

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 12 РАЗ В ГОД

Том 53, № 4 (293)

DOI: 10.26898



2023

апрель

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

**Заместитель главного редактора** – Ломбанина Татьяна Александровна, заведующая издательством «Агронаука» Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Россия

**Редакционная коллегия:**

В.В. Азаренко	д-р техн. наук, член-корреспондент НАН Беларуси, Минск, Беларусь
В.В. Альт	академик РАН, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
О.С. Афанасенко	академик РАН, д-р биол. наук, Санкт-Петербург, Россия
Б. Бямбаа	д-р вет. наук, академик Академии наук Монголии, Улан-Батор, Монголия
А.Н. Власенко	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
Н.Г. Власенко	академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
К.С. Голохваст	член-корреспондент РАО, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
О.В. Голуб	д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
Н.П. Гончаров	академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
М.И. Гулюкин	академик РАН, д-р вет. наук, Москва, Россия
В.Н. Десягин	д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
С.А. Джохари	профессор, PhD, Санандадж, Иран
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
Н.И. Кашеваров	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
В.И. Кириюшин	академик РАН, д-р биол. наук, Москва, Россия
С.Н. Магер	д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
К.Я. Мотовилов	член-корреспондент РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
О.К. Мотовилов	д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
А.М. Наметов	д-р вет. наук, член-корреспондент НАН Республики Казахстан, Уральск, Казахстан
В.С. Николов	д-р вет. наук, София, Болгария
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. Храпцов	академик РАН, д-р с.-х. наук, Омск, Россия
С. Эркисли	профессор, PhD, Эрзурум, Турция
С.Х. Янг	профессор, PhD, Кванджу, Корея



[www.sibvest.elpub.ru](http://www.sibvest.elpub.ru)

Редакторы *Е.М. Исаевич, Е.В. Мосунова, Г.Н. Ягутова*. Корректор *В.Е. Селянина*.

Оператор электронной верстки *Н.Ю. Борisko*. 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 агробиотехнологий Российской академии наук**

Адрес редакции и издателя: 630501, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, здание СФНЦА РАН, к. 456, а/я 463

Адрес типографии: 630501, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, здание СибНИИ кормов, к. 156

Тел./факс: (383)348-37-62; e-mail: [sibvestnik@sfsca.ru](mailto:sibvestnik@sfsca.ru), [vestnik.nsk@ngs.ru](mailto:vestnik.nsk@ngs.ru); <https://sibvest.elpub.ru/jour>

Вышел в свет 22.05.2023. Формат 60 × 84<sup>1/8</sup>. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 15,75

Уч.-изд. л. 15,5. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агробиотехнологий Российской академии наук

© ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук», 2023

© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2023



*СОДЕРЖАНИЕ*

*CONTENTS*

*ЗЕМЛЕДЕЛИЕ  
И ХИМИЗАЦИЯ*

*AGRICULTURE  
AND CHEMICALIZATION*

- |  |           |   |
|--|-----------|---|
| <b>Чевердин Ю.И., Киценко В.П., Чевердин А.Ю.</b> Микробиологическая активность чернозема в зависимости от характера использования и размера почвенных агрегатов             | <b>5</b>  | <b>Cheverdin Yu.I., Kitsenko V.P., Cheverdin A.Yu.</b> Microbiological activity of chernozem depending on the use and size of soil aggregates   |
| <b>Гретченко А.Е., Мезенцева Ю.О., Михайлова М.П.</b> Влияние применения биопрепаратов и гербицидов на формирование урожайности среднеспелого сорта сои в условиях Приамурья | <b>13</b> | <b>Gretchenko A.E., Mezentseva Yu.O., Mikhailova M.P.</b> Effect of biopreparations and herbicides use on the yield formation of a mid-ripening soybean variety under conditions of the Amur region |

*РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ*

*PLANT GROWING AND BREEDING*

- |  |           |   |
|--|-----------|---|
| <b>Сазонов Ф.Ф.</b> Проявление признака многокистности смородины черной  | <b>23</b> | <b>Sazonov F.F.</b> Manifestation of multiple racemes trait of black currant  |
| <b>Попова Г.А., Рогальская Н.Б., Трофимова В.М.</b> Мировые генетические ресурсы льна коллекции ВИР в создании сортов Томской селекции | <b>34</b> | <b>Popova G.A., Rogalskaya N.B., Trofimova V.M.</b> World's genetic resources of the VIR flax collection in the creation of Tomsk selection varieties |

- |   |     |   |  |
|---|-----|---|--|
| <p><b>Зайцев С.А., Бычкова В.В., Волков Д.П., Башинская О.С., Матюшин П.А.</b> Оценка комбинационной способности линий кукурузы на содержание крахмала</p>  | 48  | <p><b>Zaitsev S.A., Bychkova V.V., Volkov D.P., Bashinskaya O.S., Matyushin P.A.</b> Evaluation of combination ability of corn lines for starch content</p>                       |  |
| <p><b>Федина Л.А., Малышева С.К.</b> Распространение адвентивных видов <i>Galinsoga parviflora</i> и <i>G. quadriradiata</i> (Asteraceae) на юге Дальнего Востока</p>                               | 57  | <p><b>Fedina L.A., Malysheva S.K.</b> Distribution of the adventive species <i>Galinsoga parviflora</i> and <i>G. quadriradiata</i> (Asteraceae) in the south of the Far East</p> |  |
| <p><b>Нигматзянов Р.А., Сорокопудов В.Н.</b> Бельская – новый сорт смородины черной</p>   | 64  | <p><b>Nigmatzyanov R.A., Sorokopudov V.N.</b> Belskaya – a new variety of black currant</p>   |  |
| <p><i>ЗООТЕХНИЯ<br/>И ВЕТЕРИНАРИЯ</i></p>   |     | <p><i>ZOO TECHNICS<br/>AND VETERINARY MEDICINE</i></p>  |  |
| <p><b>Семенова О.В., Котенева С.В., Нefeldченко А.В., Судоргина Т.Е., Глотова Т.И., Глотов А.Г.</b> Вспышка болезни слизистых оболочек у крупного рогатого скота, вызванная <i>Pestivirus H</i></p> | 71  | <p><b>Semenova O.V., Koteneva S.V., Nefedchenko A.V., Sudorgina T.E., Glotova T.I., Glotov A.G.</b> An outbreak of mucosal disease in cattle caused by <i>Pestivirus H</i></p>    |  |
| <p><b>Нарожных К.Н.</b> Математическое моделирование уровня марганца в мышечной ткани крупного рогатого скота</p>   | 81  | <p><b>Narozhnykh K.N.</b> Mathematical modelling of the manganese level in the muscle tissue of cattle</p>  |  |
| <p><b>Колосова М.А., Гетманцева Л.В., Бакоев Н.Ф., Костюнина О.В.</b> Биоразнообразие свиней различных пород на основе анализа D-петли мтДНК</p>  | 93  | <p><b>Kolosova M.A., Getmantseva L.V., Bakoev N.F., Kostyunina O.V.</b> Biodiversity of pigs of various breeds based on the analysis of mtDNA D-loop</p>                          |  |
| <p><b>Ковалева Г.П., Лапина М.Н., Сулыга Н.В., Витол В.А.</b> Продуктивность потомства быков-производителей с разной индексной оценкой</p>  | 101 | <p><b>Kovaleva G.P., Lapina M.N., Sulyga N.V., Vitol V.A.</b> Productivity of the servicing bulls progeny with different index scores</p>   |  |

- Ярышкин А.А., Шаталина О.С., Ткаченко И.В., Лешонок О.И.** Ассоциации полиморфизма гена соматотропина (GH) с показателями молочной продуктивности коров **107** **Yaryshkin A.A., Shatalina O.S., Tkachenko I.V., Leshonok O.I.** Associations of somatotropin (GH) gene polymorphism with lactation performance of cows

*МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ,  
МОДЕЛИРОВАНИЕ  
И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ*

*MECHANISATION, AUTOMATION,  
MODELLING AND DATAWARE*

- Чекусов М.С., Юшкевич Л.В., Михальцов Е.М., Кем А.А., Даманский Р.В., Шмидт А.Н., Ющенко Д.Н.** Уборка методом очеса как способ снегозадержания в условиях степи Западной Сибири **114** **Chekusov M.S., Yushkevich L.V., Mikhaltsov E.M., Kem A.A., Damansky R.V., Schmidt A.N., Yushchenko D.N.** Stripping as a snow retention method in the steppe conditions of Western Siberia



## МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ХАРАКТЕРА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И РАЗМЕРА ПОЧВЕННЫХ АГРЕГАТОВ

Чевердин Ю.И., Киценко В.П., (✉)Чевердин А.Ю.

*Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева*

Воронежская область, Россия

(✉)e-mail: cheverdin@bk.ru

Представлены результаты исследований по изучению изменения биологической и ферментативной активности почвы в зависимости от антропогенного влияния и размера почвенных агрегатов. Работа выполнена в 2015–2021 гг. в условиях юго-востока Центрального Черноземья. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный (сегрегационный) среднесиловый среднегумусный тяжелосуглинистый. Объекты исследований – пашня с 1952 г. и залежь, используемая под сенокос с 1882 г. Показано количественное изменение отдельных групп микроорганизмов, определяемое характером воздействия на почвенный покров. Общее количество микроорганизмов как на пашне, так и в черноземах под естественной растительностью было на одном уровне – 40,0 и 39,3 млн КОЕ соответственно. Отмечены существенные различия биологической активности черноземов по отдельным группам структуры микробного ценоза. Выявлено увеличение количества бактерий аммонификаторов в пахотном аналоге в среднем на 30,7%, микромицетов – на 4,4, целлюлозолитиков – на 46,4, нитрификаторов – на 46,9, расчетного коэффициента гумификации – на 45,4%. По другим компонентам микробного ценоза отмечено преимущество залежных степных почв: актиномицетов на 18,5%, минерализаторов гумуса на 11,8%. Показано увеличение активности большинства групп микроорганизмов в структурных отдельностях меньшего размера – 1–5 мм. В более крупных мезоагрегатах численность КОЕ снижается. Наиболее рельефно данная закономерность прослеживается в агрогенно измененных почвах. В почвах, занятых естественной растительностью, отмечена более высокая активность биохимических процессов.

**Ключевые слова:** чернозем, залежь, пашня, почвенные агрегаты, микробиологическая активность, ферментативная активность

## MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF CHERNOZEM DEPENDING ON THE USE AND SIZE OF SOIL AGGREGATES

Cheverdin Yu.I., Kitsenko V.P., (✉)Cheverdin A.Yu.

*Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev*

Voronezh region, Russia

(✉)e-mail: cheverdin@bk.ru

The results of the studies of changes in biological and enzymatic activity of soils depending on the anthropogenic influence and the size of soil aggregates are presented. The work was carried out in 2015–2021 in the conditions of the south-east of the Central Chernozem region. The soil of the experimental site is ordinary (segregational) medium-sized medium-humus heavy loamy chernozem. The objects of research are long-used arable land and the layland used for haying since 1882. The quantitative change of individual groups of microorganisms, determined by the nature of the impact on the soil cover, is shown. The total number of microorganisms in both arable land and chernozems under natural vegetation was at the same level of 40.0 and 39.3 million CFU, respectively. Signifi-

cant differences in the biological activity of chernozems by individual groups of microbial cenosis structure were noted. An increase in the number of ammonification bacteria on the arable analogue was revealed by an average of 30.7%; micromycetes by 4.4%; cellulolytics by 46.4%; nitrifiers by 46.9%; calculated humification coefficient by 45.4%. According to other components of microbial cenosis, the advantage of layland steppe soils is noted: actinomycetes by 18.5%; humus mineralizers by 11.8%. An increase in the activity of most groups of microorganisms was shown in the smaller structural units of 1-5 mm. In larger mesoaggregates, CFU numbers tend to decrease. This pattern is most clearly traced in agrogenically altered soils. In the soils occupied by natural vegetation, there is a higher activity of biochemical processes.

**Keywords:** chernozem, layland, arable land, soil aggregates, microbiological activity, enzymatic activity

**Для цитирования:** Чевердин Ю.И., Киценко В.П., Чевердин А.Ю. Микробиологическая активность чернозема в зависимости от характера использования и размера почвенных агрегатов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 4. С. 5–12. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-1>

**For citation:** Cheverdin Yu.I., Kitsenko V.P., Cheverdin A.Yu. Microbiological activity of chernozem depending on the use and size of soil aggregates. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 4, pp. 5–12. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-1>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Черноземы – основные фоновые почвы Центрально-Черноземной зоны – обладают высоким природным плодородием. Длительное сельскохозяйственное использование приводит к изменению их свойств и качества: в первую очередь трансформируются агрохимические и агрофизические параметры пахотного слоя почвы. В результате интенсивного агрогенного воздействия существенным образом изменяются плотность сложения, структурный и гранулометрический состав, микроагрегатное состояние, биологическая активность, продуктивность пашни и другие показатели [1–5].

Более высокая урожайность культур формируется при оптимальных показателях плотности почвы [6]. Регулирование плодородия почвы затрагивает многие аспекты. Радикальным и быстрым действенным средством повышения обеспеченности растений элементами минерального питания является применение минеральных удобрений [7]. Их внесение снижает негативные риски, связанные с засухой, что особенно актуально в степных регионах России с недостаточным увлажнением [8].

Показатели физического состояния, в свою очередь, определяют направленность и течение почвенных процессов, отвечающих за химические, физико-химические, микробиологические аспекты плодородия. Повышение плотности почвы может служить сдерживающим фактором их биологической активности [9, 10]. Структурно-агрегатное состояние находится в тесной взаимосвязи с содержанием гумуса почвы [11]. Рядом авторов отмечается изменение микробиологической активности, показателей плодородия в зависимости от структурного состояния почвы [12, 13].

Цель исследования – изучить изменение структуры микробного ценоза чернозема в зависимости от размера почвенных агрегатов в результате агрогенного воздействия.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в Воронежском федеральном аграрном научном центре им. В.В. Докучаева в течение 2015–2022 гг. Объекты исследований – залежь с 1882 г. и пахотный участок с 1952 г. Участок залежи используют для ежегодного сенокоса на протяжении 140 лет, пахотный аналог –

в зернопропашном севообороте. Обработка почвы – вспашка на глубину 20–22 см. Почва – чернозем обыкновенный среднеспелый на тяжелых карбонатных суглинках. Содержание гумуса: залежь – 10,2%, пашня – 6,7%, рН водной вытяжки 6,8–7,2. Количество обменного кальция составляет 30–32 ммоль (экв.)/100 г почвы, магния – 5–7 ммоль (экв.)/100 г. В годы проведения исследований складывались благоприятные условия увлажнения. Количество осадков за год составило более 500 мм при среднемноголетнем значении 430 мм.

Микробиологическую активность определяли по методике<sup>1</sup>, бактерии аммонификаторы – посевом на мясопептонном агаре (МПА), бактерии, использующие минеральные формы азота, и актиномицеты – на крахмал-аммиачном агаре (КАА). Для оценки количества азотобактера использовали почвенные пластины. Численность нитрифицирующих бактерий оценивали при посеве на выщелоченном агаре, минерализаторов гумуса – на нитратном агаре.

Ферментативная активность почвы: активность каталазы определяли по методу Джонсона и Темпле, инвертазы – по методу В.Ф. Куревича, уреазы – по методу А.Ш. Галстяна в

модификации Ф.Х. Хазиева на фотоэлектроколориметре КФК-2-УХЛ4.2, фосфатазы – по методу Ф.Х. Хазиева на КФК-2-УХЛ4.2<sup>2</sup>.

Структуру микробного ценоза устанавливали в свежих образцах. Непосредственно в полевых условиях почвенные образцы рассеивали на фракции 1–2, 2–3, 3–5, 5–10 и более 10 мм.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам проведенных исследований можно констатировать существенное различие в структуре микробного ценоза в зависимости от размера почвенных частиц. Наиболее заметные различия характерны для пахотных почв. Максимальное количество общей численности микроорганизмов отмечено в агрегатах с минимальным размером 1–2 мм – 43,1 млн КОЕ (см. табл. 1). Увеличение размера почвенных частиц до 10 мм и более приводит к снижению общей численности микроорганизмов до 37,0 млн КОЕ.

На черноземах залежи, используемой для сенокоса, общее количество микроорганизмов по фракциям варьировало в меньшей степени – в пределах 38,2–40,8 млн КОЕ. Исключением служили частицы размером 5–10 мм с численностью 37,8 млн КОЕ.

**Табл. 1.** Структура микробного ценоза (2015–2021 гг.)

**Table 1.** Structure of microbial cenosis (2015–2021)

Вариант	Размер почвенных частиц, мм	Общее количество	МПА	КАА	Актиномицеты	Минерализаторы гумуса	Микромицеты	Целлюлозолитики	Нитрификаторы	Коэффициент гумификации Пм
Пашня с 1952 г.	1–2	43,1	10,3	17,9	2,69	12,1	24,8	64,7	0,47	16,4
	2–3	41,7	10,4	18,1	2,84	10,3	24,2	65,1	0,47	16,6
	3–5	36,1	8,7	15,5	2,29	9,5	24,4	61,3	0,47	13,7
	5–10	42,1	10,5	17,3	2,99	11,3	26,0	57,5	0,45	17,1
	>10	37,0	9,2	17,0	2,94	7,9	30,0	68,5	0,50	14,7
Залежь с 1882 г.	1–2	38,2	7,7	17,4	3,09	10,1	24,0	36,9	0,34	11,0
	2–3	40,8	7,0	18,1	3,48	12,3	25,5	43,2	0,33	9,7
	3–5	40,1	7,4	18,3	3,20	11,3	23,7	44,2	0,30	10,4
	5–10	37,8	7,8	15,9	2,93	11,2	23,5	45,5	0,34	11,7
	>10	39,4	7,6	15,9	3,59	12,2	27,1	46,8	0,32	11,2
НСР <sub>0,95</sub>		0,25	0,12	0,32	0,08	0,51	0,22	0,92	0,03	

<sup>1</sup>Теттер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. М.: Дрофа, 2005. 256 с.

<sup>2</sup>Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.

Необходимо отметить общую закономерность – увеличение всех групп структуры микробного ценоза в почвенных агрегатах меньшего размера. Существенный вклад в иммобилизацию органического углерода вносили микроорганизмы аммонификаторы, произрастающие на мясопептонном агаре (МПА). Более высокое их количество отмечено в агрогенно преобразованных почвах – от 8,7 до 10,5 млн КОЕ/г почвы (см. табл. 1). В залежном участке чернозема обыкновенного количество аммонификаторов варьировало в более узких пределах – 7,0–7,8 млн КОЕ. Можно отметить близкие показатели для почвенных агрегатов независимо от их размера.

В реутилизации минеральных форм азота активное участие принимали микроорганизмы, произрастающие на крахмало-аммиачном агаре. Более высокие показатели активности амилolitikов отмечены в мезоагрегатах размером 1–5 мм как на залежи, так и в пахотном аналоге. Количество микроорганизмов, произрастающих на КАА под естественной растительностью, в этом случае варьировало в пределах 17,4–18,3 млн КОЕ. На пашне отмечены близкие величины – от 17,9 до 18,1 млн КОЕ. Следует отметить более низкую активность данной группы микроорганизмов в почвенных агрегатах с увеличением их размера.

Расчетный коэффициент трансформации органического вещества  $P_m = (M_{ПА} + K_{АА}) \times (M_{ПА}/K_{АА})$ , отражающий процессы гумусоаккумуляции, более высокие значения имел на черноземах, подверженных антропогенному воздействию, – 13,7–17,1. В почвах залежи косимой значения коэффициента  $P_m$  были существенно ниже – 9,7–11,2. Более высокие значения данного коэффициента на пашне характерны для агрономически ценных фракций. Таким образом, при распашке почв и оптимизации физического состояния с доминированием фракции меньших размеров усиливаются процессы гумусоаккумуляции.

Минерализаторы гумуса более высокую численность имели в черноземе залежного участка – 10,1–12,3 млн КОЕ. Пахотные аналоги несколько уступали по этому показателю. Более высокие значения характерны для фракции агрономически ценных агрегатов – от 9,5

до 12,1 млн КОЕ. Следует подчеркнуть, что бактерии, отвечающие за процессы минерализации органического вещества, максимальную активность имели в пахотных почвах во фракциях минимального размера (1–2 мм), постепенно снижаясь при увеличении размера агрегатов. В залежных почвах, наоборот, отмечено снижение активности с увеличением размера почвенных частиц.

Бактериям нитрификаторам принадлежит существенная роль в стабилизации почвенного плодородия. В почвах залежи их фоновая активность несколько уступала пахотным аналогам. Количество нитрификаторов в почвах косимой залежи составило 0,30–0,34 тыс. КОЕ. При распашке вследствие активизации микробиологических процессов их количество увеличивалось до 0,45–0,50 тыс. КОЕ. При этом в почвах пашни активность нитрификаторов была близкой между фракциями. Исключением служила глыбистая часть структурных отдельностей с максимальным их количеством. В залежных аналогах активность нитрификаторов практически не зависела от размера частиц. Можно отметить незначительную флуктуацию от средней величины.

Более высокое содержание актиномицетов выявлено в залежных почвах – 3,09–3,59 млн КОЕ. Распашка привела к заметному снижению данной группы микроорганизмов – до 2,29–2,99 млн КОЕ. В этом случае не отмечено четкой закономерности изменения активности актиномицетов в зависимости от размера мезоагрегатов. На пашне максимальное содержание микроорганизмов отмечено в агрегатах размером 5–10 мм и более – 2,94–2,99 млн КОЕ. В черноземах залежи четкой закономерности не выявлено.

Важная роль в деструкции целлюлозы принадлежит бактериям целлюлозолитикам. Более высокие общие фоновые значения их свойственны пахотным почвам: варьирование на уровне 57,5–68,5 тыс. КОЕ. В почвах залежи их активность существенно ниже – на уровне 36,9–46,8 тыс. КОЕ. Характер активности целлюлозолитиков в зависимости от величины почвенных агрегатов имел свои особенности по различным угольям. На пашне отмечена более высокая численность их в

агрегатах 1–3 мм и в глыбистой части почвенной фракции более 10 мм. В залежной почве с увеличением размера агрегатов активность бактерий целлюлозолитиков растет.

Грибная микрофлора относится к группе микроорганизмов, отвечающих за глубокую деструкцию органического вещества. Более высокие показатели фонового количества микромицетов отмечены на пахотных черноземах – 24,2–30,0 тыс. КОЕ/г почвы. В залежных почвах выявлено снижение их активности до 23,7–27,1 тыс. КОЕ. Отмечены близкие значения численности актиномицетов в агрономически ценных фракциях залежи и пашни. Максимальная активность характерна для глыбистых частиц.

Ферментативная активность – важное свойство почвы. Нами проведена оценка изменения активности уреазы, фосфатазы, инвертазы и каталазы.

По активности каталазы преимущество имели черноземы залежного участка. Она варьировала в интервале 5260–6238 мг NH<sub>3</sub>/100 г почвы (см. табл. 2). Распашка снижала ее активность до 4600–4812 мг NH<sub>3</sub>. Можно отметить общую закономерность снижения каталазной активности с увеличением размера почвенных частиц.

Такой же характер влияния использования угодий свойствен и для фосфатазной активности. На залежи она отмечена на уровне 122,5–160,0 мг глюкозы/100 г почвы, в черноземе пашни – 44,0–92,5 мг глюкозы/100 г.

При этом большие значения выявлены с увеличением размера мезоагрегатов.

Уреаза относится к ферментам, участвующим в превращении белков. Аммиак, образующийся в результате уреазной активности, служит источником повышения плодородия почв. Более высокая активность уреазы отмечена в почвах косимой залежи – 268–354 мг фенолфталеина/100 г почвы. Распашка черноземов вызывает существенное, практически в 2 раза, снижение уреазной активности – до 148–174 мг фенолфталеина/100 г. Как на залежи, так и на пашне отмечено повышение концентрации уреазы в агрегатах больших линейных размеров.

В реакциях трансформации гумусовых веществ активное участие принимают ферменты класса оксигидролаз, к которым относится каталаза. По нашим данным, более высокая каталазная активность отмечена в пахотном черноземе с варьированием от 20,45 до 23,75 O<sub>2</sub> за 3 мин. В почвах залежного степного участка она несколько ниже – на уровне 18,75–20,30 O<sub>2</sub> за 3 мин. Выявлена слабо выраженная тенденция снижения активности этого фермента по мере роста размера почвенных фракций, особенно отчетливо заметная в черноземе залежи.

Физические параметры сложения относятся к основным показателям почвенного плодородия. В результате агрогенного воздействия изменяются показатели структурно-агрегатного состояния черноземов. Раз-

**Табл. 2.** Ферментативная активность почвы

**Table 2.** Soil enzymatic activity

Вариант	Размер почвенных частиц, мм	Инвертаза, мг NH <sub>3</sub> /100 г почвы	Уреаза, мг фенолфталеина/100 г почвы	Фосфатаза, мг глюкозы/100 г почвы	Каталаза, O <sub>2</sub> за 3 мин
Пашня с 1952 г.	1–2	4812	148	44,0	22,25
	2–3	4910	152	47,5	20,75
	3–5	4600	152	66,0	20,45
	5–10	4750	174	90,0	23,75
	>10	4812	160	92,5	23,05
Залежь с 1882 г.	1–2	6238	268	122,5	20,3
	2–3	6180	332	137,5	19,85
	3–5	5710	334	145,0	19,95
	5–10	5600	354	160,0	19,3
	>10	5260	276	147,5	18,75

мер почвенных агрегатов относится к ведущим факторам, определяющим численность и интенсивность почвенно-биологических процессов<sup>3</sup>. В мелких агрегатах более интенсивно происходит трансформация сложных органических соединений за счет большей численности микроорганизмов углеродного цикла.

Агрегатные фракции мелкого размера отличаются большими показателями разнообразия<sup>4</sup>. Увеличение линейных размеров структурных отдельностей приводит к повышению выделения закиси азота, созданию анаэробных условий и негативному влиянию на биологические процессы<sup>5</sup>. Причиной формирования анаэробии в агрегате являются физические процессы набухания – усадки агрегатов, которые способствуют практически постоянному поддержанию в агрегатах недостатка воздуха<sup>6</sup>.

## ВЫВОДЫ

1. Распашка и интенсивное сельскохозяйственное использование черноземов приводят к изменению физических параметров плодородия и направленности биологических и биохимических почвенных процессов. Биологическая активность напрямую связана с характером использования угодий. Отмечено максимальное количество основных групп микроорганизмов в структурных отдельностях мезоагрегатов, относящихся к агрономически ценным фракциям. С увеличением размера почвенных частиц активность почвенной микрофлоры существенно снижается. Применение агротехнических приемов, направленных на улучшение структурного состояния пахотных почв, оптимизацию соотношения сложения мезоагрегатов черноземов при распашке, может служить приемом улучшения плодородия почв.

2. Количество аммонификаторов увеличивается в структурных отдельностях меньшего размера (1–3 мм) агрогенно-преобразованных почв. Вариант залежи в этом отношении более консервативный с меньшей численностью рассматриваемых бактерий независимо от размера фракций.

3. Максимальная численность почвенных бактерий амилитиков (КАА) характерна для агрегатов размером от 1 до 5 мм. Как в черноземе пашни, так и на залежи размеры их были примерно одного порядка.

4. Достоверно большее количество актиномицетов отмечено в почвах залежи. Максимальные величины свойственны глыбистой части структурных отдельностей. Можно предположить, что в обрабатываемых почвах ряд процессов проходит быстрее.

5. По количеству минерализаторов гумуса в обрабатываемых почвах преимущество имеют структурные фракции в интервале 1–3 мм. На залежи в зависимости от размера фракций различий не установлено, что указывает на тождественность процессов минерализации во всех фракциях.

6. Максимальное количество микромицетов выявлено в глыбистой части структурных отдельностей. Это связано с высокой чувствительностью почвенной грибной микрофлоры к аэрации.

7. Фосфатаза, инвертаза, уреазы имеют более высокую активность в почвах, занятых естественной растительностью. По активности каталазы преимуществом обладают почвы агроценоза.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малюкова Л.С., Рогожина Е.В. Информативность численности сапротрофных бактерий, актиномицетов и микромицетов при оценке состояния агрогенно-измененных почв суб-

<sup>3</sup>Василенко Е.С., Кутовая О.В., Тхакахова А.К., Мартынов А.С. Изменение численности микроорганизмов в зависимости от величины агрегатов гумусового горизонта миграционно-мицелярного чернозема // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2014. № 73. С. 150–173.

<sup>4</sup>Иванова Е.А., Кутовая О.В., Тхакахова А.К., Чернов Т.И., Першина Е.В., Маркина Л.Г., Андронов Е.Е., Козут Б.М. Структура микробного сообщества агрегатов чернозема типичного в условиях контрастных вариантов сельскохозяйственного использования // Почвоведение. 2015. № 11. С. 1367–1382. DOI: 10.7868/S0032180X15110088.

<sup>5</sup>Степанов А.Л., Манучарова Н.А., Полянская Л.М. Продукция закиси азота бактериями в почвенных агрегатах // Почвоведение. 1997. № 8. С. 973–976.

<sup>6</sup>Шейн Е.В., Милановский Е.Ю. Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов // Почвоведение. 2003. № 1. С. 53–61.

- тропической зоны России // Проблемы агрохимии и экологии. 2020. № 2. С. 36–42. DOI: 10.26178/AE.2020.87.94.001.
2. Завалишин С.И., Карелина В.С. Оценка биохимического потенциала и показателей плодородия дерново-подзолистых почв со вторым гумусовым горизонтом лесостепной зоны Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (172). С. 60–65.
  3. Гребенников А.М., Белобров В.П., Кутювая О.В., Исаев В.А., Гармашов В.М., Чевердин Ю.И., Беспалов В.А. Микробиологическая активность миграционно-мицеллярных агрочерноземов при применении разных способов их основной обработки // Агрохимия. 2018. № 3. С. 19–25. DOI: 10.7868/S0002188118030031.
  4. Лукьянов В.А., Прущик И.А. Плотность и твердость чернозема типичного на фоне разных агротехнологий и способов обработки почвы // Пермский аграрный вестник. 2022. № 4 (40). С. 29–37. DOI: 10.47737/2307-2873\_2022\_40\_29.
  5. Чуян О.Г., Глазунов Г.П., Караулова Л.Н., Митрохина О.А., Афонченко Н.В., Золотухин А.Н., Двойных В.В. Оценка роли климатических, почвенных и агротехнических факторов в формировании ресурсов продуктивности агроландшафтов Центрального Черноземья // Метеорология и гидрология. 2022. № 6. С. 79–87. DOI: 10.52002/0130-2906-2022-6-79-87.
  6. Дубовик Д.В., Дубовик Е.В., Морозов А.Н., Шумаков А.В. Влияние способов основной обработки на агрофизические свойства почвы, урожайность и качество сои // Земледелие. 2022. № 2. С. 43–48. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-2-43-46.
  7. Сычев В.Г., Шафран С.А., Виноградова С.Б. Плодородие почв России и пути его регулирования // Агрохимия. 2020. № 6. С. 3–13. DOI: 10.31857/S0002188120060125.
  8. Ушаков Р.Н., Ручкина А.В. Влияние плодородия агросерой почвы на активность микрофлоры в условиях засухи в Нечерноземной зоне России // Агрохимия. 2020. № 6. С. 69–77. DOI: 10.31857/S0002188120060137.
  9. Гедгафова Ф.В., Горобцова О.Н., Улигова Т.С., Темботов Р.Х., Хакунова Е.М. Оценка изменения биологической активности горных серых лесных почв Центрального Кавказа (Терский вариант поясности в пределах Кабардино-Балкарии) в результате агроиспользования // Агрохимия. 2019. № 4. С. 23–30. DOI: 10.1134/S0002188119040069.
  10. Ефимов О.Е., Савич В.И., В.В. Гукалов В.В., Бородин К.С. Агроэкологическая оценка уплотнения почв // Плодородие. 2021. № 1. С. 54–56. DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.15.
  11. Дубовик Е.В., Дубовик Д.В. Взаимосвязь содержания органического углерода и структурного состояния в черноземе типичном под различными угодьями // Плодородие. 2020. № 5. С. 7–10. DOI: 10.25680/S19948603.2020.116.02.
  12. Холодов В.А., Ярославцева Н.В., Фархадов Ю.Р., Белобров В.П., Юдин С.А., Айди-ев А.Я., Лазарев В.И., Фрид А.С. Изменение соотношения фракций агрегатов в гумусовых горизонтах черноземов в различных условиях землепользования // Почвоведение. 2019. № 2. С. 184–193. DOI: 10.1134/S0032180X19020060.
  13. Железова А.Д., Тхакахова А.К., Ярославцева Н.В., Гарбуз С.А., Лазарев В.И., Козум Б.М., Кутювая О.В., Холодов В.А. Микробиологические показатели агрегатов типичных черноземов в многолетних полевых опытах // Почвоведение. 2017. № 6. С. 711–717. DOI: 10.7868/S0032180X17060120.

## REFERENCES

1. Malyukova L.S., Rogozhina E.V. Informativity of the number of saprotrophic bacteria, actinomycetes and micromycetes in assessing the condition of agro-altered soils in the subtropical zone of Russia. *Problemy agrokhimii i ekologii = Agrochemistry and Ecology Problems*, 2020, no. 2, pp. 36–42. (In Russian). DOI: 10.26178/AE.2020.87.94.001.
2. Zavalishin S.I., Karelina V.S. Assessment of the biochemical potential and fertility indicators of sod-podzolic soils with the second humus horizon of the forest-steppe zone of the Altai Territory. *Vestnik altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2019, no. 2 (172), pp. 60–65. (In Russian).
3. Grebennikov A.M., Belobrov V.P., Kutovaya O.V., Isaev V.A., Garmashov V.M., Cheverdin Yu.I., Bepalov V.A. Microbiological activity of migration-micellar agrochernozems when using different methods of their main processing. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2018, no. 3. pp. 19–25. (In Russian). DOI: 10.7868/S0002188118030031.

4. Lukyanov V.A., Pruschik I.A. Density and hardness of typical chernozem on the background of different agricultural technologies and methods of tillage. *Permskij agrarnyj vestnik = Perm Agrarian Journal*, 2022, no. 4 (40), pp. 29–37. (In Russian). DOI: 10.47737/2307-2873\_2022\_40\_29.
5. Chuyan O.G., Glazunov G.P., Karaulova L.N., Mitrokhina O.A., Afonchenko N.V., Zolotukhin A.N., Dvoynikh V.V. Assessing the role of climatic, soil and agrotechnical factors in the formation of landscape productivity resources in the Central Chernozem region. *Meteorologiya i gidrologiya = Russian Meteorology and Hydrology*, 2022, no. 6, pp. 79–87. (In Russian). DOI: 10.52002/0130-2906-2022-6-79-87.
6. Dubovik D.V., Dubovik E.V., Morozov A.N., Shumakov A.V. Influence of tillage methods on soil agrophysical properties, soybean yield and quality. *Zemledelie = Zemledelie*, 2022, no. 2, pp. 43–48. (In Russian). DOI: 10.24412/0044-3913-2022-2-43-46.
7. Sychev V.G., Shafran S.A., Vinogradova S.B. Soil fertility in Russia and ways of its regulation. *Agrokimiya = Agricultural Chemistry*, 2020, no. 6, pp. 3–13. (In Russian). DOI: 10.31857/S0002188120060125.
8. Ushakov R.N., Ruchkina A.V. Influence of agrogray soil fertility on microflora activity in the conditions of drought in the Non-Chernozem zone of Russia. *Agrokimiya = Agricultural Chemistry*, 2020, no. 6, pp. 69–77. (In Russian). DOI: 10.31857/S0002188120060137.
9. Gedgafova F.V., Gorobtsova O.N., Uligova T.S., Tembotov R.Kh., Khakunova E.M. Changes in the biological activity of mountain gray forest soils of the Central Caucasus (Terskiy variant of vertical zonation within Kabardino-Balkaria) resulting from agricultural use. *Agrokimiya = Agricultural Chemistry*, 2019, no. 4, pp. 23–30. (In Russian). DOI: 10.1134/S0002188119040069.
10. Efimov O.E., V.I. Savich V.I., Gukalov V.V., Borodina K.S. Agroecological evaluation of soil compaction. *Plodorodie = Plodorodie*, 2021, no. 1, pp. 54–56. (In Russian). DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.15.
11. Dubovik E.V., Dubovik D.V. Correlation between organic carbon content and structural condition in typical chernozem soil of different agricultural lands. *Plodorodie = Plodorodie*, 2020, no. 5, pp. 7–10. (In Russian). DOI: 10.25680/S19948603.2020.116.02.
12. Kholodov V.A., Yaroslavtseva N.V., Farkhodov Yu.R., Belobrov V.P., Yudin S.A., Aidiev A.Ya., Lazarev V.I., Fried A.S. Changes in the ratio of aggregate fractions in humus horizons of chernozems in response to the type of their use. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*, 2019, no. 2, pp. 184–193. (In Russian). DOI: 10.1134/S0032180X19020060.
13. Zhelezova A.D., Tkhakakhova A.K., Yaroslavtseva N.V., Garbuz S.A., Lazarev V.I., Kogut B.M., Kutovaya O.V., Kholodov V.A. Microbiological parameters of aggregates in typical chernozems of long-term field experiments. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*, 2017, no. 6, pp. 711–717. (In Russian). DOI: 10.7868/S0032180X17060120.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Чевердин Ю.И.**, доктор биологических наук, заведующий отделом; e-mail: cheverdin62@mail.ru

**Киценко В.П.**, заведующий отделом

✉ **Чевердин А.Ю.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 397463, Воронежская область, Таловский район, пос. 2-го участка Института им. Докучаева; e-mail: cheverdin@bk.ru

## AUTHOR INFORMATION

**Yury I. Cheverdin**, Doctor of Science in Biology, Department Head; e-mail: cheverdin62@mail.ru

**Vladimir P. Kitsenko**, Department Head

✉ **Alexander Yu. Cheverdin**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; **address:** settlement of the 2-nd plot of the Institute n.a. Dokuchaev, Talovsky District, Voronezh Region, 397463, Russia; e-mail: cheverdin@bk.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 14.10.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 13.12.2022  
Дата публикации / Published 22.05.2023

## ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ И ГЕРБИЦИДОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ СРЕДНЕСПЕЛОГО СОРТА СОИ В УСЛОВИЯХ ПРИАМУРЬЯ

✉ Гретченко А.Е., Мезенцева Ю.О., Михайлова М.П.

*Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»*

Благовещенск, Россия

✉ e-mail: polli.596@mail.ru

Изучено влияние гербицидов (Бизон, Стратос Ультра) и препаратов природного происхождения (Био-Фиш, Био-Альго) на формирование урожая, посевные качества и первоначальный рост среднеспелого сорта сои Журавушка селекции Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт сои». Исследования проводили в 2020 и 2021 гг. на опытном поле Всероссийского научно-исследовательского института сои, расположенном в южной части Амурской области (с. Садовое Тамбовского района). Было установлено, что в среднем за два года применения препаратов природного происхождения Био-Фиш и Био-Альго для предпосевной обработки семян и вегетирующих растений увеличилась сохранность растений к периоду уборки и урожайность, повысились посевные качества семян. Наибольшая сохранность к уборке наблюдалась при обработке семян перед посевом препаратом Био-Фиш, а вегетирующих растений – гербицидами (составила 93,9%, что на 6,4% больше показателей контроля и на 7,8% – варианта, где использовалась только гербицидная обработка). Анализ структуры урожая показал, что в среднем за годы исследований предпосевная обработка семян препаратом Био-Фиш и вегетирующих растений гербицидами Бизон, Стратос Ультра способствовала росту количества бобов до 5,8 шт., семян до 12,9 шт. на одно растение по сравнению с контрольным вариантом. Масса семян с одного растения увеличилась до 2,47 г относительно контроля. Применение биопрепаратов обусловило повышение биологической урожайности независимо от варианта обработки на 0,64 т/га в сравнении с контролем и на 0,66 т/га относительно гербицидной обработки.

**Ключевые слова:** соя, биопрепарат, гербицид, сохранность, посевные качества семян, урожайность

## EFFECT OF BIOPREPARATIONS AND HERBICIDES USE ON THE YIELD FORMATION OF A MID-RIPENING SOYBEAN VARIETY UNDER CONDITIONS OF THE AMUR REGION

✉ Gretchenko A.E., Mezentseva Yu.O., Mikhailova M.P.

*All-Russian Scientific Research Institute of Soybean*

Blagoveshchensk, Russia

✉ e-mail: polli.596@mail.ru

The effect of herbicides (Bison, Stratos Ultra) and the preparations of natural origin (Bio-Fish, Bio-Algo) on the yield formation, sowing qualities and initial growth of the mid-ripening soybean variety Zhuravushka selected by the Federal Scientific Center "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean" was studied. The studies were conducted in 2020 and 2021 in the experimental field of the All-Russian Scientific Research Institute of Soybean located in the southern part of the Amur Region (Sadovoye village, Tambovsky District). It was found that an average of two years of application of the preparations of natural origin Bio-Fish and Bio-Algo for pre-sowing treatment of seeds and vegetative plants increased the safety of the plants to the harvest period and crop yield, as well as improved the seed quality. The greatest preservation to harvesting was observed when the seeds were treated before sowing with Bio-Fish and the vegetative plants with herbicides (93.9%, which is 6.4% more than in the control variant and 7.8% more than in the variant where only herbicide treatment was used). Analysis of the yield structure showed that, on average over the years of research, pre-treatment of seeds with Bio-Fish and the vegetative plants with herbicides Bison, Stratos Ultra increased the number of beans to 5.8 pieces, and the seeds to 12.9 pieces per plant compared to the control variant. Seed weight per plant increased to 2.47 g relative to the control. The use of biological preparations increased the biological yield regardless of the treatment variant by 0.64 t/ha compared to the control and by 0.66 t/ha compared to the herbicide treatment.

**Keywords:** soybean, biological preparation, herbicide, livability, sowing seed qualities, crop yield

**Для цитирования:** Гретченко А.Е., Мезенцева Ю.О., Михайлова М.П. Влияние применения биопрепаратов и гербицидов на формирование урожайности среднеспелого сорта сои в условиях Приамурья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 4. С. 13–22. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-2>

**For citation:** Gretchenko A.E., Mezentseva Yu.O., Mikhailova M.P. Effect of biopreparations and herbicides use on the yield formation of a mid-ripening soybean variety under conditions of the Amur region. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 4, pp. 13–22. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-2>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно во всем мире, и в России в том числе, возрастают объемы производства сои, однако ее урожайность в нашей стране все еще остается низкой. В 2020, 2021 гг. в РФ размеры посевных площадей под данной культурой составили 2,86 и 3,07 млн га соответственно. Основная их доля сосредоточена в Дальневосточном федеральном округе, на территории которого большинство посевов сои приходится на Амурскую область (в 2020 г. – 67,9%, или 844,5 тыс. га; в 2021 г. – 70,9%, или 882 тыс. га). Россия, обладающая значительными посевными площадями, уступает по урожайности сои государствам-лидерам в данной сфере: в нашей стране средняя урожайность зафиксирована в пределах 16,8 ц/га, в Канаде – 31,2, в Бразилии – 35,5 ц/га [1].

Рентабельность возделывания сои во многом зависит от применяемых агротехнологических приемов. Установлено, что для обеспечения неизменно высокой урожайности следует усовершенствовать технологию возделывания сои путем использования различных препаратов, положительно влияющих на рост и развитие растений [2, 3]. В последние годы перспективным направлением сельского хозяйства является органическое земледелие, что предполагает, в частности, отказ от химических средств защиты растений и синтетических стимуляторов роста. Взамен им приходят биопрепараты, которые воздействуют на жизненно важные процессы в растениях [4]. Преимущества таких препаратов связаны в первую очередь с

их доступностью, безопасностью для окружающей среды и человека, а также отсутствием ограничений на время выхода в поле после обработки<sup>1</sup> [5, 6].

Для проведения исследований были выбраны биостимуляторы природного происхождения Био-Фиш и Био-Альго. Био-Фиш – высокоэффективный природный антистрессовый адаптоген, основным действующим веществом которого является арахидоновая кислота (полиненасыщенная жирная кислота природного происхождения, предшественник целого ряда физиологически активных веществ – эйкозаноидов). Клетки растений не могут сами синтезировать эту кислоту, поэтому ее дополнительное внесение жизненно необходимо. В сочетании с другими компонентами препарата Био-Фиш (хитозаном, тритерпеновыми кислотами) арахидоновая кислота мобилизует защитные силы растений, делает их устойчивее к заболеваниям, стимулирует полноценное развитие корневой системы, обеспечивает сохранность продукции в экстремальных природных условиях. Иммуностимулятор Био-Альго изготовлен из высококачественного органического концентрата морских бурых водорослей северных широт с высоким содержанием микроэлементов, гормонов растительного происхождения, аминокислот и витаминов. Являясь биостимулятором, антистрессантом с фунгицидным, бактерицидным, инсектицидным действиями, он обеспечивает устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды [7].

Цель исследования – изучить влияние препаратов природного происхождения

<sup>1</sup>Сырмолот О.В. Продуктивность сои в зависимости от применения биопрепаратов в условиях Приморья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014. № 4. С. 62–67.

Био-Фиш и Био-Альго (предпосевная обработка семян и вегетирующих растений), а также гербицидов Бизон и Стратос Ультра на посевные качества, первоначальный рост и продуктивность среднеспелого сорта сои Журавушка в условиях Амурской области.

Задачи:

1. Установить степень влияния биопрепаратов Био-Фиш и Био-Альго, гербицидов Бизон и Стратос Ультра на первоначальный рост и посевные качества семян сои сорта Журавушка.

2. Изучить воздействие биопрепаратов на сохранность растений и структуру урожая рассматриваемого сорта.

3. Определить биологическую урожайность семян сои сорта Журавушка при различных вариантах обработки.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эксперимент проводили в 2020 и 2021 гг. на опытном поле Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», расположенном на территории с. Садовое Тамбовского района Амурской области. Почва опытного участка луговая черноземовидная, по гранулометрическому составу тяжелая, средневодопроницаемая (плотность 1,02–1,10 г/см<sup>3</sup>, пористость 43,8%), имеет рН 5,4. Содержит 2,3–2,7% гумуса, 20–40 мг/кг аммиачного азота, 30–70 мг/кг нитратного азота, 50–80 мг/кг подвижного фосфора, 170–200 мг/кг обменного калия (по Кирсанову). Общая площадь делянки составила 11,25 м<sup>2</sup>, учетной – 2,25 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная. Расположение делянок блочно-рандомизированное.

