в почве и эффективность применения азотных удобрений под яровую пшеницу в условиях лесостепи Алтайского края // *Достижения науки и техники АПК*. 2015. № 6 (29). С. 8–10.
19. *Тереженко Н.Н., Лапишинов Н.А., Пакуль В.Н., Березин В.Ю.* Микробиологические процессы в ризосфере при различных обработках почвы // *Достижения науки и техники АПК*. 2011. № 12. С. 12–15.

20. *Созинов А.В., Горбунов М.Ю.* Методология мониторинга подвижных форм азота и фосфора в черноземе выщелоченном // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 1. С. 24–26.
21. *Berezin L.V., Gindemit A.M., Khamova O.F.* Impact of reclamation treatment on the biological activity of soils of the solonetz complex in Western Siberia // *Eurasian soil science*. 2014. Vol. 47. N 11. P. 1138–1143.
22. *Наумченко Е.Т., Банецкая Е.В.* Потребление азота яровой пшеницей на разных уровнях обеспеченности почвы подвижным фосфором // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. № 6 (34). С. 23–27. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10604.
23. *Цветков М.Л., Колесников А.Ф.* Влияние чистого и сидерального паров на запасы продуктивной влаги и содержание элементов минерального питания в почве под сахарной свеклой в условиях Алтайского Приобья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 2 (12). С. 19–23.
24. *Шарков И.Н., Самохвалова Л.М., Мишина П.В.* Изменение органического вещества чернозема выщелоченного при минимализации обработки в лесостепи Западной Сибири // *Почвоведение*. 2016. № 7. С. 892–899.
25. *Чеве́рдин Ю.И., Сапрыкин С.В., Чеве́рдин А.Ю., Рябцев А.Н.* Трансформация физических показателей черноземов в результате антропогенного воздействия // *Достижения науки и техники АПК*. 2017. № 3 (31). С. 5–11.
4. *Liu E., Yan C.R., Mei X.R.* Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. *Geoderma*, 2010, vol. 158, no. 3-4, pp. 173–180. DOI: 10.1016/i.geoderma.2010.04.029.
5. *Liu Y.R., Li X., Shen Q.R.* Enzyme activity in water-stable soil aggregates as affected by long-term application of organic manure and chemical fertilizer. *Pedosphere*, 2013, vol. 23, no. 1, pp. 111–119. DOI: 10.1016/S1002-0160(12)60086-1.
6. *Shcherbakov A.P., Chuyan G.A., Vinogradov Yu.A.* Azot in the modern agro-landscapes of the Central Black Earth Zone (CBEZ). *Agrohimiya = Agrochemistry*, 1990, no. 11, pp. 38–46. (In Russian).
7. *Kashtanov A.N., Yavtushenko V.E.* *Agroecology of soil slopes*. Moscow, Kolos Publ., 1997, 239 p. (In Russian).
8. *Uvarov G.I., Solovev A.B., Lebedeva M.G.* The role of weather conditions and agricultural technologies in the formation of the winter wheat crop in the southwest of the Central Chernozem region of Russia. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2017, no. 242, pp. 75–84.
9. *Duan W.X., Yu Z.W., Zhang Y.L.* Effects of nitrogen application on biomass accumulation, remobilization, and soil water contents in a rain-fed wheat field. *Turkish Journal of Field Crops*, 2014, vol. 19, no. 1, pp. 25–34. DOI: 10.17557/tjfc.45522.
10. *Ivanov A.L., Sychev V.G., Derzhavin L.M.* *Phosphorus agrochemical cycle*. Moscow, Russian Agricultural Academy, 2012, 522 p. (In Russian).
11. *Prosyannikova O.I., Prosyannikov V.I.* Soil fertility and yield of field crops in the Kemerovo region. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex*, 2014, no. 10 (28), pp. 3–8. (In Russian).
12. *Medvedev V.V., Laktionova T.N.* Analysis of the experience of European countries in soil monitoring. *Eurasian soil science*, 2012, vol. 45, no. 1, pp. 90–97. DOI: 10.1134/S1064229312010139.
13. *Yakimenko V.N.* Forms of potassium in soil and methods for their determination. *Pochvy i okruzhayushchaya sreda = The Journal of Soils and environment*, 2018, no. 1 (1), pp. 26–33. (In Russian).
14. *Yakimenko V.N.* On the issue of assessing the potash state of soils of agrocenoses. *Plodorodie. = Plodorodie*, 2009, no. 4, pp. 8–10. (In Russian).

REFERENCES

15. Chekmarev P.A., Prudnikov P.V. Agrochemical and agrophysical state of soils, the effectiveness of the use of chemicals and new complex fertilizers in the Bryansk region. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex*, 2016, no. 7 (30), pp. 24–33. (In Russian).
16. Vlasenko A.N., Vlasenko N.G., Short N.A. Prospects of technology No-till in Siberia. *Zemledelie = Zemledelie*, 2014, no. 1, pp. 16–26. (In Russian).
17. Tuguz R.K. Methods of determining the structure (addition) of the arable layer. *Agrarnyj vestnik Urala = Agricultural Bulletin of the Urals*, 2011, no. 3 (82), pp. 12–15. (In Russian).
18. Garkusha A.A., Deryanova E.G. Nitrate nitrogen reserves in the soil and the effectiveness of using nitrogen fertilizers for spring wheat in forest-steppe conditions of the Altai Territory. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex*, 2015, no. 6 (29), pp. 8–10. (In Russian).
19. Tereshchenko N.N., Lapshinov N.A., Pakul V.N., Berezin V.Yu. Microbiological processes in the rhizosphere during various soil treatments. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex*, 2011, no. 12, pp. 12–15. (In Russian).
20. Sozinov A.V., Gorbunov M.Yu. Methodology for monitoring mobile forms of nitrogen and phosphorus in leached chernozem. *Vestnik Kurganskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaistvennoy akademii = Bulletin of the Kurgan State Agricultural Council*, 2013, no. 1, pp. 24–26. (In Russian).
21. Berezin L.V., Gindemit A.M., Khamova O.F. Impact of reclamation treatment on the biological activity of soils of the solonetz complex in Western Siberia. *Eurasian soil science*, 2014, vol. 47, no. 11, pp. 1138–1143.
22. Naumchenko E.T., Banetskaya E.V. Nitrogen consumption with spring wheat at different levels of soil supply with mobile phosphorus. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex*, 2020, no. 6 (34), pp. 23–27. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10604.
23. Tsvetkov M.L., Kolesnikov A.F. The influence of pure and sideral vapors on the reserves of productive moisture and the content of mineral nutrition elements in the soil under sugar beets in the conditions of the Altai Priobye. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2014, no. 2 (12), pp. 19–23. (In Russian).
24. Sharkov I.N., Samokhvalova L.M., Mishina P.V. Changing the organic matter of leached chernozem while minimizing treatment in the forest steppe of Western Siberia. *Pochvovedenie = Eurasian Soil science*, 2016, no. 7, pp. 892–899. (In Russian).
25. Cheverdin Yu.I., Saprykin S.V., Cheverdin A. Yu., Ryabtsev A.N. Transformation of the physical indicators of chernozems as a result of anthropogenic exposure. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex*, 2017, no. 3 (31), pp. 5–11. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Пакуль А.Л., научный сотрудник; e-mail: lelikpakul@mail.ru

✉ **Пакуль В.Н.**, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора; **адрес для переписки:** Россия, 650510, Кемеровская область, Кемеровский район, пос. Новостройка, ул. Центральная, 47; e-mail: vpakyl@mail.ru

Божанова Г.В., научный сотрудник; e-mail: kemniish@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Alexei L. Pakul, Researcher; e-mail: lelikpakul@mail.ru

✉ **Vera N. Pakul**, Doctor of Science in Agriculture, Deputy Director; **address:** 47, Tsentralnaya St., Novostroika, Kemerovo district, Kemerovo region, 650510, Russia; e-mail: vpakyl@mail.ru

Galina V. Bozhanova, Researcher; e-mail: kemniish@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 19.05.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 15.10.2021
Дата публикации / Published 25.11.2021

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СОИ И ТОМАТОВ

✉ ¹Сырмолот О.В., ²Кочева Н.С.

¹Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений – филиал Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки Приморский край, с. Камень-Рыболов, Россия

²Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки Приморский край, г. Уссурийск, Россия

✉ e-mail: biometod@rambler.ru

Приведены результаты исследований влияния средств защиты растений на культуры томата и сои в условиях Приморья. Изучение препаратов производили на районированных сортах томата Новичок и сои Приморская 86. Оценена эффективность различных комбинаций биопрепаратов на основе штаммов бактерий *Bacillus subtilis* Бактофит, Гамаир и регуляторов роста Циркон, Мивал-Агро. Препараты применяли для обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений. Комплексная обработка Бактофитом обеспечивала снижение проявлений септориоза на томате на 3,9%, биологическая эффективность составила 22,1%. Регулятор роста Мивал-Агро (обработка семян и растений) обеспечил эффективность против фитофтороза на 36,8%. Наибольшая урожайность томата отмечена при обработке семян и растений препаратом Гамаир (20,0 т/га), прибавка к контролю составила 4,9 т/га. Максимальная эффективность (29,7%) против септориоза на сое зафиксирована в варианте Гамаир + Мивал-Агро. По вариантам опыта биологическая эффективность против пероноспороза составила от 21% (комплексная обработка Гамаиром) до 25,4% (Бактофит + Мивал-Агро). Применение всех препаратов положительно сказалось на росте и развитии растений сои. Самый большой прирост высоты растений в фазу полной спелости отмечен в варианте с применением Бактофита и Мивал-Агро (73,1 см), в контроле – 61,8 см. При использовании биопрепаратов и регуляторов роста масса 1000 семян достоверно увеличивалась по сравнению с контролем (176,2 г) на 13,5–22,0%. Высокие показатели урожайности по сравнению с контролем (1,8 т/га) достигнуты в варианте Бактофит с Мивал-Агро (2,7 т/га), прибавка составила 0,9 т/га.

Ключевые слова: томаты, соя, биопрепараты, регуляторы роста, болезни, структура урожая, урожайность

COMBINED USE OF BIOPREPARATIONS AND GROWTH REGULATORS TO IMPROVE SOYBEAN AND TOMATO YIELDS

✉ ¹Syrmolot O.V., ²Kocheva N.S.

¹The Far Eastern Research Institute of Plant Protection – Branch of Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki;

Kamen-Rybolov, Primorsky Territory, Russia

²Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki

Ussyriysk, Primorsky Territory, Russia

✉ e-mail: biometod@rambler.ru

The results of research on the effect of crop protection agents on tomato and soybean crops under Primorye conditions are presented. The study of preparations was carried out on zoned varieties of tomato Novichok and soybean Primorskaya 86. The effectiveness of different combinations of biological preparations based on *Bacillus subtilis* strains Bactophyt, Gamair and growth regulators Zircon, Mival-Agro was evaluated. The preparations were used for seed treatment and spraying of vegetative plants. Complex treatment with Bactofit provided a 3.9% reduction of septoriosi manifestation on tomato, the biological efficiency was 22.1%. Growth regulator Mival-Agro (seed and plant treatment) provided 36.8% effectiveness against late blight. The highest tomato yield was observed with the treatment of seeds and plants with Gamair (20.0 t/ha) with an increase of

4.9 t/ha compared to the control. The maximum efficiency (29.7%) against septoriosi-
sis on soybeans was recorded in the variant Gamair + Mival-Agro. The biological efficacy against peronosporosis ranged from 21% (Gamair complex treatment) to 25.4% (Bactofit + Mival-Agro). The application of all preparations had a positive effect on the growth and development of soybean plants. The largest increase in plant height in the phase of full ripeness was noted in the variant with the use of Bactofit and Mival-Agro (73.1 cm), in the control - 61.8 cm. Thousand-kernel weight increased with certainty by 13.5 – 22.0% in comparison with the control (176.2 g) after the usage of biopreparations and growth-regulating chemicals. High yield was achieved in the Bachtophit + Mival Agro variant (2.7 t/ha), in comparison the control was 1.8 t/ha, the addition amounted to 0.9 t/ha.

Keywords: tomato, soybean, biological products, growth regulators, diseases, crop structure, productivity

Для цитирования: Сырмолот О.В., Кочева Н.С. Совместное использование биопрепаратов и регуляторов роста для повышения урожайности сои и томатов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 5. С. 20–27. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-2>

For citation: Syrmolot O.V., Kocheva N.S. Combined use of biopreparations and growth regulators to improve soybean and tomato yields. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 5, pp. 20–27. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-2>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное земледелие постепенно приводит к ухудшению экологической обстановки. Наблюдается накопление в почве и воде продуктов трансформации удобрений и пестицидов, которые оказывают мутагенное и токсическое воздействие на живые организмы [1].

В настоящее время повсеместно возрастает спрос на экологически чистые продукты. Во всем мире принят термин «экологическая продукция», т.е. продукция, произведенная по стандартам экологического сельскохозяйственного природопользования. Продукция должна быть проинспектирована и промаркирована по установленным правилам. Получение экологических продуктов основано на биологических методах ведения сельского хозяйства. Это предполагает сокращение или полный отказ от синтетических минеральных удобрений и химических средств защиты растений при максимальном использовании биологических факторов повышения плодородия почв, подавления болезней, вредителей и сорняков, не оказывающих негативного воздействия на состояние природной среды. В связи с этим возрос интерес к использованию достижений микробиологии в сельском хозяйстве [2, 3].

Повысить устойчивость растений к негативным факторам позволяет использование регуляторов роста. К ним относятся природные и синтетические органические соединения, которые в малых дозах активно влияют на обмен веществ растений, что приводит к видимым изменениям в росте и развитии [4, 5].

Применение биологических средств защиты растений – один из основных элементов современных технологий фитосанитарной оптимизации овощных агроценозов. Бактерии, относящиеся к роду *Bacillus*, особенно штаммы *Bacillus subtilis*, эффективны для биологической борьбы с многими болезнями растений, вызываемыми почвенными патогенами. Препараты на основе штаммов *Bacillus* характеризуются высокой активностью против фитопатогенных грибов, не оказывают отрицательного воздействия на окружающую среду, способствуют сохранению и развитию полезной микробиоты почвы. Антагонистическая активность *Bacillus subtilis* проявляется против большого числа патогенов, что позволяет защитить сельскохозяйственные культуры, особенно те, для которых практически отсутствуют эффективные средства защиты, например овощные, так как они используются в основном в сыром виде [6–9].

Применение биопрепаратов и регуляторов роста является экологически безопасным приемом повышения урожайности и качества продукции.

Цель работы – получить экспериментальные данные по испытанию биопрепаратов против болезней и регуляторов роста для предпосевной обработки семян и вегетирующих растений сои и томатов, определить влияние на продуктивность и урожайность.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2018, 2019 гг. на районированных сортах томата Новичок и сои Приморская 86. Сотрудниками отдела биометода Дальневосточного научно-исследовательского института защиты растений (ДВНИИЗР) изучена эффективность бактериальных препаратов на основе штаммов бактерий *Bacillus subtilis* (Бактофит, Гамаир) и регуляторов роста (Циркон и Мивал-Агро).

Бактофит – микробиологический препарат (фунгицид и бактерицид), содержит споры и клетки культуры *Bacillus subtilis*, штамм ИПМ-215. Бактерии данного вида синтезируют вещества с антибиотическими свойствами, а также росторегулирующие компоненты, усиливающие рост растения¹.

Гамаир – биологический бактерицид на основе природной бактерии *Bacillus subtilis*, штамм М-22 ВИЗР, обладает антибактериальным и противогрибковым действием. Подавляет возбудителей корневой гнили, защищает от массового проявления трахеомикозного увядания, различных листовых и стеблевых заболеваний. Снижает пестицидный стресс у растений [10].

Мивал-Агро – комплексный препарат, в состав которого кроме биологически активного кремнийорганического соединения

входит аналог фитогормонов из группы ауксинов. Проявляет свойства криопротектора и адаптогена. Эффективно стимулирует синтез белка и нуклеиновых кислот. Стимулирует корнеобразование, снижает степень поражения корневыми гнилями. Не вступает во взаимодействие с удобрениями и пестицидами [11, 12].

Циркон (природная смесь гидроксикоричных кислот и их производных) – индуктор болезнеустойчивости, активатор прорастания семян, стимулятор цветения. Снижает подверженность стрессовым факторам, повышает урожайность культур. Действующее вещество препарата относится к растительным фенолам, выделено из лекарственного растения эхинацея пурпурная [13].

В опыте на томатах семена замачивали в рабочем растворе препаратов в течение 2 ч, в варианте с Цирконом – 3 ч. Расход рабочей жидкости составлял 1 л/кг семян. Опрыскивание биопрепаратами по вегетации проводили трижды за сезон. Первое осуществили через 10 дней после высадки рассады в открытый грунт, последующие – с интервалом 10 дней. Норма расхода рабочего раствора – 400 л/га. Опрыскивание регуляторами роста проводили за 1–2 дня до высадки рассады в грунт, в фазах начала бутонизации и цветения 1, 2 кистей. Норма расхода рабочего раствора – 300 л/га. Почва опытного участка лугово-бурья оподзоленная с содержанием гумуса 2,4%, N-NO₃ – 8,2 мг/кг, P₂O₅ – 21,2 мг на 100 г почвы, K₂O – 55 мг на 100 г почвы, pH солевой вытяжки 4,5. Площадь делянки 5,6 м². Проведено пять вариантов эксперимента, повторность трехкратная, размещение систематическое. Посев осуществляли вручную.

Все учеты и наблюдения в полевых экспериментах проводили согласно действующим методикам и руководствам²⁻⁴. Убор-

¹Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ. М., 2018. 1117 с.

²Основные методы фитопатологических исследований / Под редакцией А.Е. Чумакова. М.: Колос, 1974. 187 с.

³Методические указания по государственным испытаниям фунгицидов, антибиотиков и протравителей семян сельскохозяйственных культур / Под общей редакцией член-корреспондента ВАСХНИЛ К.В. Новожилова, 1985. 380 с.

⁴Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

ку томатов проводили отдельно по каждой делянке с определением фракционного состава урожая. В опыте на сое препараты обрабатывали за день до посева полусухим способом вручную. Для этого препарат разводили в чистой воде (из расчета 10 л/т) и, не давая суспензии отстаиваться, наносили ее на семена, которые затем тщательно перемешивали до равномерного распределения препарата. Опрыскивание растений проводили в фазу полных всходов и в фазу бутонизации – начала цветения.

Почва опытного участка лугово-бурая, по механическому составу – тяжелые суглинки. Агрохимическая характеристика почв следующая: содержание гумуса 3,08–3,13%, легкогидролизуемого азота – 9,5 мг/100 г почвы, P_2O_5 – 14,12 мг/100 г почвы, рН солевой вытяжки 5,3. Обработка почвы: зяблевая вспашка на глубину 22 см, ранневесеннее боронование, две культивации и предпосевная культивация. Предшественник – зерновые. Удобрения не вносили. Посев сои проводили сеялкой СКС 6-10. Норма высева семян – 90 кг/га.

В опыте пять вариантов, повторность четырехкратная, площадь делянки 10 м². Размещение рендомизированное. Агротехника возделывания сои в опыте была общепринятой для Приморского края (см. сноску 4). Уборку осуществляли вручную по вариантам в один прием. Сноповые образцы отбирали в каждой делянке опыта с двух площадок размером по 0,25 м² (0,35 × 0,71 м). Структуру урожая определяли в лабораторных условиях.

Все учеты и наблюдения в полевых экспериментах проводили согласно действующим методикам и руководствам, препараты применяли согласно инструкциям, результаты обрабатывали методом дисперсионного анализа (см. сноску 4)^{5,6}.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Погодные условия в годы проведения исследований были контрастными. Обилием осадков в летние месяцы характеризовался 2018 г., при этом их распределение по декадам отмечено неравномерным. Наиболее дождливым был август. Температура воздуха летом зарегистрирована на уровне среднемноголетних значений. По количеству осадков неблагоприятными для культур отмечены метеорологические условия 2019 г. Особенно малое количество осадков выпало в июне и июле, когда происходило формирование урожая, это повлияло на урожайность. Наиболее дождливым отмечен август, за месяц выпало 226,5 мм осадков, что привело к подтоплению земельных угодий. Температурный режим по месяцам превышал среднемноголетние значения на 0,6–3,8 °С.

Фитосанитарная обстановка, сложившаяся при проведении эксперимента, позволила наблюдать эффективность биопрепаратов и регуляторов роста. В ходе работы выявлены такие заболевания томата, как септориоз, или белая пятнистость (*Septoria lycopersici* Speg.), фитофтороз (*Phytophthora infestans* De Bary). Наиболее вредоносным оказался септориоз, развитие по вариантам составило от 13,7 до 15,1% при развитии в контроле 17,6% (см. табл. 1).

Установлено, что комплексная обработка биопрепаратом Бактофит обеспечивает снижение проявлений септориоза на томате на 3,9%, биологическая эффективность составила 22,1%.

Развитие фитофторы по вариантам составило от 6,0 до 6,9%. Наиболее эффективной отмечена обработка семян и опрыскивание растений регулятором роста Мивал-Агро, где биологическая эффективность составила 36,8% при развитии болезни в контроле 9,5%.

⁵Система ведения агропромышленного производства Приморского края / под ред. А.К. Чайка. Новосибирск, 2001. 364 с.

⁶James B. Sinclair. Compendium of Souben Diseases. Published by The American Phytopathological Society, 1982, 104 p.

Табл. 1. Влияние обработок препаратами на фитосанитарное состояние томата (среднее за 2018, 2019 гг.), %

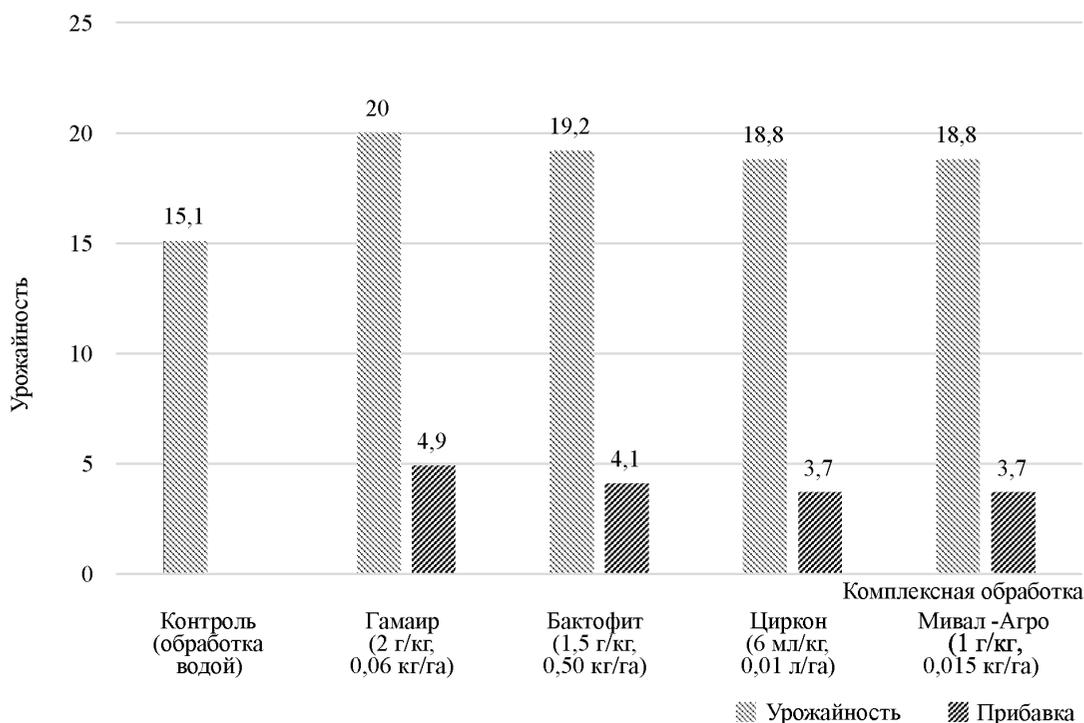
Table 1. The influence of preparation usage on phytosanitary state of tomato (mean value for 2018, 2019), %

Вариант опыта	Септориоз		Фитофтороз	
	Развитие болезни	Биологическая эффективность	Развитие болезни	Биологическая эффективность
Контроль (без обработки)	17,6		9,5	
Обработка семян (2 г/кг) и опрыскивание растений Гамаиrom (0,06 кг/га)	14,8	15,9	6,9	27,4
Обработка семян (1,5 г/кг) и опрыскивание растений Бактофитом (0,5 кг/га)	13,7	22,1	6,3	33,7
Обработка семян (6 мл/кг) и опрыскивание растений Цирконом (0,01 л/га)	15,1	14,2	6,1	35,8
Обработка семян (1 г/кг) и опрыскивание растений Мивал-Агро (0,015 кг/га)	14,1	19,8	6,0	36,8
НСР ₀₅	1,5	2,0	1,7	0,9

В ходе исследований выявлено ростостимулирующее действие препаратов. При обработке семян биопрепаратами и регуляторами роста отмечено опережение появления всходов на 3 дня, образование бутонов на 4 дня в сравнении с контролем.

Главным показателем эффективности любого агроприема является урожайность. При-

менение биопрепаратов и регуляторов роста оказало влияние на продуктивность растений томата. При применении регуляторов роста прибавка составила 3,7 т/га (НСР₀₅ = 2,5). Наибольшая урожайность отмечена при обработке семян и растений биологическим препаратом Гамаир (20,0 т/га), при урожайности в контроле 15,1 т/га (см. рисунок).



Урожайность томата при применении препаратов (среднее за 2018, 2019 гг.), т/га
Yield of tomato with preparation usage (mean value for 2018, 2019), t/ha

Прибавка при применении биопрепаратов составила от 4,1 до 4,9 т/га.

Влияние биопрепаратов и регуляторов роста на растения сои показало, что препараты оказывают положительное действие на рост и развитие сои, продолжительность фенотипа, продуктивность и урожайность. Растения сои быстрее наращивали листовую массу, у них на 2–3 дня уменьшалась продолжительность межфазных периодов.

По результатам анализа данных опыта, обработка семян и опрыскивание вегетирующих растений биопрепаратами и регуляторами роста положительно сказались на основных показателях, определяющих продуктивность растений. Отмечено существенное (7–12 см) различие по вариантам опыта по высоте растений в фазу полной спелости по сравнению с контролем (61,8 см) (см. табл. 2). Все варианты опыта дали существенную прибавку по числу и массе семян по сравнению с контрольным вариантом. Комплексная обработка биопрепаратом Бактофит стимулировала увеличение числа семян с одного растения на 23 шт. и массы семян с одного растения на 2,0 г.

Масса 1000 семян во всех вариантах опыта достоверно превышала показатель варианта без обработки на 13,5–22,0% ($НСР_{05} = 16,0$ т/га). Максимальная масса зарегистрирована в

варианте с обработкой семян Бактофитом и опрыскиванием вегетирующих растений Мивал-Агро (215,0 г).

Одновременно с изучением влияния на продуктивность препараты оценивали на способность уменьшать пораженность растений сои септориозом (*Septoria glycines* Hemmi) и пероноспорозом (*Peronospora manshurica* (Naum.) Syd.). Обработка семян сои препаратом Гамаир и опрыскивание растений Мивал-Агро способствовали снижению поражаемости растений септориозом на 8% (биологическая эффективность 29,7%). Против пероноспороза наибольшей биологической эффективностью обладал препарат Бактофит + Мивал-Агро (25,4%).

Проведенный учет урожая показал достоверное увеличение семенной продуктивности сои во всех вариантах опыта. Изучаемые регуляторы роста и биологические препараты обеспечили увеличение урожайности сои благодаря увеличению показателей элементов структуры урожайности и уменьшению поражаемости болезнями. Прибавка урожая сои по отношению к контролю составляла 0,6–0,9 т/га (см. табл. 3). Максимальная урожайность сои (2,7 т/га) получена на варианте комплексного применения биопрепарата Бактофит с регулятором роста Мивал-Агро.

Табл. 2. Результаты структурного анализа продуктивности сои (среднее за 2018, 2019 гг.)

Table 2. The results of structural analysis of soybean productivity (mean value for 2018, 2019)

Вариант опыта	Высота растения, см	Число семян на одном растении, шт.	Масса семян с одного растения, г	Масса 1000 семян, г
Контроль (без обработки)	61,8	43,3	4,4	176,2
Обработка семян (2,0 кг/т) и опрыскивание растений (2 кг/га) Бактофитом	70,4	65,7	6,3	213,7
Обработка семян Бактофитом (2,0 кг/т) и опрыскивание растений Мивал-Агро (15 г/га)	73,1	58,7	6,0	215,0
Обработка семян (30 г/т) и опрыскивание растений (60 г/га) Гамаиром	68,8	60,1	6,0	208,7
Обработка семян Гамаиром (30 г/т) и опрыскивание растений Мивал-Агро (15 г/га)	68,3	53,2	5,4	213,7
$НСР_{05}$	4,3	4,6	0,5	16,0

Табл.3. Влияние биопрепаратов и регуляторов роста на урожайность сои (среднее за 2018, 2019 гг.)
Table 3. The influence of biopreparations and growth-regulating chemicals on soybean yield (mean value for 2018, 2019)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га
Контроль (без обработки)	1,8	
Обработка семян (2,0 кг/т) и опрыскивание растений (2 кг/га) Бактофитом	2,5	0,7
Обработка семян Бактофитом (2,0 кг/т) и опрыскивание растений Мивал-Агро (15 г/га)	2,7	0,9
Обработка семян (30 г/т) и опрыскивание растений (60 г/га) Гамаиром	2,4	0,6
Обработка семян Гамаиром (30 г/т) и опрыскивание растений Мивал-Агро (15 г/га)	2,5	0,7
НСР ₀₅	0,1	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенных исследований в условиях Приморского края установлено, что использование биопрепаратов и регуляторов роста перспективно для использования на растениях сои и томатов. Все изучаемые препараты сдерживают развитие листовых пятнистостей в течение вегетации, положительно влияют на рост и развитие растений и существенно повышают урожайность культуры. Наибольшая урожайность томатов отмечена при обработке семян и растений биологическим препаратом Гамаир (20,0 т/га). Комплексное применение Бактофита с Мивал-Агро способствовало активному росту растений, увеличению элементов структурного анализа урожайности сои. Высокие показатели урожайности отмечены в варианте при обработке семян Бактофитом с опрыскиванием вегетирующих растений регулятором роста Мивал-Агро (2,7 т/га) по сравнению с контролем (1,8 т/га). Отмечена высокая эффективность биологических препаратов как при совместном применении с регуляторами роста, так и при отдельном использовании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головина Е.В., Зотиков В.И., Азаркова С.Н., Гришечкин В.В. Эффективность экологически безопасных агроприемов при возделывании сои // Земледелие. 2015. № 4. С. 21–23.
2. Беляева Р.А., Каракчиева Е.Ф., Лобанов А.Ю., Регорчук Н.В., Шершунова О.Н. Влияние биологических препаратов и минеральных удобрений на продуктивность естествен-

- ных сенокосов поймы реки Сысола // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 4. С. 44–48. DOI: 10.30766/2072-9081.2016.53.4.
3. Гужвин С.А., Кумачева В.Д., Турчин В.В. Эффективность применения минеральных удобрений и бактериальных препаратов на посевах сои в условиях Ростовской области // Polish Journal of Science. 2018. № 9. С. 8–10.
4. Вакуленко В.В. Регуляторы роста растений повышают стрессоустойчивость культур // Защита и карантин растений. 2015. № 2. С. 13–14.
5. Байрамбеков Ш.Б., Валеева З.Б., Дубровин Н.К., Корнева О.Г., Полякова Е.В. Регуляторы роста // Приложение к журналу "Защита и карантин растений". 2015. № 2. С. 72 (20)–74 (22).
6. Замана С.П., Кондратьева Т.Д. Влияние биопрепарата Агроактив на систему "Почва – растение" в опыте с кукурузой // Агрехимический вестник. 2014. № 1. С. 18–19.
7. Орлова О.Н. Биофунгициды против корневых гнилей огурца // Картофель и овощи. 2015. № 11. С. 20–21.
8. Сырмолот О.В., Байделюк Е.С., Кочева Н.С. Применение биопрепаратов и стимуляторов роста при возделывании сои в Приморском крае // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 8. С. 19–24.
9. Саенко Г.М., Бушинева Н.А. Эффективность предпосевной обработки семян сои против болезней и вредителей всходов // Масличные культуры. 2017. № 1 (169). С. 75–82.
10. Сырмолот О.В., Кочева Н.С. Оценка влияния бактерий родов *Bacillus* и *Pseudomonas* на продуктивность сои // Международный научно-исследовательский журнал. 2019.

№ 10 (88). Ч. 2. С. 35–39. DOI: 10.23670/IRJ.2019.88.10.029.

11. Ситало Г.М., Бельтюков Л.П. Экономическая и биоэнергетическая эффективность применения биопрепаратов при возделывании гороха // *Зерновое хозяйство России*. 2018. № 2. С. 54–57.
12. Васильев А.А. Влияние Мивал-Агро на фитосанитарное состояние и продуктивность картофеля // *Защита и карантин растений*. 2015. № 8. С. 17–19.
13. Вакуленко В.В. Эпин-Экстра и Циркон на защите урожая гороха // *Картофель и овощи*. 2016. № 4. С. 11–12.

REFERENCES

1. Golovina E.V., Zotikov V.I., Agarkova S.N., Grishechkin V.V. Efficiency of environmentally benign agricultural practices at soybean cultivation. *Zemledelie*, 2015, no. 4, pp. 21–23. (In Russian).
2. Belyaeva R.A., Karakchieva E.F., Lobanov A.Yu., Regorchuk N.V., Shershunova O.N. Effect of biological preparations and mineral fertilizers on productivity of natural grasslands of the Sysola river floodplain. *Agrarnay nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural science of the Euro-North-East*, 2016, no. 4, pp. 44–48. (In Russian). DOI: 10.30766/2072-9081.2016.53.4.
3. Guzhvin S.A., Kumacheva V.D., Turchin V.V. Efficiency of application of mineral fertilizers and bacterial preparations on soybean crops in the conditions of Rostov Region. *Polish Journal of Science*, 2018, no. 9, pp. 8–10. (In Russian).
4. Vakulenko V.V. Plant growth regulators increase crop stress tolerance. *Zashchita i karantinrasteniy = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2015, no. 2, pp. 13–14. (In Russian).
5. Bairambekov Sh.B., Valeeva Z.B., Dubrovin N.K., Korneva O.G., Polyakova E.V. Growth Regulators. *Prilozhenie k zhurnal "Zashchita i karantin rastenii" = Board of Plant*

Protection and Quarantine, 2015, no. 2, pp. 72 (20) – 74(22). (In Russian).

6. Zamana S.P., Kondrat'eva T.D. Influence of biotechnological product Agroactive on the "soil – plant" system in experiment with corn plant. *Agrokhimicheskii vestnik = Agrochemical herald*, 2014, no. 1, pp. 18–19. (In Russian).
7. Orlova O.N. The biological fungicides against root rot of cucumber. *Kartofel' i ovoshchi = Potato and Vegetables*, 2015, no. 1, pp. 20–21. (In Russian).
8. Syrmlot O.V., Baidelyuk E.S., Kocheva N.S. The use of biological products and growth stimulants in the cultivation of soybean in the Primorsky Territory. *Dostizheniyanauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2020, vol. 34, no. 8, pp. 19–24. (In Russian).
9. Saenko G.M., Bushneva N.A. Effectiveness of prior-sowing soybean seeds treatment against diseases and pest effecting seedlings. *Maslichnye kul'tury = Oil Crops*, 2017, no. 1 (169), pp. 75–82. (In Russian).
10. Syrmlot O.V., Kocheva N.S. Impact assessment of bacterias of *Bacillus* and *Pseudomonas* genus on soy productivity. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'ski zhurnal = International Research Journal*, 2019, no. 10 (88), part 2. pp. 35–39. (In Russian). DOI: 10.23670/IRJ.2019.88.10.029.
11. Sitalo G.M., Bel'tyukov L.P. Economic and bioenergetics efficiency of the use of bio drugs when cultivating peas. *Zernovoe khozyaistvo Rosii = Grain economy of Russia*, 2018, no. 2, pp. 54–57. (In Russian).
12. Vasil'ev A.A. Influence of Mival- Agro on a phytosanitary state and productivity of potatoes. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2015, no. 8, pp. 17–19. (In Russian).
13. Vakulenko V.V. Epin-Extra and Zircon to protect the pea crop. *Kartofel' i ovoshchi = Potato and Vegetables*, 2016, no. 4, pp. 11–12. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Сырмолот О.В., научный сотрудник;
адрес для переписки: Россия, 692684, Приморский край, с. Камень-Рыболов, ул. Мира, 42а;
e-mail: biometod@rambler.ru

Кочева Н.С., научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ Oxana V. Syrmlot, Researcher; address:
42a, Mira str, Kamen-Rybolov, Primorsky Territory,
692684, Russia, e-mail: biometod@rambler.ru

Nina S. Kocheva, Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 28.06.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 16.09.2021
Дата публикации / Published 25.11.2021



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-3>
УДК: 633.16:631.527:631.526.32(527.1)

Тип статьи: оригинальная
Type of article: original

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ КУЗНЕЦКОЙ КОТЛОВИНЫ

Мартынова С.В., (✉) Пакуль В.Н.

Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
Кемеровская обл., пос. Новостройка, Россия
(✉) e-mail: vpakyl@mail.ru

Изучены адаптивные свойства ярового ячменя в условиях Кузнецкой котловины. Объекты исследований – пять среднеспелых селекционных линий ярового ячменя. Изучение селекционных линий проведено в питомнике конкурсного сортоиспытания в 2016–2020 гг. Почва опытного участка – выщелоченный чернозем, тяжелосуглинистый по гранулометрическому составу, средней мощности. Повторность четырехкратная, норма высева (оптимальная для ярового ячменя в зоне возделывания) – 450 шт./м². Срок посева 29 апреля – 5 мая, уборка комбайном Сампо 130 в фазу полной спелости образцов ярового ячменя (12–15 августа). Эксперимент проведен в сравнении со стандартным сортом Биом. Параметры экологической пластичности (b_i), стабильности (S^2d), индекс условий среды (I_j) рассчитаны по методике, разработанной S.A. Eberchart и W.A. Russel, где рассматривается положительный отклик генотипа на улучшение условий выращивания. При контрастных условиях выращивания ярового ячменя в годы проведения исследований установлено, что значительное влияние на урожайность имеет фактор среда – 82,6%, доля влияния генотипа составила 1,4%. Средняя урожайность за годы исследования ярового ячменя по питомнику конкурсного сортоиспытания составила 5,51 т/га, максимальный показатель средней урожайности имеет селекционная линия КМ-198/11 – 6,45 т/га. Выделены генотипы с наиболее высокими адаптивными свойствами: КМ-198/11 ($b_i = 0,24$, $S_i^2 = 2,59$), Nutans 12/16 ($b_i = 0,24$, $S_i^2 = 2,18$) при вариабельности урожайности 25,9–29,2% (стандарт Биом – 46,1%). Среднеспелая селекционная линия ярового ячменя КМ-198/11, имея адаптивные свойства выше средних показателей, подготовлена для передачи на государственное сортоиспытание в 2021 г. как сорт Кузбасский юбилейный. Выявлены основные достоинства сорта: высокая засухоустойчивость, устойчивость к полеганию и поражению головневыми грибами, высокая продуктивность (6,45–8,50 т/га), крупная зерновка (53,2 г), средняя степень реакции на стрессовые факторы (снижение продуктивности). Содержание сырого протеина в зерне 13,6–14,1%, пленчатость 8,4%, натурная масса 620 г/л.

Ключевые слова: яровой ячмень, селекционные линии, сорт, стабильность, пластичность, урожайность, агроэкологические условия

ADAPTIVE POTENTIAL OF BREEDING LINES OF SPRING BARLEY IN CONDITIONS OF KUZNETSK DEPRESSION

Martynova S.V., (✉) Pakul V.N.

Kemerovo Research Institute of Agriculture – Branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies of the Russian Academy of Sciences,
Novostroika, Kemerovo region, Russia
(✉) e-mail: vpakyl@mail.ru

Adaptive properties of spring barley in the conditions of the Kuznetsk depression have been studied. The objects of the research are five medium-ripening breeding lines of spring barley. The breeding lines

were studied in a nursery of competitive varietal trials in 2016-2020. The soil of the experimental plot is leached chernozem, heavy loam with a medium granulometric composition. The repetition was fourfold, the seeding rate (optimal for spring barley in the cultivation zone) 450 pcs / m². The sowing dates were April 29 - May 5, the harvesting was done with a Sampo 130 combine at the stage of full ripeness of spring barley samples (August 12-15). The experiment was carried out in comparison with the standard cultivar Biom. The parameters of environmental plasticity (bj), stability (S2dj), the environmental conditions index (Ij) were calculated according to the method developed by S.A. Eberchart and W.A. Russel, which examines the positive response of the genotype to the improved growing conditions. Under contrasting growing conditions of spring barley in the years of research, it was found that the environment factor had a significant influence on the yield - 82.6%, the share of genotype influence was 1.4%. The average yield over the years of the study of spring barley in the nursery of competitive variety trials was 5.51 t/ha, the maximum average yield has a breeding line KM-198/11 - 6.45 t/ha. Genotypes with the highest adaptive properties were identified: KM-198/11 (bi = 0.24, Si2 = 2.59), Nutans 12/16 (bi = 0.24, Si2 = 2.18) with yield variability of 25.9-29.2% (Biom standard - 46.1%). The medium-maturing selection line of spring barley KM-198/11, having above-average adaptive properties, is prepared for submission for state variety testing in 2021 as the variety Kuzbass Jubilee. The main advantages of the variety were revealed: high drought tolerance, resistance to lodging and blight, high productivity (6.45-8.50 t/ha), large grain size (53.2 g), medium reaction to stress factors (reduced productivity). Grain crude protein content was 13.6-14.1%, the film content 8.4%, the natural weight 620 g/l.

Keywords: spring barley, breeding lines, variety, stability, plasticity, yield, agroecological conditions

Для цитирования: Мартынова С.В., Пакуль В.Н. Адаптивный потенциал селекционных линий ярового ячменя в условиях Кузнецкой котловины // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 5. С. 28–35. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-3>

For citation: Martynova S.V., Pakul V.N. Adaptive potential of breeding lines of spring barley in conditions of Kuznetsk Depression. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 5, pp. 28–35. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-3>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена в рамках государственного задания: «Создать новые сорта зерновых, кормовых, технических культур и картофеля на основе современных методов селекции и биотехнологии; разработать сортовые технологии возделывания и схемы семеноводства» № 0533-2021-0006 в Кемеровском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – филиале Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук.

Acknowledgments

The work was carried out within the framework of the state task: "Create new varieties of grain, fodder, industrial crops and potatoes based on modern breeding methods and biotechnology; Develop grade cultivation technologies and seed production schemes " № 0533-2021-0006 at the Kemerovo Research Institute of Agriculture - Branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies of the Russian Academy of Sciences.

ВВЕДЕНИЕ

Яровой ячмень – ключевая зернофуражная и кормовая культура, которая формирует более высокую урожайность в сравнении с другими зерновыми культурами за счет скороспелости и засухоустойчивости [1–3]. Зерно ячменя используют для переработки в пищевой и пивоваренной промышленности [4, 5].

В Западной Сибири при контрастных почвенно-климатических условиях необходимо

возделывать сорта, способные эффективно использовать биоклиматический потенциал в конкретных почвенно-климатических условиях [6]. Создание высокоурожайных пластичных сортов ярового ячменя позволит повысить эффективность производства зерна, используя биоклиматические ресурсы региона [7].

С учетом климатических факторов и запросов производства в настоящее время акту-

альна селекция на повышенную продуктивность и адаптивность к местным природно-климатическим факторам, особенно в условиях изменяющегося климата [8–10].

Сложность формирования урожайности заключается во взаимодействии многочисленных признаков, проявляющихся в период развития растений под воздействием условий среды [11–13].

Успешные сорта должны быть адаптированы к широкому диапазону условий окружающей среды для стабильной реализации генетического потенциала и эффективного использования технологий выращивания. Разница в реакции сортов на изменения почвенно-климатических условий обусловлена взаимодействием генотипа и среды. Данное взаимодействие значительно осложняет процесс отбора лучших генотипов, поэтому в селекционном процессе эта информация имеет первостепенное значение [14, 15].

Цель исследований – провести оценку селекционных линий ярового ячменя на адаптивность в условиях Кузнецкой котловины.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2016–2020 гг. в лаборатории селекции и агротехники полевых культур Кемеровского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук (Кемеровского НИИСХ – филиала СФНЦА РАН). Объекты исследований – пять среднеспелых селекционных линий ярового ячменя. Изучение селекционных линий проведено в питомнике конкурсного сортоиспытания в условиях Кузнецкой котловины. Повторность четырехкратная, расположение делянок рендомизированное, учетная площадь делянки 15 м², норма высева (оптимальная для ярового ячменя в зоне возделывания) – 450 шт./м². Срок посева 29 апреля – 5 мая, уборка комбайном Сампо 130 в фазу полной спелости образцов ярового ячменя 12–15 ав-

густа. Учеты и фенологические наблюдения за ростом и развитием ячменя, учет урожая проведены по методике М.А. Федина, Ю.А. Роговского, Л.В. Исаева¹. Статистическая обработка полученных данных проведена методами вариационного, корреляционного, дисперсионного анализов по методике Б.А. Доспехова² в обработке компьютерных программ О.Д. Сорокина³.

Параметры экологической пластичности (b_j), стабильности (S^2d_j), индекс условий среды (I_j), теоретическая урожайность (X_{ij}) рассчитаны по методике, разработанной S.A. Eberchart и W.A. Russel⁴, где рассматривается положительный отклик генотипа на улучшение условий выращивания.

Почва, на которой проводились исследования, – выщелоченный чернозем, тяжело-суглинистый по гранулометрическому составу, средней мощности. Содержание гумуса 8,0%, реакция почвенного раствора близка к нейтральной, pH 6,0. Содержание в горизонте 0–40 см N-NO₃ – 27,2 мг/кг, P₂O₅ – 128 мг/кг, K₂O – 98 мг/кг.

Урожайность ярового ячменя в значительной степени определяется гидротермическим режимом в первый период вегетации. В 2017 г. условия в этот период определялись как неблагоприятные (повышенные температуры и недостаток влаги). Растения ярового ячменя имели недостаток влаги в периоды посев – всходы и всходы – выход в трубку, ГТК в мае составил 0,40, в июне – 0,46 на фоне повышенных температур на один и три градуса соответственно (см. табл. 1). Осадки, выпавшие во второй половине вегетации, оказали благоприятное воздействие на дальнейшее развитие растений ячменя, ГТК в период колошение – восковая спелость равен 1,8.

Неблагоприятные условия в 2018 г. сложились в период роста и развития ярового ячменя от посева до полного кущения с понижением среднесуточных температур до 4,8 °С и значительным количеством выпадения осадков (186% к норме). Большое пере-

¹Федин М.А., Роговский Ю.А., Исаева Л.В. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (методические указания). М., 1985. 270 с.

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

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

⁴Eberchart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. 1966. Vol. 6. N 1. P. 36–40.

Табл. 1. Метеоусловия в период вегетации ярового ячменя
Table 1. Weather conditions during the vegetation of spring barley

Показатель	Месяц				
	май	июнь	июль	август	сентябрь
<i>2017 г.</i>					
ГТК	0,40	0,46	1,8	1,1	2,3
Сумма осадков, отклонение от нормы, %	54	39	161	89	154
Среднесуточная температура воздуха, отклонение от нормы, °С	+1	+3	0	+1	-1
<i>2018 г.</i>					
ГТК	0,0	2,41	1,92	0,42	0,36
Сумма осадков, отклонение от нормы, %	186	212	167	33	133
Среднесуточная температура воздуха, отклонение от нормы, °С	-3	+3	-1	0	+1
<i>2019 г.</i>					
ГТК	1,37	1,12	1,23	1,12	1,95
Сумма осадков, отклонение от нормы, %	91	81	111	97	156
Среднесуточная температура воздуха, °С, отклонение от нормы	0	0	0	+2	+1
<i>2020 г.</i>					
ГТК	1,50	0,46	2,44	0,81	1,90
Сумма осадков, отклонение от нормы, %	156	33	227	72	146
Среднесуточная температура воздуха, отклонение от нормы, °С	+4	-0,3	+0,4	+2,5	+0,6

увлажнение отмечено в июне и в июле, ГТК составил соответственно 2,41 и 1,92. Период уборки характеризуется как благоприятный с незначительным количеством осадков (33% от нормы, ГТК = 0,42).

Благоприятными условиями отмечен 2019 г., среднесуточные температуры в мае, июне и июле имели показатели на уровне среднемноголетних.

В августе установлено повышение среднесуточных температур на 2 °С с умеренным увлажнением, ГТК = 1,12–1,37. В 2020 г. недостаток влаги присутствовал в период кущение – колошение ярового ячменя, ГТК = 0,46. В мае в период всходы – кущение повышенным температурам (на 4 °С выше нормы) сопутствовало выпадение осадков 67 мм (156% к среднемноголетним показателям). В период налива зерна ярового ячменя отмечено значительное переувлажнение, ГТК = 2,44 (выпало 145 мм осадков), при среднесуточных температурах от 16,7 до 21,4 °С (+0,4 °С к норме).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При контрастных условиях выращивания ярового ячменя в годы проведения ис-

следований установлено, что значительное влияние на урожайность имеет фактор среда – 82,6%, доля влияния генотипа составила 1,4%. При анализе индексов условий среды выявлены благоприятные годы (2020 и 2019), когда I_j составил 1,09 и 1,96, и неблагоприятные (2017 и 2018 гг., I_j равен -2,7 и -0,33 соответственно) (см. табл. 2).

Средняя урожайность за годы исследования ярового ячменя по питомнику конкурсного сортоиспытания составила 5,51 т/га, максимальный показатель средней урожайности имеет селекционная линия КМ-198/11 (6,45 т/га). Средняя урожайность в различных условиях вегетации характеризует способность растений противостоять негативным воздействиям внешней среды, т.е. компенсаторную способность генотипов, это показатель генетической гибкости (ГГ) [16]. В агроэкологических условиях 2017–2020 гг. генетическую гибкость имеют селекционные линии КМ-209/11, Nutans 26/18 (ГГ = 5,52 т/га), Nutans 12/16 (ГГ = 5,47 т/га), показатель стандарта Биом – 5,00 т/га. В сравнении со стандартом наибольшую генетическую гибкость имеет селекционная линия КМ-198/11, превышение по урожайности составляет 1,45 т/га.

Табл. 2. Влияние условий выращивания на продуктивность селекционных линий ярового ячменя
Table 2. Influence of growing conditions on productivity of breeding lines of spring barley

Сорт, линия	Урожайность, т/га				Сумма урожайности i -го сорта в j -х условиях, $\sum Y_i$, т/га	Средняя урожайность сорта в j -й год испытания Y_j , т/га	Коэффициент регрессии b_i
	Год испытания						
	2017	2018	2019	2020			
Биом, стандарт	2,0	4,4	7,0	6,6	20,0	5,00	0,31
КМ-209/11	2,2	5,2	7,7	7,0	22,1	5,52	0,43
КМ-198/11	4,9	5,3	7,1	8,5	25,8	6,45	0,24
Nutans 12/16	3,5	6,0	7,3	5,1	21,9	5,47	0,24
Nutans 26/18	1,8	5,6	7,8	6,9	22,1	5,52	0,47
Nutans 27/18	2,4	4,6	7,9	5,5	20,4	5,10	0,39
$\sum Y_{ij}$ (сумма урожаев всех сортов в j -й год испытания)	16,8	31,1	44,8	39,6	132,3		
Y_i – средняя урожайность всех сортов в j -й год испытания	2,80	5,18	7,47	6,60	22,0	5,51	
I_j – индекс среды	-2,7	-0,33	1,96	1,09			

Для оценки адаптивности селекционных линий ярового ячменя использовался коэффициент регрессии b_i . При высокой средней урожайности по опыту селекционная линия КМ-198/11 имеет адаптивность выше средней, $b_i = 0,24$. Наибольшую отзывчивость к улучшению условий среды показали образцы КМ-209/11 и Nutans 26/18, $b_i = 0,43$ и $0,47$ соответственно.