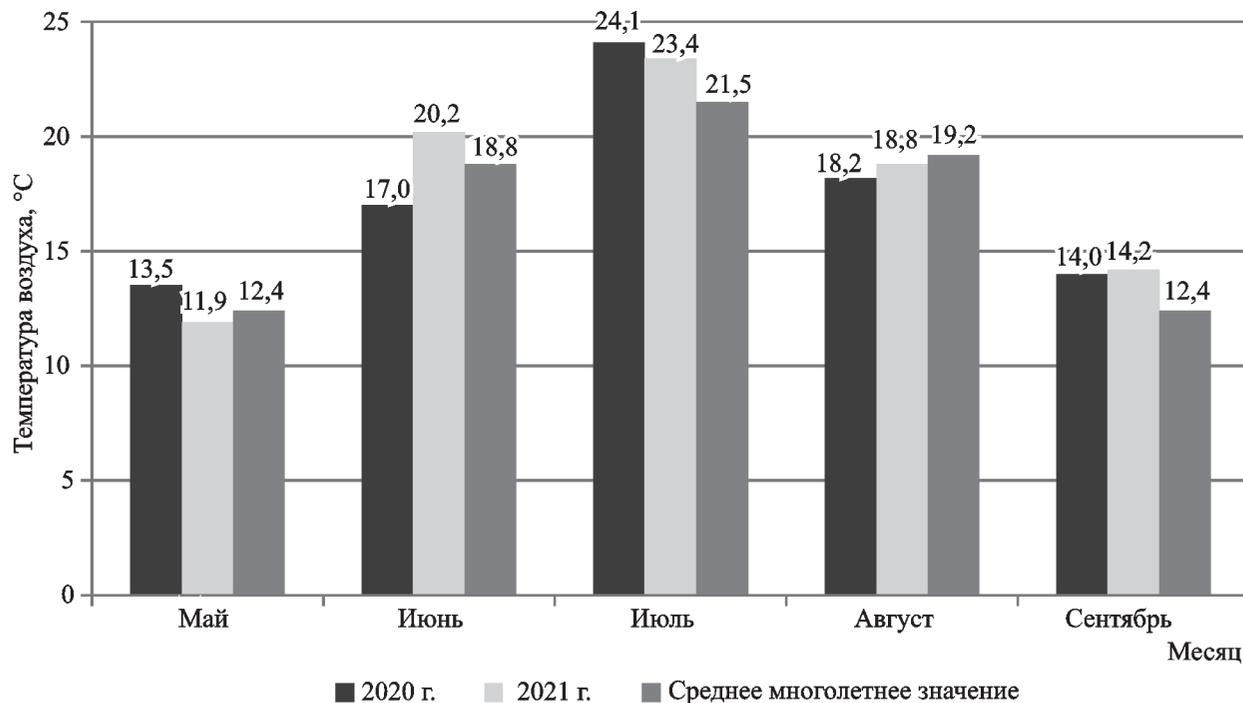
Обработку семян биопрепаратами проводили в день посева из расчета 20 мл/т. Обработку вегетирующих растений осуществляли в фазу тройчатосложного листа гербицидами Бизон (действующее вещество – бентазон, концентрация 1,5 л/га) и Стратос Ультра (действующее вещество – циклоксимид, концентрация 1 л/га) совместно с биопрепаратом Био-Альго (концентрация 5 мл/л).

Применяли следующую агротехнику возделывания: глубокое безотвальное рыхление в два следа (культиватор КПЭ-3,8, глубина обработки 10–15 см), ранневесеннее боронование, внесение почвенного гербицида, культивация широкорядных посевов. Посев был произведен вручную (сажалками) в оптимальные сроки: 24–26 мая в 2020 г., 26–28 мая в 2021 г. Уборку осуществляли вручную, обмолот снопов – на стационарной молотилке. Посевные качества семян (энергия прорастания и лабораторная всхожесть) определяли в соответствии с действующими методиками по ГОСТ 12038–84, массу 1 тыс. семян – по ГОСТ 12042–80. Статистическую обработку полученных данных выполняли методом дисперсионного анализа (по Б.А. Доспехову)<sup>2</sup> в программе Statistika 10.

Вегетационный период 2020 г. характеризовался неустойчивым температурным режимом, переувлажнением почвы в отдельные фазы развития растений сои. Температурный режим мая был благоприятным для проведения полевых работ, средняя температура по декадам превышала среднемноголетнюю величину на 0,1–1,6 °С (см. рис. 1). Сумма осадков за месяц была больше климатической нормы на 46,2% (см. рис. 2). Все три декады июня температура воздуха была ниже среднемноголетних показателей и отклонялась от нормы на 0,7–2,9 °С, в связи с чем растения сои сильно отставали в росте и развитии, успев сформировать лишь 2-й тройчатосложный лист.

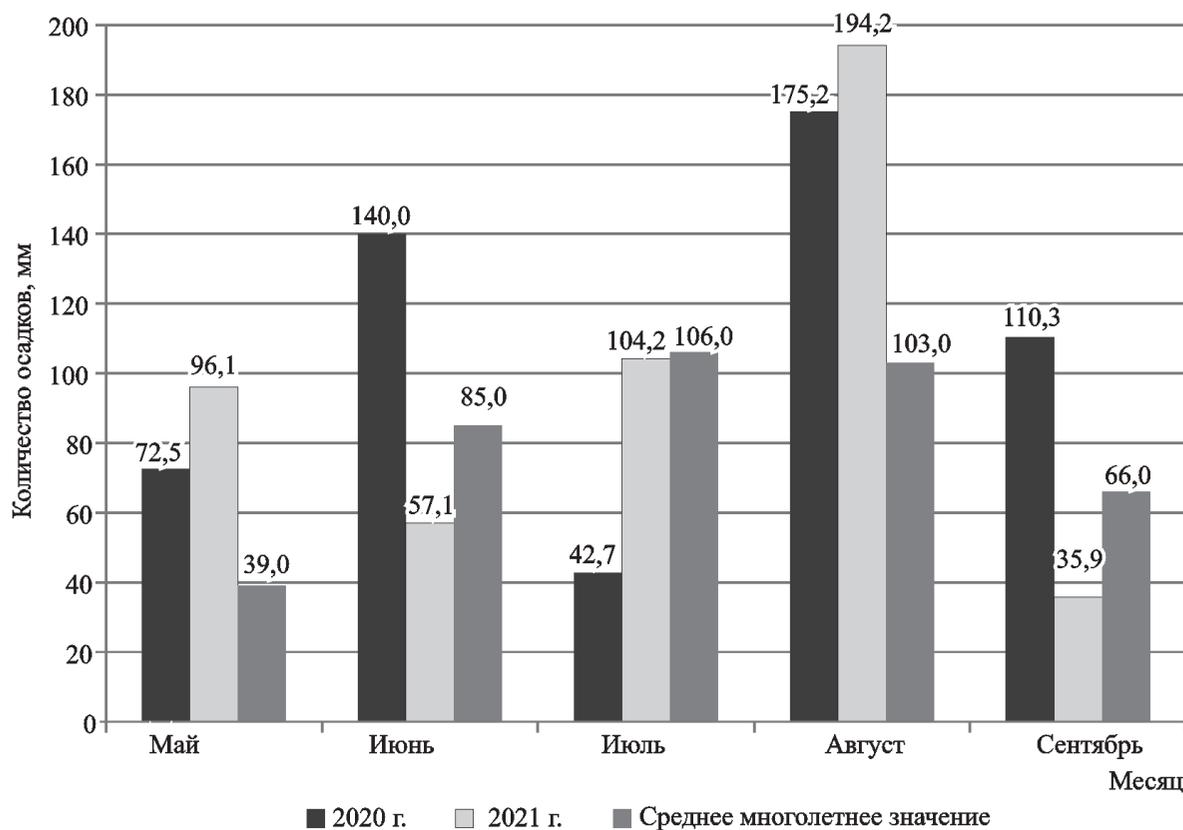
В июле среднемесячная температура воздуха превышала климатическую норму на 2,6 °С, что ускорило накопление тепла. Агрометеорологические условия августа (фаза образования – налива бобов) оказались крайне сложными. Температура трех декад августа была ниже нормы на 0,25–1,28 °С, среднемесячная – на 1 °С. Во II декаде августа сохранялась неустойчивая дождливая погода, объем выпавших осадков превышал среднемноголетнюю величину почти в 3 раза – 96 и 35 мм соответственно, вследствие чего растения сои частично находи-

<sup>2</sup>Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: учеб. пособие. М.: Колос, 1979. 416 с.



**Рис. 1.** Среднемесячная температура воздуха за вегетационный период (метеостанция г. Благовещенска)

**Fig. 1.** Average monthly air temperature for the growing season (Blagoveshchensk weather station)



**Рис. 2.** Количество осадков за вегетационный период (с. Садовое)

**Fig. 2.** Precipitation for the growing season (Sadovoye village)

лись в угнетенном состоянии. Значительное количество осадков обусловило переувлажнение почвы. Число осадков, выпавших в сентябре, превышало многолетнюю норму на 40%, несмотря на то что температура воздуха в этом месяце была больше нормы на 14,0 и 12,4 °С соответственно.

Погодные условия 2021 г. были удовлетворительными, но имели отклонения от среднемноголетних показателей (см. рис. 1, 2). В течение всей вегетации наблюдался неравномерный температурный фон. Сумма осадков, выпавших за вегетационный период сои, достигла 509 мм, что выше среднемноголетних значений на 68 мм. Выпадение осадков было неравномерным. Избыточным увлажнением почвы характеризовались май и август, в эти месяцы превышение среднемноголетней нормы составило 57,1 и 91,2 мм соответственно.

Сочетание температур и количества осадков в течение вегетации оказало как положительное, так и отрицательное влияние на рост и развитие растений. Достаточный объем тепла и влаги содействовал дружному прорастанию всходов. В июле (фаза цветения сои) температурный режим превысил среднемноголетние значения, количество осадков находилось на уровне нормы, что привело к обильному цветению и образованию бобов. Агрометеорологические условия августа отличались преимущественно теплой и дождливой погодой. Сумма выпавших за месяц осадков оказалась больше климатической нормы, что способствовало повышенной распространенности фитопатогенов и снижению качества урожая. Температура сентября была выше среднемноголетних показателей на 1,8 °С, а количество осадков – на 45,6% меньше нормы.

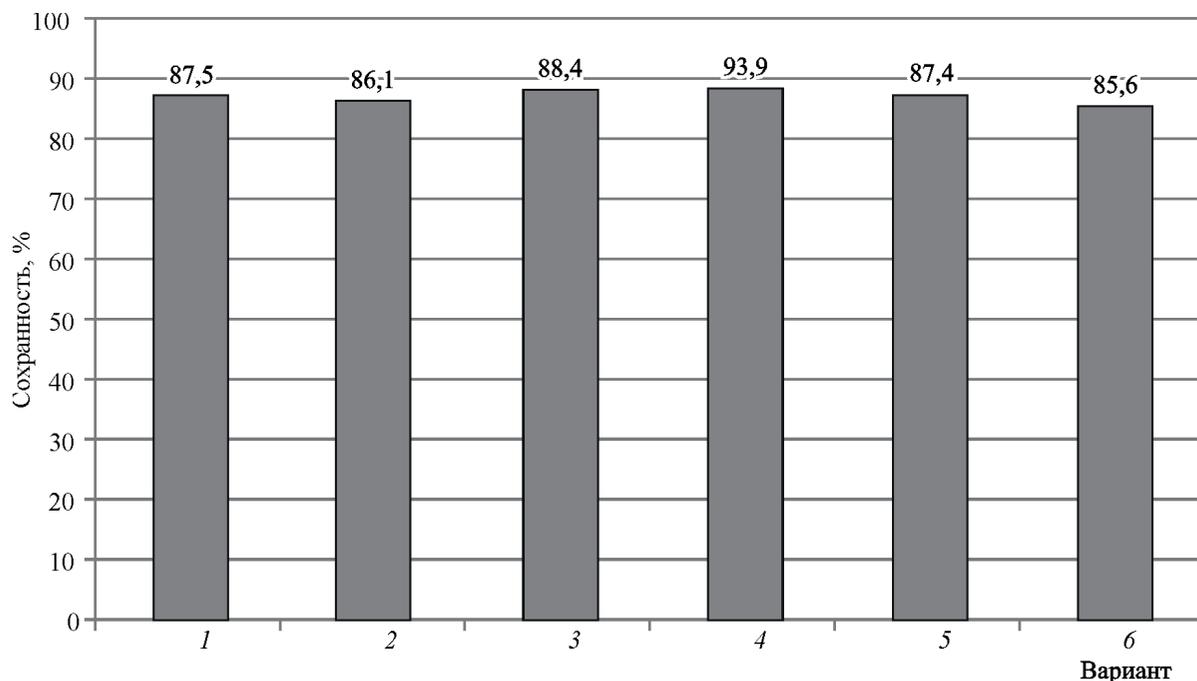
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Главной причиной плохой урожайности сои является засоренность посевов. Для снижения потерь урожая в сельскохозяйственном производстве активно используют высокоэффективные гербициды в сочетании с агротехническими приемами. Как известно, гербициды воздействуют не только на

сорные растения, но и на выращиваемую культуру, поэтому весьма актуально их применение совместно с биологическими препаратами, которые уменьшают негативное воздействие на растения, дают им толчок для дальнейшего роста и развития [8–10].

Одним из существенных элементов, определяющих урожайность семян, считается число продуктивных стеблей, сохранившихся к уборке. Для определения сохранности растений непосредственно перед уборкой был проведен подсчет растений на каждой делянке. Установлено, что в среднем за два года исследований наибольшее ее значение наблюдалось при предпосевной обработке семян препаратом Био-Фиш, а вегетирующих растений – гербицидами. Величина данного показателя составила 93,9 %, т.е. оказалась на 6,4% выше контроля и на 7,8% больше варианта, где использовалась только гербицидная обработка, что имеет особое значение в годы с неблагоприятными погодными условиями. При осуществлении предпосевной обработки семян Био-Фишем без гербицидной обработки доля сохранившихся на момент уборки растений сои достигла 88,4%, что на 1,4% выше контроля и на 2,3% больше относительно варианта с применением гербицидов (см. рис. 3).

В ходе изучения структуры урожая определено, что предпосевная обработка семян природным препаратом способствовала снижению токсического воздействия гербицидов на растения и оказала положительное влияние на их рост и развитие. Использование только обработки семян препаратом Био-Фиш привело к увеличению количества бобов на 5,8 шт., семян – на 12,9 шт., массы семян – на 2,47 г с одного растения по сравнению с контролем, а также на 5,8 и 12,1 шт., 2,17 г соответственно относительно гербицидной обработки. Совместное применение препарата Био-Фиш и смеси гербицидов способствовало повышению числа бобов, семян и массы семян с одного растения по сравнению с контрольным вариантом опыта. Обработка вегетирующих растений препаратом Био-Альго и смесью гербицидов привела к увеличению количества бобов на



**Рис. 3.** Сохранность растений сои сорта Журавушка при разных вариантах обработки (средняя за 2020, 2021 гг.):

1 – контроль (без обработки); 2 – Стратос Ультра + Бизон (обработка вегетирующих растений); 3 – Био-Фиш (обработка семян); 4 – Био-Фиш (обработка семян) + Стратос Ультра и Бизон (обработка вегетирующих растений); 5 – Био-Фиш (обработка семян) + Био-Альго (обработка вегетирующих растений); 6 – Био-Фиш (обработка семян) + Био-Альго (обработка вегетирующих растений) + Стратос Ультра и Бизон (обработка вегетирующих растений)

**Fig. 3.** Preservation of the plants of soybean variety Zhuravushka at different treatment options (average for 2020, 2021):

1 – control (untreated); 2 – Stratos Ultra + Bizone (vegetating plant treatment); 3 – Bio-Fish (seed treatment); 4 – Bio-Fish (seed treatment) + Stratos Ultra and Bizone (vegetating plant treatment); 5 – Bio-Fish (seed treatment) + Bio-Algo (vegetating plant treatment); 6 – Bio-Fish (seed treatment) + Bio-Algo (vegetating plant treatment) + Stratos Ultra and Bizone (vegetating plant treatment)

2,9 шт., семян – на 6,4 шт., массы семян – на 1,22 г с одного растения по сравнению с контролем (см. табл. 1).

Вегетационный период 2020 г. характеризовался переувлажнением почвы в отдельные фазы развития растений сои, что повлияло на их рост и развитие. В этих условиях наибольшее положительное воздействие на продуктивность растений оказала предпосевная обработка семян изучаемым биопрепаратом. Урожайность в данном варианте составила 3,18 т/га, что на 0,41 т/га выше контроля и на 0,51 т/га больше относительно обработки гербицидом (НСР<sub>05</sub> = 0,33 т/га). В посевах сои, где использовались обработка гербицидами Бизон и Стратос Ультра вегетирующих растений и предпосевная обработка семян Био-Фишем, урожайность уве-

личилась относительно контроля и варианта с применением только гербицидов на 0,20 и 0,30 т/га соответственно (НСР<sub>05</sub> = 0,33 т/га).

Погодные условия 2021 г. в целом были удовлетворительными для нормального развития растений сои. Применение биопрепаратов способствовало снижению негативного воздействия гербицидов, что привело к повышению биологической урожайности на 0,85–1,09 т/га (НСР<sub>05</sub> = 0,49 т/га) относительно контроля и на 0,78–1,02 т/га по сравнению с вариантом, когда использовались гербициды для обработки вегетирующих растений (см. табл. 2).

Известно, что большинство приемов предпосевной обработки семян позволяет увеличить интенсивность метаболических процессов при прорастании с эффективной

**Табл. 1.** Биометрические показатели растений сои сорта Журавушка (в среднем за 2020, 2021 гг.)  
**Table 1.** Biometric indicators of the plants of soybean variety Zhuravushka (on average for 2020, 2021)

Обработка		Количество, шт. на одно растение		Масса семян с одного растения, г
семян перед посевом	вегетирующих растений	бобов	семян	
Контроль (без обработки)		21,3	39,7	7,76
Дистиллированная вода	Стратос Ультра (1 л/га) + Бизон (1,5 л/га)	21,3	40,5	8,06
Био-Фиш (20 мл/т)	Дистиллированная вода	27,1	52,6	10,23
	Стратос Ультра (1 л/га) + Бизон (1,5 л/га)	24,3	47,4	9,31
	Дистиллированная вода + Био-Альго (5 мл/л)	23,9	46,9	9,14
	Стратос Ультра (1 л/га) + Бизон (1,5 л/га) + Био-Альго (5 мл/л)	23,9	46,1	8,98
НСР <sub>05</sub> , шт. на одно растение		3,0	5,8	1,22
$F_{\text{факт}}$		5,6	5,1	
$F_{\text{теор}}$		2,9	2,9	

Примечание. Здесь и далее в таблицах в скобках указана концентрация гербицидов и биопрепаратов.

**Табл. 2.** Биологическая урожайность сои сорта Журавушка, т/га  
**Table 2.** Biological yield of soybean variety Zhuravushka, t/ha

Обработка		2020 г.	2021 г.	Средняя за два года	Прибавка
семян перед посевом	вегетирующих растений				
Контроль (без обработки)		2,77	2,48	2,63	–
Дистиллированная вода	Стратос Ультра (1 л/га) + Бизон (1,5 л/га)	2,67	2,55	2,61	–0,02
Био-Фиш (20 мл/т)	Дистиллированная вода	3,18	3,33	3,26	0,63
	Стратос Ультра (1 л/га) + Бизон (1,5 л/га)	2,97	3,57	3,27	0,64
	Дистиллированная вода + Био-Альго (5 мл/л)	2,65	3,48	3,07	0,44
	Стратос Ультра (1 л/га) + Бизон (1,5 л/га) + Био-Альго (5 мл/л)	2,46	3,42	2,94	0,31
НСР <sub>05</sub> , т/га		0,33	0,49		
$F_{\text{факт}}$		5,58	6,20		
$F_{\text{теор}}$		2,90	3,97		

мобилизацией запасных веществ под действием соответствующих активных ферментов. В результате инициируется появление проростков, качество которых влияет на дальнейшее развитие, жизнеспособность и продуктивность растений [11–14]. Изучение в лабораторных условиях ростовых процессов на начальных этапах развития растений показало, что обработка семян положительно влияет на их посевные качества, несмотря на гербицидную обработку (см. рис. 4).

Препараты природного происхождения Био-Фиш и Био-Альго оказали положительное влияние на первоначальный рост проростков сои сорта Журавушка. Показатели

длины проростков при совместной обработке биопрепаратами и гербицидом были на 1,2–2,7 см больше по сравнению с контролем и на 4,0–5,5 см превышали данные варианта с гербицидной обработкой (см. табл. 3).

Количество ненормально развитых проростков снизилось относительно варианта, где применялись гербициды, на 6–8%. Размах вариации, характеризующий наиболее полное и дружное прорастание семян, при использовании препарата Био-Альго составил 20,9%, что на 2,3% меньше контроля.



**Рис. 4.** Влияние разных вариантов обработки на посевные качества семян сои сорта Журавушка (2020, 2021 гг.)

\*Описание вариантов обработки см. на рис. 3

**Fig. 4.** The impact of Bio-Fish on the sowing qualities of soybean seeds of the Zhuravushka variety (2020, 2021)

\*See Figure 3 for the description of the treatment options

**Табл. 3.** Влияние биопрепаратов и гербицидов на первоначальный рост проростков сои сорта Журавушка (в среднем за 2020, 2021 гг.)

**Table 3.** The impact of Bio-Fish on the initial growth of soybean seedlings of the Zhuravushka variety (on average for 2020, 2021)

Обработка		Ненормально развитые проростки, %	Длина проростка		
семян перед посевом	вегетирующих растений		Среднее значение, см	Размах вариации, %	Коэффициент вариации, %
Контроль (без обработки)		11,3	33,3	23,2	13,5
Дистиллированная вода	Стратос Ультра (1 л/га) + Бизон (1,5 л/га)	17,3	30,5	22,6	17,5
	Дистиллированная вода	10,0	35,2	23,2	12,5
Био-Фиш (20 мл/т)	Стратос Ультра (1 л/га) + Бизон (1,5 л/га)	11,3	34,5	22,7	13,4
	Дистиллированная вода + Био-Альго (5 мл/л)	9,3	36,0	20,9	13,1
	Стратос Ультра (1 л/га) + Бизон (1,5 л/га) + Био-Альго (5 мл/л)	9,3	35,2	26,3	17,4
НСР <sub>05</sub> , см			2,2		

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в среднем за два года исследований применение препаратов природного происхождения оказало положительное влияние на первоначальный рост проростков, энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян среднеспелого сорта сои Журавушка. Длина проростков при совместной

обработке биопрепаратами и гербицидами повысилась на 3,6–8,1% относительно контроля и на 13,1–18,0% по сравнению с гербицидной обработкой. Сохранность растений перед уборкой в среднем за 2020, 2021 гг. при использовании препарата Био-Фиш для предпосевной обработки семян на фоне применения гербицидов была наибольшей и со-

ставила 93,9%, превысив на 6,4% контроль и на 7,8% вариант, когда осуществлялась только гербицидная обработка.

Значительное влияние биопрепараты оказали и на формирование элементов структуры урожая. Так, предпосевная обработка семян препаратом Био-Фиш без использования гербицидов, а также на фоне их применения способствовала повышению количества бобов на 3,0–5,8 шт., семян – на 7,7–12,9 шт., массы семян – на 1,55–2,47 г с одного растения по сравнению с контролем. Вместе с тем использование препаратов природного происхождения Био-Фиш и Био-Альго помогло снизить отрицательную нагрузку на растения сои, что привело к увеличению урожайности семян. Предпосевная обработка семян препаратом Био-Фиш повысила сбор зерна на 0,31–0,64 т/га по сравнению с контролем и на 0,33–0,66 т/га относительно гербицидной обработки ( $НСР_{05} = 0,45$  т/га).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Синеговский М.О.* Роль правовой защиты новых сортов сои в современных условиях // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 3. С. 9–12.
2. *Бутовец Е.С., Лукьянчук Л.М., Зиангирова Л.М.* Испытание гуминовых препаратов на сое в условиях Приморского края // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2020. № 10. С. 42–50.
3. *Mikhailova M., Sinegovskaya V., Boyarskiy B., Sinegovskiy M., Boyarskaya A.* Evaluation of the influence of biologically active substances on the physiological processes of soybean plants with the use of multispectral camera and unmanned aerial vehicle // AGRITECH-III-2020. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2020. Vol. 548 (3). P. 32028.
4. *Елисеева Л.В., Глинский И.Ю., Филиппова С.В.* Влияние гуминовых препаратов на продуктивность и качество семян сои // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2021. № 7 (172). С. 3–10.
5. *Farniev A.T., Kozyrev A.Kh., Sabanova A.A., Kokoev Kh.P., Khanaeva D.K., Bazaeva L.M., Alborova P.V.* Biologizing technologies for crops cultivation // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Vol. 6. N 5. P. 8956–8962.
6. *Муравьев А.А.* Особенности формирования урожайности и качества семян различных сортов сои при использовании биопрепарата Биогор-Ж // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 5. С. 45–48.
7. *Гайнатулина В.В., Ряховская Н.И., Макарова М.А., Аргунеева Н.Ю.* Оценка влияния биостимуляторов из морских гидробионтов на урожайность и заболеваемость картофеля ризоктониозом // Вестник Дальневосточного отделения РАН. 2018. № 3. С. 83–90.
8. *Кочева Н.С., Пискунов К.С., Мохань О.В.* Влияние средств защиты растений на урожайность сои сорта Сфера в условиях Приморского края // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2021. № 12 (177). С. 32–37.
9. *Михайлова М.П., Синеговская В.Т.* Использование биологически активных веществ для повышения устойчивости сои к гербицидам // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 5. С. 13–17.
10. *Синеговская В.Т., Чепелев Г.П.* Продуктивность посевов сои в зависимости от совместного применения гербицидов и биологически активных веществ в Приамурье // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 2 (46). С. 44–51.
11. *Хахулина Ю.А., Кувшинова Е.К., Хронюк В.Б., Хронюк Е.В.* Эффективность использования различных препаратов для предпосевной обработки семян озимого ячменя // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 1 (207). С. 12–18.
12. *Бельшикина М.Е.* Эффективность применения биологически активных препаратов на посевах сои в условиях нечерноземной зоны Российской Федерации // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1 (53). С. 19–24.
13. *Васильченко С.А., Метлина Г.В., Лактионов Ю.В.* Влияние применения биопрепаратов и микроэлементного удобрения Органомикс на урожайность зерна кукурузы на юге Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5 (77). С. 81–85.
14. *Сергеева В.А., Муравьева И.С., Игнатова А.В., Пенской С.Ю., Мырмыр М.Н.* Реакция сортов сои на применение биопрепарата // Аграрная наука. 2021. № 9. С. 93–96.

## REFERENCES

1. Sinegovskiy M.O. The role of legal protection of new soybean varieties in current conditions. *Vestnik Rossiyskoy sel'skhozoiaystvennoy nauki = Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 2022, no. 3, pp. 9–12. (In Russian).
2. Butovets E.S., Lukianchuk L.M., Zianghirova L.M. Testing humic substances on soy in the conditions of Primorsk region. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of KrasSAU*, 2020, no. 10, pp. 42–50. (In Russian).
3. Mikhailova M., Sinegovskaya V., Boyarskiy B., Sinegovskiy M., Boyarskaya A. Evaluation of the influence of biologically active substances on the physiological processes of soybean plants with the use of multispectral camera and unmanned aerial vehicle. *AGRITECH-III-2020. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2020, vol. 548 (3), pp. 32028.
4. Eliseeva L.V., Glinsky I.Yu., Filippova S.V. Influence of humic preparations on soybean seed productivity and quality. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of KrasSAU*, 2021, no. 7 (172), pp. 3–10. (In Russian).
5. Farniev A.T., Kozyrev A.Kh., Sabanova A.A., Kokoev Kh.P., Khanaeva D.K., Bazaeva L.M., Alborova P.V. Biologizing technologies for crops cultivation. *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2019, vol. 6, no. 5, pp. 8956–8962.
6. Muraviev A.A. Peculiarities of the yield and seed quality formation of various soybean varieties when using Biogor-F biological preparation. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2021, vol. 35, no. 5, pp. 45–48. (In Russian).
7. Gaynatulina V.V., Ryakhovskaya N.I., Makarova M.A., Arguneeva N.Yu. The impact assessment of organic fertilizer from marine hydrobionts on the potato yield and incidence of the black scab (*Rhizoctonia solani*). *Vestnik DVO RAN = Vestnik of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences*, 2018, no. 3, pp. 83–90. (In Russian).
8. Kocheva N.S., Piskunov K.R., Mohan' O.V. Plant protectors effect on the soybean «Sfera» varieties yield in the Primorsky region. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of KrasSAU*, 2021, no. 12 (177), pp. 32–37. (In Russian).
9. Mikhailova M.P., Sinegovskaya V.T. The use of biologically active substances to increase the resistance of soybeans to herbicides. *Vestnik Rossiyskoy sel'skhozoiaystvennoy nauki = Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 2020, no. 5, pp. 13–17. (In Russian).
10. Sinegovskaya V.T., Chepelev G.P. Productivity of soybean crops depending on joint application of herbicides and biologically active substances in Priamurye. *Dal'nevostochniy agrarniy vestnik = Far East Agrarian Bulletin*, 2018, no. 2 (46), pp. 44–51. (In Russian).
11. Khakhulina Yu.A., Kuvshinova E.K., Khroniuk V.B., Khroniuk E.V. Effectiveness of applying various preparations for pre-sowing treatment of winter barley seeds. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2022, no. 1 (207), pp. 12–18. (In Russian).
12. Belyshkina M.E. Efficiency of application of biologically active products on soybean crops in the conditions of the Non-Black soil zone of the Russian Federation. *Vestnik Ulianovskoy gosudarstvennoy agrarnoy akademii = Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 2021, no. 1 (53), pp. 19–24. (In Russian).
13. Vasil'chenko S.A., Metlina G.V., Laktionov G.V. Influence of the use of biological products and microelement fertilizer «Organomix» on the corn yield in the south of the Rostov region. *Zernovoye hoziaystvo Rossii = Grain Farming of Russia*, 2021, no. 5 (77), pp. 81–85. (In Russian).
14. Sergeeva V.A., Muravieva I.S., Ignatova A.V., Pensko S.Yu., Myrmyr M.N. The reaction of soybean varieties to the use of a biological product. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*, 2021, no. 9, pp. 93–96. (In Russian).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Гретченко А.Е., младший научный сотрудник; адрес для переписки: Россия, 675027, г. Благовещенск, Игнат'евское ш., 19; e-mail: polli.596@mail.ru

Мезенцева Ю.О., младший научный сотрудник  
Михайлова М.П., старший научный сотрудник

## AUTHOR INFORMATION

✉ Alina E. Gretchenko, Junior Researcher; address: 19, Ignat'evskoe sh., Blagoveshchensk, 675027, Russia; e-mail: polli.596@mail.ru

Yulia O. Mezentseva, Junior Researcher  
Maria P. Mikhailova, Senior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 09.08.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 17.11.2022  
Дата публикации / Published 20.05.2023



## ПРОЯВЛЕНИЕ ПРИЗНАКА МНОГОКИСТНОСТИ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ

✉ Сазонов Ф.Ф.

*Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства*  
Москва, Россия

✉ e-mail: [sazon-f@yandex.ru](mailto:sazon-f@yandex.ru)

Представлены результаты оценки генетической коллекции черной смородины по признаку многокистности для повышения продуктивности культуры в условиях Брянской области. Изучен показатель числа кистей с плодоношением на одном узле побега. Показано, что в условиях юго-западной части Нечерноземной зоны России (Брянская область) для культуры типично образование в пазухах листьев одной генеративной почки, однако встречаются формы, у которых часть узлов способна формировать 2–3 кисти с плодоношением. Установлено, что из 132 изученных сортов генетической коллекции 116 образцов (87,9%) формировали узлы с 1–2 генеративными почками. В результате исследований отобраны сорта с 3–4 соцветиями на узлах, способных к плодоношению (Дар Смольяниновой, Дебрянск, Брянский Агат, Селеченская 2, Ладушка, Орловский Вальс, Исток, Чудное Мгновение, Юбилейная Копаня, Вера, Чернавка и др.). Их использование в дальнейших скрещиваниях позволит получить более продуктивные генотипы. Выделены наиболее результативные комбинации скрещиваний по выходу потомства, формирующего 2–4 генеративных образования на одном узле (63-35-1 × Литвиновская, Свитязянка × Селеченская 2, Дебрянск × Дар Смольяниновой, Чудное Мгновение × Голубичка, 10-141-2 × Партизанка Брянская, Дебрянск × Литвиновская). Выделены перспективные отборные формы (3-63-01, 5-82-02, 8-69-01, 5-45-02, 4-18-01, 4-94-1, 4-18-02, 2-30-01 и др.), совмещающие признак многокистности с другими хозяйственно ценными показателями (устойчивость к патогенам, крупноплодность, десертный вкус плодов, количество ягод в кисти, их одномерность).

**Ключевые слова:** смородина черная, селекция, признак, многокистность

## MANIFESTATION OF MULTIPLE RACEMES TRAIT OF BLACK CURRANT

✉ Sazonov F.F.

*Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery*  
Moscow, Russian Federation

✉ e-mail: [sazon-f@yandex.ru](mailto:sazon-f@yandex.ru)

The results of the evaluation of the genetic collection of black currants on the multiple racemes trait for increasing the productivity of the crop in the conditions of the Bryansk region are presented. The index of the number of racemes with fruiting on one shoot node was studied. It has been shown that under the conditions of the southwestern part of the nonchernozem belt of Russia (Bryansk region), formation of one generative bud in the axils of leaves is typical for the crop, but there are forms in which some nodes are capable of forming 2-3 racemes with fructification. It has been found that out of 132 varieties of the genetic collection studied, 116 specimens (87.9%) formed nodes with 1-2 generative buds. As a result of the studies, varieties with 3-4 inflorescences on the nodes capable of bearing fruit were selected (Dar Smolyaninova, Debryansk, Bryansky Agat, Selechenskaya 2, Ladushka, Orlovsky Vals, Istok, Chudnoe Mgnovenie, Yubileinaya Kopanya, Vera, Chernavka, etc.). Their use in further crosses will produce more productive genotypes. The most productive

combinations of the crosses have been identified according to the yield of progeny forming 2-4 generative formations on one node (63-35-1 × Litvinovskaya, Svityazyanka × Selechenskaya 2, Debryansk × Dar Smolyaninova, Chudnoe Mgnovenie × Golubichka, 10-141-2 × Partizanka Bryanskaya, Debryansk × Litvinovskaya). Promising selected forms (3-63-01, 5-82-02, 8-69-01, 5-45-02, 4-18-01, 4-94-1, 4-18-02, 2-30-01, etc.), which combine the multiple racemes feature with other economically valuable indicators (resistance to pathogens, large fruits, dessert taste of fruits, number of berries in the raceme, their one-dimensionality) are highlighted.

**Keywords:** black currant, selection, trait, multiple racemes

**Для цитирования:** Сазонов Ф.Ф. Проявление признака многокистности смородины черной // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 4. С. 23–33. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-3>

**For citation:** Sazonov F.F. Manifestation of multiple racemes trait of black currant. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 4, pp. 23–33. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-3>

#### Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

#### Благодарность

Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания ФГБНУ ФНЦ Садоводства № 0432-2021-0001 «Генетические и биотехнологические подходы управления селекционным процессом, совершенствование существующих методов селекции для конструирования новых генетических модификаций плодовых, ягодных, овощных и полевых культур, отвечающих современным требованиям сельскохозяйственного производства».

#### Acknowledgments

The research was carried out within the framework of the implementation of the State task of the Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery No. 0432-2021-0001 “Genetic and biotechnological approaches to managing the breeding process, improving existing breeding methods for construction new genetic modifications of fruit, berry, vegetable and field crops that meet modern requirements of agricultural production”.

## ВВЕДЕНИЕ

Смородина черная (*Ribes nigrum* L.) является одной из самых популярных ягодных культур в отечественном и зарубежном садоводстве. Широкое распространение культуры объясняется простотой размножения, высокой зимостойкостью, продуктивностью, скороплодностью, лечебно-профилактической и пищевой ценностью плодов. Возделывание ее возможно при практически полной механизации, включая уборку урожая<sup>1</sup>.

Традиционное использование урожая – сырье для переработки при производстве мармелада, соков, джема, варенья, вина, в кондитерском производстве и т.д. [1].

Результатом кропотливой селекционной работы по увеличению продуктивности смородины черной стало создание сортов со средней массой ягод 1,5–2,0 г, что в сочетании с высокой самоплодностью и адаптивностью генотипов способно гарантировать

конкурентоспособность современных сортов в масштабах товарного производства [2]. Однако при реализации большинства селекционных программ по совершенствованию сортимента, в частности изучение вопросов по увеличению урожайности растений, исследований по другим компонентам продуктивности (число узлов с плодоношением, генеративных почек на одном узле) проведено недостаточно. Оценка достижений в селекции смородины черной и направлений в формировании современного сортимента в товарном и любительском садоводстве свидетельствует о том, что увеличение урожайности достигалось благодаря повышению самоплодности, устойчивости к патогенам и увеличения массы ягод [3–6]. Одним из малоизученных компонентов формирования урожая смородины черной является такой показатель, как число кистей на одном узле. Как правило, для культуры типично образование в пазухах листьев одной генеративной

<sup>1</sup>Panfilova O., Tsoy M., Golyaeva O. Currant growing technology and mechanized harvesting-review // E3S Web of Conferences, Orel, 24–25 февраля 2021. Orel. 2021. P. 07002. DOI: 10.1051/e3sconf/202125407002.

почки, однако встречаются формы, у которых в узлах образуются несколько почек, в результате часть узлов способна формировать 2–3 кисти с плодоношением.

Цветки черной смородины собраны в соцветия (кисть), которые образуются на однолетней и более старшей древесине. Соцветия – свисающие, в зависимости от сортовой специфики формируются из первичной и одной или нескольких вторичных почек. В этой связи важным резервом повышения продуктивности смородины черной является такой показатель, как способность закладывать в одном узле 2–3 генеративные почки, способные к развитию соцветий<sup>2</sup>. Подобные формы ранее выявлены среди подвидов смородины черной европейского (*R. n. subsp. europaeum* Jancz.) и сибирского (*R. n. subsp. sibiricum* (Wolf.) Pav.) Н.М. Павловой и В.Л. Витковским, у смородины дикуши (*R. dikuscha* Fisch.) – Н.М. Бочкарниковой. Отмечено, что формирование 3–4 почек с плодоношением в одном узле для разных форм смородины дикуши довольно распространенное явление<sup>3</sup>.

Согласно методике, к многокистным относятся узлы, формирующие более одной кисти<sup>4</sup>. Проявление признака многокистности у современного сортимента обусловлено широким использованием в селекции таких сортов, как Сложнокистная и Приморский Чемпион<sup>5</sup>.

По мнению Т.П. Огольцовой (см. сноску 2), продуктивность растений черной смородины можно увеличить за счет разветвления плодовой кисти, как у сорта Сложнокистная, или при формировании главной и

дополнительных почек на одном узле, способных к плодоношению. Проявление многокистности она связывает с ускоренным темпом развития и дифференциации почек. Генотипы, созданные с участием сибирского подвида смородины черной и смородины дикуши, часто к концу вегетации на узлах способны создать в дополнение к основной еще несколько полноценных генеративных почек. Биологические механизмы формирования на одном узле нескольких кистей у представителей скандинавского экотипа (*R. nigrum*spp. *scandinavicum*) отличаются. Как правило, осенью они формируют на узле одну почку, из которой весной обособляется до 5–6 смешанных, и в каждом новообразовании заложена цветочная кисть. В отдельных почках до обособления процесс не доходит, но тогда из одной почки развиваются несколько кистей.

В.Л. Витковский<sup>6</sup> описывает деформации плодовых кистей у сорта Благодатная в виде фасциаций, что, возможно, связано с изменением условий дифференциации примордиально-пазушных конусов нарастания. Им отмечено мутовчатое расположение цветоножек – образований в форме метелки, формирующих 19 кистей со 129 плодами на одном узле.

И.Э. Бученков и И.В. Рышкель<sup>7</sup> отмечают увеличение длины цветочной кисти и формирование до 2 почек в пазухах листьев и 2 кистей на одну плодушку у гибридов  $F_1$  при межвидовых скрещиваниях *R. Nigrum* L. × *R. Rubrum* L. Подобные результаты получены И.П. Чувашиной<sup>8</sup> при изучении потомства от скрещивания смородиной красной и

<sup>2</sup>Огольцова Т.П. Селекция черной смородины – прошлое, настоящее, будущее. Тула: Приокское книжное издательство, 1992. 384 с.

<sup>3</sup>Бочкарникова Н.М. Черная смородина на Дальнем Востоке. – Владивосток: Дальневосточное книжное издательство, 1973. 183 с.

<sup>4</sup>Князев С.Д., Баянова Л.В. Смородина, крыжовник и их гибриды // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999. С. 351–373.

<sup>5</sup>Огольцова Т.П., Седова З.А. Изучение дальневосточных форм черной смородины как исходного материала для селекции в средней полосе РСФСР // Селекция, сортоизучение, агротехника плодовых и ягодных культур. Орел: Орловское отделение Приокского книжного издательства, 1979. Т. 9, Ч. 2. С. 59–73.

<sup>6</sup>Витковский В.Л. Почковые новообразования у черной смородины // Ботанический журнал. М., 1962. Т. 47. № 3. С. 35–40.

<sup>7</sup>Бученков И.Э., Рышкель И.В. Гибридизация смородины черной (*Ribesnigrum* L.) и смородины красной (*Ribesrubrum* L.) // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. 2016. С. 43–50.

<sup>8</sup>Чувашина И.П. Новообразования в строении смешанных почек отдаленных гибридов смородины // Морфогенез растений. М., 1961. Т. 2. С. 256–258.

черной. Были выделены сеянцы, фенотипически схожие с черной смородиной, за исключением того, что вместо одного конуса нарастания их формировалось несколько, и весной следующего года из них отрастал пучок кистей, как у смородины красной.

Для сортов Диковинка, Нарядная, Сеянец Голубки, Минай Шмырёв, Brödtorp, Стахановка Алтай, Öjebun является типичным формирование 2–3 кистей на одном узле<sup>9</sup>. Если учесть, как активно они включались отечественными учеными в скрещивания при реализации селекционных программ, становится очевидным, что многокистность должна проявляться у целого ряда их потомков. Известно, что 4–5 кистей на одном узле способны формировать сорта Лабильная, Орловский Вальс, Нара<sup>10</sup>. В литературе встречается упоминание о французском сорте Noirde Bourgogne, который способен формировать до 6 кистей на одном узле (см. сноску 2). Есть сведения, что максимальный уровень проявления признака (до 6 кистей на одном узле) имеется у сорта Орловской селекции Очарование [7].

Ряд исследователей<sup>11</sup> [8] придерживаются мнения, что проявление признака многокистности узлов черной смородиной во многом зависит от уровня плодородия участка, соблюдения требований агротехнологий. На примере проведенных опытов В.Ф. Северин<sup>12</sup> доказал, что правильно сбалансированное минеральное питание и высокий агрофон товарной плантации положительно влияют на длину кисти и закладку многокистных узлов на побеге.

Цель исследований – оценить существующие сортимент и гибридные потомства черной смородины по проявлению признака многокистности, поиск доноров и генетиче-

ских источников этого компонента продуктивности.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа проведена на опытных участках Кокинского опорного пункта (ОП) Федерального научного селекционно-технологического центра садоводства и питомниководства (ФНЦ Садоводства), где с 2007 по 2022 г. изучено 132 коллекционных образца иностранной и отечественной селекции. Создание гибридного фонда проводилось в соответствии с методикой<sup>13</sup>. Полевые наблюдения и учеты за растениями в коллекционных насаждениях и гибридными сеянцами проведены согласно требованиям методики «Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (см. сноску 4). Статистическая обработка полученных данных проведена с помощью программы Microsoft Office Excel.

Коллекционный и селекционный участки, где проводились исследования, представлены серыми лесными почвами. Почвообразующие породы – лессовидные суглинки и лессы, обладающие однородным крупнопылеватым гранулометрическим составом. Содержание в почве подвижного фосфора составляет 25–35 мг/100 г почвы, калия – 9,8–14,1 мг/100 г почвы, гумуса – 3,8%. Реакция почвенного раствора варьирует от слабнокислой до кислой (рН = 4,9–6,1). Агротехника возделывания смородины черной общепринятая в Нечерноземной зоне.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенная оценка 132 сортов черной смородины в коллекционных насаждениях Кокинского ОП ФНЦ Садоводства позволи-

<sup>9</sup>Копань К.Н., Копань В.П. Селекция черной смородины на продуктивность и скороплодность // Сб. науч. тр. «Селекция и сортоизучение черной смородины». Мичуринск, 1988. С. 57–63.

<sup>10</sup>Защепина И.В. Продуктивность сортов смородины черной // Адаптивный потенциал и качество продукции сортов и сорто-подвойных комбинаций плодовых культур. Орел, 2012. С. 100–106.

<sup>11</sup>Шавыркина М.А., Князев С.Д. Оценка образцов смородины черной по морфоструктурным компонентам продуктивности // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2015. № 5 (56). С. 46–50.

<sup>12</sup>Северин В.Ф. Влияние минеральных удобрений на закладку вегетативно-генеративных почек, формирование количества кистей в почках и цветков в кистях черной смородины // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, 1993. № 3. С. 21–28.

<sup>13</sup>Огольцова Т.П., Куминов Е.П. Селекция черной смородины // Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общей редакцией Е.Н. Седова. Орел: ВНИИСПК, 1995. С. 314–340.

ла дифференцировать исходные формы по изучаемому признаку. Несмотря на то, что в научной литературе встречается информация о том, что для большинства сортов черной смородины типично формирование на узле лишь одной кисти<sup>14</sup>, выполненные нами исследования позволили установить, что группа сортов, которые не закладывают на побегах многокистных узлов, немногочисленна.

Так, в группу сортов, устойчиво сохраняющих признак однокистности на протяжении всего периода исследований, отнесены Арапка, Гамма, Гамаюн, Глариоза, Грация, Гулливер, Дабрадзья, Дебют, Дегтяревская, Десертная Огольцовой, Диво Звягиной, Диамант, Добрый Джинн, Добрыня, Золото Инков, Казкова, Кармелита, Клуссоновская, Лыбедь, Машенька, Нимфа, Ньюра, Нежданчик, Няня, Орловская Серенада, Памяти Потапенко, Память Вавилова, Партизанка Брянская, Подарок Калининой, Рагнеда, Снежная Королева, Соломон, Трилена, Услада, Чаровница, Черноокая, Шаман, Шалунья, Элевеста, Ben Gairn, Ben Sarek, Big Ben, Вона, Black Magic, Black Magic Carbon.

Большинство изученных сортов коллекции смородины черной (87,9%) формировало 1–2 кисти на одном узле. При изменениях числа генеративных почек в узлах чаще отмечали формирование двухкистных новообразований. Формирование на побеге 2 кистей на узле отмечено у 53% (70 шт.) изученных сортов. Это такие сорта, как Аметист, Амирани, Аннади, Багира, Бармалей, Белоруссочка, Вернисаж, Воевода (Фортуна-17), Вымпел, Галактика, Заглядение, Зелёная Дымка, Искушение, Катюша, Кипиана, Каскад, Крыничка, Деликатес, Кудесник, Кудмиг, Купалинка, Лентяй, Лидер, Литвиновская, Маленький Принц, Минусинская Сладкая, Миф, Мрия, Мрия-3, Мрия-5, Монисто, Дачница, Надина, Надя, Сенсей, Очарование, Перун, Подарок Астахова, Памяти Равкина, Тамерлан, Пигмей, Селеченская, Рита, Севчанка, Подарок Ветеранам, Сла-

стёна, Нара, Орловия, Сударушка, Соловьиная Ночь, Ажурная, Ориана, Стрелец, Татьянин День, Изюмная, Фаворит, Фортуна, Чародей, Черешнева, Чёрный Жемчуг, Этюд, Экзотика, Шаровидная, Ядрёная, Ben Alder, Ben Tirran, Ben Hope, Tiben, Tisel, Triton.

Гораздо реже встречались генотипы, формирующие до 3 кистей на одном узле. При благоприятных условиях для роста растений подобные генеративные образования отмечены на побегах следующих сортов: Дар Смольяниновой, Дебрянск, Брянский Агат, Селеченская 2, Славянка, Сокровище, Софиевская, Ладушка, Лукоморье, Орловский Вальс, Исток, Чудное Мгновение, Юбилейная Копаня. Сорта Черноокая и Софиевская формируют разветвленные кисти аналогично сорту Сложнокистная с удлинёнными кистевидными соцветиями. Среди большого многообразия изученных образцов лишь у сортов Вера и Чернавка отмечено в узлах формирование 4 соцветий.

Если на побеге формируются многокистные узлы, на их долю приходится некоторая часть от общего числа плодоносящих кистей на плодовой древесине. В таблице приведен уровень проявления признака многокистности на примере генотипов, которые наиболее часто задействованы нами в скрещиваниях в качестве исходных форм по комплексу хозяйственно значимых показателей. Так, у сорта Дебрянск в среднем за период наблюдений на долю многокистных узлов приходилось 25,0% от их общего числа, Брянский Агат – 23,2, Кудмиг – 22,6, Селеченская 2 – 17,2, Рита – 15,3% и т.д. При этом оценка и учет количества соцветий показали, что у сорта Дебрянск на долю трехкистных приходится 20,8% узлов, двухкистных – 25,0, однокистных – 54,2%. Сорт Брянский Агат формирует 15,7% трехкистных узлов, двухкистных – 23,5, однокистных – 60,8%. На долю двухкистных у сорта Кудмиг в среднем приходится 22,6%, остальная часть узлов однокистные, у сортов Чародей и Этюд двухкистных – 7% от

<sup>14</sup>Каньшина М.В. Смородина черная: селекция, генетика, сорта. Челябинск: НПО «Сад и огород». Челябинский Дом печати, 2013. 160 с.

Оценка смородины черной по уровню проявления признака многокистности (2018–2022 гг.)  
Evaluation of black currant by the level of manifestation of the multiple racemes trait (2018-2022)

Сорт, отбор	Число узлов с плодоношением на побеге		Число кистей на одном узле	Доля многокистных узлов на плодоносящем побеге, %
	$X_{cp} \pm m$	$V, \%$		
Бармалей	48,3 ± 5,7	10,3	1–2	14,5
Брянский Агат	51,0 ± 8,0	12,6	1–3	23,2
Дар Смольяниновой	37,3 ± 8,7	23,4	1–3	10,7
Дебрянск	48,0 ± 8,2	17,1	1–3	25,0
Кипиана	38,7 ± 5,5	14,8	1–2	13,2
Кудмиг	44,3 ± 6,0	13,6	1–2	22,6
Лентяй	40,0 ± 4,0	10,0	1–2	7,5
Литвиновская	46,3 ± 6,0	13,0	1–2	12,9
Миф	53,0 ± 11,8	12,1	1–2	15,1
Нежданчик	45,3 ± 7,6	16,7	1	–
Подарок Ветеранам	47,3 ± 7,6	19,9	1–2	12,7
Рита	39,3 ± 4,0	10,3	1–2	15,3
Селеченская 2	40,7 ± 10,1	24,8	1–3	17,2
Стрелец	37,0 ± 5,0	14,3	1–2	10,8
Чародей	42,7 ± 3,8	8,9	1–2	7,0
Черешнева	47,7 ± 8,1	17,0	1–2	10,5
Чернавка	39,0 ± 3,6	9,3	1–4	10,3
Этюд	43,0 ± 7,6	17,6	1–2	7,0
BenHore	51,0 ± 7,9	9,0	1–2	9,8
BenTirran	31,0 ± 8,5	27,6	1–2	12,9
Tiben	42,0 ± 8,9	21,0	1–2	9,5
Tisel	37,3 ± 2,5	6,7	1–2	10,7
1–29–02	39,0 ± 4,4	12,5	1–3	10,3
4–18–01	36,3 ± 4,0	11,1	1–3	8,3
10–141–2	39,3 ± 9,5	24,5	1–3	12,7
20–69–1	41,7 ± 6,0	14,5	1–3	14,4
63–35–1	45,3 ± 7,1	9,1	1–3	15,5
5–37–02	49,7 ± 2,5	5,1	1–4	10,1
2–49–01	45,7 ± 5,1	11,2	1–4	10,2
43–8–05	36,0 ± 8,5	23,7	1–4	15,3
4–5–2	46,3 ± 5,0	10,9	1–4	15,1
НСР <sub>0,05</sub>	9,87	–	–	–

общего количества. Это свидетельствует о существенном варьировании изучаемого показателя по сортам.

Проведенные нами серии скрещиваний, выполненные в 2009–2011 гг., с использованием исходных форм, отличающихся способностью закладывать в одном узле несколько генеративных почек, пригодных к нормальному развитию соцветий, позволили выделить ряд комбинаций, в потомстве которых выделены многокистные сеянцы [9]. Большинство таких гибридов (30,4–42,0%) ото-

брано в семьях Нара × Ядрёная, Ядрёная × Экзотика, Нара × (Ядрёная × Экзотика), Кипиана × Гладиоза, Кипиана × Дебрянск. При этом в первых 3 комбинациях были выделены сеянцы, формирующие до 4 кистей на одном узле. Это такие отборы, как 43-8-05 (Нара × Ядрёная), 85-03-3 (Ядрёная × Экзотика) и 2-49-01 [8-4-1 (Ядрёная × Экзотика) I<sub>1</sub>].

При отборе многокистного потомства лучшие результаты были установлены в комбинации скрещиваний Чудное Мгновение × Голубичка, где до 43,1% сеянцев фор-

мировало более одной кисти на одном узле. Это объясняется тем, что сорт Чудное Мгновение является производным в третьем поколении ( $F_3$ ) от сорта Приморский Чемпион, зарекомендовавшего себя как донор многокистности, и  $F_2$  от потомка скандинавского подвида сорта Brödatorp, который также хорошо передает многокистность потомству, что неоднократно подтверждают отечественные ученые (см. сноску 14). Отцовская форма представленной комбинации скрещиваний – сорт Голубичка, также потомок в  $F_3$  сорта Brödatorp и  $F_2$  от сорта Приморский Чемпион [10]. Среди изученных форм, отобранных за многокистность из этой семьи, лучшими были отборы 15-11/01 и 73-32-12, которые формировали до 3 соцветий на отдельных узлах и отличались выравненными, несбежистыми плодами в кистях средней массой 1,4 г.

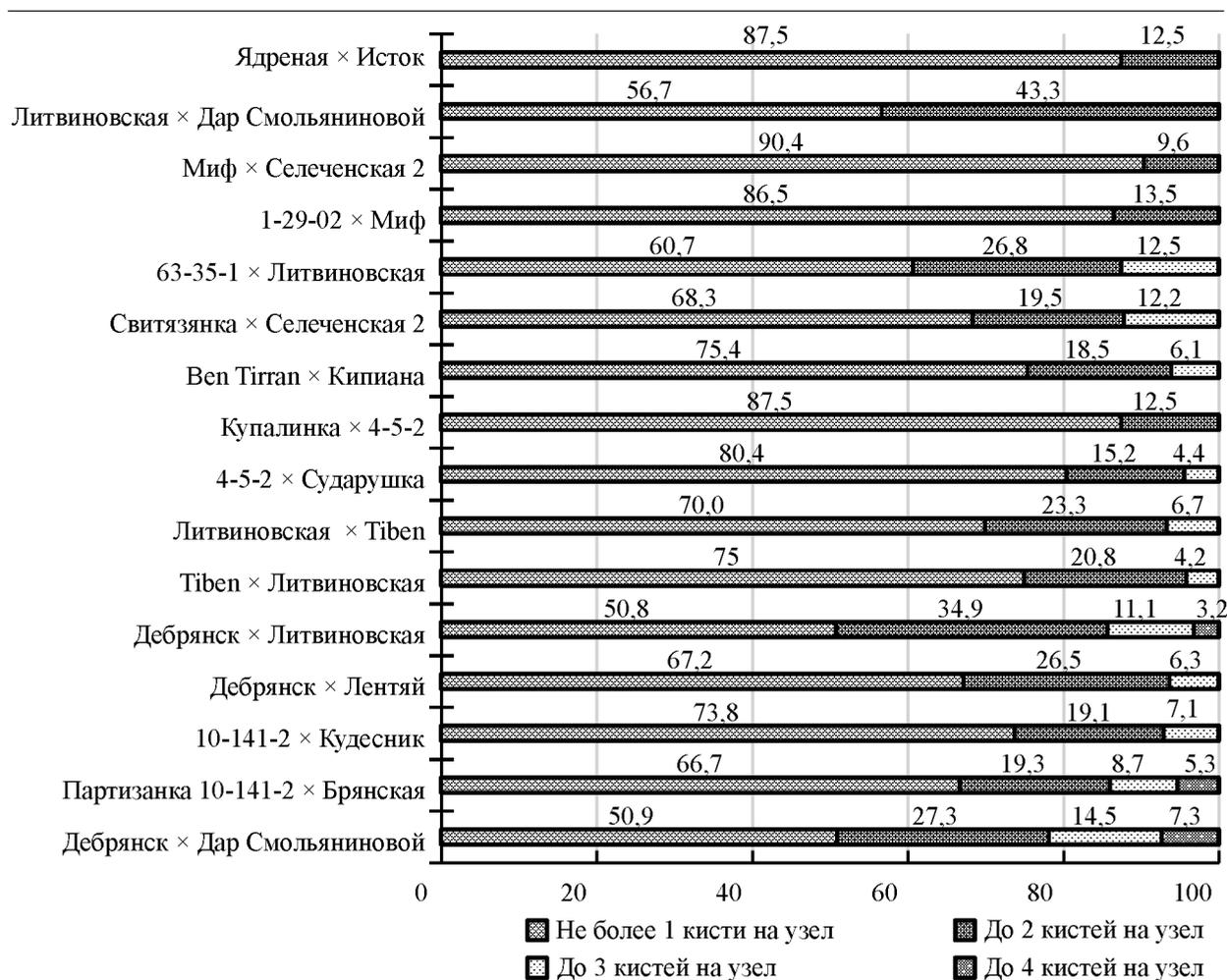
Изучение гибридного фонда позволило отобрать формы, сочетающие многокистность с другими хозяйственно ценными признаками (крупноплодность, одномерность ягод, устойчивость к грибным болезням и др.). Например, десертный отбор № 4-5-2, выделенный в семье СК-7 × Экзотика, формирует в среднем 15,1% многокистных узлов на побеге, среди которых встречаются четырехкистные. Трехкистные узлы отмечены у форм 1-29-02 [(Дар Смольяниновой × Литвиновская) × Мрия-3], 10-141-2 (Стрелец × Голубичка), 20-69-1 (Нара I<sub>1</sub>). В семье Лентяй × Дебрянск, с участием крупноплодных исходных форм, выделен крупноплодный гибрид 63-35-1, формирующий ягоды массой свыше 5,0 г и около 15% трехкистных узлов. Дальнейшее включение в гибридизацию некоторых представленных отборов позволило оценить их донорские качества.

При подборе исходных форм в селекции на многокистность предпочтение оказывали генотипам, выделенным ранее и совмещающих этот показатель с другими хозяйственными признаками (крупноплодность, длиннокистность, десертный вкус ягод и др.). Гибридологический анализ сеянцев от сортов и отборных форм, различающихся по числу плодоносящих кистей на одном узле,

показал, что преобладало потомство, где не были отмечены многокистные узлы. Даже в семьях с участием многокистных исходных форм, как Tiben × Селеченская 2, Селеченская 2 × Дар Смольяниновой, Орловский Вальс × Партизанка Брянская, Мрия × Дар Смольяниновой, Исток × Дар Смольяниновой, Подарок Ветеранам × Дар Смольяниновой, Брянский Агат × Дар Смольяниновой, Тамерлан × Брянский Агат, в потомстве не было отобрано ни одного гибрида, способного формировать более одной кисти на одном узле.

При изучении гибридного фонда отобраны семьи, в потомстве которых выделены сеянцы с многокистными узлами на побегах. Удачное сочетание таких многокистных сортов, как Селеченская 2 и Дебрянск, в комбинациях скрещиваний Свитязьнка × Селеченская 2 и Дебрянск × Лентяй позволило отобрать в потомстве от 31,7 до 32,8% сеянцев, формировавших 2–3 кисти на одном узле (см. рисунок). Результативными оказались комбинации скрещиваний с участием многокистных отборных форм. Так, в семьях 4-5-2 × Сударушка, 10-141-2 × Партизанка Брянская и 63-35-1 × Литвиновская выделено от 19,6 до 39,3% гибридов, способных формировать 2–3 кисти на одном узле.

Использование в гибридизации даже не самых выдающихся по признаку многокистности исходных форм, в таких комбинациях скрещиваний как Ven Tirran × Кипиана, Tiben × Литвиновская и Литвиновская × Tiben позволило отобрать 24,1, 25,0 и 30,0% соответственно многокистных сеянцев, из которых 4,2–6,7% гибридов формировало до 3 кистей на одном узле. В потомстве реципрокных скрещиваний сортов Литвиновская и Tiben выделены отборные формы 8-69-01 (Литвиновская × Tiben) и 5-82-02 (Tiben × Литвиновская), отличающиеся высокой устойчивостью к мучнистой росе, формирующие 2–3 генеративные почки на одном узле с дружным созреванием ягод в кисти. В семье Ven Tirran × Кипиана отобран сеянец № 3-63-01 с 2–3 кистями на узлах и отличающийся устойчивостью к сферотеке и листовым пятнистостям. Получение гибри-



Расщепление гибридного потомства в комбинациях скрещиваний по числу кистей на узлах, %  
 Splitting of hybrid offspring in combinations of crosses by the number of racemes at the nodes, %

дов, превосходящих по признаку многокистности исходные формы, свидетельствует о возможности отбора генотипов с более высоким проявлением изучаемого признака при большом объеме анализируемого потомства.

Однако гибридологический анализ показывает, что использование в скрещиваниях многокистных исходных форм не всегда обеспечивает получение такого же потомства. Включение в гибридизацию таких сортов, как Селеченская 2, Исток, Дар Смольяниновой, и формы 1-29-02, способных формировать до 3 кистей на одном узле, в некоторых сочетаниях не гарантирует выщепление многокистных семян, что прослеживается на примере семей Миф × Селеченская 2, Литвиновская × Дар Смольяниновой, Ядрёная × Исток, 1-29-02 × Миф. В потомстве указан-

ных комбинаций скрещиваний все гибриды были одно- и двухкистными.

Среди изученных комбинаций скрещиваний лучшими результатами по признаку многокистности характеризовалось потомство семей Дебрянск × Дар Смольяниновой, 10-141-2 × Партизанка Брянская и Дебрянск × Литвиновская, где отмечены сеянцы с трех- и четырехкистными узлами на побеге. Так, в семьях Дебрянск × Литвиновская и 10-141-2 × Партизанка Брянская 11,1 и 8,7% сеянцев соответственно формировали до трех кистей на одном узле, доля четырехкистных сеянцев соответственно составила 3,2 и 5,3%. В семье Дебрянск × Дар Смольяниновой доля сеянцев, способных формировать до 3 кистей на одном узле, составила 14,5%, гибридов с четырехкистными узлами на побеге – 7,3%. В представленных се-

мьях от 33,3 до 49,2% сеянцев формировали более одной генеративной почки на одном узле. Так, в потомстве семьи Дебрянск × Дар Смольяниновой выделены отборы 5-37-02 и 5-37-03, сочетающие многокистность с десертным вкусом плодов. Форма 7-136-3 из семьи Дебрянск × Литвиновская наряду с тем, что формирует до 27% многокистных узлов от общего их количества, также обладает крупноплодностью и выравненностью ягод в кисти.

Несмотря на то, что сорт Партизанка Брянская не формирует многокистные узлы на побегах, его сочетание с многокистным элитным сеянцем 10-141-2 позволило отобрать генотипы, совмещающие ряд ценных признаков. Возможно, это связано с тем, что отбор 10-141-2 получен на широкой генетической основе, его родительские формы сорта Стрелец (Селеченская 2 свободное опыление) и Голубичка [Изюмная × (Альфа × Приморский Чемпион)] являются производными смородины дикуши, европейского, сибирского и скандинавского подвидов смородины черной. Из семьи 10-141-2 × Партизанка Брянская выделены крупноплодные гибриды 4-18-01 и 4-18-02, формирующие 3–4 кисти на узлах с плодами десертного вкуса. В этой же семье выделен отбор 4-94-1, отличающийся многокистностью и высокой полевой устойчивостью к мучнистой росе и компактно-пряморослым габитусом куста.

Эффективным оказалось использование такого способа аналитической селекции, как посев семян от свободного опыления. В подобных популяциях выделены отдельные сеянцы, отличающиеся многокистностью и проявлением ряда хозяйственно-полезных качеств. Это такие сферотекоустойчивые гибриды, как 2-26-02 (Черешнева, свободное опыление (св. оп.)), 3-10-02 (Мрия-5, св. оп.), 9-5-01 (6-15-52, св. оп.), 9-62-01 (Ирмень, св. оп.) и 8-10-1 (Изюмная, св. оп.); длиннокистные формы 2-30-01 (Селеченская 2, св. оп.), 4-14-03 (Вера, св. оп.), 5-45-02 (52-42-1, св. оп.); отборы с десертными плодами 1-17-01 (Дар Смольяниновой, св. оп.), 1-9-02, 2-17-03 (Мрия-3, св. оп.). Отборная форма 3-31-01 (Кудесник, св. оп.) отличается

ся длиннокистностью (до 12 ягод в кисти) и способностью формировать до 4 кистей на одном узле.

Гибридологический анализ показывает, что в качестве донора многокистности перспективно использовать сорт Дебрянск, который формирует до 3 генеративных почек на одном узле. Как правило, в комбинациях скрещиваний с его участием в потомстве часто выщепляются многокистные гибриды. В большинстве случаев в популяциях от свободного опыления сорта Дебрянск было выделено крупноплодное многокистное потомство, совмещающее это качество с другими хозяйственно ценными признаками. Например, форма 7-53-01 (Дебрянск, свободное опыление) отличается устойчивостью к грибным болезням (мучнистая роса, листовые пятнистости); отбор 37-27-4/05 устойчив к мучнистой росе и антракнозу листьев; отборная форма 7-53-02 формирует плоды десертного вкуса; средняя масса ягод гибрида 36-27-8/05 составляет 2,2 г; новый крупноплодный сорт Каскад выделен также из этой популяции.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований выделены генетические источники и доноры признака многокистности (Дар Смольяниновой, Дебрянск, Брянский Агат, Селеченская 2, Вера, Чернавка, Нара, Ядрёная, Экзотика, Кипиана, Орловский Вальс, Исток, Чудное Мгновение, Литвиновская и др.), использование которых в дальнейших скрещиваниях позволит получить более продуктивные формы. Установлены наиболее результативные комбинации скрещиваний по выходу многокистного потомства (63-35-1 × Литвиновская, Свитязянка × Селеченская 2, Дебрянск × Дар Смольяниновой, 10-141-2 × Партизанка Брянская и Дебрянск × Литвиновская, Дебрянск, свободное опыление). Значительный интерес представляют выделенные из гибридного фонда многокистные генотипы (63-35-1, 10-141-2, 20-69-1, 2-49-01, 43-8-05, 4-5-2, 4-18-01, 4-18-02, 4-94-1 и др.), которые заслуживают активного использования в селекционном процессе с целью создания

более продуктивных форм смородины черной.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сазонова И.Д. Биохимическая оценка плодов малины и смородины в условиях юго-западной части Нечерноземья России // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 5 (87). С. 36–44. DOI: 10.52691/2500-2651-2021-87-5-36-44.
2. Sazonov F.F., Evdokimenko S.N., Sorokopudov V.N., Andronova N.V., Skovorodnikov D.N. The productivity of new Russian blackcurrant cultivars // *ActaHorticulturae*. 2020. Vol. 1277. P. 155–158. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1277.22.
3. Сорокопудов В.Н., Назарюк Н.И., Габышева Н.С. Совершенствование сорта смородины черной в азиатской части России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 7. С. 23–28.
4. Акуленко Е.Г., Каньшина М.В., Яговенко Г.Л. Результаты и перспективы селекции смородины черной во ВНИИ люпина // Плодоводство и ягодоводство России. 2020. Т. 63. С. 11–15. DOI: 10.31676/2073-4948-2020-63-11-15.
5. Родюкова О.С., Жидехина Т.В., Брыксин Д.М., Хромов Н.В., Гурьева И.В. Генетические коллекции ягодных культур и их роль в совершенствовании сорта смородины // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 7. С. 10–16. DOI: 10.53859/02352451\_2021\_35\_7\_10.
6. Чеботок Е.М. Итоги сортоизучения коллекции смородины черной на Среднем Урале // Плодоводство и ягодоводство России. 2020. Т. 60. С. 136–143. DOI: 10.31676/2073-4948-2020-60-136-143.
7. Тихонова О.А. Слагаемые компоненты продуктивности черной смородины в условиях Северо-Запада России // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2016. Т. 177, Вып. 3. С. 61–73.
8. Гусева Н.К., Батуева Ю.М., Васильева Н.А. Основные показатели продуктивности смородины черной и особенности наследования их в потомстве // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2016. № 3 (34). С. 56–61.
9. Сазонов Ф.Ф. Селекция смородины черной

в условиях юго-западной части Нечерноземной зоны России: монография. М.: ФГБНУ ВСТИСП, 2018. 304 с.

10. Князев С.Д., Левгерова Н.С., Макаркина М.А., Пикунова А.В., Салина Е.С., Чекалин Е.И., Янчук Т.В., Шавыркина М.А. Селекция черной смородины: методы, достижения, направления: монография. Орел: ВНИИСПК, 2016. 328 с.

## REFERENCES

1. Sazonova I.D. Biochemical assessment of raspberry and currant berries in the southwestern part of the Non-Black Earth region of Russia. *Vestnik Bryanskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*, 2021, no. 5 (87), pp. 36–44. (In Russian). DOI: 10.52691/2500-2651-2021-87-5-36-44.
2. Sazonov F.F., Evdokimenko S.N., Sorokopudov V.N., Andronova N.V., Skovorodnikov D.N. The productivity of new Russian blackcurrant cultivars. *ActaHorticulturae*, 2020, vol. 1277, pp. 155–158. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1277.22.
3. Sorokopudov V.N., Nazaryuk N.I., Gabysheva N.S. Improvement of the assortment of black currants in the Asian part of Russia. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2018, no. 7, pp. 23–28. (In Russian).
4. Akulenko E.G., Kan'shina M.V., Yagovenko G.L. Results and outlooks of black currants breeding in the All-Russian Lupin Scientific Research Institute. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii = Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 2020, vol. 63, pp. 11–15. (In Russian). DOI: 10.31676/2073-4948-2020-63-11-15.
5. Rodyukova O.S., Zhidekhina T.V., Bryksin D.M., Khromov N.V., Gur'eva I.V. Genetic collections of berry crops and their role in improving the assortment. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*. 2021, vol. 35, no. 7, pp. 10–16. (In Russian). DOI: 10.53859/02352451\_2021\_35\_7\_10.
6. Chebotok E.M. Results of variety study of black currant collection in the Middle Urals. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii = Po-*

- miculture and small fruits culture in Russia*, 2020, vol. 60, pp. 136–143. (In Russian). DOI: 10.31676/2073-4948-2020-60-136-143.
7. Tikhonova O.A. Elements of the black currant productivity component in the environments of the Russian North-West. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2016, vol. 177, is. 3, pp. 61–73. (In Russian).
  8. Guseva N.K., Batueva Yu.M., Vasil'eva N.A. Basic indicators of blackcurrant productivity and their inheritance features in breed. *Vestnik Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural'ya = Bulletin of Northern Trans-Ural State Agricultural University*, 2016, no. 3 (34), pp. 56–61. (In Russian).
  9. Sazonov F.F. *Black currant breeding in the southwestern part of the Non-Black Soil Zone of Russia*. Moscow, FGBNU VSTISP Publ., 2018. 304 p. (In Russian).
  10. Knyazev S.D., Levgerova N.S., Makarkina M.A., Pikunova A.V., Salina E.S., Chekalin E.I., Yanchuk T.V., Shavyrkina M.A. *Blackcurrant breeding: methods, achievements, directions*. Orel, VNIISPK Publ., 2016. 328 p. (In Russian).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ Сазонов Ф.Ф., доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 115598, Москва, ул. Загорьевская, 4; e-mail: sazon-f@yandex.ru

#### AUTHOR INFORMATION

✉ **Fedor F. Sazonov**, Doctor of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** 4, Zagorevskaya St., Moscow, 115598, Russia; e-mail: sazon-f@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 06.02.2023  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 29.03.2023  
Дата публикации / Published 22.05.2023

## МИРОВЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ЛЬНА КОЛЛЕКЦИИ ВИР В СОЗДАНИИ СОРТОВ ТОМСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

✉ **Попова Г.А., Рогальская Н.Б., Трофимова В.М.**

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

✉ e-mail: tomsk@sfsca.ru

Представлены результаты изучения 30 образцов льна различного эколого-географического происхождения из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР). Исследованы сорта российской селекции – 14, китайской – 6, украинской – 5, французской – 4, белорусской – 1. Установлено влияние генотипов и погодных условий на проявление хозяйственных признаков многофакторным дисперсионным анализом. Полевые исследования проводили в подтаежной зоне Томской области в 2015–2017 гг. Природно-климатические условия соответствовали требованиям возделывания льна-долгунца. Лучшими по общей и технической длине стеблей отмечены сорта китайской селекции Heiya 4 (K-8485), Sxy 7 (K-8689), российский гибрид Томский 16\*Успех (K-8544), французский сорт Drakkar (K-8493), украинский – Глазур (K-8695), 66–72 и 60–66 см соответственно, достоверно выше стандарта Томского 16. По содержанию волокна в технической части стеблей (38–40%) лидировали сорта: российской селекции П-3989 (K-8672), А-236 (K-8692), М-249 (K-8693), французской – Alizee (K-8494), Agatha (K-8492), Melina (K-8495), украинской – Вручий (K-8694), достоверно выше стандарта Томского 16. По массе волокна (91–104 мг) – французские сорта Drakkar (K-8493) и Alizee (K-8494), украинские – Вручий (K-8694) и Глазур (K-8695), российские – А-236 (K-8692) и М-249 (K-8693) – достоверно превосходили стандарт Томский 16 на 6–44 мг. Сорта льна российской селекции П-3989 (K-8672), Добрыня (K-8504), А-236 (K-8692), китайской – Heiya 4 (K-8485), Heiya 13 (K-8486), Туу 13 (K-8687), французской – Agatha (K-8492), Drakkar (K-8493), Alizee (K-8494), Melina (K-8495), украинской – Гладиатор (K-8505) и Вручий (K-8694) – признаны перспективными и включены в селекционный процесс в качестве отцовских родительских форм. Полученный гибридный материал находится на испытании в питомнике отбора с 2017 г. и второго года селекции с 2021 г.

**Ключевые слова:** лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L. f. *elongata*), селекция, коллекция, сорта, продуктивность, волокно, семена, мыклость

## WORLD'S GENETIC RESOURCES OF THE VIR FLAX COLLECTION IN THE CREATION OF TOMSK SELECTION VARIETIES

✉ **Popova G.A., Rogalskaya N.B., Trofimova V.M.**

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

✉ e-mail: tomsk@sfsca.ru

The results of the study of 30 flax samples of different ecological and geographical origin from the collection of the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) are presented. The varieties of the Russian selection - 14, Chinese - 6, Ukrainian - 5, French - 4, Belarusian - 1 have been investigated. The influence of genotypes and weather conditions on the manifestation of economic traits by multivariate analysis of variance has been established. Field studies were conducted in the sub taiga zone of the Tomsk region in 2015-2017. Natural and climatic conditions met the requirements for the cultivation of fiber flax. By total and technical stem length the best varieties of the Chinese selection Heiya 4 (K-8485), Sxy 7 (K-8689), the Russian hybrid Tomsk 16 \* Success (K-8544), the French variety Drakkar (K-8493), the Ukrainian - Glazur (K-8695), 66-72 and 60-66 cm respectively, were significantly higher than the standard Tomsk 16. According to the fiber content in the technical part of the stems (38-40%) the following varieties were the leaders:

the Russian selection P-3989 (K-8672), A-236 (K-8692), M-249 (K-8693), the French selection Alizee (K-8494), Agatha (K-8492), Melina (K-8495), and the Ukrainian selection Vrchy (K-8694), were significantly above the Tomsk 16 standard. By the fiber mass (91-104 mg) the French varieties Drakkar (K-8493) and Alizee (K-8494), the Ukrainian varieties Vrchii (K-8694) and Glazur (K-8695), the Russian varieties A-236 (K-8692) and M-249 (K-8693) reliably exceeded the Tomsk 16 standard by 6-44 mg. The flax varieties of the Russian selection P-3989 (K-8672), Dobrynya (K-8504), A-236 (K-8692), the Chinese - Heiya 4 (K-8485), Heiya 13 (K-8486), Tyu 13 (K-8687), the French - Agatha (K-8492), Drakkar (K-8493), Alizee (K-8494), Melina (K-8495), and the Ukrainian Gladiator (K-8505) and Vrchiy (K-8694) were recognized as promising and were included in the breeding process as male seed parents. The resulting hybrid material has been on trial in the selection nursery from 2017 and the second year of breeding from 2021.

**Keywords:** fiber flax (*Linum usitatissimum* L. f. *elongata*), breeding, collection, varieties, productivity, fiber, seeds, stem slenderness (the ratio between the stem length and the diameter)

**Для цитирования:** Попова Г.А., Рогальская Н.Б., Трофимова В.М. Мировые генетические ресурсы льна коллекции ВИР в создании сортов Томской селекции // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 4. С. 34–47. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-4>

**For citation:** Popova G.A., Rogalskaya N.B., Trofimova V.M. World's genetic resources of the VIR flax collection in the creation of Tomsk selection varieties. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 4, pp. 34–47. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-4>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Исторически сложилось, что в России лен-долгунец на протяжении длительного времени оставался основной и ведущей прядильной и масличной технической культурой, в большей степени приспособленной к возделыванию в условиях умеренного климата и ее почвенно-климатическим условиям. Длительное время Россия являлась крупнейшим мировым лидером по производству и экспорту натурального льняного волокна и тканей. Для обеспечения экономической и стратегической независимости страны важно сохранить свое отечественное целлюлозное волокнистое сырье, способное в значительной мере обеспечить импортозамещение хлопка [1]. В современных сортах льняное волокно может состоять до 90% из целлюлозы. Несмотря на то, что посевы льна-долгунца ежегодно сокращаются, он остается основным источником натуральных ежегодно воспроизводимых волокон в Российской Федерации [2, 3].

Современная селекция льна-долгунца по-прежнему направлена на повышение качества льняной продукции. Залогом успешной селекционной работы при создании новых сортов являются эффективность научно обоснованного подхода к подбору исходного материала и изученность его в конкретных почвенно-климатических условиях<sup>1</sup>.

Для обогащения генетического материала в селекции льна-долгунца в Сибирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства и торфа – филиале Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА РАН) формируется питомник экологического испытания коллекции с привлечением образцов из основных российских коллекций ВИР и Федерального научного центра лубяных культур (ФНЦ ЛК).

Длительное время в российской селекции льна-долгунца, в том числе при выведении первых томских сортов, в качестве

<sup>1</sup>Павлова Л.Н., Герасимова Е.Г., Румянцева В.Н. Инновационные приемы в селекции льна-долгунца // Льноводство: современное состояние и перспективы развития: материалы межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию томской школы селекции льна-долгунца. ФАНО, СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА РАН. Томск: ООО «Графика», 2017. С. 43–46.

исходного материала использовали местные кряжевые льны [4]. В начале XX в. из местных сибирских льнов выделены высоковолокнистые линии, которые в дальнейшем послужили и продолжают оставаться генетическим материалом при создании новых сортов повышенной волокнистости. Недостатком первых сибирских сортов служило то, что они имели грубое волокно низкого качества, номер длинного волокна соответствовал 9–10. Во второй половине XX в. вовлечение в селекционную работу набора коллекционных образцов и сортов льна ВИР и Всероссийского научно-исследовательского института льна (ВНИИЛ) позволило расширить генетическое разнообразие и получить линейку раннеспелых сортов томской селекции<sup>2</sup>.

Полученные сорта унаследовали высокое содержание волокна и приобрели его повышенное качество (11–14 номер длинного волокна). Современные сорта льна-долгунца томской селекции, находящиеся в Государственном реестре селекционных достижений Российской Федерации, районированы по Северо-Западному, Центральному, Волго-Вятскому и Западно-Сибирскому регионам, отдельные из них – во всех регионах (например, Томич 3, что свидетельствует о его высоком адаптивном потенциале).

К современным сортам льна-долгунца предъявляются высокие требования по качеству волокна, устойчивости их к биотическим и абиотическим факторам внешней среды и адаптивному потенциалу [5]. В России создано много сортов с высокими показателями качества волокна<sup>3</sup>.

Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации, за

2010–2020-е годы пополнился сортами томской селекции Памяти Крепкова (год включения 2012), Томич (2017), Томич 2 (2019) и Томич 3 (2022)<sup>4</sup>.

Создание сортов льна-долгунца с высоким содержанием волокна привело к изменениям в сторону ухудшения структурно-морфологических качественных показателей растений. Повышение волокнистой продуктивности новых сортов привело к падению технологических прядильных показателей гибкости, тонины, прочности и равномерности распределения волокнистых веществ по длине стебля, ухудшению анатомического строения стебля: увеличение диаметра элементарных волокон почти на 50% и уменьшение их длины<sup>5</sup> [5].

Исследователи отмечают ухудшение химического состава волокна, а также снижение пектиновых веществ в волокне, что отражается на прядильных свойствах пряжи. Поэтому актуален вопрос улучшения качества волокна в новых сортах, являющийся первоочередной задачей для российских селекционеров.

Помимо этого, с начала 2000-х годов в Сибири отмечают изменения в температурных тенденциях. Так, климат во всей подтайге Западно-Сибирской равнины с 1936 по 2015 г. изменился в сторону потепления [6]. В течение вегетационного периода льна-долгунца все чаще стали наблюдаться сильные перепады температур и неравномерность в выпадении осадков, особенно в критические фазы роста культуры. Ливневые дожди, шквалистые ветры приводят к переувлажнению почвы, полеганию посевов льна-долгунца, развитию болезней, которые в свою очередь снижают количество и качество льнопродукции.

<sup>2</sup>Мичкина Г.А., Рогальская Н.Б., Попова Г.А. История селекции томского льна-долгунца. Развитие научного наследия Н.И. Вавилова на современном этапе: материалы международной научной конференции, посвященной 120-летию со дня рождения академика Н.И. Вавилова (Новосибирск, 19 декабря 2007 г.). Россельхозакадемия. Сибирское отделение. Новосибирск, 2009. С. 148–155.

<sup>3</sup>Кутузова С.Н., Брач Н.Б., Тихвинский С.Ф., Доронин С.В., Шаров И.Я., Питько А.Г. Географическая изменчивость хозяйственно ценных признаков льна // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1991. Т. 144. С. 40–48.

<sup>4</sup>Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (сорта растений): //gossortrf.ru/wp-content/uploads/2022/06/Реестр%20на%20допуск%202022.pdf (дата обращения 18.11.2022).

<sup>5</sup>Павлова Л.Н. Сорт – основа успешного развития льноводства // Роль льна в улучшении среды обитания и активного долголетия человека. Материалы международного семинара. Тверь, 2012. С. 51–55.

Влияние условий выращивания на проявление хозяйственно ценных признаков льна достаточно изучено [7]. Основная их часть относится к отдельным факторам, влияющим на физиологические процессы роста и развития растений. Проявление большинства признаков из них зависит не от одного фактора, а от системы. Ранее доказано, что географические условия при посеве льна в различных природно-климатических зонах влияют на морфологические характеристики. Так, повышенная температура и недостаток влаги уменьшают высоту растений, выход и качество волокна, размер семян, но увеличивают длину соцветия и число коробочек [8]. Растения льна-долгунца приобретают габитус масличного льна-межеумка.

При выведении новых сортов следует учитывать их способность давать высокую и стабильную продуктивность, обладать экологической пластичностью и устойчивостью к комплексу биотических и абиотических факторов среды при неблагоприятных агроклиматических условиях [8].

Анализ результатов селекции льна-долгунца Н.Б. Брач<sup>6</sup> с соавторами провели с 1932 по 2000 г. и показали, что увеличение разнообразия исходного материала позволяет преодолеть нежелательные корреляции между признаками и добиться сочетания высоких хозяйственных показателей. Установлено, что длина растения является одним из основных признаков, которые влияют на массу волокна технической части и содержание волокна [7]. Наиболее стабильным показателем, в наименьшей степени зависящим от погодных условий, сроков уборки, способов первичной обработки, является содержание всего волокна (см. сноску 3).

Обширные генетические коллекции ВИР и ФНЦ ЛК являются единственным и доступным источником новых коллекционных

образцов и сортов льна, разнообразного эколого-географического генезиса.

Цель исследований – изучить в условиях подтаежной зоны Томской области высоковолокнистые образцы и сорта льна-долгунца из мировой коллекции ВИР по продуктивности льноволокна и семян; выделить из них перспективно исходный материал для вовлечения в селекционный процесс.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили 30 образцов культурного льна (*Linum usitatissimum* L.) из мировой коллекции ВИР различного эколого-географического происхождения, представленных сортами российской селекции 14, китайской – 6, украинской – 5, французской – 4 и белорусской – 1.

Полевые исследования проведены с 2015 по 2017 г. в Богашевском подразделении СибНИИСХиТ – филиала СФНЦА РАН, расположенного в подтаежной зоне Томского района Томской области.

Томская область расположена в зоне тайги юго-восточной части Западно-Сибирской низменности, климат территории континентально-циклический<sup>7, 8</sup>.

В подтайге безморозный период средней продолжительностью 115 сут, среднемноголетняя сумма среднесуточных температур выше 10 °С составляет 1700°; осадков на долю вегетационного периода приходится 200–220 мм, около половины от годовой нормы. По агроклиматическому районированию район исследования относится к 5-й агроклиматической зоне и характеризуется как умеренно теплый и умеренно увлажненный, гидротермический коэффициент Т.К. Селянинова (ГТК) варьирует от 1,1 до 1,6 (см. сноску 8) [6]. В отдельные годы, несмотря на расположение территории в зоне избыточного увлажнения, возможно воз-

<sup>6</sup>Brutch N., Pavlov A., Porokhovina E. et. al. The role of initial material in the results flax breeding in Soviet Union and Russia from 1932 till 2000. // Innovative technologies for comfort: Proceedings of the 4th global workshop (general consultation) of the FAO/ESCORENA European co-operative research network on flax and other bast plants. 7–10 October 2007. Arad, Romania. P. 43–44.

<sup>7</sup>Агроклиматические ресурсы Томской области. Справочник. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 148 с.

<sup>8</sup>Азьмука Т.И. Ресурсы климата. Природные ресурсы Томской области. Томск: издательство Томского университета, 1991. С. 83–103.

никновение засух и суховеев. В целом агроклиматические ресурсы тепла, влаги близки к оптимальным условиям и отвечают потребностям возделывания культуры льна-долгунца.

Анализируемый период проведения исследований охватывает годы с различными метеорологическими условиями. Так, 2015 г. характеризовался достаточным увлажнением и тепловыми ресурсами (ГТК – 1,38), 2016 г. относился к умеренно увлажненному типу (ГТК – 1,14), наибольшее количество осадков выпало в 2017 г., когда отмечено переувлажнение (ГТК – 1,50). В целом влагообеспеченность вегетационных периодов характеризовалась достаточным увлажнением и количеством тепла для произрастания льна-долгунца (см. рис. 1)<sup>9</sup>. Почвенный покров опытных участков представлен агросерыми среднеподзоленными среднесуглинистыми почвами<sup>10</sup>. Пахотный горизонт – с реакцией почвенного раствора слабокислой и близкой к нейтральной ( $pH_{\text{вод}} = 5,9-6,1$ ), с увеличением к нижним горизонтам, содержащим карбонаты в почвообразующей породе.

Содержание валового гумуса в пахотном горизонте варьировало от 4 до 6%. Основные питательные элементы почвы – подвижные фосфор и обменный калий – находятся в достаточном количестве для культуры льна-долгунца (25–27 мг/100 г). Лен возделывают в семипольном севообороте, предшествующие культуры – зерновые: пшеница, овес, ячмень.

Анализ морфологических характеристик, определение содержания волокна в стеблях осуществляли на растениях, выращенных в условиях полевого посева льна-долгунца в луночном питомнике квадратным способом с площадью питания  $2,5 \times 2,5$  см в условиях выровненного агрофона. Для оценки волокнистой продуктивности определены основные морфологические характеристики: общая и техническая длина стебля – расстояние от места прикрепления семядольных листьев до начала разветвления соцветия (см), диаметр стебля (мм), масса волокна (мг) и содержание волокна (%) – в технической части определяли отношением массы волокна к массе стебля; мыклость (см/мм), определяемая отношением технической длины



**Рис. 1.** Гидротермический коэффициент вегетационного периода по фазам роста льна-долгунца в 2015–2017 гг. в Томской области

**Fig. 1.** Hydrothermal coefficient of the growing season according to the growth phases of flax in 2015–2017 in the Tomsk region

<sup>9</sup><http://www.pogodaiklimat.ru/> Погода и Климат.

<sup>10</sup>Соловьева Т.П., Макеева Е.А., Попова Г.А. Состояние агросерых старопашотных почв р. Басандайка / Льноводство: современное состояние и перспективы развития: материалы межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию томской школы селекции льна-долгунца. ФАНО, СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА РАН. Томск: ООО «Графика», 2017. С. 141–149.

стебля к его среднему диаметру<sup>11,12</sup>. Продуктивность по семенам оценивали по числу коробочек на растении (шт.) и массе семян в них (мг). Выделение волокна осуществляли из моченцовой льнотресты, полученной способом тепловой мочки<sup>13</sup>. В качестве стандарта по морфологическим характеристикам, определяющим продуктивность волокна или семян, использовали районированный в регионе сорт Томский 16 (Т-16). Нормальность распределения признаков проверяли с помощью теста Колмогорова-Смирнова. Для сравнения морфологических признаков гибридов применяли однофакторный дисперсионный анализ и тест Дункана. Для выявления доли влияния факторов использовали многофакторный дисперсионный анализ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Засуха в критические периоды роста и развития культуры выступает одним из лимитирующих факторов получения гарантированного урожая льноволокна высокого качества. Период вегетации льна-долгунца от всходов до цветения является критическим в отношении потребности во влаге. Доказано, что условия повышенной влажности оказывают положительное влияние на количество и качество волокна в стеблях растений льна-долгунца [9].

Если в целом для культуры льна-долгунца количество тепла и влаги за годы наблюдений (2015–2017) определялось как достаточное, то конкретное распределение осадков и температурный режим носили достаточно неравномерный характер. Интегральный показатель оценки влагообеспеченности растений – ГТК – для формирования высокостебельного волокнистого льна должен составлять 1,3–1,6<sup>14</sup>.

Вегетационный период 2015 г. характеризовался по оценке влагообеспеченности ГТК показателем 1,38 с достаточными увлажнением и количеством тепловой энергии, но неравномерным распределением по сезо-

ну в критические фазы потребления влаги льном. Период активного роста льна-долгунца в фазу «елочка» – бутонизация, в котором закладываются потенциальные возможности формирования стебля и волокнистых пучков в нем, проходил при недостаточном увлажнении. От посева до цветения выпало всего 68 мм осадков, причем в период формирования стебля и заложения волокна в нем, в фазу «елочка» – бутонизация, всего было в наличии 9 мм, что негативно отразилось на линейных размерах стебля и урожае льносоломки.