Чем меньше варьирование урожайности под влиянием внешних условий, тем выше стрессоустойчивость сорта и тем шире диапазон его адаптивных возможностей. Реакцию селекционных линий на внешние условия оценивали по коэффициенту вариации (V , %). Наименьшими показателями вариабельности урожайности у ярового ячменя отмечены селекционные линии КМ-198/11 (25,9%), Nutans 12/16 (29,2%), показатель стандарта Биом – 46,1% (см. табл. 3). Урожайность у селекционной линии КМ-198/11

варьировала от 4,9 до 8,5 т/га. Наибольшее влияние среды среди селекционных линий отмечено у КМ-209/11 (44,4%), Nutans 27/18 (44,6), Nutans 26/18 (47,8%). По показателям теоретической урожайности и отклонений от фактических величин урожайности рассчитывали коэффициенты стабильности (S_i^2).

Высокий и наиболее стабильный сбор зерна отмечен у селекционных линий Nutans 12/16 и КМ-198/11 ($S_i^2 = 2,18$ и $2,59$ соответственно), у стандарта Биом $S_i^2 = 4,23$ (см. табл. 4).

Селекционная линия КМ-198/11 с наибольшей урожайностью среди изучаемых генотипов имеет адаптивные свойства выше средних ($b_i = 0,24$, $S_i^2 = 2,59$).

Селекционная линия ярового ячменя КМ-198/11 подготовлена для передачи на государственное сортоиспытание в 2021 г. как сорт Кузбасский юбилейный.

Табл. 3. Вариабельность урожайности селекционных линий ярового ячменя
Table 3. Yield variability of breeding lines of spring barley

Сорт, линия	Параметр		
	Средняя урожайность сорта в j -й год испытания Y_j , т/га	Размер варьирования урожайности, (min-max), т/га	Коэффициент вариации V , %
Биом, стандарт	5,00	2,0–7,0	46,1
КМ-209/11	5,52	2,2–7,7	44,4
КМ-198/11	6,45	4,9–8,5	25,9
Nutans 12/16	5,47	3,5–7,3	29,2
Nutans 26/18	5,52	1,8–7,8	47,8
Nutans 27/18	5,10	2,4–7,9	44,6

Табл. 4. Теоретическая урожайность и стабильность селекционных линий ярового ячменя
Table 4. Theoretical yield and stability of breeding lines of spring barley

Сорт, линия	Теоретическая урожайность X_{ij} , т/га				Отклонение фактической урожайности от теоретической d_{ij} , т/га				S_i^2
	Год испытания								
	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020	
Биом, стандарт	4,16	4,90	5,60	5,34	-2,16	-0,5	+1,4	+1,26	4,23
КМ-209/11	4,36	5,38	6,36	5,99	-2,16	-0,18	+1,34	+1,01	3,20
КМ-198/11	5,80	6,37	6,92	6,71	-0,9	-1,07	+0,18	+1,79	2,59
Nutans 12/16	4,82	5,39	5,94	5,73	-1,32	+0,61	+1,36	-0,63	2,18
Nutans 26/18	4,25	5,37	6,44	6,03	-2,45	+0,23	+1,36	+0,87	4,33
Nutans 27/18	4,05	4,87	6,02	5,61	-1,65	-0,27	+1,88	-0,11	3,16

Яровой ячмень Кузбасский юбилейный. Сорт ярового ячменя Кузбасский юбилейный создан в Кемеровском НИИСХ – филиале СФНЦА РАН. Выведен методом индивидуального отбора из гибридной популяции (КМ-81 × Grosso) с селекционной проработкой на отбор иммунных к пыльной головне форм со стабильной продуктивностью. Сорт показал высокую устойчивость к поражению пыльной головней (*Ustilago nuda* (Jens) Kell et Swing) и практическую устойчивость к твердой головне (*Ustilago hordei* (Pers) Kell et Swing).

Сорт относится к разновидности nutans, к группе среднеспелых сортов, вегетационный период 85 дней. Средняя урожайность 6,45 т/га, максимальная – 8,50 т/га. Зерновка крупная, масса 1000 зерен 53,2 г, число зерен в колосе 20,9 шт., продуктивная кустистость 1,9. Формирует выровненный стеблестой при высоте растений 86,8 см, высокую устойчивость к полеганию и пониканию колоса (9 баллов). Содержание сырого протеина в зерне 13,6–14,1%, пленчатость 8,4%, натурная масса 620 г/л.

Основные достоинства сорта – высокая засухоустойчивость, устойчивость к полеганию и поражению головневыми грибами, высокая продуктивность. Сорт в средней степени реагирует на стрессовые факторы снижением продуктивности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате сравнительного изучения селекционных линий ярового ячменя в усло-

виях Кузнецкой котловины выделены генотипы с наиболее адаптивными свойствами: КМ-198/11 ($b_i = 0,24$, $S_i^2 = 2,59$), Nutans 12/16 ($b_i = 0,24$, $S_i^2 = 2,18$). Наименьшие показатели вариабельности урожайности ярового ячменя отмечены у селекционных линий КМ-198/11 (25,9%), Nutans 12/16 (29,2%), у стандарта Биом – 46,1%. Наибольшую отзывчивость к улучшению условий среды имеют образцы КМ-209/11 ($b_i = 0,43$) и Nutans 26/18 ($b_i = 0,47$) при значительном варьировании урожайности в зависимости от условий среды ($V = 44,4–47,8\%$).

Селекционная линия ярового ячменя КМ-198/11 подготовлена для передачи на государственное сортоиспытание в 2021 г. как сорт Кузбасский юбилейный.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rapacz M., Stepien A., Skorupa K. Internal standards for quantitative RT-PCR studies of gene expression under drought treatment in barley (*Hordeum vulgare* L.): the effects of developmental stage and leaf age // Acta Physiologiae Plantarum. 2012. N 34. P. 1723–1733. DOI: 10.1007/s11738-012-0967-1.
2. Гудзенко В.Н. Статистическая и графическая (GGE biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 1 (23). С. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469.
3. Сидоров А.В., Нещумаева Н.А., Якубышина Л.И. Создание новых сортов ярового ячменя для использования на кормовые цели // Вестник КрасГАУ. 2016. № 2. С. 148–152.

4. Иванов Д.А., Ковалёв Н.Г., Толин В.А., Рублюк М.В., Карасёва О.В. Влияние ландшафтных и агроклиматических условий на качество зерна ячменя // Вестник Российской академии наук. 2016. № 5 (86). С. 450.
5. Николаев П.Н., Юсова О.А., Анисков Н.И., Сафонова И.В., Ряполова Я.В. Новый среднеспелый сорт ярового ячменя Омский 101 // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 2. С. 83–88. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-83-88.
6. Сурин Н.А., Зобова Н.В., Ляхова Н.Е. Генетический потенциал и селекционная значимость ячменя в Сибири // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. № 2 (18). С. 378–386.
7. Бондарева Л.М., Радюкевич Т.Н., Карташова Л.И., Любек Н.И. Изучение устойчивости перспективной линии ярового ячменя Л1505 к абиотическим стрессорам в условиях Ленинградской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 5 (66). С. 45–50. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.45-50.
8. Robinson L.H., Juttner J., Milligan A., Lahnstein J., Eglinton J.K., Evans D.E. The identification of a barley haze active protein that influences beer haze stability: Cloning and characterization of the barley SE protein as a barley trypsin inhibitor of the chloroform/methanol type // Journal of Cereal Science. 2007, N 3 (45). P. 343–352. DOI: 10.1016/j.jcs.2006.08.012.
9. Sarkar B., Sharma R.C., Verma R.P.S., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2014. N 1 (74). P. 26–33. DOI: 10.5958/j.0975-6906.74.1.004.
10. Herger N., Angelil O., Abramowitz G., Donat M., Stone D., Lehmann K. Calibrating climate model ensembles for assessing extremes in a changing climate // JGR Atmospheres. 2018. N 11 (123). P. 5988–6004. DOI: 10.1029/2018JD028549.
11. Lodhi R.D., Prasad L.C., Bornare S.S., Madakemohekar A. Stability analysis of yield and its component traits of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in multi-environment trials in the north eastern plains of India // Sabrao Journal of Breeding and Genetics. 2015. N 2 (47). P. 143–159.
12. Юсова О.А., Николаев П.Н., Анисков Н.И., Сафонова И.В. Адаптивность сортов ячменя по признаку масса 1000 зёрен в условиях лесостепи Омской области // Достижения науки и техники АПК. 2020. № 2 (34). С. 24–28. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10205.
13. Абдуллаев Р.А., Баташева Б.А., Алпатьева Н.В., Чумаков М.А., Радченко Е.Е., Ковалёва О.Н., Яковлева О.В. Устойчивость допущенных к использованию в России сортов ячменя к вредным организмам и токсичным ионам алюминия // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 3 (181). С. 120–127. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-120-127.
14. Солнечный П.Н. АММИ GGE biplot анализ взаимодействия генотип – среда линий ярового ячменя // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. № 6 (21). С. 657–662. DOI: 10.18699/VJ17.283.
15. Юсова О.А., Николаев П.Н., Бендина Я.Б., Сафонова И.В., Анисков Н.И. Стрессоустойчивость сортов ячменя различного агроэкологического происхождения для условий резко континентального климата // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 4 (181). С. 44–55. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-44-55.
16. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005. № 6. С. 49–53.

REFERENCES

1. Rapacz M., Stepień A., Skorupa K. Internal standards for quantitative RT-PCR studies of gene expression under drought treatment in barley (*Hordeum vulgare* L.): the effects of developmental stage and leaf age. *Acta Physiologica Plantarum*, 2012, no. 34, pp. 1723–1733. DOI: 10.1007/s11738-012-0967-1.
2. Gudzenko V.N. Statistical and graphic (GGE biplot) assessment of the adaptive ability and stability of winter barley selection lines. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2019, no. 1 (23), pp. 110–118. (In Russian). DOI: 10.18699/VJ19.469.
3. Sidorov A.V., Neshumaeva N.A., Yakubyshina L.I. The development of new varieties of spring barley for use for feed purposes. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*, 2016, no. 2, pp. 148–152. (In Russian).
4. Ivanov D.A., Kovalev N.G., Tolin V.A., Rublyuk M.V., Karaseva O.V. Impact of landscape and agroclimatic conditions on barley grain quality. *Vestnik Rossijskoj akademii nauk = Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 2016, no. 5 (86), p. 450. (In Russian).
5. Nikolaev P.N., Yusova O.A., Aniskov N.I., Safonova I.V., Ryapolova Y.V. New medium-ripe variety of spring barley Omsk 101. *Trudy*

- по прикладной ботанике, генетике и селекции = *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2019, no. 2, pp. 83–88. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-83-88.
6. Surin N.A., Zobova N.V., Lyakhova N.E. Genetic potential and selection significance of barley in Siberia. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii* = *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2014, no. 2 (18), pp. 378–386. (In Russian).
 7. Bondareva L.M., Radyukevich T.N., Kartasheva L.I., Lyubek N.I. Study of the stability of the promising line of spring barley L1505 to abiotic stressors in the Leningrad Region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2018, no. 5 (66), pp. 45–50. (In Russian). DOI: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.45-50.
 8. Robinson L.H., Juttner J., Milligan A., Lahnstein J., Eglinton J.K., Evans D.E. The identification of a barley haze active protein that influences beer haze stability: Cloning and characterization of the barley SE protein as a barley trypsin inhibitor of the chloroform/methanol type. *Journal of Cereal Science*, 2007, no. 3 (45), pp. 343–352. DOI: 10.1016/j.jcs.2006.08.012.
 9. Sarkar B., Sharma R.C., Verma R.P.S., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 2014, no. 1 (74), pp. 26–33. DOI: 10.5958/j.0975-6906.74.1.004.
 10. Herger N., Angelil O., Abramowitz G., Donat M., Stone D., Lehmann K. Calibrating climate model ensembles for assessing extremes in a changing climate. *JGR Atmospheres*, 2018, no. 11 (123), pp. 5988–6004. DOI: 10.1029/2018JD028549.
 11. Lodhi R.D., Prasad L.C., Bornare S.S., Madakemohekar A. Stability analysis of yield and its component traits of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in multi-environment trials in the north eastern plains of India. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*, 2015, no. 2 (47), pp. 143–159.
 12. Yusova O.A., Nikolaev P.N., Aniskov N.I., Safonova I.V. Adaptability of barley varieties based on the mass of 1000 grains in the forest-steppe conditions of the Omsk region. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of science and technology in Agro-Industrial Complex*, 2020, no. 2 (34), pp. 24–28. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10205.
 13. Abdullaev R.A., Batasheva B.A., Alpatieva N.V., Chumakov M.A. Radchenko E.E., Kovaleva O.N., Yakovlev O.V. Stability of barley varieties allowed for use in Russia to harmful organisms and toxic aluminum ions. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2020, no. 3 (181), pp. 120–127. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-120-127.
 14. Solnechny P.N. AMMI GGE biplot analysis of interaction genotype – medium of spring barley lines. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2017, no. 6 (21), pp. 657–662. (In Russian). DOI: 10.18699/VJ17.283.
 15. Yusova O.A., Nikolaev P.N., Bendina Ya.B., Safonova I.V., Aniskov N.I. Stress resistance of barley varieties of various agroecological origin for conditions of a sharply continental climate. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2020, no. 4 (181), pp. 44–55. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-44-55.
 16. Goncharenko A.A. On the adaptability and environmental sustainability of grain varieties. *Vestnik Rossijskoj akademii nauk = Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 2005, no. 6, pp. 49–53. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мартынова С.В., научный сотрудник

✉ **Пакуль В.Н.**, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе; **адрес для переписки:** Россия, 650510, Кемеровская область, пос. Новостройка, ул. Центральная, 47; e-mail: vpakyl@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Svetlana V. Martynova, Researcher

✉ **Vera N. Pakul**, Doctor of Science in Agriculture, Deputy Director for Science; **address:** 47, Tsentralnaya St., Novostroika, Kemerovo region, 650510, Russia; e-mail: vpakyl@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 08.07.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 25.10.2021
Дата публикации / Published 25.11.2021



НОВЫЙ СОРТ СОИ ГОРИНСКАЯ

Кашеваров Н.И., Полюдина Р.И., (✉) Потапов Д.А.

Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия
(✉) e-mail: d_potapov@ngs.ru

Представлены результаты исследований по созданию нового сорта сои Горинская с использованием методов гибридизации и индивидуального отбора. В качестве исходного материала использованы сорта сои СибНИИК-315 (материнская форма) и Fiskebi V (отцовская). Исследования проведены в лесостепной зоне Западной Сибири (Новосибирская область). Соя Горинская относится к маньчжурскому подвиду. Растения имеют светло-коричневое (рыжеватое) опушение стебля, листьев, бобов. Характер роста и тип верхушки промежуточный, число ветвей – 1–3, угол отхождения ветвей – 20–30 град., куст сжатый. Высота до первого разветвления составляет 6–10 см, высота прикрепления нижнего боба 10–13 см. Бобы расположены равномерно по всему растению. Длина стебля равна 55–75 см, число междоузлий на стебле – 12–15. Соцветие представляет малоцветковую кисть из 3–5 цветков. Венчик имеет фиолетовую окраску. Бобы слабо изогнутые с заостренным кончиком, при созревании приобретают бурю окраску. Семена удлинено-овальной формы, зеленовато-желтого цвета, без пигментации. Рубчик семени коричневый. Сорт зернового направления использования. Урожайность в конкурсном сортоиспытании достигала 29,4 ц/га. Масса семян с одного растения составляет 10–12 г, масса 1000 семян – 150–160 г. Число семян в бобе 2–3, среднее число бобов на один продуктивный узел – 2–3. Содержание белка в семенах составляет 35–38%, жира – 17–19%. Продолжительность вегетационного периода равна 100–105 дней. Сорт среднеустойчив к болезням, холоду, засухе, засолению почвы. В 2018 г. сорт сои Горинская включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации по Восточно-Сибирскому региону.

Ключевые слова: соя Горинская, селекция, сорт, гибридизация, отбор

NEW CULTIVAR OF SOYBEAN GORINSKAYA

Kashevarov N.I., Polyudina R.I., (✉) Potapov D.A.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia
(✉) e-mail: d_potapov@ngs.ru

The paper presents results of research into breeding of the new soybean cultivar Gorinskaya by the methods of hybridization and individual selection. Soybean varieties SibNIK-315 (female parent) and Fiskebi V (male parent) were used as a starting material. The studies were carried out in the forest-steppe zone of the Western Siberia (Novosibirsk region). Soybean Gorinskaya belongs to the Manchu subspecies. The plants have a light brown (reddish) pubescence of the stem, leaves, beans. The growth pattern and the type of apex is intermediate, the number of branches is 1–3, the angle of branching is 20–30 degrees, the bush is compressed. The height to the first branch is 6–10 cm, the attachment height of the lower pod is 10–13 cm. The beans are distributed evenly throughout the plant. The length of the stem is 55–75 cm, the number of internodes on the stem is 12–15. The

inflorescence is a small-flowered raceme of 3-5 flowers. The corolla is purple in color. The pods are slightly curved with a pointed tip; when ripe, they acquire a brown color. The seeds are elongated-oval, greenish-yellow in color, without pigmentation. The seed hilum is brown. The cultivar is the grain variety for use. The yield in the competitive variety testing reached 29.4 c / ha. The mass of seeds per plant is 10–12 g, the mass of 1000 seeds is 150–160 g. The number of seeds per pod is 2-3; the average number of pods per 1 productive node is 2-3. The protein content in seeds is 35-38, fat – 17-19%. Duration of the vegetative period is 100-105 days. The cultivar is medium resistant to diseases, cold, drought, and soil salinity. In 2018, the Gorinskaya soybean variety was included in the State Register of Breeding Achievements Approved for Use in the Russian Federation for the East Siberian region.

Keywords: Gorinskaya soybean, breeding, cultivar, hybridization, selection

Для цитирования: Кашеваров Н.И., Полодина Р.И., Потапов Д.А. Новый сорт сои Горинская // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 5. С. 36–43. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-4>

For citation: Kashevarov N.I., Polyudina R.I., Potapov D.A. New cultivar of soybean Gorinskaya. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 5, pp. 36–43. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-4>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) – наиболее распространенная бобовая культура в мире, выращиваемая более чем в 90 странах. Она важный источник белка и масла на пищевые, кормовые и технические цели, поэтому используется в разных отраслях промышленности [1–4]. Лидеры по производству зерна сои – США и Бразилия, которые выращивают две трети его мирового объема [5].

В настоящее время производимой в России сои явно недостаточно, о чем свидетельствует неуклонное увеличение импорта сои: от 65 тыс. т в 2000 г. до 2,05 млн т в 2015 г. Имеющихся в России резервов достаточно для увеличения посевных площадей до 5–6 млн га, что обеспечит получение до 7 млн т товарного сырья [6]. В лесостепной зоне Западной Сибири сою можно возделывать на площади около 250 тыс. га и получать гарантированную урожайность 15 ц/га¹ [7–10]. В Государственном реестре сортов Российской Федерации на 2020 г. зарегистрировано 257 сортов сои, 13 из них сибирской селекции. Однако существующие на данный момент сорта не вполне отвечают

современным требованиям АПК. Рост производства сои в России может быть достигнут не только за счет расширения площадей посевов этой культуры, но и создания новых высокопродуктивных сортов.

Создание сортов сои, приспособленных для выращивания в лесостепной зоне Западной Сибири, определяется биологическими особенностями культуры: требованиями к тепловому режиму, обеспеченности влагой, светом, минеральным питанием. Кроме того, для данной культуры важны почвенно-климатические условия. Лесостепная зона Западно-Сибирского региона характеризуется коротким безморозным периодом, большой продолжительностью (до 17 ч) летнего дня, при котором многие сорта сои значительно израстают в ущерб генеративному развитию и удлиняют вегетационный период, не успевая сформировать урожай зрелых семян. Благоприятные среднесуточные температуры для прорастания семян сои в почве, появления и роста всходов, бутонизации и цветения, образования бобов и семян, созревания обеспечиваются в данном регионе за начало III декады мая – II декады сентября. Продолжительность этого периода составляет око-

¹Кашеваров Н.И., Горин В.Е., Полодина Р.И. и др. Возделывание сои в Западной Сибири: рекомендации. Новосибирск, 1999. 74 с.

ло 115 дней, сумма температур выше 10 °С – не менее 1800°, т.е. вегетационный период от посева до созревания не должен превышать 115 дней. Сорта, не достигшие полного созревания до наступления низких положительных среднесуточных температур, при наступлении регулярных заморозков сильно снижают или не дают урожая зрелых семян.

Основные методы создания сортов – внутривидовая и отдаленная гибридизация, индивидуальный отбор² [11–13].

Цель исследования – создание нового высокоурожайного сорта сои, адаптированного к условиям Сибири.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на центральной экспериментальной базе Сибирского научно-исследовательского института кормов СФНЦА РАН, расположенной в лесостепной зоне Новосибирской области (р.п. Краснообск).

Почва опытных участков – чернозем выщелоченный среднесуглинистый, рН 6,6. Содержание гумуса в почве 5,2%, легкогидролизуемого азота – 7,7 мг/100 г почвы, подвижного фосфора – 15,0, калия – 16,0 мг/100 г почвы.

При создании сорта в качестве исходного материала использовали сорта сои СибНИИК-315 и Fiskebi V. Основные методы создания перспективного селекционного материала – гибридизация и индивидуальный отбор.

Закладку питомников проводили по общепринятой методике. В гибридном и селекционном питомниках посев и уборку растений осуществляли вручную, учитывали количество растений на делянке.

В контрольных питомниках и конкурсном сортоиспытании площадь делянки составляла 25 м², расположение систематическое, повторность четырехкратная. Посев проводили сеялкой СН-16. Высевали 700 тыс. всхожих семян на 1 га широкорядным способом. Уборку растений осуществляли комбайном

Samro (Ростов). Перед уборкой с пробных площадок брали сноповые образцы с 1 м². Определяли семенную продуктивность и ее элементы с каждого растения. Стандарт – сорт СибНИИК-315.

Фитопатологические обследования проведены группой иммунитета растений. Для статистической обработки данных использовали пакет прикладных программ Snedekor.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Внутривидовая гибридизация сои для расширения генетической изменчивости, доступной отбору, – эффективный метод в селекции этой культуры (см. сноску 2) [11]. Изучение биологии цветения и усовершенствование методики гибридизации позволило использовать данный метод селекции для значительного расширения генотипического разнообразия селекционного материала сои за счет привлечения в скрещивания географически отдаленных форм. При подборе пар для скрещивания следует учитывать, что наиболее высокие показатели трансгрессии по массе семян с одного растения дают гибриды, родительские формы которых существенно отличаются по максимальному числу элементов продуктивности растений³.

В соответствии с принятой в Европе и США классификацией по продолжительности периода вегетации сорта сои разделены на 10 групп. При селекции сои для условий Западной Сибири особый интерес представляют сорта, обладающие высокой адаптивностью, с продолжительностью вегетационного периода не более 110 дней.

Продолжительность периода от всходов до созревания в значительной степени определяется величиной периода от всходов до цветения, в меньшей – продолжительностью фазы от цветения до созревания. Период от всходов до цветения заметно удлиняется с уменьшением суммы температур, повышением относительной влажности воздуха, увеличением азотного питания растений, при выращивании на длинном дне

²Енкен В.Б. Соя. М.: Сельхозгиз, 1959. 619 с.

³Ващенко А.П., Мудрик Н.В., Фисенко П.П., Заостровных В.И. Селекция сои в Приморье // Селекция и агротехника полевых культур в Приамурье: сб. науч. трудов. Новосибирск, 1987 С. 45–47.

и увеличении площади питания. В целом фенотипическое проявление величины вегетационного периода на 70% определяется наследственными особенностями сорта и лишь на 30% всеми остальными факторами⁴. По данным исследований Г. Джонсона и Р. Бернард (цит. по сноске 2), генетические и фенотипические корреляции между продолжительностью вегетационного периода и урожайностью семян имеют достоверную положительную зависимость.

С целью создания перспективного исходного материала для селекции в 1994 г. проведены скрещивания, где в качестве материнской формы использован лучший зарегистрированный сорт СибНИИК-315. Отцовский компонент был представлен сортом Fiskebi V. Среди изученных в коллекционном питомнике сортообразцов сои этот сорт отобран благодаря высоким показателям семенной продуктивности и ее составляющим элементам [14].

Первые элитные растения данной комбинации выделены в гибридном питомнике 1997 г. В 1998–2001 гг. их изучение продолжали в селекционных питомниках. Отборы проводили в полевых и лабораторных условиях по комплексу признаков: семенной продуктивности и ее составляющим элементам, продолжительности вегетационного периода, устойчивости к неблагоприятным факторам среды. Большое внимание уделялось признакам, определяющим технологичность возделывания сои: высоте

прикрепления нижнего боба, устойчивости к растрескиванию бобов, полеганию растений и др. Затем изучение линии, названной СНК-147, продолжено в контрольных и конкурсных питомниках, где она также проявляла высокие показатели хозяйственно полезных и морфобиологических признаков и свойств (см. табл. 1).

Урожайность зерна в 2010–2020 гг. варьировала от 16,0 до 29,4 ц/га, стабильно превышая ее стандартный показатель на 7–26%. Продолжительность вегетационного периода при этом колебалась от 88 до 120 дней, превышая показатель стандарта на 5–17 дней. В среднем за 11 лет изучения эта линия созревала за 107 дней, попадая, таким образом, в скороспелую группу (см. рисунок).

Повышение содержания белка и масла в семенах сои – одно из основных направлений селекционных программ. Благодаря качеству и количеству белков, их сбалансированности по аминокислотам, высокой усвояемости, невысокой себестоимости, соя занимает одно из первых мест в мире среди белково-масличных культур по производству семян. Жир сои по своей питательности близок к подсолнечному маслу, но немного уступает коровьюму. Созданная нами линия по сбору белка и жира превышает стандарт на 0,9 и 0,6 ц/га соответственно, или 14 и 17% (см. табл. 1).

Большой ущерб урожайности сои наносят болезни. Только высокоустойчивые со-

Табл. 1. Параметры нового сорта сои Горинская (2010–2012 гг.)

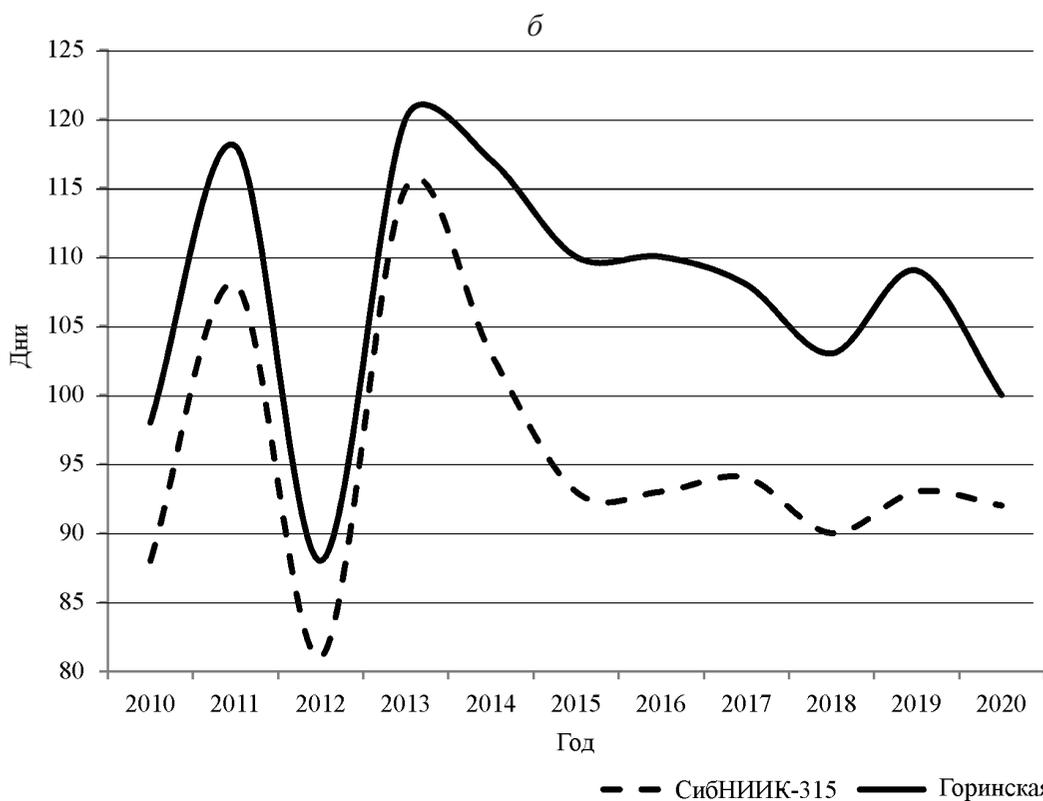
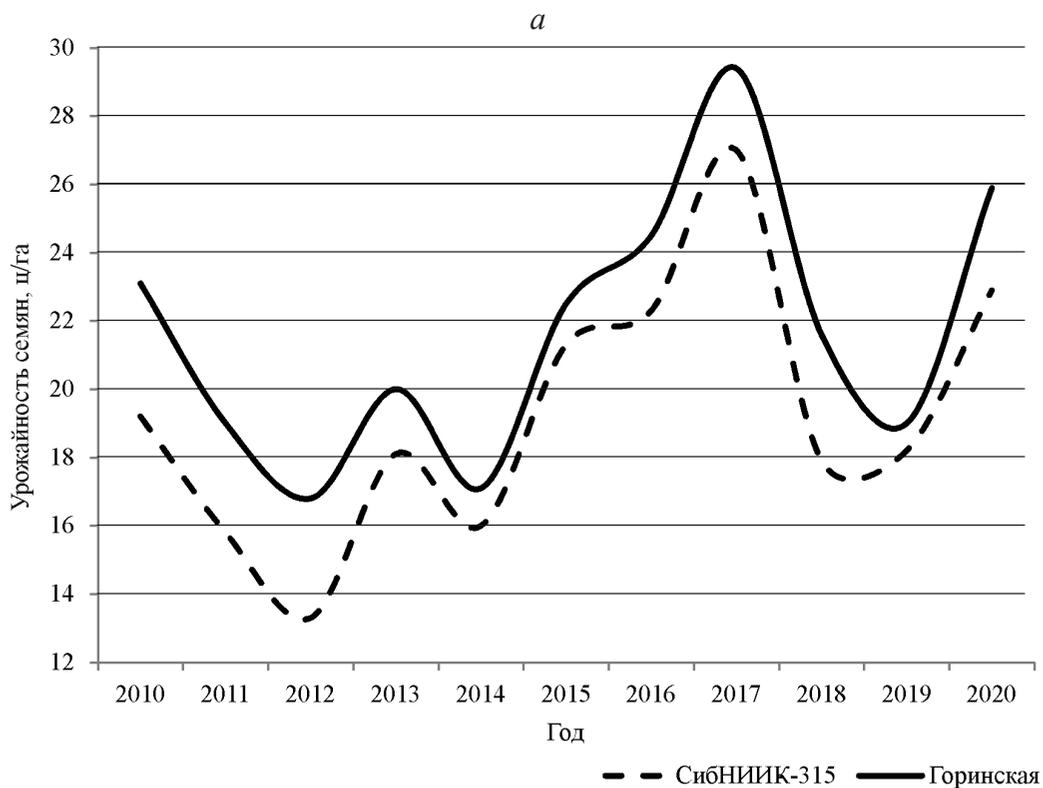
Table 1. Parameters of new soybean cultivar Gorinskaya (2010–2012)

Признак	Горинская (СНК-147)	СибНИИК-315 (стандарт)	± к стандарту, %
Урожайность зерна, ц/га**	21,6 ± 1,3	18,9 ± 1,4	114*
Вегетационный период, дни	101 ± 8	92 ± 8	9*
Масса 1000 семян, г	133,1 ± 3,0	147,2 ± 5,7	90*
Содержание сырого протеина, %	36,4 ± 0,2	36,5 ± 0,1	100
Сбор сырого протеина, ц/га	7,8 ± 0,7	6,9 ± 0,6	114*
Содержание жира, %	18,8 ± 0,4	18,2 ± 0,2	103
Сбор жира, ц/га	4,1 ± 0,6	3,5 ± 0,4	117*

*Достоверно на 5%-м уровне.

**Урожайность семян приведена за 2010–2020 гг.

⁴Корсаков Н.И. Соя (систематика и основы селекции): автореф. дис. д-ра с.-х. наук. Л.: ВИР, 1973. 44 с.



Урожайность семян (а) и продолжительность вегетационного периода (б) нового сорта сои Горинская

Seed yield and maturity of new cultivar of soybean Gorinskaya

рта могут обеспечить низкую поражаемость болезнями и естественное повышение продуктивности сои. Поражение растений сои ложной мучнистой росой (пероноспорозом) может снизить урожайность семян до 50%. Впервые это заболевание обнаружено на полях СибНИИ кормов в 2004 г. Снижение урожайности зерна сои при поражении пустульным бактериозом достигает 22%, бактериальной пятнистостью – 27%⁵.

Фитопатологическое изучение сортообразца СНК-147 в питомниках конкурсного сортоиспытания показало, что он более устойчив к основным грибным и бактериальным заболеваниям в сравнении со стандартом (см. табл. 2).

Таким образом, использование метода индивидуального отбора в расщепляющихся поколениях оказалось эффективным для создания высокоурожайных, отвечающих современным требованиям технологии возделывания сортов сои.

В 2013 г. линия сои СНК-147 передана на государственное сортоиспытание под названием Горинская. В 2018 г. сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации по Восточно-Сибирскому региону. Получены авторское свидетельство № 71916 от 05.06.2018 и патент № 9653 от 05.06.2018. Авторы сорта: Н.В. Балыкина, А.В. Железнов, Н.И. Кашеваров, Н.Н. Кашеварова, А.А. Полищук.

Сорт сои Горинская зернового направления использования. Урожайность в конкурсном сортоиспытании в условиях лесостепной зоны Западной Сибири достигала 29,4 ц/га. По данным Госсортокмиссии,

средняя урожайность зерна в Восточно-Сибирском регионе составила 28,6 ц/га. Максимальная урожайность (31,2 ц/га) получена на Краснотуранском ГСУ Красноярского края в 2016 г. Масса семян с одного растения 10–12 г, масса 1000 семян – 150–160 г. Число семян в бобе преимущественно 2–3, среднее число бобов на один продуктивный узел 2–3, максимальное – 4–5. Содержание белка в семенах составляет 35–38%, жира – 17–19%. Продолжительность периода всходы – цветение – до 30–32 дня, всходы – созревание – 100–105 дней. Сорт среднеустойчив к холоду, засухе, засолению почвы.

По морфологическим признакам соя Горинская относится к маньчжурскому подвиду (*ssp. manshurica* (Enken) Zel. et Koch.). Растения имеют светло-коричневое (рыжеватое) опушение стебля, листьев, бобов. Характер роста и тип верхушки промежуточный, число ветвей 1–3, угол отхождения ветвей 20–30 град., куст сжатый. Высота до первого разветвления составляет 6–10 см, высота прикрепления нижнего боба – 10–13 см. Бобы расположены равномерно по всему растению. Длина стебля равна 55–75 см, число междоузлий на стебле 12–15.

Тип прорастания семян гипогейческий (выносят семядоли на поверхность земли). Благодаря наличию антоциана окраска подсемядольного колена в период всходов фиолетовая. Примордиальные листья имеют широкояйцевидную форму. Листья тройчатые, средние листочки овально-удлиненные, слабозаостренные. Окраска листьев зеленая. Соцветие представляет малоцветковую кисть из 3–5 цветков. Венчик имеет фиолетовую окраску. Бобы слабо изогнутые с заострен-

Табл. 2. Поражение болезнями нового сорта сои Горинская (2010–2012 гг.), %

Table 2. Diseases of new soybean cultivar Gorinskaya (2010–2012), %

Признак	Горинская (СНК-147)		СибНИИК-315 (стандарт)		± к стандарту, %
	Среднее	Лимиты	Среднее	Лимиты	
Пустульный бактериоз	2,9	0–5,9	3,0	0,4–5,6	–0,1
Ложная мучнистая роса	3,5	0,1–7,0	18,5	0,0–37,0	–15,0
Бактериальная пятнистость	4,0	0,0–8,1	8,3	0,4–16,2	–4,3

⁵Ашмарина Л.Ф., Горобей И.М., Коняева Н.М., Агаркова З.В. Атлас болезней кормовых культур в Западной Сибири. Новосибирск: СибНИИ кормов, 2010. 180 с.

ным кончиком, при созревании приобретают бурю окраску. Семена удлинено-овальной формы, зеленовато-желтого цвета, без пигментации. Рубчик семени коричневый.

ВЫВОДЫ

1. С использованием методов гибридизации и индивидуального отбора создан новый сорт сои Горинская.

2. Средняя урожайность зерна сорта Горинская в условиях Западно-Сибирского региона составляет 21,6 ц/га (114% к стандарту), максимальная – 29,4 ц/га, сбор сырого протеина – 7,8 ц/га, жира – 4,1 ц/га, что на 14 и 17% выше стандарта соответственно. Максимальная урожайность зерна в Восточно-Сибирском регионе составила 31,2 ц/га.

3. В 2018 г. сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации по Восточно-Сибирскому региону.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bandello N.B., Anderson J.E., Kantar M.B.* Dissecting the genetic basis of local adaptation in soybean // *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. N 1. P. 171–195. DOI: 10.1038/s41598-017-17342-w.
2. *Федотов В.А., Гончаров С.В., Столяров О.В., Ващенко Т.Г., Шевченко Н.С.* Соя в России: монография. М.: Агролига России, 2013. 432 с.
3. *Лукомец В.М., Кочегура А.В., Баранов В.Ф., Манохин В.Л.* Соя в России – действительность и возможность: монография. Краснодар: ВНИИМК, 2013. 100 с.
4. *Ващенко А.П., Мудрик Н.В., Фесенко П.П., Дега Л.А., Чайка Н.В., Капустин Ю.С.* Соя на Дальнем Востоке: монография. Владивосток: Дальнаука, 2014. 435 с.
5. *Кривошлыков К.М., Рощина Е.Ю.* Современные тенденции рынка сои в мире и в России // *Масличные культуры*. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2016. № 2 (166). С. 68–72.
6. *Зайцев Н.И., Бочкарев Н.И., Зеленцов С.В.* Перспективы и направления селекции сои в России в условиях реализации национальной стратегии импортозамещения //

Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2016. № 2 (166). С. 3–11.

7. *Кашеваров Н.И., Полюдина Р.И., Потанов Д.А.* Основные направления и результаты селекции бобовых культур в Сибирском федеральном научном центре агробиотехнологий РАН // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2017. № 6. С. 9–13.
8. *Кашеваров Н.И., Полюдина Р.И., Потанов Д.А.* Генетические ресурсы кормовых растений Сибири // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2016. № 4. С. 36–43.
9. *Кашеваров Н.И., Полюдина Р.И., Данилов В.П., Потанов Д.А.* Создание селекционного материала и сортов кормовых культур в Сибири // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2017. № 3 (66). С. 110–115.
10. *Кашеваров Н.И., Солошенко В.А., Васякин Н.И., Лях А.А.* Соя в Западной Сибири: монография. Новосибирск: Юпитер, 2004. 256 с.
11. *Зеленцов С.В.* Методические основы селекционного процесса у сои и его улучшающие модификации во ВНИИМК (обзор) // *Масличные культуры*. 2020. Вып. 2 (182). С. 128–143. DOI: 10.25230/2412-608X-2020-2-182-128-143.
12. *Akperterey A., Belaffif M., Graef G.L.* Effects of selective genetic introgression from wild soybean to soybean // *Crop science*. 2014. Vol. 54. N 6. P. 2683–2695.
13. *Hegstad J.M., Nelson R.L., Renny-Byfield S.* Introgression of novel genetic diversity to improve soybean yield // *Theoretical and Applied Genetics*. 2019. Vol. 132. P. 2541–2552. DOI: 10.1007/s00122-019-03369-2.
14. *Кашеваров Н.И., Железнов А.В., Полюдина Р.И., Потанов Д.А.* Изучение коллекций люпина узколистного, нута и сои для интродукции в условиях лесостепи Западной Сибири // *Адаптивное кормопроизводство*. 2015. № 4. С. 39–44.

REFERENCES

1. *Bandello N.B., Anderson J.E., Kantar M.B.* Dissecting the genetic basis of local adaptation in soybean. *Scientific Reports*, 2017, vol. 7, no. 1, pp. 171–195. DOI: 10.1038/s41598-017-17342-w.
2. *Fedotov V.A., Goncharov S.V., Stolyarov O.V., Vashchenko T.G., Shevchenko N.S.* *Soybean in*

- Russia. Moscow, Agroliga Rossii Publ., 2013, 432 p. (In Russian).
3. Lukomets V.M., Kochegura A.V., Baranov V.F., Manokhin V.L. *Soybean in Russia: reality and opportunity*. Krasnodar, VNIIMK Publ., 2013, 100 p. (In Russian).
 4. Vashchenko A.P., Mudrik N.V., Fesenko P.P., Dega L.A., Chaika N.V., Kapustin Yu.S. *Soybean in the Far East*. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2014, 435 p. (In Russian).
 5. Krivoshlykov K.M., Roshchina E.YU. The modern tendencies of soybean market in the world and Russia. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskij byulleten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnyh kul'tur = Oilseeds. Scientific and technical bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseeds*, 2016, no. 2 (166), pp. 68–72. (In Russian).
 6. Zajcev N.I., Bochkaryov N.I., Zelencov S.V. Prospects and directions for soybean breeding in Russia under implementation conditions of the national strategy of import substitution. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskij byulleten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnyh kul'tur = Oilseeds. Scientific and technical bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseeds*, 2016, no. 2 (166), pp. 3–11. (In Russian).
 7. Kashevarov N.I., Polyudina R.I., Potapov D.A. The main directions and results of breeding of leguminous crops at the Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies of the RAS. *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki = Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 2017, no. 6, pp. 9–13. (In Russian).
 8. Kashevarov N.I., Polyudina R.I., Potapov D.A. Genetic resources of the forage plants of Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyajstvennoj nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2016, no. 4, pp. 36–43. (In Russian).
 9. Kashevarov N.I., Polyudina R.I., Danilov V.P., Potapov D.A. Development of breeding material and varieties of forage crops in Siberia. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2017, no. 3 (66), pp. 110–115. (In Russian).
 10. Kashevarov N.I., Soloshenko V.A., Vasyakin N.I., Lyah A.A. *Soybean in Western Siberia*. Novosibirsk, YUptiter Publ., 2004, 256 p. (In Russian).
 11. Zelencov S.V. Methodological principles of the soybean breeding process and its improving modifications in VNIIMK (review). *Maslichnye kul'tury = Oil Crops*, 2020, release 2 (182), pp. 128–143. (In Russian). DOI: 10.25230/2412-608X-2020-2-182-128-143.
 12. Akperter A., Belaffif M., Graef G.L. Effects of selective genetic introgression from wild soybean to soybean. *Crop science*, 2014, vol. 54, no. 6, pp. 2683–2695.
 13. Hegstad J.M., Nelson R.L., Renny-Byfield S. Introgression of novel genetic diversity to improve soybean yield. *Theoretical and Applied Genetics*, 2019, vol. 132, pp. 2541–2552. DOI: 10.1007/s00122-019-03369-2.
 14. Kashevarov N.I., ZHeleznov A.V., Polyudina R.I., Potapov D.A. The study of collections of *Lupinus angustifolius* L., *Cicer arietinum* L. and *Glycine max* (L.) Merr. for introduction under conditions of forest-steppe zone of Western Siberia. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo = Adaptive Fodder Production*, 2015, no. 4, pp. 39–44. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кашеваров Н.И., доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, руководитель структурного подразделения; e-mail: sibkorma@ngs.ru

Полодина Р.И., доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник; e-mail: polyudina@ngs.ru

✉ **Потапов Д.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: d_potapov@ngs.ru

AUTHOR INFORMATION

Nikolai I. Kashevarov, Doctor of Science in Agriculture, Academician of the Russian Academy of Sciences; Head of Structural Unit; e-mail: sibkorma@ngs.ru

Revmira I. Polyudina, Doctor of Science in Agriculture; Head Researcher; e-mail: polyudina@ngs.ru

✉ **Dmitri A. Potapov**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia; e-mail: d_potapov@ngs.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 07.07.2021
 Дата принятия к публикации / Accepted for publication 09.09.2021
 Дата публикации / Published 25.11.2021

ОЦЕНКА ОБРАЗЦОВ ДВУКИСТОЧНИКА ТРОСТНИКОВОГО ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ УГОЛЬНЫХ ОТВАЛОВ

Уразова Л.Д., (✉) Литвинчук О.В.

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

(✉) e-mail: Narym@mail2000.ru

Одним из надежных путей восстановления эродированных почв и техногенных земель является их рекультивация с посевом многолетних злаковых трав. Изучены и выделены образцы двукисточника тростникового, пригодные для рекультивации угольных отвалов Кемеровской области. Экспериментальная работа проведена в Томской области (58°11'с.ш., 83°00'в.д.) в 2017–2020 гг. Объекты исследований представлены отборами двукисточника тростникового, проведенными в 2016 г. Питомник изучения образцов, пригодных для рекультивации угольных отвалов, заложен в 2017 г. в количестве шести номеров – КМ-1, КМ-2, КМ-3, КМ-4, КМ-5 (Томская область), в качестве стандарта использовали сорт Витязь (Томская область). Почвы опытных участков дерново-подзолистые кислые супесчаные и суглинистые с содержанием гумуса в пахотном горизонте не более 2%. При оценке образцов основное внимание уделено изучению признаков и свойств, которые лимитируют их возделывание в условиях таежной зоны: густоте травостоя, высоте растений, облиственности, зимостойкости, устойчивости к полеганию, семенной продуктивности, урожайности зеленой массы, устойчивости к наиболее распространенным заболеваниям. За 3 года изучения отборов двукисточника тростникового по комплексу основных хозяйственно важных признаков выделен образец КМ-5. Данный образец обладает комплексом ценных признаков при создании адаптивного сорта, пригодного для рекультивации угольных отвалов (облиственность – 61,4%, урожайность зеленой массы – 38,5 т/га, сухого вещества – 11,9, семян – 0,21 т/га). Выделившийся номер имеет ежегодные достоверные прибавки к стандарту по урожайности зеленой массы 8,5 т/га, сухого вещества – 3,3, семян 0,04 т/га. Образцы КМ-1, КМ-5 проявили высокую устойчивость к данным заболеваниям: поражение гельминтоспориозом – 6,0–6,1%, септориозом – 2,6–4,2%.

Ключевые слова: рекультивация, двукисточник тростниковый, урожайность, адаптивность, селекция

EVALUATING REED CANARY GRASS SAMPLES FOR RECLAMATION OF COAL DUMPS

Urazova L.D., (✉) Litvinchuk O.V.

*Siberian Research Institute of Agriculture and Peat - branch of the Federal State Budgetary
Institution of Science of the Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Russian
Academy of Sciences*

Tomsk, Russia

(✉) e-mail: Narym@mail2000.ru

One reliable way to restore eroded soils and technogenic land is to reclaim it by sowing perennial grasses. Samples of reed canary grass suitable for reclamation of coal dumps in the Kemerovo region have been studied and identified. Experimental work was carried out in the Tomsk region (58°11' N, 83°00' E) during the period of 2017-2020. The research subjects are represented by samples of reed canary grass taken in 2016. A nursery of study samples suitable for reclamation of coal dumps was laid in 2017 with six numbers - KM-1, KM-2, KM-3, KM-4, KM-5 (Tomsk region), the variety Vityaz (Tomsk region) was used as a standard. The soils of the experimental plots were sod-podzolic acidic loamy sandy loam and loamy with a humus content of no more than 2% in the arable horizon. When evaluating the samples, the main attention is paid to studying the traits and properties that limit their cultivation under taiga conditions: grass density, plant height, foliage,

winter hardiness, lodging resistance, seed productivity, green mass yield, resistance to the most common diseases. Over a 3-year study of selections of reed canary grass based on a set of the main economically important traits, the KM-5 sample has been identified. This specimen has a complex of valuable features in creating an adaptive variety suitable for reclamation of coal dumps (foliage - 61.4%, green matter yield - 38.5 t/ha, dry matter - 11.9, seeds - 0.21 t/ha). The selected number has annual reliable additions to the standard in terms of green matter yield of 8.5 t/ha, dry matter yield of 3.3, and seed yield of 0.04 t/ha. Samples KM-1, KM-5 showed high resistance to these diseases: helminthosporiosis - 6.0-6.1%, septoriosiis - 2.6-4.2%.

Keywords: reclamation, reed canary grass, productivity, adaptability, selection.

Для цитирования: Уразова Л.Д., Литвинчук О.В. Оценка образцов двукисточника тростникового для рекультивации угольных отвалов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 5. С. 44–50. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-5>

For citation: Urazova L.D., Litvinchuk O.V. Evaluating reed canary grass samples for reclamation of coal dumps. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 5, pp. 44–50. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-5>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Благодарим профессора кафедры экологии и природопользования Кемеровского государственного университета, доктора биологических наук Александру Васильевну Заушинцену за проведение отборов, пригодных для рекультивации угольных отвалов образцов двукисточника тростникового.

Acknowledgements

We would like to thank Alexandra Vasilievna Zaushitzena, Professor at the Department of Ecology and Nature Management of Kemerovo State University, Doctor of Science in Biology, for selecting the samples of reed canary grass for reclamation of coal dumps.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время процессы антропогенных нарушений растительного покрова, в том числе и в Западной Сибири, принимают глобальные масштабы. Горнодобывающая промышленность оказывает негативное воздействие на все компоненты окружающей природной среды, вызывая их нежелательные изменения. Нарушенные земли становятся очагами загрязнения атмосферы, воды и почвы, прилегающих угодий, ухудшают санитарно-гигиенические условия жизни населения. Для восстановления экологической целостности нарушенных территорий необходимо выполнять рекультивационные работы¹ [1–3].

Заращение отвалов угледобычи представляет собой пример первичной сукцес-

сии, протекающей в специфических эдафических условиях. Скорость самовосстановления растительности на отвалах различается на разных объектах. Фитомелиорация значительно ускоряет процесс самовосстановления [4].

Один из надежных путей восстановления эродированных почв и техногенных земель – их рекультивация с посевом многолетних злаковых трав [5, 6]. Важное значение для восстановления нарушенных территорий имеет двукисточник тростниковый² [7].