Оптимальными условиями для формирования семенной продуктивности считаются осадки в период после цветения и в период созревания (фаза зеленой – желтой спелости), достаточное количество – 70–80 мм, фактически выпало 120 мм. Избыточное увлажнение после цветения затягивало созревание и увеличивало продолжительность вегетационного периода. Условия года отличались при общей оптимальной влагообеспеченности неблагоприятным распределением по вегетационному периоду.

В умеренно увлажненный 2016 г. ГТК составил 1,14, условия для роста и формирования урожая волокна и семян складывались аналогично предыдущему году исследования. Так, отмечено недостаточное количество влаги и тепла до цветения. Повышенные температуры воздуха и отсутствие осадков июня ускорили прохождение фазы «елочка» – бутонизация, формирование стебля проходило в условиях недостаточного количества осадков, поэтому цветение льна началось раньше средних сроков на 5–7 дней. Начало I декады июля отмечено оптимальными температурами воздуха и достаточным количеством осадков, что способствовало в дальнейшем получению повышенной семенной продуктивности. Погодные условия II декады июля с высокой температурой воздуха (до 30 °С) и почти ежедневными выпадениями осадков привели к переувлажнению почвы. В целом

<sup>11</sup>ГОСТ Р 52784–2007. Лен-долгунец. Термины и определения. М.: Издательство стандартов. 2009. 21 с. <sup>12</sup>Соловьев А.Я. Льноводство. М.: Агропромиздат, 1989. 320 с.

<sup>13</sup>Методические указания по проведению технологической оценки льносоломки и опытов по первичной обработке льна. Торжок, 1972. 58 с.

<sup>14</sup>Справочник льновода. М.: Росельхозиздат, 1969. 215 с.

вегетационный период по температурному режиму и влагообеспечению в периоды роста и развития льна, так же как и 2015 г., не всегда соответствовал оптимальным показателям.

Наиболее благоприятным по увлажнению следует считать вегетационный период 2017 г., в целом он характеризовался как переувлажненный (ГТК – 1,50) с оптимальным распределением температурного и водного режимов, от посева до цветения осадки составили 143 мм, после цветения – 63 мм. Сложившиеся погодные условия за период исследований позволили оценить коллекционный материал на адаптивность к стрессовым факторам среды.

Часто в течение вегетационного периода складывались неблагоприятные условия во важные фазы роста и развития, что отразилось на результатах морфологических характеристик, определяющих продуктивность растений льна-долгунца и его линейные параметры, таких как общая и техническая длина растений, содержание волокна в технической части стебля, урожайность льносоломки и семян.

Важные наследственно устойчивые морфологические характеристики растений льна-долгунца, такие как общая и техническая длина стебля, в значительной мере определяют урожайность льносоломки и содержание волокна в ней. По результатам 3-летних наблюдений выделились высокоурожайные сорта льна-долгунца китайской селекции – Heiya 4 (K-8485), Sxy 7 (K-8689), общая длина стебля у которых 66–72 см. Российский гибрид Томский 16\*Успех (K-8544), французский сорт Drakkar (K-8493), украинский – Глазур (K-8695) с общей длиной стебля 67–68 см, на 9–10 см достоверно превышали стандарт Томский 16 (58 см) (см. табл. 1).

Длинное волокно – основной продукт, ради которого возделывают лен-долгунец, формируется и содержится в технической части стебля, которая является важной морфологической характеристикой, определяющей линейные размеры стебля. У 17 изучаемых образцов и сортов льна-долгунца

длина технической части стебля достоверно превышала стандарт Томский 16 (52 см) на 9–10 см. Как и в случае с общей длиной растения, по этой важной морфологической характеристике (техническая длина стебля) наибольшие показатели имели китайские сорта Heiya 4 (K-8485) и Sxy 7 (K-8689), они достигали величины 60–62 см. Российский гибрид Томский 16\*Успех (K-8544), M-249 (K-8693) и французский сорт Drakkar (K-8493) – 59–62 см, украинский – Глазур (K-8695) – 58 см – на 6–10 см достоверно превышали стандарт Томский 16 (см. табл. 1).

Важная морфологическая характеристика, по которой можно оценить качество льносоломки и ее волокна, – диаметр стебля. Эмпирически доказано, что чем тоньше стебель, тем выше качество волокна. Лен обеспечивает получение высококачественного волокна при длине стебля не менее 70 см и диаметре 1,0–1,2 мм (см. сноску 12). Все образцы льна в опыте характеризовались тонкостебельностью (0,92–1,18 мм) и незначительно отличались от стандарта Томский 16 (0,95 мм). Достоверно больше стандарта диаметр стеблей отмечен у российского гибрида Томский 16\*Успех (K-8544), сорта французской селекции Drakkar (K-8493) – 1,15 мм, сортов украинской селекции Вручий (K-8694) и Глазур (K-8695) – 1,12–1,18 мм.

Величина отношения технической длины стебля к его диаметру – мыклость стебля – при высоком стебле достигает 600, в то время как у большинства растений она не превышает 300 единиц (ед.). Это один из значимых признаков, характеризующих выход и качество волокна [7]. Как отмечают В.Н. Понажев и Е.Г. Виноградова [5], у современных сортов льна-долгунца произошло уменьшение мыклости от 620–650 до 420–450 ед. В нашем случае по результатам 3-летнего изучения (2015–2017) достоверных отличий от стандарта Томского 16 (564 ед.) у изучаемых образцов не обнаружено, все образцы характеризовались достаточно высокими показателями мыклости и располагались в интервале от 485 до 620 ед. (см. табл. 1). У трех образцов отмечена тен-

**Табл. 1.** Результаты морфолого-структурного анализа образцов льна-долгунца коллекции ВИР в Томской области (среднее за 2015–2017 гг.)

**Table 1.** Results of the morphological and structural analysis of the flax samples yield from the VIR collection in the Tomsk region (average for 2015–2017)

Номер по каталогу ВИР	Название	Общая длина, см	Техническая длина, см	Диаметр, мм	Мысльность стебля, см/мм	Масса волокна в технической части стебля, мг	Содержание волокна, %	Число коробочек	Масса семян с растением, мг
Томский 16 стандарт		58	52	0,95	564	60	30	2,1	63
<i>Российские сорта</i>									
К-8498	л-4к-5512*л1-к-5523	62*	55*	0,92	613	43*	24*	1,6	43*
К-8499	к-6083*л-1к-550	64*	56*	1,02	557	56*	23*	2,5	87*
К-8500	л-1к-550*к-6084	57*	50	0,92	555	44*	29*	2,2	67*
К-8504	Добрыня	59	52	1,04	576	76*	32*	2,4	74*
К-8539	Тост 4*Зарянка	57*	49	0,98	510	56*	30	2,4	65
К-8540	л 2 Тост*Зарянка	56*	49	1,00	495	56*	29*	2,5	59*
К-8544	Т16*Успех	67*	59*	1,15*	537	69*	22*	3	116*
К-8557	Александрит	62*	55*	1,09	507	87*	33*	2,3	64*
К-8558	Горизонт	64*	56*	1,09	527	84*	30	2,4	69*
К-8671	Весничка	61*	53	1,01	537	57*	26*	2,1	52*
К-8672	П-3989	61*	53	1,03	523	84*	37*	2,3	66
К-8673	Л-205	62*	54	1,11	500	63*	25*	2,6	83*
К-8692	А-236	64*	57*	1,09	532	91*	33*	2,2	56*
К-8693	М-249	66*	59*	1,07	560	91*	31*	2,4	68*
<i>Китайские сорта</i>									
К-8485	Нейя 4	72*	62*	1,09	620	77*	24*	2,9	76*
К-8486	Нейя 13	61*	51	1,11	485	59	23*	2,6	92*
К-8667	Sxy 20	66*	57*	1,09	543	75*	27*	2,5	73*
К-8687	Туу 13	62*	55*	1,06	527	58	25*	2,7	82*
К-8688	Lu 1	60*	53	1,04	546	66*	28*	2,2	79*
К-8689	Sxy 7	67*	60*	1,09	565	76*	26*	2,4	69*
<i>Украинские сорта</i>									
К-8505	Гладиатор	65*	58*	1,08	547	84*	31*	2,3	78*
К-8506	Глобус	64*	55*	1,09	512	81*	32*	2,5	88*
К-8556	Каменяр	61*	53	1,09	497	60	24*	3,3	108*
К-8694	Вручий	65*	58*	1,12*	536	97*	32*	2,6	76*
К-8695	Глазур	68*	60*	1,18*	534	96*	28*	2,7	76*
<i>Французские сорта</i>									
К-8492	Agatha	58	52	1,04	512	84*	34*	2,2	77*
К-8493	Drakkar	67*	61*	1,15*	541	104*	32*	2,1	55*
К-8494	Alizee	64*	58*	1,10	542	99*	33*	2,2	86*
К-8495	Melina	59	53	0,99	542	83*	35*	2,2	72*
<i>Белорусские сорта</i>									
К-8507	Форт	61	53	1,04	523	74*	29*	2,9	76*
среднее		62,6	55	1,06	538	74,1	28,9	2,4	74,2
НСР <sub>05</sub>		0,06	1,8	0,16	88	3,09	0,07	0,25	3,98

\*Различия со стандартом достоверны при 5%-м уровне значимости по тесту Дункана.

денция к увеличению данного показателя по сравнению со стандартом – это российский гибрид (К-8498) 613 ед., сорт Добрыня (К-8504) 576, образец из Китая Heiya 4 (К-8485) 620 ед.

Главным определяющим показателем волокнистой продуктивности льна-долгунца считается селекционно наследуемый признак – содержание волокна в технической части стебля, выраженное в процентах. Природно-климатические условия вегетационного периода 2017 г. способствовали получению наиболее высоких показателей волокнистой продуктивности и оказались наиболее благоприятными для формирования волокна (см. рис. 2). У районированного сорта льна-долгунца Томский 16 с высоким содержанием волокна, используемого в нашем случае в качестве стандарта, содержание волокна в технической части стебля достигало 34,8% (см. рис. 2, а). Наибольшие показатели по содержанию волокна, превысившие стандарт на 9,9%, отмечены у образца льна российской селекции П-3989 (К-8692). Также в лидерах оказались сорта французской селекции Alizee (К-8494) и Melina (К-8495) при содержании волокна в технической части стеблей более 40% (рис. 2, в). Несколько ниже (более 38%) отмечены показатели у российских сортов А-236 (К-8692), М-249 (К-8693) и украинского сорта Вручий (К-8694) (см. рис. 2, а, б). В течение 3 лет наших наблюдений 14 образцов льна-долгунца по содержанию волокна в стеблях (30–37%) достигали показателя уровня стандарта или находились выше, 15 образцов имели волокнистость достоверно ниже стандарта (менее 30 %) (см. рис. 2).

Оценку волокнистой продуктивности льна-долгунца проводили по массе волокна в технической части стебля, которая в конечном итоге обуславливает урожайность волокна. В нашем случае, по результатам наблюдений, большинство образцов и сортов по массе волокна в технической части стебля достоверно превосходили стандарт Томский 16 на 6–44 мг (см. табл. 1). Наибольшие показатели (91–104 мг) имели французские сорта Drakkar (К-8493) и Alizee (К-8494),

украинские – Вручий (К-8694) и Глазур (К-8695), российские – А-236 (К-8692) и М-249 (К-8693).

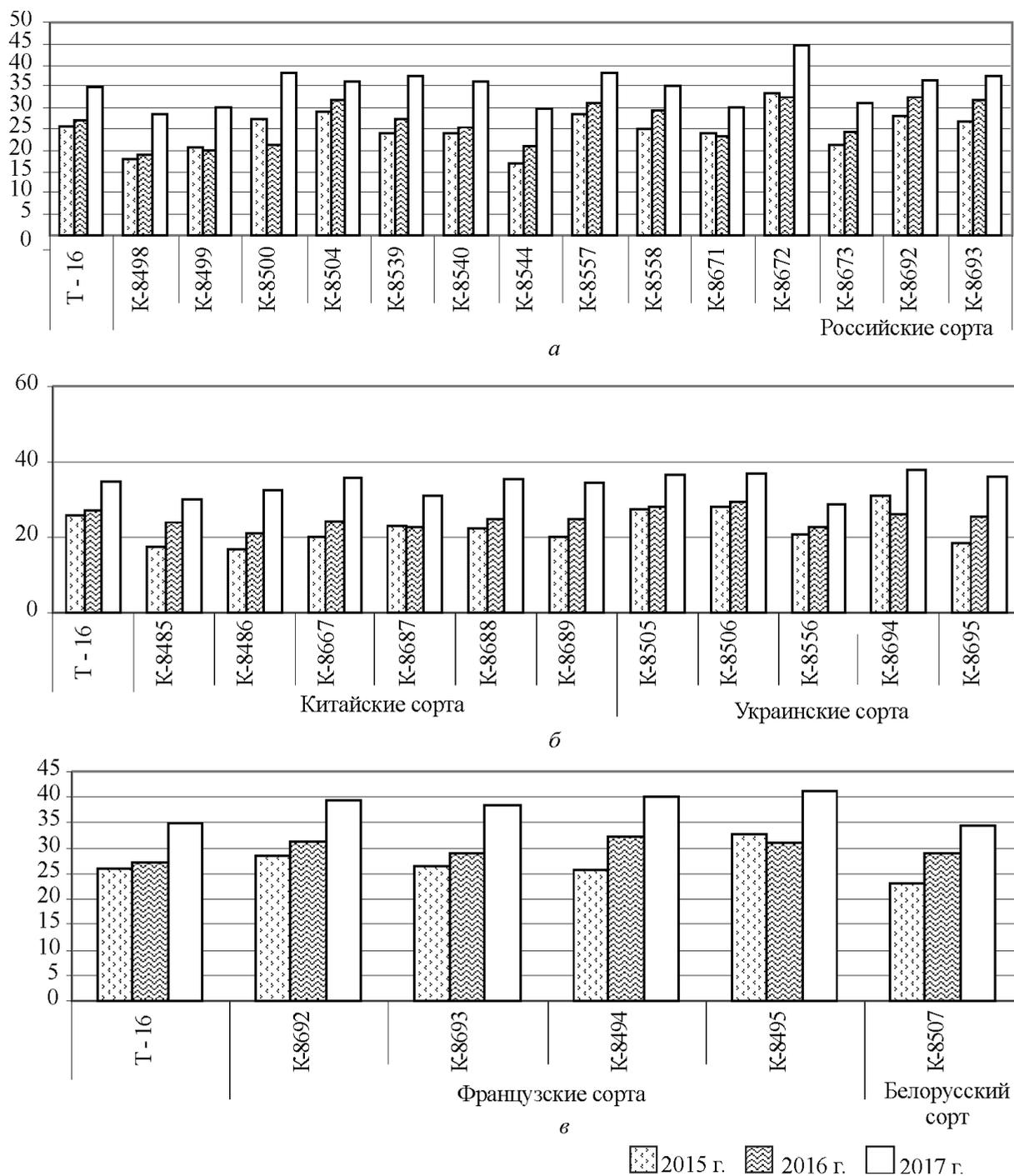
Проведенный анализ семенной продуктивности льна-долгунца показал, что наибольшие показатели по числу коробочек на одном растении (2,7–3,3 шт.) имели образцы украинской селекции сорт Каменяр (К-8556), российский гибрид Т16\*Успех (К-8544), белорусский Форт (К-8507), китайские – Heiya 4 (К-8485), Туу 13 (К-8687). Между образцами не выявлено достоверно значимых различий (см. табл. 1).

Максимальные показатели по семенной продуктивности – массе семян с одного растения – отмечены у российского гибрида Т16\*Успех (К-8544) – 116 г, украинского сорта Каменяр (К-8556) – 108, китайского Heiya 13 (К-8486) – 92 г, у стандарта Томский 16 она составила всего 63 г (см. табл. 1).

Дисперсионный анализ признаков коллекционных образцов льна-долгунца показал, что существенный вклад вносит фактор «год». Наибольшее влияние он оказывает на морфологические характеристики: общую и техническую длину стебля и его диаметр на 75,0; 69,5 и 52,6% соответственно (см. табл. 2). Наиболее тонкостебельные растения льна получены в 2017 г.

В результате анализа проведенных полевых наблюдений морфологических характеристик изучаемых образцов и сортов льна-долгунца нами установлено, что фактор «год» оказывает значительное влияние (44%) на признак мыклость стеблей (см. табл. 2). Так, в условиях наиболее благоприятного для роста и развития льна-долгунца 2017 г. стебли сформировались с очень хорошим показателем мыклости – 728–789 см/мм – образцы льна из Китая: Lu 1 (К-8688), Sxy 7 (К-8689), Heiya 4 (К-8485), Sxy 20 (К-8667).

Украинские сорта Глазур (К-8695), Вручий (К-8694), французские Drakkar (К-8493) и Alizee (К-8494), российские гибриды Томский 16\*Успех (К-8544), л-4к-5512\*л-1 к-5523 (К-8498) имели показатели более 700 см/мм. У 12 образцов значения были



**Рис. 2.** Содержание волокна в технической части стебля образцов льна-долгунца коллекции ВИР: *а* – российской, *б* – китайской, украинской, *в* – французской и белорусской селекции в 2015–2017 гг., %

**Fig. 2.** Fiber content (%) in the technical part of the stem of flax specimens from the VIR collection: *a* – Russian, *б* – Chinese, Ukrainian, *в* – French and Belarusian selection in 2015–2017, %

высокими (на уровне стандарта и выше) – 658–700 см/мм – это российские сорта: М-249 (К-8693), А-236 (К-8692) – и гибриды: л-4к-5512\*л-1к-5523 (К-8498), к-6083\*л-1к-550 (К-8499) – у 10 образцов – ниже стандарта Томского 16 (571–650 см/мм).

Дисперсионный анализ показал, что на признаки масса и содержание волокна технической части стебля сильное влияние оказывали фактор «год» и «генотип» (см. табл. 2). Эти признаки довольно консервативны и способны в большей степени со-

**Табл. 2.** Влияние факторов «год» и «генотип» на изменение значений морфологических характеристик коллекционных сортов льна-долгунца луночного посева в 2015–2017 гг.

**Table 2.** Influence of factors "year" and "genotype" on the change in values of morphological characteristics of flax collection cultivars in 2015–2017

Фактор	<i>df</i>	SS	<i>F</i>	<i>p</i>	Вклад фактора, %
<i>Общая длина стебля, см</i>					
Генотип	30	37 374	49,7	< 0,05	7,2
Год	2	390 829	7792,1	< 0,05	75,0
Генотип*Год	60	25 127	16,7	< 0,05	4,8
Ошибка	2697	67 637			
Всего	2789	520 968			
<i>Техническая длина стебля, см</i>					
Генотип	30	32 284	46,1	< 0,05	7,6
Год	2	293 493	6285,3	< 0,05	69,5
Генотип*Год	60	33 783	24,1	< 0,05	8
Ошибка	2697	62 969			
Всего	2789	422 527			
<i>Диаметр, мм</i>					
Генотип	30	10,608	20,2	< 0,05	7,8
Год	2	71,159	2035	< 0,05	52,6
Генотип*Год	60	6,25	6	< 0,05	4,6
Ошибка	2697	47,153			
Всего	2789	135,169			
<i>Мыклость стебля, см/мм</i>					
Генотип	30	2 526 481	6,11	< 0,05	3,2
Год	2	34 436 839	1249,48	< 0,05	44,0
Генотип*Год	60	4 075 446	4,93	< 0,05	5,2
Ошибка	2697	37 165 836			
Всего	2789	78 204 602			
<i>Масса волокна технической части, мг</i>					
Генотип	30	728 716	70,46	< 0,05	19,8
Год	2	1 657 501	2404,02	< 0,05	45,1
Генотип*Год	60	361 288	17,47	< 0,05	9,8
Ошибка	2697	929 751			
Всего	2789	3 677 257			
<i>Содержание волокна, %</i>					
Генотип	30	41 189	181,9	< 0,05	30,8
Год	2	65 222	4319,6	< 0,05	48,7
Генотип*Год	60	7 137	15,8	< 0,05	5,3
Ошибка	2697	20 361			
Всего	2789	133 908			
<i>Число коробочек на растении</i>					
Генотип	30	283,91	10,13	< 0,05	5,6
Год	2	1954,4	1046,31	< 0,05	38,8
Генотип*Год	60	282,06	5,03	< 0,05	5,6
Ошибка	2697	2518,87			
Всего	2789	5039,24			
<i>Масса семян на растении, г</i>					
Генотип	30	625 400	15,85	< 0,05	8,3
Год	2	2 874 215	1092,62	< 0,05	38,3
Генотип*Год	60	463 214	5,87	< 0,05	6,2
Ошибка	2697	3 547 312			
Всего	2789	7 510 140			

Примечание. *df* – степени свободы, SS – сумма квадратов отклонений, *F* – критерий отношения средних квадратов эффекта к средним квадратам ошибки, *p* – значимость различий.

хранять свою стабильность под воздействием погодных условий.

Также выявлено, что семенная продуктивность, характеризующаяся признаками число коробочек и масса семян с одного растения, в большей степени зависит от погоды (38,8–38,3%), чем от генотипа (5–8%).

По результатам 3-летних наблюдений установлено, что наилучшие показатели волокна получены в 2017 г. Оптимальная влагообеспеченность от всходов до цветения способствовала формированию стеблей, образованию лубяных пучков и, как следствие, повышению урожайности льносоломы и волокна. Этот факт подтверждает общепринятое мнение, что лен-долгунец является довольно влаголюбивым растением, особенно от всходов до цветения. Оптимальными считают условия влагообеспеченности при выпадении не менее 100 мм осадков в этот период [4]. Влагообеспеченность 2015, 2016 гг. составляла за данный период вегетации от посева до цветения всего 68 мм, а в 2017 г. за аналогичный период осадков выпало в 2 раза больше (143 мм). По данным А.П. Крепкина [4] при обеспеченности осадками 120 мм и средней температуре июля 16,6 °С получены максимальный урожай соломки (до 70 ц/га) и содержание волокна в технической части стебля 38,3%.

В исследованиях А.И. Сизова [7] показано, что у стародавних сортов с их широким ареалом возделывания менее всего в различных условиях варьируют морфологические признаки, характеризующие продуктивность льняного растения.

Современные исследователи льна отмечают, что новые селекционные сорта при высоком потенциале урожайности льнопродукции обладают слабой генетической защитой и адаптивностью к местным поч-

венно-климатическим условиям и различным экологическим стрессам, что приводит к снижению количества и качества льняной продукции<sup>15</sup> [8]. Ранее считалось, что успеху селекции противостоит отрицательная корреляция между содержанием волокна в стебле льна и его качеством<sup>16,17</sup> [10]. По результатам наблюдений в 2017 г. изучаемые образцы и сорта льна-долгунца характеризовались высоким содержанием волокна, а также имели достаточно высокие значения мыклости стебля, можно предположить положительное влияние сложившихся погодных условий во время вегетации. В ранее проведенных исследованиях длина растений, как общая, так и техническая, почти полностью зависела от генотипа образца<sup>18</sup>.

Двойное значение имеет показатель технической длины стебля, с одной стороны, из сортов с большей длиной стебля можно получить волокно более высоких номеров, с другой стороны, высока вероятность полегания и, как следствие, снижение качества волокна [10]. Селекция зерновых культур сосредоточена на выращивании низкорослых сортов из-за уязвимости к полеганию<sup>19</sup> [11]. Однако селекция льна-долгунца не направлена на уменьшение высоты растения. Напротив, достаточно высокие растения желательны для обеспечения более высокой урожайности, поскольку волокна извлекаются из стебля [12].

В 2016, 2017 гг. коллекционные образцы российской селекции л-4к-5512\*л1к-5523 (К-8498), к-6083\*л1к-550 (К-8499), л1к-550\*к-6084 (К-8500), Добрыня (К-8504), Весничка (К-8671), П-3989 (К-8672), Л-205 (К-8673), А-236 (К-8692), китайской Туу 13 (К-8687), украинской Гладатор (К-8505) вовлечены в процесс гибридизации в качестве отцовских родительских форм при гибриди-

<sup>15</sup>Павлова Л.Н., Александрова Т.А., Марченков А.Н. Результаты и приоритеты селекции льна-долгунца//Итоги и перспективы развития селекции, семеноводства, совершенствования технологии возделывания и первичная переработка льна-долгунца / Материалы международной научно-практической конференции. г. Торжок. 2000. С. 8–11.

<sup>16</sup>Артемова А.Е. Химический состав и технологические свойства волокна льна-долгунца // Вести Академии наук БССР. 1983. № 3. С. 52–57.

<sup>17</sup>Богук А.М., Сосновская М.В. Селекция льна-долгунца на повышение содержания волокна // Селекция, семеноводство и технология возделывания лубяных культур. М., 1985. С. 45–48.

<sup>18</sup>Брач Н. Б. Внутривидовое разнообразие льна (*Linum usitatissimum* L.) и его использование в генетических исследованиях и селекции: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб, 2007. 38 с.

<sup>19</sup>Crook M.J., Ennos A.R. Stem and root characteristics associated with lodging resistance in four winter wheat cultivars // The Journal of Agricultural Science. 1994. Vol. 123. P. 167–174. DOI: 10.1017/S0021859600068428.

зации. В настоящее время полученное потомство изучают в луночном питомнике отбора  $F_5-F_6$ . В 2021–2023 гг. более 40 перспективных гибридов переведены на последующие этапы селекционного процесса в питомник второго года селекции.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований выявлен ценный и пластичный исходный материал для создания сортов с признаками высокой продуктивности. По общей и технической длине стеблей выделились сорта китайской селекции – Heiya 4 (K-8485), Sxy 7 (K-8689), российский гибрид Томский 16\*Успех (K-8544), французский сорт Drakkar (K-8493), украинский Глазур (K-8695), у которых данные показатели составляли 66–72 и 60–66 см соответственно, что достоверно превышало стандарт Томский 16 на 9–10 см.

Лидерами по содержанию волокна в технической части стеблей стали образцы льна российской селекции П-3989 (K-8672), А-236 (K-8692), М-249 (K-8693), сорта французской селекции Alizee (K-8494), Agatha (K-8492), Melina (K-8495) и украинский сорт Вручий (K-8694), показатели составляли 38–40% и достоверно превышали стандарт Томский 16 (34,8%) на 7,0–9,9%.

Наибольшие показатели по массе волокна в технической части стебля имели французские сорта Drakkar (K-8493) и Alizee (K-8494), украинские – Вручий (K-8694) и Глазур (K-8695), российские – А-236 (K-8692) и М-249 (K-8693) – 91–104 мг. Они достоверно превосходили стандарт Томский 16 на 6–44 мг.

Сорта льна российской селекции П-3989 (K-8672), Добрыня (K-8504), А-236 (K-8692), китайской – Heiya 4 (K-8485), Heiya 13 (K-8486), Туу 13 (K-8687), французской – Agatha (K-8492), Drakkar (K-8493), Alizee (K-8494), Melina (K-8495), украинской – Гладиатор (K-8505) и Вручий (K-8694) – признаны перспективными и включены в селекционный процесс в качестве отцовских родительских форм при гибридизации. Полученный гибридный материал находится на испытании в питомнике отбора с 2017 г. и второго года селекции с 2021 г.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рожмина Т.А., Павлова Л.Н., Понажжев В.П., Захарова Л.М. Льняная отрасль на пути к возрождению // Защита и карантин растений. 2018. № 1. С. 3–8.
2. Живетин В.В., Гинзбург Л.Н., Ольшанская О.М. Лен и его комплексное использование: монография. М.: Информ-Знание, 2002. 400 с.
3. Новиков Э.В., Басова Н.В., Безбабченко А.В. Лубяные культуры в России и за рубежом: состояние, проблемы и перспективы их переработки // Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2021. Т. 1. С. 30–40. DOI: 10.54016/SVITOK.2021.1.1.005.
4. Крепков А.П. Селекция льна-долгунца в Сибири: монография. Томск, 2000. 183 с.
5. Понажжев В.П., Виноградова Е.Г. Развитие селекции и семеноводства льна-долгунца – важнейший ресурс повышения эффективности льноводства России // Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 1 (3) 2. С. 30–39. DOI: 10.54016/SVITOK.2022.71.55.004.
6. Ромашова Т.В., Филандышева Л.Б., Юркова К.Д. Анализ динамики временных характеристик сезонов года в подтайге Западно-Сибирской равнины за период с 1936 по 2015 г. // Геосферные исследования. 2017. № 3. С. 16–25. DOI: 10.17223/25421379/4/3.
7. Брач Н.Б., Шаров И.Я., Павлов А.В., Пороховина Е.А. Разнообразие признаков льна, связанных с формированием волокна, и влияние условий выращивания на их проявление // Экологическая генетика. 2010. Том. 8. № 1. С. 25–35.
8. Степин А.Д., Рысев М.Н., Кострова Г.А., Рысева Т.А., Уткина С.В. Основные направления и результаты научных исследований Псковского НИУ по селекции льна-долгунца // Известия Великолукской ГСХА. 2019. № 2. С. 14–21.
9. Эколого-генетические основы селекции льна-долгунца: монография. Тверь: Тверской государственный университет, 2009. 272 с.
10. Павлов А.В., Брач Н.Б., Пороховина Е.А., Кутузова С.Н. Образцы льна-долгунца китайской селекции как источник хозяйственно ценных признаков // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2015. Т. 176. № 1. С. 68–75. DOI: 10.30901/2227-8834-2015-1-68-75.
11. Oladokun M. Structural development and stability of rice *Oryza sativa* L. var. Nerica 1. // Journal of Experimental Botany. 2006. Vol. 57. P. 3123–3130. DOI: 10.1093/jxb/erl074.

12. Goudenhoof C., Bourmaud A., Baley C. Flax (*Linum usitatissimum* L.) Fibers for Composite Reinforcement: Exploring the Link Between Plant Growth, Cell Walls Development, and Fiber Properties // *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. P. 411. DOI: 10.3389/fpls.2019.00411.

## REFERENCES

1. Rozhmina T.A., Pavlova L.N., Ponazhev V.P., Zakharova L.M. Linen industry on the way to revival. *Zashchita i karantin rastenii = Plant Protection and Quarantine*, 2018, no. 1, pp. 3–8. (In Russian).
2. Zhivetin V.V., Ginzburg L.N., Ol'shanska O.M. *Flax and its complex use*. Moscow, Inform-Znanie, 2002, 400 p. (In Russian).
3. Novikov E.V., Basova N.V., Bezbabchenko A.V. Bast crops in Russia and abroad: the state, problems and prospects of their processing. *Tekhnicheskie kul'tury. Nauchnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = Technical crops. Scientific agricultural journal*, 2021, no. 1, pp. 30–40. (In Russian). DOI: 10.54016/SVITOK.2021.1.1.005.
4. Krepkov A.P. *Breeding of fiber flax in Siberia*. Tomsk, Tomsk university, 2000. 186 p. (In Russian).
5. Ponazhev V.P., Vinogradova E.G. The development of selection and seed production of flax is the most important resource for improving the efficiency of flax growing in Russia. *Tekhnicheskie kul'tury. Nauchnyi sel'skhozajstvennyj zhurnal = Technical crops. Scientific agricultural journal*, 2022, vol. 1 (3), part 2, pp. 30–39. (In Russian). DOI: 10.54016/SVITOK.2022.71.55.004.
6. Romashova T.V., Filandysheva L.B., Yurkova K.D. Analysis of the dynamics of time characteristics of the seasons of the year in the sub-boreal forest (sub-taiga) of the west Siberian plain in the period from 1936 to 2015. *Geos-*

*fernye issledovaniya = Geosphere Research*, 2017, no. 3, pp. 16–25. (In Russian). DOI: 10.17223/25421379/4/3.

7. Brutch N.B., Sharov I.Y., Pavlov A.V., Porokhovina E.A. Diversity of flax characters associated with fibre formation and environmental influence on their formation. *Ekologicheskaya genetika = Ecological genetics*, 2010, vol. 8, no. 1, pp. 25–35. (In Russian).
8. Stepin A.D., Rysev M.N., Kostrova G.A., Ryseva T.A., Utkina S.V. The main directions and results of scientific research on flax breeding of the Pskov National Research University. *Izvestiya Velikolukskoi GSKHA = Izvestiya of Velikiye Luki State Agricultural Academy*, 2019, no. 2, pp. 14–21. (In Russian).
9. *Ecological and genetic bases of flax breeding*. Tver, Tver State University Publ., 2009. 272 p. (In Russian).
10. Pavlov A.V., Brutch N.B., Porokhovina E.A., Kutuzova S.N. Fibre flax accessions of Chinese breeding as sources of valuable agronomic characters. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii = Proceedings on applied botany, genetics and breeding*, 2015, vol. 176, no. 1, pp. 68–75. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2015-1-68-75.
11. Oladokun M. Structural development and stability of rice *Oryza sativa* L. var. *Nerica 1*. *Journal of Experimental Botany*, 2006, vol. 57, pp. 3123–3130. DOI: 10.1093/jxb/erl074.
12. Goudenhoof C., Bourmaud A., Baley C. Flax (*Linum usitatissimum* L.) fibers for composite reinforcement: Exploring the link between plant growth, cell walls development, and fiber properties. *Frontiers in Plant Science*, 2019, vol. 10, pp. 411. DOI: 10.3389/fpls.2019.00411.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Попова Г.А.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 634050, Томская область, Томск, ул. Гагарина, 3; e-mail: popovag61@gmail.com, tomsk@sfsca.ru

**Рогальская Н.Б.**, старший научный сотрудник; e-mail: popovag61@gmail.com

**Трофимова В.М.**, научный сотрудник; e-mail: popovag61@gmail.com

## AUTHOR INFORMATION

✉ **Galina A. Popova**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; **address:** 3, Gagarina St., Tomsk, Tomsk Region, 634050, Russia; e-mail: popovag61@gmail.com, tomsk@sfsca.ru

**Nina B. Rogalskaya**, Senior Researcher; e-mail: popovag61@gmail.com

**Vera M. Trofimova**, Researcher; e-mail: popovag61@gmail.com

Дата поступления статьи / Received by the editors 28.02.2023  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 13.04.2023  
Дата публикации / Published 22.05.2023

## ОЦЕНКА КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ НА СОДЕРЖАНИЕ КРАХМАЛА

✉ Зайцев С.А., Бычкова В.В., Волков Д.П., Башинская О.С., Матюшин П.А.

*Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы*

Саратов, Россия

✉ e-mail: zea\_mays@mail.ru

Представлены результаты исследования содержания крахмала в гибридных комбинациях кукурузы. В результате изучения экспериментальных гибридов, созданных на основе коллекционного материала ВИР, выявлена селекционная и комбинационная ценность линий по содержанию в зерне и выходу крахмала с 1 га. Приведены результаты по сбору крахмала с единицы площади. В эксперимент включены простые гибриды (30 комбинаций), полученные по полной топкроссной схеме скрещиваний. В исследовании в качестве тестеров использованы линии РСК 7, Б 293 и синтетическая популяция РНИИСК 1. Интервал варьирования содержания крахмала в зерне за изучаемый период изменялся от низких значений до среднего показателя. В 2020 г. он составил от 60,9 до 65,2%, в 2021 г. – от 59,3 до 66,1%. Выделены линии с высоким эффектом общей комбинационной способности по содержанию крахмала в зерне (Х 46, Вз 6, Ом 12, ЮВ 106), а также гибридные комбинации ЮВ 25 / РСК 7 (63,3–64,2%), КС 75 / РСК 7 (62,7–64,4), ХЛГ 948 / РСК 7 (63,5–64,1), Кин 073 / РСК 7 (63,4–63,8), ЮВ 106 / РСК 7 (63,6–66,1), КС 25 / Б 293 (63,0–63,5), ХЛГ 182 / Б 293 (63,5–63,6), КС 75 / Б 293 (63,1–63,5), ХЛГ 182 / РНИИСК 1 (62,9–63,6%). Выявлены экспериментальные гибриды, формирующие наибольший выход крахмала с единицы площади: ХЛГ 182 / РСК 7 (3,12–3,58 т/га), ЮВ 106 / РСК 7 (2,77–3,11), Х 46 / Б 293 (3,22–3,39), Ом 12 / Б 293 (2,72–3,85 т/га).

**Ключевые слова:** гибрид, общая комбинационная способность, специфическая комбинационная способность, тестер, скрещивание, дисперсия

## EVALUATION OF COMBINATION ABILITY OF CORN LINES FOR STARCH CONTENT

✉ Zaitsev S.A., Bychkova V.V., Volkov D.P., Bashinskaya O.S., Matyushin P.A.

*Russian Research Institute for Sorghum and Maize "Rossorgo"*

Saratov, Russia

✉ e-mail: zea\_mays@mail.ru

The results of the study of starch content in corn hybrid combinations are presented. As a result of the study of experimental hybrids created on the basis of VIR collection material, the breeding and combinational value of the lines in terms of grain content and starch yield per 1 ha was revealed. The results of starch harvesting per unit area are given. The experiment includes simple hybrids (30 combinations) obtained using the full topcross crossing scheme. In the study, the RCK 7, B 293 lines and the synthetic population of RNIISK 1 were used as testers. The interval of variation of starch content in the grain during the study period varied from low values to the average indicator. It was 60.9% to 65.2% in 2020, and 59.3% to 66.1% in 2021. The lines with high effect of total combining ability by starch content in the grain (X 46, Bz 6, Om 12, UV 106), and hybrid combinations of UV 25 / RCK 7 (63, 3-64.2%), KC 75 / RCK 7 (62.7-64.4), HLG 948 / RCK 7 (63.5-64.1), Kin 073 / RCK 7 (63.4-63.8), UV 106 / RCK 7 (63.6-66, 1), KC 25 / B 293 (63.0-63.5), HLG 182 / B 293 (63.5-63.6), KC 75 / B 293 (63.1-63.5), HLG 182 / RNISK 1 (62.9-63.6%) were identified. The experimental hybrids that form the highest yield of starch per unit area were identified: HLG 182 / RCK 7 (3,12-3,58 t/ha), UV 106 / RSK 7 (2,77-3,11), X 46 / B 293 (3,22-3,39), Om 12 / B 293 (2,72-3,85 t/ha).

**Keywords:** hybrid, general combining ability, specific combining ability, tester, crossing, dispersion

**Для цитирования:** Зайцев С.А., Бычкова В.В., Волков Д.П., Башинская О.С., Матюшин П.А. Оценка комбинационной способности линий кукурузы на содержание крахмала // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 4. С. 48–56. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-5>

**For citation:** Zaitsev S.A., Bychkova V.V., Volkov D.P., Bashinskaya O.S., Matyushin P.A. Evaluation of combination ability of corn lines for starch content. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 4, pp. 48–56. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-5>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Самоопыленные линии являются основой построения селекционного процесса [1]. Селекционная ценность используемых линий определяет количественные и качественные показатели создаваемых гибридов, которые должны отвечать конкретным требованиям современного аграрного производства [2]. Важное экономическое и пищевое значение представляет производство крахмала из зерна кукурузы [3]. В связи с этим необходимо выявление линий, способных давать гибриды с высокими содержанием крахмала в зерне и выходом его с единицы площади [4, 5].

Оценку комбинационной способности на более позднем этапе селекции обычно проводят на основе испытания гибридов в схеме диаллельных скрещиваний [6, 7]. Однако эта схема требует получения большого числа гибридов и является трудновыполнимой при большом количестве изучаемых линий [8]. При выделении лучших образцов из большой выборки более приемлем метод топкросса [9]. В этом случае вместо взаимного скрещивания линий друг с другом применяют два-три общих родителя с широкой генетической основой (линия, сорт, синтетическая популяция) [10, 11]. Это необходимо для того, чтобы полнее охватить генетическую изменчивость, заключенную между линиями, и выявить лучшие комбинации по отдельным признакам [12]. Скрещивание линий с тестером позволяет получить информацию как об их общей комбинационной способности (ОКС), так и о специфической комбинационной способности (СКС), не прибегая к диаллельному скрещиванию, если в качестве тестера использовать несколько хо-

роших инбредных линий [13]. Если величина гетерозиса в гибридной комбинации линии с тестером значительно выше, чем это можно предполагать на основании общей комбинационной способности линии, то возможно судить о высокой специфической комбинационной способности. Высокие эффекты СКС можно получить при скрещивании линий не только с высокой, но и с низкой ОКС [14, 15].

Цель исследования – оценить общую и специфическую комбинационную способность инбредных линий кукурузы на основе тестовых скрещиваний по схеме полных топкроссов и выявить лучшие родительские линии для использования в селекции на повышение выхода крахмала.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2020, 2021 гг. на опытном поле Российского научно-исследовательского и проектно-технологического института сорго и кукурузы (РосНИИСК «Россорго») в соответствии с методикой<sup>1</sup>. Климат региона характеризуется как резко континентальный. ГТК в годы исследований составил 0,56–1,05. Почва опытного участка – чернозем южный малогумусный средне-мощный тяжелосуглинистый. В эксперимент включены простые гибриды (30 комбинаций), полученные по полной топкроссной схеме скрещиваний. В качестве тестеров использованы линии РСК 7, Б 293 и синтетическая популяция РНИИСК 1, отличающаяся широкой генетической основой. Подбор тестеров обусловлен тем, что они характеризуются различным происхождением и соответственно генотипическим разнообразием, что позволяет более полно оценить проявление

<sup>1</sup>Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

параметров комбинационной способности. Повторность трехкратная. Площадь учетной делянки 7,7 м<sup>2</sup>, длина делянки 5,5 м. Густота стояния растений 50 тыс. растений/га. Агротехника в опыте зональная, разработанная в РосНИИСК «Россорго». Для проведения учетов, наблюдений и определения комбинационной способности использованы соответствующие методики<sup>2, 3</sup>. Обработку данных проводили с помощью компьютерной программы Agros-2.09.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Крахмал – основной биохимический показатель, характеризующий качество зерна, предназначенного для использования в производстве пищевого крахмала. Расширение пищевого использования зерна кукурузы вызвано необходимостью создания и изучения исходного материала для селекции гибридов с высоким содержанием крахмала, пригодных для применения в крахмалопаточной промышленности [16]. Кроме того, основное количество энергии при кормлении сельскохозяйственных животных получают за счет углеводов.

Полученные данные указывают на достоверные различия между гибридами по содержанию крахмала в зерне (см. табл. 1). Интервал варьирования содержания крахмала в зерне за изучаемый период изменялся от низких значений до среднего показателя и составил в 2020 г. от 60,9 до 65,2%, в 2021 г. – от 59,3 до 66,1%. Коэффициент асимметрии указывает на практически симметричное распределение признака в 2020 г. и на правостороннюю скошенность в 2021 г. Однако коэффициенты вариации указывают на незначительные различия гибридов по содержанию крахмала в зерне.

Оценка биохимического состава зерна позволила выявить содержание крахмала в зерне (см. табл. 2). Считается, что выращивание кукурузы на корм оправдано при содержании крахмала в целых растениях не менее 35–40% [17]. Количество крахмала в зерне варьирова-

**Табл. 1.** Параметры статистической оценки гибридов по содержанию крахмала в зерне

**Table 1.** Parameters of statistical evaluation of hybrids by starch content in grain

Параметр	2020 г.	2021 г.
Среднее значение, %	63,1	62,2
Min, %	60,9	59,3
Max, %	65,2	66,1
НС <sub>р05</sub>	2,57	2,41
Ошибка средней	0,14	0,20
Дисперсия	0,85	1,58
Стандартное отклонение	0,92	1,37
Коэффициент вариации	1,46	2,20
Коэффициент асимметрии	0,084 ns	0,397 ns
Ошибка коэффициента асимметрии	0,354	0,354
Коэффициент эксцесса	-0,167 ns	0,419 ns
Ошибка коэффициента эксцесса	0,693	0,693

ло в зависимости от состава комбинаций и в среднем составило у гибридов с включением тестеров: РСК 7 62,3–62,8%, Б 293 – 62,5–63,2, РНИИСК 1 – 61,8–63,3%. Наибольшее содержание крахмала отмечено в следующих комбинациях: ЮВ 25 / РСК 7 (63,3–64,2%), КС 75 / РСК 7 (62,7–64,4), ХЛГ 948 / РСК 7 (63,5–64,1), Кин 073 / РСК 7 (63,4–63,8), ЮВ 106 / РСК 7 (63,6–66,1), КС 25 / Б 293 (63,0–63,5), ХЛГ 182 / Б 293 (63,5–63,6), КС 75 / Б 293 (63,1–63,5), ХЛГ 182 / РНИИСК 1 (62,9–63,6%).

Интервал варьирования выхода крахмала с единицы площади за изучаемый период составил от 1,74 до 3,85 т/га. Коэффициенты асимметрии указывают на правостороннюю скошенность признака в выборке в 2020, 2021 гг. (0,311–0,709), коэффициенты вариации – на среднюю степень различия гибридов по выходу крахмала с 1 га (13,8%).

Оценка урожайности зерна и биохимического состава позволила выявить выход крахмала из зерна с 1 га (см. рис. 1). Сбор крахмала с зерном варьировал в зависимости от состава комбинаций и в среднем составил у гибридов

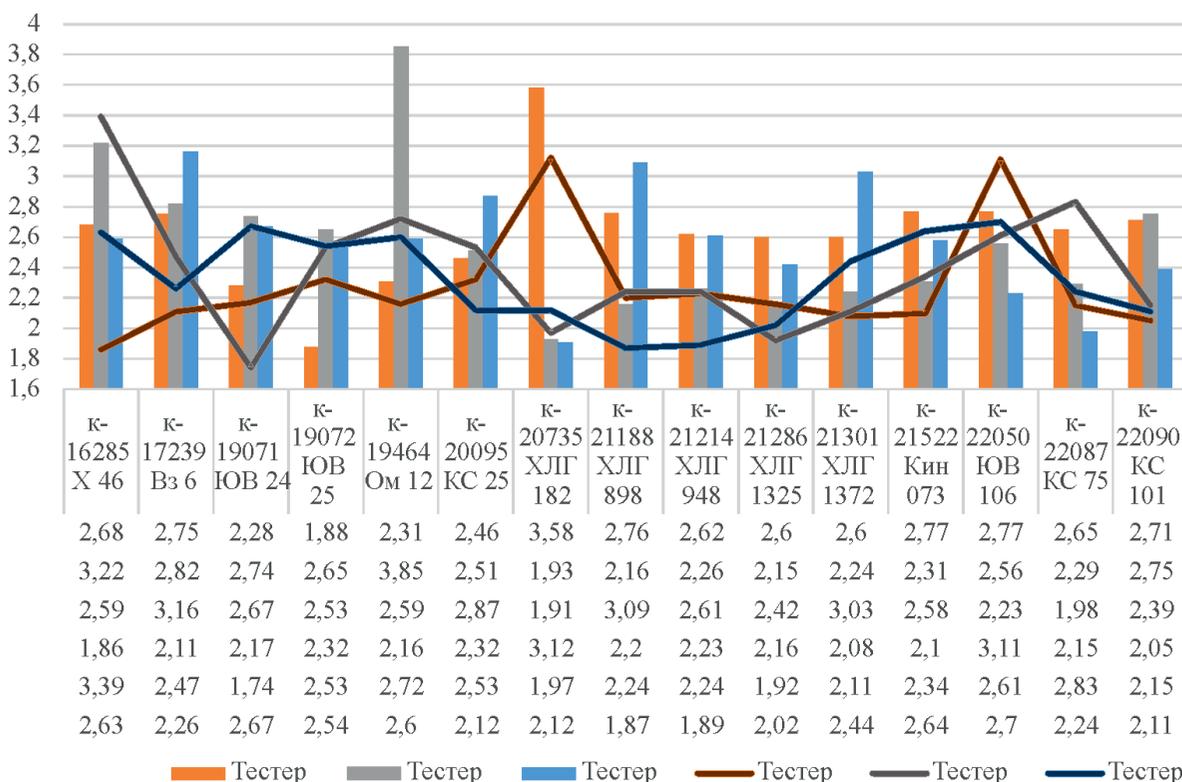
<sup>2</sup>Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры // Госагропром СССР. Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. М., 1989. Вып. 2. 194 с.

<sup>3</sup>Федин М.А., Силис Д.Я., Смирняев А.В. Статистические методы генетического анализа. М.: Колос, 1980. 208 с.

**Табл. 2.** Содержание крахмала в зерне гибридов кукурузы, %

**Table 2.** Starch content in corn hybrids grain, %

Линия	Тестер					
	РСК7		Б293		РНИИСК 1	
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
к-16285 X 46	62,0	62,6	63,0	62,6	62,0	61,8
к-17239 Вз 6	62,0	61,6	62,5	62,5	64,3	62,2
к-19071 ЮВ 24	62,0	61,8	62,0	61,7	64,8	60,2
к-19072 ЮВ 25	63,3	64,2	62,9	61,9	64,3	62,6
к-19464 Ом 12	63,2	61,1	64,4	62,1	62,1	62,4
к-20095 КС 25	62,7	64,4	63,5	63,0	63,8	61,3
к-20735 ХЛГ 182	63,1	60,6	63,5	63,6	62,9	63,6
к-21188 ХЛГ 898	63,4	61,6	64,0	63,1	62,7	62,3
к-21214 ХЛГ 948	63,5	64,1	65,2	62,3	62,6	60,2
к-21286 ХЛГ 1325	60,9	60,6	63,0	60,7	64,4	63,2
к-21301 ХЛГ 1372	63,2	61,1	63,1	63,3	64,4	60,0
к-21522 Кин 073	63,8	63,4	62,2	64,5	63,0	62,2
к-22050 ЮВ 106	63,6	66,1	63,3	60,4	61,5	61,5
к-22087 КС 75	62,8	59,3	63,1	63,5	62,3	61,7
к-22090 КС 101	62,3	61,7	62,8	61,9	64,4	61,3
Среднее значение	62,8	62,3	63,2	62,5	63,3	61,8



**Рис. 1.** Выход крахмала зерна у гибридов кукурузы с 1 га (2020, 2021 гг.), т/га

**Fig. 1.** Grain starch yield of corn hybrids from 1 ha (2020, 2021), t/ha

с включением тестера: РСК 7 2,28–2,63 т/га, Б 293 – 2,39–2,56, РНИИСК 1 – 2,32–2,58 т/га. Наибольший выход крахмала получен в следующих комбинациях: ХЛГ 182 / РСК 7 (3,12–3,58 т/га), ЮВ 106 / РСК 7 (2,77–3,11), Х 46 / Б 293 (3,22–3,39), Ом 12 / Б 293 (2,72–3,85 т/га). Размах изменчивости эффектов ОКС по содержанию в зерне крахмала варьировал в 2020 г. от –0,89 до 0,54, в 2021 г. от –1,25 до 0,88 (см. табл. 3). Высокое значение эффекта ОКС отмечено у линий в 2020 г. – ЮВ 25, ХЛГ 948, ХЛГ 1372, в 2021 г. – ЮВ 25, КС 25, Кин 073.

Дисперсия СКС линий по содержанию в зерне крахмала в 2020 г. изменялась от 0,09 до 3,06, в 2021 г. – от 0,14 до 9,81. Наибольшее значение положительной дисперсии СКС в 2020 г. отмечено у сортообразцов к-17239 В3 6, к-19071 ЮВ 24, к-19464 Ом 12, к-21214 ХЛГ 948, к-21286 ХЛГ 1325; в 2021 г. – к-20095 КС 25, к-20735 ХЛГ 182, к-21214 ХЛГ 948, к-21301 ХЛГ 1372, к-22050 ЮВ 106, к-22087 КС 75. Отношение средних квадратов отклонений ОКС / СКС в 2020 г. составило 2,38, в 2021 г. – 1,16. Можно сделать вывод о преобладании аддитивного взаимодействия генов при формировании и содержании крахмала.

Размах изменчивости эффектов ОКС по выходу крахмала с 1 га в 2020 г. варьировал от –0,34 до 0,26, в 2021 г. – от –0,33 до 0,44 (см. рис. 2). Высокое значение эффекта ОКС в 2020 г. наблюдали у линий Х 46, В3 6, Ом 12, в 2021 г. – Х 46, ЮВ 106. Дисперсия СКС линий изменялась в 2020 г. от 0,03 до 0,82, в 2021 г. – от 0,01 до 0,53. Наибольшее значение положительной дисперсии СКС в 2020 г. отмечено у сортообразцов к-19464 Ом 12, к-20735 ХЛГ 182; в 2021 г. – к-16285 Х 46, к-20735 ХЛГ 182, к-19071 ЮВ 24. Отношение средних квадратов отклонений ОКС / СКС в 2020 г. составило 1,16, в 2021 г. – 2,90, что указывает на влияние аддитивных эффектов генов на количество собранного крахмала.

Эффекты общей и специфической комбинационной способности связаны с генетическим разнообразием конкретного селекционного материала, отраженным в эффектах

**Табл. 3.** Эффекты ОКС и дисперсия СКС линий по признаку «содержание крахмала в зерне», %

**Table 3.** Effects of GCA and variance of SCA lines according to the "starch content in grain", %

Линия	Эффект ОКС		Дисперсия СКС	
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
к-16285 Х 46	–0,89	–0,15	0,33	0,32
к-17239 В3 6	–0,29	–0,38	1,44	0,14
к-19071 ЮВ 24	–0,29	–1,25	2,59	1,00
к-19072 ЮВ 25	0,27	0,42	0,52	1,64
к-19464 Ом 12	0,01	–0,62	1,32	0,31
к-20095 КС 25	0,10	0,42	0,31	2,80
к-20735 ХЛГ 182	–0,06	0,12	0,09	2,61
к-21188 ХЛГ 898	0,14	–0,15	0,42	0,46
к-21214 ХЛГ 948	0,54	–0,28	1,74	4,30
к-21286 ХЛГ 1325	–0,46	–0,98	3,06	1,90
к-21301 ХЛГ 1372	0,34	–1,02	0,51	2,90
к-21522 Кин 073	–0,23	0,88	0,66	1,44
к-22050 ЮВ 106	–0,43	0,18	1,31	9,81
к-22087 КС 75	–0,49	–0,98	0,16	4,08
к-22090 КС 101	–0,06	–0,85	1,18	0,15

генов. Эффекты генов могут меняться в зависимости от условий выращивания. Таким образом, параметры ОКС и СКС также подвержены экологической изменчивости<sup>4</sup>. Параметр характеризует отдельные комбинации и измеряется величиной отклонения признака в конкретном скрещивании на основании среднего качества изучаемых родительских форм. За 2020, 2021 гг. высоким эффектом СКС по содержанию крахмала в зерне характеризовались следующие гибриды: Кин 073 / РСК7, ЮВ 106 / РСК7, Х 46 / Б 293, Ом 12 / Б 293, ХЛГ 182 / Б 293, ХЛГ 898 / Б 293, КС 75 / Б 293, ХЛГ 1325 / РНИИСК 1 (см. табл. 4).

Высоким эффектом СКС по выходу крахмала с 1 га в 2020, 2021 гг. характеризовались следующие гибриды: ХЛГ 182 / РСК 7, ЮВ 106 / РСК 7, Х 46 / Б 293, Ом 12 / Б 293, ХЛГ 1372 / РНИИСК 1, ЮВ 24 / РНИИСК 1 (см. рис. 3).

<sup>4</sup>Смирнов А.В., Кильчевский А.В. Генетика популяций и количественных признаков. М.: КолосС, 2007. 272 с.

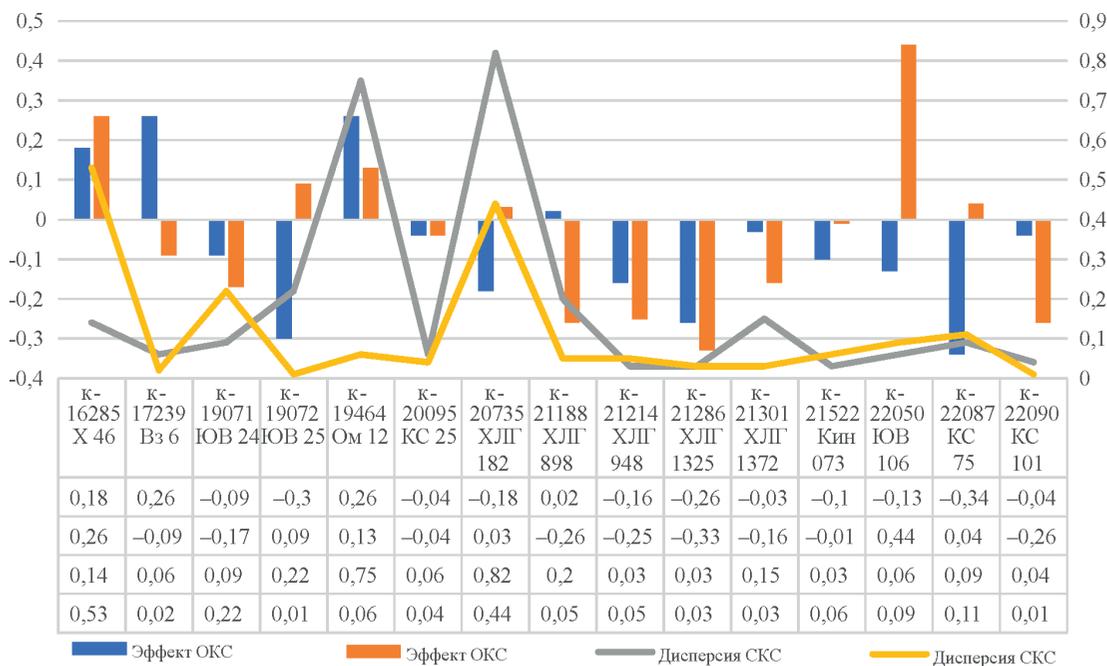


Рис. 2. Эффекты ОКС и дисперсии СКС линий по признаку «выход крахмала с 1 га», т/га

Fig. 2. Effects of GCA and variance of SCA lines according to the "starch yield per 1 ha", t/ha

Табл. 4. Эффекты СКС гибридов по признаку «содержание крахмала в зерне», %

Table 4. Effects of SCA of hybrids according to the "starch content in grain", %

Линия	Тестер					
	РСК7		Б 293		РНИИСК 1	
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
к-16285 X 46	-0,32	0,40	0,66	0,24	-0,34	-0,64
к-17239 Вз 6	-0,92	-0,36	-0,44	0,37	1,36	-0,01
к-19071 ЮВ 24	-0,92	0,70	-0,94	0,44	1,86	-1,14
к-19072 ЮВ 25	-0,18	1,44	-0,61	-1,03	0,79	-0,41
к-19464 Ом 12	-0,02	-0,63	1,16	0,21	-1,14	0,42
к-20095 КС 25	-0,62	1,64	0,16	0,07	0,46	-1,71
к-20735 ХЛГ 182	-0,05	-1,86	0,33	0,97	-0,27	0,89
к-21188 ХЛГ 898	0,05	-0,60	0,63	0,74	-0,67	-0,14
к-21214 ХЛГ 948	-0,25	2,03	1,43	0,07	-1,17	-2,11
к-21286 ХЛГ 1325	-1,85	-0,77	0,23	-0,83	1,63	1,59
к-21301 ХЛГ 1372	-0,35	-0,23	-0,47	1,81	0,83	-1,58
к-21522 Кин 073	0,82	0,17	-0,81	1,11	-0,01	-1,28
к-22050 ЮВ 106	0,82	3,57	0,49	-2,29	-1,31	-1,28
к-22087 КС 75	0,08	-2,07	0,36	1,97	-0,44	0,09
к-22090 КС 101	-0,85	0,20	-0,37	0,24	1,23	-0,44

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования экспериментальных гибридов, созданных на основе коллекционного материала ВИР, выявлена селекционная и комбинационная ценность линий по содержанию в зерне и выходу крахмала с 1 га. Выделены линии с высоким эффектом ОКС по содержанию крахмала в зерне (X 46, Вз 6, Ом 12, ЮВ 106), а так-

же гибридные комбинации ЮВ 25 / РСК 7 (63,3–64,2%), КС 75 / РСК 7 (62,7–64,4%, ХЛГ 948 / РСК 7 (63,5–64,1), Кин 073 / РСК 7 (63,4–63,8), ЮВ 106 / РСК 7 (63,6–66,1), КС 25 / Б 293 (63,0–63,5), ХЛГ 182 / Б 293 (63,5–63,6), КС 75 / Б 293 (63,1–63,5), ХЛГ 182 / РНИИСК 1 (62,9–63,6%). Результаты исследования позволили выявить экспериментальные гибриды, формирующие

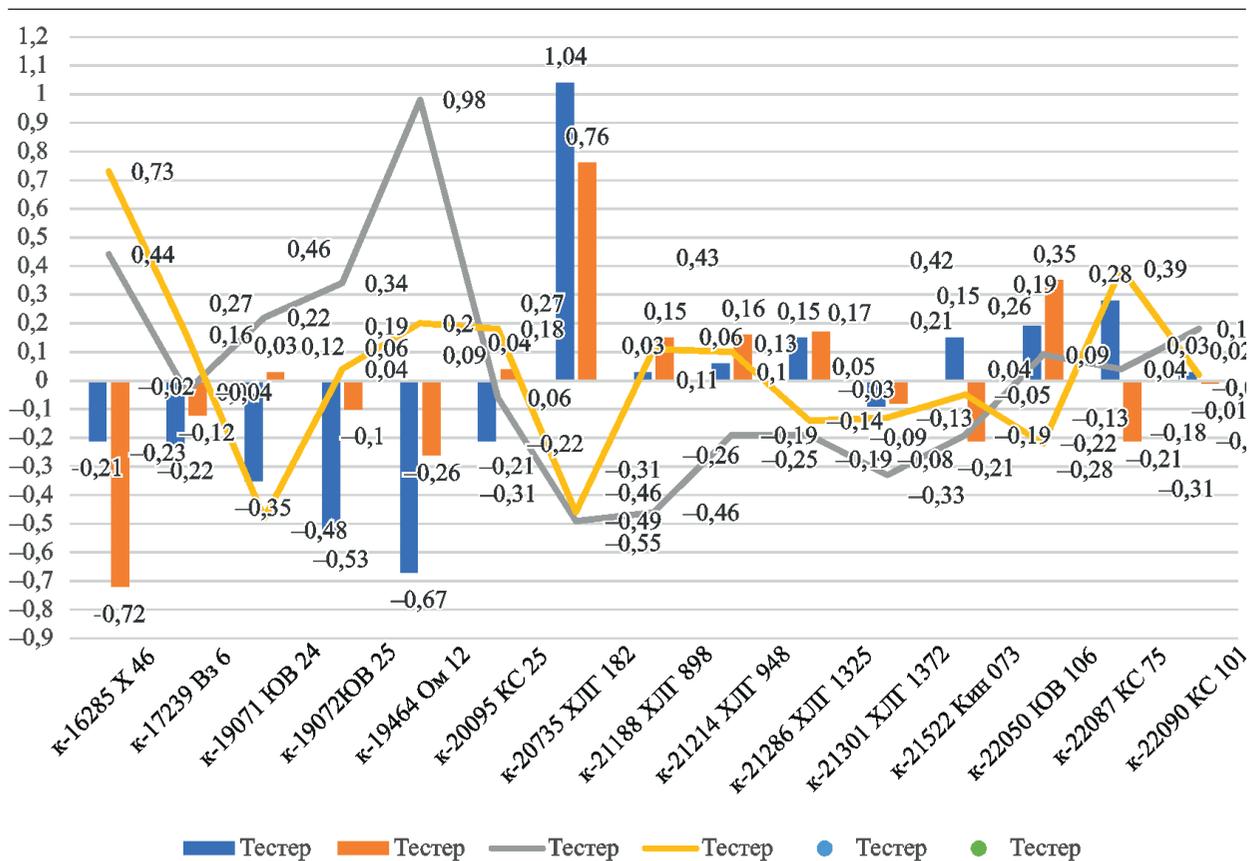


Рис. 3. Эффекты СКС гибридов по признаку «выход крахмала с 1 га» (2020, 2021 гг.), т/га

Fig. 3. Effects of SCA hybrids according to the "starch yield per 1 ha" (2020, 2021), t/ha

наибольший выход крахмала с единицы площади: ХЛГ 182 / РСК 7 (3,12–3,58 т/га), ЮВ 106 / РСК 7 (2,77–3,11), Х 46 / Б 293 (3,22–3,39), Ом 12 / Б 293 (2,72–3,85 т/га).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сотченко Д.Ю., Войтов А.С., Сотченко Д.Ю., Таов А.А. Исходный материал для создания раннеспелых гибридов кукурузы // Кукуруза и сорго. 2020. № 4. С. 3–9. DOI: 10.25715/y6169-7739-5229-с.
2. Потапов А.П., Дейнекина О.А., Киктев Д.А. Оценка перспективных гибридов кукурузы в условиях каменной степи // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 10-1 (37). С. 157–159. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11627.
3. Хатефов Э.Б., Аннаев С.П., Коцева А.Р. Создание и оценка новых источников амилопектинового крахмала на основе линий восковидной кукурузы (*Zea mays ceratina*) из коллекции ВИР // Успехи современного естествознания. 2019. № 1. С. 57–62. DOI: 10.17513/use.37037.
4. Гоникова М.Р., Хорева В.И., Гольдштейн В.Г., Носовская Л.П., Адикаева Л.В., Хатефов Э.Б. Изучение хозяйственно ценных признаков и технологических свойств коллекции *Zea mays* L. ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181. № 4. С. 56–64. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-56-64.
5. Хатефов Э.Б., Матвеева Г.В., Хачидогов А.В., Кагермазов А.М., Казмахов А.В. Ресурсный потенциал коллекции кукурузы вир как источник амилопектинового крахмала // АПК России. 2018. Т. 25. № 2. С. 244–248.
6. Зайцев С.А. Применение диаллельного анализа при изучении комбинационной способности кукурузы // Аграрный научный журнал. 2020. № 8. С. 16–19. DOI: 10.28983/asj.y2020i8pp16-19.
7. Гуторова О.В., Зайцев С.А. Комбинационная способность линий кукурузы и генетический контроль морфометрических параметров // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2022. Т. 22. № 2.

- С. 187–192. DOI: 10.18500/1816-9775-2022-22-2-187-192.
8. Губин С.В., Логинова А.М., Гетц Г.В. Изучение комбинационной способности инбредных линий кукурузы в нерегулярных скрещиваниях // Кукуруза и сорго. 2021. № 2. С. 18–25. DOI: 10.25715/e9803-6233-3213-р.
  9. Гончаренко А.А., Ермаков С.А., Макаров А.В., Семенова Т.В., Точилин В.Н., Крахмалева О.В. Изучение комбинационной способности инбредных линий озимой ржи по методу топкросса // Зерновое хозяйство России. 2017. № 5 (53). С. 1–8.
  10. Чилашвили И.М., Супрунов А.И., Слащев А.Ю. Изучение комбинационной способности новых самоопыленных линий кукурузы в условиях центральной зоны Краснодарского края // Зерновое хозяйство России. 2015. № 4. С. 46–49.
  11. Перевязка Н.И., Перевязка Д.С., Супрунов А.И. Изучение общей комбинационной способности новых ультранеспелых и раннеспелых линий кукурузы // Научный журнал КубГАУ. 2021. № 173. С. 258–267. DOI: 10.21515/1990-4665-173-019.
  12. Орлянская Н.А., Орлянский Н.А., Чеботарёв Д.С. Оценка комбинационной способности самоопыленных семей кукурузы (s5) смешанной генетической плазмы // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 2 (66). С. 28–35.
  13. Мухордова М.Е. Генетический анализ длины колоса в диаллельных скрещиваниях мягкой озимой пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (159). С. 18–23.
  14. Гончаренко А.А., Макаров А.В., Ермаков С.А., Семенова Т.В., Точилин В.Н., Цыганкова Н.В., Крахмалева О.А. Селекция инбредных линий озимой ржи (*Secale cereale* L.) на общую и специфическую комбинационную способность и ее связь с селекционными признаками // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 1. С. 38–46. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.38rus.
  15. Капустян М.В., Чернобай Л.Н., Сикалова Е.В. Анализ комбинационной способности новых линий кукурузы различного происхождения в тестерных скрещиваниях // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3. С. 62–66.
  16. Хатефов Э.Б., Аннаев С.П., Коцева А.Р. Создание и оценка новых источников амилопектинового крахмала на основе линий восковидной кукурузы (*Zea mays ceratina*) из коллекции ВИР // Успехи современного естествознания. 2019. № 1. С. 57–62. DOI: 10.17513/use.37037.
  17. Зезин Н.Н., Грудин В.Ф., Салтанова Р.Д. Корма из кукурузы на Среднем Урале // Кормопроизводство. 2017. № 5. С. 24–27.

## REFERENCES

1. Sotchenko D.Yu., Voitov A.S., Sotchenko D.Yu., Taov A.A. Basic material for creation of early ripening corn hybrids. *Kukuruzza i sorgo = Maize and Sorghum*, 2020, no. 4, pp. 3–9. (In Russian). DOI: 10.25715/y6169-7739-5229-c.
2. Potapov A.P., Deinekina O.A., Kiktev D.A. Evaluation of promising corn hybrids in conditions of the stone steppe. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk = International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 2019, no. 10-1 (37), pp. 157–159. (In Russian). DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11627.
3. Hatefov E.B., Appaev S.P., Kotseva A.R. Creation and evaluation of new sources of amylopectin starch based on waxy corn (*Zea mays ceratina*) lines from the VIR collection. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Advances in current natural sciences*, 2019, no. 1, pp. 57–62. (In Russian). DOI: 10.17513/use.37037.
4. Gonikova M.R., Khoreva V.I., Goldstein V.G., Nosovskaya L.P., Adikaeva L.V., Hatefov E.B. Study of economically valuable traits and technological properties in maize from the *Zea mays* L. collection of VIR. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii = Proceedings on applied botany, genetics and breeding*, 2020, vol. 181, no. 4, pp. 56–64. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-56-64.
5. Hatefov E.B., Matveeva G.V., Khachidogov A.V., Kagermazov A.M., Kazmakhov A.V. Resource potential of the corn collection of N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources as a source of amylopectin starch. *APK Rossii = Agro-industrial complex of Russia*, 2018, vol. 25, no. 2, pp. 244–248. (In Russian).
6. Zaitsev S.A. The use of diallel analysis in the study of the combination ability of corn. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal = Agrarian Scientific Journal*, 2020, no. 8, pp. 16–19. (In Russian). DOI: 10.28983/asj.y2020i8pp16-19.
7. Gutorova O.V., Zaitsev S.A. Combination ability of corn lines and genetic control of mor-

- phometric parameters. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Khimiya. Biologiya. Ekologiya = Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2022, vol. 22, no. 2, pp. 187–192. (In Russian). DOI: 10.18500/1816-9775-2022-22-2-187-192.
8. Gubin S.V., Loginova A.M., Getz G.V. Study of the combination ability of corn inbred lines in irregular crossings. *Kukuruza i sorgo = Maize and Sorghum*, 2021, no. 2, pp. 18–25. (In Russian). DOI: 10.25715/e9803-6233-3213-p.
  9. Goncharenko A.A., Ermakov S.A., Makarov A.V., Semenova T.V., Tochilin V.N., Krakhmaleva O.V. The study of the combining ability of the inbred lines of winter rye according to top-crossing method. *Zernovoe khozyaistvo Rossii = Grain Economy of Russia*, 2017, no. 5 (53), pp. 1–8. (In Russian).
  10. Chilashvili I.M., Suprunov A.I., Slashchev A.Yu. Study of combining ability of new self-pollinated lines of maize in central part of Krasnodar Krai. *Zernovoe khozyaistvo Rossii = Grain Economy of Russia*, 2015, no. 4, pp. 46–49. (In Russian).
  11. Perevyazka N.I., Perevyazka D.S., Suprunov A.I. Studying the general combination ability of new ultra-early ripe and early ripe corn lines. *Nauchnyi zhurnal KubGAU = Scientific Journal of KubSAU*, 2021, no. 173, pp. 258–267. (In Russian). DOI: 10.21515/1990-4665-173-019.
  12. Orlyanskaya N.A., Orlyansky N.A., Chebotarev D.S. Evaluation of the combination ability of self-pollinated maize families (s5) of mixed genetic plasma. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Kazan State Agrarian University*, 2022, vol. 17, no. 2 (66), pp. 28–35. (In Russian).
  13. Muhordova M.E. Genetic analysis of spike length in diallelic crosses of soft winter wheat. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2018, no. 1 (159), pp. 18–23. (In Russian).
  14. Goncharenko A.A., Makarov A.V., Ermakov S.A., Semenova T.V., Tochilin V.N., Tsygankova N.V., Krakhmaleva O.A., Selection of winter rye (*Secale cereale* L.) inbred lines for general and specific combining ability and its relationship with breeding traits. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2019, vol. 54, no. 1, pp. 38–46. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.38rus.
  15. Kapustyan M.V., Chernobay L.N., Sikalova E.V. Analysis of the combination ability of new maize lines of different origin in tester crosses. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*, 2018, no. 3, pp. 62–66. (In Belarus).
  16. Hatefov E.B., Appaev S.P., Kotseva A.R. Sources of amylopectin starch created based on waxy corn (*Zea mays ceratina*) lines from the VIR collection. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Advances in current natural sciences*, 2019, no. 1, pp. 57–62. (In Russian). DOI: 10.17513/use.37037.
  17. Zezin N.N., Gridin V.F., Saltanova R.D. Feed from corn in the Middle Urals *Kormoproizvodstvo = Fodder production*, 2017, no. 5, pp. 24–27. (In Russian).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Зайцев С.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 410050, Саратов, ул. 1-й Институтский проезд, 4; e-mail: [zea\\_mays@mail.ru](mailto:zea_mays@mail.ru)

**Бычкова В.В.**, старший научный сотрудник

**Волков Д.П.**, старший научный сотрудник

**Башинская О.С.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

**Матюшин П.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

## AUTHOR INFORMATION

✉ **Sergey A. Zaitsev**, Candidate of Science in Agriculture, Head Researcher; **address:** 4, 1-st Institutsky Proezd, Saratov, 410050, Russia; e-mail: [zea\\_mays@mail.ru](mailto:zea_mays@mail.ru)

**Vera V. Bychkova**, Senior Researcher

**Dmitry P. Volkov**, Senior Researcher

**Oxana S. Bashinskaya**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher

**Petr A. Matyushin**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

*Дата поступления статьи / Received by the editors 25.07.2022*

*Дата принятия к публикации / Accepted for publication 03.10.2022*

*Дата публикации / Published 22.05.2023*

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ АДВЕНТИВНЫХ ВИДОВ *GALINSOGA PARVIFLORA* И *G. GUADRIRADIATA* (ASTERACEAE) НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Федина Л.А., (✉) Малышева С.К.

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии

Дальневосточного отделения Российской академии наук

Владивосток, Россия

(✉) e-mail: malyshsveta@rambler.ru

Представлены результаты изучения заносных американских видов *Galinsoga parviflora* и *G. quadriradiata* на юге Приморского края (Россия). Полевые исследования проведены в 2018–2022 гг. на территории Приморского края в городских и сельских поселениях, на особо охраняемых природных территориях (Уссурийский заповедник им. В.Л. Комарова). Проанализированы литературные данные, информация с интернет-ресурсов, исследованы гербарные образцы. Исследованиями установлено, что за последние 30 лет инвазионный ареал видов рода *Galinsoga* на юге Дальнего Востока значительно увеличился. В настоящее время в Приморском крае эти адвентивные виды активно расселяются по антропогенно трансформированным территориям (обочины автомобильных дорог, заброшенные поля и луга, городские парки и скверы, придомовые территории, строительные карьеры и т.д.) и отмечены в большинстве административно-территориальных районов региона. В северных и восточных районах края виды *Galinsoga* имеют спорадическое распространение. В районах с развитым сельским хозяйством (западные и центральные районы Приморского края) *G. quadriradiata* и *G. parviflora* произрастают массово. Во Владивостоке отмечено несколько крупных травянистых сообществ с доминированием *G. quadriradiata*, площадью до 100 м<sup>2</sup> с проективным покрытием 90–100%. Большую настороженность вызывает проникновение видов рода *Galinsoga* на особо охраняемые природные территории. Поэтому необходим дальнейший мониторинг инвазионного ареала данных видов на юге Дальнего Востока России.

**Ключевые слова:** инвазивные виды, *Galinsoga parviflora*, *G. quadriradiata*, Дальний Восток, Приморский край

## DISTRIBUTION OF THE ADVENTIVE SPECIES *GALINSOGA PARVIFLORA* AND *G. GUADRIRADIATA* (ASTERACEAE) IN THE SOUTH OF THE FAR EAST

Fedina L.A., (✉) Malysheva S.K.

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

Vladivostok, Russia

(✉) e-mail: malyshsveta@rambler.ru

The results of the study of the stranger American species *Galinsoga parviflora* and *G. quadriradiata* in the south of the Primorsky Territory (Russia) are presented. Field studies were conducted in 2018–2022 on the territory of the Primorsky Territory in urban and rural settlements, in specially protected natural areas (V.L. Komarov Ussurisky Nature Reserve). Literary data, information from Internet resources, herbarium specimens have been analyzed. Studies have found that over the past 30 years, the invasive range of species of the genus *Galinsoga* in the south of the Far East has increased significantly. At present, in the Primorsky Territory, these adventive species actively disperse over anthropogenically transformed territories (roadsides, abandoned fields and meadows, city parks and squares, adjacent territories, construction pits, etc.) and are noted in most administrative-territorial districts of the region. *Galinsoga* species have a sporadic distribution in the northern and eastern parts of the region. *G. quadriradiata* and *G. parviflora* grow en masse in the areas with developed agriculture (western and central Primorsky Territory). In Vladivostok, several large herbaceous communities are noted with dominance of *G. quadriradiata*, up to 100 m<sup>2</sup> in area with projective coverage of 90–100%. The penetration of species of the genus *Galinsoga* into specially protected natural areas is of great concern. Therefore, further monitoring of the invasive range of these species in the south of the Russian Far East is necessary.

**Keywords:** invasive species, *Galinsoga parviflora*, *G. quadriradiata*, Far East, Primorsky Territory

**Для цитирования:** Федина Л.А., Малышева С.К. Распространение адвентивных видов *Galinsoga parviflora* и *G. quadriradiata* (Asteraceae) на юге Дальнего Востока // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 4. С. 57–63. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-6>

**For citation:** Fedina L.A., Malysheva S.K. Distribution of the adventive species *Galinsoga parviflora* and *G. quadriradiata* (Asteraceae) in the south of the Far East. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 4, pp. 57–63. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-6>

#### Благодарность

Авторы благодарят наблюдателей на платформе iNaturalist С.В. Прокопенко, Т.Н. Репину, Г.М. Гуларьянц, В.Н. Зеленкову, О.А. Чернягину, Н.В. Филиппову, В.С. Волкотруб, И.Г. Богачева, Д. Мостового, Л. Ефимцеву, А. Власенко, Е.С. Попова; авторов фотоматериалов с сайта Plantarium А.П. Барышенко, М. Скотникову, А.В. Буздину, С.В. Глотова, Н.В. Суворцеву, Г.В. Чуланову за предоставленную возможность увеличить объем данных для анализа распространения инвазионных видов. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031000120-9).

#### Acknowledgments

The authors thank the observers on the iNaturalist platform S.V. Prokopenko, T.N. Repina, G.M. Gularyants, V.N. Zelenkova, O.A. Chernyagina, N.V. Filippova, V.S. Volkotrub, I.G. Bogachev, D. Mostovoy, L. Efimtseva, A. Vlasenko, E.S. Popova; authors of the photographic materials from the site Plantarium A.P. Baryshenko, M. Skotnikov, A.V. Buzdin, S.V. Glotov, N.V. Surovtsev, G.V. Chulanov for the opportunity to increase the volume of data for the analysis of the distribution of invasive species. The work was performed within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic No. 121031000120-9).

## ВВЕДЕНИЕ

Внедрение инвазивных чужеродных видов растений угрожает региональному биоразнообразию, способствует изменению природных экосистем. Они наносят экономический и экологический ущерб, некоторые из вселенцев небезопасны для здоровья людей. Поэтому выявление очагов их инвазии, мониторинг расселения, контроль численности – важнейшие экологические задачи [1–3].

В настоящее время одной из значимых фитосанитарных проблем является повсеместное распространение двух американских видов – *Galinsoga parviflora* Cav. (галинсога мелкоцветковая) и *G. quadriradiata* Ruiz et Pav. (галинсога четырехлучевая), которые вследствие хозяйственной деятельности людей были занесены почти во все страны мира как сорняки. Естественный ареал этих видов – Центральная и Южная Америка. Вторичный ареал включает большинство стран Америки, Европы, Азии, Африки, так-

же Австралию и Новую Зеландию [4–6]. Как широко распространившиеся адвентивные виды, *G. parviflora* и *G. quadriradiata* включены в Черные книги западных регионов России и Черную книгу флоры Дальнего Востока<sup>1</sup> [7, 8]. *G. quadriradiata* внесена в список инвазионных и потенциально инвазионных видов Сибири и в Черную книгу флоры Сибири<sup>2, 3</sup>.

Виды рода *Galinsoga* Ruiz et Pav. являются растениями-хозяевами для многих насекомых-вредителей полевых культур. Их многочисленные листья (с большой общей площадью листовой поверхности) затеняют культивируемые растения, что приводит к снижению урожая на 10–50 %. В композициях ландшафтного дизайна и в цветниках эти сорные виды значительно снижают их эстетическое восприятие<sup>4</sup>. Биологические особенности растений *Galinsoga* позволяют им успешно конкурировать с другими сорняками и становиться доминантами на нарушенных местообитаниях.

<sup>1</sup>Виноградова Ю.К., Антонова Л.А., Дарман Г.Ф., Деятова Е.А., Котенко О.В., Кудрявцева Е.П., Лесик (Аустова) Е.В., Марчук Е.А., Николин Е.Г., Прокопенко С.В., Рубцова Т.А., Хорева М.Г., Чернягина О.А., Чубарь Е.А., Шейко В.В., Крестов П.В. Черная книга флоры Дальнего Востока: инвазионные виды растений в экосистемах Дальневосточного федерального округа. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2021. 510 с.

<sup>2</sup>Эбель А.Л., Стрельникова Т.О., Курпrianов А.Н., Аненхонов О.А., Анкипович Е.С., Антипова Е.М., Верхозина А.В., Ефremов А.Н., Зыкова Е.Ю., Михайлова С.И., Пликина Н.В., Рябовол С.В., Силантьева М.М., Степанов Н.В., Терехина Т.А., Чернова О.Д., Шауло Д.Н. Инвазионные и потенциально инвазионные виды Сибири // Бюллетень Главного ботанического сада. 2014. Вып. 200. № 1. С. 52–61.

<sup>3</sup>Черная книга флоры Сибири. Новосибирск: Издательство «Гео», 2016. 440 с.

<sup>4</sup>Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Черная книга флоры Средней России. М.: ГЕОС, 2010. 512 с.

На Дальнем Востоке первой из видов *Galinsoga* появилась *G. parviflora*. Впервые *G. parviflora* упомянута следующим образом: «Приморская губерния, Владивостокский уезд, бухта Золотой Рог, сад Буфф, в тени деревьев массой покрывает полянки. 20.VIII.1925. Алисова Е.» (VLA). Этот вид был занесен с товарами из Америки во Владивосток и стал в начале XX в. одним из самых обычных растений пустырей, откосов и садов. *G. quadriradiata* впервые собрана П.Г. Горовым и Д.П. Воробьевым в 1962 г. в Советском районе Владивостока в окрестностях Академгородка (VLA). В Приморском крае также отмечены факты произрастания видов *Galinsoga* на особо охраняемых природных территориях (ООПТ): *G. parviflora* зарегистрирована в Лазовском, в Дальневосточном морском, в Сихоте-Алинском заповедниках<sup>5-7</sup>. *G. quadriradiata* встречается в следующих заповедниках: Лазовский, Уссурийский, Кедровая падь<sup>8,9</sup> [9].

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проведены в 2018–2022 гг. традиционным маршрутно-рекогносцировочным способом в городских и сельских поселениях Приморского края и на особо охраняемых природных территориях (Уссурийский заповедник им. В.Л. Комарова). Проанализированы литературные данные, исследованы гербарные сборы, хранящиеся в Федеральном научном центре биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ФНЦ Биораз-

нообразия ДВО РАН), Владивосток (VLA) и в Ботаническом саде-институте ДВО РАН (VBGI). Учтены данные с сайтов iNaturalist<sup>10</sup> и Plantarium<sup>11</sup>.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для территории Приморского края в сводке «Сосудистые растения Дальнего Востока» ранее указано (1992 г.), что *G. parviflora* встречается часто, и приведен в источниках этот вид только для южной части региона; *G. quadriradiata* упомянута как редко встречающийся вид<sup>12</sup>.

Почти через 30 лет А.Е. Кожевников [10] характеризует распространение обоих видов на данной территории уже как частое. В Приморском крае виды *Galinsoga* имеют инвазионный статус (2) – чужеродные виды, расселяющиеся и натурализующиеся в нарушенных, полуестественных и естественных местообитаниях [7]. По характеру распространения *G. quadriradiata* и *G. parviflora* в Приморском крае являются эфекофитами – заносными видами, расселяющимися по одному или нескольким типам антропогенных мест обитания (см. сноску 4).

В Уссурийском заповеднике *G. quadriradiata* впервые отмечена в 2004 г. в Суворовском лесничестве возле отдаленного зимовья «в цветущем состоянии, единичный экземпляр, 8.09.2004, Л.А. Федина» [9]. Спустя 15 лет, начиная с 2019 г., там же по обочинам грунтовых дорог общего пользования наблюдали замещение *Ambrosia artemisiifolia* L. (амброзия полынолистная) растениями *G. quadriradiata*. Также в последние годы *G. quadriradiata* широко рас-

<sup>5</sup>Таран А.А. Новые виды сосудистых растений для флоры Лазовского заповедника (Приморский край) // Ботанический журнал. 1987. Т. 72. № 12. С. 1673.

<sup>6</sup>Чубарь Е.А. Адвентивные виды сосудистых растений во флоре малых морских островов: типы стратегий, ценоцическая активность, уровень адвентизации (на примере Дальневосточного морского заповедника, Приморский край) // Комаровские чтения. 2015. Вып. 18. С. 127–163.

<sup>7</sup>Пименова Л.А., Медведева Л.А., Черданцева В.Я., Булах Е.М., Бухарова Н.В., Богачева А.В., Егорова Л.Н., Скирина И.Ф., Малышева В.Ф., Малышева Е.Ф., Морозова О.В., Громыко М.Н., Грачева Р.Г., Ребриев Ю.А., Светашева Т.Ю. Растения, грибы и лишайники Сихоте-Алинского заповедника. Владивосток: Дальнаука, 2016. 557 с.

<sup>8</sup>Чубарь Е.А. Дополнение к флоре островов Дальневосточного морского заповедника // Ботанический журнал. 1992. Т. 77. № 12. С. 131.

<sup>9</sup>Коркишко Р.И. Сосудистые растения заповедника «Кедровая падь». Флора и фауна заповедников. М: ИПЭЭ РАН, 2000. Вып. 82. 84 с.

<sup>10</sup><https://www.inaturalist.org>

<sup>11</sup><https://www.plantarium.ru>

<sup>12</sup>Сосудистые растения советского Дальнего Востока / Отв. ред. С.С. Харкевич. Санкт-Петербург: Наука, 1992. Т. 6. 428 с.

пространилась в населенных пунктах на юге Приморского края. В селах Каймановка и Каменушка Уссурийского городского округа (УГО), расположенных в непосредственной близости от Уссурийского заповедника, этот вид является преобладающим сорняком на огородах жителей этих сел, массово произрастает на приусадебных участках и в других населенных пунктах УГО (см. таблицу). Произрастание видов *Galinsoga* в Октябрьском, Чугуевском и Красноармейском районах отмечено впервые. Также наши находки расширяют список населенных пунктов, где произрастают эти сорные растения, в ранее известных и перечисленных в Черной книге флоры Дальнего Востока районах [7].

Во Владивостоке виды *Galinsoga* встречаются во всех районах города, а также на морском побережье. В нескольких местах города (особенно на склонах и откосах) отмечены монодоминантные заросли *G. quadriradiata*, занимающие площадь от 10 до 100 м<sup>2</sup>, с проективным покрытием 90–100% и средней плотностью 350 особей разных возрастов на 1 м<sup>2</sup>: Первомайский район, ул. Гризодубова, 53 (43°5'53", 131°56'46"), N 43°5'53", E 131°56'46", 2022 г.; Первомайский район, ул. Елочная, 1, N 43°5'41", E 131°53'35", 2022 г. (см. рисунок).

Относительно новый микрорайон «Снеговая падь» (Первомайский район) также заселяют виды *Galinsoga*, причем

Находки и характеристика местопроизрастаний видов рода *Galinsoga* в Приморском крае  
Findings and Characteristics of the species of the genus *Galinsoga* in the Primorsky Territory

Название пункта	Координаты	Характеристика местопроизрастания	Происхождение данных
УГО, с. Каймановка	N43°63'399" E132°23'709"	Обочина полевой дороги, огороды, в массе	Авторские находки 2010–2022 гг.
УГО, с. Каменушка	N43°61'695" E132°23'056"	То же	То же
УГО, с. Кондратеновка	N 43°37'58" E 132°9'57"	Огороды, в массе	»
УГО, с. Дубовый Ключ	N 43°39'45" E 132°7'52"	То же	»
УГО, с. Горно-Таёжное	N 43°41'52" E 132°9'26"	»	Авторские находки 2022 г.
г. Уссурийск	N 43°28'54" E 131°34'3"	Придомовые территории, цветники, много	То же
Хасанский район, п. Славянка	N 42°51'44" E "131°23'34"	То же	»
Хасанский район, гостиничный комплекс «Теплое море»	N 42°51'18" E 131°25'16"	Ландшафтные посадки, откосы, склоны, много	»
Владивосток, Первомайский район, бухта Патрокл	N 43°4'24" E 131°56'52"	Вдоль дороги и съездов к морю, много	»
Владивосток, Ленинский район, бухта Горностай	N 43°6'55" E 132°0'51"	То же	»
Владивосток Советский район, бухта Стеглянуха	N 43°6'55" E 132°0'51"	»	»
Красноармейский район, с. Роцино	N 45°54'40" E 134°53'20"	На придомовых территориях, огородах, в цветниках, много	»
Михайловский район, с. Михайловка	N 43°56'27" E 132°0'40"	То же	»
Октябрьский район, с. Покровка	N 43°57'19" E 131°37'45"	»	»
Чугуевский район, с. Уборка	N 44°23'52" E 134°5'20"	»	»
Шкотовский район, Уссурийский заповедник	N43°64'965" E132°53'156"	Обочина грунтовой дороги общего пользования, много	Авторские находки 2004 – 2022 гг.



Владивосток, ул. Елочная, 1 – заросли *G. quadriradiata* с проективным покрытием 90–100%.

1, Elochnaya St., Vladivostok – *G. quadriradiata* thickets with a projective coverage of 90-100%.

возле некоторых новостроек преобладает один вид, возле других – второй. Зачастую оба вида произрастают вместе. На откосах по ул. Анны Щетиной, 15 (43°9'38", 131°57'20") и ул. Анны Щетиной, 35 (43°9'48", 131°57'10") образуют плотные сообщества площадью 3 × 2 м.

На сайте Plantarium большие площади сплошного произрастания *G. quadriradiata* отмечены на следующих территориях: Владивосток, Ленинский район, ул. Пушкинская, 12 (сквер политехников), 2016 г.; на сайте iNaturalist: Владивосток, Советский район (ул. Кирова, 27), 2020 г.

На сайте iNaturalist *G. quadriradiata* в Приморском крае указана в следующих местах: Владивосток, Ленинский район, 2021 г.; г. Владивосток, Первореченский район, 2021.; Владивосток, Советский район, 2021 г.; Владивосток, Фрунзенский район, 2021, 2022 гг.; г. Спасск-Дальний, 2020 г.; Партизанский район (с. Новицкое), 2020 г.; г. Находка, 2020 г.; Шкотовский район (с. Грибановка), 2020, 2021 гг.; Хасанский район (оз. Лотос), 2021 г.; Уссурийский ГО

(с. Каменушка), 2021 г.; г. Арсеньев, 2022 г.; Ольгинский район, п. Ольга, 2022 г.; Шкотовский район (п. Шкотово), 2022 г.