Двукисточник тростниковый (*Phalaroides arundinacea* (L.) Rausch.) – многолетнее кормовое космополитное растение на интразональных избыточно увлажненных почвах всех материков, кроме Антарктиды. Это многолетний рыхлокустовый корневищный злак для кормового и противоэрозионного

¹Технологии рекультивации и обустройство нарушенных земель в Западной и Восточной Сибири: монография / И.В. Зеньков, Б.Н. Нефедов, И.М. Бардулин, Ю.П. Юронен, В.Н. Вокен, Е.В. Кирюшина. Красноярск, 2015. 308 с. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.knigafund.ru> Дата обращения 20.04.2021.

²Ламанова Т.Г., Шеремет Н.В., Доронькин В.М. Коллекции Центрального сибирского ботанического сада СО РАН как источник восстановления биоразнообразия на вскрышных отвалах Кузбасса [Электронный ресурс]: URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/32729/1/brimnz_2012_27.pdf. Дата обращения 20.04.2021.

использования. Из биологических особенностей двукисточника следует отметить широкую адаптивность к избыточно увлажненным участкам, долголетие, устойчивость к длительному затоплению (до 90 дней), высокий потенциал фотосинтеза. Продолжительность хозяйственного использования 9–12 лет, имеются данные о травостоях, возраст которых более 30 лет. Важную роль двукисточник выполняет как закрепитель на оползневых участках и фиторемедиатор на участках почв, загрязненных тяжелыми металлами [8].

Цель исследований – изучить и выделить образцы двукисточника тростникового, пригодных для рекультивации угольных отвалов Кемеровской области.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экспериментальную работу проводили в Нарымском отделе селекции и семеноводства Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства и торфа – филиала Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, расположенном в г. Колпашево Томской области (58°11' с.ш., 83°00' в.д.) в 2017–2020 гг. Объекты исследований представлены отборами двукисточника тростникового, проведенными Кемеровским государственным университетом в 2016 г. Питомник изучения образцов, пригодных для рекультивации угольных отвалов, заложен в 2017 г. в количестве шести номеров – КМ-1, КМ-2, КМ-3, КМ-4, КМ-5 (Томская область), стандарт – сорт Витязь (Томская область). Экспериментальную работу осуществляли в естественных полевых условиях.

Технология закладки полевого опыта общепринятая для возделывания многолетних злаковых трав в Западной Сибири. Оценку, наблюдения и учеты проводили в соответствии с методическими указаниями по селекции многолетних трав³ и методике Госкомиссии по сортоиспытанию⁴.

Образцы высевали вручную под мотыжку по маркерным следам с междурядьями 70 см в первых числах июня. Способ посева широкорядный на глубину 1–2 см, норма посева 0,6 г/м² (при 100%-й хозяйственной годности семян), площадь делянок – 2 м². Уход за посевами заключался в 3–4-кратной прополке с одновременным рыхлением междурядий.

Климат в зоне исследований резко континентальный с продолжительной суровой зимой и коротким, но жарким, нередко засушливым летом. Снежный покров держится около 7 мес (обычно с октября по апрель). Безморозный период короткий. Годовое количество осадков составляет около 500 мм, в том числе в период вегетации – более 300 мм. Сумма температур воздуха выше 10 °С равна 1300–1600°.

Почвы опытных участков дерново-подзолистые кислые (рН_{кол} 4,3–4,9) супесчаные и суглинистые по гранулометрическому составу с содержанием гумуса в пахотном горизонте не более 2% (по Тюрину). Обеспеченность почв питательными веществами в подвижной форме по нитратному азоту низкая – 0,20–0,22 мг/100 г воздушно-сухой почвы (методика определения с дисульфифеноловой кислотой), обменному калию средняя – 8,3–13,9 мг/100 г воздушно-сухой почвы (по Пейве), подвижному фосфору высокая – 12,1–18,1 мг/100 г воздушно-сухой почвы (по Кирсанову), содержание алюминия высокое – 4,4–9,6 мг/100 г почвы (по Соколову).

Густоту травостоя отмечали в первый год изучения при полных всходах и перед уходом в зиму, на второй и последующие годы – при отрастании весной, по укосам и перед уходом в зиму по 5-балльной шкале. Измерение высоты растений проводили при использовании на зеленую массу в фазу массового колошения, при учете на семена – в начале созревания семян. Растения измеряли от поверхности почвы до вершины соцветий в пяти местах.

³Методические указания по селекции многолетних злаковых трав. М.: ВИК. 2012. С. 35–46.

⁴Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. С. 49–57, 120–125.

Зимостойкость (процент сохранившихся после перезимовки растений) определяли путем подсчета количества живых и погибших растений на делянке осенью и весной в начале вегетации.

При изучении устойчивости к листовым инфекциям учеты проводили в период максимального развития болезни согласно методическим указаниям ВИР, ВИК^{5,6}. Для определения степени поражения в поле набирали по 25 листьев с каждой делянки, которые затем сравнивали с таблицами шкалы Петерсона [9].

Учет продуктивности зеленой массы у двукисточника тростникового проводили при двуукосном использовании: первый укос – в фазу полного выметывания, второй – по мере достижения укосной спелости (высота травостоя). Перед учетом осуществляли глазомерную оценку травостоя по плотности и выравниваемости, поражения болезнями, определяли высоту. Затем травостой скашивали и брали пробный сноп по всей длине прокоса в разных местах горстями массой 1 кг для определения выхода сухого вещества.

Облиственность устанавливали при анализе пробного снопа как соотношение массы листьев и общей сухой массы образца, выраженное в процентах.

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

Экспериментальный материал обрабатывали по Б.А. Доспехову⁷ с использованием пакета прикладных программ⁸.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При оценке образцов основное внимание уделено изучению признаков и свойств, которые лимитируют их возделывание в условиях таежной зоны: зимостойкости, урожайности

кормовой массы и семян, устойчивости к наиболее распространенным заболеваниям.

Вегетационный период – важный биологический признак, отражающий приспособленность растений к условиям произрастания. Природно-климатические условия таежной зоны Западной Сибири позволяют культурным растениям, в частности двукисточнику тростниковому, сформировать за короткое лето хороший травостой и кондиционные семена.

В наших условиях отрастание весной у образцов в 2018 г. отмечено 10 мая, начало колошения – 25 июня, полное колошение – 27 июня, массовое цветение – 2 июля, массовое созревание семян – 19 июля. В 2019 г. отрастание наступило 7 мая, начало колошения – 23 июня, полное колошение – 27 июня, массовое цветение – 2 июля, массовое созревание семян – 20 июля. Благодаря ранней и теплой весне в 2020 г. отрастание наступило 20 апреля, начало колошения – 8 июня, полное колошение – 12 июня, массовое цветение – 18 июня, созревание семян – 14 июля. Продолжительность вегетационного периода в 2018 г. составила 70 дней (в 2019 г. – 74 дня, в 2020 г. – 85 дней). Прекращение вегетации в 2018 г. пришлось на 29 октября, в 2019 г. – на 20 октября, в 2020 г. – на 10 ноября.

Густота и мощность травостоя изучаемых номеров составила 4–5 баллов. Данные оценки соответствуют состоянию травостоя образцов перед уходом в зиму. Все изучаемые образцы имели высокую зимостойкость (100%), облиственность (5 баллов), устойчивы к полеганию (5 баллов). Высота растений варьировала в фазу массового колошения от 136 до 145 см, в период цветения – от 151 до 162 см (средние данные за 2018–2020 гг.).

Благодаря высокому снежному покрову зимой 2017/18, 2018/19, 2019/20 гг. образцы двукисточника перезимовали хорошо, зимостойкость составила 100%. Растения уходили в зиму в развитом состоянии. Ска-

⁵Методические указания по изучению устойчивости злаковых трав к возбудителям грибных болезней для условий Нечерноземной зоны РСФСР. М.: ВНИИР, 1976. 65 с.

⁶Методические указания по селекции многолетних злаковых трав. М.: Издательство РГАУ–МСХА, 2012. 51 с.

⁷Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.

⁸Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск, 2007. 206 с.

шивание и уборку пожнивных остатков проводили за месяц до наступления постоянных заморозков, поэтому выпадений на посевах не отмечено.

Двукосточник тростниковый рано отрастает весной и характеризуется довольно интенсивным ростом. Весеннее отрастание начинается при температуре около 2–3 °С. В конце мая высота травостоя бывает 7–10 см. В фазу созревания семян в условиях Западной Сибири двукосточник вырастает до 200 см. Высота растений варьировала в фазу массового колошения от 136 до 145 см, в период цветения – от 151 до 162 см (средние данные за 2018–2020 гг.). Все образцы двукосточника отличались высокой устойчивостью к полеганию (4–5 баллов).

Злаковые травы поражаются большим количеством грибных болезней. Значение той или иной болезни изменяется в зависимости от вида злака, условий окружающей среды и способа его использования. Наиболее широко распространенными являются болезни листьев: гельминтоспориоз, септориоз, ржавчина. Сильно ослабленные растения плохо переносят крайние условия жары, засухи или низкой температуры. В условиях Томской области двукосточник чаще всего поражается гельминтоспориозом (*Helminthosporium bromi* Died.) и септориозом (*Septoria* sp.).

Во время созревания семян поражение образцов гельминтоспориозом составило 6,0–7,6%, септориозом – 2,6–7,0% (у стандарта

соответственно 3,0 и 2,9%). Образцы КМ-1, КМ-5 проявили высокую устойчивость к данным заболеваниям: поражение гельминтоспориозом – 6,0–6,1%, септориозом – 2,6–4,2%.

Урожайность зеленой массы (сухого вещества) – основной показатель ценности сортов. При сенокосном использовании учет продуктивности проводили при двукосном использовании: первый укос – в фазу полного выметывания 5 июля (2018 г.), 27 июня (2019 г.), 8 июня (2020 г.), второй – 18 июля (2018 г.), 30 июля (2019 г.), 20 июля (2020 г.). Средняя урожайность зеленой массы изучаемых образцов за два укоса в 2020 г. составила 23,5–42,0 т/га, воздушно-сухой – 5,6–14,1 т/га. В среднем за 2018–2020 гг. урожайность зеленой массы – 29,2–38,5 т/га, воздушно-сухой – 8,6–11,9 т/га. По данным признакам выделились все отборы, кроме КМ-2. Превышение над стандартным сортом составило по урожайности зеленой массы 2,3–28,3%, сухого вещества – 1,2–38,4%. Облиственность изучаемых номеров в среднем за 3 года изменялась в первом укосе от 51,7 (КМ-3) до 61,4% (КМ-5).

По урожайности семян как в 2020 г., так и в среднем за 3 года выделился отбор КМ-5. Превышение над стандартом составило соответственно 50,0 и 23,5%.

Результаты изучения образцов двукосточника тростникового в питомнике отбора представлены в таблице.

Характеристика образцов двукосточника тростникового в питомнике отбора (двухукосное использование) (средние данные за 2018–2020 гг.)

Characteristics of reed canary grass samples in the selection nursery (two-cuts use) (average data for 2018–2020)

Сорт (Томская область)	Урожайность									Облиственность, %
	зеленой массы			сухого вещества			семян			
	т/га	% к стандарту	± к стандарту	т/га	% к стандарту	± к стандарту	т/га	% к стандарту	± к стандарту	
Витязь (стандарт)	30,0	100,0	0	8,6	100,0	0	0,17	100,0	0	52,8
КМ-5	38,5	128,3	+8,5	11,9	138,4	+3,3	0,21	123,5	+0,04	61,4
КМ-3	35,3	117,7	+5,3	10,3	119,8	+1,7	0,12	70,6	–0,05	51,7
КМ-4	32,7	109,0	+2,7	9,0	104,7	+0,4	0,11	64,7	–0,06	52,0
КМ-1	30,7	102,3	+0,7	9,8	114,0	+1,2	0,17	100,0	0	53,9
КМ-2	29,2	97,3	–0,8	8,7	101,2	+0,1	0,11	64,7	–0,06	52,3
НСР ₀₅			0,7			1,2			0,02	1,3

Критерием адаптивности отбираемых генотипов в селекции считается уровень их урожайности. Предпочтение отдается образцам, которые обладают максимальной экологической приспособленностью. Выделившийся номер имеет ежегодные достоверные прибавки к стандарту по урожайности зеленой массы 8,5 т/га, сухого вещества – 3,3, семян – 0,04 т/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате изучения отборов двукисточника тростникового в условиях таежной зоны Томской области выделен образец КМ-5, обладающий комплексом ценных признаков (облиственность – 61,4%, урожайность зеленой массы – 38,5 т/га, сухого вещества – 11,9, семян – 0,21 т/га), который используется в селекционной работе при создании адаптивного сорта, пригодного для рекультивации угольных отвалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кожневиков Н.В., Заушинцева А.В. Отечественный и зарубежный опыт биологической рекультивации нарушенных земель // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. 2017. № 1. С. 43–47.
2. Зеньков И.В., Морин А.С., Кирюшина Е.В., Вокин В.Н., Веретенова Т.А. Восстановление экологии нарушенных земель при разработке Волчанского угольного месторождения по результатам дистанционного зондирования // Уголь. 2019. № 10. С. 105–107. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-10-105-107.
3. Копылов А.И., Манаков Ю.А., Куприянов А.Н. Развитие угледобычи и проблемы сохранения экосистем в Кузбассе // Уголь. 2017. № 3. С. 72–77. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-3-72-77.
4. Леднев С.А., Шарاپова А.В., Семенов И.Н., Королева Т.В. Растительные сукцессии на отвалах угольных шахт в лесостепи Тульской области // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2020. № 84 (2). С. 239–245.

5. Лавриненко А.Т., Моршнев Е.А. Инновационные методы рекультивации отвалов угледобывающих предприятий в криоаридных условиях Средней Сибири // Уголь. 2018. № 10. С. 94–97. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-10-94-97.
6. Куприянов А.Н., Манаков Ю.А., Баранник Л.П. Восстановление экосистем на отвалах горнодобывающей промышленности Кузбасса: монография. Новосибирск: Гео, 2010. 160 с.
7. Стрельникова Т.О., Манаков Ю.А. Особенности флоры отвалов угольных разрезов Кемеровской области // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2010. № 2 (10). С. 44–57.
8. Основные виды и сорта кормовых культур: Итоги научной деятельности Центрального селекционного центра: монография. М.: Наука, 2015. 545 с.
9. Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals // Canadian Journal of Research 1 October. 1948. Vol. 26. P. 496–500. DOI: 10.1139/cjr48c-033.

REFERENCES

1. Kozhevnikov N.V., Zaushintsena A.V. Domestic and foreign experience of biological reclamation of disturbed lands. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta = The Bulletin of Kemerovo State University*. Series: biological, technical and earth sciences, 2017, no. 1, pp. 43–47. (In Russian).
2. Zen'kov I.V., Morin A.S., Kiryushina E.V., Vokin V.N., Veretenova T.A. Restoration of the ecology of disturbed lands during the development of the Volchansk coal deposit based on the results of remote sensing. *Ugol' = Coal*, 2019, no. 10, pp. 105–107. (In Russian). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-10-105-107.
3. Kopylov A.I., Manakov Yu.A., Kupriyanov A.N. Development of coal mining and problems of preserving ecosystems in Kuzbass. *Ugol' = Coal*, 2017, no. 3, pp. 72–77. (In Russian). DOI: 10.18796/0041-5790-2017-3-72-77.
4. Lednev S.A., Sharapova A.V., Semenov I.N., Koroleva T.V. Plant successions on the dumps of coal mines in the forest-steppe of the Tula region. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya = Bulletin of the Rus-*

- sian Academy of Sciences. Geographic series*, 2020, no. 84 (2), pp. 239–245. (In Russian).
5. Lavrinenko A.T., Morshnev E.A. Innovative methods of reclamation of dumps of coal mining enterprises in the cryoarid conditions of Central Siberia]. *Ugol' = Coal*, 2018, no. 10, pp. 94–97. (In Russian). DOI: 10.18796/0041-5790-2018-10-94-97.
 6. Kupriyanov A.N., Manakov Yu.A., Baranik L.P. Restoration of ecosystems on the dumps of the mining industry of Kuzbass. Novosibirsk, Geo Publ., 2010, 160 p. (In Russian).
 7. Strel'nikova T.O., Manakov Yu.A. Features of the flora of dumps of coal mines of the Kemerovo region. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Bulletin of Tomsk State University. Biology*, 2010, no. 2 (10), pp. 44–57. (In Russian).
 8. *The main types and varieties of forage crops: Results of scientific activities of the Central Breeding Center*. Moskov, Nauka Publ., 2015, 545 p. (In Russian).
 9. Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals. *Canadian Journal of Research 1 October*, 1948, vol. 26, pp. 496–500. DOI: 10.1139/cjr48c-033.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

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

AUTHOR INFORMATION

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

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

Дата поступления статьи /Received by the editors 15.07.2021
Дата принятия к публикации /Accepted for publication 27.09.2021
Дата публикации /Published 25.11.2021



ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ КАПУСТЫ ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

✉ Пронюшкина А.С., Коваленко Т.К., Ластушкина Е.Н.

Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений – филиал
Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки
Приморский край, с. Камень-Рыболов, Россия

✉ e-mail: biometod@rambler.ru

Представлены результаты использования энтомофага и биопрепаратов для регуляции численности вредителей капусты (капустной совки *Mamestra brassicae* L., капустной белянки *Pieris brassicae* L., репной белянки *Pieris rapae* L., капустной моли *Plutella xylostella* L.). Исследования проведены в условиях Приморского края в 2018–2020 гг. Осуществлена оценка эффективности применения *Trichogramma ussuricum* Sorokina на различных сортах капусты. Эффективность энтомофага против капустной совки варьировала от 33,3 до 66,6%, против репной белянки – от 32,6 до 70,2%. В полевых экспериментах изучена эффективность биологических препаратов Фитоверм, КЭ (0,09 л/га), Акарин, КЭ (1,6 л/га), Проклэйм, ВРГ (0,3 кг/га), Битоксибациллин, Ж (10 л/га), Битоксибациллин, П (2 кг/га), Лепидоцид, СК (2 л/га), Лепидоцид, П (2 кг/га) против капустной моли. Растения капусты опрыскивали препаратами однократно. Учеты численности вредителя проводили до обработки и после обработки на 5, 10, 15-е сутки в соответствии с утвержденными методиками. Высокую эффективность 93–100% на 5–10-е сутки показал биоинсектицид Проклэйм. Эффективность препаратов на основе аверсектина С и акарина N составила 65,0–88,6%. При использовании биопрепаратов Битоксибациллин и Лепидоцид наблюдали снижение численности капустной моли относительно контроля на 61,2–97,5 и 65,0–78,0%.

Ключевые слова: капуста, вредители, энтомофаг, трихограмма, биологическая защита, биоинсектициды, биопрепараты, эффективность

EFFECTIVENESS OF BIOLOGICAL PROTECTION OF CABBAGE AGAINST PESTS IN THE CONDITIONS OF THE PRIMORSKY TERRITORY

✉ Pronyushkina A.S., Kovalenko T.K., Lastushkina E.N.

The Far Eastern Research Institute of Plant Protection – Branch of Federal Scientific Center
of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki;
Kamen-Rybolov, Primorsky Territory, Russia

✉ e-mail: biometod@rambler.ru

The results of the use of entomophages and biological products to regulate the number of cabbage pests (cabbage moth *Mamestra brassicae* L., cabbage butterfly *Pieris brassicae* L., turnip butterfly *Pieris rapae* L., diamondback moth *Plutella xylostella* L.) are presented. The study was carried out in the Primorsky Territory in 2018-2020. The efficiency of *Trichogramma ussuricum* Sorokina applications was assessed on cabbage varieties. The effectiveness of the entomophage against the cabbage moth varied from 33.3 to 66.6%, against the turnip butterfly - from 32.6 to 70.2%. In field experiments the effectiveness of biological products Fitoverm EC (0.09 l/ha), Akarin EC (1.6 l/ha),

Proclaim WG (0.3 kg/ha), Bitoxibacillin (10 l/ha), Bitoxibacillin P (2 kg/ha), Lepidocid SC (2 l/ha), Lepidocid P (2 kg/ha) against diamondback moth are studied. Cabbage plants were sprayed with the preparations once. Pest counts were carried out before treatment and after treatment on the 5th, 10th and 15th day in accordance with the approved methods. Bioinsecticide Proclaim showed a high efficiency of 93.0-100% on the 5-10th day. The effectiveness of preparations based on aversectin C and avertin N was 65.0-88.6%. Using the biological product Bitoxibacillin and Lepidocid a decrease the number of diamondback moth relative to the control by 61.2-97.5 and 65.0-78.0% was registered.

Keywords: cabbage, pests, entomophage, Trichogramma, biological protection, bioinsecticides, biological products, effectiveness

Для цитирования: Пронюшкина А.С., Коваленко Т.К., Ластушкина Е.Н. Эффективность биологической защиты капусты от вредителей в условиях Приморского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 5. С. 51–57. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-6>

For citation: Pronyushkina A.S., Kovalenko T.K., Lastushkina E.N. Effectiveness of biological protection of cabbage against pests in the conditions of the Primorsky Territory. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 5, pp. 51–57. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-6>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Капуста в Приморском крае среди овощных культур занимает по пищевому значению и занимаемым площадям одно из первых мест. На протяжении всей вегетации капусту повреждают листогрызущие чешуекрылые вредители: капустная моль (*Plutella xylostella* L.), капустная совка (*Mamestra brassicae* L.), капустная (*Pieris brassicae* L.) и репная белянки (*Pieris rapae* L.). В крае проводятся меры борьбы с ними при помощи химических препаратов. Это приводит к значительному накоплению пестицидов в продовольственной культуре, отрицательно действует на полезную энтомофауну. Нарушаются биоценотические отношения, в результате чего происходит нарастание численности одних видов вредителей и выработывается устойчивость популяций к пестицидам у других. Повышение продуктивности сельскохозяйственных культур и улучшение качества урожая – наиболее актуальные проблемы современного растениеводства, которые могут быть решены за счет эффективной оптимизации фитосанитарного состояния агроэкосистем на основе применения экологически малоопасных

средств защиты растений [1]. Важной составной частью экологически безопасных систем защиты овощных культур является применение агротехнических методов, позволяющих снизить темпы размножения вредителей и повысить устойчивость растений к повреждениям [2]. Все более широкое применение в сельском хозяйстве получают биорациональные препараты на основе продуктов жизнедеятельности микроорганизмов. Достаточную эффективность в отношении листогрызущих вредителей показывает биоинсектицид Фитоверм, КЭ, созданный на основе природных метаболитов *Streptomyces avermitilis* [3]. Эффективными и широко применяемыми средствами борьбы с вредными насекомыми являются препараты на основе бактерии *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) [4–8]. В регуляции численности фитофагов на капусте особую роль выполняют энтомофаги [9, 10]. В Приморском крае из чешуекрылых, повреждающих капусту, выведено 17 видов паразитов, по систематическому положению относящихся к пяти семействам: Ichneumonidae, Braconidae, Tachinidae, Pteromalidae, Trichogrammatidae. Эффективность составляет 40–61% в начале вегетации и 60–90% в конце¹.

¹Потемкина В.И. Вредители капусты и меры борьбы с ними с использованием биологических средств. Уссурийск, 2003. 59 с.

Одним из важнейших естественных врагов чешуекрылых вредителей является трихограмма (Hymenoptera, Trichogrammatidae). В условиях Приморского края проведены работы по выявлению местных видов трихограмм. Установлена эффективность *Trichogramma evanescens* Westw. против вредителей на капусте [11]. В процессе исследований из зараженных яиц капустной совки выявлен новый вид *Trichogramma ussuricum* Sorokina. Богатство фауны паразитов и обнаружение местной трихограммы дает основание для разработки комплекса приемов биологической борьбы с чешуекрылыми вредителями с использованием энтомофагов и энтомопатогенов.

Цель исследований – оценить эффективность препаратов биологического происхождения и регулируемую роль *Trichogramma ussuricum* в снижении численности вредителей на капусте.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования по защите капусты от основных вредителей проводили в Приморском крае (с. Воздвиженка) в 2018–2020 гг. Объекты исследований: сорта капусты, вредители отряда Lepidoptera, *Trichogramma ussuricum* Sorokina. Рассадку для опытов выращивали в парниках. Посадку в открытый грунт проводили в I декаде июня. Исследования по определению биологической эффективности энтомофага *T. ussuricum* проводили на сортах белокочанной капусты Подарок, Слава, Июньская, Казачок. Размер опытных делянок 8,4 м². Повторность трехкратная. Разведение энтомофага осуществляли на яйцах зерновой моли *Sitotroga cerealella* Oliv. Для определения сроков выпуска трихограммы проводили учет численности яиц вредителей путем визуального осмотра 10 растений. Точечные выпуски паразита проводили в июне – августе с интервалом 5–7 дней (из расчета 300 тыс. особей /га). В 2018 г. проведено 10 выпусков, в 2019 г. – семь, в 2020 г. – шесть. Эффектив-

ность использования трихограммы определяли по степени заражения яиц энтомофагом, по численности гусениц вредителей.

Исследование эффективности препаратов проводили на среднеспелом сорте белокочанной капусты Слава 1305. Использовали препараты Фитоверм, КЭ (д.в. аверсектин С, 50 г/л) в норме применения 0,09 л/га (ООО НБЦ «Фармбиомед»); Акарин, КЭ (д.в. авертин N, 2 г/л) – 1,6 л/га; Проклэйм, ВРГ (амаментин бензоат, 50 г/кг) – 0,3 кг/га; Битоксибациллин, Ж (*Bacillus thuringiensis*, штамм BtH₁) – 10 л/га (ФГБНУ ВНИИСХМ); Битоксибациллин, П (*Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis*) – 2 кг/га; Лепидоцид, П (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*) – 2,0 кг/га; Лепидоцид, СК (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*) – 2,0 л/га (ООО ПО «Сиббиофарм»). Растения капусты опрыскивали препаратами однократно. Повторность трехкратная. Площадь делянки 11,2 м². Учет численности вредителей проводили путем визуального осмотра 10 растений в каждой повторности до обработки и после обработки на 5, 10, 15-е сутки в соответствии с утвержденными методиками². Биологическую эффективность препаратов определяли по снижению численности вредителя с поправкой на контроль и рассчитывали по формуле Хендерсона и Тилтона (см. сноску 1). Статистическая обработка данных проведена по Б.А. Доспехову³.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Природная трихограмма в условиях Приморского края не имеет существенного значения в ограничении численности вредителей капусты. В наших опытах использовали *Trichogramma ussuricum* методом сезонной колонизации. Выявление местных видов трихограмм и изучение эффективности их применения очень перспективно, так как помогает решать вопросы отбора энтомофага с широкой экологической пластичностью и приспособленностью к абиотическим и биотическим факторам данной местности.

² Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. СПб.: ВИЗР, 2009. 321 с.

³ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос. 1985. 336 с.

Для получения высокого эффекта от применения трихограммы выпуск яйцеда приурочивали к начальному периоду откладки яиц вредителями. В годы исследований капустная совка и капустная белянка не имели хозяйственного значения. Заселенность капусты капустной белянкой была невысокой, на уровне 3,3–5,2%. Единичные кладки яиц белянки отмечены в 2018 и 2020 гг. на сорте Слава. Биологическая эффективность трихограммы против данного вредителя зарегистрирована на уровне 37,0%. Бабочки капустной совки первого поколения для откладки яиц предпочитали раннеспелые (Июньская, Казачок) и среднеспелые сорта (Слава). Численность яиц на одно растение колебалась по годам. На сорте Июньская она составила от 0,9 до 1,5 яиц/растение в начале вегетации (в среднем 1,3) и от 1,5 до 2,5 в середине вегетации (в среднем 2,0), на сорте Слава – от 1,3 до 3,3 яиц/растение. Эффективность трихограммы (33,3%) отмечена только на сорте Казачок (см. табл. 1). В 2018 г. яйца капустной совки были заражены на 100%, в 2019 и 2020 гг. эффективность в среднем составила 56 и 44%.

Яйцекладку второго поколения совки наблюдали на сортах Слава и Подарок с

численностью 1,6 и 3,5 яиц/растение соответственно. Против второго поколения капустной совки получен наибольший эффект при выпуске энтомофага (от 50,0 до 66,6% зараженности яиц). Яйцекладки репной белянки встречались на растениях в течение всей вегетации культуры. Для откладки яиц бабочки репной белянки чаще избирали листья растений сортов Июньская, Слава и Подарок. На сорте Казачок в годы исследований отмечали более низкую численность яиц. Зараженность яиц репной белянки трихограммой наблюдали в июле, эффективность энтомофага на сортах белокочанной капусты различных групп спелости в среднем за 3 года составила от 32,6 до 43,7%, в августе – от 36,5 до 70,2%. Как показали учеты, численность гусениц листогрызущих вредителей на капусте была низкой – от 0,03 (капустной совки) до 0,09 (репной белянки) особей/растение.

Среди листогрызущих чешуекрылых вредителей капусты в годы исследований наиболее многочисленной отмечена капустная моль. Этот фитофаг в настоящее время является опасным вредителем капустных культур на территории России⁴. Заселение растений капусты вредителем в годы исследо-

Табл. 1. Эффективность *Trichogramma ussuricum* против вредителей капусты (среднее за 2018–2020 гг.)

Table 1. Effectiveness of *Trichogramma ussuricum* against cabbage pests (average for 2018–2020)

Сорт	Капустная совка			Репная белянка		
	Период					
	июнь	июль	август	июнь	июль	август
<i>Средняя численность яиц на одно растение</i>						
Июньская	1,3 ± 0,20	2,0 ± 0,34	0	0,9 ± 0,06	2,0 ± 0,23	1,6 ± 0,34
Казачок	0	1,2 ± 0,30	0	0,2 ± 0,06	0,8 ± 0,13	0,8 ± 0,06
Слава	2,3 ± 0,68	0	1,6 ± 0,13	0	2,1 ± 0,47	2,3 ± 0,27
Подарок	0	0	3,5 ± 1,16	0	2,0 ± 0,27	1,5 ± 0,47
<i>Заражение трихограммой, %</i>						
Июньская	0	0	0	0	43,7 ± 10,5	55,5 ± 10,5
Казачок	0	33,3 ± 8,1	0	0	30,6 ± 1,43	46,0 ± 8,55
Слава	0	0	50,0 ± 12,2	0	34,0 ± 4,33	70,2 ± 2,72
Подарок	0	0	66,6 ± 19,0	0	32,6 ± 4,09	36,5 ± 6,13

⁴Опякин П.Я., Долженко В.И., Иванова Г.П. Современные инсектициды для защиты капусты белокочанной от капустной моли // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: материалы международной науч.- практ. конф. СПб., 2020. С. 59–62.

ваний наблюдали в III декаде июня (в 2018 г. в начале декады, в 2019 и 2020 гг. в конце декады). В 2018 г. численность капустной моли в течение вегетационного периода была низкой (0,2–0,5 гусениц/растение), ограничивалась осадками, в июне – июле выпало 75,4–138,8 мм. Оптимальные условия по осадкам в период развития второго и третьего поколений вредителя находятся в пределах 30–45 мм. Гидротермические условия 2019, 2020 гг. были более благоприятными для капустной моли.

Согласно результатам полевых испытаний (см. табл. 2), сильным токсическим действием в отношении капустной моли обладает биоинсектицид Проклэйм. Гибель гусениц на 5-е сутки после обработки составила 93,0%. Максимальное действие (100%) препарат проявил на 10-е сутки. Проклэйм обеспечивал защиту растений и на 15-е сутки, численность фитофага составляла 0,1 особи/растение, в то же время в контроле – 0,5 гусениц/растение. При применении Фитоверма численность гусениц снизилась

в 7,0–11,6 раза. Эффективность препарата зарегистрирована на уровне 75,0–88,6%. Отмечены существенные различия в действии этих препаратов на гусениц капустной моли на 10-е сутки после обработки. Эффективность препарата Акарин на основе авертина N была значительно ниже (65,0–72,0%).

При использовании микробиологических препаратов на основе *Bacillus thuringiensis* наибольшее снижение численности гусениц наблюдали в варианте с Битоксибациллином, П (80,0–97,5%). Эффективность Битоксибациллина, Ж была достоверно ниже, снижение численности гусениц не превышало 67,2%. Низкую эффективность 65,0% на 5-е сутки показал бактериальный препарат Лепидоцид. Усиление токсического действия наблюдали к 10-м суткам после обработки, снижение численности гусениц составило 70,8–78,0%. Эффективность бактериальных инсектицидов зависит от препаративной формы⁵. Как показали исследования, Лепидоцид, СК оказался эффективнее против капустной моли, чем Лепидоцид, П.

Табл. 2. Эффективность биоинсектицидов против капустной моли (среднее за 2018–2020 гг., сорт Слава 1305)

Table 2. Effectiveness of bioinsecticides against diamondback moth (average for 2018–2020, of Slava cabbage 1305)

Вариант	Норма применения препарата, л/га, кг/га	Средняя численность гусениц, особей на одно растение				Снижение численности вредителя относительно исходной с поправкой на контроль после обработки по суткам учетов, %		
		до обработки	после обработки по суткам учетов			5	10	15
			5	10	15			
Контроль	–	0,7	0,5	0,4	0,5	–	–	–
Фитоверм, КЭ	0,09	0,7	0,06	0,1	0,1	88,6	75,0	80,0
Акарин, КЭ	1,6	1,0	0,2	0,2	0,3	72,0	65,0	80,0
Проклэйм, ВРГ	0,3	0,6	0,03	0	0,1	93,0	100	76,7
Битоксибациллин, Ж	10,0	1,6	0,3	0,3	0,4	61,2	67,2	65,0
Битоксибациллин, П	2,0	0,7	0,1	0,01	0,1	80,0	97,5	80,0
Лепидоцид, СК	2,0	1,2	0,3	0,2	0,2	65,0	78,0	76,6
Лепидоцид, П	2,0	0,8	0,2	0,1	0,2	65,0	70,8	65,0
НСР ₀₅	–	–	–	–	–	9,3	7,8	10,5

⁵Долженко Т.В. Биологизация и экологическая оптимизация ассортимента средств защиты сельскохозяйственных культур от вредителей: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб.; Пушкин, 2017. 301 с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлена возможность использования энтомофага *Trichogramma ussuricum* Sorokina и биопрепаратов для регулирования численности вредителей капусты. Применение трихограммы путем расселения на посадках белокачанной капусты снижало численность популяции капустной совки на 33,3–66,6%, репной белянки на 32,6–70,2%. Уровень эффективности препаратов на основе метаболитного комплекса *Streptomyces avermitilis* в отношении капустной моли составил 65–100%. Высокую эффективность (93–100%) проявил биоинсектицид Проклэйм. Микробиологические препараты снижали численность гусениц на 65,0–97,5%. Наибольшую эффективность (80,0–97,5%) наблюдали при применении Битоксибациллина, П. Использование паразита, биоинсектицидов и микробиологических препаратов в защите капусты позволяет снизить применение химических пестицидов и получить экологически чистую продукцию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлюшин В.А., Новикова И.И., Бойкова И.В. Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: теория и практика (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 3. С. 421–438. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.3.421rus.
2. Асякин Б.П. Биологическое обоснование защиты капусты, возделываемой по безрасадной технологии, от комплекса вредных организмов // Вестник защиты растений. 2015. № 2 (84). С. 48–52.
3. Шульгина О.А., Андреева И.В., Шаталова Е.И., Штернишис М.В. Подавление численности фитофагов капусты Фитовермом в условиях юга Западной Сибири // Достижение науки и техники АПК. 2010. № 12. С. 52–54.
4. Доброхотов С.А., Анисимов А.И., Гришечкина С.Д., Данилов Л.Г., Леднев Г.Р., Фурсов К.Н. Эффективность микробиологических препаратов против основных вредителей овощных, ягодных культур и картофеля в Ленинградской области //

- Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 5. С. 694–704. DOI:10.15389/agrobiology.2015.5.694 rus.
5. Гришечкина С.Д., Ермолова В.П., Коваленко Т.К., Антонец К.С., Белоусова М.Е., Яхно В.В., Нижников А.А. Полифункциональные свойства производственного штамма *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* 800/15 // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 3. С. 494–504. DOI:10.15389/agrobiology.2019.3.494 rus.
 6. Калмыкова Г.В., Горобей И.М., Осипова Г.М. Перспективы использования *Bacillus thuringiensis* как биологического агента защиты растений // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 4. С. 12–19.
 7. 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.
 8. Шибзухов З.-Г.С., Езиев М.И., Жерукова А.А., Шибзухова З.С. Разработка элементов экологически безопасной технологии защиты капусты белокачанной // Новые технологии. 2020. Вып. 3 (53). С. 142–151. DOI: 10.24411/2072-0920-2020-10316.
 9. Андреева И.В., Шаталова Е.И. Сезонное развитие капустной моли и ее энтомофагов в Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. Т. 47. № 3. С. 42–48.
 10. Андреева И.В., Шаталова Е.И., Ходакова А.В. Капустная моль *Plutella xylostella*: эколого-биологические аспекты, вредоносность, контроль численности // Вестник защиты растений. 2021. Т. 104 (1). С. 28–39. DOI: 10.31993/2308-6459-2021-104-1-14947.
 11. Потемкина В.И., Пронюшкина А.С. Эффективность *Trichogramma evanescens* Westw. на капусте // Защита и карантин растений. 2015. № 7. С. 19–20.

REFERENCES

1. Pavlyusin V.A., Novikova I.I., Boikova I.V. Microbiological plant protection in technologies for phytosanitary optimization of agroecosystems: theory and practice (review). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2020, vol. 55, no. 3, pp. 421–

438. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiol-ogy.2020.3.421 rus.
2. Asyakin B.P. Biological substantiation of protection of cabbage cultivated by seedless technology from complex of harmful organisms. *Vestnik zashchity rastenii = Plant Protection News*, 2015, no. 2 (84), pp. 48–52. (In Russian).
 3. Shulgina O.A., Andreeva I.V., Shatalova E.I., Shternshis M.V. Suppression of crucifer insect pests by phytoverm under conditions of the south of Western Siberia. *Doctizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2010, no. 12, pp. 52–54. (In Russian).
 4. Dobrokhov S.A., Anisimov A.I., Grishechkina S.D., Danilov L.G., Lednev G.R., Fursov K.N. Effectiveness of microbiological preparations against major pests of vegetable, berry crops and potatoes in the Leningrad region. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2015, vol. 50, no. 5, pp. 694–704. (In Russian). DOI:10.15389/agrobiol-ogy.2015.5.694 rus.
 5. Grishechkina S.D., Ermolova V.P., Kovalenko T.K., Antonets K.S., Belousova M.E., Yakhno V.V., Nizhnikov A.A. Polyfunctional properties of the *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* industrial strain 800/15. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2019, vol. 54, no. 3, pp. 494–504. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiol-ogy.2019.3.494 rus.
 6. Kalmykova G.V., Gorobey I.M., Osipova G.M. 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).
 7. 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. *Aaizawai*. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49, no. 6, pp. 44–52. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-5.
 8. Shbzukhov Z.-G.S., Eziev M.I., Zherukova A.A., Shbzukhova Z.S. Development of elements of environmentally safe technology of white cabbage protection. *Novye Tehnologii = New Technologies*, 2020, Is. 3 (53), pp. 142–151. (In Russian). DOI: 10.24411/2072-0920-2020-10316.
 9. Andreeva I.V., Shatalova E.I. Seasonal development of diamondback moth and its entomophages in Western Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2017, vol. 47, no. 3, pp. 42–48. (In Russian).
 10. Andreeva I.V., Shatalova E.I., Khodakova A.V. The diamondback moth *Plutella xylostella*: ecological and biological aspects, harmfulness, population control. *Vestnik zashchity rastenii = Plant Protection News*, 2021, vol. 104, no. 1, pp. 28–39. (In Russian). DOI: 10.31993/2308-6459-2021-104-1-14947.
 11. Potemkina V.I., Pronyushkina A.S. The effectiveness of *Trichogramma evanescens* Westw on cabbage. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2015, no. 7, pp. 19–20. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Пронюшкина А.С.**, научный сотрудник;
адрес для переписки: Россия, 692684, Приморский край, с. Камень-Рыболов, ул. Мира, 42а;
e-mail: biometod@rambler.ru

Коваленко Т.К., кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

Ластушкина Е.Н., научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Anna S. Pronyushkina**, Researcher; **address:** 42a, Mira St., Kamen-Rybolov, Primorsky Territory, 692684, Russia; e-mail: biometod@rambler.ru

Tatyana K. Kovalenko, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher

Elena N. Lastushkina, Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 29.07.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 29.10.2021
Дата публикации / Published 25.11.2021



ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИНИЙ ПОРОДЫ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА СИБИРЯЧКА ПО ГЕНАМ *CSN3*, *BLG*, *LALBA*, *LEP* И ИХ СВЯЗЬ С МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ

✉ ¹Гончаренко Г.М., ¹Гришина Н.Б., ¹Шишкина М.А., ¹Хорошилова Т.С., ¹Халина О.Л., ²Шукурова А.М., ²Авадани Д.А.

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

²Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Россия

✉ e-mail: gal.goncharenko@mail.ru

Представлены результаты исследований по продуктивности и генотипической структуре коров ведущих линий породы крупного рогатого скота Сибирячка, ассоциативным связям генотипов *CSN3*, *BLG*, *LALBA*, *LEP* с экономически важными признаками. Сравнительная оценка показала, что наиболее высокий удой имели коровы линии быка Рефлекшн Соверинга – 6851 кг, содержание жира – 4,05%, белка – 3,15%. Формируемые сибирские линии быков Франка 937, Урагана 27 и Курса 1949 уступают им по удою, содержанию жира и белка с показателями 5246–5504 кг, 3,92–3,94%; 3,10–3,12% соответственно. Выявлена генотипическая структура стада и ведущих линий. Линия быка Вис Бэк Айдиала характеризуется более высокой частотой *CSN3*^{AA} и *LEP*^{TT} генотипов – на 18,2 и на 11,0% по сравнению с линией Рефлекшн Соверинга. По другим генотипам различия не достигают порога достоверности. Средний уровень гомозиготности по исследованным генам варьирует от 51,2 до 73,4%. Наиболее высокая гомозиготность отмечена по *CSN3* гену в линии Вис Бэк Айдиала – 79,6%. Число эффективно действующих аллелей составляет 1,66–1,72; степень генетической изменчивости – 40,2–42,7%. Коровы с *CSN3*^{AB} генотипом имели удой на 544,0 кг выше по сравнению с гомозиготными животными по аллелю А ($p < 0,05$). Наиболее высокий удой отмечен у животных *BLG*^{AA} – 6790,1 кг, что выше, чем у коров с альтернативным генотипом *BLG*^{BB}, на 947,2 кг ($p < 0,01$). Животные с *LEP*^{CC} генотипом превосходили по удою коров с *LEP*^{TT} на 718,7 кг. По гену *LALBA* приоритетных генотипов не выявлено. Также не установлена связь между генотипами и качественными показателями молока.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, линия, генотип, гомозиготность, продуктивность

CHARACTERISTICS OF THE LINES OF THE SIBIRYACHKA CATTLE BREED BY GENES *CSN3*, *BLG*, *LALBA*, *LEP* AND THEIR RELATIONSHIP WITH DAIRY PRODUCTIVITY

✉ ¹Goncharenko G.M., ¹Grishina N.B., ¹Shishkina M.A., ¹Khoroshilova T.S., ¹Khalina O.L., ²Shukurova A.M., ²Avadani D.A.

¹Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia

²Novosibirsk State Agrarian University
Novosibirsk, Russia

✉ e-mail: gal.goncharenko@mail.ru

The results of studies on productivity and genotypic structure of cows of the leading lines of Sibiryachka cattle breed, associative links of *CSN3*, *BLG*, *LALBA*, *LEP* genotypes with economically important traits are presented. Comparative evaluation showed that Reflection Sovering bull cows had the highest milk yield

of 6851 kg, fat content of 4.05% and protein content of 3.15%. The Siberian bull lines Frank 937, Uragan 27 and Kursa 1949 which are being shaped are inferior to them in milk yield, fat and protein content with values of 5246-5504 kg, 3.92-3.94%; 3.10-3.12% respectively. The genotypic structure of the herd and the leading lines is identified. The Vis Back Aydiala bull line is characterized by a higher frequency of *CSN3^{AA}* and *LEP^{TT}* genotypes by 18.2 and 11.0%, in comparison with the Reflection Sovering line. For other genotypes, the differences do not reach the confidence threshold. The average level of homozygosity for the genes studied varies from 51.2% to 73.4%. The highest homozygosity was found for the *CSN3* gene in the Vis Back Aydiala line at 79.6%. The number of effectively acting alleles is 1.66-1.72; the degree of genetic variability is 40.2-42.7%. The cows with *CSN3^{AB}* genotype had 544.0 kg higher milk yield than homozygous animals for the A allele ($p < 0.05$). The highest milk yield was observed in *BLG^{AA}* animals - 6790.1 kg, which is 947.2 kg higher than in cows with the alternative *BLG^{BB}* genotype ($p < 0.01$). Animals with the *LEP^{CC}* genotype outperformed *LEP^{TT}* cows in milk yield by 718.7 kg. No priority genotypes were identified for the *LALBA* gene. Also, no connection has been established between genotypes and the quality indicators of milk.

Keywords: cattle, line, genotype, frequency, homozygosity, productivity.

Для цитирования: Гончаренко Г.М., Гришина Н.Б., Шишкина М.А., Хорошилова Т.С., Халина О.Л., Шукюрова А.М., Авадани Д.А. Характеристика линий породы крупного рогатого скота Сибирячка по генам *CSN3*, *BLG*, *LALBA*, *LEP* и их связь с молочной продуктивностью // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 5. С. 58–67. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-7>

For citation: Goncharenko G.M., Grishina N.B., Shishkina M.A., Khoroshilova T.S., Khalina O.L., Shukyurova A.M., Avadani D.A. Characteristics of the lines of the Sibiryachka cattle breed by genes *CSN3*, *BLG*, *LALBA*, *LEP* and their relationship with dairy productivity. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 5, pp. 58–67. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-7>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена в рамках Государственного задания 0533-2021-0014.

Acknowledgements

The work was carried out following the state order 0533-2021-0014.

ВВЕДЕНИЕ

Продуктивность черно-пестрой породы крупного рогатого скота в хозяйствах Сибирского региона растет во многом благодаря использованию быков-производителей с высоким генетическим потенциалом, эффективной селекционно-племенной работе и повышению уровня кормления, обеспечивающего потребности животного. Новая порода крупного рогатого скота Сибирячка (патент № 9498 от 08.02.2018) имеет хорошую молочную продуктивность и продолжительное долголетие [1]. Для дальнейшего совершенствования породы целесообразно наряду с методами традиционной селекции использовать молекулярно-генетические маркеры, обеспечивающие более раннее прогнозирование генетического потенциала, эффективный отбор и подбор животных. В настоящее время в селекции животных отмечен устойчивый тренд распространения голштинской породы путем интенсивного

использования импортной племенной продукции. Это приводит не только к изменению фенотипических признаков, но и к обеднению генофонда местных пород, возникновению риска увеличения гомозиготности [2, 3]. Следует отметить, что изменение генотипической структуры, мониторинг гомозиготности, инбредности в ряду поколений на примере одного стада изучены недостаточно. Полиморфные структурные гены, выявляемые методом ПЦР-ПДРФ, служат не только потенциальными генетическими маркерами экономически важных признаков животных, но также могут использоваться для характеристики происходящих изменений селекционно-генетических параметров в стаде.

К наиболее информативным генам молочного скота можно отнести гены *CSN3*, *BLG*, *LALBA*, *LEP*, где особое место занимает *CSN3*, благодаря доказанному влиянию его аллеля *B* на повышенное содержание белка в молоке и лучшей сыропригодности [4–6].

Другой не менее важный белок молока – бета-лактоглобулин (β -LG) – относится к сывороточным белкам жвачных животных, характеризуется кислотоустойчивостью с оптимумом pH 6,5. Содержание β -LG в молоке коз и крупного рогатого скота составляет около 4 г/л, или 13 и 11% от общего белка соответственно, в сыворотке – до 50% всех сывороточных белков [7]. В гене *BLG* выявлено и подтверждено 13 аллельных вариантов гена *BLG*. Наиболее часто встречающиеся у крупного рогатого скота и более широко изученные аллели *A* и *B* [8]. В ряде работ показана ассоциативная связь *BLG^{BB}* с содержанием жира и белка в молоке, *BLG^{AA}* – с высокими удоями коров [9, 10].

Ген лептин и его производные белки гормона лептина вырабатываются клетками жировой ткани и играют важную роль в регуляции энергетического обмена, оказывают влияние на синтез жировой ткани в организме животных и человека [11, 12]. В мясном скотоводстве ген *LEP* рассматривается как потенциальный маркер накопления жира в туше животного, связанного с качеством мяса, его мраморностью [13, 14]. В молочном скотоводстве выявлена ассоциативная связь некоторых генотипов с молочной продуктивностью и качественным составом молока¹ [15].

Альфа-лактальбумин (англ. Lactalbumin, alpha – *LALBA*) – важный белок сыворотки млекопитающих, кодируемый геном *LALBA*. В исследовании [16] показано, что α -лактальбумин – это белок, регулирующий выработку лактозы в молоке почти всех млекопитающих. Он играет функциональную роль в изменении объема синтезируемого молока, поэтому представляет интерес для оценки и прогнозирования молочной продуктивности коров.

Цель исследования – выявить генетическую структуру стада коров породы Сибирячка и отдельных генеалогических линий с использованием генов *CSN3*, *BLG*, *LALBA*,

LEP, определить гомозиготность других селекционно-генетических параметров, а также желательных генотипов молочной продуктивности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служили коровы породы Сибирячка стада СПК «Кирзинский» (Новосибирская область) с удоем 6376 кг, содержанием жира и белка в молоке 4,11 и 3,13% соответственно. Сервис-период составлял 135 дней, выход телят 81%.

Молекулярно-генетические исследования коров проведены в лаборатории биотехнологии СибНИПТИЖа Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук. Геномную ДНК выделяли из крови с использованием набора экстракции из клинического материала «Ампли Прайм ДНК-сорб-В» по прописи изготовителя ООО «НекстБио» (Москва).

Качество и концентрацию выделенной ДНК, идентификацию результатов ПЦР-ПДРФ оценивали в агарозном геле методом горизонтального электрофореза с использованием гельдокументирующей системы E-Vox-CX5.TS-20.M в проходящем ультрафиолетовом свете по флуоресценции бромистого этидия.

Полиморфизм генов *CSN3*, *BLG* выявляли по методике ПЦР-ПДРФ, разработанной во Всероссийском НИИ племенного дела². Полиморфизм гена *LALBA* определяли по методике ПЦР-ПДРФ, описанной в работе [17]. Генотипирование животных по гену *LEP* проводили согласно методике [18].

Статистическую обработку полученных данных осуществляли с помощью компьютерных программ Microsoft Excel, а также с использованием общепринятых методик [19]. Проверку соответствия фактического распределения частот генотипов теоретически ожидаемому распределению частот проводили с помощью критерия χ^2 [20].

¹Зиннатова Ф.Ф., Шамсова А.Р., Зиннатов Ф.Ф., Сафиуллина А.Р., Хамитова Л.Л. Изучение связи гена лептин (*LEP*) с молочной продуктивностью у коров голштинской породы с применением ПДРФ-анализа // Фундаментальная наука и технология – перспективные разработки: материалы XII междунар. науч.-практ. конф. Казань, 2017. С. 1–3.

²Калашишникова Л.А., Хабибрахманова Я.А., Павлова И.Ю., Ганченкова Т.Б., Дунин И.М., Приданова И.В. Рекомендации по геномной оценке крупного рогатого скота. Лесные Поляны: НИИ племенного дела, 2015. 33 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Генеалогическая структура стада Сибирячка представлена в основном голштинскими линиями, среди которых на долю линии быка Вис Бэк Айдиала 1013415 приходится 60,7% коров, Рефлекшн Соверинга 198998 – 21,6%. Формируемые сибирские линии быков Франка 937, Урагана 27, Курса 1949 в настоящее время малочисленные и значительно уступают по продуктивности голштинским линиям (см. табл. 1). Самый высокий удой (6851 кг) по первой лактации отмечен у коров линии Рефлекшн Соверинга, что выше на 1347–1605 кг, чем у животных линий Франка 937, Урагана 27, Курса 1949 ($p < 0,001$). Несколько ниже удои коров линии быка Вис

Бэк Айдиала 1013415 – 5995 кг, однако он выше, чем у животных формируемых линий, на 491–749 кг ($p < 0,5$; $p < 0,001$). Кроме того, у коров голштинских линий молоко отличается повышенным на 0,11–0,13% содержанием жира в сравнении с сибирскими линиями ($p < 0,001$). По содержанию белка существенных различий между линиями не обнаружено.

При анализе генотипической структуры стада породы Сибирячка и ведущих линий по генам *CSN3*, *BLG*, *LALBA*, *LEP* выявлено в основном сходное соотношение генотипов, за исключением *CSN3^{AA}* и *LEP^{TT}*, частота которых в линии Вис Бэк Айдиала выше на 18,2 и 11,0 % по сравнению с линией Рефлекшн Соверинга ($p < 0,05$) (см. табл. 2).

Табл. 1. Молочная продуктивность коров основных линий

Table 1. Milk productivity of cows of the main lines

Линия	Голов	Первая лактация		
		Удой, кг	Жир, %	Белок, %
Вис Бэк Айдиал 1013415	334	5995 ± 55	3,97 ± 0,01	3,12 ± 0,002
Рефлекшн Соверинг 198998	119	6851 ± 98	4,05 ± 0,02	3,15 ± 0,006
Монтвик Чифтейн 95679	38	6221 ± 78	4,04 ± 0,02	3,14 ± 0,006
Франк 937	25	5504 ± 147	3,92 ± 0,01	3,11 ± 0,004
Ураган 27	22	5366 ± 178	3,94 ± 0,01	3,12 ± 0,004
Курс 1949	12	5246 ± 235	3,92 ± 0,02	3,10 ± 0,01

Табл. 2. Генотипическая характеристика коров черно-пестрой породы СПК «Кирзинский» по гену *CSN3* с учетом линейной принадлежности

Table 2. Genotypic characteristics of black-and-white cows of the "Kirzinsky" APC by the *CSN3* gene with respect to linear affiliation

Генотип	Линия			χ^2
	Вис Бэк Айдиал ($n = 78$)	Рефлекшн Соверинг ($n = 46$)	По стаду	
<i>CSN3^{AA}</i>	76,9 ± 4,77	58,7 ± 7,26	71,0 ± 3,96	0,020
<i>CSN3^{AB}</i>	23,1 ± 4,77	34,8 ± 7,02	26,7 ± 3,86	
<i>CSN3^{BB}</i>	0 ± 0,00	6,5 ± 3,64	2,3 ± 1,31	
<i>BLG^{AA}</i>	29,5 ± 5,16	43,5 ± 7,31	35,9 ± 4,19	1,555
<i>BLG^{AB}</i>	46,2 ± 5,64	39,1 ± 7,20	43,5 ± 4,33	
<i>BLG^{BB}</i>	24,4 ± 4,86	17,4 ± 5,59	20,6 ± 3,53	
<i>LEP^{CC}</i>	35,9 ± 5,43	54,4 ± 7,34	48,9 ± 4,37	1,367
<i>LEP^{CT}</i>	48,7 ± 5,66	41,3 ± 7,26	45,0 ± 4,35	
<i>LEP^{TT}</i>	15,4 ± 4,09	4,4 ± 3,01	6,1 ± 2,09	
<i>LALBA^{AA}</i>	52,6 ± 5,65	43,5 ± 7,31	41,2 ± 4,30	0,555
<i>LALBA^{AB}</i>	41,0 ± 5,57	52,2 ± 7,37	48,1 ± 4,36	
<i>LALBA^{BB}</i>	6,4 ± 2,77	4,35 ± 3,01	10,7 ± 2,70	

Следует подчеркнуть, что соотношение генотипов *CSN3* в основном соответствует полиморфизму этих генов в черно-пестрой породе. Как показали исследования³ [21, 22], гомозиготный генотип *CSN3^{AA}* выявлен у 55,2–73,2%, гетерозиготный генотип *CSN3^{AB}* имели 26,8–38,9% животных, на долю гомозиготного генотипа *CSN3^{BB}* приходилось 5,6–10,2%. Аналогичная частота генотипов *CSN3* отмечена и у коров симментальской породы: *CSN3^{AA}* – 0,626, *CSN3^{AB}* – 0,306 и *CSN3^{BB}* – 0,068 [23]. В целом по стаду обращает на себя внимание низкая частота желательного генотипа *CSN3^{BB}*, ассоциативная связь которого с содержанием белка в молоке и более высокая сыропригодность доказана многими авторами [3–5, 24].

Наши исследования показали, что частота *BLG^{AA}* составляет 35,9%, гетерозиготы – 43,5, гомозиготный генотип *BLG^{BB}* – 20,6%. В линиях отмечена вариативность частот генотипов, однако в связи с недостаточным объемом выборки достоверных различий не обнаружено. Выявленная нами генотипическая структура черно-пестрой породы по гену *BLG* совпадает с данными ряда авторов. В исследованиях [25–27] утверждается, что около половины животных – гетерозиготы, на долю гомозигот с *BLG^A* аллелем по разным источникам приходится 24–27%.

По частоте генотипов гена *LEP* существуют противоречивые данные. У коров голштинской породы частота генотипов следующая: *LEP^{CC}* – 10%, *LEP^{CT}* – 62, *LEP^{TT}* – 28% (см. сноску 1). У коров холмогорской породы татарстанского типа распределение генотипов несколько иное: *LEP^{CC}* – 25%, *LEP^{CT}* –

55,5, *LEP^{TT}* – 19,5% [15]. По нашим данным, наименьший удельный вес коров занимают животные с генотипом *LEP^{TT}* – 6,1%, в линии Рефлекшн Соверинга – 4,4%. Гомозиготный генотип *LEP^{CC}* выявлен у половины животных в целом по стаду, несколько меньше у животных, принадлежащих линии Вис Бэк Айдиала – 35,9%.

При анализе частот генотипов гена *LALBA* у коров черно-пестрой породы по литературным и нашим данным показана низкая частота генотипа *LALBA^{BB}* – от 3 до 20%, тогда как частота генотипов *LALBA^{AA}* и *LALBA^{AB}* отмечена до 50% [28, 29].

На основании частот генотипов вычислены селекционно-генетические параметры: *Ca* – гомозиготность, *SH* – коэффициент гомозиготности, N_a – число эффективно действующих аллелей, *V* – степень генетической изменчивости популяции. Средний уровень гомозиготности по исследованным генам варьирует от 51,2 до 73,4%, при этом наиболее высокая гомозиготность отмечена по *CSN3* в линии Вис Бэк Айдиала – 79,6%. Число эффективно действующих аллелей и степень генетической изменчивости в линиях находится примерно на одном уровне: 1,66–1,72 и 40,2–42,7% (см. табл. 3).

В исследованиях по использованию генетических маркеров в селекции особый интерес вызывает связь генотипов с продуктивностью. Нами установлено, что наиболее высоким удоем обладали гетерозиготные коровы *CSN3^{AB}*. Превышение составляло 544,0 кг по сравнению с коровами с гомозиготным *CSN3^{AA}* генотипом ($p < 0,05$). Литературные данные по этому вопросу неоднозначные.

Табл. 3. Селекционно-генетические параметры стада Сибирячка
Table 3. Breeding and genetic parameters of the Sibiryachka herd

Линия	<i>n</i>	<i>Ca</i> , %				<i>SH</i>	N_a	<i>V</i>
		<i>CSN3</i>	<i>BLG</i>	<i>LALBA</i>	<i>LEP</i>			
Вис Бэк Айдиал	78	79,6	50,2	52,2	60,6	0,100	1,66	40,2
Рефлекшн Соверинг	46	63,6	53,4	62,6	57,6	0,064	1,72	42,7
По стаду	127	73,4	51,2	55,0	59,4	0,08	1,67	40,6

³Lihodeevkaya O.E., Lihodeevkiy G.A., Gorelik O.V. et al. Effect of genetic and paratyph factors on milk production in cattle // III International scientific conference: agritech-iii-2020: agribusiness, environmental engineering and biotechnologies. Volgograd, Krasnoyarsk, 2020. 82009 p.

Табл. 4. Продуктивность коров черно-пестрой породы в зависимости от носительства генотипа *CSN3* (первая лактация)

Table 4. Productivity of black-and-white cows depending on the carriage of the *CSN3* genotype (first lactation)

Генотип	n	Показатель за первые 305 дней лактации		
		Удой, кг	Жир, %	Белок, %
<i>CSN3^{AA}</i>	70	6197,8 ± 164,80	4,00 ± 0,03	3,12 ± 0,01
<i>CSN3^{AB}</i>	21	6741,8 ± 207,70	4,03 ± 0,04	3,14 ± 0,02
<i>BLG^{AA}</i>	29	6790,1 ± 255,28	4,04 ± 0,04	3,13 ± 0,01
<i>BLG^{AB}</i>	40	6319,1 ± 209,88	4,01 ± 0,04	3,11 ± 0,01
<i>BLG^{BB}</i>	24	5842,9 ± 265,35	3,98 ± 0,03	3,12 ± 0,01
<i>LALBA^{AA}</i>	46	6404,2 ± 224,33	3,99 ± 0,03	3,11 ± 0,01
<i>LALBA^{AB}</i>	41	6248,8 ± 197,70	4,04 ± 0,04	3,13 ± 0,01
<i>LALBA^{BB}</i>	6	6519,2 ± 333,01	3,92 ± 0,03	3,12 ± 0,02
<i>LEP^{CC}</i>	39	6726,3 ± 193,73	4,06 ± 0,04	3,13 ± 0,01
<i>LEP^{CT}</i>	40	6086,8 ± 232,53	3,98 ± 0,03	3,12 ± 0,01
<i>LEP^{TT}</i>	14	6007,6 ± 300,98	3,94 ± 0,02	3,10 ± 0,01

Приоритетность генотипа *CSN3^{AB}* по удою установлена в работе [30]. Учитывая низкую частоту *CSN3^{BB}* генотипа в стаде, при анализе продуктивности этих животных не учитывали (см. табл. 4).

Среди коров с генотипами гена *BLG* наиболее высокий удой отмечен у животных *BLG^{AA}* – 6790,1 кг, что выше, чем у коров с альтернативным генотипом *BLG^{BB}*, на 947,2 кг ($p < 0,01$). При изучении ассоциативных связей этого гена с молочной продуктивностью у коров черно-пестрой породы получены несколько иные результаты. Коровы с *BLG^{AB}* имели преимущество над сверстницами с генотипами *BLG^{AA}* и *BLG^{BB}* на 295 и 178 кг молока, по содержанию жира и белка в молоке на 0,09 и 0,05 % соответственно [9].

При анализе ассоциативных связей генотипов *LEP* с молочной продуктивностью коров анализируемого стада установлено, что удой животных с *LEP^{CC}* был выше на 718,7 кг по сравнению с коровами с *LEP^{TT}* ($p < 0,05$). Подобные результаты по приоритетности генотипа *LEP^{CC}* по удою получены в работе [15].

В гене *LALBA* ассоциативных связей генотипов с показателями молочной продуктивности не выявлено. Также не установлена связь между генотипами и качественными показателями молока.

ВЫВОДЫ

1. Сравнительная оценка показала, что наиболее высокий удой имеют коровы линии быка Рефлекшн Соверинга – 6851 кг, содержание жира составляло 4,05%, белка – 3,15%. Формируемые сибирские линии Франка 937, Урагана 27 и Курса 1949 уступают им по удою, содержанию жира и белка: 5246–5504 кг, 3,92–3,94%, 3,10–3,12% соответственно.

2. Частота генотипов *CSN3*, *BLG*, *LALBA*, *LEP* породы Сибирячка в целом соответствует черно-пестрой породе. Выявлена низкая частота генотипа *CSN3^{BB}* – 2,3% и высокая *CSN3^{AA}* – 71,0%. Соотношение генотипов в *BLG* гене: *BLG^{AA}* : *BLG^{AB}* : *BLG^{BB}* – 35,9 : 43,5 : 20,6%. В генах *LALBA* и *LEP* на долю гомозиготных генотипов *LALBA^{BB}* и *LEP^{TT}* приходится 6,1 и 10,7% соответственно, встречаемость двух других генотипов находится на уровне 41,2–48,9%. В ведущих линиях породы Сибирячка по генам *CSN3*, *BLG*, *LALBA*, *LEP* установлено сравнительно одинаковое соотношение генотипов, за исключением *CSN3^{AA}* и *LEP^{TT}*, частота которых в линии Вис Бэк Айдиала выше на 18,2 и 11,0% по сравнению с линией Рефлекшн Соверинга ($p < 0,05$).

3. Средний уровень гомозиготности по исследованным генам варьирует от 51,2 до 73,4%, при этом наиболее высокая гомозиготность наблюдается по *CSN3* в линии Вис Бэк Айдиала – 79,6%. Число эффективно действующих аллелей и степень генетической изменчивости в линиях находится примерно на одном уровне: N_a – 1,66–1,72, V – 40,2–42,7%.

4. Коровы породы Сибирячка с гетерозиготным генотипом *CSN3^{AB}* имели удой на 544,0 кг больше по сравнению с коровами с гомозиготным *CSN3^{AA}* генотипом ($p < 0,05$). Среди коров с генотипами гена *BLG* наиболее высокий удой отмечен у животных *BLG^{AA}* – 6790,1 кг, что выше, чем у коров с альтернативным генотипом *BLG^B*, на 947,2 кг ($p < 0,01$). Коровы с генотипом *LEP^{CC}* также имели удой на 718,7 кг выше, чем у коров с *LEP^{TT}* ($p < 0,05$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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. С. 137–142.
2. Стрекозов Н.И. Оценка быков по качеству потомства и геному – основа успеха разведения пород молочного скота // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 6. С. 10–12.
3. Dotsev A.V., Sermyagin A.A., Shakhin A.V., Paronyan I.A., Plemtyashov K.V., Reyer H., Wimmers K., Brem G., Zinovieva N.A. Evaluation of current gene pool of kholmogor and black-and-white cattle breeds based on whole genome SNP analysis // Vavilov journal of genetics and breeding. 2018. N 6 (22). P. 742–747. DOI: 10.18699/VJ18.418.
4. Бигаева А.В., Кручинин А.Г., Гильманов Х.Х., Илларионова Е.Е. Влияние полиморфных вариантов гена *CSN3* на технологические свойства молока // Молочная промышленность. 2020. № 4. С. 54–55. DOI: 10.31515/1019-8946-2020-04-54-55.
5. Валитов Ф.Р., Долматова И.Ю., Ганиева И.Н., Кунафин И.Р. Качественный состав молока коров с разными генотипами по гену каппаказеина // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2019. Т. 219. № 3. С. 70–73.
6. Шайдуллин Р.Р., Шарафутдинов Г.С., Москвичёва А.Б. Белково-молочность в течение лактации первотелок с разными генотипами *CSN3* и *DGAT* // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 5. С. 55–58. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10513.
7. Хаертдинов Р.А., Закирова Г.М., Камалдинов И.Н., Фатихов А.Г. Значение бета-лактоглобулина в белковом составе козьего молока // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины. 2017. Т. 229. № 1. С. 58–61.
8. Martin P., Bianchi L., Cebo C., Miranda G. Genetic polymorphism of milk proteins: Quantitative variability and molecular diversity // Advanced dairy chemistry. Springer Science + Business, Media. New York, 2013. Vol. 1A: Proteins: Basic Aspects, 4th ed. P. 387–429. DOI: 10.1007/978-1-4614-4714-6.
9. Погорельский И.А., Позовникова М.Е. Полиморфизм гена бета-лактоглобулина [BLG] в стаде крупного рогатого скота черно-пестрой породы и взаимосвязь его генотипов с показателями молочной продуктивности // Генетика и разведение животных. 2014. № 5. С. 45–47.
10. Kopylov K.V., Kopylova K.V., Shelov A.V., Berezovsky O.V. Use of the Molecular-Genetic markers in the selection process of the Ukrainian animal husbandry // Agrikultural Science und Practice. 2014. N 12. P. 24–30.
11. Терещенко И.В. Лептин и его роль в организме // Проблемы эндокринологии. 2001. Т. 47. № 4. С. 40–46.
12. Stone R.T., Kappes S.M., Beattie C.W. The bovine homologue of the obese gene maps to chromosome 4 // Mamm Genome. 1996. N 7 (5). P. 399–400. DOI: 10.1007/s003359900119.
13. Герасимов Н.П., Колтаков В.И., Джуламанов К.М., Лапишина А.А. Влияние однонуклеотидных полиморфизмов *LEP C528T* и *LEP C73T* гена лептина на оценку качества туш и выход мясных отрубов у коров и телок абердин-ангусской породы // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 4. С. 96–108. DOI: 10.33284/2658-3135-103-4-96.
14. Чижова Л.Н., Суржикова Е.С., Михайленко Т.Н. Оценка генетического профиля молодняка крупного рогатого скота мясных пород на основе ДНК-диагностики по генам *CAPN1*, *GH*, *TG*, *LEP* // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 5. С. 159–165.
15. Тюлькин С.В., Шайдуллин Р.Р., Гильманов Х.Х., Вафин Р.Р., Фаизов Т.Х. Влияние породы и ге-

- нотипа по гену лептина на молочную продуктивность и качество молока // Ветеринарный врач. 2019. № 3. С. 52–56.
16. Farrell H.M., Jimenez-Flores R., Bleck G.T., Brown E.M., Butler J.E., Creamer L.K., Hicks C.L., Hollar C.M., Ng-Kwai-Hang K.F., Swaisgood H.E. Nomenclature of the Proteins of Cows' Milk – Sixth Revision // Journal of Dairy Science. 2004. Vol. 87. N 6. P. 1641–1674.
 17. Тюлькин С.В. Влияние генотипа коров на их продуктивность и качество молока // Пищевые системы. 2018. Т. 1. № 3. С. 38–43. DOI: 10.21323/2618-9771-2018-1-3-38-43.
 18. Corva P.M., Fernández Macedol G.V., Soria L.A., Papaleo Mazzucco J., Motter M., Villarreal E.L., Schor A., Mezzadra C.A., Melucci L.M., Mique M.C. Effect of leptin gene polymorphisms on growth, slaughter and meat quality traits of grazing Brangus steers // Genetics and molecular research. 2009. N 8 (1). P. 105–116.
 19. Меркурьева Е.К. Генетические основы селекции в скотоводстве: монография. М: Колос, 1977. 198 с.
 20. Кузнецов В.М. Основы научных исследований в животноводстве: монография. Киров, 2006. 568 с.
 21. Зигадуллин Л.Р., Шайдуллин Р.Р., Ахметов Т.М., Тюлькин С.В. Полиморфизм генов каппа-казеина и диацилглицерол о-ацилтрансферазы у черно-пестрого скота // Молочнохозяйственный вестник. 2020. № 1 (37). С. 24–34.
 22. Юдина О.П., Деян А.С., Ермилов А.Н., Романенкова О.С., Сойнава О.Л., Усова Т.П., Сапегина Е.В. Влияние генотипов каппа-казеина и страны происхождения быков-производителей голштинской породы на основные хозяйственно ценные признаки их дочерей // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2020. № 1. С. 76–94.
 23. Панин В.А. Оценка генотипа по генам *CSN3* и *BLG*, влияющим на синтез молочного белка и жира в молоке симментальских коров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 8. С. 197–201.
 24. Шайдуллин Р.Р., Шарафутдинов Г.С., Москвичёва А.Б. Сыропригодность молока черно-пестрых коров с разными генотипами каппа-казеина и диацилглицерол о-ацилтрансферазы // Известия Самарской сельскохозяйственной академии. 2020. № 2. С. 59–63.
 25. Грибанова Ж.А., Курак О.П. Полиморфизм гена бета-лактоглобулина и его влияние на молочную продуктивность и качественные показатели молока белорусской черно-пестрой породы // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2012. № 5. С. 119–124.
 26. Гильманов Х.Х., Ржанова И.В., Вафин Р.Р. Характеристика быков-производителей с комплексными генотипами генов *BLG* и *INOS* по молочной продуктивности женских предков // Ученые записки Казанской государственной академии им. Н.Э. Баумана. 2020. Т. 243. № 3. С. 88–91.
 27. Pavlova N.I., Filippova N.P., Dodokhov V.V., Khaldeeva M.N., Zakharova L.N., Kurtanov K.H.A., Stepanov N. The analysis of polymorphism of kappa-casein, β -lactoglobulin and prolactin genes among yakutian cattle and its influence on milk production // Journal of agriculture and environment. 2019. N 2 (10). P. 5–10.
 28. Лунова Т., Ганджа А., Кулешевич Я. Генетическая структура коров черно-пестрой породы по лактопротеинам // Ştiinţa agricolă. 2020. № 1. С. 160–166.
 29. Сельцов В.И., Костюнина О.В., Загороднев Ю.П., Гладырь Е.А. Оценка молочной продуктивности коров разных пород в связи с полиморфизмом по гену альфа-лактальбумина // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 3. С. 57–60.
 30. Егорашина Е.В., Тамарова Р.В. Молочная продуктивность коров разных пород во взаимосвязи с генотипами по каппа-казеину и бета-лактоглобулину // Аграрный вестник Верхневолжья. 2019. № 2. С. 79–85.

REFERENCES

1. Klimenok I.I., Gerasimchuk L.D., Yarantseva S.B., Shishkina M.A. Duration of efficient usage of Sibiryachka cows in Western Siberia. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*, 2016, no. 4, pp. 137–142. (In Russian).
2. Strekozov N.I. Evaluation of bulls for the quality offspring and the genome is the basis for the success of breeding dairy cattle. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy Beef Cattle*, 2018, no. 6, pp. 10–12. (In Russian).
3. Dotsev A.V., Sermyagin A.A., Shakhin A.V., Paronyan I.A., Plemyashov K.V., Reyer H., Wimmers K., Brem G., Zinovieva N.A. Evaluation of current gene pool of kholmogor and black-and-white cattle breeds based on whole genome SNP analysis. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov journal of genetics and breeding*, 2018, no. 6 (22), pp. 742–

747. DOI: 10.18699/VJ18.418.
4. Bigaeva A.V., Kruchinin A.G., Gil'manov Kh.Kh., Illarionova E.E. Influence of polymorphic *CSN3* gene types on technological traits of milk. *Molochnaya promyshlennost' = Dairy industry*, 2020, no. 4, pp. 54–55. (In Russian). DOI: 10.31515/1019-8946-2020-04-54-55.
 5. Valitov F.R., Dolmatova I.Yu., Ganieva I.N., Kunafin I.R. Qualitative composition of milk of cows with different genotypes by the Kappa-casein gene. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Baumana = Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*, 2019, vol. 219, no. 3, pp. 70–73. (In Russian).
 6. Shaidullin R.R., Sharafutdinov G.S., Moskvicheva A.B. Protein content in the milk of first calf heifers of different *CSN3* and *DGAT*. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, vol. 33, no. 5, pp. 55–58. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10513.
 7. Khaertdinov R.A., Zakirova G.M., Kamaldinov I.N., Fatikhov A.G. Importance of beta-lactoglobulin in the protein composition of goat milk. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Baumana = Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*, 2017, vol. 229, no. 1, pp. 58–61. (In Russian).
 8. Martin P., Bianchi L., Cebo C., Miranda G. Genetic polymorphism of milk proteins: Quantitative variability and molecular diversity. *Advanced dairy chemistry. Springer Science + Business, Media*, New York, 2013, vol. 1A: Proteins: Basic Aspects, 4th ed, pp. 387–429. DOI: 10.1007/978-1-4614-4714-6.
 9. Pogorel'skii I.A., Pozovnikova M.E. Polymorphism of the beta-lactoglobulin [*BLG*] gene in a herd of black-and-white cattle and the interrelation of its genotypes with indicators of milk productivity. *Genetika i razvedenie zivotnykh = Genetics and breeding of animals*, 2014, no. 5, pp. 45–47. (In Russian).
 10. Kopylov K.V., Kopylova K.V., Shelov A.V., Berzovsky O.V. Use of the Molecular-Genetic markers in the selection process of the Ukrainian animal husbandry. *Agrikultural Science und Practice*, 2014, no. 12, pp. 24–30.
 11. Tereshchenko I.V. Leptin and its role in the organism. *Problemy endokrinologii = Problems of endocrinology*, 2001, vol. 47, no. 4, pp. 40–46. (In Russian).
 12. Stone R.T., Kappes S.M., Beattie C.W. The bovine homologue of the obese gene maps to chromosome 4. *Mamm Genome*, 1996, no. 7 (5), pp. 399–400. DOI: 10.1007/s003359900119.
 13. Gerasimov N.P., Kolpakov V.I., Dzhulamanov K.M., Lapshina A.A. Influence of single nucleotide polymorphisms *LEP* C528T and *LEP* C73T of the leptin gene on the assessment of the quality of carcasses and the yield of meat cuts in the Angus cows. and heifers. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo = Animal Husbandry and Fodder Production*, 2020, vol. 103, no. 4, pp. 96–108. (In Russian). DOI: 10.33284/2658-3135-103-4-96.
 14. Chizhova L.N., Surzhikova E.S., Mikhailenko T.N. Assessment of the genetic profile in horned young cattle of meat breeds based on DNA diagnostics for the *CAPN1*, *GH*, *TG*, *LEP* genes. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of Kursk State Agricultural Academy*, 2020, no. 5, pp. 159–165. (In Russian).
 15. Tyul'kin S.V., Shaidullin R.R., Gil'manov Kh.Kh., Vafin R.R., Faizov T.Kh. Influence of breed and genotype for leptin gene on milk productivity and milk quality of cows. *Veterinarnyi vrach = The Veterinarnyi Vrach journal*, 2019, no. 3, pp. 52–56. (In Russian).
 16. Farrell H.M., Jimenez-Flores R., Bleck G.T., Brown E.M., Butler J.E., Creamer L.K., Hicks C.L., Hollar C.M., Ng-Kwai-Hang K.F., Swaisgood H.E. Nomenclature of the Proteins of Cows' Milk – Sixth Revision. *Journal of Dairy Science*, 2004, vol. 87, no. 6, pp. 1641–1674.
 17. Tyul'kin S.V. The effect of cows genotype on their productivity and milk quality. *Pishchevye sistemy = Food systems*, 2018, vol. 1, no. 3, pp. 38–43. (In Russian). DOI: 10.21323/2618-9771-2018-1-3-38-43.
 18. Corva P.M., Fernández Macedo G.V., Soria L.A., Papaleo Mazzucco J., Motter M., Villarreal E.L., Schor A., Mezzadra C.A., Melucci L.M., Mique M.C. Effect of leptin gene polymorphisms on growth, slaughter and meat quality traits of grazing Brangus steers. *Genetics and molecular research*, 2009, no. 8 (1), pp. 105–116.
 19. Merkur'eva E.K. *Genetic bases of breeding in cattle breeding*. Moscow, Kolos Publ., 1977, 198 p. (In Russian).
 20. Kuznetsov V.M. *Principles of scientific research in animal husbandry*. Kirov, 2006. 568 p. (In Russian).
 21. Zigadullin L.R., Shaidullin R.R., Akhmetov T.M., Tyul'kin S.V. Kappa-casein and diacyl-

- glycerol O-acyltransferase gene polymorphism in black-and-white cattle. *Molochnokhozyaistvennyi vestnik = Dairy Bulletin*, 2020, no. 1 (37), pp. 24–34. (In Russian).
22. Yudina O.P., Delyan A.S., Ermilov A.N., Romanenkova O.S., Soinova O.L., Usova T.P., Sapagina E.V. Influence of genotypes of the kappa-casein gene and the country of origin of holstein bull-producers on the main economic characters of their female calves. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 2020, no. 1, pp. 76–94. (In Russian).
23. Panin V.A. The genotype assessment by the *CSN3* and *LGB* genes, affecting the synthesis of milk protein and fat in the milk of Simmental cows. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg state agrarian university*, 2020, no. 8, pp. 197–201. (In Russian).
24. Shailullin R.R., Sharafutdinov G.S., Moskvicheva A.B. Milk of black-white cows with different genes of kappa casein and diacylglycerol of o-acyltransferase for cheesemaking. *Izvestiya Samarskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin Samara State Agricultural Academy*, 2020, no. 2, pp. 59–63. (In Russian).
25. Gribanova Zh.A., Kurak O.P. Polymorphism of beta-lactoglobulin gene and its effect on milk productivity and quality indicators of milk of the Belarusian black-and-white breed. *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva = Actual problems of intensive development of livestock*, 2012, no. 5, pp. 119–124. (In Russian).
26. Gil'manov Kh.Kh., Rzhanova I.V., Vafin R.R. Characteristics of bull-producers with complex genotypes genes of *BLG* and *INOS* by milk productivity of female ancestors. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii im. N.E. Baumana = Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*, 2020, vol. 243, no. 3, pp. 88–91. (In Russian).
27. Pavlova N.I., Filippova N.P., Dodokhov V.V., Khaldeeva M.N., Zakharova L.N., Kurtanov KH.A., Stepanov N. The analysis of polymorphism of kappa-casein, β -lactoglobulin and prolactin genes among yakutian cattle and its influence on milk production. *Journal of agriculture and environment*. 2019, no. 2 (10), pp. 5–10.
28. Lupova T., Gandzha A., Kuleshevich Ya. Genetic structure of black-and-white breed cows at lactoprotein loci. *Știința agricolă*, 2020, no. 1, pp. 160–166. (In Russian).
29. Sel'tsov V.I., Kostyunina O.V., Zagorodnev Yu.P., Gladyr' E.A. The estimate of cows milk productivity different breeds in view with alpha-lactalbumin gene polymorphism. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2013, no. 3, pp. 57–60. (In Russian).
30. Egorashina E.V., Tamarova R.V. Milk productivity of cows of different breeds in relation to the genotypes of kappa-casein and beta-lactoglobulin. *Agrarnyi vestnik Verkhnevolzh'ya = Agrarian journal of Upper Volga region*, 2019, no. 2, pp. 79–85. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Гончаренко Г.М.**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: gal.goncharenko@mail.ru

Гришина Н.Б., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Шишкина М.А., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Хорошилова Т.С., научный сотрудник

Халина О.Л., младший научный сотрудник

Шукюрова А.М., младший научный сотрудник

Авадани Д.А., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Galina M. Goncharenko**, Doctor of Science in Biology, Head Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: gal.goncharenko@mail.ru

Natalya B. Grishina, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

Mariya A. Shishkina, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Tatyana S. Khoroshilova, Researcher

Olga L. Khalina, Junior Researcher

A.M. Shukyurova, Junior Researcher

D.A. Avadani, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 02.07.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 30.09.2021
Дата публикации / Published 25.11.2021

ИЗУЧЕНИЕ ЭКСПРЕССИИ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЗНАЧИМЫХ ГЕНОВ ПРИ ТЕРАПИИ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ У ЦЫПЛЯТ

✉ ^{1,3}Бобикова А.С., Черепушкина В.С., ^{1,3}Миорова Т.Е., ^{1,2}Афонюшкин В.Н., ^{1,3}Донченко Н.А., ^{1,3}Нефедова Е.В., ²Фуди Ян, ¹Коптев В.Ю., ⁴Фоменко В.В.

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

²Институт химической биологии и фундаментальной медицины Российской академии наук
Новосибирск, Россия

³Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Россия

⁴Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения
Российской академии наук

Новосибирск, Россия

✉ e-mail: bobikova.anna97@gmail.com

Изучен уровень экспрессии противовоспалительных цитокинов NF-κB, IL-6, INF-γ, Caspasa-3, Fc у кур в легких и кишечнике при моделировании инфекционного бронхита. Для моделирования коронавирусной пневмонии вакцину вводили индивидуально, 10 доз на голову перорально. Цыплятам 1-й опытной группы скармливали препарат Люманце в расчете 3 кг/т корма, 2-й опытной – препарат Глицевир в расчете 200 мкг/0,3 мл на голову. Цыплята контрольной группы препараты не получали. Выявлено, что противовирусные препараты в опытных группах подавляли разрушение эпителиальных клеток в кишечнике. Это не всегда может свидетельствовать о позитивном характере, поскольку в случае апоптоза происходит разрушение не только пораженных вирусными частицами клеток кишечника, но и здоровых. Отмечено снижение количества активных макрофагов в кишечнике опытных групп относительно контрольной. Количество вырабатываемого интерферона также находилось ниже контроля, что свидетельствует о пониженной активности иммунной системы. Выявлена более высокая провоспалительная активность в респираторной системе цыплят при использовании Глицевира. Она заключается в повышенном уровне экспрессии генов IL-6, интерферона-гамма, рецептора макрофагов к Fc фрагментам антител, фактора регуляции воспаления NF-κB в сравнении с препаратом Люманце, обладающим противовоспалительной активностью, но и в сравнении с цыплятами контрольной группы, не подвергавшихся лечению. Сделан вывод о возможности прогнозирования риска развития обострения инфекционного процесса в легких на фоне локального снижения вирусной нагрузки в кишечнике. Необходим комплексный подход при терапии коронавирусных инфекций, включающий или противовирусные препараты системного действия, или противовоспалительные средства.

Ключевые слова: ген, интерлейкин, коронавирус, Люманце, Глицевир, цыплята

STUDY OF THE EXPRESSION OF FUNCTIONALLY RELEVANT GENES IN THE TREATMENT OF CORONAVIRUS INFECTION IN CHICKENS

✉ ^{1,3}Bobikova A.S., Cherepushkina V.S., ^{1,3}Mironova T.E., ^{1,2}Afonyushkin V.N., ^{1,3}Donchenko N.A., ^{1,3}Nefedova E.V., ²Fudi Ya., ¹Koptev V.Yu., ⁴Fomenko V.V.

¹Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

²Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine, the Russian Academy of Sciences
Novosibirsk, Russia

³Novosibirsk State Agrarian University
Novosibirsk, Russia

⁴N.N. Vorozhtsov Novosibirsk Institute of Organic Chemistry, Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences

Novosibirsk, Russia

✉ e-mail: bobikova.anna97@gmail.com

The level of expression of anti-inflammatory cytokines NF-κB, IL-6, INF-γ, Caspasa-3, FC in chickens in the lungs and intestines during the modeling of infectious bronchitis in chickens was

studied. To simulate coronavirus pneumonia, the vaccine was administered individually, 10 doses per head orally. The chickens of the 1st experimental group were fed with the Lyumantse preparation at the rate of 3 kg / t of feed, the 2nd experimental group received the Glitsevir drug at the rate of 200 µg / 0.3 ml per head. The chickens of the control group did not receive the preparations. It was revealed that antiviral drugs in the experimental groups suppressed the destruction of epithelial cells in the intestine. This may not always be an indication of a positive character, as in the case of apoptosis, not only the intestinal cells affected by the virus particles but also healthy cells are destroyed. There was a decrease in the number of active macrophages in the intestines of the experimental groups relative to the control. The amount of interferon produced was also below the control, which indicates a decreased activity of the immune system. A higher pro-inflammatory activity in the respiratory system of chickens was detected when Glicevir was used. It consists of increased expression of IL-6, interferon-gamma, macrophage receptor to Fc antibody fragments and inflammatory regulatory factor NF-kB genes compared to Lumantse with anti-inflammatory activity, but also compared to untreated control group chickens. It is concluded that it is possible to predict the risk of an exacerbation of an infectious process in the lungs against the background of a local decrease in the viral load in the intestine. An integrated approach is needed in the treatment of coronavirus infections, including either systemic antiviral drugs or anti-inflammatory drugs.

Key words: gene, interleukin, coronavirus, Lyumantse, Glitsevir, chickens

Для цитирования: Бобикова А.С., Черепушкина В.С., Миронова Т.Е., Афонюшкин В.Н., Донченко Н.А., Нефедова Е.В., Фуди Ян, Коптев В.Ю., Фоменко В.В. Изучение экспрессии функционально-значимых генов при терапии коронавирусной инфекции у цыплят // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 5. С. 68–76. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-8>

For citation: Bobikova A.S., Cherepushkina V.S., Mironova T.E., Afonyushkin V.N., Donchenko N.A., Nefedova E.V., Fudi Ya., Koptev V.Yu., Fomenko V.V. Study of the expression of functionally relative genes in the treatment of coronavirus infection in chickens // *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 5, pp. 68–76. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-8>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и правительства Новосибирской области в рамках проекта № 20-416-540006 р_а Новосибирск «Изучение анатомо-функциональных, эпизоотологических и иммунобиологических факторов, способных создать риски заражения людей коронавирусами от сельскохозяйственных животных».

Acknowledgements

The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research and the Government of the Novosibirsk Region within the framework of project No. 20-416-540006 r_a Novosibirsk «Study of anatomical-functional, epizootological and immunobiological factors that can create risks of human infection with coronaviruses from farm animals».

ВВЕДЕНИЕ

В современной науке провоспалительные и противовоспалительные цитокины рассматриваются как важнейший фактор межклеточного и системного взаимодействия в организме. Цитокины – это группа эндогенных гликозилированных полипептидных медиаторов межклеточного взаимодействия, участвующих в формировании и развитии защитных реакций организма при внедрении патогенов и нарушении целостности тканей, а также в регуляции ряда нормальных физиологических функций [1].

Состояние иммунных функций организма во многом определяется соотношением провоспалительных и противовоспалительных цитокинов. Доказано существование функционального антагонизма между ними [2]. Острое возрастание уровня цитокинов в циркуляции приводит к развитию защитной системной воспалительной реакции, которую нередко называют цитокиновым штормом. Патологически высокая концентрация провоспалительных цитокинов может вызвать септический шок и гибель организма. В ситуациях, когда уровень цитокинов дли-

тельное время превышает физиологическую концентрацию, они становятся уже не медиаторами защиты, а медиаторами развития патологии [3–6]. Это обусловлено в том числе и популяционно: необходимо элиминировать организм, чтобы не произошло дальнейшего распространения патологии.

Интерлейкин 6 (IL-6) – иммунорегуляторный цитокин с широким спектром действия: он регулирует процессы воспаления и клеточного деления. IL-6 синтезируется из макрофагов, Т-клеток, фибробластов, эндотелиальных клеток сосудов, глиальных и эпителиальных клеток после взаимодействия с патогенными молекулами. При формировании иммунного ответа интерлейкин 6 участвует в выработке антител. Избыток этого цитокина приводит к развитию аутоиммунной реакции и повреждению тканей [7].

Каспазы – семейство цистеиновых протеаз, которые участвуют в расщеплении пептидных связей. Экспрессия каспаз-3, -8, -9 является показателем цитотоксичности апоптотического стимула, что делает эти маркеры важной частью исследований, касающихся процессов апоптоза в организме [8].

Клетки иммунной системы взаимодействуют друг с другом с использованием цитокинов – модуляторов иммунных реакций. Среди них важное место занимают интерфероны. Они обладают противовирусным и антибактериальным действием, участвуют в противоопухолевом иммунном ответе [9]. INF- γ , как и большинство цитокинов, обладает плейотропным действием и играет важную роль в иммунном ответе. Первоначально считалось, что INF- γ продуцируется только натуральными киллерами (NK), CD4 + Th1-лимфоцитами и цитотоксическими CD + Т-лимфоцитами. Позднее стало известно, что В-лимфоциты, НКТ-клетки и антигенпрезентирующие клетки (АРС) (макрофаги, дендритные клетки) также способны секретировать данный цитокин [10].

NF-kB обнаружен почти во всех типах клеток животных и участвует в клеточных реакциях на раздражители: стресс, цитокины, свободные радикалы, тяжелые металлы, ультрафиолетовое облучение, окисленные

ЛПНП, а также бактериальные или вирусные антигены. NF-kB играет ключевую роль в регулировании иммунного ответа на инфекцию [11, 12].

Антивирусный эффект лекарств часто выявляется с помощью qRT-PCR [13–15], IFA [16, 17].

В нескольких сообщениях указывается, что сигнальные пути MDA5 и цитокины врожденного иммунитета активируются после инфицирования штаммом IBV M41 [18]. Путь передачи сигналов MDA5 нарушен расщеплением адаптерного белка MAVS в штамме инфекции IBV JS/2010/12 [19]. Ответ INF типа I играет решающую роль в сопротивлении штамму SAIBK2 IBV [20]. Сигнальные пути MDA5 и цитокин врожденного иммунитета (NF-kB и IRF3) индуцировались после инфицирования штаммом IBV-M41 [17]. Исследователями обнаружено, что уровни экспрессии мРНК MDA5, MAVS, INF- α , INF- β , NF-kB, TNF- α и IL-6 значительно повышены после инфицирования IBV *in vitro* и *in vivo* [18].

Цель исследования – оценить экспрессию генов IL-6, Fc, NF-kB, Caspasa-3 и INF- γ на фоне коронавирусной инфекции у цыплят.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Цыплята кросса Шавер в возрасте 14 сут были вакцинированы против инфекционного бронхита кур (вакцина против ИБК, штамм Ma5, живая сухая). Для моделирования коронавирусной пневмонии вакцину вводили индивидуально, 10 доз на голову перорально. Цыплятам 1-й опытной группы ($n = 10$) скармливали препарат Люманце в расчете 3 кг/т корма, 2-й опытной ($n = 10$) – препарат Глицевир (производное глицерризиновой кислоты в составе наночастиц хитозана) в расчете 200 мкг/0,3 мл на голову. Концентрат разводили в 3 раза. Цыплята контрольной группы ($n = 11$) препараты не получали.

На 22-е сутки осуществляли убой птицы методом цервикально-церебральной дислокации и проводили патологоанатомическое вскрытие птиц. Из внутренних органов методом фенолхлороформной экстракции вы-

деляли РНК, осуществляли ОТ-ПЦР. Синтез кДНК проводили с использованием олигонуклеотида N7.

Для подтверждения успешности заражения тестировали наличие геномной РНК вируса ИБК методом ОТ-ПЦР в режиме реального времени, ПЦР проводили в конечном объеме 20 мкл, содержащем 67 мМ трис-НСl (рН 8,9), 16 мМ (NH₄)₂SO₄, 2,4 мМ MgCl₂, 0,01% Твин 20, 0,2 мМ дНТФ, 0,3 мкМ растворы олигонуклеотидных праймеров 5'-atgctcaacctgtccctagca-3' 5'-tcaaactgcggatcatcacgt-3' и зонда FAM-tggaagtagagtacgcccсааас-ВНQ, 1–2 ед. HotStart Taq-ДНК полимеразы. ПЦР проводили на амплификаторе CFX (BioRad) по следующей программе: начальная денатурация – 95 °С (15 мин), далее 40 циклов: денатурация – 95 °С (10 с), отжиг – 60 °С (30 с).

Контроль выделяемости РНК из образцов осуществляли с использованием ПЦР в режиме реального времени специфичного в отношении мРНК гена домашнего хозяйства glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase (GAPDH) по протоколу, указанному выше, с использованием праймеров 5'-cgtgaccссagсаасаа3' и 5'-acttaccссagccttctccat3' taqman зонда ROX-tggagtccactggtgtcttacc- ВНQ2.

Экспрессию генов IL-6, Fc, NF-kB, Caspasa-3, INF-γ оценивали методом дельта-дельта Ct относительно уровня экспрессии генов домашнего хозяйства (см. таблицу).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Препараты Люманце и Глицевир подавляли разрушение эпителиальных клеток в кишечнике опытных групп (см. рис. 1). Это не всегда свидетельствует о позитивном характере, поскольку в случае апоптоза происходит разрушение не только здоровых, но и зараженных клеток. Отмечено снижение количества активных макрофагов в кишечнике относительно контрольной группы. Количество вырабатываемого интерферона также находилось ниже контроля, что свидетельствует о пониженной активности иммунной системы.

Препарат Глицевир состоит из наночастиц, которые не всасываются в кишечнике, и обладает местным действием. Препарат Люманце может всасываться, поскольку содержит соли масляной кислоты и помимо местного обладает и системным действием. В кишечнике оба препарата снизили вирусную нагрузку.

Препарат Глицевир спровоцировал более интенсивную экспрессию генов, участвующих в иммунном ответе и воспалении, что характеризуется повышенным уровнем NF-kB, IL-6, INF-γ (большее количество Т-хелперов встречается с вирусными частицами), Fc (большее количество макрофагов) и Caspasa-3 (клетки в легких разрушаются интенсивнее) (см. рис. 2).

О подавлении разрушения эпителиальных клеток опытными препаратами также свидетельствует пониженная удельная доля

Нуклеотидные последовательности праймеров ПЦР для оценки экспрессии генов
PCR primer nucleotide sequences for assessing gene expression

Интерлейкин	Праймер	Ссылка на источник	ПЦР-программа			
IL-6	5'-aaatcctcctcgccaatct-3' 5'-ccctcacggtcttctcataaa-3'	[21]	1	95 °С	7 мин	1 цикл
Caspasa-3	5'-ccaccgagataccggactgt-3' 5'-aactgcttcgcttctgtga-3'	[22]				
INF-γ	5'-cactgacaagtcaaacccgc-3' 5'-accttctcagccatcagg-3'	[22]	2	95 °С	15 с	39 циклов
FcR	5'-cactgacaagtcaaacccgc-3' 5'-accttctcagccatcagg-3'	[22]				
NF-kB	5'-tcaacgcaggacctaaagacat-3' 5'-gcagatagccaagttcaggatg-3'	[22]	3	64,5 °С	30 с	
END						

Данные обрабатывали методами вариационной и непараметрической статистики.

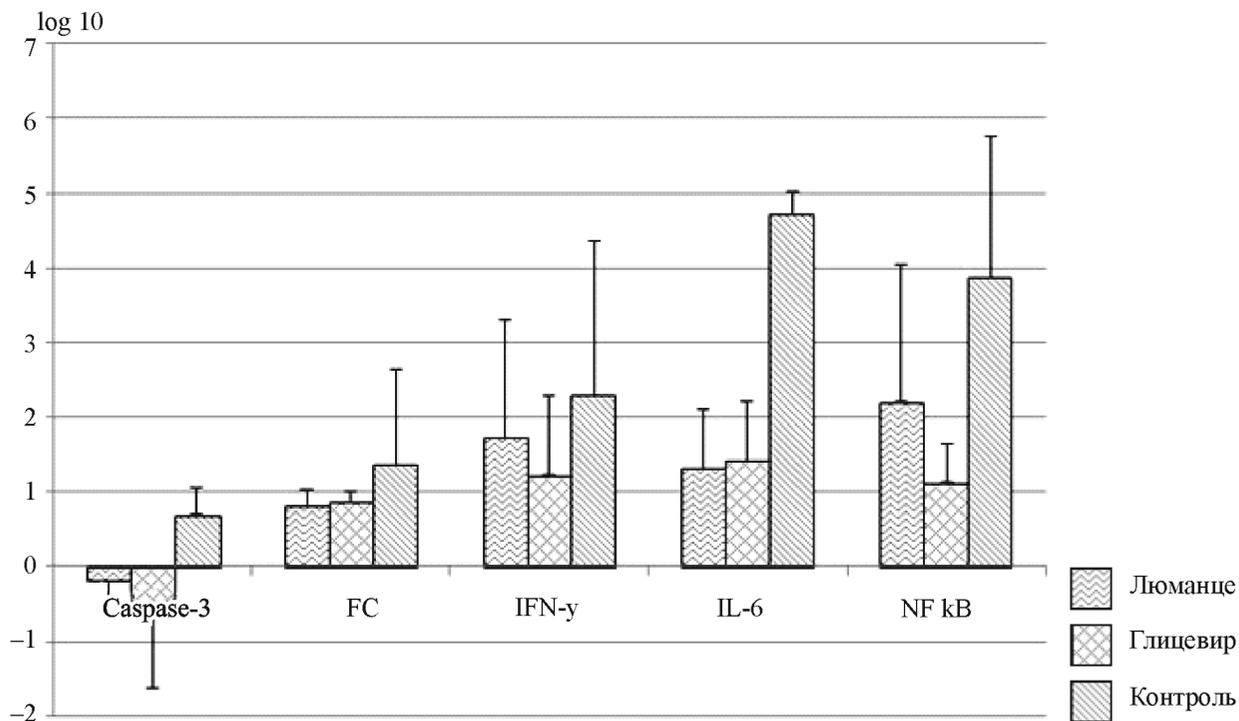


Рис. 1. Экспрессия генов в кишечнике у птицы опытной и контрольной групп, $\log_{10}(\text{ddCt})$ (относительно GAPDH)

Fig. 1. Gene expression in the intestine of birds in the experimental and control groups, $\log_{10}(\text{ddCt})$ (relative to GAPDH)

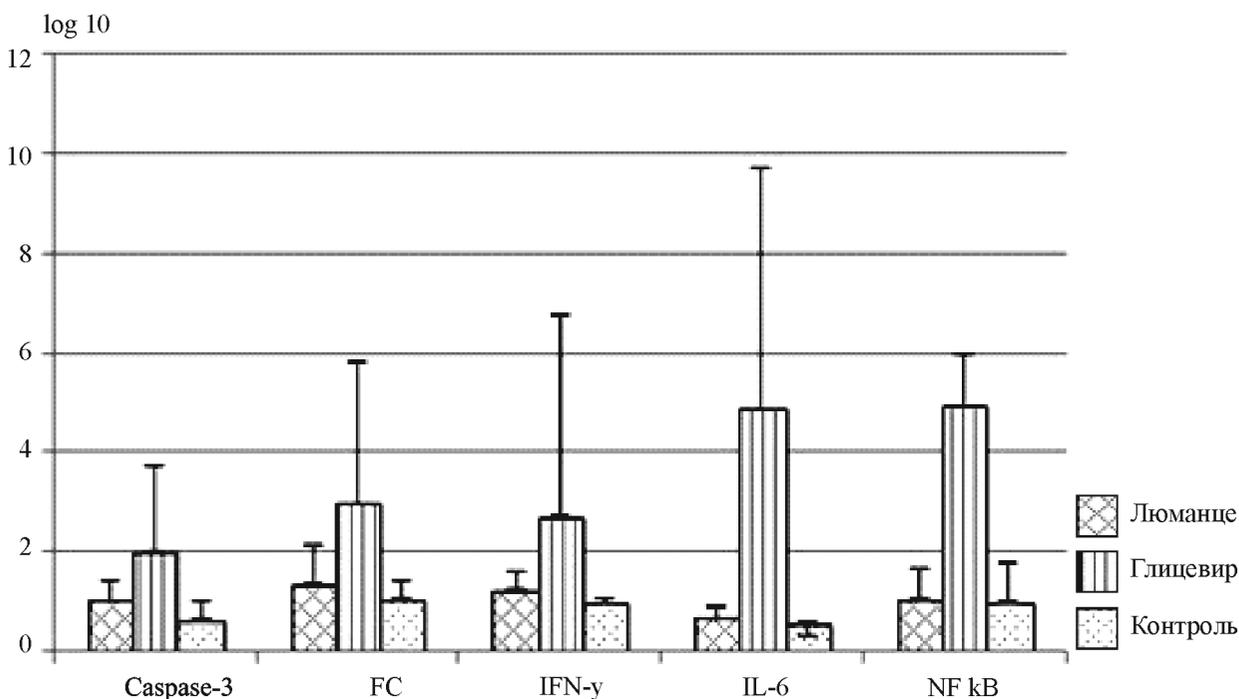


Рис. 2. Экспрессия генов в легких у птицы опытной и контрольной групп, $\log_{10}(\text{ddCt})$ (относительно GAPDH)

Fig. 2. Gene expression in lungs of poultry from experimental and control groups, $\log_{10}(\text{ddCt})$ (relative to GAPDH)

Fc-фрагмента относительно контрольной группы. Fc-рецептор присутствует на макрофагах и отвечает за связывание антител с макрофагом. Можно утверждать о снижении количества активных макрофагов в кишечнике относительно контрольной группы. Каспазы играют важную роль в развитии и регуляции апоптоза и воспалительных процессов. В данном случае (поскольку сам коронавирус не влияет на разрушение клеток) происходит разрушение пораженных клеток иммунными агентами, например Т-киллерами.