На сайте Plantarium *G. quadriradiata* приводится для территорий: Спасский район (с. Хвалынка), 2008 г.; Тернейский район (долина р. Заболоченной), 2012 г.; Владивосток, Ленинский район, 2016 г.

*G. parviflora* на сайте iNaturalist в Приморском крае указана в следующих местах: Владивосток, Советский район, 2018–2020, 2022 гг.; Владивосток, Первореченский район, 2019–2022 гг.; Владивосток, Фрунзенский район, 2021 г.; Дальнегорск, 2019 г.; Партизанский район, с. Николаевка, 2020 г.; Партизанский район, с. Новая сила, 2020 г.; Партизанский район, с. Новицкое, 2020 г.; г. Спасск-Дальний, 2020; Спасский район (п. Кнорринг), 2020 г.; г. Артем, 2021; г. Дальнереченск, 2021 г.; Уссурийский ГО (с. Горнотаежное), 2021 г.; Ольгинский район, п. Ольга, 2022 г.

На сайте Plantarium произрастание *G. parviflora* отмечено в следующих местах: Находкинский ГО (п. Авангард), 2016 г.; г. Артем (район Артемовской ТЭЦ), 2019 г.

Совокупный анализ авторских находок, гербарных образцов (VLA, VBG1), литературных данных (см. сноску 1) и информации с интернет-ресурсов показал, что ареал видов рода *Galinsoga* расширился за последние 30 лет вследствие заселения ими северных районов Приморского края, морских побережий и островов, а также распространения этих заносных растений на новые территории южных и центральных районов. Результаты данного исследования позволяют подтвердить произрастание видов *Galinsoga* в следующих районах и городах Приморского края. *G. parviflora* произрастает в районах: Хасанский, Надеждинский, Октябрьский, Михайловский, Ханкайский, Пограничный, Хорольский, Кировский, Спасский, Шкотовский, Лазовский, Партизанский, Дальнегорский, Кавалеровский, Тернейский, Ольгинский, Чугуевский, Красноармейский, Уссурийский ГО, Находкинский ГО, Артемовский ГО, а также в городах: Владивосток, Артём, Находка, Уссурийск, Дальнегорск,

Дальнереченск. *G. parviflora* встречается на островах залива Петра Великого: Большой Пелис, Попова, Путятин, Русский, Фальшивый, Фуругельма.

*G. quadriradiata* произрастает в районах: Хасанский, Октябрьский, Михайловский, Спасский, Шкотовский, Лазовский, Партизанский, Ольгинский, Чугуевский, Тернейский, Красноармейский, Уссурийский ГО, Находкинский ГО, Артемовский ГО и в городах: Владивосток, Арсеньев, Находка, Спасск-Дальний, Уссурийск. *G. quadriradiata* встречается на островах залива Петра Великого: Попова, Рейнике и Фуругельма.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что *G. quadriradiata* и *G. parviflora* за последние 30 лет значительно расширили инвазионный ареал на юге Дальнего Востока. В настоящее время эти сорные растения встречаются почти во всех административных районах Приморского края, включая северные (Красноармейский, Дальнереченский, Тернейский) и островные территории. Установлено, что в последние годы *G. quadriradiata* стала преобладающим сорняком на огородах сельских жителей Уссурийского городского округа, на территории ООПТ (Уссурийский заповедник) данный вид также активно заселяет новые участки. Таким образом, биологические особенности видов *Galinsoga* (быстрый рост, высокая семенная продуктивность, длительный период цветения (до II декады ноября)) и высокая экологическая пластичность способствуют дальнейшему распространению этих адвентивных видов по территории Приморского края.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шхагапсоев С.Х., Чаадаева В.А., Тайсумов М.А., Шхагапсоева К.А. Черный список флоры Чеченской Республики // Российский журнал биологических инвазий. 2022. Т. 15. № 3. С. 186–200.
2. Чаадаева В.А., Шхагапсоев С.Х., Ценкова Н.Л., Шхагапсоева К.А. Материалы к Черному списку флоры Центрального Кав-

каза (в пределах Кабардино-Балкарской Республики): часть вторая // Российский журнал биологических инвазий. 2019. Т. 12. № 2. С. 96–113.

3. Гергия Л.Г., Абрамова Л.М., Айба Э.А., Муштафина А.Н. К биологии инвазионного вида галинсоги мелкоцветковой (*Galinsoga parviflora* Cav.) в Абхазии // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2019. № 133. С. 241–247.
4. Пшегусов Р.Х., Чаадаева В.А. Моделирование экологических ниш видов рода *Galinsoga* Ruiz et Pav. в границах нативного и кавказской части инвазионного ареалов // Российский журнал биологических инвазий. 2022. Т. 15. № 1. С. 107–122.
5. Sukhorukov A.P., Nilova M.V., Kushunina M.A. The first records of *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav. (Asteraceae) from Zambia // Skvortsovia. 2021. Vol. 7. N 2. P. 22–25.
6. Самые опасные инвазионные виды России (ТОП 100): монография. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. 688 с.
7. Виноградова Ю.К., Антонова Л.А., Дарман Г.Ф., Девятова Е.А., Котенко О.В., Кудрявцева Е.П., Лесик (Аустова) Е.В., Марчук Е.А., Николин Е.Г., Прокопенко С.В., Рубцова Т.А., Хорева М.Г., Чернягина О.А., Чубарь Е.А., Шейко В.В., Крестов П.В. Черная книга флоры Дальнего Востока: инвазионные виды растений в экосистемах Дальневосточного федерального округа: монография. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2021. 510 с.
8. Суткин А.В. Новые находки адвентивных видов сосудистых растений в г. Улан-Удэ и его окрестностях (Западное Забайкалье) // Turczaninovia. 2021. Т. 24. № 2. С. 42–50.
9. Федина Л.А. Дополнения к флоре Уссурийского заповедника (Приморский край) за десять лет (2007-2016) // Комаровские чтения. 2018. Вып. 18. С. 55–59.
10. Kozhevnikov A.E., Kozhevnikova Z.V., Kwak M., Lee B.Y. Illustrated flora of the Primorsky Territory (Russian Far East). Incheon: National Institute of Biological Resources, 2019. 1124 p.

## REFERENCES

1. Shkhagapsoev S.H., Chaadaeva V.A., Taisumov M.A., Shkhagapsoev K.A. Black list of flora of the Chechen Republic. *Rossiiskij zhurnal biologicheskikh invazij* = *Russian Journal of*

- Biological Invasions*. 2022, vol. 15, no. 3, pp. 186-200. (In Russian).
2. Chaadaeva V.A., Shkhagapsoev S.H., Tsep-kova N.L., Shkhagapsoeva K.A. Materials to the Black List of flora of the Central Caucasus (within Kabardino-Balkarian Republic): part two. *Rossiiskij zhurnal biologicheskikh invazij = Russian Journal of Biological Invasions*. 2019, vol. 12, no. 2, pp. 96–113. (In Russian).
  3. Georgia L.G., Abramova L.M., Aiba E.A., Mustafina A.N. To biology of invasive species *Galinsoga parviflora* Cav. in Abkhazia. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada = Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden*, 2019, no. 133, pp. 241–247. (In Russian).
  4. Pshergusov R.H., Chadaeva V.A. Ecological niche modeling of *Galinsoga* Ruiz et Pav. species in the native and Caucasian part of the invasive ranges. *Rossiiskij zhurnal biologicheskikh invazij = Russian Journal of Biological Invasions*, 2022, vol. 15, no. 1, pp. 107–122. (In Russian).
  5. Sukhorukov A.P., Nilova M.V., Kushuni-na M.A. The first records of *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav. (Asteraceae) from Zambia. *Skvortsovia*. 2021, vol. 7, no. 2, pp. 22–25.
  6. *The most dangerous invasive species of Russia (TOP 100)*. Moscow, Association of Scientific Publications of the CMC, 2018. 688 p. (In Russian).
  7. Vinogradova Yu.K., Antonova L.A., Darman G.F., Devyatova E.A., Kotenko O.V., Kudryavtseva E.P., Lesik (Aistova) E.V., Marchuk E.A., Nikolin E.G., Prokopenko S.V., Rubtsova T.A., Khoreva M.G., Chernyagina O.A., Chubar E.A., Sheiko V.V., Krestov P.V. *The Black Book of the Flora of the Far East: invasive plant species in ecosystems of the Far Eastern Federal District*. Moscow: Association of Scientific Publications of the CMC, 2021. 510 p. (In Russian).
  8. Sutkin A.V. New findings of adventitious species of vascular plants in Ulan-Ude and its surroundings (Western Transbaikalia). *Turczaninovia*. 2021, vol. 24, no. 2, pp. 42–50. (In Russian).
  9. Fedina L.A. Additions to the flora of the Ussuri Reserve (Primorye Territory) for ten years (2007–2016). *Komarovskie chteniya = Komarovsky readings*, 2018, is. 18, pp. 55–59. (In Russian).
  10. Kozhevnikov A.E., Kozhevnikova Z.V., Kwak M., Lee B.Y. *Illustrated flora of the Primorsky Territory (Russian Far East)*. Incheon: National Institute of Biological Resources, 2019. 1124 p.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Федина Л.А.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

✉ **Малышева С.К.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 690022, Приморский край, Владивосток, пр. 100-летия Владивостока, 159; e-mail: malyshsveta@rambler.ru

## AUTHOR INFORMATION

**Lyubov A. Fedina**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

✉ **Svetlana K. Malysheva**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; **address:** 159, 100-letiya Vladivostoka ave., Vladivostok, Primorsky Territory, 690022, Russia; e-mail: malyshsveta@rambler.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 17.02.2023  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 12.04.2023  
Дата публикации / Published 22.05.2023

## БЕЛЬСКАЯ – НОВЫЙ СОРТ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ

(✉) **Нигматзянов Р.А.<sup>1,2</sup>, Сорокопудов В.Н.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ*

Москва, Россия

<sup>2</sup>*Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*

Уфа, Россия

<sup>3</sup>*Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений*

Москва, Россия

(✉) e-mail: radmil.nigmatzyanov@yandex.ru

Климатические условия Республики Башкортостан требуют создания сортов с высокой устойчивостью к комплексу биотических и абиотических стрессоров региона возделывания. Изложены данные по хозяйственно ценным признакам нового сорта смородины черной Бельская (селекционный номер 4-46). Сорт смородины черной Бельская выведен в Республике Башкортостан в 1997 г. от опыления сортов Валовая (Крупная × Бредторп × Хлудовская) и Караидель (Память Мичурина × Компактная). Год посева – 1998, начало плодоношения – 2002 г., отбор элитного сеянца – 2003 г., передача на госсортоиспытание – 2013 г. Первичное изучение сортообразцов начато в 2005 г. по схеме посадки 3 × 1 м. Контрольным был сорт Валовая, широко распространенный и районированный по всем регионам Российской Федерации. Сорт Бельская характеризуется высокой зимостойкостью. Признаков подмерзания в суровые зимы не обнаружено, у контрольного сорта Валовая повреждения отмечены до 1 балла с подмерзанием верхушек однолетнего прироста. Листовой аппарат сорта устойчив к солнечным ожогам. В годы жаркого и сухого лета (2010, 2011) выделился высокой засухоустойчивостью, при этом продуктивность его была выше контрольного сорта. Новый сорт отличается высокой продуктивностью (урожайность в среднем 12,7 т/га), устойчив к осыпанию. Обладает полевой устойчивостью к американской мучнистой росе, слабо поражается антракнозом. Ягоды одномерные, черные, округло-овальной формы, массой 2,3 г (максимальная – 2,6 г), кисло-сладкого нежного вкуса. Срок созревания средний. В 2022 г. сорт Бельская включен в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации по Уральскому региону.

**Ключевые слова:** черная смородина, урожайность, зимостойкость, жаростойкость, засухоустойчивость

## BELSKAYA – A NEW VARIETY OF BLACK CURRANT

(✉) **Nigmatzyanov R.A.<sup>1,2</sup>, Sorokopudov V.N.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Federal Scientific Agroengineering Center VIM*

Moscow, Russia

<sup>2</sup>*Bashkir Scientific Research Institute of Agriculture*

Ufa, Russia

<sup>3</sup>*All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants*

Moscow, Russia

(✉) e-mail: radmil.nigmatzyanov@yandex.ru

The climatic conditions of the Republic of Bashkortostan require the creation of varieties with high resistance to a complex of biotic and abiotic stressors of the region of cultivation. The data on economically valuable characteristics of a new variety of black currant Belskaya (breeding number 4-46) are presented. The black currant variety Belskaya was bred in the Republic of Bashkortostan in 1997 from pollination of the Valovaya (Krupnaya × Bredtorp × Khludovskaya) and Karaidel (Pamyati Michurina × Compactnaya). The year of sowing is 1998, the beginning of fruiting is 2002, the selection of an elite seedling is 2003, the transfer to the state varietal testing is

2013. The primary study of varietal samples was started in 2005 according to the planting scheme of 3 × 1 m. The control variety was Valovaya which is widespread and zoned across all regions of the Russian Federation. The Belskaya variety is characterized by high winter hardiness. There were no signs of freezing in severe winters, in the control variety Valovaya damage was noted up to 1 point with freezing of the tops of the annual growth. The leaf apparatus of the variety is resistant to sunburns. During the hot and dry summers (2010, 2011), it was distinguished by high drought resistance, while its productivity was higher than the control variety. The new variety is characterized by high productivity (yield on average 12.7 t / ha), and is resistant to shedding. It has field resistance to American powdery mildew, weakly affected by anthracnose. Berries are one-dimensional, black, round-oval shape, weighing 2.3 g (maximum - 2.6 g), sweet and sour delicate taste. The maturation period is average. In 2022, the Belskaya variety was included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation in the Ural region.

**Keywords:** black currant, yield, winter hardiness, heat resistance, drought resistance

**Для цитирования:** Нигматзянов Р.А., Сорокопудов В.Н. Бельская – новый сорт смородины черной // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 4. С. 64–70. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-7>

**For citation:** Nigmatzyanov R.A., Sorokopudov V.N. Belskaya – a new variety of black currant. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 4, pp. 64–70. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-7>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Ягодные культуры наиболее приспособлены к суровым климатическим условиям Башкирского Предуралья: они скороплодны, урожайность их на уровне плодовых культур, легко размножаются, выделяются большим содержанием микроэлементов, необходимых человеческому организму для нормального функционирования целого ряда ферментов, витаминов, свободных кислот (яблочная, лимонная, янтарная и др.) и БАВ [1]. Ягоды хорошо влияют на обмен веществ, повышают иммунную систему организма при простудах и инфекционных заболеваниях<sup>1-6</sup>, служат профилактическим и лечебным средством при гипертонии, атеро-

склерозе и других сердечно-сосудистых заболеваниях [2–7].

Смородина черная имеет широкое распространение в Республике Башкортостан. В повышении урожайности насаждений этой культуры большое значение отводится сорту, приспособленному к местным климатическим условиям региона.

Селекционная работа по смородине черной в республике начата в начале 1930-х годов. Она заключалась в сборе и размножении наиболее интересных форм дикорастущей смородины, в основном представленных европейской разновидностью. Следующим этапом была аналитическая селекция, высевали семена от свободного опыления.

<sup>1</sup>Назарюк Н.И., Кобякова В.М. Совершенствование сортимента смородины черной // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 5. С. 37–38.

<sup>2</sup>Батманова Е.М. Создание и оценка генофонда смородины черной в условиях Среднего Урала: дис. ... канд. с.-х. наук. Барнаул, 2011. 185 с.

<sup>3</sup>Шагина Т.В. Итоги селекции черной смородины // Перспективы северного садоводства на современном этапе: сб. науч. тр. Екатеринбург: Свердловская селекционная станция садоводства, 2005. С. 166–171.

<sup>4</sup>Назарюк Н.И. Оценка новых алтайских сортов черной смородины в лесостепной зоне Алтайского края: дис. ... канд. с.-х. наук. Барнаул, 2000. 163 с.

<sup>5</sup>Ильин В.С. Селекция смородины черной // Проблемы и перспективы межвидовой гибридизации плодовых, ягодных культур и картофеля: метод. реком. Челябинск: Еманжелинская городская типография, 2000. С. 90–96.

<sup>6</sup>Салыкова В.С. Подарок Санкина – новый сорт смородины черной // Инновационные направления развития сибирского садоводства: наследие академиков М.А. Лисавенко, И.П. Калининой: сб. ст. Барнаул: Концепт, 2018. С. 247–253.

В настоящее время межсортовые скрещивания являются основными при селекции смородины<sup>7–11</sup>. Искусственное или естественное скрещивание сортообразцов проходит путем подбора родительских форм с более выраженными положительными признаками [8–14].

Гибридный фонд смородины черной Башкирского научно-исследовательского института сельского хозяйства – обособленного структурного подразделения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук – насчитывает более 4 тыс. растений. В настоящее время в Государственном реестре селекционных достижений Российской Федерации находятся восемь сортов смородины черной селекции Башкирского НИИСХ.

Цель исследования – создание новых сортов, сочетающих высокую продуктивность с хорошими вкусовыми и технологическими качествами ягод и устойчивостью к основным болезням.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в Кушнаренковском селекционном центре по плодово-ягодным культурам и винограду Башкирского НИИСХ согласно общепринятым методикам. Объектом исследования был сорт Бельская (селекционный номер 4-46). Контрольный сорт – Валовая, районированный по всем регионам Российской Федерации. Первичное сортоизучение проводили с 2005 г. по схеме посадки 3 × 1 м.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сорт смородины черной Бельская выведен в Кушнаренковском селекционном центре от опыления в 1997 г. сортов Валовая (Крупная × Бредторп × Хлудовская) и Караидель (Память Мичурина × Компактная). Год посева – 1998, начало плодоношения – 2002 г., отбор элитного сеянца – 2003 г., передача на госсортоиспытание – 2013 г.

Сеянец перенес суровые зимы 2005/06, 2014/15, жаркое и сухое лето 2009, 2010 и 2020 гг. В феврале с перепадами и в январе 2006 г. температура опускалась до –42 °С. Признаков подмерзания на сорте Бельская не наблюдали, у контрольного сорта Валовая повреждения отмечены до 1 балла с подмерзанием верхушек однолетнего прироста.

*Краткое морфологическое описание нового сорта Бельская.* Куст среднерослый, среднераскидистый, компактной формы. Почки средние, зеленые, заостренные, продолговатые, со слабой антоциановой окраской. Побеги прямые, средние, темно-зеленые, неопушенные. Листья среднего размера, светло-зеленые, трехлопастные, с мелкими вырезами. Листовая пластинка открытая. Плодовая кисть средняя, ягоды в кисти располагаются средне. Цветки с яркой окраской, средние. Чашелистики с яркой окраской, средние, со средним опушением наружной стороны, отогнуты вверх. Срок распускания почек и начала созревания средний одновременный. Начало цветения среднее.

Плодоношение начинается на 3-й год после посадки. Средняя урожайность за 4 года 3 кг с куста, максимальная – 4 кг.

<sup>7</sup>Шагина Т.В. Современное состояние культуры смородины черной в России // Плодоводство и ягодоводство России. 2011. Т. 28. № 2. С. 318–328.

<sup>8</sup>Шагина Т.В. Перспектива развития садоводства – в новых сортах // Зооветпром: материалы Межрегион. науч.-практ. конф. Екатеринбург: Издательский дом «Филантроп», 2007. С. 36–37.

<sup>9</sup>Шагина Т.В. Селекция черной смородины на Среднем Урале // Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля: сб. науч. тр. Челябинск: Челябинский Дом печати, 2008. С. 55–59.

<sup>10</sup>Сорокопудова О.А. Коллекции родо-видовых комплексов как основа ассортимента для зеленого строительства и его совершенствования // Роль ботанических садов в сохранении и обогащении природной и культурной флоры: материалы Всерос. конф. с междунар. участием. Якутск, 2021. С. 32–36.

<sup>11</sup>Батманова Е.М. Предварительная оценка гибридных сеянцев черной смородины селекции Свердловской селекционной станции садоводства // Актуальные проблемы садоводства России и пути их решения: материалы Всерос. науч.-метод. конф. молодых ученых. Орел, 2007. С. 9–12.

В годы жаркого и сухого лета (2010, 2011) сорт Бельская выделился высокой устойчивостью, при этом продуктивность была выше контрольного сорта Валовая.

Новый сорт обладает полевой устойчивостью к американской мучнистой росе, слабо поражается антракнозом, имеет приподнятую форму куста, листовой аппарат устойчив к солнечным ожогам. Устойчив к осыпанию, жаростойкий, засухоустойчивый.

Ягоды одномерные, крупные, черные, округлые, средняя масса 2,3 г, максимальная – 2,6 г (см. рис. 1). Чашечка открытая. Кожица средней толщины. Опушение слабое, простое. Отрыв ягод сухой, средний. Срок созревания средний. Дегустационная оценка 5 баллов. Назначение сорта по использованию ягод – универсальное.

Оптимальная схема посадки растений смородины Бельская 3,0–4,5 × 1,0–1,5 м.

У сорта Бельская хорошая самоплодность (более 45%), что обеспечивает высокую завязываемость ягод в посадках, где могут находиться односортовые насаждения.

Для формирования и санитарного ухода рекомендуется удаление побегов старше 5–7 лет в нижней части куста. После санитарной или омолаживающей обрезки побегов куст быстро восстанавливается. Легко размножается зелеными черенками с применением туманообразующей установки в теплицах.

В ягодах содержатся биологически активные вещества – более 21,6% сухих растворимых веществ, 10,0 – сахаров, 0,6% свободных кислот, 181,2 мг/% витамина С (максимально 200 мг/%). По средней и максимальной урожайности сорт Бельская превосходит контрольный сорт Валовая (см. таблицу, рис. 2).



**Рис. 1.** Ягоды смородины сорта Бельская (фото Р.А. Нигматзянова)

**Fig. 1.** Currants of the Belskaya variety (photo R.A. Nigmatzyanov)

Основные хозяйственно-биологические признаки смородины (2013–2022 гг.)  
The main commercial-biological traits of currant (2013–2022)

Признак	Сорт	
	Бельская	Валовая (контроль)
Зимостойкость	Высокая	Высокая
Засухоустойчивость	»	Средняя
Жаростойкость	»	Слабая
Основные болезни и вредители, балл:		
антракноз	1,0	1,5
огневка	1,0	1,5
тля	2,0	2,0
американская мучнистая роса	0,0	0,0
Начало и конец цветения (средние даты)	1–5.05, 7–12.05	1–5.05, 7–12.05
Осыпаемость завязи, %	10	20
Урожайность, т/га:		
средняя	12,9	11,21
максимальная	15,3	15,3
Масса ягод, г:		
средняя	2,3	1,5
максимальная	2,6	2,3
Отрыв ягод	Сухой	Сухой
Содержание в ягодах биологически активных веществ:		
сухие растворимые вещества, %	21,6	21,3
сахара, %	10,0	10,0
свободные кислоты, %	0,6	0,8
аскорбиновая кислота (витамин С), мг%	181,2	147,9
Дегустационная оценка в свежем виде, балл	5,0	4,8
Транспортабельность ягод	Хорошая	Хорошая
Основное назначение сорта	Универсальный	Универсальный

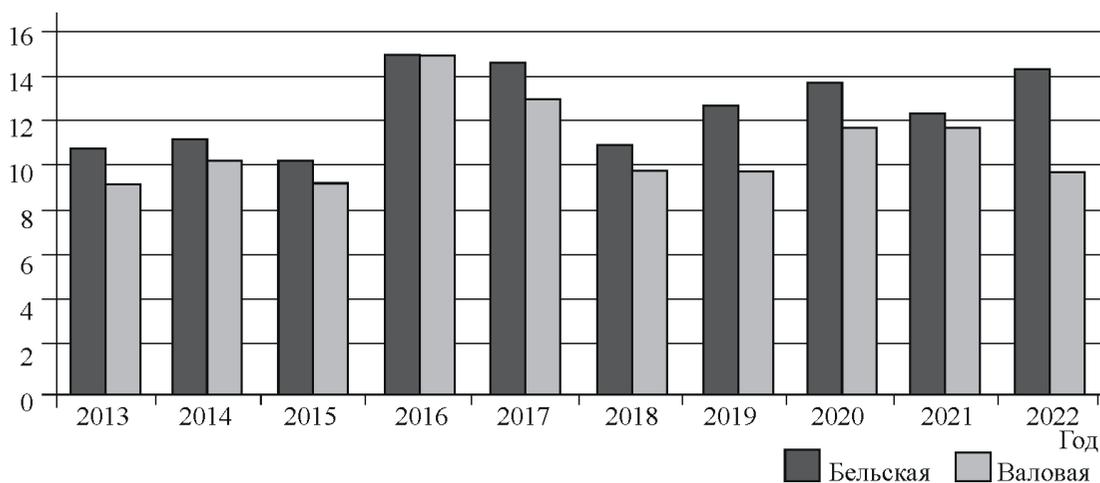


Рис. 2. Урожайность смородины черной по годам (Кушнарэнково)

Fig. 2. Black currant yield (Kushnarenkovo)

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате многолетних исследований установлено, что сорт Бельская сочетает высокие биологические адаптационные свойства к факторам внешней среды и патогенам в условиях Башкирского Предуралья. Сорт крупноплодный с высокой продуктивно-

стью и урожайностью, жаростойкостью и засухоустойчивостью, устойчивостью к осыпанию. В 2022 г. сорт смородины черной Бельская был включен в Государственный реестр по Уральскому (9) региону Российской Федерации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нигматзянов Р.А., Сорокопудов В.Н. Новый перспективный сорт смородины черной Эстафета // *Аграрная наука*. 2022. № 4. С. 93–96. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-358-4-93-96.
2. Чеботок Е.М. Новый сорт смородины черной Воевода // *Селекция и сорторазведение садовых культур*. 2018. Т. 5. № 1. С. 145–147.
3. Габышева Н.С. Оценка межвидовых гибридов смородины черной в Якутии // *Аграрный вестник Урала*. 2022. № 1 (216). С. 56–65. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-56-65.
4. Габышева Н.С. Оценка исходного селекционного материала смородины черной // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2019. Т. 49. № 5. С. 21–27. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-5-3.
5. Каштанова О.А., Ткаченко О.Б., Куклина А.Г. Защита нетрадиционных плодовых кустарников от фитофагов и фитопатогенов // *Защита и карантин растений*. 2020. № 9. С. 46–47.
6. Ренгартен Г.А. Использование химического мутагенеза в селекции растений в России и за рубежом // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022. № 4. С. 42–46.
7. Дулов М.И. Биохимический состав плодов смородины // *Наукофера*. 2022. № 3–2. С. 153–158.
8. Бахотская А.Ю., Князев С.Д. Предварительная оценка нового гибридного материала смородины черной на устойчивость к биотическим факторам // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2021. № 6. С. 37–39. DOI: 10.30850/vrsn/2021/6/37-39.
9. Калинина О.В., Князев С.Д., Голяева О.Д. Оценка сортов смородины черной и красной селекции ВНИИСПК по устойчивости к мучнистой росе // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2020. Т. 60. С. 19–27. DOI: 10.31676/2073-4948-2020-60-19-27.
10. Габышева Н.С. Устойчивость к биотическим факторам и урожайность алтайских сортов смородины черной в Якутии // *Научная жизнь*. 2020. Т. 15. № 11 (111). С. 1432–1439. DOI: 10.35679/1991-9476-2020-15-11-1432-1439.
11. Сорокопудов В.Н., Назарюк Н.И., Габышева Н.С. Совершенствование сортимента смородины черной в Азиатской части России // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018. № 7. С. 23–28.
12. Сазонов Ф.Ф. Селекционная оценка черной смородины по признаку габитус куста // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2022. Т. 52. № 3. С. 35–45. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-3-4.
13. Чеботок Е.М. Результаты экологического испытания сорта смородины черной Пилот // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022. № 4 (60). С. 91–95. DOI: 10.18286/1816-4501-2022-4-91-95.
14. Шагина Т.В. Современное состояние культуры смородины черной в России // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2011. Т. 28. № 2. С. 318–328.

## REFERENCES

1. Nigmatzyanov R.A., Sorokopudov V.N. A new promising variety of black currant Estafeta. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*, 2022, no. 4, pp. 93–96. (In Russian). DOI: 10.32634/0869-8155-2022-358-4-93-96.
2. Chebotok E.M. New variety of black currant Shaman. *Seleksiya i sortorazvedenie sadovykh kul'tur = Breeding and variety cultivation of fruit and berry crops*, 2018, vol. 5, no. 1, pp. 145–147. (In Russian).
3. Gabysheva N.S. Evaluation of interspecific hybrids of black currant in Yakutia. *Agrarnyi vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2022, no. 1 (216), pp. 56–65. (In Russian). DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-56-65.
4. Gabysheva N.S. Evaluation of the initial breeding material of blackcurrant. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49, no. 5, pp. 21–27. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-5-3.
5. Kashtanova O.A., Tkachenko O.B., Kuklina A.G. Protection of non-traditional fruit bushes from the phytophages and phytopathogens. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2020, no. 9, pp. 46–47. (In Russian).
6. Rengarten G.A. The use of chemical mutagenesis in plant breeding in Russia and abroad. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2022, no. 4, pp. 42–46. (In Russian).

7. Dulov M.I. Biochemical composition of currant fruits. *Naukosfera = Naukosfera*, 2022, no. 3-2, pp. 153–158. (In Russian).
8. Bakhotskaya A.Yu., Knyazev S.D. Preliminary assessment of a black currant new hybrid material for resistance to biotic factors. *Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki = Vestnik of the Russian agricultural science*, 2021, no. 6, pp. 37–39. (In Russian). DOI: 10.30850/vrsn/2021/6/37-39.
9. Kalinina O.V., Knyazev S.D., Golyaeva O.D. Estimation of black and red currant varieties of VNIISPK breeding for resistance to powdery mildew. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii = Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 2020, vol. 60, pp. 19–27. (In Russian). DOI: 10.31676/2073-4948-2020-60-19-27.
10. Gabysheva N.S. Resistance to biotic factors and productivity of Altai varieties of black currant in Yakutia. *Nauchnaya zhizn' = Scientific Life*, 2020, vol. 15, no. 11 (111), pp. 1432–1439. (In Russian). DOI: 10.35679/1991-9476-2020-15-11-1432-1439.
11. Sorokopudov V.N., Nazaryuk N.I., Gabysheva N.S. Improvement of the assortment of black currant in the Asian part of Russia. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2018, no. 7, pp. 23–28. (In Russian).
12. Sazonov F.F. Breeding evaluation of black currant on the basis of shrub habitus. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 3, pp. 35–45. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2022-3-4.
13. Chebotok E.M. Results of environmental tests of Pilot black currant variety. *Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 2022, no. 4 (60), pp. 91–95. (In Russian). DOI: 10.18286/1816-4501-2022-4-91-95.
14. Shagina T.V. Modern state of black currant culture in Russia. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii = Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 2011, vol. 28, no. 2, pp. 318–328. (In Russian).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Нигматзянов Р.А.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 109428, Москва, 1-й Институтский проезд, 5; e-mail: radmil.nigmatzyanov@yandex.ru

**Сорокопудов В.Н.**, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

#### AUTHOR INFORMATION

✉ **Radmil A. Nigmatzyanov**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; **address:** 5, 1st Institutsky Proezd, Moscow, 109428, Russia; e-mail: radmil.nigmatzyanov@yandex.ru

**Vladimir N. Sorokopudov**, Doctor of Science in Agriculture, Lead Researcher

*Дата поступления статьи / Received by the editors 05.09.2022*  
*Дата принятия к публикации / Accepted for publication 15.12.2022*  
*Дата публикации / Published 22.05.2023*



## ВСПЫШКА БОЛЕЗНИ СЛИЗИСТЫХ ОБОЛОЧЕК У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА, ВЫЗВАННАЯ *PESTIVIRUS H*

Семенова О.В., Котенева С.В., Нефедченко А.В., Судоргина Т.Е., (✉) Глотова Т.И., Глотов А.Г.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

(✉) e-mail: t-glordova@mail.ru

Описана вспышка инфекции, вызванной *Pestivirus H* (вирус вирусной диареи – болезни слизистых оболочек третьего вида, BVDV-3), в молочном хозяйстве, сопровождающаяся высокой заболеваемостью и летальностью животных разных возрастов. У части больных животных зарегистрировали полный комплекс ярко выраженных симптомов, характерных для «классической» болезни слизистых оболочек крупного рогатого скота: эрозии и язвы на носовом зеркальце и языке, выделение пены из ротовой полости, серозные выделения из носа, геморрагическое воспаление и выраженные продольные эрозии на слизистой пищевода, сычуга и кишечника. Коровы абортывали на разных стадиях стельности. Коэффициент плодотворного осеменения снизился до 20%. Течение болезни осложнилось вовлечением в инфекционный процесс вируса герпеса крупного рогатого скота 4-го типа, бактерий семейства Pasteurellaceae и *Clostridium* spp. Геном BVDV-3 обнаружили в широком спектре внутренних органов абортыванных плодов, телят и взрослых животных. По данным секвенирования возбудитель отнесли к субтипу 3а. Филогенетический анализ участка 5'-нетранслируемой области генома вируса (5'-UTR) показал близкое его родство со штаммами, выделенными в Италии и Бразилии, большинство из которых ранее идентифицированы как контаминанты эмбриональной сыворотки и живых вакцин против вирусных инфекций крупного рогатого скота. В настоящее время средства специфической профилактики против инфекции, вызванной BVDV-3, не разработаны, поэтому необходимы обновление и совершенствование методов диагностики, оптимизация противоэпизоотических мероприятий для недопущения распространения вирулентных штаммов возбудителя, контроль безопасности используемых вакцин.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, болезнь слизистых оболочек, *Pestivirus H*, ПЦР, филогенетический анализ

## AN OUTBREAK OF MUCOSAL DISEASE IN CATTLE CAUSED BY *PESTIVIRUS H*

Semenova O.V., Koteneva S.V., Nefedchenko A.V., Sudorgina T.E., (✉) Glotova T.I., Glotov A.G.

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

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

(✉) e-mail: t-glordova@mail.ru

An outbreak of infection caused by *Pestivirus H* (virus of bovine viral diarrhea – mucosal disease of the third kind, BVDV-3) in a dairy farm with high morbidity and mortality in animals of different ages is described. In some sick animals a full complex of pronounced symptoms characteristic of "classical" bovine mucosal disease was registered: erosions and ulcers on the nasal mirror and tongue, foaming from the mouth, serous discharge from the nose, hemorrhagic inflammation and pronounced longitudinal erosions on the mucosa of the esophagus, rennet stomach and intestine. Cows miscarried at different stages of pregnancy. The coefficient of effective insemination decreased

to 20%. The course of the disease was complicated by the involvement of the bovine herpes virus type 4, bacteria of the family Pasteurellaceae and *Clostridium* spp. in the infectious process. The BVDV-3 genome was found in a wide range of internal organs of aborted fetuses, calves, and adult animals. According to sequencing data, the pathogen was classified as subtype 3a. Phylogenetic analysis of the 5'-untranslated region of the virus genome (5'-UTR) showed its close relationship to the strains isolated in Italy and Brazil, most of which were previously identified as contaminants of fetal bovine serum and live vaccines against viral infections of cattle. No specific prophylaxis against BVDV-3 infection has been developed at this time, therefore, it is necessary to update and improve diagnostic methods, optimize control measures to prevent the spread of virulent strains of the pathogen, and control the safety of the vaccines used.

**Keywords:** cattle, *pestivirus H*, mucosal disease, PCR, phylogenetic analysis

**Для цитирования:** Семенова О.В., Котенева С.В., Нефедченко А.В., Судоргина Т.Е., Глотова Т.И., Глотов А.Г. Вспышка болезни слизистых оболочек у крупного рогатого скота, вызванная *Pestivirus H* // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 4. С. 71–80. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-8>

**For citation:** Semenova O.V., Koteneva S.V., Nefedchenko A.V., Sudorgina T.E., Glотова T.I., Glotov A.G. An outbreak of mucosal disease in cattle caused by *Pestivirus H*. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 4, pp. 71–80. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-8>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 23-26-00006 «Генетическая изменчивость и разнообразие пестивирусов крупного рогатого скота, основные риски заноса новых генетических вариантов на территорию Российской Федерации».

#### Acknowledgements

The work was financially supported by the Russian Science Foundation, grant No. 23-26-00006 "Genetic variability and diversity of pestiviruses in cattle, the main risks of introducing new genetic variants into the territory of the Russian Federation"

## ВВЕДЕНИЕ

Пестивирусы крупного рогатого скота (КРС) являются возбудителями вирусной диареи – болезни слизистых оболочек (ВД-БС), которая характеризуется многообразием клинических проявлений: иммуносупрессией, респираторными и репродуктивными патологиями, эрозивно-язвенными поражениями слизистых оболочек ротовой полости и пищеварительного тракта, энтеритами, острыми инфекциями с геморрагическим синдромом и болезнью слизистых оболочек<sup>1–3</sup> [1, 2].

Болезнь распространена по всему миру. Экономические последствия инфекции свя-

заны в большей степени с воздействием возбудителя на репродуктивную систему животных – снижение коэффициента плодотворных осеменений, аборт, рождение персистентно инфицированных телят или молодняка с пороками развития<sup>4</sup> [3].

С 2017 г. представителей рода *Pestivirus* семейства *Flaviviridae* классифицируют по 11 генотипически различающимся видам. Крупный рогатый скот инфицируют три антигенно и генетически отличающихся вида: *Pestivirus A* (вирус вирусной диареи крупного рогатого скота 1-го вида, BVDV-1), *Pestivirus B* (вирус вирусной диареи крупного рогатого скота 2-го вида, BVDV-2) и *Pestivirus H* (Hobi-like

<sup>1</sup>Глотов А.Г., Глотова Т.И. Атипичные пестивирусы крупного рогатого скота // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 4. С. 399–408. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.4.rus.

<sup>2</sup>Ridpath J. The contribution of infections with bovine viral diarrhoea viruses to bovine respiratory disease // *Veterinary Clinics. North Am Food Anim. Pract.* 2010. Vol. 26. P. 335–348. DOI: 10.1016/j.cvfa.2010.04.003.

<sup>3</sup>Brock K.V. The many faces of bovine viral diarrhoea virus // *Veterinary Clinics. North Am Food Anim. Pract.* 2004. Vol. 20. P. 1–3. DOI: 10.1016/j.cvfa.2003.12.002.

<sup>4</sup>Шилова Е.Н., Ряпосова М.В., Шкуратова И.А., Вялых Е.В. Вирусная диарея – болезнь слизистых оболочек крупного рогатого скота в Уральском регионе // *Ветеринария*. 2014. № 5. С. 19–21.

pestivirus, вирус вирусной диареи 3-го вида, BVDV-3). Каждый из них подразделяется на субгенотипы: *Pestivirus A* имеет 23 (от 1a до 1w), *Pestivirus B* и *Pestivirus H* – по четыре (от a до d) субтипа<sup>5</sup> [4]. Все виды BVDV вызывают у животных схожие патологии. Формы инфекции варьируют от субклинических до тяжелых, острых с геморрагическим синдромом и высокой летальностью. Течение болезни зависит от иммунного статуса и возраста животного, вирулентности штамма, а также условий содержания и кормления<sup>6–13</sup> [2, 5–8]. Чаще ВД-БС КРС носит энзоотический характер, что затрудняет проведение мероприятий по ее искоренению.

*Pestivirus A* распространен повсеместно. *Pestivirus B* более вирулентный и встречается реже. Эти два вида – типичные представители своего рода и достаточно хорошо изучены. *Pestivirus H* идентифицирован сравнительно недавно и отнесен к атипичным пестивирусам крупного рогатого скота, которые до настоящего времени как этиологические агенты ВД-БС КРС практически не были изучены. Впервые его обнаружили в Германии в 2004 г. в партии эмбриональной сыворотки крови крупного рогатого скота

для биологической промышленности, изготовленной в Бразилии (см. сноску 11) [8], год спустя – в Южной Америке в зараженной культуре клеток и крови буйвола<sup>14</sup>. В 2010 г. в Италии вирус выделили от телят во время вспышки респираторной болезни и при персистентной форме инфекции (см. сноску 9). Позже в Бразилии и Китае описаны случаи респираторного заболевания у телят, вызванного *Pestivirus H* [9], сопровождающегося кишечными проявлениями с высокой смертностью [10].

Пути передачи BVDV-3 аналогичны другим пестивирусам – воздушно-капельный, фекально-оральный и вертикальный от матери плоду. Помимо инфицированных животных, источником вируса могут стать живые вакцины, изготовленные с использованием контаминированной вирусом эмбриональной сыворотки крови для выращивания культур клеток<sup>15</sup> [10, 11].

Итальянскими учеными проведены исследования *in vitro*, показавшие, что BVDV-3 может реплицироваться в тех же культурах клеток, что и типичные пестивирусы крупного рогатого скота без проявления цитопатического действия [7].

<sup>5</sup>ICTV – International Committee on Taxonomy of Viruses // Genus: Pestivirus. 2019. Available at: [http://talk.ictvonline.org/ictv-reports/ictv\\_online\\_report/positive-sense-rna-viruses/w/Flaviviridae/361/genus-pestivirus](http://talk.ictvonline.org/ictv-reports/ictv_online_report/positive-sense-rna-viruses/w/Flaviviridae/361/genus-pestivirus).

<sup>6</sup>Decaro N., Lucente M.S., Losurdo M., Larocca V., Elia G., Occhiogrosso L., Marino P.A., Cirone F., Buonavoglia C. HoBi-Like Pestivirus and Its Impact on Cattle Productivity // *Transboundary and Emerging Diseases*. 2016. Vol. 63. P. 469–473. DOI: 10.1111/tbed.12529.

<sup>7</sup>Decaro N., Lanave G., Lucente M.S., Mari V., Varello K., Losurdo M., Larocca V., Bozzetta E., Cavaliere N., Martella V., Buonavoglia C. Mucosal disease-like syndrome in a calf persistently infected by Hobi-like Pestivirus // *Journal of Clinical Microbiology* 2014. Vol. 52 (8). P. 2946–2954. DOI: 10.1128/JCM.00986-14.

<sup>8</sup>Decaro N., Lucente M.S., Mari V., Cirone F., Cordioli P., Camero M., Sciarretta R., Losurdo M., Lorusso E., Buonavoglia C. Atypical pestivirus and severe respiratory disease in calves, Europe // *Emerging and Infectious Disease*. 2011. Vol. 17 (8). P. 1549–1552. DOI: 10.3201/eid1708.

<sup>9</sup>Weber M.N., Mosena A.C., Simoes S.V., Almeida L.L., Pessoa C.R., Budaszewski R.F., Silva T.R., Ridpath J.F., Riet-Correa F., Driemeier D., Canal C.W. Clinical presentation resembling mucosal disease associated with 'HoBi'-like pestivirus in a field outbreak // *Transboundary and Emerging Diseases*. 2016. Vol. 63 (1). P. 92–100. DOI: 10.1111/tbed.12223.

<sup>10</sup>Haider N., Rahman M.S., Khan S.U., Mikolon A., Gurley E.S., Osmani M.G., Shanta I.S., Paul S.K., Macfarlane-Berry L., Islam A., Desmond J., Epstein J.H., Daszak P., Azim T., Luby S.P., Zeidner N., Rahman M.Z. Identification and epidemiology of a rare HoBi-like Pestivirus strain in Bangladesh // *Transboundary and Emerging Diseases*. 2014. Vol. 61 (3). P. 193–198. DOI: 10.1111/tbed.12218.

<sup>11</sup>Schirrmeyer H., Strebelow G., Depner K., Hoffmann B., Beer M. Genetic and antigenic characterization of an atypical Pestivirus isolate, a putative member of a novel Pestivirus species // *Journal of General Virology*. 2004. Vol. 85. P. 3647–3652. DOI: 10.1099/vir.0.80238-0.

<sup>12</sup>Mishra N., Rajukumar K., Pateriya A., Kumar M., Dubey P., Behera S.P., Verma A., Bhardwaj P., Kulkarni D.D., Vijaykrishna D., Reddy N.D. Identification and molecular characterization of novel and divergent HoBi-like pestiviruses from naturally infected cattle in India // *Veterinary Microbiology*. 2014. Vol. 174 (1-2). P. 239–246. DOI: 10.1016/j.vetmic.2014.09.017.

<sup>13</sup>Ridpath J.F. Bovine viral diarrhoea virus: global status // *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 2010. Vol. 26 (1). P. 105–121. DOI: 10.1016/j.cvfa.2009.10.007.

<sup>14</sup>Stalder H Meier P., Pfaffen G., Wageck-Canal C., Rufenacht J., Schaller P. Genetic heterogeneity of pestiviruses, of ruminants in Switzerland // *Preventive Veterinary Medicine*. 2005. Vol. 72. P. 37–41. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2005.

<sup>15</sup>Bauermann F.V., Ridpath J.F., Weiblen R., Flores E.F. HoBi-like viruses: an emerging group of Pestiviruses // *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2013. Vol. 25 (1). P. 6–15. DOI: 10.1177/1040638712473103.

На территории Российской Федерации инфекция животных, вызванная *Pestivirus H*, впервые зарегистрирована в 2022 г. [11], однако описания случаев болезни слизистых оболочек в отечественной литературе мы не нашли.

Цель исследования – описать случай вспышки болезни слизистых оболочек крупного рогатого скота, вызванной *Pestivirus H*, в молочном хозяйстве, изучить особенности течения инфекции и дать филогенетический анализ возбудителя.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в животноводческом хозяйстве с общим поголовьем крупного рогатого скота 1750, из них 740 – коровы. Пробы биоматериала отбирали от больных, павших и вынужденно убитых животных разных половозрастных групп с характерными клиническими признаками. Их исследовали на наличие вирусов инфекционного ринотрахеита (ИРТ), вирусной диареи – болезни слизистых оболочек (ВД-БС КРС) трех видов, респираторно-синцитиальной инфекции (РСИ), вируса герпеса четвертого типа (ВГ-4) и бактерий рода *Clostridium*, а также на *Salmonella dublin*, *Pasteurella multocida* и *Mannheimia haemolytica* при помощи разработанных нами тест-систем на основе ПЦР в режиме реального времени [12].