При взаимодействии Т-хелпера с антигеном вырабатывается интерферон гамма (INF- γ), который является провоспалительным цитокином и активирует множество клеток (Т-клетки, В-клетки и др.). В кишечнике количество вырабатываемого интерферона снижено, это также свидетельствует о пониженной активности иммунной системы.

Интерлейкин-6 является провоспалительным цитокином, количество которого напрямую влияет на развитие цитокинового шторма. IL-6 создает в организме условия сверхнагрузки иммунной системы, и возникают два пути развития: элиминация возбудителя в полной мере или элиминация самого зараженного животного [7, 11]. В момент, когда вирусные антигены встречается с толл-лайн рецепторами, активируется NF- κ B, который, в свою очередь, является пусковым механизмом как для врожденного иммунного ответа (миграция макрофагов и др.), так и для адаптивного иммунитета (выработка антител, формирование Т-клеток). NF- κ B – наиболее ранний фактор и наиболее активно эксплуатируется при коронавирусных инфекциях. Это проявляется аномально длительной миграцией нейтрофилов, гранулоцитов в очаг воспаления, их активизацией, а также повышенной пролиферацией, в то время как при обычной инфекции имеется лишь короткий период, когда нейтрофилы осуществляют борьбу с первичным очагом заражения. Этот механизм может впоследствии привести к лейкотриеновому шторму, в дальнейшем – к цитокиновому.

Глицирризиновая кислота оказывает противовирусное, противовоспалительное, противозудное и иммуномодулирующее действие, влияет на разные типы ДНК и РНК вирусов *in vitro* и *in vivo*, прерывает репликацию вирусов на ранних стадиях, вызывает выход вириона из капсида, не допуская его проникновения в клетки, что связано с селективным дозозависимым ингибированием фосфорилирующей киназы. Глицирризиновая кислота взаимодействует со структурами вируса, изменяя различные фазы вирусного цикла, что сопровождается необратимой инактивацией вирусных частиц, находящихся в свободном состоянии вне клеток, блокирует внедрение активных вирусных частиц внутрь клетки, нарушает способность вируса к индукции синтеза новых вирусных частиц, индуцирует образование интерферона, что является одним из компонентов противовирусного действия, инактивирует указанные вирусы в нетоксичных для нормально функционирующих клеток концентрациях. Противовоспалительная активность глицирризиновой кислоты сочетается со стимулирующим влиянием на гуморальные и клеточные факторы иммунитета¹.

Различия между активностью препаратов с наличием резорбтивного эффекта (Люманце) и его отсутствием (Глицевир в составе наночастиц хитозана) заключаются в более высокой провоспалительной активности в респираторной системе при использовании Глицевира. Она заключается в повышенном уровне экспрессии генов IL-6, интерферона-гамма, рецептора макрофагов к Fc фрагментам антител, фактора регуляции воспаления NF- κ B не только в сравнении с препаратом Люманце, обладающим заведомо противовоспалительной активностью благодаря наличию в составе масляной кислоты, но и в сравнении с контрольной группой цыплят, не подвергавшихся лечению.

Нами предложены две гипотезы о действии препаратов на пораженный кишечник:

– оба препарата уменьшают воспаление в кишечнике через подавление иммунореактивности и, как следствие, снижают иммунный ответ;

¹ Пат. РФ № 2044145 (Российская Федерация). Ди- и триникотинаты глицирризиновой кислоты и ингибитор репродукции вируса иммунодефицита человека / Г.А. Толстикова, Л.А. Балтина, К.П. Волчо, О.А. Плясунова, А.Г. Покровский, Н.Ф. Салахутдинов. Опубл. 10.08.2007. Бюл. № 22.

– препараты снижают вирусную нагрузку, соответственно происходит менее интенсивная презентация вирусных антигенов, меньше вырабатывается иммунокомпетентных клеток.

При любой из этих гипотез Глицевир оказывал подавляющее действие на воспалительные процессы в кишечнике, не влияя на легкие (см. рис. 1).

В качестве основной версии рассматривается снижение активности иммунокомпетентных клеток в составе желудочно-кишечного тракта, в первую очередь – Treg лимфоцитов (активных продуцентов противовоспалительного цитокина IL10) в связи с подавлением инфекционного процесса локально, по месту действия Глицевира, т.е. в кишечнике. В пользу этого предположения свидетельствует подавление активности экспрессии гена IL-6, прямого антагониста провоспалительного цитокина IL10 и клеток, продуцирующих данный интерлейкин. Вся кровь и лимфа из желудочно-кишечного тракта обязательно проходят через легкие, т.е. практически без разбавления, поэтому вклад регуляторной активности иммунной системы кишечника в отношении иммунокомпетентных клеток легких должен быть существенным. Таким образом, можно спрогнозировать риск развития обострения инфекционного процесса в легких на фоне локального снижения вирусной нагрузки в кишечнике, что требует комплексного подхода в терапии коронавирусных инфекций, включающего или противовирусные препараты системного действия, или противовоспалительные средства.

ВЫВОДЫ

1. На модели коронавирусной инфекции обнаружено статистически значимое подавление экспрессии провоспалительного цитокина IL-6 ($p < 0,05$) в опытных группах цыплят, получавших препараты Люманце и Глицевир.

2. Применение препарата Глицевир в составе наночастиц хитозана ограничивалось локальным действием что характеризовалось отсутствием подавления провоспалительных цитокинов в легких и, напротив, отличалось от действия Люманце повышением дисперсии уровней экспрессии исследуемых генов и средними уровнями прироста экспрессии генов

IL-6, NF-kB, INF- γ (провоспалительных цитокинов) и Caspasa-3, Fc-фрагментов в ткани легких.

3. Для снижения рисков обострения пневмоний при коронавирусных инфекциях применение противовирусных препаратов местного действия в кишечнике должно подразумевать использование противовоспалительных препаратов системного действия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кетлинский С.А.* Цитокины: монография. СПб.: Фолиант, 2008. С. 9–22.
2. *Перцов С.С., Коплик Е.В., Калинин Л.С.* Действие интерлейкина-1 β и интерлейкина-4 на альбуминовые показатели крови у крыс с разной поведенческой активностью // *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2011. Т. 97. № 3. С. 276–282.
3. *Симбирцев А.С.* Иммунофармакологические аспекты системы цитокинов // *Бюллетень сибирской медицины*. 2019. С. 84–95. DOI: 10.20538/1682-0363-2019-1-84-95.
4. *Balkwill F.R., Burke F.* Immunology Today // *Immunology Today*. 1989. Vol. 10. P. 299–304.
5. *Paul W.E.* Pleiotrophy and redundancy: T cell derived lymphokines in the immune response // *Cell*. 1989. N 57. P. 521–524.
6. *Arai K., Lee E., Miyajima A.* Cytokines: coordinators of immune and inflammatory responses // *Annual Review of Biochemistry*. 1990. Vol. 59. P. 783–836.
7. *Петинати Н.А., Шипунова И.Н., Бигильде-ев А.Е.* Анализ экспрессии генов, участвующих в модуляции иммунного ответа, в неактивированных мультипотентных мезенхимальных стромальных клетках // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 2012. № 2. С. 211–216.
8. *Дятлова А.С., Дудков А.В., Линькова Н.С.* Молекулярные маркеры каспаза-зависимого и митохондриального апоптоза: роль в развитии патологии и в процессах клеточного старения // *Успехи современной биологии*. 2018. Т. 138. № 2. С. 126–137.
9. *Bufe A., Gehlhar K., Grage-Griebenow E.* Atopic phenotype in children is associated with decreased virus-induced interferon-alpha release // *International Archives of Allergy and Immunology*. 2002. Vol. 127. N 1. P. 82–85.
10. *Schoenborn J.R., Wilson C.B.* Regulation of interferon-gamma during innate and adaptive immune responses // *Advances in Immunology*. 2007. Vol. 96. P. 41–101.
11. *Серебренникова С.Н., Семинский И.Ж.* Основные регуляторные цитокины и их эффекты //

- Патофизиология воспалительного процесса. Иркутск, 2014. С. 20–27.
12. Liu T., Zhang L., Joo D., Sun S.C. NF- κ B signaling in inflammation. // *Signal Transduct Target Ther.* 2017. Vol. 2. N 17023. DOI: 10.1038/sigtrans.2017.23.
 13. Schnepf N., Boiteau N., Petit F. Rapid determination of antiviral drug susceptibility of human cytomegalovirus by real-time PCR // *Antiviral Research.* 2009. Vol. 81. P. 64–67. DOI: 10.1016/j.antiviral.2008.09.009.
 14. Li H., Wu J., Zhang Z. Forsythoside a inhibits the avian infectious bronchitis virus in cell culture // *Phytotherapy Research.* 2011. Vol. 25. P. 338–342. DOI: 10.1002/ptr.3260.
 15. Zhang P., Liu X., Liu H. Astragalus polysaccharides inhibit avian infectious bronchitis virus infection by regulating viral replication // *Microbial Pathogenesis.* 2018. Vol. 114. P. 124–128. DOI: 10.1016/j.micpath.2017.11.026.
 16. Xu X., Guo H., Xiao C. In vitro inhibition of classical swine fever virus replication by siRNAs targeting Npro and NS5B genes // *Antiviral Research.* 2008. Vol. 78. P. 188–193. DOI: 10.1016/j.antiviral.2007.12.012.
 17. Zhang W., Bouwman K.M., Van Beurden S.J. Chicken mannose binding lectin has antiviral activity towards infectious bronchitis virus // *Virology.* 2017. Vol. 509. P. 252–259. DOI: 10.1016/j.virol.2017.06.028.
 18. He Y., Xie Z., Dai J. Responses of the toll-like receptor and melanoma differentiation-associated protein 5 signaling pathways to avian infectious bronchitis virus infection in chicks // *Virologica Sinica.* 2016. Vol. 31. P. 57–68. DOI: 10.1007/s12250-015-3696-y.
 19. Yu L., Zhang X., Wu T. Avian infectious bronchitis virus disrupts the melanoma differentiation associated gene 5 (MDA5) signaling pathway by cleavage of the adaptor protein MAVS // *BMC Veterinary Research.* 2017. Vol. 332. N 13. P. 1–11. DOI: 10.1186/s12917-017-1253-7.
 20. Chen H., Muhammad I., Zhang Y., Ren Y., Zhang R., Huang X., Diao L., Liu H., Li X., Sun X., Abbas G., Li G. Antiviral Activity Against Infectious Bronchitis Virus and Bioactive Components of *Hypericum perforatum* // *Frontiers in Pharmacology.* 2019. Vol. 10. N 1272. DOI: 10.3389/fphar.2019.01272.
 21. Cheng P., Wang T., Li W. Baicalin Alleviates Lipopolysaccharide-Induced Liver Inflammation in Chicken by Suppressing TLR4-Mediated NF- κ B Pathway // *Frontiers in Pharmacology.* 2017. N 547. P. 1–12. DOI: 10.3389/fphar.2017.00547.
 22. Sun X., Wang Z., Shao C., Yu J., Liu H., Chen H., Li L., Wang X., Ren Y., Huang X., Zhang R., Li G. Analysis of chicken macrophage functions and gene expressions following infectious bronchitis virus M41 infection. *Vet Res.* 2021. Vol. 52. N 1. DOI: 10.1186/s13567-021-00896-z.

REFERENCES

1. Ketlinsky S.A. *Cytokines.* St. Petersburg, Foliant Publ., 2008, pp. 9–22. (In Russian).
2. Pertsov S.S., Koplik E.V., Kalinichenko L.S. The effect of interleukin-1 β and interleukin-4 on albumin blood parameters in rats with different behavioral activity. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova = Russian journal of physiology,* 2011, T. 97, no. 3, pp. 276–282. (In Russian).
3. Simbirtsev A.S. Immunopharmacological aspects of the cytokine system. *Byulleten' sibirskoi meditsiny = Bulletin of Siberian Medicine,* 2019, pp. 84–95. (In Russian). DOI: 10.20538/1682-0363-2019-1-84-95.
4. Balkwill F.R., Burke F. *Immunology Today.* *Immunology Today,* 1989, vol. 10, pp. 299–304.
5. Paul W.E. Pleiotrophy and redundancy: T cell derived lymphokines in the immune response. *Cell,* 1989, no. 57, pp. 521–524.
6. Arai K., Lee E., Miyajima A. Cytokines: coordinators of immune and inflammatory responses. *Annual Review of Biochemistry,* 1990, vol. 59, pp. 783–836.
7. Petinati N.A., Shipunova I.N., Bigildeev A.E. Analysis of the expression of genes involved in the modulation of the immune response in non-activated multipotent mesenchymal stromal cells. *Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny = Bulletin of Experimental Biology and Medicine,* 2012, no. 2, pp. 211–216. (In Russian).
8. Dyatlova A.S., Dudkov A.V., Linkova N.S. Molecular markers of caspase-dependent and mitochondrial apoptosis: a role in the development of pathology and in the processes of cellular aging. *Uspekhi sovremennoi biologii = Advances in modern biology,* 2018, vol. 138, no. 2, pp. 126–137. (In Russian).
9. Bufe A., Gehlhar K., Grage-Griebenow E. Atopic phenotype in children is associated with decreased virus-induced interferon-alpha release. *International Archives of Allergy and Immunology,* 2002, vol. 127, no. 1, pp. 82–85.
10. Schoenborn J.R., Wilson C.B. Regulation of interferon-gamma during innate and adaptive immune responses. *Advances in Immunology,* 2007, vol. 96, pp. 41–101.
11. Serebrennikova S.N., Seminsky I.Zh. Basic regulatory cytokines and their effects. *Patofiziologiya*

- vospalitel'nogo protsessa: uchebnoe posobie = Pathophysiology of the inflammatory process*. Irkutsk, 2014, pp. 20–27. (In Russian).
12. Liu T., Zhang L., Joo D., Sun S.C. NF- κ B signaling in inflammation. *Signal Transduct Target Ther*, 2017, vol. 2, no. 17023. DOI: 10.1038/sigtrans.2017.23.
 13. Schnepf N., Boiteau N., Petit F. Rapid determination of antiviral drug susceptibility of human cytomegalovirus by real-time PCR. *Antiviral Research*, 2009, vol. 81, pp. 64–67. DOI: 10.1016/j.antiviral.2008.09.009.
 14. Li H., Wu J., Zhang Z. Forsythoside a inhibits the avian infectious bronchitis virus in cell culture. *Phytotherapy Research*, 2011, vol. 25, pp. 338–342. DOI: 10.1002/ptr.3260.
 15. Zhang P., Liu X., Liu H. Astragalus polysaccharides inhibit avian infectious bronchitis virus infection by regulating viral replication. *Microbial Pathogenesis*, 2018, vol. 114, pp.124–128. DOI: 10.1016/j.micpath.2017.11.026.
 16. Xu X., Guo H., Xiao C. In vitro inhibition of classical swine fever virus replication by siRNAs targeting Npro and NS5B genes. *Antiviral Research*, 2008, vol. 78, pp. 188–193. DOI: 10.1016/j.antiviral.2007.12.012.
 17. Zhang W., Bouwman K.M., Van Beurden S.J. Chicken mannose binding lectin has antiviral activity towards infectious bronchitis virus. *Virology*, 2017, vol. 509, pp. 252–259. DOI: 10.1016/j.virol.2017.06.028.
 18. He Y., Xie Z., Dai J. Responses of the toll-like receptor and melanoma differentiation-associated protein 5 signaling pathways to avian infectious bronchitis virus infection in chicks. *Virologica Sinica*, 2016, vol. 31, pp. 57–68. DOI: 10.1007/s12250-015-3696-y.
 19. Yu L., Zhang X., Wu T. Avian infectious bronchitis virus disrupts the melanoma differentiation associated gene 5 (MDA5) signaling pathway by cleavage of the adapter protein MAVS. *BMC Veterinary Research*, 2017, no. 13, vol. 332, pp. 1–11. DOI: 10.1186/s12917-017-1253-7.
 20. Chen H., Muhammad I., Zhang Y., Ren Y., Zhang R., Huang X., Diao L., Liu H., Li X., Sun X., Abbas G., Li G. Antiviral Activity Against Infectious Bronchitis Virus and Bioactive Components of *Hypericum perforatum*. *Frontiers in Pharmacology*, 2019, vol. 10, no. 1272. DOI: 10.3389/fphar.2019.01272.
 21. Cheng P., Wang T., Li W. Baicalin Alleviates Lipopolysaccharide-Induced Liver Inflammation in Chicken by Suppressing TLR4-Mediated NF- κ B Pathway. *Frontiers in Pharmacology*, 2017, no. 547, pp. 1–12. DOI: 10.3389/fphar.2017.00547.
 22. Sun X., Wang Z., Shao C., Yu J., Liu H., Chen H., Li L., Wang X., Ren Y., Huang X., Zhang R., Li G. Analysis of chicken macrophage functions and gene expressions following infectious bronchitis virus M41 infection. *Vet Res*, 2021, vol. 52, no. 1. DOI: 10.1186/s13567-021-00896-z.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Бобикова А.С.**, младший научный сотрудник, аспирант; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: bobikova.anna97@gmail.com

Черепушкина В.С., младший научный сотрудник

Миронова Т.Е., младший научный сотрудник, аспирант

Донченко Н.А., член-корреспондент РАН, руководитель структурного подразделения

Афонюшкин В.Н., кандидат биологических наук, заведующий сектором

Нефедова Е.В., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

Фуди Ян, аспирант

Коптев В.Ю., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

Фоменко В.В., кандидат химических наук, научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Anna S. Bobikova**, Junior researcher, Postgraduate Student; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: bobikova.anna97@gmail.com

Victoria S. Cherepushkina, Junior Researcher
Tatiana E. Mironova, Junior Researcher, Postgraduate Student

Nikolay A. Donchenko, the Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of Scientific Direction

Vasily N. Afonyushkin, Candidate of Science in Biology, the Head of the sector

Ekaterina V. Nefedova, Candidate of Science in Veterinary, Senior Researcher

Yang Fudy, Postgraduate Student;

Vyacheslav Yu. Koptev, Candidate of Science in Veterinary, Senior Researcher

Vladislav V. Fomenko, Candidate of Science in Chemistry, Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 14.05.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 01.10.2021
Дата публикации / Published 25.11.2021

МОНИТОРИНГ БОЛЕЗНЕЙ ОРГАНОВ ПИЩЕВАРЕНИЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА НА ТЕРРИТОРИИ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

✉ Савельева Л.Н., Бондарчук М.Л.

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

✉ e-mail: luba.saveleva@mail.ru

Представлена динамика болезней органов пищеварения бактериальной этиологии среди крупного рогатого скота. Проанализированы статистические, лабораторные среднегодовые данные о зарегистрированных с этой патологией животных, о падеже и вынужденном убое скота за период 2016–2020 гг. Выяснено, что болезни органов пищеварения бактериальной этиологии распространены как у молодняка КРС (от 53,7 до 61,4%), так и у взрослого скота (43,1% от общего поголовья заболевших животных). На основании бактериальных методов исследований биологического материала выделены следующие возбудители: энтеропатогенная кишечная палочка *E. coli* (37,8% от общего числа заболевших животных) и стрептококки группы «D»-*E. Faecalis* (15,1%). У остального поголовья зарегистрированы ассоциативные формы инфекций (19,2%) и незаразные виды болезней органов пищеварения (27,9%). В результате проведенного мониторинга отмечен высокий уровень заболеваемости болезней органов пищеварения среди крупного рогатого скота в животноводческих хозяйствах следующих районов Забайкальского края: Акшинский, Красночикойский, Кыринский, Нерчинский, Оловянинский, Приаргунский, Хилокский, Шелопугинский, Агинский. Наименьшее распространение заболеваний крупного рогатого скота в организациях разных форм собственности зарегистрировано в крестьянско-фермерских хозяйствах края (6,8–10,9%). Средние показатели по численности зарегистрированных животных с данной патологией отмечены в сельскохозяйственных организациях (26,9–37,6%). Высокий процент данных заболеваний отмечен в хозяйствах населения (62,8%). При соблюдении в хозяйствах организации лечебно-профилактических мероприятий, правил гигиены содержания и кормления можно обеспечить сохранность и продуктивность скота, высокое качество и безопасность продукции скотоводства, проводить профилактику бактериальных заболеваний органов пищеварения.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, мониторинг, болезни органов пищеварения, бактериальные болезни

MONITORING OF THE BOVINE DIGESTIVE DISEASES ON THE TRANSBAIKAL TERRITORY

✉ Savelyeva L.N., Bondarchuk M.L.

Research Institute of Veterinary Medicine of Eastern Siberia – branch of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Chita, Transbaikal Territory, Russia

✉ e-mail: luba.saveleva@mail.ru

The dynamics of digestive diseases of bacterial etiology among cattle are presented. Statistical, laboratory and annual average data on registered animals with this pathology, mortality and forced slaughter of livestock were analysed for the period 2016-2020. It has been found that digestive diseases of bacterial etiology are prevalent both in young cattle (53.7% to 61.4%) and in adult cattle (43.1% of the total number of diseased animals). The following pathogens were identified on the basis of bacterial tests on biological material: enteropathogenic *E. coli* (37.8% of the total number of diseased animals) and group D streptococci, *E. Faecalis* (15.1%). The rest of the herd had associated infections (19.2%) and non-contagious digestive diseases (27.9%). As a result of this monitoring, a high incidence of digestive diseases among cattle in livestock farms in the

following districts of the Trans-Baikal Territory was recorded: Akshinsky, Krasnochikoysky, Kyrinsky, Nerchinsky, Olovyaninsky, Priargunsky, Khiloksky, Shelopuginsky, Aginsky. The lowest prevalence of cattle diseases in organizations of various forms of ownership has been recorded in peasant farms in the region (6.8-10.9%). The average number of registered animals with this pathology is recorded in agricultural organizations (26.9-37.6%). A high percentage of these diseases were recorded in households (62.8%). When farms follow the organization of therapeutic and prophylactic measures, housing and feeding hygiene rules, it is possible to ensure the safety and productivity of livestock, high quality and safety of livestock products and to prevent bacterial diseases of the digestive organs.

Keywords: cattle, monitoring, diseases of the digestive system, bacterial diseases

Для цитирования: Савельева Л.Н., Бондарчук М.Л. Мониторинг болезней органов пищеварения крупного рогатого скота на территории Забайкальского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 5. С. 77–82. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-9>

For citation: Savelyeva L.N., Bondarchuk M.L. Monitoring of the bovine digestive diseases on the Transbaikal territory. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 5, no. 5, pp. 77–82. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-9>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития животноводства наиболее распространены респираторные, желудочно-кишечные болезни молодняка крупного рогатого скота (КРС). Причинами этого являются комплектование ферм «сборным поголовьем скота» из хозяйств с различной эпизоотологической ситуацией и несоблюдение нормативных показателей содержания и кормления животных. Высокая заболеваемость молодняка КРС приводит к вынужденному убою и гибели значительного числа животных, к снижению живой массы, что тормозит развитие животноводства [1, 2].

Массовые гастроэнтериты животных, в частности новорожденного молодняка, относят к факторным ассоциативным инфекциям, этиологически обусловленными вирусами, бактериями, простейшими и грибами. Данные заболевания носят эпизоотический характер и отличаются стационарностью, повсеместным распространением и наличием потенциально вирулентных свойств микробных ассоциаций [3–5].

Статистические и научные данные позволяют рассматривать большинство желудочно-кишечных болезней животных как

инфекционные заболевания. Их вызывают вирусы (корона-, рота-, энтеровирусы), бактерии (эшерихии, клостридии, сальмонеллы и др.), простейшие, гельминты (трихоцефалы, стронгилоиды и др.). Также встречаются гастроэнтериты неинфекционной этиологии [2, 5].

Особенности этиопатогенеза, клинического проявления и течения заболевания определяются взаимодействием макро- и микроорганизмов, характером ассоциаций, вирулентность которых повышается на фоне неблагоприятных факторов окружающей среды [4–6].

Кишечная микрофлора, находясь в тесной взаимосвязи с микроорганизмами, всегда реагирует на изменение условий содержания, кормления, на наличие патологического процесса. Любое воздействие, вызванное плохими гигиеническими условиями внутри производственных помещений, неправильным переходом на новый рацион или стрессом, способно существенно повлиять на экосистему желудочно-кишечного тракта телят [6–10]. В связи с этим вопрос заболеваний органов пищеварения бактериальной этиологии остается актуальным.

Цель исследований – провести мониторинг болезней органов пищеварения бакте-

риальной этиологии среди крупного рогатого скота на территории Забайкальского края.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал исследований – крупный рогатый скот с признаками заболеваний желудочно-кишечного тракта (в том числе молодняк) из 10 районов Забайкальского края (Агинский, Акшинский, Красночикойский, Кыринский, Нерчинский, Оловянинский, Приаргунский, Хилокский, Читинский, Шелопугинский). При мониторинге учитывали клинико-эпизоотологические, статистические данные зарегистрированных заболевших животных в хозяйствах, данные ветеринарной отчетности (форма № 2 – вет)¹, результаты лабораторных исследований. Для уточнения диагноза проводили отбор проб и исследование биологического материала (фекалии, кровь) от взрослого крупного рогатого скота и телят. Лабораторные исследования проводили в лаборатории лабораторно-аналитических исследований Научно-исследовательского института ветеринарии Восточной Сибири – филиала Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук (НИИВ Восточной Сибири – филиал СФНЦА РАН) и ГУ Краевой ветеринарной лаборатории. Бактериологические и биохимические ис-

следования проведены в соответствии с утвержденной нормативной документацией².

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате анализа данных обследованного поголовья животных в 10 хозяйствах Забайкальского края лидирующее место занимают болезни органов пищеварения. В связи с этим нами учтены данные зарегистрированных больных, численности павшего и вынужденно убитого крупного рогатого скота, в том числе молодняка.

Отмечено уменьшение числа заболевших и павших животных от болезней органов пищеварения за 5-летний период по отношению к 2020 г. Эти показатели снижаются у КРС на 21,8 и 66,3% соответственно (см. таблицу). У молодняка показатель заболеваемости составил 33,4%, уровень падежа уменьшился на 66,3% от общего числа больных животных с данной патологией.

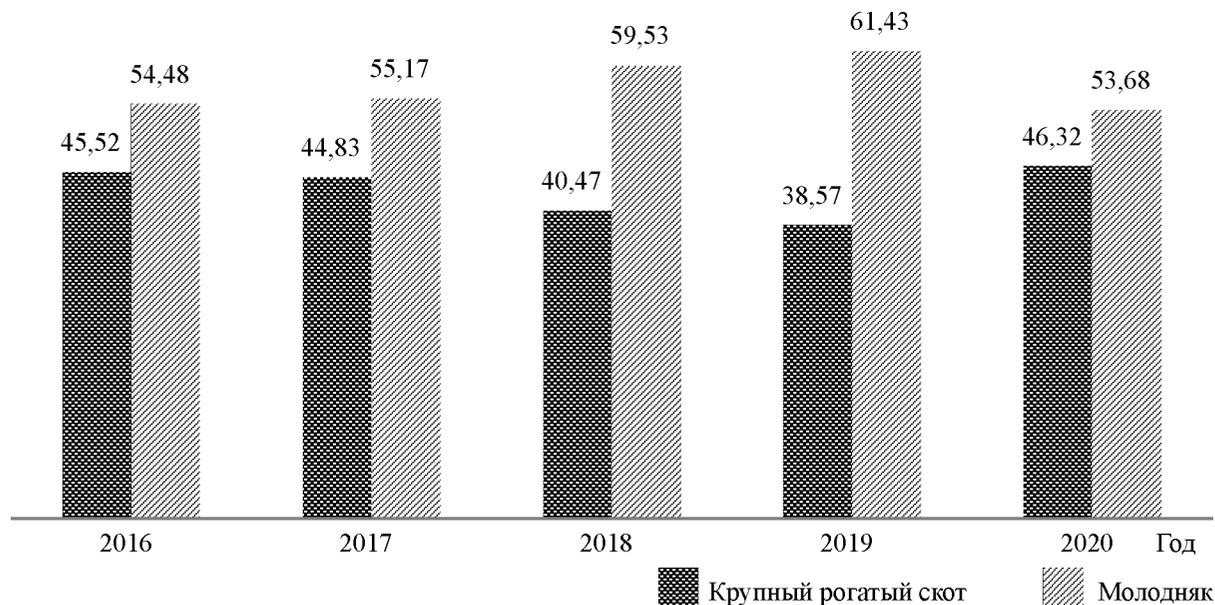
Для выяснения причин и факторов развития желудочно-кишечных болезней у КРС, таких как колибактериоз, сальмонеллез, стрептококкоз и других, проведен анализ лабораторных исследований за 2016–2020 гг. На рисунке представлены данные исследованных животных с болезнями органов пищеварения бактериальной этиологии в процентах от общего поголовья заболевшего

Данные об исследованных больных животных с болезнями органов пищеварения за 2016–2020 гг.
Data on the studied sick animals with diseases of the digestive system for 2016–2020

Год	Зарегистрировано больных животных первично, гол.		Из числа зарегистрированных больных пало и вынужденно забито, гол.			
	крупного рогатого скота	молодняка	крупного рогатого скота		молодняка	
			пало	вынужденно забито	пало	вынужденно забито
2016	4577	2490	300	64	169	6
2017	4209	1887	186	77	102	0
2018	4127	1670	240	35	134	0
2019	3900	1504	178	48	85	5
2020	3578	1657	95	43	39	0

¹Ветеринарная отчетность форма № 2 – вет «Сведения о незаразных болезнях животных» 2016–2020 гг.

²МУ 4.22723-10 и МУ по бактериологической диагностике колибактериоза (эшерихиоза) животных, утв. Департаментом ветеринарии МСХ и П РФ №13-7-2/2117 27.07.00. М., 2000. 54 с.



Динамика зарегистрированных болезней органов пищеварения бактериальной этиологии среди крупного рогатого скота, 2016–2020 гг., %

Dynamics of reported digestive diseases of bacterial etiology among cattle from 2016–2020, %

крупного рогатого скота в регионе (за 5-летний период 29 599 гол.).

Из полученных статистических, лабораторных и научных среднегодовых данных (2016–2020 гг.) выяснено, что болезни органов пищеварения бактериальной этиологии регистрируют у молодняка КРС (от 53,7 до 61,4%) и у взрослого скота, средний показатель за 5 лет составил 43,1% от общего поголовья заболевших животных болезнями органов пищеварения.

Из биологического материала бактериологическими методами исследований энтеропатогенная кишечная палочка *E. coli* выделена у 37,8% поголовья, стрептококки группы «D»-*E. Faecalis* – у 15,1%, у остального поголовья зарегистрированы ассоциативные формы инфекций (19,2%) и незаразные формы болезней органов пищеварения (27,9%).

В результате проведенного мониторинга отмечен высокий уровень заболеваемости среди крупного рогатого в животноводческих хозяйствах следующих районов Забайкальского края: Акшинский, Красночикойский, Кыринский, Нерчинский, Оловянинский, Приаргунский, Хилокский, Шелопугинский, Агинский.

Анализ клинических и лабораторных данных показал, что заболеваемость гастроэнтеритами новорожденных телят колеблется от единичных случаев до 15–30%, летальность достигает 40–60% от числа заболевших, кроме того, для переболевших животных характерно снижение мясной продуктивности в пределах 10–18%.

В абсолютных цифрах потери от заболеваний органов желудочно-кишечного тракта в 2016 г. составили 2465 гол., в 2017 и 2020 гг. – 2008 и 1826 гол. соответственно. В 2020 г. по отношению к 2016 г. в хозяйствах населения уровень болезней органов пищеварения у молодняка КРС увеличился на 6,5% и составил 55,7–62,8% от общего поголовья заболевшего КРС.

Наименьший процент заболевшего КРС болезнями органов пищеварения отмечен в фермерских хозяйствах края (6,8–10,9%). Средние показатели по численности зарегистрированных животных с данной патологией отмечены в сельскохозяйственных организациях (26,9–37,6%), наиболее часто встречаются данные заболевания в хозяйствах населения (62,8%).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным мониторинга болезней органов пищеварения среди крупного рогатого скота в ряде хозяйств разных форм собственности Забайкальского края минимальный уровень заболеваемости отмечен в крестьянско-фермерских хозяйствах (6,8–10,9%). Средние показатели численности зарегистрированных животных с данной патологией отмечены в сельскохозяйственных организациях (26,9–37,6%). Высокий процент данных заболеваний зарегистрирован в хозяйствах населения (62,8%).

При бактериальной диагностике биологического материала энтеропатогенная кишечная палочка *E. coli* выделена у 37,8% поголовья, стрептококки группы «D»-*E. Faecalis* – у 15,1%, у остального поголовья КРС (47,1%) регистрируются ассоциативные формы инфекций и незаразные формы болезней органов пищеварения. Выполнение в скотоводческих хозяйствах лечебно-профилактических мероприятий, правил гигиены содержания и кормления обеспечивает сохранность и продуктивность скота, высокое качество и безопасность продукции скотоводства, профилактику бактериальных заболеваний органов пищеварения животных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гумеров В.Г. Диагностика и специфическая профилактика респираторных и желудочно-кишечных инфекций крупного рогатого скота: монография. Казань: Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана, 2016. 278 с.
2. Желябовская Д.А., Шульга И.С., Остякова М.Е., Силенко В.А. Распространенность заболеваний органов пищеварения крупного рогатого скота и его молодняка в Амурской области // ФГБНУ Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт. 2019. № 49. С. 64–68.
3. Макаров В.В., Святковский А.В., Кузьмин В.А. Эпизоотологический метод исследования. СПб.: Лань, 2009. 224 с.
4. Тамбиев Т.С., Тазаян А.Н., Бывайлов В.П., Кошляк В.В., Малышева Л.А. Характеристика эпизоотического процесса при смешанных желудочно-кишечных инфекциях

бактериальной этиологии в Ростовской области // Ветеринарная патология. 2015. № 3 (53). С. 5–10.

5. Савельева Л.Н., Бондарчук М.Л., Куделко А.А. Применение нового фитопрепарата при желудочно-кишечных расстройствах поросят // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. № 5. С. 56–61. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-5-6.
6. Савельева Л.Н., Бондарчук М.Л., Куделко А.А. Этиологические факторы острых расстройств желудочно-кишечного тракта у свиней на территории Забайкальского края // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 3 (43). С. 142–146.
7. Усикова Т.И. Этиология болезней желудочно-кишечного тракта молодняка крупного рогатого скота // Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова. 2018. № 1. С. 88–91.
8. Acres S.D. Enterotoxigenic *Escherichia coli* infections in newborn calves // Journal of Dairy Science. 1985. Vol. 68. N 1. P. 229–256.
9. Baldwin R.L. Modeling ruminant digestion and metabolism. London, New York: Chapman and Hall, 1995. 578 p.
10. Foster D.M., Geof W.S. Pathophysiology of Diarrhea in Calves. Veterinary Clinics of North America // Food Animal Practice. 2009. N 25. P. 13–36.

REFERENCES

1. Gumerov V.G. Diagnosis and specific prevention of respiratory and gastrointestinal infections in cattle: a monograph. *Kazanskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny im. N.E. Bauman* = Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman, 2016, 278 p. (In Russian).
2. Zhelyabovskaya D.A., Shul'ga I.S., Ostyakova M.E., Silenko V.A. Prevalence of digestive diseases in cattle and their young in the Amur region. *FGBNU Dal'nevostochnyi zonal'nyi nauchno-issledovatel'skii veterinarnyi institut* = Far Eastern Zonal Veterinary Scientific Research Institute, 2019, no. 49, pp. 64–68. (In Russian).
3. Makarov V.V., Svyatkovskii A.V., Kuz'min V.A. *Epizootological research method*. St. Petersburg, Lan', 2009, 224 p. (In Russian).
4. Tambiev T.S., Tazayan A.N., Byvailov V.P., Koshlyak V.V., Malysheva L.A. Characteristics of the epizootic process in mixed gastrointesti-

- nal infections of bacterial etiology in the Rostov region. *Veterinarnaya patologiya = Veterinary pathology*, 2015, no. 3 (53), pp. 5–10. (In Russian).
5. Savel'eva L.N., Bondarchuk M.L., Kudelko A.A. Application of a new phytopreparation for gastrointestinal disorders in piglets. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, no. 5, pp. 56–61. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2020-5-6.
 6. Savel'eva L.N., Bondarchuk M.L., Kudelko A.A. Etiological factors of acute gastrointestinal disorders in pigs on the Trans-Baikal Territory. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*, 2017, no. 3 (43), pp. 142–146. (In Russian).
 7. Usikova T.I. Англоязычное название статьи. Etiology of gastrointestinal diseases in young cattle. *Khakasskii gosudarstvennyi universitet im. N.F. Katanova = Khakas State University named after N.F. Katanov*, 2018, no. 1, pp. 88–91. (In Russian).
 8. Acres S.D. Enterotoxigenic *Escherichia coli* infections in newborn calves. *Journal of Dairy Science*, 1985, vol. 68, no. 1, pp. 229–256.
 9. Baldwin R.L. *Modeling ruminant digestion and metabolism*. London, New York, Chapman and Hall, 1995, 578 p.
 10. Foster D.M., Geof W.S. Pathophysiology of Diarrhea in Calves. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 2009, no. 25, pp. 13–36.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Савельева Л.Н.**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 672010, Забайкальский край, г. Чита, ул. Кирова, 49; e-mail: luba.saveleva@mail.ru

Бондарчук М.Л., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Lubov N. Savel'eva**, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher; **address:** 49, Kirova St., Chita, 672010, the Trans-Baikal Territory, Russia; e-mail: luba.saveleva@mail.ru

Maria L. Bondarchuk, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 22.07.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 06.10.2021
Дата публикации / Published 25.11.2021

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКТОРА НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЛЕГКИХ ГЕРЕФОРДСКОГО СКОТА

✉ Нарожных К.Н.

Новосибирский государственный аграрный университет

Новосибирск, Россия

✉ e-mail: nkn.88@mail.ru

Изучена проблема загрязнения пищи тяжелыми металлами из-за накопления их в биосистемах вследствие антропогенных воздействий. Представлены результаты исследования содержания кадмия, свинца, железа и марганца у крупного рогатого скота из Новосибирской области и Алтайского края. Цель исследования – оценить влияние эколого-географического фактора на содержание тяжелых металлов в легких бычков герефордской породы. Пробы легких взяты от 31 клинически здорового бычка герефордской породы в возрасте 16–18 мес. Пробоподготовка осуществлена в соответствии с ГОСТами 26929–94 и 30178–96. Определение химического состава проб проведено методом атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной и электротермической атомизацией. Медианные значения по содержанию кадмия, свинца, железа и марганца в легких бычков находились в диапазоне 0,01–0,12; 0,07–0,11; 70,9–89,1 и 0,3–0,4 мг/кг соответственно. Фенотипическая изменчивость уровня железа и марганца отмечена относительно низкой, свинца и кадмия – высокой. Дисперсии уровней свинца и кадмия в изученных группах животных зарегистрированы однородными, марганца и железа варианты были разнородными. Влияние эколого-географического фактора характерно только для уровня кадмия. Для марганца, железа, свинца и кадмия рассчитаны референтные интервалы: 0–1,12; 0–148,1 и 0–0,170 мг/кг соответственно. Они могут служить ориентировочной нормой для скота герефордской породы, разводимого на территориях Красноярского, Новосибирского, Маслянинского районов Новосибирской области и Целинного района Алтайского края.

Ключевые слова: герефордская порода, легкие, тяжелые металлы, кадмий, свинец, экология

INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL AND GEOGRAPHICAL FACTOR ON THE HEAVY METAL CONTENT IN THE LUNGS OF HEREFORD CATTLE

✉ Narozhnykh K.N.

Novosibirsk State Agrarian University

Novosibirsk, Russia

✉ e-mail: nkn.88@mail.ru

The problem of food contamination by heavy metals due to their accumulation in biosystems as a result of anthropogenic influences has been studied. The results of cadmium, lead, iron and manganese in cattle from the Novosibirsk Region and the Altai Territory are presented. The purpose of the study was to assess the impact of the ecological and geographical factor on the heavy metal content in the lungs of Hereford bulls. Lung samples were taken from 31 clinically healthy Hereford bulls aged 16-18 months. Sample preparation was carried out in accordance with GOST 26929-94 and 30178-96. The chemical composition of the samples was determined by atomic absorption spectrometry with flame and electrothermal atomization. The median values of the content of cadmium, lead, iron and manganese in the lungs of bull-calf were in the range of 0,01-0,12; 0,07-0,11; 70,9-89,1 and 0,3-0,4 mg/kg. The phenotypic variability of the level of iron and manganese was relatively low, while that of lead and cadmium was high. The dispersions of lead and cadmium levels in the animal groups studied were homogeneous, manganese and iron variants were heterogeneous. The influence of the ecological and geographical factor is characteristic only for cadmium levels. For manganese, iron, lead and cadmium the calculated reference ranges

are: 0-1.12; 0-148.1 and 0-0.170 mg/kg respectively. They can serve as a guideline for Hereford cattle bred in the territories of Krasnozersky, Novosibirsky and Maslyaninsky districts of the Novosibirsk region and the Tselinny district of the Altai Territory.

Keywords: Hereford breed, lungs, heavy metals, cadmium, lead, ecology

Для цитирования: Нарожных К.Н. Влияние эколого-географического фактора на содержание тяжелых металлов в легких герефордского скота // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 5. С. 83–90. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-10>

For citation: Narozhnykh K.N. Influence of environmental and geographical factor on the heavy metal content in the lungs of Hereford cattle. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 5, pp. 83–90. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-10>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Продукция животноводства – важная составляющая рациона человека. Помимо высокого содержания белка и низкого – углеводов, продукты мясной промышленности богаты биодоступными незаменимыми микроэлементами, аминокислотами и витаминами [1, 2]. В отличие от других продуктов мясо и субпродукты могут накапливать большое количество токсичных элементов [3–5]. Концентрация тяжелых металлов в мясе и субпродуктах зависит от системы животноводства [6]. При выращивании в технологии интенсификации скотоводства микроэлементы поступают в организм животных в основном в виде премиксов, которые добавляют в концентрированный корм. Кроме того, потребление минералов скотом зависит от местных условий окружающей среды [7–9]. Почва представляет собой важный источник микроэлементов, которые переходят в растения и по пищевой цепи попадают в организм животных и человека [10, 11]. При выращивании на крупных комплексах скота необходим контроль за концентрацией токсичных и основных микроэлементов в органах животных [4, 12, 13]. Это необходимо для того, чтобы в продуктах питания тяжелые металлы не превышали максимальные показатели, установленные для потребления человеком. Результаты исследований применяют для обеспечения сбалансированного питания животных с целью повышения продуктивности и увеличения хозяйственно полезного использования [14]. Данные

о содержании тяжелых металлов в органах и тканях животных дают важную информацию о загрязнении окружающей среды (естественного или антропогенного происхождения) и могут использоваться для минимизации воздействия животноводства на окружающую среду [15, 16].

Цель исследования – оценить влияние эколого-географического фактора на содержание тяжелых металлов, определить референтные интервалы в легких бычков герефордской породы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Пробы легких отобраны от 31 бычка герефордской породы в возрасте 16–18 мес, выращенных на территории Новосибирской области и Алтайского края. Животные разведены в четырех районах: Краснозерском ($n = 4$), Новосибирском ($n = 6$), Маслянинском ($n = 17$) и Целинном ($n = 4$). В анамнезе животных отсутствуют данные о перенесенных заболеваниях, на момент убоя они были клинически здоровы. Отбор проб осуществлен после забоя скота с последующей заморозкой и хранением при температуре $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ до момента анализа.

Определение химического состава тканей легких проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной (Mn, Fe) и электротермической (Cd, Pb) атомизацией на спектрометре Shimadzu AA-7000 на базе биохимической лаборатории Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животно-

водства Сибирского федерального научного центра агроботехнологий Российской академии наук. Пробоподготовку осуществляли в соответствии с ГОСТами 26929-94 и 30178-96.

В связи с небольшим объемом выборки в группах рассчитаны робастные показатели описательной статистики: медиана (Me), первая и третья квартили (Q_1 , Q_3), межквартильный размах (IQR), минимальное и максимальное значение признака (Min, Max). Гомогенность дисперсий оценивали с помощью критерия Флигнера-Килина. Для выявления различий между районами по концентрации тяжелых металлов в легких быков применяли тест Краскела-Уоллисла [17]. Апостериорный анализ выполняли с применением теста Данна [18] с поправкой Холма [19]. Референтные интервалы рассчитывали на основе руководства по обеспечению качества и лабораторных стандартов Американского общества ветеринарной клинической патологии [20] с учетом протоколов экспертов Института клинических и лабораторных стандартов (CLSI)¹. Статистическую обработку исходных данных проводили с использованием языка статистического про-

граммирования R и среды анализа данных RStudio, версии 1.2.5033.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Показатели описательной статистики по содержанию тяжелых металлов в легких герефордского скота с учетом района разведения представлены в табл. 1. Отмечена значительная вариабельность уровня железа и марганца у скота в Маслянинском районе. Межгрупповая фенотипическая изменчивость уровня кадмия зафиксирована относительно низкой, у свинца – высокой. Концентрация кадмия и свинца в легочной ткани животных в целом была сопоставимой.

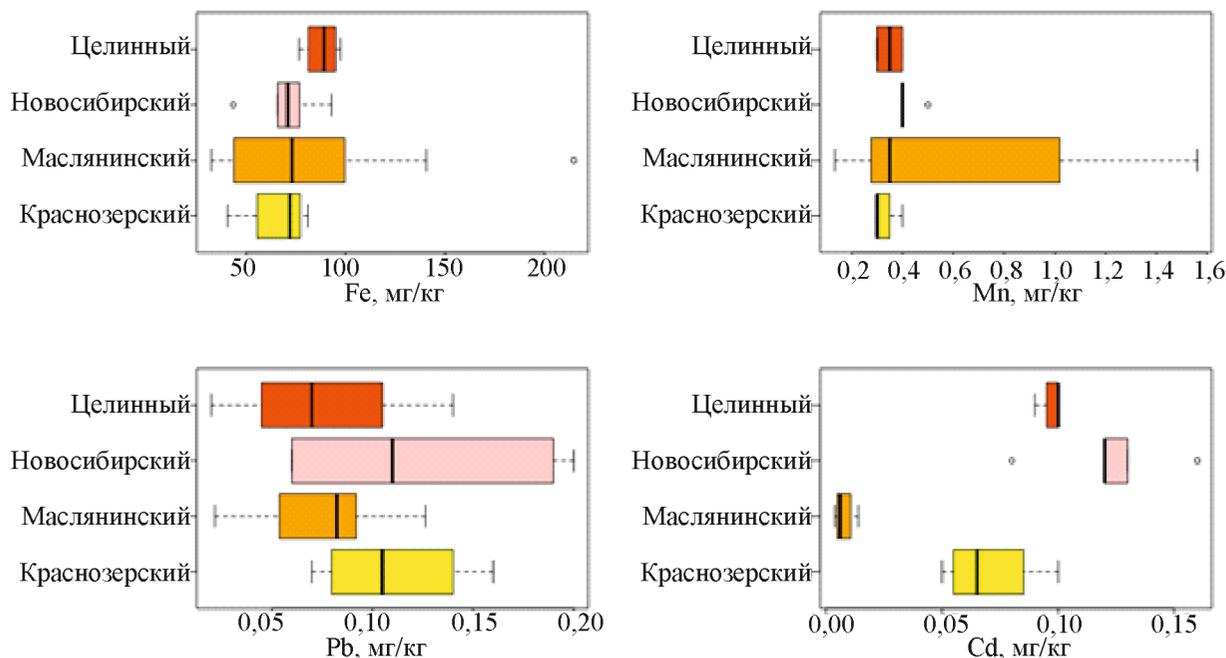
Концентрация тяжелых металлов зарегистрирована достаточно равномерной в изученных районах (см. рисунок). Только уровень кадмия обладал достаточно высокой межгрупповой изменчивостью. Так, уровень кадмия в Маслянинском районе был более чем в 10 раз ниже относительно других районов. Концентрация тяжелых металлов в легких крупного рогатого скота в настоящее время недостаточно изучена. Возможно, это связано с тем, что уровни многих микроэлементов не нормируются

Табл. 1. Содержание ТМ в легких быков герефордской породы, мг/кг

Table 1. The content of heavy metals in the lungs of Hereford bulls, mg/kg

Показатель	Район	Me	Min	Max	Q_1	Q_3	IQR
Fe	Краснозерский	71,9	40,6	81	53	77,9	24,9
Fe	Маслянинский	73	32,4	214,7	42,2	104	61,8
Fe	Новосибирский	70,9	43,6	93,1	64	78,3	14,4
Fe	Целинный	89,1	76,7	97,4	80,5	95,3	14,7
Mn	Краснозерский	0,3	0,3	0,4	0,3	0,36	0,06
Mn	Маслянинский	0,35	0,13	1,56	0,27	1,03	0,76
Mn	Новосибирский	0,4	0,4	0,5	0,4	0,41	0,01
Mn	Целинный	0,35	0,3	0,4	0,3	0,4	0,1
Pb	Краснозерский	0,11	0,07	0,16	0,08	0,14	0,07
Pb	Маслянинский	0,08	0,02	0,13	0,05	0,09	0,04
Pb	Новосибирский	0,11	0,06	0,2	0,06	0,19	0,13
Pb	Целинный	0,07	0,02	0,14	0,04	0,11	0,07
Cd	Краснозерский	0,07	0,05	0,1	0,05	0,09	0,03
Cd	Маслянинский	0,01	0,004	0,014	0,005	0,01	0,005
Cd	Новосибирский	0,12	0,08	0,16	0,11	0,14	0,03
Cd	Целинный	0,1	0,09	0,1	0,09	0,1	0,01

¹Defining, establishing, and verifying reference intervals in the clinical laboratory – 3th ed. CLSI Document C28-A3c. Approved guideline – Wayne, Pa, USA: CLSI, 2010. 59 p.



Содержание тяжелых металлов в легких герефордского скота по районам разведения
The content of heavy metals in the lungs of Hereford cattle by breeding area

в легких. Кроме того, легкие не являются широко употребляемым в пищу органом. Тем не менее, существуют работы, где изучалась аккумуляция тяжелых металлов в легких животных.

Показатели свинца в аналогичных исследованиях [21–23] были в 2–8 раз выше, чем в нашей работе. Минимальный уровень свинца (0,004 мг/кг) установлен в пробах легких телят, выращенных на фермах в Италии. Такая значительная разница между нашими и приведенными исследованиями может быть объяснима только ранним возрастом животных, от которых были взяты образцы [24]. По-видимому, свинец с возрастом значительно аккумулируется, и разница между молодыми и зрелыми животными может быть существенной. Уровень кадмия в нашей работе сопоставим с данными ранее изученных проб легких крупного рогатого скота [22]. В работе А.А. Farmer и А.М. Farmer [23] показано, что концентрация этого элемента в легких скота может варьировать в широком диапазоне от 0,02 до 0,33 мг/кг в зависимости от района разведения. В нашей работе кадмий

также показал наибольшую межгрупповую изменчивость в зависимости от места разведения. Для выявления влияния эколого-географического фактора необходимо было провести однофакторный дисперсионный анализ. Исходные данные проверены на выполнение условий анализа. В результате теста Флигнера-Килина можно отклонить нулевую гипотезу о гомоскедастичности дисперсий для концентрации марганца и железа (см. табл. 2). Межгрупповые дисперсии поллютантов кадмия и свинца были однородны. Оценка распределения признаков

Табл. 2. Оценка гомоскедастичности дисперсий тяжелых металлов в легких скота методом Флигнера-Килина

Table 2. Evaluation of the homoscedasticity of dispersions of heavy metals in cattle lungs by the Fligner-Kilin method

ТМ	χ^2	df	p
Кадмий	6,9092	3	0,07485
Свинец	4,1719	3	0,2435
Железо	9,0672	3	0,02841
Марганец	12,429	3	0,00605

на соответствие гауссовскому невозможна в силу малочисленности некоторых групп. Поэтому принято решение использовать тест Краскела-Уоллиса. В результате только в уровне кадмия в легких бычков установлено значимое влияние изучаемого фактора, во всех остальных случаях различия носили случайный характер (см. табл. 3).

Апостериорный анализ показал, что животные, выращенные в Маслянинском районе, существенно отличались по уровню кадмия в легких от скота из других районов Новосибирской области и Алтайского края (см. табл. 4). Возможно, данные

Табл. 3. Влияние фактора районирования на уровень тяжелых металлов в легких животных герефордской породы

Table 3. The influence of the zoning factor on the level of heavy metals in the lungs of Hereford breed animals

Переменные	<i>H</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
Кадмий-Район	21,513	3	0,0001
Свинец-Район	4,6744	3	0,1972
Железо-Район	2,2547	3	0,5213
Марганец-Район	3,3696	3	0,3381

Табл. 4. Межгрупповое сравнение районов по содержанию кадмия в легких герефордского скота

Table 4. Intergroup comparison of areas by the content of cadmium in the lungs of Hereford cattle

Район	Показатель	Краснозерский	Маслянинский	Новосибирский
Маслянинский	<i>Z</i>	2,379008	–	–
	<i>p</i>	0,0347		
Новосибирский	<i>Z</i>	–1,042339	–3,973060	–
	<i>p</i>	0,4459	0,0002	
Целинный	<i>Z</i>	–0,474417	–2,689774	0,461292
	<i>p</i>	0,6352	0,0179	0,3223

Примечание. *Z* – критерий; *p* – уровень значимости с учетом поправки Холма.

различия обусловлены значительной изменчивостью кадмия, которая характерна для однородных популяций крупного рогатого скота² и ограниченными выборками из районов. Необходимо продолжать мониторинг уровень кадмия у скота и выявить отдельные факторы, которые оказывают влияние на его изменчивость.

В результате эксперимента установлено, что концентрация свинца, железа и марганца однородна в популяциях скота в изученных районах. Следовательно, можно объединить животных в одну группу и рассчитать референтные интервалы. Данные по референтным интервалам концентрации тяжелых металлов в легких герефордского скота представлены в табл. 5.

Референтные значения по уровню свинца были меньше в 3 раза по нижнему интервалу, чем предложенные R. Puls [25]. Подобные отличия могут указывать на высокую изменчивость свинца в различных популяциях скота, кроме того, в исследовании R. Puls [25] не уточняются место разведения, порода, возраст и пол скота. Эти факторы следует учитывать при разработке региональных стандартов по содержанию тяжелых металлов в органах и тканях животных.

Табл. 5. Референтные интервалы с 90%-ми доверительными интервалами (ДИ) для содержания тяжелых металлов в легких герефордского скота, мг/кг

Table 5. Reference intervals with 90% confidence intervals (CI) for the content of heavy metals in the lungs of Hereford cattle, mg/kg

Показатель	Референтный интервал	Нижний предел 90% ДИ	Верхний предел 90% ДИ
Mn	0–1,12	0–0	0,879–1,421
Fe	0–148,1	0–18,59	124,0–190,8
Pb	0–0,170	0–0,009	0,145–0,204

²Petukhov V.L., Syso A.I., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Sebezshko O.I., Kamaldinov E.V., Osadchuk L.V., Soloshenko V.A., Myadelets M.A., Titova T.V., Tsygankova A.R., Saprykin A.I. Cadmium level in soil, coarse fodder, organs and tissue of cattle West Siberia // 18th International Conference on Heavy Metals in the Environment: Proceeding of Abstract, 12-15 September 2016. Ghent, Belgium, 2016. S10-P07.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования установлено существенное влияние эколого-географического фактора на содержание кадмия в легких бычков герефордской породы. В Маслянинском районе уровень кадмия у герефордского скота в 7–12 раз ниже, чем в Новосибирском, Краснозерском и Целинном районах. Не выявлено различий между показателями содержания железа, марганца и свинца в легких животных изученных районов. Фенотипическая изменчивость уровня кадмия в легких значительно выше, чем у других тяжелых металлов. Полученные референтные значения содержания железа, марганца и свинца в легких могут служить условной нормой для герефордского скота, разводимого на территориях Краснозерского, Новосибирского, Маслянинского районов Новосибирской области и Целинного района Алтайского края.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Domaradzki P., Florek M., Staszowska A., Litwińczuk Z. Evaluation of the Mineral Concentration in Beef from Polish Native Cattle // *Biological trace element research*. 2016. Vol. 171, P. 328–332. DOI: 10.1007/s12011-015-0549-3.
2. Pilarczyk R. Concentrations of toxic and nutritional essential elements in meat from different beef breeds reared under intensive production systems // *Biological trace element research*. 2014. Vol. 158. N 1. P. 36–44.
3. Akawu B., Junaidu A.U., Salihu M.D., Agaie B.M. Determination of some heavy metals residues in slaughtered cattle at Sokoto and Gusau modern abattoirs, Nigeria // *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*. 2020. Vol. 12. N 2. P. 48–54.
4. Ryavkina K.S., Konovalova T.V., Moruzi I.V., Korotkevich O.S., Sebezshko O.I., Tarasenko E.I., Narozhnykh K.N. Deposition of iron and manganese in the muscle tissue of pikeperch in the Ob reservoir // *Trace Elements and Electrolytes*. 2021. Vol. 38. N 3. P. 154.
5. Sebezshko O.I., Petukhov V.L., Shishin N.I., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Zheltikov A.I., Marenkov V.G., Nezavitin A.G., Osadchuk L.V., Chysyma R.B., Kuzmina E.E. Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the Republic of Tyva // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2017. Vol. 9. N 9. P. 1530–1535.
6. Pereira V., Miranda M., Sierra J., Benedito J.L., Lopez-Alonso M. Toxic and essential trace element concentrations in different tissues of extensively reared sheep in northern Spain // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021. Vol. 96. P. 103709.
7. Sharaf S., Khan M.U.R., Aslam A., Rabbani M. Comparative study of heavy metals residues and histopathological alterations in large ruminants from selected areas around industrial waste drain // *Pakistan Veterinary Journal*. 2019. Vol. 40. N 1. P. 55–60. DOI: 10.29261/pakvetj/2019.111.
8. Sebezshko O.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Kamaldinov E.V., Syso A.I., Marmuleva N.I., Narozhnykh K.N., Barinov E.Y., Osadchuk L.V., Sokolov V.A. Comparative assessment of radioactive strontium and cesium contents in the feedstuffs and dairy products of Western Siberia // *Indian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 44. N 3. P. 662–666.
9. Narozhnykh K.N., Sebezshko O.I., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Tarasenko E.I. Manganese content in muscles of sons of different Holstein bulls reared in Western Siberia // *Trace Elements and Electrolytes*. 2021. Vol. 38. N 3. P. 149.
10. Ali A.I.M., Sandi S., Riswandi R. Heavy metals accumulation in forages and buffalo hair on flooded pasture in South Sumatra, Indonesia // *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2021. P. 1–6. DOI: 10.1007/s13762-021-03424-w.
11. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Fedyaev J.I., Shishin N.I., Sebezshko O.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., Marenkov V.G., Osintseva L.A., Reimer V.A., Nezavitin A.G., Demetiev V.N., Osadchuk L.V., Syso A.I. Lead content in soil, water, forage, grains, organs and the muscle tissue of cattle in Western Siberia (Russia) // *Indian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 45. N 4. P. 866–871.
12. Rodriguez-Marin N., Hardisson A., Gutiérrez A.J., Luis-Gonzalez G., González-Weller D., Rubio C., Paz S. Toxic (Al, Cd, and Pb) and trace metal (B, Ba, Cu, Fe, Mn, Sr, and Zn) levels in tissues of slaughtered steers: risk assessment for the consumers // *Environmental science and pollution research*. 2019. Vol. 26. N 28. P. 28787–28795.
13. Osadchuk L.V., Kleshchev M.A., Sebezshko O.I., Korotkevich O.S., Shishin N.I., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Petukhov V.L. Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions

of the Altai Region // *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*. 2017. Vol. 31. N 1. P. 35–42.

14. Sharaf S., Aslam A., Rabbani M., Sharf A., Ijaz M., Anjum A., Hussain N. Toxicopathological effects of heavy metals from industrial drainage wastewater on vital organs of small ruminants in Lahore // *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. Vol. 28. N 3. P. 3533–3543.
15. Marshinskaia O.V., Kazakova T.V., Notova S.V. Elemental status of farm animals from different regions with different environmental loads // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 624. N 1. P. 012199.
16. Miroshnikov S., Zavyalov O., Frolov A., Sleptsov I., Sirazetdinov F., Poberukhin M. The content of toxic elements in hair of dairy cows as an indicator of productivity and elemental status of animals // *Environmental Science and Pollution Research*. 2019. Vol. 26. N 18. P. 18554–18564.
17. Kruskal W.H., Wallis A. Use of ranks in one-criterion variance analysis // *Journal of the American Statistical Association*. 1952. Vol. 47. P. 583–621.
18. Dunn O.J. Multiple comparisons using rank sums // *Technometrics*. 1964. Vol. 6. P. 241–252.
19. Holm S. A simple sequentially rejective multiple test procedure // *Scandinavian Journal of Statistics*. 1979. Vol. 6. P. 65–70.
20. Friedrichs K.R., Harr K.E., Freeman K.P., Szladovits B., Walton R.M., Barnhart K.F., Blanco-Chavez J. ASVCP reference interval guidelines: determination of de novo reference intervals in veterinary species and other related topics // *Veterinary clinical pathology*. 2012. Vol. 41. N 4. P. 441–453.
21. Omede S.N., Ichado A.S. Assessment of Heavy Metals in the Lungs, Hearts and Muscles of Cow from Abattoirs in Anyigba, Ejule and Ankpa // *International Journal for Advance Research and Development*. 2018. Vol. 3. N 2. P. 233–238.
22. Jukna C., Jukna V., Siugzdaite J. Determination of heavy metals in viscera and muscles of cattle. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*. 2006. Vol. 9. N 1. P. 35–41.
23. Farmer A.A., Farmer A.M. Concentrations of cadmium, lead and zinc in livestock feed and organs around a metal production centre in eastern Kazakhstan // *Science of the Total Environment*. 2000. Vol. 257. N 1. P. 53–60.
24. Forte G., Bocca B. Quantification of cadmium and lead in offal by SF-ICP-MS: Method development and uncertainty estimate // *Food chemistry*. 2007. Vol. 105. N 4. P. 1591–1598.
25. Puls R. Mineral Levels in Animal Health. Diagnostic data. Columbia: Sherpa International, 1988. 168 p.

REFERENCES

1. Domaradzki P., Florek M., Staszowska A., Litwińczuk Z. Evaluation of the Mineral Concentration in Beef from Polish Native Cattle. *Biological trace element research*, 2016, vol. 171, pp. 328–332. DOI: 10.1007/s12011-015-0549-3.
2. Pilarczyk R. Concentrations of toxic and nutritional essential elements in meat from different beef breeds reared under intensive production systems. *Biological trace element research*, 2014, vol. 158, no. 1, pp. 36–44.
3. Akawu B., Junaidu A.U., Salihu M.D., Agaie B.M. Determination of some heavy metals residues in slaughtered cattle at Sokoto and Gusau modern abattoirs, Nigeria. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*, 2020, vol. 12, no. 2, pp. 48–54.
4. Ryavkina K.S., Konovalova T.V., Moruzi I.V., Korotkevich O.S., Sebezshko O.I., Tarasenko E.I., Narozhnykh K.N. Deposition of iron and manganese in the muscle tissue of pikeperch in the Ob reservoir. *Trace Elements and Electrolytes*, 2021, vol. 38, no. 3, pp. 154.
5. Sebezshko O.I., Petukhov V.L., Shishin N.I., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Zheltikov A.I., Marenkov V.G., Nezavitin A.G., Osadchuk L.V., Chysyma R.B., Kuzmina E.E. Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the Republic of Tyva. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, vol. 9, no. 9, pp. 1530–1535.
6. Pereira V., Miranda M., Sierra J., Benedito J.L., Lopez-Alonso M. Toxic and essential trace element concentrations in different tissues of extensively reared sheep in northern Spain. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2021, vol. 96, pp. 103709.
7. Sharaf S., Khan M.U.R., Aslam A., Rabbani M. Comparative study of heavy metals residues and histopathological alterations in large ruminants from selected areas around industrial waste drain. *Pakistan Veterinary Journal*, 2019, vol. 40, no. 1, pp. 55–60. DOI: 10.29261/pakvetj/2019.111.
8. Sebezshko O.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Kamaldinov E.V., Syso A.I., Marmuleva N.I., Narozhnykh K.N., Barinov E.Y., Osadchuk L.V., Sokolov V.A. Comparative assessment of radioactive strontium and cesium contents in the feedstuffs and dairy products of Western Siberia. *Indian Journal of Ecology*, 2017, vol. 44, no. 3, pp. 662–666.

9. Narozhnykh K.N., Sebezhko O.I., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Tarasenko E.I. Manganese content in muscles of sons of different Holstein bulls reared in Western Siberia. *Trace Elements and Electrolytes*, 2021, vol. 38, no. 3, pp. 149.
10. Ali A.I.M., Sandi S., Riswandi R. Heavy metals accumulation in forages and buffalo hair on flooded pasture in South Sumatra, Indonesia. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2021, pp. 1–6. DOI: 10.1007/s13762-021-03424-w.
11. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Fedyayev J.I., Shishin N.I., Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., Marenkov V.G., Osintseva L.A., Reimer V.A., Nezavitin A.G., Demetiev V.N., Osadchuk L.V., Syso A.I. Lead content in soil, water, forage, grains, organs and the muscle tissue of cattle in Western Siberia (Russia). *Indian Journal of Ecology*, 2018, vol. 45, no. 4, pp. 866–871.
12. Rodriguez-Marin N., Hardisson A., Gutiérrez A.J., Luis-Gonzalez G., González-Weller D., Rubio C., Paz S. Toxic (Al, Cd, and Pb) and trace metal (B, Ba, Cu, Fe, Mn, Sr, and Zn) levels in tissues of slaughtered steers: risk assessment for the consumers. *Environmental science and pollution research*, 2019, vol. 26, no. 28, pp. 28787–28795.
13. Osadchuk L.V., Kleshchev M.A., Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Shishin N.I., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Petukhov V.L. Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai Region. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 2017, vol. 31, no. 1, pp. 35–42.
14. Sharaf S., Aslam A., Rabbani M., Sharf A., Ijaz M., Anjum A., Hussain N. Toxicopathological effects of heavy metals from industrial drainage wastewater on vital organs of small ruminants in Lahore. *Environmental Science and Pollution Research*, 2021, vol. 28, no. 3, pp. 3533–3543.
15. Marshinskaia O.V., Kazakova T.V., Notova S.V. Elemental status of farm animals from different regions with different environmental loads. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 624, no. 1, pp. 012199.
16. Miroshnikov S., Zavyalov O., Frolov A., Sleptsov I., Sirazetdinov F., Poberukhin M. The content of toxic elements in hair of dairy cows as an indicator of productivity and elemental status of animals. *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, vol. 26, no. 18, pp. 18554–18564.
17. Kruskal W.H., Wallis A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 1952, vol. 47, pp. 583–621.
18. Dunn O.J. Multiple comparisons using rank sums. *Technometrics*, 1964, vol. 6, pp. 241–252.
19. Holm S. A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scandinavian Journal of Statistics*, 1979, vol. 6, pp. 65–70.
20. Friedrichs K.R., Harr K.E., Freeman K.P., Szladovits B., Walton R.M., Barnhart K.F., Blanco-Chavez J. ASVCP reference interval guidelines: determination of de novo reference intervals in veterinary species and other related topics. *Veterinary clinical pathology*, 2012, vol. 41, no. 4, pp. 441–453.
21. Omede S.N., Ichado A.S. Assessment of Heavy Metals in the Lungs, Hearts and Muscles of Cow from Abattoirs in Anyigba, Ejule and Ankpa. *International Journal for Advance Research and Development*, 2018, vol. 3, no. 2, pp. 233–238.
22. Jukna C., Jukna V., Siugzdaite J. Determination of heavy metals in viscera and muscles of cattle. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 2006, vol. 9, no. 1, pp. 35–41.
23. Farmer A.A., Farmer A.M. Concentrations of cadmium, lead and zinc in livestock feed and organs around a metal production centre in eastern Kazakhstan. *Science of the Total Environment*, 2000, vol. 257, no. 1, pp. 53–60.
24. Forte G., Bocca B. Quantification of cadmium and lead in offal by SF-ICP-MS: Method development and uncertainty estimate. *Food chemistry*, 2007, vol. 105, no. 4, pp. 1591–1598.
25. Puls R. *Mineral Levels in Animal Health. Diagnostic data*. Columbia: Sherpa International, 1988, 168 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ Нарожных К.Н., кандидат биологических наук, заведующий лабораторией; адрес для переписки: Россия, 630039, Новосибирск, Добролюбова, 160; e-mail: nkn.88@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ Kirill N. Narozhnykh, Candidate of Science in Biology, Head of Laboratory; address: 160, Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russia; e-mail: nkn.88@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 15.07.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 08.10.2021
Дата публикации / Published 25.11.2021



ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТНОГО АЗОТА В ПОЧВЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Каличкин В.К., (✉) Лужных Т.А., Риксен В.С., Васильева Н.В., Шпак В.А.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

(✉) e-mail: tanya.luzhnykh@mail.ru

Исследованы возможности и целесообразность применения Байесовской сети доверия и логистической регрессии для прогнозирования содержания нитратного азота в слое почвы 0–40 см перед посевом. Для обучения моделей использованы данные длительного многофакторного полевого опыта Сибирского научно-исследовательского института земледелия и химизации сельского хозяйства СФНЦА РАН за 2013–2018 гг. Опыт заложен на черноземе выщелоченном на территории центрально-лесостепной подзоны в 1981 г. в Новосибирской области. Учитывая особенности статистической выборки (данных наблюдений и анализов), определены основные предикторы моделей, влияющие на содержание нитратного азота в почве. Байесовская сеть доверия построена в виде ациклического графа, в котором обозначаются главные (основные) узлы и их взаимоотношения. Узлы сети представлены качественными и количественными параметрами рабочего участка (подтип почвы, предшественник, обработка почвы, погодные условия) с соответствующими градациями (событиями). В результате заполнения экспертами таблицы условных вероятностей с учетом анализа эмпирических данных сеть присваивает апостериорную вероятность наступления событий для целевого узла (содержание нитратного азота в слое почвы 0–40 см). Для проверки устойчивости работы сети проанализированы два сценария развития событий, получены удовлетворительные показатели. В результате построения логистической регрессии получены коэффициенты, характеризующие тесноту связи между зависимой переменной и предикторами. Коэффициент детерминации логистической регрессии равен 0,7. Это свидетельствует о том, что качество модели можно считать допустимым для прогнозирования. Дана сравнительная оценка прогностических возможностей обученных моделей. Общая доля правильных прогнозов для Байесовской сети доверия составляет 84%, для логистической регрессии – 87%.

Ключевые слова: Байесовская сеть, регрессионный анализ, нитратный азот, почва

PREDICTION OF NITRATE NITROGEN CONTENT IN SOIL USING MACHINE LEARNING

Kalichkin V.K., (✉) Luzhnykh T.A., Riksen V.S., Vasilyeva N.V., Shpak V.A.

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

Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia

(✉) e-mail: tanya.luzhnykh@mail.ru

The possibilities and feasibility of using the Bayesian network of trust and logistic regression to predict the content of nitrate nitrogen in the 0–40 cm soil layer before sowing have been investigated. Data from long-term multifactor field experience at the Siberian Research Institute of Farming and Agricultural Chemization of SFSCA RAS for 2013–2018 were used to train the models. The experiment was established on leached chernozem in the central forest-steppe subzone in 1981 in the No-

vosibirsk region. Considering the characteristics of the statistical sample (observation and analysis data), the main predictors of the models affecting nitrate nitrogen content in soil were identified. The Bayesian trust network is constructed as an acyclic graph, in which the main (basic) nodes and their relationships are denoted. Network nodes are represented by qualitative and quantitative plot parameters (soil subtype, forecrop, tillage, weather conditions) with corresponding gradations (events). The network assigns a posteriori probability of events for the target node (nitrate-nitrogen content in the 0-40 cm soil layer) as a result of experts completing the conditional probability table, taking into account the analysis of empirical data. Two scenarios were analyzed to test the sustainability of the network and satisfactory results were obtained. The result of the logistic regression is the coefficients characterizing the closeness of the relationship between the dependent variable and the predictors. The coefficient of determination of the logistic regression is 0.7. This indicates that the quality of the model can be considered acceptable for forecasting. A comparative assessment of the predictive capabilities of the trained models is given. The overall proportion of correct predictions for the Bayesian confidence network is 84%, for logistic regression it is 87%.

Keywords: Bayesian network, regression analysis, nitrate nitrogen, soil

Для цитирования: Каличкин В.К., Лужных Т.А., Риксен В.С., Васильева Н.В., Шпак В.А. Прогнозирование содержания нитратного азота в почве с использованием машинного обучения // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 5. С. 91–100. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-11>

For citation: Kalichkin V.K., Luzhnykh T.A., Riksen V.S., Vasilyeva N.V., Shpak V.A. Prediction of nitrate nitrogen content in soil using machine learning. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 5, pp. 91–100. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-11>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Сельское хозяйство 4.0, как четвертый этап его эволюции, выдвигает требования к созданию и освоению современных информационных систем поддержки принятия решений с использованием комплекса цифровых технологий [1]. Предиктивная аналитика в этих системах должна занять ведущее положение, поскольку без прогнозирования трансформации условий, объектов и процессов, происходящих в сельском хозяйстве, трудно или почти невозможно принять правильное решение по его управлению [2, 3].

Как и во многих других сферах человеческой деятельности, объем информации по сельскому хозяйству постоянно увеличивается. Для адекватной оценки информации, поступающей из разнообразных источников, используют различные алгоритмы машинного обучения, позволяющие анализировать данные и помогать специалистам сельского хозяйства в решении частных задач, повышая при этом их эффективность. Применение машинного обучения в сельском хо-

зяйстве в настоящее время сопровождается массовым интересом со стороны мирового научного сообщества. В машинном обучении используются различные модели: регрессия, кластеризация, байесовские и нейронные сети, машины опорных векторов, деревья решений и др. Целесообразность применения тех или иных моделей машинного обучения определяется различными типами сельскохозяйственных данных и решаемыми задачами [4–6].

Одним из инструментов искусственного интеллекта и возможности применения в машинном обучении считаются Байесовские сети доверия (БСД). В материалах обзорной статьи [7] отмечено, что метод БСД подходит для исследований в сельском хозяйстве, так как БСД способны рассуждать с неполной информацией и включать новую информацию, а также решать задачи в условиях неопределенности с учетом причинно-следственных связей [8]. Примеры применения аппарата БСД в русскоязычных публикациях рассмотрены в медицине, экологии, риск-анализе, социологии и в других предметных

областях [9, 10], в приложении к сельскому хозяйству БСД имеют очень ограниченное применение [11].

Наиболее популярным статистическим методом, используемым для прогностического моделирования в сельском хозяйстве, является регрессионный анализ. Этот метод считается наиболее легким в использовании и понимании, позволяет исследовать взаимосвязь между зависимой (целевой) и независимой (предиктор) переменной, выявлять существенные закономерности в общем виде, определять тесноту связей исследуемых факторов [12].

Цель исследований – обучить различные модели анализа эмпирических данных, осуществить прогноз содержания нитратного азота в почве перед посевом, оценить точность прогнозных моделей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

При обучении моделей использовали данные длительного многофакторного стационарного полевого опыта СибНИИЗиХ СФНЦА РАН. Эксперимент заложен в 1981 г. на территории ОС «Элитная» – филиала СФНЦА РАН Новосибирской области в центрально-лесостепной подзоне. Данные включают результаты исследований (2013–2018 гг.) четырехпольного зернопарового севооборота (пар – пшеница – пшеница – пшеница). Опыт проведен с разными вариантами основной обработки почвы:

- вспашка (под 1-ю и 3-ю культуры на глубину 20–22 см, под 2-ю – 25–27 см);
- безотвальная обработка (безотвальное рыхление стойками СибИМЭ под 1-ю и 3-ю культуры на глубину 20–22 см, под 2-ю – 25–27 см);
- минимальная обработка (плоскорезная обработка на глубину 10–12 см под все культуры ежегодно);
- нулевая обработка (без зяблевой обработки).

Почва стационара – чернозем выщелоченный среднесуглинистого гранулометрического состава. Моделирование проводили на данных по содержанию нитратного азота в слое почвы 0–40 см перед посевом.

Обучение БСД проведено в программе Netica версия «6.07», модель логистической регрессии осуществлена в пакете модулей SPSS версия «26». При моделировании 80% данных исходной выборки использовали для обучения моделей, 20% – в качестве тестирования (прогнозирования).

Размерность уровня содержания нитратного азота в почве устанавливали в соответствии со шкалой А.Е. Кочергина.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Построение БСД. БСД – это ориентированный ациклический граф, каждой вершине которого соответствует случайная переменная, дуги графа кодируют отношения условной независимости между этими переменными. Вершины могут представлять переменные любых типов, быть взвешенными параметрами, скрытыми переменными или гипотезами [13]. БСД являются вероятностными, потому что построены на основе распределения вероятностей и используют теорию вероятностей для прогнозирования. Для обучения и работы БСД используют какие-либо данные или знания экспертов (эвристики). В основе прогнозной модели лежит формула Байеса, которая позволяет определить вероятность наступления какого-либо события при условии, что уже произошло другое взаимозависимое с ним событие.

Построение БСД начинается с определения структуры графа, в которой обозначаются главные (основные) узлы и их параметры.

Исходя из структуры данных, экспертно допускаем, что количество нитратного азота в почве находится в зависимости от погодных условий и агротехнических приемов. Тогда основные узлы сети представляются качественными и количественными параметрами рабочего участка (подтип почвы, предшественник, обработка почвы, погодные условия) с соответствующими градациями (событиями):

- подтип почвы – дискретная переменная с одной градацией – Leached chernozem (чернозем выщелоченный);
- обработка почвы с четырьмя градациями – Plowing (вспашка), No-tillage (безот-

вальная), Minimum tillage (минимальная), Zero tillage (нулевая);

– предшественник с четырьмя градациями – Fallow (пар), wheat steamed 1 (1-я пшеница по пару), wheat steamed 2 (2-я пшеница по пару), wheat steamed 3 (3-я пшеница по пару);

– погодные условия с двумя градациями – Favorable (благоприятные), Unfavorable (неблагоприятные);

– содержание нитратного азота в слое почвы 0–40 см с двумя градациями – Less 10 (меньше 10 мг/кг почвы) и More 10 (больше 10 мг/кг почвы). Данный узел является целевым.

Следующий этап работы заключался в построении ациклического графа и расста-

новках причинно-следственных связей к целевому узлу, что является необходимым условием для дальнейшего заполнения таблицы условных вероятностей (ТУВ) с учетом анализа полученных данных. Построенный граф состоит из четырех основных узлов (подтип почвы, погодные условия, предшественник, обработка почвы) и одного целевого (содержание нитратного азота). На данной стадии система задает по всем узлам равномерное распределение вероятностей (см. рис. 1).

После составления структуры графа и определения причинно-следственных связей в виде стрелок от основных узлов к целевому согласно логике модели осуществляется построение и заполнение ТУВ (см. рис. 2).

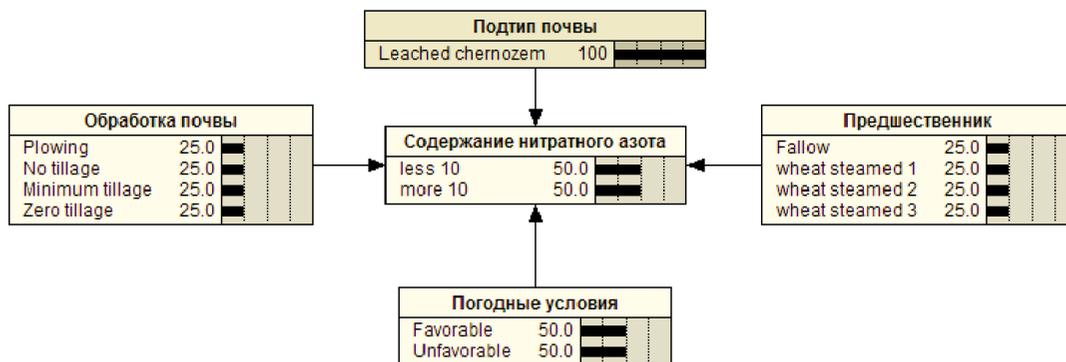


Рис. 1. Структура ациклического графа.

Fig. 1. The structure of an acyclic graph.

Netica - [E Table (in Bayes net oneta_600802021)]

File Edit Table Window Help

Node: E

Chance % Probability

B	C	A	D	less 10	more 10
Leached chernozem	Plowing	Fallow	Favorable	25	75
Leached chernozem	Plowing	Fallow	Unfavorable	31	69
Leached chernozem	Plowing	wheat steamed 1	Favorable	82	18
Leached chernozem	Plowing	wheat steamed 1	Unfavorable	87	13
Leached chernozem	Plowing	wheat steamed 2	Favorable	88	12
Leached chernozem	Plowing	wheat steamed 2	Unfavorable	90	10
Leached chernozem	Plowing	wheat steamed 3	Favorable	89	11
Leached chernozem	Plowing	wheat steamed 3	Unfavorable	92	8
Leached chernozem	No tillage	Fallow	Favorable	40	60
Leached chernozem	No tillage	Fallow	Unfavorable	45	55
Leached chernozem	No tillage	wheat steamed 1	Favorable	80	20
Leached chernozem	No tillage	wheat steamed 1	Unfavorable	85	15
Leached chernozem	No tillage	wheat steamed 2	Favorable	85	15
Leached chernozem	No tillage	wheat steamed 2	Unfavorable	90	10

Рис. 2. Фрагмент таблицы условных вероятностей

Fig. 2. A fragment of the conditional probability table

В ТУВ программа автоматически выстраивает возможные комбинации случайных событий основных узлов, влияющих на два события целевого узла (содержание нитратного азота – Less 10, More 10). При этом эксперты каждой комбинации случайных событий основных узлов в процентном соотношении присваивают априорную вероятность наступления каждого из двух событий целевого узла, тем самым обучают модель. Чем выше процент, тем больше доля вероятности, что произойдет данное событие. При заполнении ТУВ эксперты руководствовались не только эвристиками (знаниями по данной проблеме), но использовали эмпирические данные полевого опыта. Как только ТУВ полностью построена и заполнена, проводится компиляция БСД, после чего сеть готова к использованию.

Перед тем как дать прогноз на 2021 г. по содержанию нитратного азота в слое почвы 0–40 см, проведена тренировка сети для определения ее поведения в процессе изменения событий основных узлов и получения апостериорной вероятности целевого узла. Для этого смоделировали ситуацию (первый сценарий), при которой условия на рабочем участке складываются следующим образом: предшественник – Fallow (пар), обработка почвы – Plowing (отвальная), погодные условия – Unfavorable (неблагоприятные) (см. рис. 3).

В первом сценарии БСД прогнозирует, что с долей вероятности 69% содержание

нитратного азота в слое почвы 0–40 см будет более 10 мг/кг.

Для проверки устойчивости работы сети проведен анализ развития событий по второму сценарию (изменены события в узлах): предшественник – wheat steamed 3 (3-я пшеница по пару), обработка почвы – Zero tillage (нулевая), погодные условия – Favorable (благоприятные) (см. рис. 4).

По второму сценарию БСД прогнозирует, что с вероятностью 95% содержание нитратного азота в слое почвы 0–40 см будет менее 10 мг/кг.

Для БСД также проведен анализ чувствительности. Функция анализа чувствительности используется для определения величины и степени воздействия основных узлов на события целевого узла в порядке убывания (см. табл. 1).

Взаимная информация между двумя узлами указывает на зависимость этих узлов друг от друга. Если она существует, то насколько близки их отношения. Самый большой показатель взаимной информации получен для узла предшественник. Это значит, что узел оказывает наибольшее влияние на целевой показатель (содержание нитратного азота в слое почвы 0–40 см). Погодные условия и обработка почвы оказывают значительно меньшее влияние на целевой показатель.

Построение модели логистической регрессии. Для прогноза целевого показателя (содержание нитратного азота в слое почвы

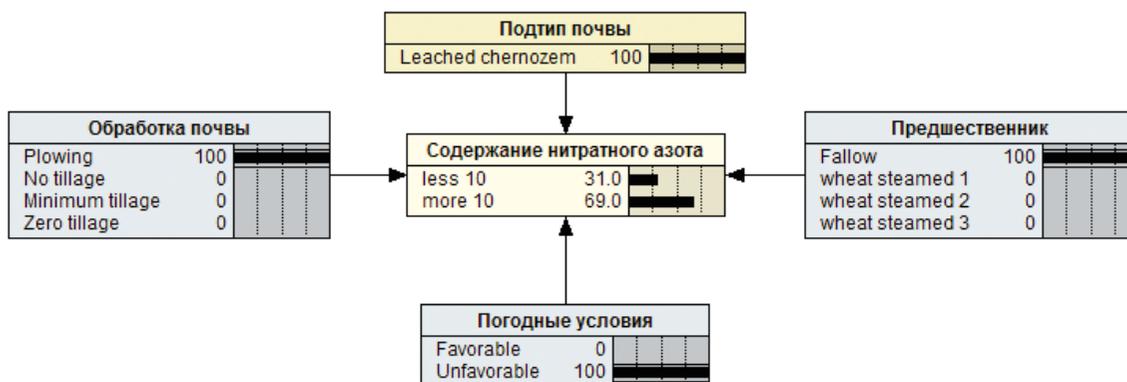


Рис. 3. Первый сценарий БСД

Fig. 3. The first DAG scenario

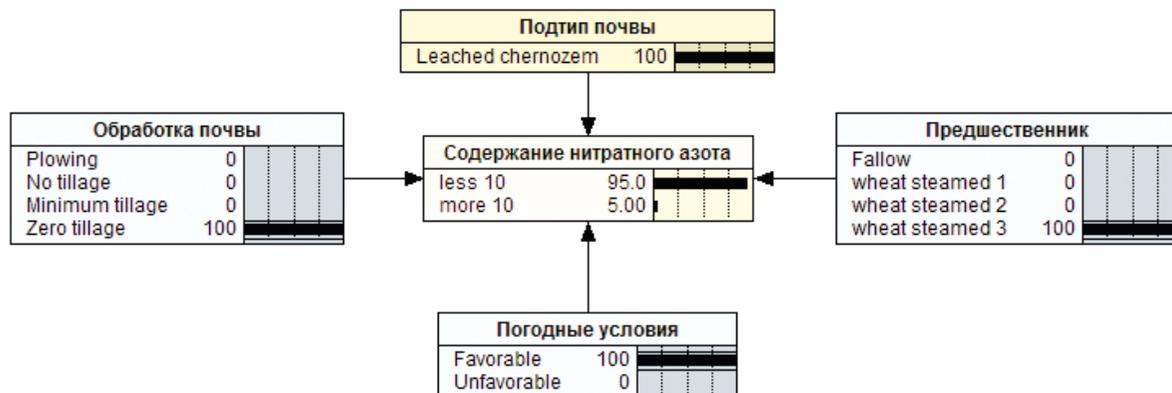


Рис. 4. Второй сценарий БСД
Fig. 4. The second DAG scenario

Табл. 1. Результаты анализа чувствительности узла содержания нитратного азота в слое почвы 0–40 см

Table 1. Results of the sensitivity analysis of the nitrate nitrogen content node in the 0–40 cm soil layer

Узел	Взаимная информация	Процент	Дисперсия убеждений
Предшественник	0,308	33,9	0,08366
Погодные условия	0,00174	0,204	0,00048
Обработка почвы	0,00084	0,0987	0,0002322
Подтип почвы	0	0	0

0–40 см) исследовали связь этого показателя (зависимая переменная) от следующих независимых переменных (факторов): предшественник, способ обработки почвы, погодные условия (осадки за апрель – май и сентябрь, среднемесячная температура воздуха за эти же месяцы).

Зависимую переменную можно классифицировать в качестве категориальной, когда значения содержания нитратного азота в слое почвы 0–40 см принимают вид – Less 10 и More 10. В этом случае требуемую зависимость можно получить с использованием модели логистической регрессии [14]. При этом одна из категорий зависимой переменной становится опорной (эталонной), а другая сравнивается с ней. Независимые переменные могут быть категориальными или количественными. Уравнение логистической регрессии прогнозирует вероятность принадлежности к каждой категории за-

висимой переменной по значениям независимых переменных. Окончательный выбор предсказываемой категории для зависимой переменной производится по правилу наибольшей вероятности принадлежности.

Для получения параметров (коэффициентов) логистической регрессии были использованы данные, сформированные в виде таблицы из 72 наблюдений (строк) и 9 факторов (столбцов), включая зависимую переменную (см. рис. 5).

Число наблюдений распределено по показателю содержания нитратного азота в слое почвы 0–40 см следующим образом: Less 10 – 53, More 10 – 19. В качестве опорной выбрана категория More 10.

В табл. 2 представлены коэффициенты, полученные с помощью логистической регрессии.

На основании расчетов, проведенных с помощью логистической регрессии, можно сделать заключение о том, что наиболее сильное влияние на результирующую переменную оказывает пар в качестве предшественника. Если значимость коэффициента $P < 0,05$, то связь статистически значима. Результат $P > 0,05$ свидетельствует о том, что связь между переменными слабая или не обнаружена. Третья пшеница по пару и нулевая обработка не влияют на содержание нитратного азота в слое почвы 0–40 см.

Мерой оценки адекватности (качества) построенной логистической регрессионной модели является коэффициент псевдо R-квадрат. В данном случае полученная дис-

	Год	Предшественник	Содержание NNO3 мг/кг почвы в слое 0-40 см	Обработка почвы	Ср. темп. Сент	Осадки в мм
1	2013	3-я пшеница по пару	7,50	Вспашка	12,466666666666667	41,0
2	2013	3-я пшеница по пару	5,10	Безотвальная	12,466666666666667	41,0
3	2013	3-я пшеница по пару	5,80	Нулевая	12,466666666666667	41,0
4	2013	Пар	10,20	Вспашка	12,466666666666667	41,0
5	2013	Пар	8,90	Безотвальная	12,466666666666667	41,0
6	2013	Пар	9,60	Нулевая	12,466666666666667	41,0
7	2013	1-ая пшеница по пару	8,30	Вспашка	12,466666666666667	41,0
8	2013	1-ая пшеница по пару	9,50	Безотвальная	12,466666666666667	41,0
9	2013	1-ая пшеница по пару	5,20	Нулевая	12,466666666666667	41,0
10	2013	2-ая пшеница по пару	8,50	Вспашка	12,466666666666667	41,0
11	2013	2-ая пшеница по пару	9,10	Безотвальная	12,466666666666667	41,0
12	2013	2-ая пшеница по пару	4,40	Нулевая	12,466666666666667	41,0
13	2014	3-я пшеница по пару	11,00	Вспашка	9,400000000000000	52,0
14	2014	3-я пшеница по пару	12,40	Безотвальная	9,400000000000000	52,0
15	2014	3-я пшеница по пару	9,30	Нулевая	9,400000000000000	52,0

Рис. 5. Фрагмент таблицы данных в SPSS для построения логистической регрессии

Fig. 5. A fragment of a data table in SPSS for constructing a logistic regression

Табл. 2. Оценка параметров (коэффициентов) логистической регрессии

Table. 2. Estimation of parameters (coefficients) of logistic regression

Фактор	Коэффициент переменных	Стандартная ошибка	Значимость коэффициента (P)
Среднемесячная температура (сентябрь)	-1,7	0,6	0,007
Среднемесячное количество осадков (сентябрь)	-0,16	0,068	0,023
Среднемесячная температура (апрель – май)	-2,08	0,84	0,013
Среднемесячное количество осадков (апрель – май)	-0,22	0,076	0,003
Предшественник – пар	5,1	1,7	0,002
Предшественник – 1-я пшеница по пару	-0,613	0,8	0,48
Предшественник – 2-я пшеница по пару	-1,5	1,03	0,167
Предшественник – 3-я пшеница по пару	0	0	0
Обработка почвы – вспашка	1,03	0,81	0,27
Обработка почвы – безотвальная	-0,58	0,87	0,607
Обработка почвы – нулевая	0	0	0
Константа	55,1	19,06	0,004

персия составляет по мере Нэйджелкерка (как правило, наиболее применяемой) 70%, что свидетельствует об удовлетворительных прогностических возможностях модели.

В отличие от обычной регрессии, в модели логистической регрессии не производится предсказание значения числовой переменной на основании выборки исходных значений. Вместо этого значением функции является вероятность того, что данное исходное значение принадлежит к определенной категории.

Таким образом, в ходе исследований построены и обучены модели БСД и логистической регрессии, прогнозирующие содержание нитратного азота в слое почвы 0–40 см чернозема выщелоченного перед посевом. Прогноз на 2021 г. осуществлен для вариантов опыта, представленных в табл. 3. Погодные условия данного года были неблагоприятными.

Прогнозом, осуществленным с помощью БСД, накопление нитратного азота в слое почвы 0–40 см по паровому предшествен-

нику во всех вариантах показано больше 10 мг/кг (по вспашке с долей вероятности 69%, по безотвальной обработке – 55, по нулевой обработке – 65%). По всем остальным вариантам прогнозируется содержание нитратного азота меньше 10 мг/кг. В отличие от БСД, прогнозом логистической регрессии показано содержание нитратного азота в слое почвы 0–40 см во всех вариантах не более 10 мг/кг.

В качестве критерия оценки прогнозных моделей определена величина отклонения (погрешность) фактического содержания азота от прогнозируемого. В табл. 4, 5 представлены сравнительные прогностические способности моделей, проверенные на исходной выборке. Исходная выборка состоит из 72 наблюдений, из них 53 наблюдения – с содержанием нитратного азота Less 10 и 19 наблюдений – с содержанием нитратного азота More 10.

В БСД правильные прогнозы для категории Less 10 достигают 90%, при этом 48 на-

блюдений спрогнозировано правильно и 5 наблюдений – ошибочно (см. табл. 4).

Для категории More 10 в БСД доля правильного прогнозирования находится на уровне 68%. При этом из 19 наблюдений правильно предсказанными моделью были 13 и ошибочно – 6. По всем наблюдениям общая доля правильных прогнозов составляет 84%. Достоверность прогнозных показателей отмечена ниже, чем в логистической регрессии, но эффективность ее прогностической способности достаточно высока.

При сравнении фактических наблюдений по содержанию нитратного азота в слое почвы 0–40 см с прогнозными оценками с помощью логистической регрессии можно отметить, что полученная доля правильных прогнозов составляет 94,3% для категории Less 10 (см. табл. 5). Данная модель правильно спрогнозировала 50 наблюдений, три наблюдения были спрогнозированы ошибочно, попав в категорию More 10.

Табл. 3. Прогноз содержания нитратного азота в слое почвы 0–40 см в 2021 г.

Table 3. Forecast of nitrate nitrogen content in the 0–40 cm soil layer in 2021.

Предшественник	Обработка почвы	Содержание N-NO ₃ (прогноз по БСД), мг/кг	Содержание N-NO ₃ (прогноз логистической регрессии), мг/кг
Пар	Вспашка	More 10	Less 10
Пар	Безотвальная	More 10	Less 10
Пар	Нулевая	More 10	Less 10
1-я пшеница по пару	Вспашка	Less 10	Less 10
1-я пшеница по пару	Безотвальная	Less 10	Less 10
1-я пшеница по пару	Нулевая	Less 10	Less 10
2-я пшеница по пару	Вспашка	Less 10	Less 10
2-я пшеница по пару	Безотвальная	Less 10	Less 10
2-я пшеница по пару	Нулевая	Less 10	Less 10
3-я пшеница по пару	Вспашка	Less 10	Less 10
3-я пшеница по пару	Безотвальная	Less 10	Less 10
3-я пшеница по пару	Нулевая	Less 10	Less 10

Табл. 4. Классификационная таблица БСД

Table 4. DAG classification Table

Количество наблюдений	Предсказанные		Процент правильных прогнозов
	Less 10	More 10	
Less 10 (53)	48	5	90
More 10 (19)	6	13	68
Общая доля			84

Табл. 5. Классификационная таблица модели логистической регрессии

Table 5. Classification table of the logistic regression model

Количество наблюдений	Предсказанные		Процент правильных прогнозов
	Less 10	More 10	
Less 10 (53)	50	3	94,3
More 10 (19)	6	13	68,4
Общая доля			87

Для выборки наблюдений с содержанием нитратного азота More 10 доля правильных прогнозов составила 68,4%, из них верно спрогнозировано 13 наблюдений, неправильными были 6 прогнозов, попав в категорию Less 10. Общая доля правильных прогнозов по всем категориям составила 87%. Таким образом, учитывая небольшой объем статистической выборки и малое количество предикторов, прогностические свойства проверенных моделей можно признать удовлетворительными.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С помощью методов машинного обучения построены и обучены модели, позволяющие с допустимой достоверностью прогнозировать содержание нитратного азота перед посевом в слое почвы 0–40 см. Разница методологий заключается в том, что БСД при прогностическом моделировании позволяет проводить анализ по сценарию «что, если», может совмещать закономерности, выведенные из статистических данных и знания экспертов, полученных фактическим путем, а также способна обрабатывать неполные и разных типов данные.

В дальнейшем планируется улучшать качество работы моделей, добавляя другие предикторы, влияющие на результирующий признак, осуществлять поиск методов машинного обучения, допускающих анализ данных небольшого объема, и провести верификацию моделей на фактических данных. Рассматривается возможность использования построенных моделей для разработки экспертной системы по выбору и сопровождению агротехнологий, которая позволит грамотно принимать решения в отношении поставленных задач сельскохозяйственного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Zhai Z., Fernán J., Beltran M.V., Martínez N.L.* Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2020. Vol. 170. P. 105256. DOI: 10.1016/j.compag.2020.105256.
2. *Bendre M., Manthalkar R.* Time series decomposition and predictive analytics using MapReduce framework // *Expert Systems with Applications*. 2019. Vol. 116. P. 108–120. DOI:10.1016/j.eswa.2018.09.017.

3. *Khaki S., Wang L., Archontoulis S.V.* A cnn-rnn framework for crop yield prediction // *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 10. P. 1750. DOI: 10.3389/fpls.2019.01750.
4. *Benos L., Tagarakis A.C., Dolias G., Remigio B.* Machine Learning in Agriculture: A Comprehensive Updated Review // *Sensors*. 2021. Vol. 21. N 11. P. 3758. DOI: 10.3390/s21113758.
5. *Cravero A., Sepúlveda S.* Use and Adaptations of Machine Learning in Big Data – Applications in Real Cases in Agriculture // *Electronics*. 2021. Vol. 10. N 5. P. 552. DOI: 10.3390/electronics10050552.
6. *Paudel D., Boogaard H., Wit A. Janssen S., Osinga S., Pylianidis C., Athanasiadis I.* Machine learning for large-scale crop yield forecasting // *Agricultural Systems*. 2021. Vol. 187. P. 103016. DOI: 10.1016/j.agsy.2020.103016.
7. *Drury B., Valverde-Rebaza J., Moura M.-F., Andrade Lopes, A.* A survey of the applications of Bayesian networks in agriculture // *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2017. Vol. 65. P. 29–42. DOI: 10.1016/j.engappai.2017.07.003.
8. *Fenton N., Neil M., Lagnado D., Yet B., Constantinou A.C.* How to model mutually exclusive events based on independent causal pathways in Bayesian network models // *Knowledge-Based Systems*. 2016. Vol. 113. P. 39–50. DOI: 10.1016/j.knosys.2016.09.12.
9. *Айвазян С.А.* Байесовский подход в эконометрическом анализе // *Прикладная эконометрика*. 2008. № 1 (9). С. 93–130.
10. *Торопова А.В.* Подходы к диагностике согласованности данных в байесовских сетях доверия // *Труды СПИИРАН*. 2015. Т. 6. № 43. С. 156–178.
11. *Прищепов А.В., Понькина Е.В., Сун Ж., Мюллер Д.* Выявление детерминант урожайности пшеницы в Западной Сибири с использованием байесовских сетей // *Пространственная экономика*. 2019. Т. 15. № 1. С. 39–83. DOI: 10.14530/se.2019.1.039-083.
12. *Zvizdojevic J., Vukotic M.* Application of statistical methods in analysis of agriculture-correlation and regression analysis // *Poljoprivreda i Sumarstvo*. 2015. Vol. 61. N 1. P. 309–323. DOI: 10.17707/AgricultForest.61.1.38.
13. *Литвиненко Н.Г., Литвиненко А.Г., Мамырбаев О.Ж.* Байесовские сети. Теория и практика: монография. Алматы: Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, 2020. 197 с.
14. *Наследов А.Д.* IBM SPSS Statistics 20 и AMOS // *Профессиональный статистический анализ данных*. СПб.: Питер, 2013. 416 с.