*Pestivirus H* выявляли при помощи праймеров и зонда PVspF-5-ccatrcacctagtaggackagc-3; PVHR-5-tccttgatgcgtcgaacca-3; PVHZ-5-(FAM) tagtgtagca-gtgagctccttgat(ВНQ1)-3 для детекции фрагмента размером 110 п.н. Состав реакционной смеси: ПЦР-буфер (60 mM Tris-HCl, pH 8,5; 1,5 mM MgCl<sub>2</sub>; 25 mM KCl; 10 mM 2-меркаптэтанол; 0,1% Тритон X-100), 0,2 mM dNTP, по 0,2 мкг каждого праймера, по 0,1 мкг зонда, 1,25 ea Taq-ДНК-полимеразы, 5 мкл ДНК. Температурный режим для ПЦР: 95 °C – 5 мин – 1 цикл; 95 °C – 10 с, 55 °C – 15 с, 72 °C – 30 с – 45 циклов. Исследования

проводили на амплификаторе CFX96 (BIO-RAD, США). Флуоресценцию измеряли при температуре 55 °C на канале FAM. Положительными считали образцы со значением Ct, не превышающим 40.

Целевые фрагменты очищали от неспецифических продуктов реакции и реагентов. Для этого использовали магнитные частицы Agencourt AMPureXP (Beckman Coulter, США). Далее концентрацию образцов оценивали с помощью спектрофотометра NanoDrop One/OneC Microvolume UV Spectrophotometer (ThermoScientific, США). В секвенирующую реакцию отбирали 10 нг продукта и проводили ее с помощью набора реагентов BrilliantDye™ Terminator (v1.1) (NimaGen, Нидерланды) согласно инструкции производителя на приборе Applied Biosystems™ 310 Genetic Analyzer (Applied Biosystems, США). Нуклеотидные последовательности определяли по обеим цепям ДНК. Расшифровку первичных данных секвенирования осуществляли с помощью программы Sequencer 4.0.5. (GeneCodes, США).

Нуклеотидные последовательности синтезируемых фрагментов анализировали методом выравнивания с опубликованными последовательностями других штаммов пестивирусов с помощью программы BioEdit 7.0.0. Для создания дендрограммы использовали метод максимальной эволюции в программе MEGA v.7. Достоверность топологии оценивали бутстрэп-тестом (1000 реплик)<sup>16, 17</sup>.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Начало вспышки ВД-БС КРС в хозяйстве пришлось на февраль 2020 г. Первыми заболели телята в возрасте 18 мес, содержащиеся в одном помещении. У них отмечали отказ от корма, пенные выделения из ротовой полости, гиперемии и изъязвления слизистой оболочки рта, обильное слюно-

<sup>16</sup>Kumar S., Stecher G., Tamura K. MEGA 7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets // Molecular Biology and Evolution. 2016. Vol. 33. P. 1870–1874. DOI: 10.1093/molbev/msw054.

<sup>17</sup>Felsenstein J. Phylogenies and the Comparative Method // The American Naturalist. 1985. Vol. 125 (1). P. 1–15.

отделение, белый налет и эрозии на языке (см. рис. 1, *а*), эрозии на носовом зеркальце (см. рис. 1, *б*), конъюнктивит и диарею.

Затем присоединились симптомы респираторного заболевания – серозные выделения из носа (см. рис. 2, *а*), ринит и выделение пены из ротовой полости (см. рис. 2, *б*), сухой и влажный кашель. Позже появились эрозивные поражения кожных покровов шеи и внутренней поверхности бедер.

На вскрытии зафиксировали геморрагическое воспаление слизистой оболочки пищевода и кишечника, у некоторых животных – четко выраженные продольные эрозии на слизистой оболочке сычуга (см. рис. 3).

В течение 6 мес заболеваемость животных достигла 90%, летальность – 100% (от числа выявленных клинически больных особей). Лечение не давало эффекта, поэтому в течение нескольких месяцев всех телят подвергли вынужденному убою. С 2021 по 2022 г. также заболели животные разного возраста (от нескольких дней до нескольких лет), содержащиеся в других помещениях. У них отмечали отказ от корма, конъюнктивиты, длительную диарею, потерю массы тела. Коровы абортывали на разных стадиях стельности.

Методом ПЦР в образцах патологического материала, отобранного от животных, обнаружили геномы BVDV-3, вируса герпеса 4-го типа и ДНК бактерий *Pasteurella multocida*, *Clostridium* spp. В таблице представлены результаты исследования проб внутренних органов от павших и вынужденно убитых животных и от абортываемых плодов.

В результате *Pestivirus H* обнаружили в широком диапазоне внутренних органов (селезенка, лимфатические узлы, легкие, кишечник, мозг) у животных разных возрастных групп, включая абортываемые плоды.

Анализируя данные эпизоотологии, клинического проявления болезни, патологоанатомического вскрытия и результаты лабораторных исследований, сделан вывод о том, что первичным этиологическим агентом заболевания в хозяйстве являлся *Pestivirus H*. Определена его роль в возникновении абортов, снижении коэффициента плодотворного осеменения, проявлении системной инфекции и энтеритов у телят и взрослых животных, а также болезни слизистых оболочек.

Особенность всех пестивирусов – иммуносупрессивное действие на организм животного, в результате которого повышается



**Рис. 1.** Клинические признаки заболевания, вызванного BVDV3 у телят:

*а* – эрозии на языке; *б* – эрозии на носовом зеркальце

**Fig. 1.** Clinical signs of the disease caused by BVDV3 in calves:

*а* – erosions on the tongue; *б* – erosions on the nasal speculum



**Рис. 2.** Клинические признаки респираторного заболевания у телят:  
*a* – серозные выделения из носа; *б* – ринит и выделение пены из ротовой полости  
**Fig. 2.** Clinical signs of respiratory disease in calves:  
*a* – serous nasal discharge; *b* – rhinitis and foaming from the mouth



**Рис. 3.** Эрозии на слизистой оболочке сычуга теленка  
**Fig. 3.** Erosions on the mucous membrane of the abomasum of a calf

восприимчивость к вторичным инфекциям (см. сноски 2, 3) [2]. В данном хозяйстве течение болезни было осложнено вовлечением в инфекционный процесс вируса герпеса крупного рогатого скота 4-го типа, бактерий семейства Pasteurellaceae и *Clostridium* spp.

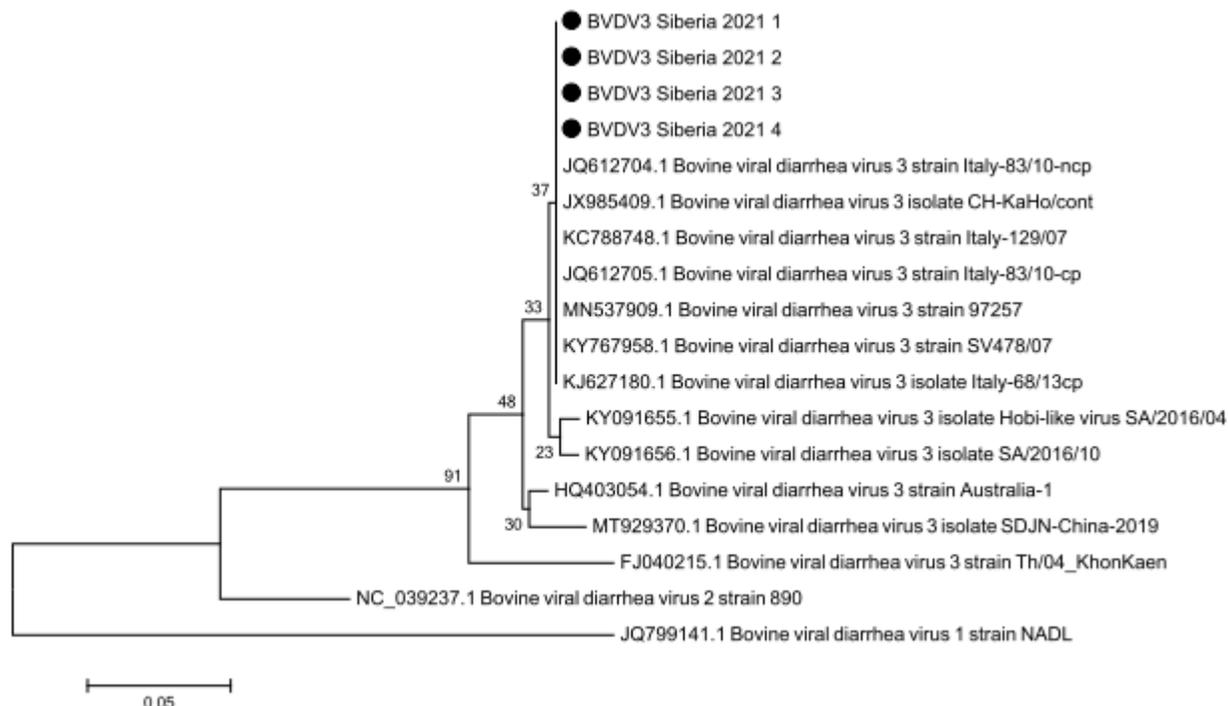
По результатам секвенирования исследуемый штамм BVDV-3 отнесли к субтипу 3а. Филогенетический анализ показал, что наиболее близкородственными ему являются штаммы итало-бразильской группы (см. рис. 4).

Выявление инфекционных агентов во внутренних органах животных при вспышке заболевания  
 Detection of infectious agents in the internal organs of animals during a disease outbreak

Орган	Вирусы		Бактерии	
	<i>Pestivirus H</i>	ВГ-4	<i>P. multocida</i>	<i>Clostridium</i>
<i>Телята и коровы</i>				
Селезенка	+	+	–	+
Лимфатические узлы	+	+	+	+
Легкие	+	+	+	–
Почка	–	+	–	+
Печень	–	–	+	+
Кишечник	+	–	–	+
<i>Абортированные плоды</i>				
Внутренние органы	+	–	–	–
Мозг	+	–	–	–

Примечание: *Pestivirus H* – вирус вирусной диареи 3-го вида (BVDV-3); ВГ-4 – герпесвирус КРС 4-го типа.

Известно, что проявление тяжелого течения болезни слизистых оболочек с летальным исходом у животных возникает в результате мутации циркулирующего в стаде нецитопатогенного варианта вируса в цитопатогенный, который далее суперинфицирует животных-вирусоносителей, создавая



**Рис. 4.** Филогенетическое дерево, построенное на основе нуклеотидной последовательности области генома 5'UTR *Pestivirus H*; матрица генетических расстояний рассчитана методом максимальной эволюции; указаны индексы статистической поддержки узлов; бутстреп-тест рассчитан для 1000 реплик

**Fig. 4.** Phylogenetic tree built on the basis of the nucleotide sequence of the 5'UTR *Pestivirus H* genome region, the genetic distance matrix was calculated by the maximum evolution method; indexes of statistical node support are indicated, bootstrap test is calculated for 1000 replicas

так называемую «вирусную пару»<sup>18</sup>. Другой причиной может стать ввод вирулентного штамма вируса в неиммунное стадо из внешнего источника, в результате которого у инфицированных животных проявляется весь спектр клинических симптомов, описанных в литературе. Что касается исследуемого хозяйства, то в течение последних пяти лет животные из других источников туда не поступали и клинических признаков ВД-БС КРС ранее не регистрировали. Возможно, занос вирулентного штамма BVDV-3 мог быть связан с использованием контаминированной живой вакцины<sup>19</sup> [13]. Ранее мы выявили *Pestivirus H* в образцах импортной эмбриональной сыворотки, которую ис-

пользовали для культивирования клеточных культур. По результатам филогенетических исследований изоляты отнесены к субтипу 3a итало-бразильской группы, как и выявленный в данном исследовании штамм BVDV-3 [13, 14]. В зарубежной литературе имеются аналогичные сообщения о контаминации биологических препаратов этим вирусом (эмбриональная сыворотка, перевиваемые линии культур клеток, вакцины для медицины и ветеринарии, интерфероны, трипсин, биотехнологические препараты, эмбрионы, стволовые клетки, сперма быков-производителей и др.) (см. сноски 12, 15)<sup>20</sup>. Описаны подтвержденные случаи распространения BVDV-3 при массовом применении живых

<sup>18</sup>Goens S.D. The evolution of bovine viral diarrhoea: a review // Canadian Veterinary Journal. 2002. Vol. 43 (12). P. 946–954.

<sup>19</sup>Юров К.П., Аноятбекова А.М., Алексеева С.В. Новый пестивирус-хоби вирус – контаминант вакцин против чумы мелких жвачных // Ветеринария. 2016. № 10. С. 8–11.

<sup>20</sup>Giangaspero M. Pestivirus Species Potential Adventitious Contaminants of Biological Products // Tropical Medicine & Surgery. 2013. Vol. 1. P. 6. DOI: 10.4172/2329-9088.1000153.

вакцин, которые изготовлены с использованием контаминированной эмбриональной сыворотки крови (см. сноску 15) [10]. Итальянские исследователи на основе данных о низкой частоте выявления *Pestivirus H* в Италии и отсутствия его циркуляции в других европейских странах пришли к выводу, что источником возбудителя были именно контаминированные живые вакцины, а не инфицированные животные. Причем, выделенные изоляты BVDV-3 принадлежали к субтипу 3a [15].

В России, как и во всем мире, средства специфической профилактики против BVDV-3 еще не разработаны, а использование контаминированных биологических препаратов может способствовать распространению возбудителя по разным регионам страны. Следовательно, необходим строгий систематический контроль безопасности биологической продукции, выпускаемой для нужд ветеринарии, а также обновление и совершенствование методов диагностики и профилактики пестивирусных инфекций. Распространение данного штамма BVDV-3 в России может иметь значительные экономические последствия для индустрии отечественного животноводства.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описана вспышка вирусной диареи, вызванной вирулентным штаммом *Pestivirus H*, относящимся к субтипу 3a, с проявлением характерных признаков «классической» болезни слизистых оболочек крупного рогатого скота. По данным филогенетического анализа участка последовательности генома 5'-UTR, обнаруженный изолят вируса оказался наиболее близким к штаммам из Италии и Бразилии, большая часть которых ранее выявлена в биологических препаратах для производства вакцин. Учитывая особенности тяжелого течения инфекции, необходимо обновление и совершенствование методов диагностики, оптимизации противоэпидемиологических мероприятий для недопущения распространения вирулентных штаммов BVDV-3 и контроль безопасности используемых вакцин.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Глотов А.Г., Глотова Т.И., Неведченко А.В., Котенева С.В.* Генетический полиморфизм и распространение пестивирусов (Flaviviridae: *Pestivirus*) крупного рогатого скота в мире и в Российской Федерации // Вопросы вирусологии. 2022. № 67 (1). С. 18–26. DOI: 10.36233/0507-4088-96.
2. *Evans C.A., Pinior B., Larska M., Graham D., Schweizer M., Guidarini C., Decaro N., Ridpah J., Gates M.C.* Global knowledge gaps in the prevention and control of bovine viral diarrhoea (BVD) virus // *Transboundary and Emerging Diseases*. 2019. Vol. 66 (2). P. 640–652. DOI: 10.1111/tbed.13068.
3. *Pinior B., Grasia S., Minviel J.J., Raboisson D.* Epidemiological factor sandmitigation measures influencing production losses in cattle due to bovine viral diarrhoea virus infection: A meta-analysis // *Transboundary and Emerging Diseases*. 2019. Vol. 66 (6). P. 2426–2439. DOI: 10.1111/tbed.13300.
4. *Simmonds P., Becher P., Bukh J., Gould E.A., Meyers G., Monath T., Muerhoff S., Pletnev A., Rico-Hesse R., Smith D.B., Stapleton J.T.* ICTV virus taxonomy profile: Flaviviridae // *Journal of General Virology*. 2017. Vol. 98 (1). P. 2–3. DOI: 10.1099/jgv.0.000672.
5. *Moennig V., Becher P.* Control of Bovine Viral Diarrhea // *Pathogens*. 2018. Vol. 7 (1). P. 29–41. DOI: 10.3390/pathogens7010029.
6. *Timurkan M.Ö., Aydın H.* Increased genetic diversity of BVDV strains circulating in Eastern Anatolia, Turkey: first detection of BVDV-3 in Turkey // *Tropical Animal Health and Production*. 2019. Vol. 51. P. 1953–1961. DOI: 10.1007/s11250-019-01901-6.
7. *Decaro N.* HoBi-like pestivirus and reproductive disorders // *Frontiers in Veterinary Science*. 2020. Vol. 7. P. 622447. DOI: 10.3389/fvets.2020.622447.
8. *Riitho V., Strong R., Larska M., Simon P., Graham D., Steinbach F.* Bovine Pestivirus Heterogeneity and Its Potential Impact on Vaccination and Diagnosis Reprinted from // *Viruses*. 2020. Vol. 12. P. 1134. DOI: 10.3390/v12101134.
9. *Hoppe IBAL., Souza-Pollo A., Medeiros ASR., Samara S.I., Carvalho AAB.* HoBi-like pestivirus infection in an outbreak of bovine respiratory disease // *Research in Veterinary Science*. 2019. Vol. 126. P. 184–191. DOI: 10.1016/j.rvsc.2019.09.003.

10. Chen M., Liu M., Liu S., Shang Y. HoBi-like pestivirus infection leads to bovine death and severe respiratory disease in China // *Transboundary and Emerging Diseases*. 2021. Vol. 68 (3). P. 1069–1074. DOI: 10.1111/tbed.13832.
11. Акимова О.А., Южаков А.Г., Корицкая М.А., Иванов Е.В., Дзавадова Г.А., Готов А.Г., Глотова Т.И., Верховский О.А., Алипер Т.И. Выделение и идентификация вируса вирусной диареи крупного рогатого скота 3-го типа в животноводческом хозяйстве Российской Федерации // *Ветеринария*. 2021. № 7. С. 17–22. DOI: 10.30896/0042-4846.2021.24.7.17-22.
12. Нефедченко А.В., Готов А.Г., Котенева С.В., Глотова Т.И. Выявление и количественная оценка вирусных и бактериальных возбудителей респираторных болезней крупного рогатого скота при помощи ПЦР в реальном времени // *Сельскохозяйственная биология*. 2021. № 56 (4). С. 695–706. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.4.695rus.
13. Готов А.Г., Глотова Т.И., Котенева С.В. О контаминации импортируемой фетальной сыворотки крови крупного рогатого скота пестивирусами как факторе распространения вирусной диареи в условиях глобализации: мини-обзор // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. № 2 (53). С. 248–257. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.248.rus.
14. Готов А.Г., Котенева С.В., Глотова Т.И., Южаков А.Г., Максютков Р.А., Забережный А.Д. Идентификация атипичного пестивируса крупного рогатого скота в биологических образцах // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. № 52 (6). С. 1259–1264. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.6.1259rus.
15. Luzzago C., Decaro N. Epidemiology of Bovine Pestiviruses Circulating in Italy // *Frontiers in veterinary science*. 2021. Vol. 8. P. 669942. DOI: 10.3389/fvets.2021.669942.
1. Glotov A.G., Glotova T.I., Nefedchenko A.V., Koteneva S.V. Genetic diversity and distribution of bovine pestiviruses (Flaviviridae: Pestivirus) in the world and in the Russian Federation. *Voprosy virusologii = Problems of Virology*, 2022, vol. 67 (1), pp. 18–26. (In Russian). DOI: 10.36233/0507-4088-96.
2. Evans C.A., Pinior B., Larska M., Graham D., Schweizer M., Guidarini C., Decaro N., Ridpath J., Gates M.C. Global knowledge gaps in the prevention and control of bovine viral diarrhoea (BVD) virus. *Transboundary and Emerging Diseases*, 2019, vol. 66 (2), pp. 640–652. DOI: 10.1111/tbed.13068.
3. Pinior B., Grasia S., Minviel J.J., Raboisson D. Epidemiological factor sandmitigation measures influencing production losses in cattle due to bovine viral diarrhoea virus infection: A meta-analysis. *Transboundary and Emerging Diseases*, 2019, vol. 66 (6), pp. 2426–2439. DOI: 10.1111/tbed.13300.
4. Simmonds P., Becher P., Bukh J., Gould E.A., Meyers G., Monath T., Muerhoff S., Pletnev A., Rico-Hesse R., Smith D.B., Stapleton J.T. ICTV virus taxonomy profile: Flaviviridae. *Journal of General Virology*, 2017, vol. 98 (1), pp. 2–3. DOI: 10.1099/jgv.0.000672.
5. Moennig V., Becher P. Control of Bovine Viral Diarrhea. *Pathogens*, 2018, vol. 7 (1), pp. 29–41. DOI: 10.3390/pathogens7010029.
6. Timurkan M.Ö., Aydın H. Increased genetic diversity of BVDV strains circulating in Eastern Anatolia, Turkey: first detection of BVDV-3 in Turkey, *Tropical Animal Health and Production*, 2019, vol. 51, pp. 1953–1961. DOI: 10.1007/s11250-019-01901-6.
7. Decaro N. HoBi-like pestivirus and reproductive disorders. *Frontiers in Veterinary Science*, 2020, vol. 7, pp. 622447. DOI: 10.3389/fvets.2020.622447.
8. Riitho V., Strong R., Larska M., Simon P., Graham D., Steinbach F. Bovine Pestivirus Heterogeneity and Its Potential Impact on Vaccination and Diagnosis Reprinted from. *Viruses*, 2020, vol. 12, pp. 1134. DOI: 10.3390/v12101134.
9. Hoppe IBAL., Souza-Pollo A., Medeiros ASR., Samara S.I., Carvalho AAB. HoBi-like pestivirus infection in an outbreak of bovine respiratory disease. *Research in Veterinary Science*, 2019, vol. 126, pp. 184–191. DOI: 10.1016/j.rvsc.2019.09.003.
10. Chen M., Liu M., Liu S., Shang Y. HoBi-like pestivirus infection leads to bovine death and severe respiratory disease in China. *Transboundary and Emerging Diseases*, 2021, vol. 68 (3), pp. 1069–1074. DOI: 10.1111/tbed.13832.
11. Akimova O.A., Yuzhakov A.G., Koriczkaya M.A., Ivanov E.V., Dzhavadova G.A., Glotov A.G., Glotova T.I., Verkhovskij O.A., Aliper T.I. Isolation and identification of bovine viral diarrhoea virus type 3 in the live-

## REFERENCES

- stock sector of the Russian Federation. *Veterinariya = Veterinary medicine*, 2021, vol. 7, pp. 17–22. (In Russian). DOI: 10.30896/0042-4846.2021.24.7.17-22.
12. Nefedchenko A.V., Glotov A.G., Koteneva S.V., Glotova T.I. Detection and quantitative assessment of viral and bacterial pathogens in bovine respiratory diseases by real-time PCR. *Sel'skokhozyajstvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2021, vol. 56 (4), pp. 695–706. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2021.4.695rus.
13. Glotov A.G., Glotova T.I., Koteneva S.V. Pestiviruses, which contaminate imported fetal bovine serum, may be a cause of the global spreading of viral diarrhea in cattle: a mini-review. *Sel'skokhozyajstvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2018, vol. 2 (53), pp. 248–257. (In Russian). DOI:10.15389/agrobiology.2018.248.rus.
14. Glotov A.G., Koteneva S.V., Glotova T.I. Yuzhakov A.G., Maksyutov R.A., Zaberezhny A.D. Identification of the bovine atypical pestivirus in biological samples. *Sel'skokhozyajstvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2017, vol. 52 (6), pp. 1259–1264. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2017.6.1259rus.
15. Luzzago C., Decaro N. Epidemiology of Bovine Pestiviruses Circulating in Italy. *Frontiers in veterinary science*, 2021, vol. 8, pp. 669942. DOI: 10.3389/fvets.2021.669942.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Семенова О.В.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; e-mail: k-olga-83@mail.ru

**Котенева С.В.**, кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник; e-mail: koteneva-sv@mail.ru

**Нефедченко А.В.**, доктор ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник; e-mail: nav-vet@mail.ru

**Судоргина Т.Е.**, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник; e-mail: tatjana177@mail.ru

✉ **Глотова Т.И.**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: t-glotova@mail.ru

**Глотов А.Г.**, доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник; e-mail: glotov\_vet@mail.ru

#### AUTHOR INFORMATION

**Olga V. Semenova**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; e-mail: k-olga-83@mail.ru

**Svetlana V. Koteneva**, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Lead Researcher; e-mail: koteneva-sv@mail.ru

**Alexei V. Nefedchenko**, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Lead Researcher; e-mail: nav-vet@mail.ru

**Tatyana E. Sudorgina**, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher; e-mail: tatjana177@mail.ru

✉ **Tatyana I. Glotova**, Doctor of Science in Biology, Head Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk District, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: t-glotova@mail.ru

**Alexander G. Glotov**, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head Researcher; e-mail: glotov\_vet@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 27.02.2023  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 03.04.2023  
Дата публикации / Published 22.05.2023

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ МАРГАНЦА В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

✉ Нарожных К.Н.

*Новосибирский государственный аграрный университет*

Новосибирск, Россия

✉ e-mail: nkn.88@mail.ru

Представлены результаты определения наиболее эффективной модели прогноза уровня марганца в мышечной ткани герефордского скота для прижизненной оценки элементного статуса животных малоинвазивными методами. Эксперимент проведен с помощью гематологического и биохимического исследования крови и атомно-абсорбционного анализа мышечной ткани крупного рогатого скота. Полученные данные использованы для подгонки регрессионной модели методом наименьших квадратов. Для анализа отобраны пробы скелетной мускулатуры массой 100 г с диафрагмальной мышцы от герефордского скота, разводимого в южной части Западной Сибири в условиях промышленного комплекса. Оценка концентрации марганца в тканях осуществляли методом атомно-абсорбционного анализа на спектрометре МГА-1000. Определение содержания эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина проводили на автоматическом гематологическом анализаторе РСЕ-90VET. Уровень протеина, альбуминов, глобулинов, мочевины, мочевой кислоты и холестерина определяли фотометрическими методами на полуавтоматическом биохимическом анализаторе Photometer-5010. Расчет эффектов регрессионных моделей осуществляли методом наименьших квадратов. Селекция лучшей модели по эффективности и точности оценки модели базировалась на комплексной оценке значений внутренних и внешних критериев качества. Между зависимой и независимыми переменными выявлены статистически значимые ассоциации ( $p < 0,05$ ). Внутри пула предикторов отмечена скоррелированность ( $p < 0,05$ ). В результате подгонки моделей получено оптимальное регрессионное уравнение, включающее два показателя (скорость оседания эритроцитов и уровень глобулинов), для прогноза уровня марганца в мышечной ткани крупного рогатого скота. Между главными эффектами модели отсутствуют признаки мультиколлинеарности, что подтверждает значения фактора инфляции дисперсии – 1,2. Полученная модель удовлетворяет необходимым допущениям в отношении остатков. Распределения остатков модели входят в доверительные интервалы кривой нормального распределения. Коэффициент автокорреляции был равен 0,039 ( $p > 0,05$ ), что указывает на независимость остатков. Полученная модель может быть использована для прижизненной оценки концентрации марганца в мышечной ткани крупного рогатого скота.

**Ключевые слова:** марганец, крупный рогатый скот, герефордская порода, прогнозирование, регрессия

## MATHEMATICAL MODELING OF THE MANGANESE LEVEL IN THE MUSCLE TISSUE OF CATTLE

✉ Narozhnykh K.N.

*Novosibirsk State Agrarian University*

Novosibirsk, Russia

✉ e-mail: nkn.88@mail.ru

The results of determining the most effective model for predicting the level of manganese in the muscle tissue of Hereford cattle for in vivo assessment of the elemental status of animals by low invasive methods are presented. The experiment was carried out using hematological and biochemical blood tests and atomic absorption analysis of the muscle tissue of cattle. The data obtained are used to fit the regression model using the least square method. Skeletal muscle samples weighing 100 g from the diaphragm muscle of the Hereford cattle bred in the southern part of Western Siberia in the conditions of industrial complex were taken for analysis. Manganese concentration in tissues was assessed by atomic absorption analysis on an MGA-1000 spectrometer. The content of erythrocytes, leukocytes, and hemoglobin was determined on an automatic hematology analyzer

PCE-90VET. Protein, albumin, globulin, urea, uric acid, and cholesterol levels were determined by photometric methods on a Photometer-5010 semi-automatic biochemical analyzer. The effects of regression models were calculated using the least square method. Selection of the best model for efficiency and accuracy of model estimation was based on a comprehensive assessment of the values of internal and external quality criteria. Statistically significant associations ( $p < 0.05$ ) were found between the dependent and independent variables. Within the pool of predictors, correlation ( $p < 0.05$ ) was observed. As a result of model fitting, an optimal regression equation including two indicators (erythrocyte sedimentation rate and globulin level) for predicting manganese levels in bovine muscle tissue was obtained. There are no signs of multicollinearity between the main effects of the model, which confirms the values of the variance inflation factor - 1.2. The resulting model satisfies the necessary assumptions about the residuals. The distributions of the model residuals fall within the confidence intervals of the normal distribution curve. The autocorrelation coefficient was 0.039 ( $p > 0.05$ ), indicating the independence of the residuals. The resulting model can be used for in vivo assessment of manganese concentration in bovine muscle tissue.

**Keywords:** manganese, cattle, Hereford breed, prediction, regression

**Для цитирования:** Нарожных К.Н. Математическое моделирование уровня марганца в мышечной ткани крупного рогатого скота // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 4. С. 81–92. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-9>

**For citation:** Narozhnykh K.N. Mathematical modelling of the manganese level in the muscle tissue of cattle. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 4, pp. 81–92. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-9>

**Конфликт интересов**

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest**

The author declares no conflict of interest.

**Благодарность**

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-76-00003, <https://rscf.ru/project/22-76-00003/>.

**Acknowledgments**

The study was supported by the Russian Science Foundation Grant No. 22-76-00003, <https://rscf.ru/project/22-76-00003/>.

## ВВЕДЕНИЕ

Марганец – эссенциальный микроэлемент, потребность в котором крупного рогатого скота мясного направления продуктивности составляет 20 мг марганца/кг рациона [1–3]. При дефиците этого элемента отмечаются нарушения углеводного и липидного обмена, задержка роста, дерматиты, дисфункция синтеза костной ткани и репродуктивной системы [4, 5]. Установлено, что основными ферментами, чувствительными к дефициту марганца в рационе, являются гликозилтрансферазы и ксилотилтрансферазы (ферменты, активируемые марганцем и участвующие в синтезе протеогликанов и, следовательно, в формировании костей), а также аргиназа и митохондриальная супероксиддисмутаза (металлоферменты марганца) [6–9]. Снижение фертильности при недостатке марганца возникает вследствие нарушения синтеза холестерина и родствен-

ных ему соединений (эргостерол, эргостерол, стигмастерол и др.), необходимых для синтеза половых гормонов и иных стероидов [10–12]. Восполнение дефицита марганца у жвачных животных может быть достигнуто за счет использования поликомпонентных минеральных кормов [13, 14]. С целью профилактики добавки, содержащие марганец, используются, когда есть только неподтвержденное подозрение на недостаток микроэлемента [15].

Элементный статус связан с происходящими в организме биохимическими процессами [16–18]. Выявление этих закономерностей позволит разработать методы прижизненной оценки уровня микроэлементов в тканях животных. В качестве предикторов и биоиндикаторов уровня марганца могут выступать гематологические и биохимические показатели крови.

Цель исследования – выявить наиболее эффективную модель прогноза уровня мар-

ганца в мышечной ткани герефордского скота, которая позволит прижизненно оценивать элементный статус животных малоинвазивными методами.

Задачи исследования реализованы посредством гематологического и биохимического исследования крови и атомно-абсорбционного анализа мышечной ткани крупного рогатого скота. Полученные данные использованы для подгонки регрессионных моделей методом наименьших квадратов.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Пробы скелетной мускулатуры ( $n = 22$ ) взяты с диафрагмальной мышцы герефордского скота, разводимого на территории юга Западной Сибири. Животные содержались в типовых условиях промышленного комплекса при выполнении ветеринарных и зоотехнических требований (ГОСТ 32855–2014, ГОСТ 26090–84, ГОСТ Р 52254–2004). На момент убоя животные были клинически здоровы. Пробы крови взяты из яремной вены животных и стабилизированы 5%-м цитратом натрия. Анализ проб мышечной ткани выполняли в соответствии с ГОСТ Р 55484–2013 на электротермическом атомно-абсорбционном спектрометре МГА-1000. Уровень гемоглобина, количество эритроцитов и лейкоцитов определяли на гематологическом анализаторе РСЕ-90VET. Биохимический анализ сыворотки крови проводили на биохимическом анализаторе Photometer-5010.

Статистический анализ исходных данных выполнен в среде R. Подгонку моделей выполняли методом наименьших квадратов в соответствии с протоколом разведочного анализа данных [19]. С помощью критерия Шапиро – Уилка проверяли соответствие распределений остатков модели гауссовскому. Расчет коэффициентов корреляции между переменными модели выполняли методом Спирмена. Оценку наличия мультиколлинеарности в параметрах моделей-кандидатов проводили на основании значений коэффициента инфляции дисперсии, а также с помощью визуальной оценки матрицы диаграммы рассеяния. Выявление влиятельных

наблюдений в остатках модели проводили с помощью теста Граббса. Множественные сравнения влиятельных наблюдений в остатках модели проводили с использованием поправки Бонферонни. С помощью теста Дарбина – Уотсона проверяли выполнения условия независимости остатков модели.

Для удобства анализа и описания названия исходных переменных изменены (см. табл. 1).

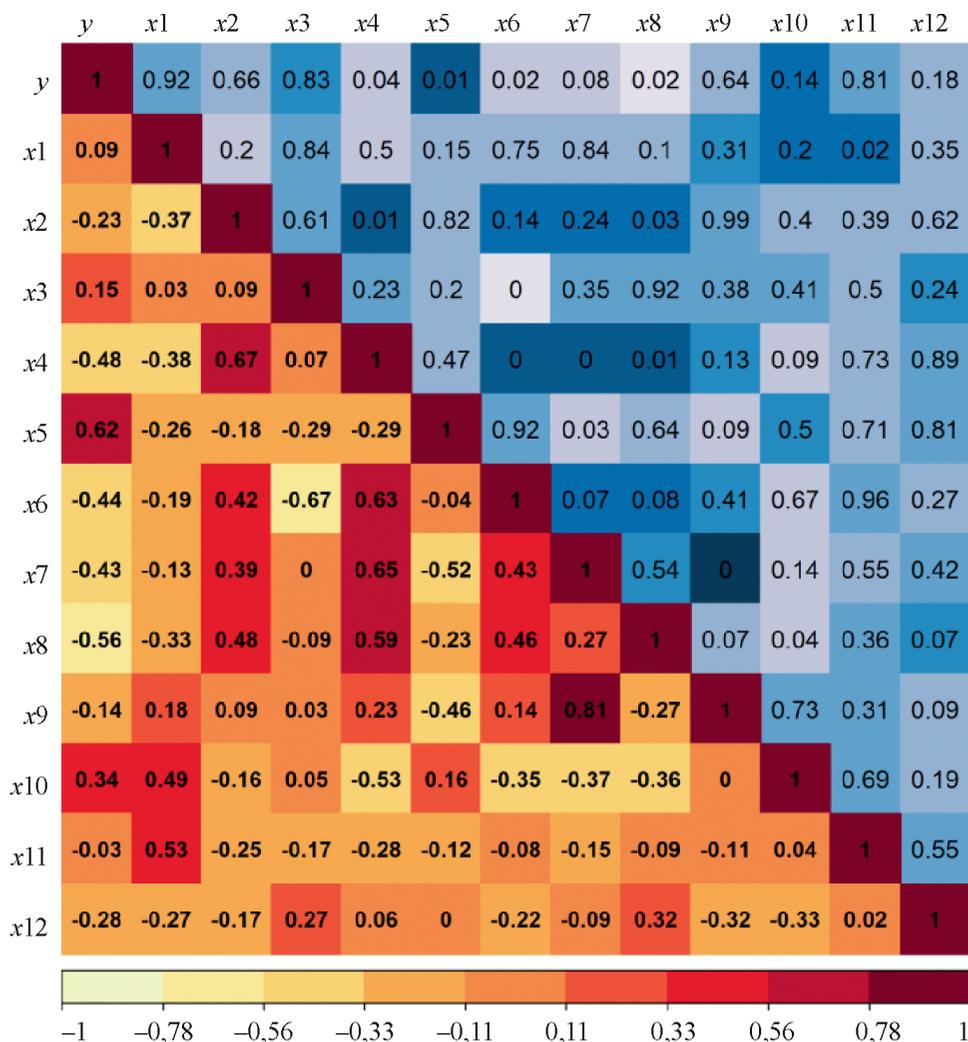
**Табл. 1.** Обозначение и расшифровка для комплекса независимых переменных, используемых для селекции регрессионных моделей  
**Table 1.** Designation and interpretation for the complex of independent variables used for the selection of regression models

Показатель	Единица измерения	Переменная в модели
Уровень Fe в крови	ммоль/л	x1
Лейкоциты	$\times 10^9$ ед.	x2
Эритроциты	$\times 10^{12}$ ед.	x3
Гемоглобин	г/л	x4
СОЭ	мм/ч	x5
Цветовой показатель крови	Соотношение	x6
Протеин	г/л	x7
Альбумин	г/л	x8
Глобулин	г/л	x9
Мочевина	ммоль/л	x10
Мочевая кислота	мкмоль/л	x11
Холестерин	ммоль/л	x12

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для подгонки регрессионных моделей методом наименьших квадратов необходима оценка скоррелированности между предикторами. Так, при выявлении мультиколлинеарности между параметрами модели значения коэффициентов будут неустойчивыми, кроме того, анализ вклада каждого из эффектов в дисперсию зависимой переменной будет затруднен. Поэтому для оценки ассоциаций между переменными были рассчитаны коэффициенты корреляции Спирмена (см. рис. 1) и построены диаграммы рассеяния (см. рис. 2).

Между зависимой и независимыми переменными выявлены 4 статистически значимые корреляции с гемоглобином, цветовым



**Рис. 1.** Корреляционная матрица (на красном фоне значения коэффициентов корреляции, на синем – их уровней значимости)

**Fig. 1.** Correlation matrix (on the red background are the values of the correlation coefficients, on the blue background are their significance levels)

показателем крови, альбумином и СОЭ. В свою очередь, концентрация гемоглобина ассоциирована со значениями альбуминов и цветового показателя крови, только уровень СОЭ не связан с этими признаками. При селекции моделей необходимо отобрать такой комплекс предикторов, который позволит рассчитать наиболее эффективную и компактную модель, чтобы ее параметры не дублировали влияние друг друга на дисперсию зависимой переменной.

Отбор моделей-кандидатов был основан на оценках внутренних критериев качества – информационного критерия Акаике (AIC), скорректированного коэффициента детерми-

нации ( $R^2_{adj}$ ), критерия Мэллоу ( $C_p$ ) и байесовского информационного критерия (BIC). На основании оценок первых двух критериев качества построена модель с 4 предикторами (см. табл. 2). По оценкам последних двух критериев получена более компактная модель с двумя предикторами (см. рис. 3).

Оценка полученных моделей и их эффектов представлены в табл. 3 и 4. Несмотря на то, что оценка стандартного отклонения остатков была незначительно ниже у модели с 4 предикторами, статистически значимым был только один коэффициент (x9), хотя значение F-статистики было ниже критического, что позволяет отклонить гипо-

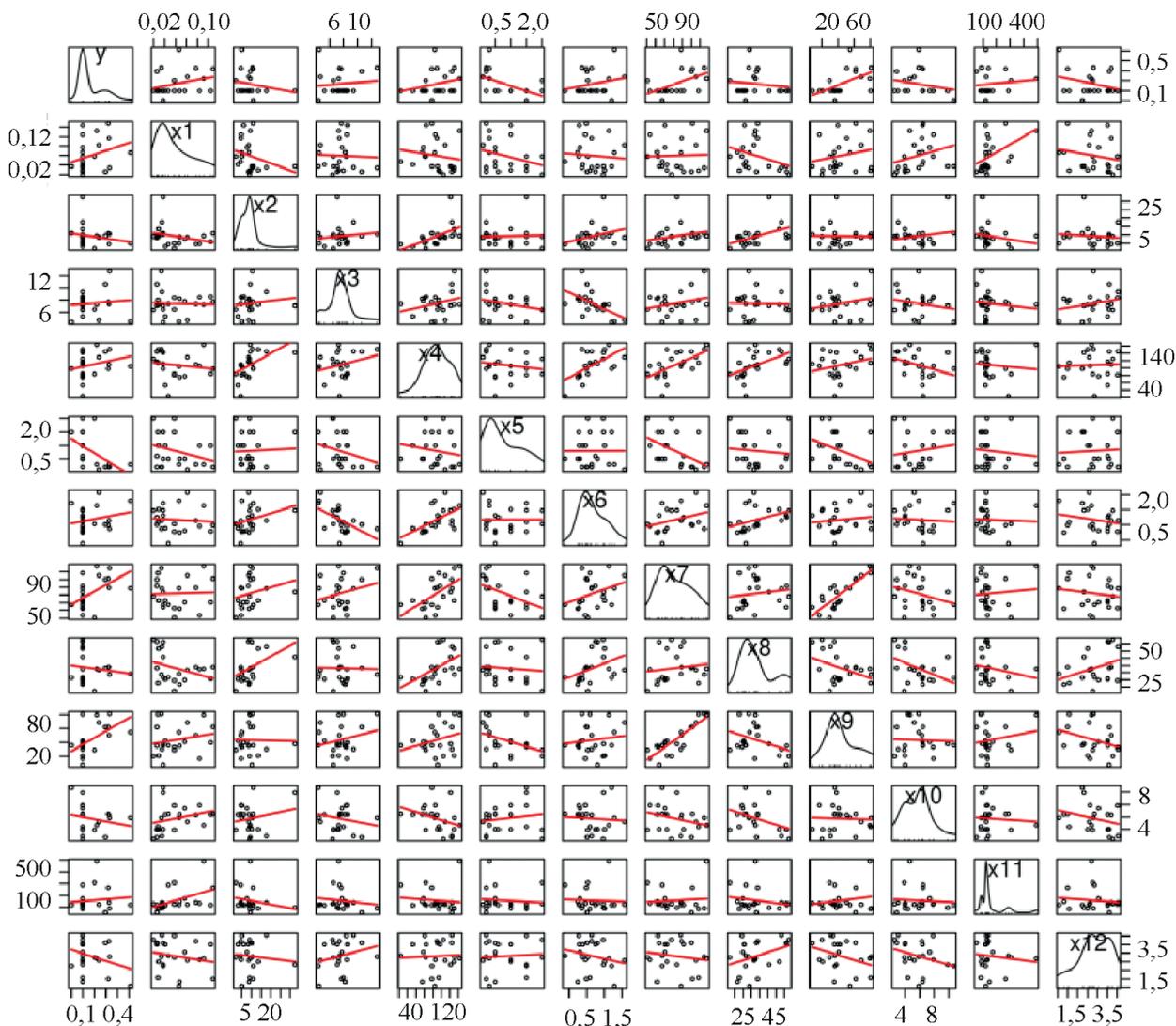


Рис. 2. Матрица диаграмм рассеяния параметров регрессионных моделей

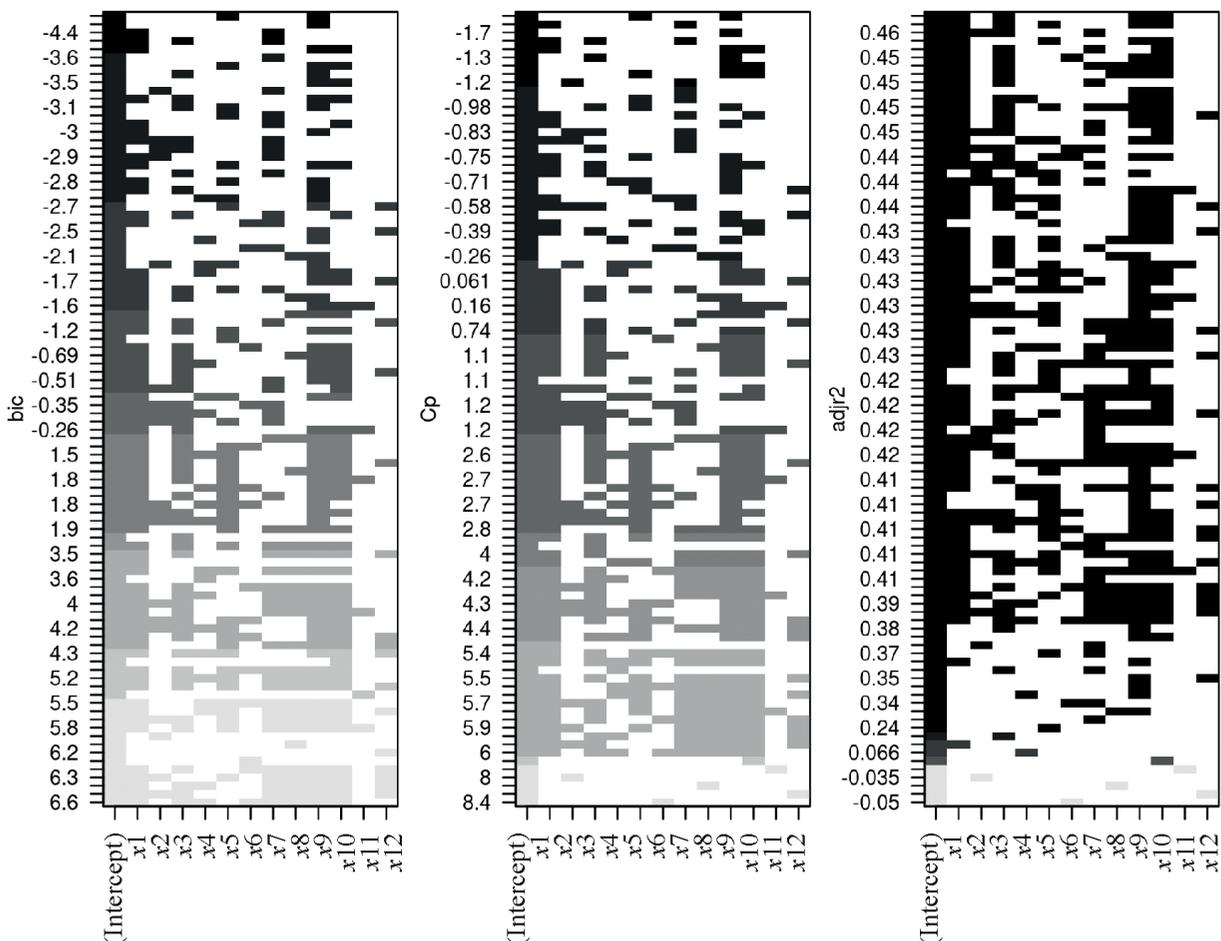
Fig. 2. Matrix of scatterplots of regression models parameters

Табл. 2. Внутренние критерии оценки качества моделей-кандидатов прогноза уровня марганца в мышечной ткани, мг/кг

Table 2. Internal criteria for assessing the quality of candidate models for predicting the level of manganese in muscle tissue, mg/kg

Формула модели	df	p	SSE	MSE	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	AIC	BIC
$y \sim 1 + x_1 + x_3 + x_9 + x_{10}$	17	4	0,079	0,005	0,573	0,472	-49,358	-37,242
$y \sim 1 + x_5 + x_9$	19	2	0,097	0,005	0,478	0,423	-48,932	-38,998

Здесь и далее: SSE – ошибка суммы квадратов; MSE – средняя квадратная ошибка; R<sup>2</sup> – коэффициент детерминации; R<sup>2</sup><sub>adj</sub> – скорректированный коэффициент детерминации (СКД); AIC – информационный критерий Акаике; BIC – байесовский информационный критерий.