REFERENCES

- Zhai Z., Fernán J., Beltran M.V., Martínez N.L. Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2020, vol. 170, p. 105256. DOI: 10.1016/j.compag.2020.105256.
- Bendre M., Manthalkar R. Time series decomposition and predictive analytics using MapReduce framework. *Expert Systems with Applications*, 2019, vol. 116, pp. 108–120. DOI: 10.1016/j.eswa.2018.09.017.
- Khaki S., Wang L., Archontoulis S.V. A cnn-rnn framework for crop yield prediction. *Frontiers in Plant Science*, 2020, vol. 10, p. 1750. DOI: 10.3389/fpls.2019.01750.
- Benos L., Tagarakis A.C., Dolias G., Remigio B. Machine Learning in Agriculture: A Comprehensive Updated Review. *Sensors*, 2021, vol. 21, no. 11, p. 3758. DOI: 10.3390/s21113758.
- Cravero A., Sepúlveda S. Use and Adaptations of Machine Learning in Big Data – Applications in Real Cases in Agriculture. *Electronics*, 2021, vol. 10, no. 5, p. 552. DOI: 10.3390/electronics10050552.
- Paudel D., Boogaard H., Wit A. Janssen S., Osinga S., Pylaniadis C., Athanasiadis I. Machine learning for large-scale crop yield forecasting. *Agricultural Systems*, 2021, vol. 187, p. 103016. DOI: 10.1016/j.agsy.2020.103016.
- Drury B., Valverde-Rebaza J., Moura M.-F., Andrade Lopes, A. A survey of the applications of Bayesian networks in agriculture. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2017, vol. 65, pp. 29–42. DOI: 10.1016/j.engappai.2017.07.003.
- Fenton N., Neil M., Lagnado D., Yet B., Constantinou A.C. How to model mutually exclusive events based on independent causal pathways in Bayesian network models. *Knowledge-Based Systems*, 2016, vol. 113, pp. 39–50. DOI: 10.1016/j.knosys.2016.09.12.
- Aivazyán S.A. Bayesian approach in econometric analysis. *Applied econometrics. Prikladnaya ekonometrika = Applied Econometrics*, 2008, no. 1 (9), pp. 93–130. (In Russian).
- Toropova A.V. Approaches to Diagnosing Data Consistency in Bayesian Trust Networks. *Trudy SPIIRAN = SPIIRAS Proceedings*, 2015, vol. 6, no. 43, pp. 156–178. (In Russian).
- Prishchepov A.V., Pon'kina E.V., Sun Zh., Myuller D. Identification of determinants of wheat yield in Western Siberia using Bayesian networks. *Prostranstvennaya ekonomika = Spatial Economics*, 2019, vol. 15, no. 1, pp. 39–83. (In Russian). DOI: 10.14530/se.2019.1.039-083.
- Zvizdojevic J., Vukotic M. Application of statistical methods in analysis of agriculture-correlation and regression analysis. *Poljoprivreda i Sumarstvo*, 2015, vol. 61, no. 1, pp. 309–323. DOI: 10.17707/AgriculfForest.61.1.38.
- Litvinenko N.G., Litvinenko A.G., Mamyrbayev O.Zh. Bayesian networks. *Theory and practice*. Almaty: Institute of Information and Computational Technologies, CS MES RK, 2020, p. 197. (In Russian).
- Nasledov A.D. IBM SPSS Statistics 20 and AMOS. *Professionalny Statistichesky analiz danih = Professional statistical data analysis*, St. Petersburg, Piter, 2013, p. 416. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Каличкин В.К., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник; e-mail: vk.kalichkin@gmail.com

✉ **Лужных Т.А.**, младший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: tanya.luzhnykh@mail.ru

Риксен В.С., младший научный сотрудник; e-mail: riclog@mail.ru

Васильева Н.В., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; e-mail: vasileva_nv@prometeus.sbras.ru

Шпак В.А., кандидат физико-математических наук, научный сотрудник; e-mail: shpakva54@gmail.com

AUTHOR INFORMATION

Vladimir K. Kalichkin, Doctor of Science in Agriculture, Professor, Head Researcher; e-mail: vk.kalichkin@gmail.com

✉ **Tatyana A. Luzhnykh**, Junior Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: tanya.luzhnykh@mail.ru

Vera S. Riksen, Junior Researcher; e-mail: riclog@mail.ru

Nadezhda V. Vasilyeva, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; e-mail: vasileva_nv@prometeus.sbras.ru

Vladimir A. Shpak, Candidate of Science in Physics and Mathematics, Researcher, e-mail: shpakva54@gmail.com

Дата поступления статьи / Received by the editors 21.06.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 18.10.2021
Дата публикации / Published 25.11.2021

СУТОЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ДИАМЕТРА СТЕБЛЯ ТОМАТА КАК КРИТЕРИЙ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛИВОМ

✉ **Усольцев С.Ф., Рыбаков Р.В., Нестяк Г.В., Гончаренко Ю.В.**

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: sibime@sfscs.ru

Рассмотрен процесс суточного изменения диаметра стебля томата с целью обоснования использования этого параметра для управления капельным орошением. Изменение размеров отдельных частей растений зависит от обеспечения продукционного процесса водой, светом, теплом и элементами питания. Поэтому такие параметры растений, как температура листьев, скорость потока ксилемы, диаметр плода и стебля, могут быть индикаторами наличия необходимых ресурсов. Исследования проведены в Новосибирской области в июне – сентябре 2020 г. В качестве индикатора водного стресса растений использована величина диапазона суточных колебаний диаметра стебля, которая имеет тесную связь с относительной влажностью почвы. Источником информации послужили результаты измерений влажности почвы и прироста диаметра стебля томата. Эксперименты по оценке влияния водного дефицита на параметры стебля проводили на растении, высаженном в открытый грунт отдельно от остальных. Условия искусственного водного стресса создавали путем полива один раз в неделю. Сбор данных осуществляли с помощью фитомонитора РМ-11z, датчиков влажности почвы и диаметра роста стебля. Результаты измерений обрабатывали в программе Microsoft Office Excel. Установлено, что диапазон суточных колебаний прироста диаметра стебля зависит от наличия влаги. При влажности почвы ниже 30% растение испытывает водный стресс и диапазон колебаний диаметра стебля увеличивается. Максимальный рост диаметра стебля наблюдался в 7–10 ч, минимальный – в 13–15 ч местного времени. Разница между максимумом и минимумом суточного прироста диаметра стебля характеризует диапазон суточной разницы диаметра стебля, который тесно коррелирует с влажностью почвы. Коэффициент корреляции между ними составляет 0,72. Предельное значение суточной разницы диаметров стеблей составляет 0,025 мм при влажности почвы 30%. Превышение фактического значения этого параметра граничного значения может служить сигналом к включению системы орошения. Реализация данного подхода дает возможность автоматизировать технологический процесс полива и учесть показатель, сигнализирующий о водном стрессе растения.

Ключевые слова: продукционный процесс, диаметр стебля, водный стресс, фитомониторинг, датчик, полив

DAILY VARIATIONS IN TOMATO STEM DIAMETER AS A CRITERION FOR IRRIGATION MANAGEMENT

✉ **Usoltsev S.F., Rybakov R.V., Nestyak G.V., Goncharenko Yu.V.**

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

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: sibime@sfscs.ru

The process of daily variation in tomato stem diameter is examined in order to justify the use of this parameter to control drip irrigation. Changes in the size of individual plant parts depend on the provision of water, light, heat and nutrients to the production process. Therefore, such plant parameters as leaf temperature, xylem flow rate, fruit and stem diameter can be indicators of availability of necessary resources. The research was carried out in Novosibirsk region in June - September 2020. The value of the range of daily variations in stem diameter, which has a close relationship to relative soil moisture, was used as an indicator of plant water stress. The source of the information is the results of measurements of soil moisture and stem diameter growth of tomato. Experiments to assess the effect of water deficit on stem parameters were carried out on a plant set out in the open ground separately from the rest. Artificial water stress conditions were created by

watering once a week. Data were collected using a PM-11z phytomonitor, soil moisture and stem diameter growth sensors. The results of measurements were processed in Microsoft Office Excel program. It was found that the range of daily fluctuations of stem diameter growth depends on moisture availability. When soil moisture is below 30%, the plant experiences water stress and the range of stem diameter fluctuations increases. The maximum growth in stem diameter was observed at 7-10 a.m. and the minimum at 13-15 p.m. local time. The difference between the maximum and minimum of the daily stem diameter increase characterizes the range of the daily stem diameter difference, which correlates closely with soil moisture. The correlation coefficient between them is 0.72. The limit for the daily stem diameter difference is 0.025 mm at 30% soil moisture. If the actual value of this parameter exceeds the limit value, the irrigation system can be activated. The implementation of this approach makes it possible to automate the irrigation process and to take into account the indicator that signals water stress of the plant.

Keywords: production process, stem diameter, water stress, phytomonitoring, sensor, irrigation

Для цитирования: Усольцев С.Ф., Рыбаков Р.В., Нестяк Г.В., Гончаренко Ю.В. Суточные колебания диаметра стебля томата как критерий управления поливом // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 5. С. 101–107. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-12>

For citation: Usoltsev S.F., Rybakov R.V., Nestyak G.V., Goncharenko Yu.V. Daily variations in tomato stem diameter as a criterion for irrigation management. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 5, pp. 101–107. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-12>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Продуктивность сельскохозяйственных растений является результатом комплекса природных процессов, зависящих от среды обитания. Негативные последствия данных воздействий компенсируются технологическими процессами. Эффективность выращивания зависит от правильности и своевременности выполнения всех технологических операций по возделыванию культуры. В настоящее время большая часть исследований направлена на применение высокотехнологичных средств управления производственными процессами и отдельными операциями [1–3].

Основанием для принятия решения о необходимости проведения технологической операции является информация, полученная путем наблюдения за происходящими природными процессами, опыт и интуиция специалистов предприятий. Правильность выбора технологической операции и сроков ее проведения во многом зависит от человеческого фактора. Снижение этой зависимости – одна из проблемных задач, решение которой невозможно без цифровизации тех-

нологий выращивания сельскохозяйственных культур.

В соответствии с законами земледелия максимальный урожай может быть получен при оптимальном сочетании всех условий возделывания культуры. Лимитирующий фактор при выращивании томатов в сибирских условиях – тепло. Применение культивационных сооружений в течение всего периода вегетации повышает температуру воздуха в зоне роста растений, поэтому следующим лимитирующим фактором становится обеспеченность влагой [4–6]. Следовательно, своевременность полива является важным условием получения высоких урожаев томатов.

Цель исследования – обосновать выбор параметра суточного изменения диаметра стебля томата в качестве критерия оценки необходимости выполнения технологического процесса полива.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Производственный процесс растений состоит из фотосинтеза и процессов передачи органического вещества из листьев в другие

органы за счет ксилемных потоков. Специфика эколого-физиологических исследований заключается в том, что растение рассматривается как единый организм, жизненные функции которого тесно взаимосвязаны и реализуются в условиях постоянного взаимодействия с изменяющимися факторами среды [7, 8]. Изменения размеров таких частей растений, как стебель и плод, зависят от обеспеченности продукционного процесса водой, светом, теплом и элементами питания. Индикаторами обеспеченности продукционного процесса необходимыми ресурсами могут быть такие параметры растений, как температура листа, скорость ксилемного потока, диаметр плода и стебля [9–11].

Показатель суточных колебаний диаметра стебля томата – важный индикатор его водообеспеченности. На потребность растений в воде влияет множество факторов: почвенные, климатические, физиологические параметры растений. Комплексный учет таких параметров в математической модели позволяет решать задачи оперативного управления системами капельного орошения [12–14]. Для практического использования данных параметров требуется определение граничных условий необходимости выполнения операции полива. Поставленные задачи решены экспериментально путем измерения приращения диаметра стебля томата при изменении влажности почвы. Эксперимент проводили в Новосибирской области с 16 июня по 10 сентября 2020 г. Для оценки влияния недостатка воды на параметры стебля использовали растение, высаженное в открытый грунт отдельно от остальных. Условия искусственного водного стресса создавали путем полива один раз в неделю. Применение специальных современных не повреждающих растения фитомониторных систем и оборудования (монитора фотосинтеза РТМ-48А и фитомонитора РМ-11z [15] для исследований вариабельности и разнообразия изменений характеристик CO_2 -газообмена в ответ на изменения внешней среды) позволило выявить оптимальные и пороговые значения абиотических факторов, ограничивающих рост и развитие растений [16].

Почвенный датчик SMTE-3z установили в зоне корнеобитания растения на глубине 10–20 см. Он измерял температуру, влажность и электропроводность почвы. Датчик прироста диаметра стебля SD-5z установили на нижней части стебля для регистрации изменения величины стебля относительно его диаметра в момент установки. Разрешение составляло не менее 0,002 мм. Датчик диаметра плода измерял его фактическую величину. Разрешение – не менее 0,04 мм.

Сигналы датчиков через радиомодуль передаются в фитомонитор, сохраняются в его памяти и используются для дальнейшей компьютерной обработки. Интервал сбора информации датчиков – 15 мин. Комплекс работает непрерывно в течение всего периода вегетации.

Для измерения характеристик внешней среды использовали метеостанцию DWS-11z, для характеристик растений и среды их обитания – датчики фитомониторинга (см. рис. 1).



Рис. 1. Приборы для измерения параметров растений и внешней среды обитания: 1 – почвенный датчик, 2 – датчик прироста диаметра стебля, 3 – датчик диаметра плода, 4 – радиомодуль

Fig. 1. Instruments for measuring the parameters of plants and the external environment: 1 – soil sensor, 2 – stem diameter growth sensor, 3 – fruit diameter sensor, 4 – radio module

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты измерений диаметра плода, прироста стебля и влажности почвы в графическом виде представлены на рис. 2. Из приведенного графика следует, что граничным значением влажности почвы в условиях проведения эксперимента является влажность около 30%. Но этот параметр может существенно зависеть от механического состава почвы и других ее свойств. Поэтому реакция растения на изменение его влагообеспеченности – наиболее достоверный критерий оценки необходимости выполнения технологического процесса полива.

Кривая изменения прироста диаметра стебля ежедневно имеет два экстремума: утренний максимум и дневной минимум. Максимальный прирост диаметра стебля

наблюдали в 7–10 ч, минимум – в 13–15 ч местного времени. Разность между максимумом и минимумом (в дальнейшем – перепад диаметра стебля) – характеристика размаха суточных колебаний диаметра стебля, которая тесно коррелирует с влажностью почвы. Коэффициент корреляции между ними равен 0,72.

Динамика изменения влажности почвы и перепада диаметра стебля представлена на рис. 3. Из графика следует, что между влажностью почвы и размахом колебаний диаметра стебля существует обратно пропорциональная зависимость, так как колебания происходят в противофазе. При влажности почвы 30% перепад диаметра стебля составляет примерно 0,025 мм. Отсюда можно предположить, что признаком водного

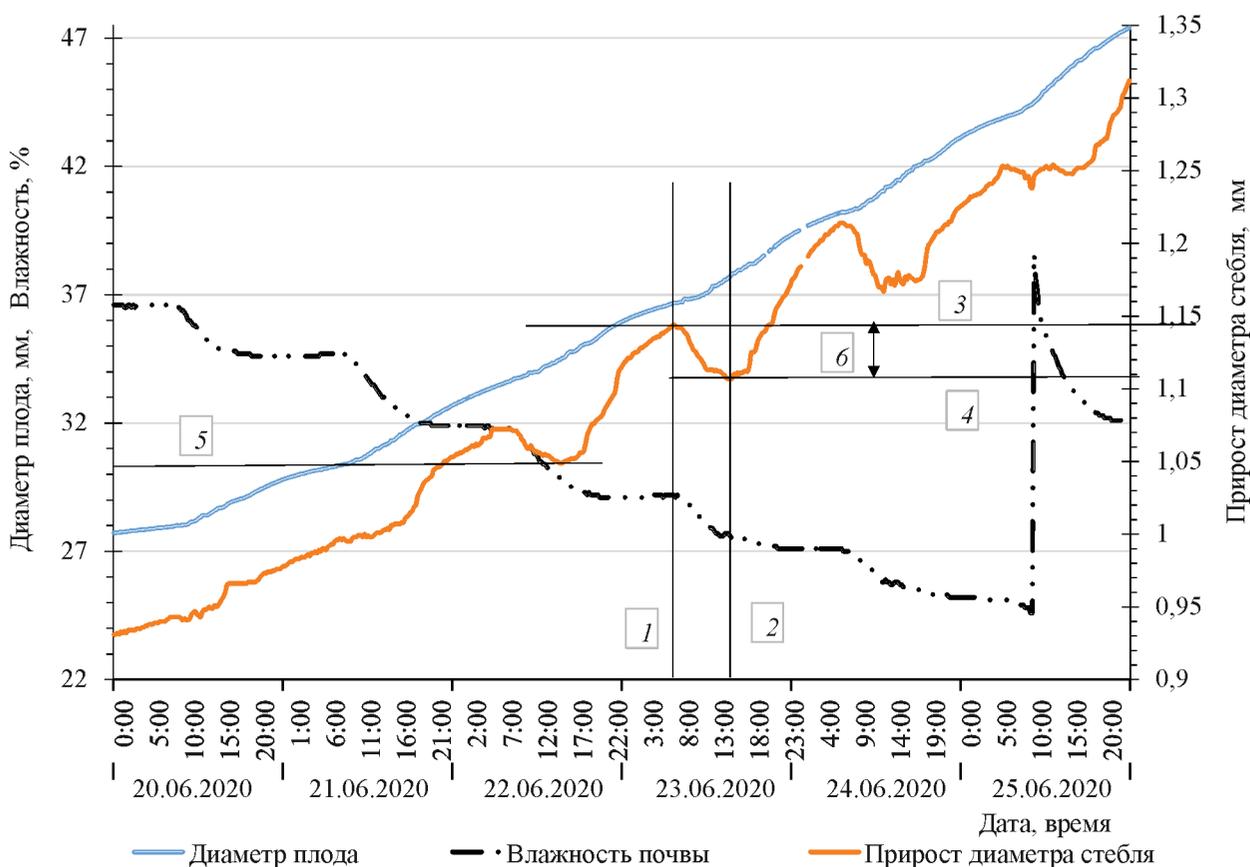


Рис. 2. Динамика изменения параметров почвы и растения при недостатке влаги

1 – время утреннего максимума, 2 – время дневного минимума, 3 – значение утреннего максимума, 4 – значение дневного минимума, 5 – допустимый минимум влажности почвы

Fig. 2. Dynamics of changes in soil and plant parameters with a lack of moisture

1 – time of the morning maximum, 2 – time of the daytime minimum, 3 – value of the morning maximum, 4 – value of the daytime minimum, 5 – permissible minimum soil moisture

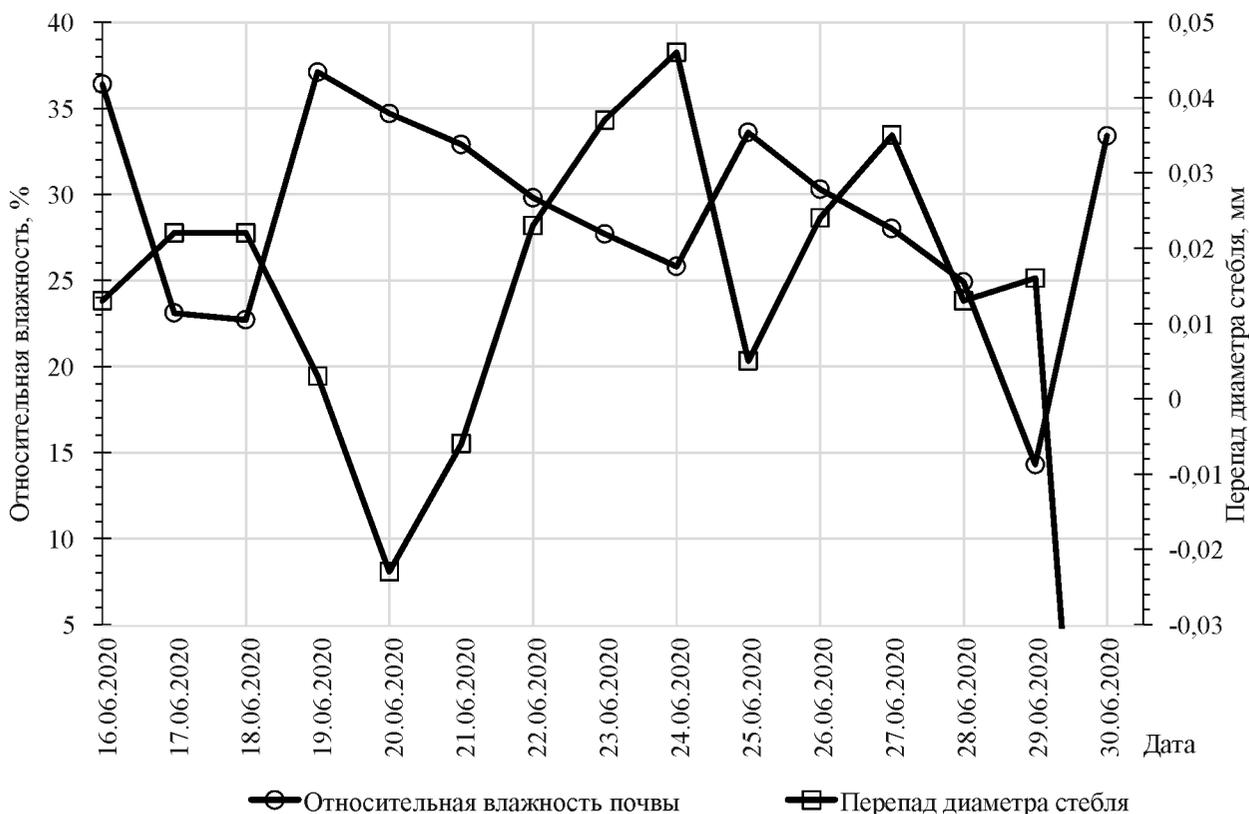


Рис. 3. Динамика изменения влажности почвы и перепада диаметра стебля
Fig. 3. Dynamics of changes in soil moisture and the difference in stem diameter

стресса томата является перепад диаметра стебля больше 0,025 мм. Однако это предположение требует дальнейшей проверки и уточнения влияния возраста растения и других условий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Индикатором наличия водного стресса у томатов является величина суточного колебания диаметра стебля. Показатель перепада диаметра стебля, т.е. разность между утренним максимумом и дневным минимумом прироста диаметра стебля, может быть использован как индикатор водного стресса растений для управления системами полива в цифровых технологиях выращивания томатов. По результатам исследования граничная величина перепада диаметра стебля равна 0,025 мм. Превышение фактического значения этого параметра граничной величины может служить сигналом для включения системы полива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конев А.В., Ломакин В.С., Матвеевко Д.А., Якушев В.В. Структура представления производственных процессов в системе поддержки принятия агротехнологических решений // *Агрофизика*. 2018. № 1. С. 24–37.
2. Михайленко И.М. Управление системами точного земледелия: монография. СПб.: Издательство СПбГУ, 2006. 396 с.
3. Полуэктов Р.А., Смоляр Э.И., Терлеев В.В., Топаж А.Г. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур: монография. СПб.: Издательство СПбГУ, 2005. 234 с.
4. Чернова Н.М., Былова А.М. Общая экология: монография. М.: Дрофа, 2004. 416 с.
5. Протасов В.Ф. Экология: термины и понятия, стандарты, сертификация, нормативы: монография. М.: Финансы и статистика, 2005. 667 с.
6. Нестяк В.С., Усольцев С.Ф. Ивакин О.В., Косьяненко В.П., Рыбаков Р.В., Патрин В.А. К вопросу управления продукционным процессом сельскохозяйственных культур (на примере томатов) // *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2018. № 3. С. 73–79.

7. Корсакова С.П., Ильницкий О.А., Плугатарь Ю.В., Паштецкий А.В. Применение фитомониторных систем для оптимизации интродукционных исследований // Труды Государственного Никитского ботанического сада. 2018. Т. 147. С. 80–82.
8. Корсакова С.П. Критерии оценки параметров эколого-физиологического паспорта растений // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 4 (16). С. 57–65. DOI: 10.25637/TVAN2018.04.06.
9. Одинцова В.А. Фитомониторинг при изучении водного обмена и температурного режима растений черешни // Научные труды Северо-Кавказского зонального НИИ садоводства и виноградарства. 2017. Т. 13. С. 55–58.
10. Басаргина Е.М., Лицингер О.Г., Путилова Т.А. Измерительная система фитомониторинга // АПК России. 2017. Т. 24. № 5. С. 1141–1146.
11. Ильницкий О.А. Зависимость интенсивности фотосинтеза *Nerum oleander* и *Laurus Nobilis* L. от факторов внешней среды, температуры листьев, транспирации и их измерение в ходе вегетации в условиях ЮБК // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2017. № 125. С. 109–113.
12. Таццилина А.В. Нечеткая модель оперативного планирования поливов для автоматизированных систем капельного орошения // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2015. № 1. С. 38–41.
13. Таццилина А.В. Идентификация модели процесса планирования режимов капельного полива для управления автоматизированными системами капельного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2015. № 1 (17). С. 41–60.
14. Леви Л.И., Таццилина А.В. Физиологический уровень стресса растений в иерархической структуре дерева нечеткого логического вывода // Молодой ученый. 2014. № 11. С. 67–69.
15. Балаур Н.С., Воронцов В.А., Клейман Э.И., Тон Ю.Д. Новая технология мониторинга CO₂-обмена у растений // Физиология растений. 2009. Т. 56. № 3. С. 466–470.
16. Корсакова С.П., Плугатарь Ю.В., Ильницкий О.А., Клейман Э.И. Особенности водного обмена *Nerium oleander* L. в условиях прогрессирующей почвенной засухи // Юг России: экология, развитие. 2018. Т. 13. № 1. С. 101–115.

REFERENCES

1. Konev A.V., Lomakin V.S., Matveyenko D.A., Yakushev V.V. The structure of production processes presentation in the back-up system of decision-making in agriculture. *Agrofizika = Agrophysics*, 2018, no. 1, pp. 24–37. (In Russian).
2. Mikhaylenko I.M. *Management of precision farming systems*. St. Petersburg, SPGU Publishing House, 2006, 396 p. (In Russian).
3. Poluektov R.A., Smolyar E.I., Terleyev V.V., Topazh A.G. *Models of the production process of crops*. St. Petersburg, SPGU Publishing House, 2005, 234 p. (In Russian).
4. Chernova N.M., Bylova A.M. *General ecology*. Moscow, Drofa, 2004, 416 p. (In Russian).
5. Protasov V.F. *Ecology: terms and concepts, standards, certification, regulations*. Moscow, Finance and statistics, 2005, 667 p. (In Russian).
6. Nestyak V.S., Usoltsev S.F., Ivakin O.V., Kos'yanenko V.P., Rybakov R.V., Patrín V.A. Management of production process of agricultural crops (on the example of tomatoes). *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Bashkir State Agrarian University*, 2018, no. 3, pp. 73–79. (In Russian).
7. Korsakova S.P., Il'nitskiy O.A., Plugatar' Yu.V., Pashtetskiy A.V. Application of phytomonitoring systems to optimize introduction studies, *Trudy Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada = Collection of scientific works of the State Nikitsky Botanical Gardens*, 2018, vol. 147, pp. 80–82. (In Russian).
8. Korsakova S.P. Criteria for evaluating the parameters of eco-physiological passport of plants. *Taurida bulletin of the agrarian sciences*, 2018, no. 4 (16), pp. 57–65. (In Russian). DOI: 10.25637/TVAN2018.04.06.
9. Odintsova V.A. Phytomonitoring when studying water exchange and temperature conditions of cherry plants. *Nauchnyye trudy Severo-Kavkazskogo zonal'nogo NII sadovodstva i vinogradarstva = Scientific works of the State Scientific Organization of North-Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture*, 2017, vol. 13, pp. 55–58. (In Russian).
10. Basargina Ye.M., Litsinger O.G., Putilova T.A. Measuring system of phytomonitoring. *APK*

- Rossii = AIC of Russia*, 2017, vol. 24, no. 5, pp. 1141–1146. (In Russian).
11. Il'nitskiy O.A. Dependence of the intensity of photosynthesis of *Nerum oleander* and *Laurus Nobilis L* on environmental factors, leaf temperature, transpiration and their measurement during the growing season under the conditions of the Southern Coast of Crimea, *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo bota-nicheskogo sada = Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden*, 2017, no. 125, pp. 109–113. (In Russian).
 12. Tashchilina A.V. Fuzzy model of operational planning of irrigation for automated drip irrigation systems. *Izvestiya VUZov. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskkiye nauki = University news. North Caucasian region. Technical sciences series*, 2015, no. 1, pp. 38–41. (In Russian).
 13. Tashchilina A.V. Identification of the model for drip irrigation scheduling to manage automated systems of drip irrigation. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii = Scientific journal of the Russian Research Institute of Melioration Problems*, 2015, no. 1 (17), pp. 41–60. (In Russian).
 14. Levi L.I., Tashchilina A.V. Physiological level of plant stress in the hierarchical structure of the fuzzy logical inference tree, *Molodoy uchenyy = Young scientist*, 2014, no. 11, pp. 67–69. (In Russian).
 15. Balaur N.S., Vorontsov V.A., Kleyman E.I., Ton Yu.D. New technology for monitoring CO₂-exchange in plants. *Fiziologiya rasteniy = Plant Physiology*, 2009, vol. 56, no. 3, pp. 466–470. (In Russian).
 16. Korsakova S.P., Plugatar' Yu.V., Il'nitskiy O.A., Kleyman E.I. Water relation features of *Nerium oleander L*. under progressive soil drought stress. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye = South of Russia: ecology, development*, 2018, vol. 13, no. 1, pp. 101–115. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Усольцев С.Ф.**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: sibime@sfscs.ru

Рыбаков Р.В., аспирант

Нестяк Г.В., старший научный сотрудник

Гончаренко Ю.В., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Sergey F. Usoltsev**, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: sergey.usoltsev@yandex.ru

Roman V. Rybakov, Postgraduate Student

Galina V. Nestyak, Senior Researcher

Yuri V. Goncharenko, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 06.07.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 27.09.2021
Дата публикации / Published 25.11.2021



ПАРАДИГМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИБИРСКОЙ НАУЧНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ БИБЛИОТЕКИ И АГРАРНЫХ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ СИБИРСКОГО РЕГИОНА

¹Донченко А.С., (✉) ²Мельникова Т.Н., ²Гарке Т.М., ²Кретова Е.А.

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

²*Сибирская научная сельскохозяйственная библиотека – филиал Государственной публичной научно-технической библиотеки Сибирского отделения Российской академии наук*
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

(✉) e-mail: melnikova@spsl.nsc.ru

Рассмотрены основные направления совместной работы научно-исследовательских учреждений (НИУ) сельскохозяйственного профиля Сибирского региона и Сибирской научной сельскохозяйственной библиотеки (СибНСХБ), функционирующих в структуре Сибирского отделения ВАСХНИЛ (Россельхозакадемии) с момента создания в 1969 г. до реорганизационного периода реформирования науки (2013–2021 гг.). Показана специфика библиотечно-информационной деятельности отраслевой ведомственной библиотеки и многоуровневая модель взаимодействия с институтами по удовлетворению информационных потребностей ученых и специалистов аграрных НИУ в дореформенный период. Представлены результаты мониторинга состояния библиотечно-информационной деятельности в институтах, оказавших влияние на развитие новой концепции взаимодействия с НИУ. На основе анализа реорганизационных процессов представлена новая структура научных организаций сельскохозяйственного профиля Сибири. Она является основой разработки новой парадигмы взаимодействия научных коллективов и Сибирской научной сельскохозяйственной библиотеки, в результате реорганизации получившей статус филиала Государственной публичной научно-технической библиотеки Сибирского отделения Российской академии наук (ГПНТБ СО РАН). Проведенный в условиях реформирования и реорганизационных перемен на основе анкетирования анализ показывает новые тенденции расширения спектра интересов ученых к информационному потенциалу СибНСХБ как крупнейшей отраслевой библиотеки региона. В условиях смены управления и разрушения организационно-функциональных связей аграрных НИУ, вошедших в состав региональных центров СО РАН, отмечена ориентация на развитие и усиление коммуникаций с центральными академическими библиотеками регионов и восстановление на новой основе взаимодействия с библиотеками аграрного образования. Определение структуры аграрных НИУ и учреждений образования региона в новых границах ведомственных отношений Министерства сельского хозяйства, Министерства науки и высшего образования позволяет определять СибНСХБ как системообразующее звено. Это даст возможность развивать основные функциональные направления библиотечно-информационной деятельности в Сибирском регионе.

Ключевые слова: научно-исследовательские институты, отраслевые библиотеки, управление, реорганизация, взаимодействие, коммуникации, моделирование взаимосвязей

PARADIGM OF INTERACTION OF THE SIBERIAN SCIENTIFIC AGRICULTURAL LIBRARY AND AGRARIAN RESEARCH AND EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF THE SIBERIAN REGION

¹Donchenko A.S., (✉) ²Melnikova T.N., ²Garke T.M., ²Kretova E.A.

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

²*Siberian Scientific Agricultural Library-Branch of the State Public Scientific and Technical Library of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

(✉) e-mail: melnikova@spsl.nsc.ru

The article covers the main directions of joint work of scientific-research institutions (SRI) of agricultural profile in the Siberian region and Siberian Scientific Agricultural Library (SibSAL) functioning within the structure of the Siberian Branch of VASKHNIL (Russian Agricultural Academy) since its establishment in 1969 up to the reorganization period of science reform (2013-2021). The specificity of library and information activity of departmental library and multilevel model of interaction with institutes to satisfy information needs of scientists and specialists of agrarian research institutes in pre-reform period is presented. The results of monitoring the state of library and information activities in the institutes that have influenced the development of the new concept of interaction with SRI are presented. Based on the analysis of reorganization processes, a new structure of scientific organizations of the agricultural profile of Siberia is presented, which is the basis for the development of a new paradigm of interaction between research teams and the Siberian Scientific Agricultural Library, which received the status of a branch of the State Public Scientific and Technical Library of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences as a result of the reorganization. The analysis carried out in the conditions of reform and reorganization changes on the basis of a questionnaire shows new trends in expanding the range of interests of scientists to the possibilities of the information potential of the SibSAL as the largest branch library in the region. In the context of the change of management and the destruction of organizational and functional ties of agricultural research institutes that have become part of the regional centers of the SB RAS, the orientation to the development and strengthening of communications with the central academic libraries of the regions and the restoration of interaction with libraries of agricultural education on a new basis is noted. The definition of the system structure of agricultural research institutes and educational institutions of the region within the new boundaries of departmental relations of the Ministry of Agriculture, the Ministry of Science and Higher Education will allow establishing the vector of interaction of the SibSAL as a system-forming link. This will enable the development of the main functional areas of library and information activities in the Siberian region.

Keywords: research institutes, branch libraries, management, reorganization, interaction, communications, modeling of relationships

Для цитирования: Донченко А.С., Мельникова Т.Н., Гарке Т.М., Кретова Е.А. Парадигма взаимодействия Сибирской научной сельскохозяйственной библиотеки и аграрных научно-исследовательских и образовательных учреждений Сибирского региона // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 5. С. 108–117. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-13>

For citation: Donchenko A.S., Melnikova T.N., Garke T.M., Kretova E.A. Paradigm of interaction between the Siberian Scientific Agricultural Library and agrarian research and educational institutions of the Siberian region. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 5, pp. 108–117. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-13>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Изучение проблем взаимодействия научно-исследовательских учреждений в сфере информационно-библиотечной деятельности как темы научных исследований специалистов Сибирской научной сельскохозяйственной библиотеки (СибНСХБ) берет начало с периода организации в 1969 г. в Новосибирске крупного научного центра аграрной науки Сибири и Дальнего Востока – Сибирское отделение Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина (СО ВАСХНИЛ). В его структуре в 1971 г. благодаря инициативе руководителя и организатора СО ВАСХНИЛ (Россельхозакадемии) академика Ираклия Ивановича Синягина организована ведомственная отраслевая научная библиотека. По решению Президиума СО ВАСХНИЛ 20.01.1972 СибНСХБ становится центром библиотечного и информационно-библиографического обслуживания ученых и специалистов сельскохозяйственной науки и производства Сибири и Дальнего Востока, организационным, научно-методическим и координационным центром библиотек сельскохозяйственных научно-исследовательских учреждений и учебных заведений независимо от их ведомственной подчиненности [1]. Созданный по опыту организации Сибирского отделения Российской академии наук и в течение полувека функционирующий комплекс НИУ аграрной тематики с отраслевой ведомственной библиотекой являет собой эталон организации аграрной науки. Он рассматривается специалистами как результативный процесс научных коммуникаций, обеспечивающий целостность и взаимодействие всех элементов системы¹. Дальнейший ход истории показал, что проблема взаимодействия участников этого процесса не является научной проблемой в чистом виде, она тесным образом соприкасается с проблемой взаимоотношений профессионального сообщества и власти всех

уровней – от руководства отдельного института до органов государственной власти².

СибНСХБ в структуре СО ВАСХНИЛ (Россельхозакадемии) развивалась в условиях плановой экономики советского периода в командно-административной системе управления по отраслевому и ведомственному принципам. Помимо административного руководства по линии министерств и ведомств существовала система методического руководства библиотеками страны. В большинстве случаев отраслевые научные ведомственные библиотеки, за редким исключением центральных библиотек, не имели статуса юридического лица, занимая в составе предприятия или организации место второстепенного структурного подразделения, подчиненного ведомственному управлению. Благодаря одному из преимуществ советского периода развития нашей страны, библиотеки всех отраслей и ведомств получали от ведущих библиотек профессиональную методическую поддержку и помощь, основанную на глубокой научно-теоретической базе и обобщенном практическом опыте [2].

Именно в этот период (1965–1979 гг.) видный ученый отечественного библиотековедения директор ГПНТБ СО РАН Николай Семёнович Карташов, автор монографий «Взаимодействие научных библиотек РСФСР» (1975 г.) и «Формирование библиотечно-территориальных комплексов» (1978 г.), изучает теоретические и практические вопросы, связанные с организацией и функционированием новых библиотечных систем на территории Сибири и Дальнего Востока. Эти теоретические труды стали основой его докторской диссертации «Взаимодействие научных библиотек (вопросы истории и теории)», защищенной в 1978 г. в диссертационном совете Государственной библиотеки СССР им. В.И. Ленина. Н.С. Карташов обосновал суть диалектического

¹Сюсюра Д.А. Теоретические основы построения эффективной формы организации аграрной науки // Научно-технологическое развитие АПК: проблемы и перспективы: материалы XXI Международной научно-практической конференции «Никоновские чтения – 2016». М., 2016. С. 318–320.

²Мазурицкий А.М. Взаимодействие библиотек и органов власти в условиях трансформации системы управления библиотечным делом // Культура: теория и практика. Электронный научный журнал. 06.09.2019.

противоречия в деятельности библиотек по удовлетворению ведомственных интересов. С одной стороны оно ведет к стремлению максимального охвата границ комплектования фондов библиотек, с другой, ввиду постоянного ограничения финансирования, – к ограниченности библиотечных ресурсов и невозможности удовлетворить ведомственные информационные запросы в рамках одной библиотеки^{3,4}. Эти глубокие обобщения легли в основу проводимых в стране все-союзных исследований «Размещение и использование библиотечных ресурсов в стране» (1981–1985 гг.) и «Развитие регионального межведомственного взаимодействия библиотек» (1985–1992 гг.). Исследования завершились разработкой научных основ формирования территориальных библиотечных объединений, а также обоснованием нового научного направления – регионального библиотековедения.

СибНСХБ в рамках развития научных направлений своего ведомства определяла отраслевое наполнение фондов, характер деятельности и развитие информационной системы на протяжении всей истории до реформирования академии. В рамках единой отраслевой системы методического руководства по согласованию с Центральной научной сельскохозяйственной библиотекой (ЦНСХБ, Москва) СибНСХБ получила статус научно-методического и координационного центра в пределах обслуживаемой территории Сибири и Дальнего Востока с целью выстраивания модели информационного обеспечения потребностей ученых и специалистов с максимальным раскрытием ресурсов региональных библиотек [3]. Это определило особое и уникальное территориальное и структурное положение СибНСХБ в системе научно-информационной деятельности Россельхозакадемии. С одной стороны, СибНСХБ являлась периферийной по отношению к ЦНСХБ, с другой – она оставалась центральной по отношению к сель-

скохозяйственным библиотекам НИУ региона и несла ответственность за их сохранение и развитие. Также она выполняла функции информационно-библиотечного обеспечения ученых и специалистов института при отсутствии таковых библиотек. Таким образом, ЦНСХБ и СибНСХБ рационально распределили профессиональные полномочия и влияние на библиотеки огромного региона [4, 5]. Наиболее подробно эти вопросы и краткий экскурс в историю взаимоотношений СибНСХБ и библиотек сельскохозяйственных НИУ и организаций освещены в статье [6].

При взаимодействии СибНСХБ и научно-исследовательских институтов использовался и административный ресурс. В этой связи наиболее актуальные проблемы библиотечно-информационной деятельности СибНСХБ настоятельно выносила на обсуждение заседаний Президиума, годовых отчетных собраний и научных сессий, где периодически заслушивались отчеты СибНСХБ, принимались решения в качестве руководства к действию для директоров НИУ. Предложения СибНСХБ по централизации библиотек институтов, расположенных в р.п. Краснообск, введение системы обязательного ведомственного экземпляра, включение в региональные программы исследований, проведение НИР, координация подписки на периодические издания, заключение договоров на информационное обеспечение НИУ, формирование государственных заданий для НИУ по библиотечному обслуживанию – это не полный перечень инициативных проектов СибНСХБ, реализованных в практике научно-исследовательской и научно-организационной деятельности НИУ СО ВАСХНИЛ (Россельхозакадемии). Следует отметить, что в этот период взаимоотношения СибНСХБ с аграрными вузами и университетами продолжали развиваться на договорных началах, без включения финансовой составляющей. СибНСХБ всегда

³Карташов Н.С. Методологические проблемы комплексного развития ресурсов // Сов. библиотековедение. 1986. № 3. С. 11–22.

⁴Карташов Н.С. Формирование библиотечно-территориальных комплексов. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1978. 240 с.

приоритетно обслуживала студентов, преподавателей и аспирантов как Новосибирского аграрного университета, так и других региональных аграрных высших учебных заведений. В ответ они предоставляли библиотеке труды своих ученых.

В основу развития научных коммуникаций, складывающихся у СибНСХБ и региональных НИУ, укрепляющих взаимодействие сторон, был положен принцип постоянного мониторинга состояния сферы библиотечно-информационной деятельности в институтах. Помимо сбора статистических данных, обобщения и анализа, периодически проводилось анкетирование библиотек, независимо от занимаемого места в структуре организации, либо специалистов, ответственных за библиотечно-информационную деятельность в НИУ. Опрос, проведенный в 1996, 2006, 2010, 2012 гг., отражающий динамику развития негативных тенденций, фактическую стагнацию деятельности, еще более укреплял специалистов СибНСХБ в принятии важных решений по развитию библиотеки и новой концепции взаимодействия с НИУ [7, 8]. Разработанная СибНСХБ концепция изменила догматический принцип, именуемый библиотеками НИУ «методическое руководство», на «оказание информационной и консультационной помощи» специалистам. Также был взят курс на развитие новых информационных технологий и полную переориентацию направления информационного обеспечения на непосредственные запросы и потребности ученых и специалистов НИУ аграрного профиля сибирского региона [9].

До реформирования науки в СО Россельхозакадемии существовала многоуровневая модель взаимодействия (см. рис. 1):

- СибНСХБ – Президиум СО Россельхозакадемии,
- СибНСХБ – НИУ,
- СибНСХБ – ученый.

Специалисты, изучающие вопросы взаимодействия библиотек постсоветского пространства, отмечают прямую связь про-

исходящих перемен во всех направлениях библиотечно-информационной деятельности в тесной связи с реорганизационными процессами, происходящими в обществе, культуре, науке⁵.

Реформа государственных академий 2013 г. и подчинение всех НИУ Федеральному агентству научных организаций (ФАНО) нарушила логичную последовательность развития деятельности НИУ аграрного профиля Сибирского региона. Внедрившись в процесс основной уставной деятельности НИУ в нарушение текущего слабо финансируемого, но системного процесса научной и производственной деятельности, реформа явилась началом серьезной ломки организационно-функционального механизма системы НИУ аграрной сферы Сибирского региона. Процесс реформирования определил два основополагающих направления деятельности СибНСХБ: реорганизация самой библиотеки как юридического лица и реформирование всех НИУ, ранее входящих в Россельхозакадемию, научные работники и специалисты которых составляли основной контингент пользователей информации. На рубеже перехода СибНСХБ в новый статус была разработана Концепция развития Сибирской научной сельскохозяйственной библиотеки для включения в программу по созданию Федерального информационного центра «ГПНТБ СО РАН – СибНСХБ», которая в полной мере не была реализована. Претерпели изменения и функциональные направления деятельности СибНСХБ, не имевшие ранее ведомственных границ с библиотеками сельскохозяйственных НИУ и учебных заведений региона. Этому способствовало и разделение ведомственного подчинения аграрных НИУ и высших учебных заведений между различными министерствами и ведомствами.

Несмотря на непосредственное участие в процессе реорганизации, СибНСХБ в рамках выполнения государственного задания проводила научные исследования по теме «Развитие системы информационного обе-

⁵Мазурицкий А.М. Взаимодействие библиотек и органов власти в условиях трансформации системы управления библиотечным делом // Культура: теория и практика. Электронный научный журнал. 06.09.2019.



Рис. 1. Модель взаимодействия СибНСХБ в составе СО Россельхозакадемии до реформы:

ИРИ – избирательное распространение информации, ДОР – дифференцированное обслуживание руководителей, РИНЦ – Российский индекс научного цитирования, УДК – универсальная десятичная классификация, ББК – библиотечно-библиографическая классификация

Fig. 1. Model of interaction of the SibSAL as part of the Siberian Branch of the Russian Agricultural Academy before the reform:

УДК (SDI) – selective dissemination of information, ДОР (SSM) – selective service for managers, РИНЦ (RSCI) – Russian Science Citation Index, ББК (UDC) – universal decimal classification, LBC – library and bibliographic classification

спечения аграрной науки и образования Сибири с учетом изменений, происходящих в экономической, научной и информационной сфере». Продолжилось изучение взаимоотношений и поиск путей решения проблем, возникших вследствие разрушения прежних системных и создания новых связей между СибНСХБ и НИУ сельскохозяйственного профиля Сибири в современных условиях. Результаты показали, что на момент исследования из 31 НИУ сельскохозяйственного

профиля Сибири реорганизовано и включено в состав пяти федеральных научных центров 27 учреждений. Статус структурного подразделения получила 21 научная организация, шесть учреждений стали обособленными структурными подразделениями (филиалами), четыре – сохранили свою юридическую самостоятельность. Численность сотрудников НИУ уменьшилась на 45% [10].

Все научные организации аграрного профиля на территории Сибири в настоящее

время подчинены Министерству науки и высшего образования РФ. Научно-методическое руководство аграрными НИУ осуществляет Объединенный ученый совет по сельскохозяйственным наукам СО РАН, на которое возложены функции крупнейшего интегратора и основного эксперта научно-исследовательских, научно-образовательных, опытно-конструкторских работ восточной части России [11, 12].

В процессе реформирования науки и реорганизационных изменений научные организации аграрного профиля, ранее подведомственные РАСХН (Российская академия сельскохозяйственных наук), сформированы в четыре структурные формы:

– федеральные центры – Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук (объединение 11 НИУ Сибирского отделения Российской академии сельскохозяйственных наук (СО РАСХН) в р.п. Краснообск + филиалы в Томске, Кемерове, Чите);

– регионально-отраслевые центры (по регионально-отраслевому тематическому

(аграрному) профилю): Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий (шесть НИУ СО РАСХН объединены в Барнауле), Омский аграрный научный центр (три – в Омске);

– объединение со вновь созданными центрами на базе региональных центров СО РАН (три учреждения вошли в Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», два – в Тюменский научный центр, один (Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции) – в Федеральный исследовательский центр Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук);

– сохранение статуса Федерального государственного бюджетного научного учреждения Научно-исследовательского института сельского хозяйства (Бурятия, Якутия, Тыва, Хакасия, Иркутск).

Новая структура научных организаций сельскохозяйственного профиля требует от СибНСХБ разработать новую парадигму



Рис. 2. Научные организации сельскохозяйственного профиля Сибири в зоне информационного обеспечения СибНСХБ

Fig. 2. Scientific organizations of the agricultural profile of Siberia in the information support zone of the SibSAL

взаимодействия библиотеки и научных коллективов аграриев. При этом необходимо отметить, что реорганизационный процесс не завершился, он приобретает перманентный характер, реформирование продолжается [13, 14]. Встраивая в единое информационное пространство научные организации сельскохозяйственного профиля Сибири, СибНСХБ начала выработать первые подходы к моделированию системного развития научно-информационной деятельности на данном этапе (см. рис. 2). Только взаимодействие с вновь созданными центрами и научным сообществом позволяет осуществлять постоянный мониторинг перемен [15].

Анализ анкетирования ученых и специалистов НИУ аграрного профиля, проведенный СибНСХБ в условиях реформирования и организационных изменений на рубеже 2019, 2020 гг., показал расширение спектра интересов ученых к возможностям информационного потенциала библиотеки. Оправдано, что большая часть информационных потребностей специалистов основывается на потенциале СибНСХБ как крупнейшей отраслевой библиотеке региона. Но также существует необходимость обращения к областным, краевым и библиотекам аграрных высших учебных заведений [10].

В схеме кардинальной смены управления и ликвидации организационно-функциональных связей аграрных НИУ, вошедших в состав региональных центров СО РАН, просматривается их переориентация на развитие и усиление связей с центральными академическими библиотеками регионов, а также восстановление на новой основе взаимодействия с библиотеками аграрного образования.

Определение системной структуры аграрных НИУ и учреждений образования региона в новых границах ведомственных отношений Министерства сельского хозяйства, Министерства науки и высшего образования позволит устанавливать вектор взаимодействия СибНСХБ как системообразующего звена и на этой основе выстраивать библиотечно-информационную деятельность в Сибирском регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельникова Т.Н., Гарке Т.М., Кретова Е.А. Информационное обеспечение ученых научных центров аграрного профиля Сибири (1971–2019 гг.) // Труды ГПНТБ СО РАН. 2019. № 4. С. 68–73. DOI: 10.20913/2618-7515-2019-4-68-73.
2. Бунин М.С. Стратегия развития Центральной научной сельскохозяйственной библиотеки (ФГБНУ ЦНСХБ) // Научные и технические библиотеки. 2018. № 2. С. 5–15.
3. Бунин М.С., Коленченко И.А., Пирумова Л.Н. Роль ЦНСХБ в информационном обеспечении аграрной науки // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 4. С. 8–12. DOI: 10.30850/2020/4/8-12.
4. Бунин М.С., Пирумова Л.Н., Коленченко И.А. Электронная библиотека Центральной научной сельскохозяйственной библиотеки: особенности и структура // Научные и технические библиотеки. 2019 № 1. С. 40–53. DOI: 10.33186/1027-3689-2019-1-40-53.
5. Бунин М.С., Коленченко И.А., Пирумова Л.Н. Отраслевые лингвистические инструменты: роль в информационном обеспечении научных исследований в агропромышленном центре России // Научные и технические библиотеки. 2020. № 12. С. 127–142. DOI: 10.33186/1027-3689-2020-12-127-142.
6. Мельникова Т.Н., Гарке Т.М. Библиотеки Сибирского отделения Россельхозакадемии в новых условиях финансирования // Информационный бюллетень РБА. 2013. № 68. С. 132–136.
7. Мельникова Т.Н., Гарке Т.М., Кретова Е.А. Сибирская научная сельскохозяйственная библиотека в условиях реорганизации науки // Информационный бюллетень РБА. 2015. № 75. С. 91–93.
8. Мельникова Т.Н., Гарке Т.М., Кретова Е.А. Отраслевая академическая библиотека в условиях реформирования науки // Труды ГПНТБ СО РАН. 2018. № 13–1. С. 244–249.
9. Гарке Т.М., Кретова Е.А., Мельникова Т.Н. Основные тенденции в сфере информационного обеспечения научных организаций сельскохозяйственного профиля Сибири // Инновации и продовольственная безопасность. 2019. № 4 (26). С. 132–135. DOI: 10.31677/2311-0651-2019-26-4-132-135.
10. Гарке Т.М., Кретова Е.А., Мельникова Т.Н. Анализ информационных предпочтений

- ученых-аграриев Сибири // Инновации и продовольственная безопасность. 2020. № 3 (29). С. 54–69. DOI: 10.31677/2311-0651-2020-29-3-54-69.
11. Донченко А.С., Каличкин В.К., Горобей И.М., Минина И.Н. Создание Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий – новый импульс модернизации и технологического развития АПК Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 4. С. 5–8.
 12. Кашееваров Н.И., Донченко А.С., Каличкин В.К., Горобей И.М. Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий – качественно новый уровень научного обеспечения АПК Сибири // Инновации и продовольственная безопасность. 2016. № 1 (11). С. 13–18.
 13. Sokolov A., Chulok A. Priorities for future innovation: Russian S&T Foresight 2030 // Futures. 2016. Vol. 80. N June. P. 17–32. DOI: 10.1016/j.futures.2015.12.005.
 14. Глушановский А.В., Каленов Н.Е. Научные знания, библиотеки и интернет – взаимодействие на современном этапе // Научные и технические библиотеки. 2020. № 8. С. 97–114. DOI: 10.33186/1027-3689-2020-8-97-114.
 15. Saarti J., Luokkanen S., Lager L. Towards a new library system. A paradigmatic shift in the Finnish library system planning and acquisition // Library management. 2015. N 36 (1–2). P. 2–11.
- ## REFERENCES
1. Melnikova T.N., Garke T.M., Kretova E.A. Information support for scientists of scientific centers of agricultural profile of Siberia (1971–2019). *Trudy GPNTB SO RAN = Edition of SPSTL SB RAS*, 2019, no. 4, pp. 68–73. (In Russian). DOI: 10.20913/2618-7515-2019-4-68-73.
 2. Bunin M.S. Development strategy of the Central scientific agricultural library (FSBSI CSAL). *Nauchnye i tekhnicheskie biblioteki = Scientific and Technical Libraries*, 2018, no 2, pp. 5–15. (In Russian).
 3. Bunin M.S., Kolenchenko I.A., Pirumova L.N. The role of the Central Agricultural Library in the information support of agricultural science. *Vestnik Rossijskoi selskohozyaistvennoi nauki. = Bulletin of Russian agricultural science*, 2020, no. 4, pp. 8–12. (In Russian). DOI: 10.30850/2020/4/8-12.
 4. Bunin M.S., Pirumova L.N., Kolenchenko I.A. The e-library of the Central Scientific Agricultural Library: the features and structure. *Nauchnye i tekhnicheskie biblioteki = Scientific and Technical Libraries*, 2019, no. 1, pp. 40–53. (In Russian). DOI: 10.33186/1027-3689-2019-1-40-53.
 5. Bunin M.S., Kolenchenko I.A., Pirumova L.N. Industry-wide linguistic instruments: The role in information support of scientific research in Russia's agricultural industry. *Nauchnye i tekhnicheskie biblioteki = Scientific and Technical Libraries*, 2020, no. 12, pp. 127–142. (In Russian). DOI: 10.33186/1027-3689-2020-12-127-142.
 6. Melnikova T.N., Garke T.M. Libraries of the Siberian Branch of the RAAS in new funding conditions. *Informatsionnyj bjulleten' RBA = Newsletter of RLA*, 2013, no. 68, pp. 132–136. (In Russian).
 7. Melnikova T.N., Garke T.M., Kretova E.A. Siberian Scientific Agricultural Library in the reorganization of science. *Informatsionnyj bjulleten' RBA = Newsletter of RLA*, 2015, no. 75, pp. 91–93. (In Russian).
 8. Melnikova T.N., Garke T.M., Kretova E.A. Branch Academic Library in the context of science reform. *Trudy GPNTB SO RAN = Edition of SPSTL SB RAS*, 2018, no. 13–1, pp. 244–249. (In Russian).
 9. Garke T.M., Kretova E.A., Melnikova T.N. Main trends in information support of scientific organizations of the agricultural profile of Siberia. *Innovacii i prodovolstvennaya bezopasnost = Innovations and Food Safety*, 2019, no. 4 (26), pp. 132–135. (In Russian). DOI: 10.31677/2311-0651-2019-26-4-132-135.
 10. Garke T.M., Kretova E.A., Melnikova T.N. Analysis of information preferences of agricultural scientists in Siberia. *Innovacii i prodovolstvennaya bezopasnost = Innovations and Food Safety*, 2020, no. 3 (29), pp. 54–69. (In Russian). DOI: 10.31677/2311-0651-2020-29-3-54-69.
 11. Donchenko A.S., Kalichkin V.K., Gorobey I.M., Minina I.N. The creation of the Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology is a new impulse for the modernization and technological development of Siberian agroindustrial complex. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK =*

- Achievements of Science and Technology of the AIC*. 2016, no. 4, pp. 5–8. (In Russian).
12. Kashevarov N.I., Donchenko A.S., Kalichkin V.K., Gorobey I.M. The Siberian Federal Scientific Center of AgroBiotechnologies – as the qualitatively new level of scientific support for the AIC of Siberia. *Innovacii i prodovolstvennaya bezopasnost = Innovations and Food Safety*, 2016, no. 1 (11), pp. 13–18. (In Russian).
 13. Sokolov A., Chulok A. Priorities for future innovation: Russian S&T Foresight 2030, *Futures*, 2016, vol. 80. no. June, pp. 17–32. DOI: 10.1016/j.futures.2015.12.005.
 14. Glushanovsky A.V., Kalenov N.E. Scientific Knowledge, Libraries and the Internet – interaction at the present stage. *Nauchnye i tekhnicheskie biblioteki = Scientific and Technical Libraries*, 2020, no. 8, pp. 97–114. (In Russian). DOI: 10.33186/1027-3689-2020-8-97-114.
 15. Saarti J., Luokkanen S., Lager L. Towards a new library system. A paradigmatic shift in the Finnish library system planning and acquisition. *Library management*, 2015, no. 36 (1–2), pp. 2–11.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

✉ **Мельникова Т.Н.**, кандидат педагогических наук, научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, здание СибНСХБ, а/я 268; e-mail: melnikova@spsl.nsc.ru, melnikovatn@mail.ru

Гарке Т.М., заместитель директора, младший научный сотрудник; e-mail: agrolibso@mail.ru, tmgarke@ngs.ru

Кретьова Е.А., главный библиотекарь, младший научный сотрудник; e-mail: agrolibso@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Alexander S. Donchenko, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head of Research Group

✉ **Tatyana N. Melnikova**, Candidate of Science in Pedagogics, Researcher; **address:** PO Box 268, SSAL building, Krasnoobsk, 630501, Russia; e-mail: melnikova@spsl.nsc.ru, melnikovatn@mail.ru

Tatyana M. Garke, Deputy Director, Junior Researcher; e-mail: agrolibso@mail.ru, tmgarke@ngs.ru

Elena A. Kretova, Chief Librarian, Junior Researcher; e-mail: agrolibso@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 12.05.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 14.09.2021
Дата публикации / Published 25.11.2021



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-14>

УДК: 573.6.086.83:615.371

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

КОНСТРУИРОВАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ИММУНОГЕННОСТИ ВИРУС-ВАКЦИНЫ ПРОТИВ ВИРУСНЫХ ПНЕВМОЭНТЕРИТОВ ТЕЛЯТ

✉ **Красочко П.А., Понаськов М.А.**

Витебская ордена Знак Почета государственная академия ветеринарной медицины

Витебск, Республика Беларусь

✉ e-mail: krasochko@mail.ru

Изучена на лабораторных животных иммуногенность вирус-вакцины против вирусных пневмоэнтеритов молодняка крупного рогатого скота. Представлены результаты подбора оптимальных вакцинных штаммов по изучению действия различных инактивантов на вирус инфекционного ринотрахеита, вирусной диареи, парагриппа-3, респираторно-синтициального вируса, ротавируса и коронавируса. Накопление авирулентных вакцинных штаммов вирусов проводили с использованием общепринятых вирусологических методов на перевиваемых культурах клеток МДБК (клеток почек теленка) и СПЭВ (клеток почки эмбриона поросят). Для отработки режимов инактивации вакцинных штаммов – компонентов экспериментальной вакцины – в качестве инактивирующих веществ использовали теотропин и формалин. Изучены антигенная активность аттенуированных штаммов вирусов инфекционного ринотрахеита, вирусной диареи, парагриппа-3, респираторно-синтициального вируса, ротавируса и коронавируса на белых мышах и телятах и уровень специфических антител в сыворотках крови морских свинок, иммунизированных вакциной с использованием разных адьювантов. При конструировании новой вирус-вакцины против вирусных пневмоэнтеритов использованы авирулентные штаммы вирусов: инфекционного ринотрахеита (ИРТ-ВБФ-ВГАВМ № 404); диареи (ВД-ВБФ-ВГАВМ № 406); парагриппа-3 (ПГ-ВБФ-ВГАВМ № 403); респираторно-синтициального вируса (РСВ-ВБФ-ВГАВМ № 405); ротавируса (РТВ-ВБФ-ВГАВМ № 401) и коронавируса (КВ-ВБФ-ВГАВМ № 407). Выбранные вакцинные штаммы не реактогенные, вызывают активную выработку противовирусных антител в достаточно высоких титрах как у лабораторных животных (белые мыши), так и у сельскохозяйственных (крупный рогатый скот). Наиболее эффективным инактивированным веществом является 0,1%-й теотропин и 0,2%-й формалин. При подборе оптимальных адьювантов для конструирования вирус-вакцины использовали два вида масляных адьювантов – ИЗА 15 и ИЗА 25. Адьювант ИЗА 15 использован в количестве 15% от количества антигенов, ИЗА 25 – 25%. Оптимальным адьювантом при изготовлении экспериментальной вирус-вакцины против вирусных пневмоэнтеритов молодняка крупного рогатого скота является адьювант ИЗА 15 в 15%-й концентрации.

Ключевые слова: вакцина, инактивант, адьювант, культура клеток, пневмоэнтериты, телята

DESIGN AND STUDY OF IMMUNOGENICITY OF VIRUS VACCINE AGAINST VIRAL PNEUMOENTERITIS OF CALVES

✉ **Krasochko P.A., Ponaskov M.A.**

Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine

Vitebsk, Republic of Belarus

✉ e-mail: krasochko@mail.ru

The immunogenicity of a virus vaccine against viral pneumoenteritis in young cattle was studied in laboratory animals. The results of the selection of optimal vaccine strains to study the effects of different inactivants on infectious rhinotracheitis virus, viral diarrhea, parainfluenza-3, respiratory

syncytial virus, rotavirus and coronavirus are presented. The accumulation of avirulent vaccine virus strains was carried out using established virological methods on transplanted cell cultures of MDDB (calf kidney cells) and SPEV (fetal pig kidney cells). Theotropine and formalin were used as inactivating agents to develop inactivation regimes for vaccine strains - components of the experimental vaccine. The antigenic activity of attenuated strains of infectious rhinotracheitis virus, viral diarrhea, parainfluenza-3, respiratory syncytial virus, rotavirus and coronavirus on white mice and calves and the level of specific antibodies in the sera of guinea pigs immunized with vaccines using different adjuvants were studied. Avirulent strains of viruses were used in the design of a new virus vaccine against viral pneumoenteritis: infectious rhinotracheitis (IBR-VBF-VHAVM No. 404); diarrhea (VD-VBF-VHAVM No. 406); parainfluenza-3 (PG-VBF-VHAVM No. 403); respiratory syncytial virus (RSV-VBF-VHAVM No. 405); rotavirus (RTV-VBF-VHAVM No. 401) and coronavirus (CV-VBF-VHAVM No. 407). The selected vaccine strains are non-reactive and induce active production of antiviral antibodies in sufficiently high titres in both laboratory animals (white mice) and farm animals (cattle). The most effective inactivating agents are 0.1% theotropine and 0.2% formalin. Two types of oil-based adjuvants, ISA 15 and ISA 25, were used to select the optimal adjuvants for the design of the virus vaccine. Adjuvant ISA 15 was used at 15% of the antigen quantity, ISA 25 at 25%. The adjuvant IZA 15 at a concentration of 15% is the optimum adjuvant for the preparation of an experimental virus vaccine against viral pneumoenteritis in young cattle.

Keywords: vaccine, inactivant, adjuvant, cell culture, pneumoenteritis, calves

Для цитирования: Красочко П.А., Понаськов М.А. Конструирование и изучение иммуногенности вирус-вакцины против вирусных пневмоэнтеритов телят // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 5. С. 117–123. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-14>

For citation: Krasochko P.A., Ponaskov M.A. Design and study of immunogenicity of virus vaccine against viral pneumoenteritis of calves. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 5, pp. 117–123. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-14>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на животноводческих комплексах и фермах широкое распространение получили пневмоэнтериты молодняка крупного рогатого скота вирусной этиологии [1, 2]. Согласно результатам исследования Н.А. Ковалева с соавт., Е.В. Суцкого с соавт., заболеваемость новорожденных телят пневмоэнтеритами достигает от 214 до 260% от числа родившихся. При этом на долю болезней респираторного тракта вирусной этиологии приходится от 33 до 60%, желудочно-кишечных – 55–70% всех случаев заболевания телят. Летальность от данных болезней высокая и варьирует от 45 до 70%¹ [3–5].

При этом данные инфекции чаще всего развиваются в форме ассоциации, когда в инфекционный процесс вовлекаются два и более инфекционного патогена, что вызывает более тяжелое течение болезни с высокой летальностью. Чаще всего диагностируются следующие ассоциации патогенов: ИРТ + ВД (инфекционный ринотрахеит + вирусная диарея); ИРТ + ПГ-3 (парагрипп-3); ИРТ + ПГ-3 + ВД; ИРТ + ВД + РС (респираторно-синтициальный вирус); рота- + корона вирус + ВД [4, 5].

При проведении противоэпизоотических мероприятий важное место принадлежит своевременной диагностике по оценке этиологической структуры возбудителей инфекции² (см. сноску 1) [1].

¹Красочко П.А., Красочко И.А. Диагностика, профилактика и терапия респираторных желудочно-кишечных заболеваний молодняка // Проблемы патологии, санитарии и бесплодия в животноводстве: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Х.С. Горегляда и М.К. Юсковца. Витебск, 1998. С. 15–18.

²Громов И.Н., Прудников В.С., Красочко П.А., Мотузко Н.С., Журов Д.О. Отбор образцов для лабораторной диагностики бактериальных и вирусных болезней животных: учебно-методическое пособие. Витебск, 2020.

В промышленном животноводстве основным эффективным способом предотвращения дальнейшего распространения вирусных инфекций телят является специфическая профилактика, которая основана на использовании вирус-вакцин и гипериммунных сывороток или глобулинов [4–7].

В настоящее время биологическая промышленность Республики Беларусь производит только две ассоциированные вакцины – вирус-вакцину поливалентную инактивированную культуральную против инфекционного ринотрахеита, вирусной диареи, рота-, коронавирусной инфекции крупного рогатого скота «Тетравак» и вирус-вакцину живую культуральную против инфекционного ринотрахеита, вирусной диареи, парагриппа-3. На рынке биопрепаратов, используемых в животноводстве, широко применяется вакцина «Комбовак» (вакцина против инфекционного ринотрахеита, парагриппа-3, вирусной диареи и респираторно-синцитиальной, рота- и коронавирусной инфекции крупного рогатого скота) производства НПО «Ветбиохим» (Россия).

Современному сельскому хозяйству республики необходимы биопрепараты с более широким спектром патогенов, в состав которых входят также вирусы парагриппа-3 и респираторно-синцитиальный вирус. В связи с этим конструирование отечественной вирус-вакцины против инфекционного ринотрахеита, вирусной диареи, парагриппа-3, респираторно-синцитиальной, рота-, коронавирусной инфекции крупного рогатого скота – актуальная задача [1, 8, 9].

При конструировании вакцины важное место принадлежит использованию высокоиммуногенных штаммов вирусов, отработке оптимальных средств инактивации вирусов и применению адъювантов-иммуностимуляторов для повышения эффективности иммунного ответа [3, 5, 7, 8, 10, 11].

В процессе работы нами разработана вирус-вакцина поливалентная инактивирован-

ная культуральная против инфекционного ринотрахеита, вирусной диареи, парагриппа-3, респираторно-синцитиальной, рота- и коронавирусной инфекции крупного рогатого скота «Большевак», изучено ее влияние на показатели иммунитета и обменных процессов организма животных³ (см. сноску 2) [2, 5, 9–11].

Цель исследования – изучить на лабораторных животных иммуногенность вирус-вакцины против вирусных пневмоэнтеритов молодняка крупного рогатого скота.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в условиях кафедры эпизоотологии и инфекционных болезней, виварии, а также в отраслевой лаборатории ветеринарной биотехнологии и заразных болезней животных ВГАВМ, НИИ прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии Витебской государственной академии и в животноводческих хозяйствах Витебской области (Республика Беларусь).

При конструировании вирус-вакцины против вирусных пневмоэнтеритов проведено сравнительное изучение инфекционной активности следующих авирулентных вакцинных штаммов вирусов: инфекционного ринотрахеита (ИРТ-ВБФ-ВГАВМ № 404 и КМИЭВ – 6), диареи (ВД-ВБФ-ВГАВМ № 406 и КМИЭВ – 7), парагриппа-3 (ПГ-ВБФ-ВГАВМ № 403 и КМИЭВ – 8), респираторно-синцитиального вируса (РСВ-ВБФ-ВГАВМ № 405 и РСВ), ротавируса (РТВ-ВБФ-ВГАВМ № 401 и КМИЭВ – 3) коронавируса (КВ-ВБФ-ВГАВМ № 407 и КМИЭВ – 1).

Накопление авирулентных вакцинных штаммов вирусов проводили с использованием общепринятых вирусологических методов на перевиваемых культурах клеток МДБК (клеток почек телят) и СПЭВ (клеток почки эмбриона поросенка).

Для отработки режимов инактивации вакцинных штаммов – компонентов экспериментальной вакцины – в качестве инакти-

³Красочко П.А. Моно- и ассоциативные вирусные респираторные инфекции крупного рогатого скота (иммунологическая диагностика, профилактика и терапия): автореф. дис. ... д-ра вет. наук. Минск, 1997. 45 с.

вирующих веществ использовали теотропин и формалин. С этой целью в заранее оттитрованную вирусосодержащую жидкость добавляли инактивирующие вещества в различных концентрациях (от 0,1 до 0,5%).

Экспозиция контакта вакцинных штаммов с инактивантом составляла 12 и 24 ч.

Через 6, 12 и 24 ч отбирали пробы вирусосодержащего материала и изучали полноту инактивации в культурах клеток при проведении двух-трех пассажей. Показателем полноты инактивации служило наличие ЦПД (цитопатическое действие – возникновение дегенеративных изменений в клеточных культурах) после контакта вируса с инактивантом.

При подборе оптимальных адъювантов для конструирования вирус-вакцины использовали два вида масляных адъювантов – ИЗА 15 и ИЗА 25 (Montanide, Seppic, Франция). Адъювант ИЗА 15 использован в количестве 15% от количества антигенов, ИЗА 25 – 25%.

Для оценки эффективности адъювантов исследования проводили на морских свинках. С этой целью по принципу пар-аналогов сформировали три группы морских свинок по пять животных в каждой. Морским свинкам 1-й опытной группы инъецировали внутримышечно во внутреннюю поверхность бедра двукратно с интервалом в 21 сут по 0,5 см³ разработанной вакцины с адъювантом ИЗА 15, 2-й опытной – 0,5 см³ разработанной вакцины с адъювантом ИЗА 25, 3-й

(контрольной) вводили плацебо. У морских свинок всех групп отбирали пробы сыворотки крови через 21 сут после повторного введения препаратов. Определяли титр противовирусных антител в пробах сыворотки крови в РНГА.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных исследований по сравнительному изучению инфекционной активности выбранных вакцинных штаммов представлены в табл. 1.

При конструировании вакцины против вирусных пневмоэнтеритов молодняка крупного рогатого скота следует использовать следующие авирулентные штаммы вирусов: инфекционного ринотрахеита (ИРТ-ВБФ-ВГАВМ № 404); диареи (ВД-ВБФ-ВГАВМ № 406); парагриппа-3 (ПГ-ВБФ-ВГАВМ № 403); респираторно-синцитиального вируса (РСВ-ВБФ-ВГАВМ № 405); ротавируса (РТВ-ВБФ-ВГАВМ № 401); коронавируса (КВ-ВБФ-ВГАВМ № 407).

Результаты исследований по определению полноты инактивации вирусов представлены в табл. 2.

При проведении исследований по изучению влияния инактивантавирующих веществ на культуру клеток ПЭК определено, что использование формалина в концентрации свыше 0,3%, теотропина свыше 0,1% вызывает дегенерацию монослоя.

Установлено, что использование изученных инактивирующих веществ в небольших

Табл. 1. Сравнительная инфекционная активность вакцинных штаммов

Table 1. Comparative infectious activity of vaccine strains

Вирус	Штамм	Титр вируса	Штамм	Титр вируса
ИРТ	КМИЭВ – 6	6,5 lg ТЦД/50	ИРТ-ВБФ-ВГАВМ № 404	7,5 lg ТЦД/50
Диареи	КМИЭВ – 7	7,0 lg ТЦД/50	ВД-ВБФ-ВГАВМ № 406	7,8 lg ТЦД/50
Парагриппа-3	КМИЭВ – 8	6,3 lg ТЦД/50	ПГ-ВБФ-ВГАВМ № 403	7,0 lg ТЦД/50
Ротавирус	КМИЭВ – 3	7,0 lg ТЦД/50	РТВ-ВБФ-ВГАВМ № 401	8,0 lg ТЦД/50
Коронавирус	КМИЭВ – 1	5,0 lg ТЦД/50	КВ-ВБФ-ВГАВМ № 407	6,6 lg ТЦД/50
РС-вирус	РСВ	3,5 lg ТЦД/50	РСВ-ВБФ-ВГАВМ № 405	4,8 lg ТЦД/50

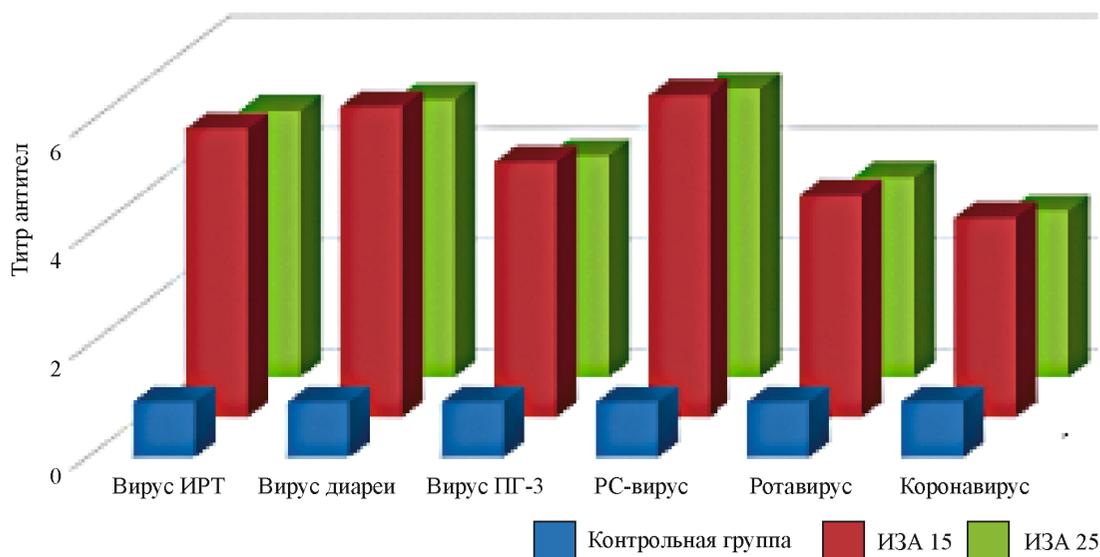
Табл. 2. Результаты изучения действия различных инактиваторов на вакцинные штаммы**Table 2.** Results of the study of the effect of various inactivants on vaccine strains

Вид и штамм вируса	Инактивирующее вещество	Режим инаktivации	
		Концентрация инактиванта, %	Экспозиция, ч
Вирус ИРТ (ИРТ-ВБФ-ВГАВМ № 404)	Формалин	0,2	24
	Теотропин	0,1	24
Вирус диареи (ВД-ВБФ-ВГАВМ № 406)	Формалин	0,2	12
	Теотропин	0,1	24
Вирус парагриппа-3 (ПГ-ВБФ-ВГАВМ № 403)	Формалин	0,2	12
	Теотропин	0,1	24
Ротавирус (РТВ-ВБФ-ВГАВМ № 401)	Формалин	0,2	12
	Теотропин	0,1	24
Коронавирус (КВ-ВБФ-ВГАВМ № 407)	Формалин	0,2	24
	Теотропин	0,1	24
РС-вирус (РСВ-ВБФ-ВГАВМ № 405)	Формалин	0,2	12
	Теотропин	0,1	24

концентрациях (0,1% – теотропин, 0,2% – формалин) вызывает инаktivацию вирусов инфекционного ринотрахеита, диареи, парагриппа-3, респираторно-синцитиального вируса, рота-, коронавируса крупного рогатого скота.

Результаты исследования титров противовирусных антител при введении морским свинкам разработанной вирус-вакцины с различными адьювантами представлены на рисунке.

Иммунизация морских свинок опытными образцами вакцины с различными масляными адьювантами вызывает выработку специфических антител в высоких титрах. Использование адьюванта ИЗА 15 способствовало росту титра антител в сыворотках крови морских свинок к исследуемым вирусам в пределах от $3,6 \pm 0,3$ до $5,8 \pm 0,3 \log^2$, адьюванта ИЗА 25 – от $3,0 \pm 0,3$ до $5,0 \pm 0,3 \log^2$.



Уровень специфических антител в сыворотках крови морских свинок, иммунизированных опытной вакциной с различными адьювантами, \log^2

The level of specific antibodies in the blood sera of guinea pigs immunized with an experimental vaccine with various adjuvants, \log^2

ВЫВОДЫ

1. При конструировании экспериментальной вакцины против вирусных пневмоэнтеритов молодняка крупного рогатого скота необходимо использовать следующие авирулентные штаммы вирусов: инфекционного ринотрахеита (ИРТ-ВБФ-ВГАВМ № 404); диареи (ВД-ВБФ-ВГАВМ № 406); парагриппа-3 (ПГ-ВБФ-ВГАВМ № 4 03); респираторно-синцитиального вируса (РСВ-ВБФ-ВГАВМ № 405); ротавируса (РТВ-ВБФ-ВГАВМ № 401); коронавируса (КВ-ВБФ-ВГАВМ № 407).

2. Выбранные вакцинные штаммы не реактогенные, вызывают активную выработку противовирусных антител в достаточно высоких титрах как у лабораторных животных (белые мыши), так и у сельскохозяйственных (крупный рогатый скот).

3. Наиболее эффективным инактивирующим веществом является 0,1%-й теотропин и 0,2%-й формалин.

4. Оптимальный адъювант при изготовлении экспериментальной вирус-вакцины против вирусных пневмоэнтеритов молодняка крупного рогатого скота – адъювант ИЗА 15 в 15%-й концентрации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Максимович В.В., Дремач Г.Э., Гайсенюк С.Л., Кашпар Л.Н., Шашкова Ю.А. Эпизоотическая ситуация по инфекционным болезням телят первых дней жизни в Республике Беларусь // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2019. Вып. 22, ч. 2. С. 195–201.
2. Пономарев В.В. Влияние способов содержания на резистентность новорожденных телят // Международный вестник ветеринарии. 2013. № 1. С. 51–54.
3. Ковалев Н.А., Красочко П.А., Ястребов А.С. Профилактика вирусных болезней животных в Беларуси: состояние и проблемы // Ученые записки Витебской государственной академии ветеринарной медицины. 2009. Т. 45. Вып. 2, ч. 1. С. 57–62.
4. Красочко П., Красочко П., Ляховский А. Современные основы специфической профилактики инфекционных болезней в Республике Беларусь // Ветеринарное дело. 2020. № 3. С. 24–26.

5. Сусский Е.В., Красочко П.А., Медведев А.П., Вербицкий А.А. Сывороточные и вакцинные препараты для профилактики и терапии инфекционных заболеваний животных: монография. Армавир, 2013. 338 с.
6. Красочко П.А., Понаськов М.А. Специфическая профилактика вирусных энтеритов телят // Ветеринарное дело. 2019. № 7. С. 14–18.
7. Красочко П., Красочко П., Ляховский А. Специфическая профилактика вирусных респираторных инфекций крупного рогатого скота // Ветеринарное дело. 2020. № 5. С. 34–38.
8. Красочко П.А., Притыченко А.В., Черных О.Ю. Подбор адъювантов при конструировании инактивированной вакцины против инфекционного ринотрахеита, вирусной диареи, парагриппа-3 и респираторно-синцитиальной инфекции крупного рогатого скота // Аграрная наука. 2021. № 5. С. 14–16. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-349-5-14-16.
9. Понаськов М.А. Биохимические показатели крови у коров при вакцинации поливалентной вакциной против инфекционного ринотрахеита, вирусной диареи, парагриппа-3, респираторно-синцитиальной, рота- и коронавирусной инфекции крупного рогатого скота // Молочнохозяйственный вестник. 2019. № 3 (35). С. 40–51. DOI: 10.24411/2255-4269-2019-00024.
10. Красочко П.А. Современные подходы к классификации иммуномодуляторов // Эпизоотология, иммунобиология, фармакология и санитария. 2006. № 2. С. 35–40.
11. Красочко П.А., Машеро В.А. Иммуностимуляторы и современные способы коррекции иммунного ответа // Эпизоотология, иммунобиология, фармакология и санитария. 2004. № 1. С. 32–36.

REFERENCES

1. Maksimovich V.V., Dremach G.E., Gaisenuk S.L., Kashpar L.N., Shashkova Yu.A. Epizootic situation of infectious diseases of calves in the first days of life in the Republic of Belarus. *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva = Current problems of intensive development of animal husbandry*, 2019, vol. 22, part 2, pp. 195–201. (In Belarus).
2. Ponomarev V.V. Effect of housing methods on the resistance of newborn calves. *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii = International*

- bulletin of Veterinary Medicine*, 2013, no. 1, pp. 51–54. (In Russian).
3. Kovalev N.A., Krasochko P.A., Yastrebov A.S. Prevention of viral diseases of animals in Belarus: state and problems. *Uchenye zapiski Vitebskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny = Scientific Notes. Proceedings of the Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine*, 2009, vol. 45, issue 2, part 1, pp. 57–62. (In Belarus).
 4. Krasochko P., Krasochko P., Lyakhovskii A. The modern basis for specific prophylaxis of infectious diseases in the Republic of Belarus. *Veterinarnoe delo = Veterinary Business*, 2020, no. 3, pp. 24–26. (In Belarus).
 5. Susskii E.V., Krasochko P.A., Medvedev A.P., Verbitskii A.A. *Serum and vaccine preparations for the prevention and treatment of infectious animal diseases*. Armavir, 2013, 338 p. (In Russian).
 6. Krasochko P.A., Ponas'kov M.A. Specific prevention of viral enteritis in calves. *Veterinarnoe delo = Veterinary Business*, 2019, no. 7, pp. 14–18. (In Belarus).
 7. Krasochko P., Krasochko P., Lyakhovskii A. Specific prevention of viral respiratory infections in cattle. *Veterinarnoe delo = Veterinary Business*, 2020, no. 5, pp. 34–38. (In Belarus).
 8. Krasochko P.A., Pritychenko A.V., Chernykh O. Yu. Selection of adjuvants in the design of an inactivated vaccine against infectious rhinotracheitis, viral diarrhea, parainfluenza-3 and respiratory syncytial infection in cattle. *Agrarnaya nauka = Agrarian science*, 2021, no. 5, pp. 14–16. (In Russian). DOI: 10.32634/0869-8155-2021-349-5-14-16.
 9. Ponas'kov M.A. Biochemical parameters of blood in cows vaccinated with polyvalent vaccine against infectious rhinotracheitis, viral diarrhea, parainfluenza-3, respiratory syncytial, rota and coronavirus infection in cattle. *Molochnokhozyaistvennyi vestnik = Molochnokhozyaistvenny Vestnik*, 2019, no. 3 (35), pp. 40–51. (In Russian). DOI: 10.24411/2255-4269-2019-00024.
 10. Krasochko P.A. Current approaches to the classification of immunomodulators. *Epizootologiya, immunobiologiya, farmakologiya i sanitariya = Epizootology immunobiology pharmacology sanitation*, 2006, no. 2, pp. 35–40. (In Russian).
 11. Krasochko P.A., Mashero V.A. Immunostimulants and modern ways of correcting the immune response. *Epizootologiya, immunobiologiya, farmakologiya i sanitariya = Epizootology immunobiology pharmacology sanitation*, 2004, no. 1, pp. 32–36. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Красочко П.А.**, доктор ветеринарных наук, доктор биологических наук, профессор; **адрес для переписки:** Республика Беларусь, 210026, Витебск, Первая улица Доватора, 7/11; e-mail: krasochko@mail.ru

Понаськов М.А., магистр ветеринарных наук, ассистент

AUTHOR INFORMATION

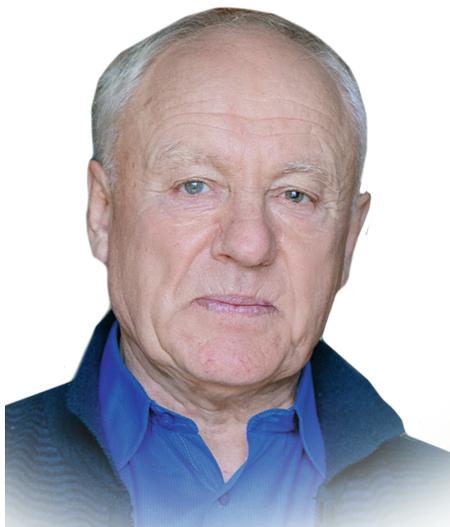
✉ **Petr A. Krasochko**, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Doctor of Science in Veterinary and Biology, Professor; **address:** 7/11, Pervaya Uliza Dovatora, Vitebsk, 210026, Republic of Belarus; e-mail: krasochko@mail.ru

Mikhail A. Ponaskov, Master of Veterinary Science, Assistant

Дата поступления статьи /Received by the editors 30.07.2021
Дата принятия к публикации /Accepted for publication 29.10.2021
Дата публикации /Published 25.11.2021



ВЛАДИМИР АНДРЕЕВИЧ СОЛОШЕНКО



В ноябре 2021 г. академику РАН, доктору сельскохозяйственных наук, профессору, заслуженному деятелю науки Российской Федерации Владимиру Андреевичу Солошенко исполнилось 75 лет.

В.А. Солошенко – известный ученый, внесший существенный вклад в развитие теоретических основ животноводства и кормопроизводства. Его исследования направлены на создание новых типов и пород животных, их кормление, разработку прорывных технологий в кормоприготовлении и обучение им специалистов села и вузов. Под руководством и при непосредственном участии Владимира Андреевича созданы порода и два высокопродуктивных типа молочного скота, три типа специализированного мясного скота. Совместно с ПО «Сиббиофарм» разработана новая технология получения зерновой патоки из мало востребованных зерновых культур, балансирующей рационах сельскохозяйственных животных по сахарам и белку. Оборудование работает во многих хозяйствах Новосибирской области и за ее пределами.

В.А. Солошенко, являясь директором Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства, при создании породы крупного рогатого скота Сибирячка координировал научную работу по ее формированию. Ранее, занимая должность заместителя директора по научной работе и руководителя отдела технологии кормов, совместно с коллективом разрабатывал новые технологии приготовления кормов и совершенствовал нормы кормления. Под его руководством был подготовлен справочник «Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных» (2003 г.), «Рекомендации по детализированному кормлению молочного скота» (2016 г.), разработаны рецепты кормосмесей для выращивания молодняка молочного скота (1975 г.).

В.А. Солошенко экспериментально доказана целесообразность скармливания грубых, сочных и концентрированных кормов в составе кормосмеси. Методы ингибирования вредных веществ в сое, рапсе, ржи; использование хелатных форм минералов; применение наночастиц серебра в кормлении всех видов животных опубликованы в 310 статьях и 6 монографиях. Приоритет селекционных и технологических разработок защищен 13 патентами.

Под руководством Владимира Андреевича подготовлено восемь программ интенсификации производства животноводческой продукции для Новосибирской области.

В.А. Солошенко входит в состав ученого совета СФНЦА РАН, научно-экспертных советов при правительстве Новосибирской области, НТС при Министерстве сельского хозяйства, является экспертом по оценке проектов животноводческих ферм и членом экспертных советов РАН, СО РАН, РНФ.

Под руководством В.А. Солошенко защищено 9 докторских и 16 кандидатских диссертаций, в настоящее время он руководит двумя соискателями. Более 20 лет Владимир Андреевич занимается подготовкой и аттестацией студентов и аспирантов, ведет подготовку специалистов для сельского хозяйства региона.

За большой личный вклад в развитие аграрной науки, разработку технологий в сфере кормопроизводства, создание новых типов молочного и мясного скота, внедрение НИР и ОКР в сельскохозяйственное производство, подготовку научных кадров В.А. Солошенко награжден памятной медалью «За вклад в развитие Новосибирской области», почетными грамотами губернатора и законодательного собрания, министерства сельского хозяйства Новосибирской области, Новосибирского Совета депутатов.

В настоящее время Владимир Андреевич продолжает трудиться руководителем научного направления СибНИПТИЖ СФНЦА РАН.

Сотрудники СФНЦА РАН поздравляют Владимира Андреевича и желают ему здоровья, счастья и новых творческих успехов.

Коллектив Сибирского федерального научного центра
агробиотехнологий Российской академии наук



ПАМЯТИ ТОВАРИЩА
IN MEMORY OF

ОЛЬГА НИКОЛАЕВНА ЖИТЕЛЕВА



С прискорбием сообщаем, что 8 октября 2021 г. на 59-м году после тяжелой продолжительной болезни ушла из жизни заместитель главного редактора журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» Ольга Николаевна Жителева.

Ольга Николаевна родилась 2 декабря 1962 года. В 1985 году окончила Новосибирский государственный университет по специальности «экономист-математик».

По окончании университета 19 лет работала в Управлении социальной защиты населения администрации Новосибирской области.

На работу в Сибирское отделение Россельхозакадемии на должность заместителя главного редактора журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» Ольга Николаевна была принята в 2006 г. В это время значительно повысились требования к научным академическим изданиям. Новый заместитель была в курсе всех этих требований. Как грамотный, энергичный, вникающий во все тонкости своего дела специалист, Ольга Николаевна старалась повысить научный уровень журнала путем тщательного отбора статей, работы с авторами, руководителями институтов. Журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» всегда был в каталоге ВАК, поэтому авторы имели возможность публиковать свои работы для защиты кандидатских и докторских диссертаций. Ольга Николаевна начала большую работу по включению журнала в международную базу цитирования «Скопус». К сожалению, большие надежды и планы талантливого руководителя оборвала преждевременная смерть.

Выражаем глубокие соболезнования родным и близким Ольги Николаевны, а также всем, кто знал ее и работал с ней.

От коллектива СФНЦА РАН и журнала
«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
чл.-кор. РАО К.С. Голохваст, главный редактор академик РАН А.С. Донченко

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Правила публикации рукописей в журнале определяют требования к оформлению, научной экспертизе и подготовке к публикации направляемых в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рукописей. Правила для авторов составлены на основе этических принципов, общих для членов научного сообщества, и правил публикации в международных и отечественных научных периодических изданиях, а также в соответствии с требованиями ВАК для периодических изданий, включенных в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал публикует оригинальные статьи по фундаментальным и прикладным проблемам по направлениям:

- общее земледелие и растениеводство;
- селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений;
- защита растений;
- кормопроизводство;
- кормление сельскохозяйственных животных и технологии кормов;
- ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунологией;
- технология и средства механизации сельского хозяйства.

В журнале также публикуются обзоры, краткие сообщения, хроника, рецензии, книжные обзоры, материалы по истории сельскохозяйственной науки и деятельности учреждений и ученых.

Статья, направляемая в редакцию, должна соответствовать тематическим разделам журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»:

Наименование рубрики	Группы специальностей научных работников в соответствии с Номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени
Земледелие и химизация	06.01.01 Общее земледелие и растениеводство
Растениеводство и селекция	06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений
Защита растений	06.01.07 Защита растений
Кормопроизводство	06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов
Животноводство и ветеринария	06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных
Механизация, автоматизация, моделирование и информационное обеспечение	05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства
Проблемы. Суждения	06.01.01 Общее земледелие и растениеводство 06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений 06.01.07 Защита растений 06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов 05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Журнал принимает материалы от аспирантов, соискателей, докторантов, специалистов и экспертов в данной области.

При направлении статьи в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рекомендуем руководствоваться следующими правилами.

РЕКОМЕНДАЦИИ АВТОРУ ДО ПОДАЧИ СТАТЬИ

Представление статьи в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» подразумевает, что:

- статья ранее не была опубликована в другом журнале;
- статья не находится на рассмотрении в другом журнале;
- все соавторы согласны с публикацией текущей версии статьи.

Перед отправкой статьи на рассмотрение необходимо убедиться, что в файле (файлах) содержится вся необходимая информация на русском и английском языках, указаны источники информации, размещенной на рисунках и в таблицах, все ссылки оформлены корректно.

На публикацию представляемых в редакцию материалов требуется письменное разрешение и рекомендация руководства организации, на средства которой проводилась работа. 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 на русском и английском языках (не более 70 знаков).

Фамилии и инициалы авторов, информация об авторах, полное официальное название научного учреждения, в котором проведены исследования, а также его полный почтовый адрес (включая индекс, город и страну), на русском и английском языках.

Если в подготовке статьи принимали участие авторы из разных учреждений, необходимо указать принадлежность каждого автора к конкретному учреждению с помощью надстрочного индекса.

Информация о конфликте интересов либо его отсутствии. Автор обязан уведомить редактора о реальном или потенциальном конфликте интересов, включив информацию о конфликте интересов в соответствующий раздел статьи. Если конфликта интересов нет, автор должен также сообщить об этом.

Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

Реферат на русском и английском языках. Реферат является кратким и последовательным изложением материала статьи по основным разделам и должен отражать основное содержание, следовать логике изложения материала и описания результатов в статье с приведением конкретных данных. Объем реферата не менее 200–250 слов. Не следует включать впервые введенные термины, аббревиатуры (за исключением общеизвестных), ссылки на литературу. В реферате не следует подчеркивать новизну, актуальность и личный вклад автора; место исследования необходимо указывать до области (края), не упоминать конкретные организации.

Ключевые слова на русском и английском языках. 5–7 слов по теме статьи. Желательно, чтобы ключевые слова дополняли аннотацию и название статьи.

Благодарности на русском и английском языках. В этом разделе указываются все источники финансирования исследования, а также благодарности людям, которые участвовали в работе над статьей, но не являются ее авторами.

Основной текст статьи. При изложении оригинальных экспериментальных данных рекомендуется использовать подзаголовки:

ВВЕДЕНИЕ (постановка проблемы, цель, задачи исследования)

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ (условия, методы (методика) исследований, описание объекта, место и время проведения)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ или **ВЫВОДЫ**

Теоретические, обзорные и проблемные статьи могут иметь произвольную структуру, но обязательно должны содержать реферат, ключевые слова, список литературы.

Список литературы. Библиографический список должен быть оформлен в виде общего списка в порядке цитирования в тексте (не менее 15 источников), желательны ссылки на источники 2–3-летнего срока давности. Список литературы должен быть оформлен в соответствии с требованиями и правилами составления библиографической ссылки (ГОСТ Р 7.05–2008). В тексте ссылка на источник отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на тех языках, на которых она издана. В библиографическое описание публикации необходимо вносить всех авторов, не сокращая их одним, тремя и т.п. Недопустимо сокращение названий статей, журналов, издательств.

В список литературы включаются только рецензируемые источники: статьи из научных журналов и монографии, упоминающиеся в тексте статьи.

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ И REFERENCES

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

Монография

Климова Э.В. Полевые культуры Забайкалья: монография. Чита: Поиск, 2001. 392 с.

Часть книги

Холмов В.Г. Минимальная обработка кулисного пара под яровую пшеницу при интенсификации земледелия в южной лесостепи Западной Сибири // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. М.: Агропромиздат, 1990. С. 230–235.

Периодическое издание

Пакуль А.Л., Лапшинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Технологические качества зерна мягкой яровой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 4. С. 27–35. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4.

REFERENCES составляется в том же порядке, что и русскоязычный вариант, по следующим правилам:

Фамилии И.О. авторов в транслитерированном варианте, англоязычное название статьи, *транслитерация названия русскоязычного источника = англоязычное название источника*,

(для монографии: город, англоязычное название издательства, год, количество страниц; для журнала: год, номер, страницы). (In Russian).

Транслитерация осуществляется через сайт: <https://antropophob.ru/translit-bsi>

Пример: Avtor A.A., Avtor B.B., Avtor C.C. Title of article.

Транслитерация авторов. Англоязычное название статьи
Zaglavie jurnala = Title of Journal, 2012, vol. 10, no. 2, pp. 49–54.

Транслитерация источника = Англоязычное название источника

Монография

Klimova E.V. *Field crops of Zabaikalya*. Chita, Poisk Publ., 2001, 392 p. (In Russian).

Часть книги

Kholmov V.G. Minimum tillage of coulisse-strip fallow for spring wheat with intensification of arable agriculture in southern forest-steppe of Western Siberia. *Resource-saving tillage systems*, Moscow, Agropromizdat Publ., 1990, pp. 230–235. (In Russian).

Периодическое издание

Pakul A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul V.N. Technological grain qualities of spring common wheat depending on the system of soil tillage. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 27–35. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4.

Если необходимо сослаться на авторефераты, диссертации, сборники статей, учебники, учебные пособия, ГОСТы, информацию с сайтов, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и прочее, то такую информацию следует оформить в *сноску* в конце страницы. Сноски нумеруются арабскими цифрами, размещаются постранично сквозной нумерацией.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СНОСКИ:

Цитируемый текст¹.

¹Климова Э.В., Андреева О.Т., Темникова Г.П. Пути стабилизации кормопроизводства Забайкалья // Проблемы и перспективы совершенствования зональных систем земледелия в современных условиях: материалы науч.-практ. конф. (Чита, 16–17 октября 2008 г.). Чита, 2009. С. 36–39.

Цифровой идентификатор Digital Object Identifier – DOI (когда он есть у цитируемого материала) необходимо указывать в конце библиографической ссылки.

Пример:

Chu T., Starek M.J., Brewer M.J., Murray S.C., Pruter L.S. Assessing lodging severity over an experimental maize (*Zea mays* L.) field using UAS images // *Remote Sensing*. 2017. Vol. 9. P. 923. DOI: 10.3390/rs9090923.

Наличие DOI статьи следует проверять на сайте <http://search.crossref.org/> или <https://www.citethisforme.com>. Для этого нужно ввести в поисковую строку название статьи на английском языке.

РИСУНКИ, ТАБЛИЦЫ, СКРИНШОТЫ И ФОТОГРАФИИ

Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Все рисунки должны иметь подрисуночные подписи. Подрисуночную подпись необходимо перевести на английский язык. Рисунки нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если рисунок в тексте один, то он не нумеруется. Отсылки на рисунки оформляются следующим образом: «На рис. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. рис. 3)». Подрисуночная подпись включает порядковый номер рисунка и его название. «Рис. 2. Описание жизненно важных процессов». 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: «Табл. 2. Описание жизненно важных процессов». 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 изображении 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!

Подписку на журнал, как на годовой комплект, так и на отдельные номера журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки», можно оформить одним из следующих способов:

- на сайте Почта России. Зайти в раздел «Онлайн-сервисы», затем – Подписаться на газету или журнал». Подписной индекс издания ПМ401;
- в агентстве подписки ГК «Урал-Пресс» по индексу 46808. Ссылка на издание http://ural-press.ru/catalog/97210/8656935/?sphrase_id=319094. В разделе контакты зайти по ссылке <http://ural-press.ru/contact/>, где можно выбрать филиал по месту жительства;
- в редакции журнала (телефон 383-348-37-62, e-mail: sibvestnik@sfzca.ru).

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**
SIBIRSKII VESTNIK SEL'SKOKHOZYAISTVENNOI NAUKI

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

ESTABLISHED IN 1971

6 ISSUES PER YEAR

Volume 51, No 5 (282)

DOI: 10.26898



2021

September – October

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

Deputy Chief Editor Tatyana A. Lombanina, Head of the Editorial and Publishing Department of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Editorial board:

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

Foreign Members of Editorial Board:

Vladimir V. Azarenko	Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. of Belarus, Dr. Sci. in Engineering, Academician-Secretary of the Department of Agrarian Sciences NASB, Minsk, Belarus
B. Byambaa	Member of the Mongolian Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, President of the Mongolian Acad. of Agricultural Sci., Ulaanbaatar, Mongolia
Askar M. Nametov	Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. Rep. of Kazakhstan, Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University, Rector, Astana, Kazakhstan
Vasil Nikolov	Prof., Dr., Chairman of the Agricultural Acad. Rep. of Bulgaria, Sofia, Bulgaria
Sezai Ercişli	Professor, Ataturk University, Turkey
Seyd Ali Johari	Associate Professor, University of Kurdistan, Iran
Seung Hwan Yang	Professor, Chonnam National University, Republic of Korea

Editors *E.V. Mosunova, G.N. Yagupova*. Corrector *V.E. Selianina*. Desktop Publisher *N.U. Borisko*. Translator *M.Sh. Gacenko*
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: sibvestnik@sfscra.ru, vestnik.nsk@ngs.ru; www.sibvest.elpub.ru



www.sibvest.elpub.ru

THE SCIENTIFIC JOURNAL
SIBERIAN HERALD
OF AGRICULTURAL SCIENCE
SIBIRSKII VESTNIK SEL'SKOKHOZYAISTVENNOI NAUKI

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

ESTABLISHED IN 1971

6 ISSUES PER YEAR

Volume 51, No 5 (282)

DOI: 10.26898



2021

September – October

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

Deputy Chief Editor Tatyana A. Lombanina, Head of the Editorial and Publishing Department of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Editorial board:

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



www.sibvest.elpub.ru

Foreign Members of Editorial Board:

Vladimir V. Azarenko	Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. of Belarus, Dr. Sci. in Engineering, Academician-Secretary of the Department of Agrarian Sciences NASB, Minsk, Belarus
B. Byambaa	Member of the Mongolian Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, President of the Mongolian Acad. of Agricultural Sci., Ulaanbaatar, Mongolia
Askar M. Nametov	Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. Rep. of Kazakhstan, Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Zhanger Khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University, Rector, Astana, Kazakhstan
Vasil Nikolov	Prof., Dr., Chairman of the Agricultural Acad. Rep. of Bulgaria, Sofia, Bulgaria
Sezai Ercişli	Professor, Ataturk University, Turkey
Seyed Ali Johari	Associate Professor, University of Kurdistan, Iran
Seung Hwan Yang	Professor, Chonnam National University, Republic of Korea

Editors *E.V. Mosunova, G.N. Yagupova*. Corrector *V.E. Selianina*. Desktop Publisher *N.U. Borisko*. Translator *M.Sh. Gacenko*
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: sibvestnik@sfsca.ru, vestnik.nsk@ngs.ru; www.sibvest.elpub.ru