**Рис. 3.** Ранжирование моделей (слева направо) по BIC, критерию Мэллоу и  $R^2_{adj}$

**Fig. 3.** Ranking of models (from left to right) according to the BIC, the Mallow criterion and  $R^2_{adj}$

тезу о равенстве всех коэффициентов нулю (см. табл. 3). В свою очередь, у модели с двумя независимыми переменными значение  $F$ -статистики было выше, что привело к улучшению значения уровня значимости в 2 раза по сравнению с предыдущей моделью (см. табл. 4).

Расчет фактора инфляции дисперсии для полной модели и моделей-кандидатов представлен в табл. 5. Очевидно, что у моделей-претендентов отсутствует мультиколлинерность между предикторами в отличие от полной модели, где более половины коэффициентов сильно скоррелированы.

Выбор лучшей модели выполнялся на основании данных внешнего критерия качества регрессионных моделей – кросс-валидации. Визуализация кросс-валидации с разбиением исходной выборки на 3 блока представлена на рис. 4. На левом графике

видно, что одна из регрессионных линий значительно отклоняется от общего тренда, в отличие от модели с двумя предикторами (справа).

Качество прогноза моделей-кандидатов можно оценить с помощью несмещенного значения коэффициента детерминации и среднего квадрата для каждой из моделей кандидатов (см. табл. 6). Полученные данные указывают на значительное превосходство компактной модели, так как она дает значительно более точный прогноз и объясняет дисперсию уровня марганца в мышечной ткани почти в 3 раза лучше по сравнению с ближайшей конкурирующей моделью.

Таким образом, в результате селекции можно сделать вывод, что лучшая модель для прогноза уровня марганца в мышечной ткани скота содержит два предиктора ( $x_5$  и  $x_9$ ).

**Табл. 3.** Параметры оценки коэффициентов модели-претендента прогноза уровня марганца в мышечной ткани от показателей крови, мг/кг

**Table 3.** Parameters for estimating the coefficients of the candidate model for predicting the level of manganese in the muscle tissue from blood parameters, mg/kg

Обозначение коэффициентов	Оценки коэффициентов	Стандартные ошибки коэффициентов	t-статистика	$p_t$
Integer <sup>1</sup>	0,090	0,084	1,115	0,280
x1	0,889	0,463	1,919	0,072
x3	0,011	0,009	1,323	0,203
x9	0,002	0,001	2,759	0,013
x10	-0,013	0,007	-1,738	0,100

Примечание. RSE = 0,068, F-statistic = 5,7,  $p = 0,004$ .

<sup>1</sup>Свободный член уравнения.

**Табл. 4.** Параметры оценки коэффициентов модели-претендента прогноза уровня марганца в мышечной ткани от показателей крови, мг/кг

**Table 4.** Parameters for estimating the coefficients of the candidate model for predicting the level of manganese in the muscle tissue from blood parameters, mg/kg

Обозначение коэффициентов	Оценки коэффициентов	Стандартные ошибки коэффициентов	t-статистика	$p_t$
Integer <sup>1</sup>	0,200	0,050	3,983	0,001
x5	-0,052	0,028	-1,873	0,077
x9	0,002	0,001	2,711	0,014

Примечание. RSE = 0,71, F-statistic = 8,7,  $p = 0,002$ .

<sup>1</sup>Свободный член уравнения.

**Табл. 5.** Значения фактора инфляции дисперсии для коэффициентов регрессионных моделей оценки уровня марганца в мышечной ткани

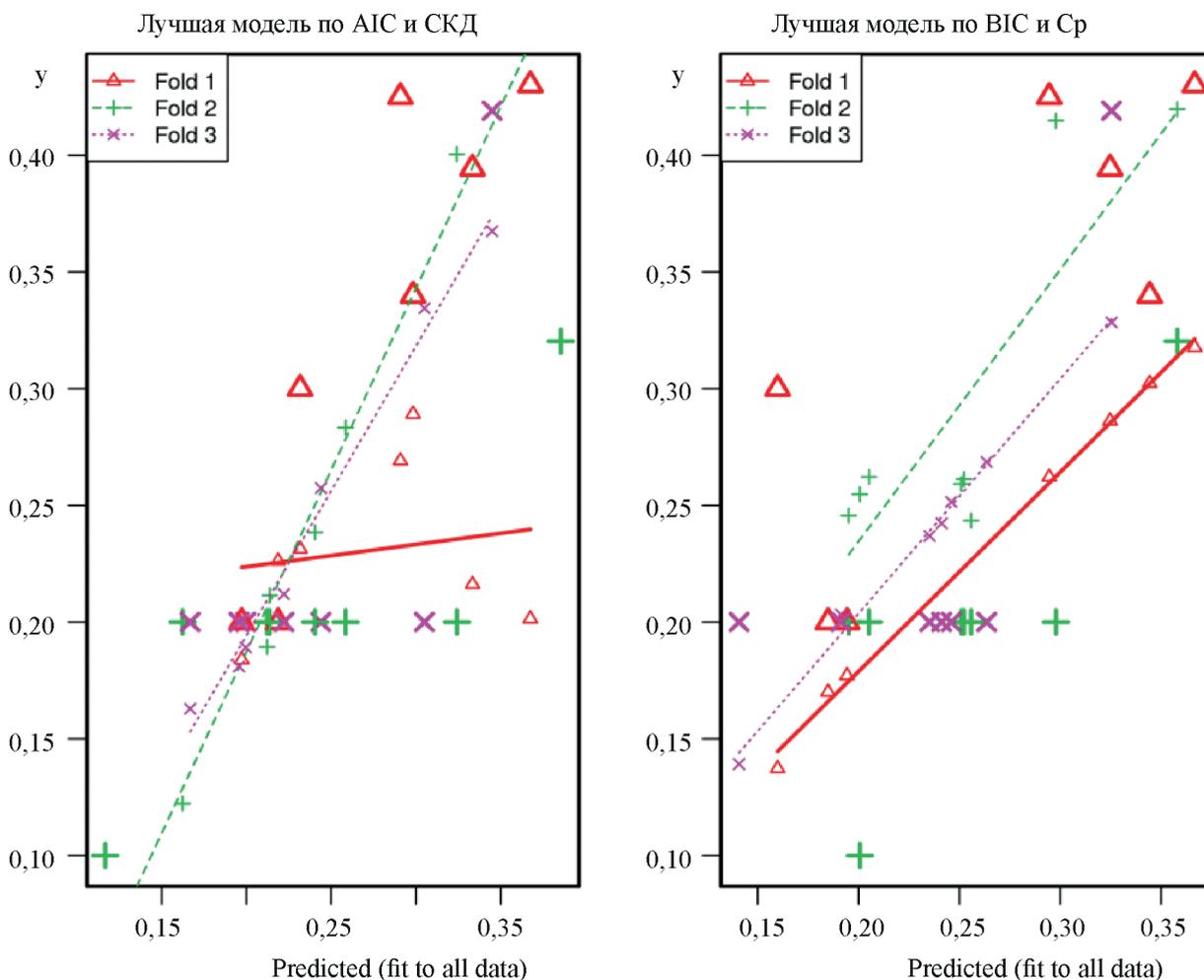
**Table 5.** Values of the dispersion inflation factor for the coefficients of regression models for estimating the level of manganese in the muscle tissue

Предиктор	Полная модель	$y \sim x1 + x3 + x9 + x10$	$y \sim x3 + x5$
x1	2,1	1,1	–
x2	4,2	–	–
x3	24	1,1	1,2
x4	33,8	–	–
x5	2,3	–	1,2
x6	33,3	–	–
x7	595,9	–	–
x8	162,6	–	–
x9	658,6	1,2	–
x10	3,3	1,1	–
x11	1,8	–	–
x12	1,8	–	–

Чтобы считать выбранную модель достаточно эффективной для прогнозирования, необходимо проверить допущения в отношении ее остатков. Формальные тесты Андерсона – Дарлинга ( $A = 0,5; p = 0,2$ ) и Шапиро – Уилка ( $W = 0,9; p = 0,2$ ) свидетельствуют о соответствии распределения остатков нормальному. Визуализация значений плотности вероятности остатков находится в пределах доверительного интервала для кривой нормального распределения (см. рис. 5).

График квантилей стандартизированных остатков и теоретически ожидаемых квантилей также показывает, что их значения распределены нормально (см. рис. 6, левый верхний график).

Левый верхний и нижний графики указывают на относительную однородность дисперсий остатков (см. рис. 6). Выявление потенциально влиятельных наблюдений с помощью расстояния Кука показано на нижнем правом графике рис. 6. Отображены порядковые номера трех наблюдений с



**Рис. 4.** Визуализация моделей-претендентов методом кросс-валидации с разбиением на 3 блока  
**Fig. 4.** Visualization of candidate models for assessing by the cross-validation method divided into 3 blocks

**Табл. 6.** Кросс-валидация оценок регрессионных моделей прогноза уровня марганца в мышечной ткани

**Table 6.** Cross-validation of estimates of regression models for predicting the level of manganese in the muscle tissue

Формула модели	SSE	df	MS	R <sup>2</sup>	Кросс-валидация R <sup>2</sup>
$y \sim 1 + x_5 + x_9$	0,2200	22	0,00996	0,478	0,227
$y \sim 1 + x_1 + x_3 + x_9 + x_{10}$	0,2242	22	0,01019	0,573	0,0826

высоким потенциалом воздействия. Однако визуально на предыдущих графиках рис. 6 эти варианты согласуются с моделью. Формальная проверка наиболее влиятельного наблюдения на соответствие совокупности проводилась с учетом поправки Бонферрони. Так, в отобранной модели максимальное значение студентизированного остатка со-

ставляло 2,52 и соответствовало скорректированному уровню значимости – 0,47. Полученные результаты свидетельствуют о том, что данное максимальное значение не отличается от других наблюдений в совокупности. Для проверки гипотезы о независимости остатков рассчитано значение коэффициента автокорреляции – 0,039 ( $p = 0,32$ ),

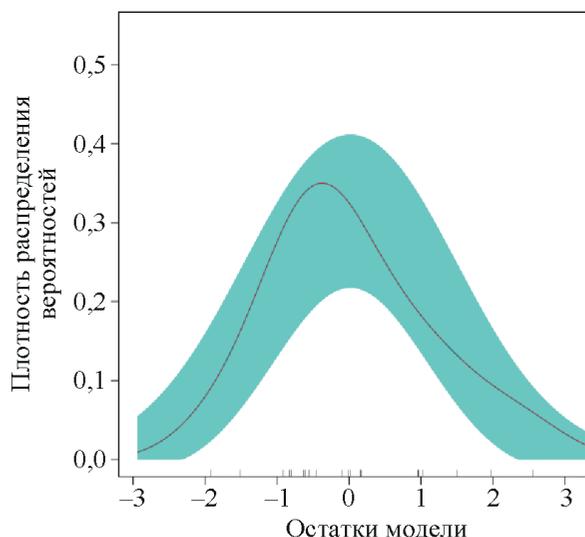
что подтверждает нулевую гипотезу о независимости остатков модели.

Таким образом, для прогноза уровня марганца в мышечной ткани герефордского скота необходимо установить концентрацию глобулина и скорость оседания эритроцитов и на основании полученных данных построить уравнение регрессии

$$y = 0,2 - 0,052 \times \text{СОЭ} + 0,002 \times \Gamma,$$

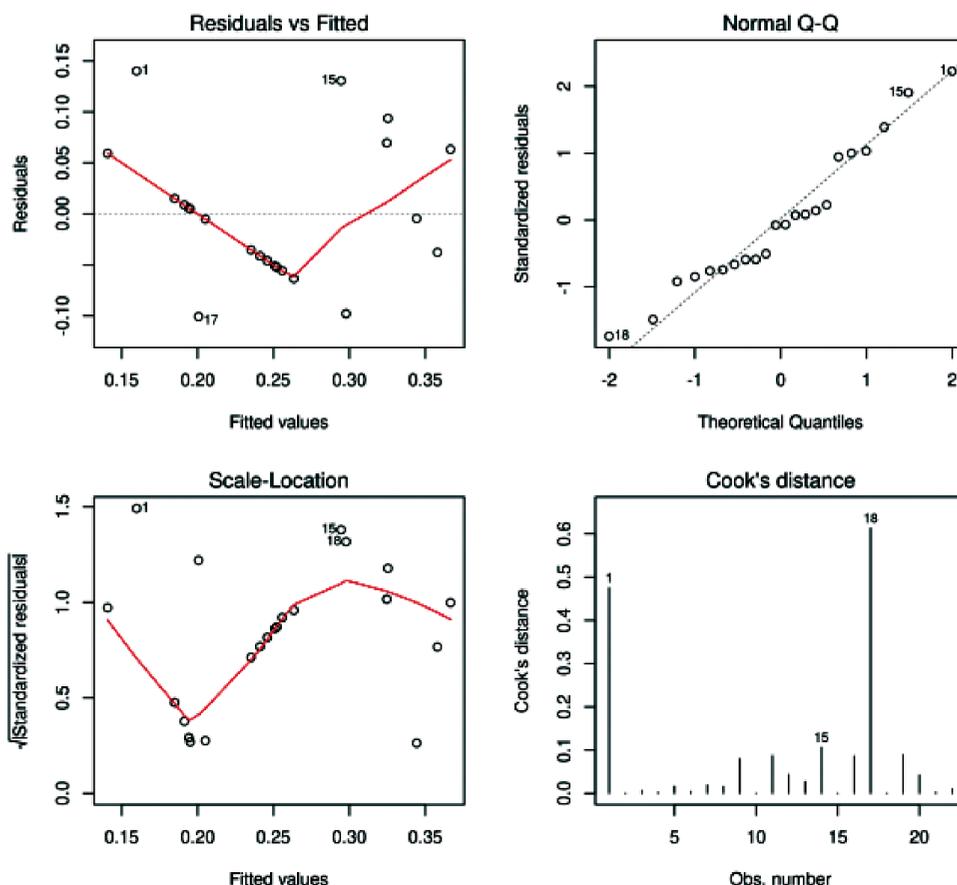
где  $y$  – концентрация марганца в мышечной ткани (мг/кг); СОЭ – скорость оседания эритроцитов (мм/ч);  $\Gamma$  – уровень глобулина (г/л).

Несмотря на то, что полученные результаты показали достаточный уровень статистической значимости модели и ее коэффициентов, а также отсутствие выбросов, данная модель нуждается в обучении на новых



**Рис. 5.** Распределение остатков регрессионной модели оценки уровня марганца в мышечной ткани, мг/кг

**Fig. 5.** Residual distribution of the regression model for estimating the level of manganese in the muscle tissue, mg/kg



**Рис. 6.** Слева направо: остатки в зависимости от отклика, график квантилей, квадратный корень стандартизованных остатков в зависимости от отклика и дистанций Кука

**Fig. 6.** From left to right: residuals versus response, quantile plot, square root of standardized residuals versus response, and Cook's distances

данных, так как с имеющейся точностью прогноз уровня марганца в мышечной ткани будет иметь широкие доверительные интервалы. Поэтому необходимы дополнительные данные для улучшения модели.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученная модель может быть использована для прижизненной оценки уровня марганца в мышечной ткани герефордского скота. Полученные данные могут быть использованы с целью экологического мониторинга элементной нагрузки на животных. Применение данного метода позволит своевременно выявлять дисбаланс Mn в мышечной ткани и с помощью изменения рационов снижать или увеличивать концентрацию данного металла. Необходимо проводить дальнейшее обучение модели, найти более широкий комплекс предикторов для повышения точности оценок зависимой переменной.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. National Research Council. Mineral tolerance of animals. Washington DC: National Academy Press. 2005. 469 p.
2. 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.
3. Scher D.P., Goeden H.M., Klos K.S. Potential for manganese-induced neurologic harm to formula-fed infants: a risk assessment of total oral exposure // Environmental health perspectives. 2021. Vol. 129. N 4. P. 047011.
4. Stephenson E.L., Rathert A.R., Tucker H., Meyer A.M. 70 Effects of copper, zinc, and manganese intake in late gestation on milk, cow plasma, and calf plasma trace mineral concentrations post-calving in beef cattle // Journal of Animal Science. 2019. Vol. 97. № 2. P. 45.
5. Kropyvka Y.H., Bomko V.S. Influence of feeding of mixed-ligande complexes of zinc, manganese and cobalt on cow productivity, feed digestibility and nitrogen metabolism in the last period of lactation // Feeds and Feed Production. 2020. Vol. 90. P. 179–190.
6. Davy J.S., Forero L.C., Shapero M.W., Rao D.R., Becchetti T.A., Koopman Rivers, Stackhouse J.W.C., DeAtley K.L., McNabb B.R. Mineral status of California beef cattle // Translational Animal Science. 2019. Vol. 3. N 1. P. 66–73.
7. Palomares R.A. Trace Minerals Supplementation with Great Impact on Beef Cattle Immunity and Health // Animals. 2022. Vol. 12. N 20. P. 2839.
8. Alfaro G.F., Novak T.E., Rodning S.P., Moisa S.J. Preconditioning beef cattle for long-duration transportation stress with rumen-protected methionine supplementation: A nutrigenetics study // PloS one. 2020. Vol. 15. N 7. P. E0235481.
9. Batra J., Aggarwal J., Pasha E.H., Singh R.S. A Review of the Role of Zinc, Manganese, and Copper in the Metabolic Processes That Take Place in the Rumen and in Immune Function // International Journal of Food and Nutritional Sciences. 2022. Vol. 11. N 4. P. 92–110.
10. Gorski K., Saba L. Assessment of manganese levels in the soil and feeds, and in the bodies of milk cows from central-eastern Poland administered a mineral compound feed // Acta Scientiae Veterinariae. 2015. Vol. 43. N 1. P. 1.
11. Hansen S.L., Spears J.W., Lloyd K.E., Whisnant C.S. Growth, reproductive performance, and manganese status of heifers fed varying concentrations of manganese // Journal of animal science. 2006. Vol. 84. N 12. P. 3375–3380.
12. Studer J.M., Schweer W.P., Gabler N.K., Ross J.W. Functions of manganese in reproduction // Animal Reproduction Science. 2022. P. 106924.
13. Krajnicakova M., Kovac G., Kostecky M., Valocky I., Maracek I., Sutiakova I., Lenhardt L. Selected clinicobiochemical parameters in the puerperal period of goats // Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy. 2003. Vol. 47. N 1. P. 177–182.
14. Spears J.W. Boron, chromium, manganese, and nickel in agricultural animal production // Biological trace element research. 2019. Vol. 188. N 1. P. 35–44.
15. National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Washington DC: National Academy Press, 2001. 401 p.
16. Sebezshko O., Korotkevich O., Konovalova T., Biryula I., Petukhov V., Kamaldinov E., Narozhnykh K., Nezavitin A.G., Dementyev V.N., Nazarenko A.V., Osadchuk L. Biochemical and min-

- eral parameters in pigs of two breeds reared in large industrial complexes of Western Siberia // *Journal of Agricultural, Food, and Environmental Sciences*. 2017. Vol. 71. N 1. P. 186–190.
17. Konovalova T.V., Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Narozhnykh K.N., Nazarenko A.V., Kamaldinov E.V., Andreeva V.A., Petukhov V.L., Popovski Z.T. Correlations of some biochemical and hematological, parameters with polymorphisms in as1-casein and  $\beta$ -lactoglobulin genes in Romanov sheep breed // *Proceedings of the International Symposium on Animal Science*. 2018. P. 47.
  18. Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Chysyma R.B., Kuzmina E.E., Shishin N.I., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Marenkov V.G., Zheltikov A.I., Nezavitin A.G., Osadchuk L.V. 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.
  19. Zuur A.F., Ieno E.N., Elphick C.S. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems // *Methods in ecology and evolution*. 2010. Vol. 1. N 1. P. 3–14.
- ## REFERENCES
1. *National Research Council. Mineral tolerance of animals*. Washington DC: National Academy Press, 2005, 469 p.
  2. 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.
  3. Scher D.P., Goeden H.M., Klos K.S. Potential for manganese-induced neurologic harm to formula-fed infants: a risk assessment of total oral exposure. *Environmental health perspectives*, 2021, vol. 129, no. 4, pp. 047011.
  4. Stephenson E.L., Rathert A.R., Tucker H., Meyer A.M. 70 Effects of copper, zinc, and manganese intake in late gestation on milk, cow plasma, and calf plasma trace mineral concentrations post-calving in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 2019, vol. 97, no. 2, pp. 45.
  5. Kropyvka Y.H., Bomko V.S. Influence of feeding of mixed-ligande complexes of zinc, manganese and cobalt on cow productivity, feed digestibility and nitrogen metabolism in the last period of lactation. *Feeds and Feed Production*, 2020, vol. 90, pp. 179–190.
  6. Davy J.S., Forero L.C., Shapero M.W., Rao D.R., Becchetti T.A., Koopman Rivers, Stackhouse J.W.C., DeAtley K.L., McNabb B.R. Mineral status of California beef cattle. *Translational Animal Science*. 2019, vol. 3, no. 1, pp. 66–73.
  7. Palomares R.A. Trace Minerals Supplementation with Great Impact on Beef Cattle Immunity and Health. *Animals*, 2022, vol. 12, no. 20, pp. 2839.
  8. Alfaro G.F., Novak T.E., Rodning S.P., Moisa S.J. Preconditioning beef cattle for long-duration transportation stress with rumen-protected methionine supplementation: A nutrigenetics study. *PloS one*, 2020, vol. 15, no. 7, p. e0235481.
  9. Batra J., Aggarwal J., Pasha E.H., Singh R.S. A Review of the Role of Zinc, Manganese, and Copper in the Metabolic Processes That Take Place in the Rumen and in Immune Function. *International Journal of Food and Nutritional Sciences*, 2022, vol. 11, no. 4, pp. 92–110.
  10. Gorski K., Saba L. Assessment of manganese levels in the soil and feeds, and in the bodies of milk cows from central-eastern Poland administered a mineral compound feed. *Acta Scientiae Veterinariae*, 2015, vol. 43, no. 1, p. 1.
  11. Hansen S.L., Spears J.W., Lloyd K.E., Whisnant C.S. Growth, reproductive performance, and manganese status of heifers fed varying concentrations of manganese. *Journal of animal science*, 2006, vol. 84, no. 12, pp. 3375–3380.
  12. Studer J.M., Schweer W.P., Gabler N.K., Ross J.W. Functions of manganese in reproduction. *Animal Reproduction Science*, 2022, p. 106924.
  13. Krajnicakova M., Kovac G., Kostecky M., Valocky I., Maracek I., Sutiakova I., Lenhardt L. Selected clinicobiochemical parameters in the puerperal period of goats. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 2003, vol. 47, no. 1, pp. 177–182.
  14. Spears J.W. Boron, chromium, manganese, and nickel in agricultural animal production. *Biological trace element research*, 2019, vol. 188, no. 1, pp. 35–44.
  15. *National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Washington DC, National Academy Press, 2001, 401 p.

16. Sebezhko O., Korotkevich O., Konovalova T., Biryula I., Petukhov V., Kamaldinov E., Narozhnykh K., Nezavitin A.G., Dementyev V.N., Nazarenko A.V., Osadchuk L. Biochemical and mineral parameters in pigs of two breeds reared in large industrial complexes of Western Siberia. *Journal of Agricultural, Food, and Environmental Sciences*, 2017, vol. 71, no. 1, pp. 186–190.
17. Konovalova T.V., Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Narozhnykh K.N., Nazarenko A.V., Kamaldinov E.V., Andreeva V.A., Petukhov V.L., Popovski Z.T. Correlations of some biochemical and hematological, parameters with polymorphisms in as1-casein and  $\beta$ -lactoglobulin genes in Romanov sheep breed. *Proceedings of the International Symposium on Animal Science*, 2018, p. 47.
18. Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Chysyma R.B., Kuzmina E.E., Shishin N.I., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Marenkov V.G., Zheltikov A.I., Nezavitin A.G., Osadchuk L.V. 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.
19. Zuur A.F., Ieno E.N., Elphick C.S. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in ecology and evolution*, 2010, vol. 1, no. 1, pp. 3–14.

#### 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, Laboratory Head; **address:** 160, Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russia; e-mail: nkn.88@mail.ru

*Дата поступления статьи / Received by the editors 20.01.2023*  
*Дата принятия к публикации / Accepted for publication 28.02.2023*  
*Дата публикации / Published 22.05.2023*

## БИОРАЗНООБРАЗИЕ СВИНЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА D-ПЕТЛИ мтДНК

✉ Колосова М.А.<sup>1</sup>, Гетманцева Л.В.<sup>2</sup>, Бакоев Н.Ф.<sup>3</sup>, Костюнина О.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Донской государственный аграрный университет

Ростовская область, п. Персиановский, Россия

<sup>2</sup>Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью Федерального медико-биологического агентства Российской Федерации  
Москва, Россия

<sup>3</sup>Федеральный исследовательский центр животноводства им. академика Л.К. Эрнста  
Московская область, ГО Подольск, п. Дубровицы, Россия

✉ e-mail: m.leonovaa@mail.ru

Полиморфизм митохондриальной ДНК, представляющий собой один из наиболее распространенных генетических маркеров, активно применяется при изучении различных видов животных. Так как в пределах того или иного вида митохондриальный геном развивался на протяжении многих лет, это повлияло на фиксацию мутаций и образование митохондриальных линий, имеющих общее происхождение и формирующих митохондриальные геномы, называемые гаплогруппами мтДНК. Целями работы являлись оценка генетического разнообразия свиней двух материнских пород отечественной репродукции на основании анализа полиморфизма D-петли мтДНК, а также сравнение полученных результатов с идентичными последовательностями из базы данных NCBI в разрезе пород и их географического распространения. Были изучены 39 свиней породы ландрас и 49 – крупной белой породы. Митохондриальную ДНК выделяли из образцов тканей (ушной выщип). Для оценки генетического разнообразия определяли количество гаплотипов, гаплотипическое и нуклеотидное разнообразие, среднее число замен нуклеотидов на сайт. Обнаружено 23 полиморфных участка: 21 – у свиней породы ландрас, 17 – у представителей породы крупная белая. Всего в исследуемой популяции выявлено десять гаплотипов. В базе данных NCBI найдено 75 идентичных последовательностей, характерных для свиней различных пород, разводимых в разных странах мира. После определения нуклеотидных последовательностей фрагмента D-петли мтДНК свиней пород ландрас и крупная белая отечественной репродукции и их сравнения с последовательностями из базы данных NCBI было установлено наличие идентичных последовательностей у изучаемых нами животных и представителей европейских и азиатских пород, в том числе коммерческих и локальных. Полученные материалы показывают, что оценка полиморфизма мтДНК способствует идентификации филогенетических связей между популяциями, отслеживанию пороодообразовательных процессов и может быть рассмотрена как дополнительный критерий селекционно-племенной работы.

**Ключевые слова:** генетические маркеры, генетика, свиньи, мтДНК

## BIODIVERSITY OF PIGS OF VARIOUS BREEDS BASED ON THE ANALYSIS OF mtDNA D-LOOP

✉ Kolosova M.A.<sup>1</sup>, Getmantseva L.V.<sup>2</sup>, Bakoev N.F.<sup>3</sup>, Kostyunina O.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Don State Agrarian University

Persianovsky settlement, Rostov region, Russia

<sup>2</sup>Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks of the Federal Medical Biological Agency of the Russian Federation  
Moscow, Russia

<sup>3</sup>L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry  
Dubrovitsy settlement, Podol'sk, Moscow region, Russia

✉ e-mail: m.leonovaa@mail.ru

Mitochondrial DNA polymorphism, which is one of the most common genetic markers, is actively used in the study of various animal species. Since the mitochondrial genome has evolved over many years within a species, this has influenced the fixation of mutations and the formation of

mitochondrial lineages that share a common origin and form mitochondrial genomes, called mtDNA haplogroups. The objectives of the work were to evaluate the genetic diversity of pigs of two maternal breeds of domestic reproduction based on the analysis of mtDNA D-loop polymorphism and to compare the results obtained with identical sequences from the NCBI database by breed and their geographic distribution. 39 Landrace pigs and 49 Large White pigs were used for the study. MtDNA was isolated from tissue samples (ear notch). The number of haplotypes, haplotypic and nucleotide diversity, and the average number of nucleotide substitutions per site were determined to assess the genetic diversity. 23 polymorphic sites were found: 21 in Landrace pigs, 17 in Large White pigs. A total of ten haplotypes were identified in the study population. The NCBI database found 75 identical sequences for pigs of different breeds bred around the world. After determining the nucleotide sequences of the D-loop fragment of the mtDNA of Landrace and Large White pigs of domestic reproduction and comparing them with the sequences from the NCBI database, the presence of identical sequences in the animals we studied and in the representatives of European and Asian breeds, including commercial and local was established. The materials obtained show that the assessment of mtDNA polymorphism contributes to the identification of phylogenetic relationships between populations, tracing of pedigree processes, and can be considered as an additional criterion of selection and breeding work.

**Keywords:** genetic markers, genetics, pigs, mtDNA

**Для цитирования:** Колосова М.А., Гетманцева Л.В., Бакоев Н.Ф., Костюнина О.В. Биоразнообразие свиней различных пород на основе анализа D-петли мтДНК // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 4. С. 93–100. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-10>

**For citation:** Kolosova M.A., Getmantseva L.V., Bakoev N.F., Kostyunina O.V. Biodiversity of pigs of various breeds based on the analysis of mtDNA D-loop. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 4, pp. 93–100. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-10>

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

**Благодарность**

Исследования выполнены за счет средств государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Acknowledgements**

The research was carried out at the expense of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

## ВВЕДЕНИЕ

Полиморфизм митохондриальной ДНК (мтДНК) как один из наиболее распространенных генетических маркеров широко используется при изучении разных видов животных. Это обусловлено материнским характером наследования и высокой частотой встречаемости мутационных процессов. Митохондриальная ДНК относится к цитоплазматической наследственности и не подвержена рекомбинации. В рамках того или иного вида митохондриальный геном раз-

вивался на протяжении многих лет, что повлияло на фиксацию мутаций и образование различных митохондриальных линий, имеющих общее происхождение и формирующих митохондриальные геномы, называемые гаплогруппами мтДНК. Гаплотипы мтДНК не только наделяют организм достоинствами и недостатками<sup>1, 2</sup> (например, влияют на рост и физическую работоспособность животных, адаптацию к теплоте и холодному климату, подвижность сперматозоидов), но и определяют такие важные с экономи-

<sup>1</sup>Alves P.C., Pinheiro I., Godinho R., Vicente J., Gortazar C., Scandura M. Genetic diversity of wild boar populations and domestic pig breeds (*Sus scrofa*) in South-Western Europe // *Biological Journal of the Linnean Society*. 2010. Vol. 101. N 4. P. 797–822.

<sup>2</sup>Alves E., Ovilto C., Rodriguez M.C., Silio L. Mitochondrial DNA sequence variation and phylogenetic relationships among Iberian pigs and other domestic and wild pig populations // *Animal Genetics*. 2003. Vol. 34. N 5. P. 319–324.

ческой точки зрения характеристики, как качество молока [1]. Более того, показано, что линии эмбриональных стволовых клеток разных гаплотипов мтДНК, имеющие идентичную ядерную ДНК, характеризуются различным уровнем экспрессии генов при дифференцировке клеток [2], что может быть обусловлено влиянием мтДНК на реализацию фенотипа.

В настоящее время у свиней выделяют азиатские (А, В и С) и европейские (D и E) гаплогруппы. Породы свиней, выведенные в Китае, Корее и Японии, в значительной степени схожи друг с другом, но существенно отличаются от свиней европейского типа. Коммерческие породы европейского происхождения, такие как ландрас, крупная белая, дюрок, разводят повсеместно, а их мтДНК может относиться к азиатскому или неазиатскому типу в зависимости от происхождения и дальнейшего совершенствования отдельными селекционными центрами.

Для отечественной селекции особый интерес представляют исследования мтДНК свиней из племенных хозяйств Российской Федерации. В связи с этим целями нашей работы являлись оценка генетического разнообразия свиней двух материнских пород отечественной репродукции на основании анализа полиморфизма D-петли мтДНК и сравнение полученных материалов с идентичными последовательностями из базы данных Национального центра биотехнологической информации (NCBI) в разрезе пород и их географического распространения.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на свиньях пород ландрас ( $n = 39$ ) и крупная белая ( $n = 49$ ) отечественной репродукции. ДНК выделяли из образцов ткани с помощью набора реагентов «К-Сорб-100» (Синтол, Россия). Участок D-петли (1046 п. н.) амплифицировали методом ПЦР с использованием праймеров FW 5'-TGCAAACCAAAACGCCAAGT-3' и RW 3'-TTTTTGGGGTTTGGCAAGGC-5'. Очистку вырезанных из геля фрагментов осуществляли с помощью набора Cleanup Mini (Евроген, Россия). Секвенирование произ-

водили посредством аутсорсинга в компании «Евроген». Редактирование и выравнивание последовательностей выполняли в программах BioEdit 7.2.6 и MEGA 7. Гаплотипы мтДНК условно обозначали как Нар. Число гаплотипов (Н), гаплотипическое (HD) и нуклеотидное разнообразие ( $\pi$ ) и среднее число замен нуклеотидов на сайт ( $k$ ) определяли с помощью DnaSP 5.10. Расчеты и построение дерева осуществляли методом максимального правдоподобия. Последовательность № NC000845 (NCBI) считалась эталонной. Сиквенсы относили к тем или иным гаплогруппам на основе сопоставления с последовательностями известных гаплогрупп из базы данных NCBI (А-КТ279758, В-КТ261429, С-КТ279759, D-КТ279760, E-КТ261430).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В процессе исследований были определены нуклеотидные последовательности переменного фрагмента D-петли мтДНК 88 образцов ткани свиней пород ландрас и крупная белая. Для дальнейшего анализа использовали фрагмент размером 638 п. н., расположенный в диапазоне 87–724 п. н., согласно эталонной последовательности. В табл. 1 представлены параметры генетического разнообразия изучаемых групп свиней.

Гаплотипическое разнообразие по породе ландрас фиксировалось на уровне 0,839, породе крупная белая – 0,041 (см. табл. 1). У свиней породы ландрас отмечено большее количество нуклеотидных замен ( $k = 8,640$ ) по сравнению со свиньями крупной белой породы ( $k = 0,735$ ). Среднее значение нуклеотидного разнообразия составило 0,013 (преимущественно за счет породы ландрас).

**Табл. 1.** Генетическое разнообразие свиней пород ландрас и крупная белая

**Table 1.** Genetic diversity of Landrace and Large White pigs

Порода	N	S	H	HD	k	$\pi$
Ландрас	39	21	9	0,839	8,640	0,0139
Крупная белая	49	18	2	0,041	0,735	0,0012
В среднем	88	23	10	0,674	8,328	0,0134

В исследуемой группе было обнаружено 23 мутации, из них 21 – у представителей породы ландрас, 17 – у свиней крупной белой породы. Всего выявлено десять гаплотипов (см. табл. 2).

Из 49 свиней крупной белой породы 48 имели гаплотип Нар-10, и только у одной особи зафиксирован гаплотип Нар-9. Представители породы ландрас показали большее генетическое разнообразие: у них выявлено восемь гаплотипов, самыми частотными оказались Нар-1 и Нар-4 (см. рисунок).

Принадлежность идентифицированных гаплотипов к гаплогруппам А, С, D, Е показана на филогенетическом дереве (см. рисунок). Особи, принадлежащие к гаплогруппе В, не обнаружены.

Поиск идентичных последовательностей в базе данных NCBI позволил выявить 75 сиквенсов, принадлежащих представителям различных пород (см. табл. 3). Из них

30 относились к гаплотипу Нар-10, зафиксированному нами у свиней крупной белой породы. Ранее две последовательности были обнаружены у дикого азиатского кабана, 27 – у свиней азиатских пород<sup>3, 4</sup> [1–9], одна – у представителя крупной белой породы испанского происхождения (см. сноску 2). Особи азиатского происхождения с Нар-10 относились к локальным китайским породам [2, 5, 6, 8, 9]. Также этот гаплотип встречался у свиней пород монг-кай [4, 8] и кун-кун, разводимых в Новой Зеландии.

По данным NCBI, идентичные Нар-1 гаплотипы идентифицированы у свиней пород ландрас и дюрок, разводимых в Австралии [1] и Японии<sup>5</sup>, свиней иберийской породы (см. сноску 2) и французского дикого кабана (см. сноску 1). Последовательности, идентичные гаплотипу Нар-2, обнаружены у дикого кабана (см. сноску 2) и мангалицы [10]. Носители гаплотипа Нар-5 схожи со

**Табл. 2.** Гаплотипы свиней пород ландрас и крупная белая

**Table 2.** Haplotypes in Landrace and Large White pigs

n	Гап-лотип	Мутация																						
		109	124	131	145	153	158	180	185	241	248	279	294	306	323	390	405	452	560	575	640	692	704	706
<i>Ландрас</i>																								
9	1Н	Т	Т	Г	С	С	А	С	Т	Т	Г	С	А	С	С	С	Т	С	Т	А	С	Г	А	А
2	2Н	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	А	-	-
5	3Н	-	-	-	-	-	-	Т	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Г	-	А	-	-
11	4Н	С	А	А	Т	Т	Г	-	-	С	-	Т	Г	Т	Т	Т	-	-	С	Г	-	А	Г	Г
2	5Н	-	-	-	-	-	-	-	С	-	А	-	-	-	Т	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	6Н	-	А	-	-	-	-	Т	-	-	-	-	-	-	Т	-	-	-	-	-	Т	-	-	-
2	7Н	-	-	-	-	-	-	Т	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	8Н	-	-	-	-	-	-	Т	-	-	-	Т	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Крупная белая</i>																								
1	9Н	С	А	А	Т	Т	Г	-	-	С	-	Т	Г	Т	Т	Т	-	-	С	Г	-	А	-	-
48	10Н	С	А	А	Т	Т	Г	-	-	С	-	-	Г	Т	Т	Т	-	-	-	Г	-	-	Г	Г

Примечание. Позиции указаны в соответствии с последовательностью № NC000845.

<sup>3</sup>Wang J., Guo J., Hao X., Hu H., Lin H., Zhang Y., Wang C., Wu Y. Phylogenetic Relationships of Pig Breeds from Shandong Province of China and Their Influence by Modern Commercial Breeds by Analysis of Mitochondrial DNA Sequences // Italian Journal of Animal Science. 2010. Vol. 9. N 2. e48. P. 248–254.

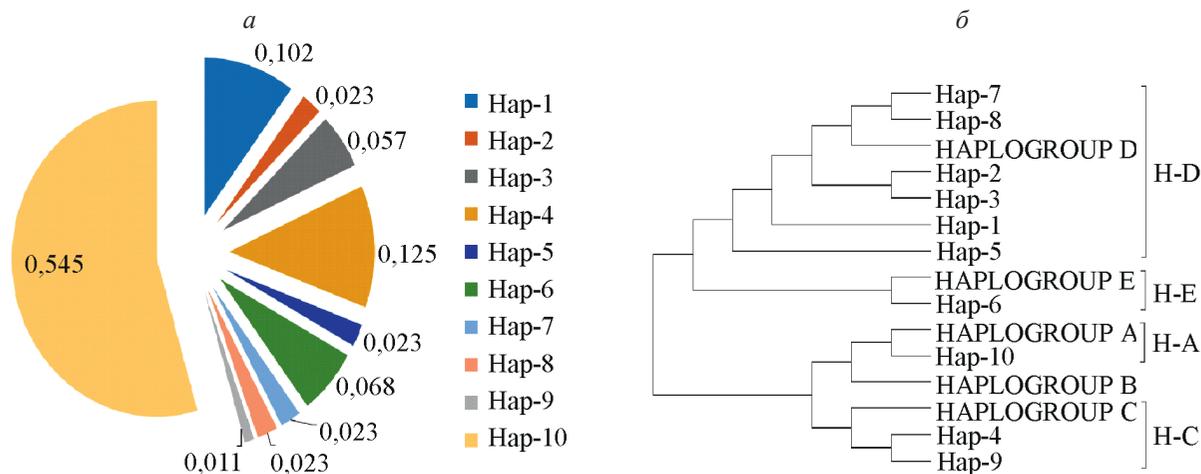
<sup>4</sup>Larson G., Dobney K., Albarella U., Fang M., Matisoo-Smith E., Robins J., Lowden S., Finlayson H., Brand T., Willerslev E., Rowley-Conwy P., Andersson L., Cooper A. Worldwide phylogeography of wild boar reveals multiple centers of pig domestication // Science. 2005. Vol. 307. N 5715. P. 1618–1621.

<sup>5</sup>Okumura N., Ishiguro N., Nakano M., Hirai K., Matsui A., Sahara M. Geographic population structure and sequence divergence in the mitochondrial DNA control region of the Japanese wild boar (*Sus scrofa leucomystax*), with reference to those of domestic pigs // Biochemical Genetics. 1996. Vol. 34. N 5-6. P. 179–189.

**Табл. 3.** Идентичные гаплотипы из базы данных NCBI

**Table 3.** Identical haplotypes from the NCBI database

Гаплогруппа	Номер в NCBI	Порода	Страна	Гаплогруппа	Номер в NCBI	Порода	Страна
Нар-1	KT279760	Коммерческие	Австралия	Нар-8	KF569218	F2	Вьетнам
Нар-1	FJ236997	Дюрок	Испания	Нар-8	KC250275	Крупная белая	Китай
Нар-1	AM040631	»	Тайвань	Нар-8	FJ236996	Дюрок	Испания
Нар-1	AM040613	Ландрас	»	Нар-8	EU660148	»	Китай
Нар-1	AM040615-AM040620	»	»	Нар-9	Последовательности Нар-9 отсутствуют		
Нар-1	D42170	Коммерческие	Япония	Нар-10	MG250567	Юдонг черный	Китай
Нар-1	NM747198	Дикий кабан	Португалия	Нар-10	MG250564	Вужичан	»
Нар-1	AY232858	Иберийская	Испания	Нар-10	MG250562	Вужичан	»
Нар-2	KJ746666	Мангалица	Китай	Нар-10	MG250556	Тунчанг	»
Нар-2	NM747198	Дикий кабан	Франция	Нар-10	MG250532	Гуйжонг	»
Нар-2	JN601068	Мангалица	США	Нар-10	MG250529	Гуйжонг	»
Нар-3	Последовательности Нар-3 отсутствуют			Нар-10	MG250518	Бамаксянг	»
Нар-4	EU979134	Дапулиан	Китай	Нар-10	KF913287	Кванбайхай	»
Нар-5	EU660147	Ландрас	»	Нар-10	KF913276	Цунцзянсян	»
Нар-5	MN113791	Йоркшир и ландрас	»	Нар-10	KF913275	Цунцзянсян	»
Нар-5	AB041499	Ландрас	Япония	Нар-10	KF913271	Цунцзянсян	»
Нар-6	Последовательности Нар-6 отсутствуют			Нар-10	KF913253	Байкси	»
Нар-7	KC469587	Пьетрен	Китай	Нар-10	KF913252	Байкси	»
Нар-7	EU660181	Йоркшир	»	Нар-10	KX982643	Дикий кабан	Вьетнам
Нар-7	EU660154	Дюрок	»	Нар-10	KX982646	» »	»
Нар-7	EU660151	»	»	Нар-10	KX982647	» »	»
Нар-7	EU660150	»	»	Нар-10	KX982651	» »	»
Нар-7	EU660140	Ландрас	»	Нар-10	KX982652	» »	»
Нар-7	AF034253	»	Тайвань	Нар-10	KX147100	Монг-чай	»
Нар-7	D16483	»	Япония	Нар-10	KU556691	Монг-чай	Китай
Нар-7	AM040625-AM040629	Дюрок	Тайвань	Нар-10	KT279758	Крупная белая	Австралия
Нар-7	AM040612	Ландрас	»	Нар-10	KP681243	Вужичан	Китай
Нар-7	AM040614	»	»	Нар-10	KM094194	Санду черный	»
Нар-7	AM040619	»	»	Нар-10	KF767443	Вужичан	»
Нар-7	AM040621	»	»	Нар-10	KC250274	Лантанг	»
Нар-7	AM040622	»	»	Нар-10	FM244684	Дикий кабан	Таиланд
Нар-7	NM747216	Бисаро	Португалия	Нар-10	FM244685	» »	»
Нар-7	AY232856	Иберийская	Испания	Нар-10	EU979182	Чангвай белый	Китай
Нар-7	GQ169779	Дюрок	Тайвань	Нар-10	AY884824	Кун-кун	Велико-британия
Нар-7	AB041494	Крупная белая	Япония	Нар-10	AY232882	Крупная белая	Испания



Частота встречаемости гаплотипов мтДНК (а) и их распределение в соответствии с гаплогруппами А, В, С, D, Е (б)

Frequencies of mtDNA haplotypes in the studied pigs (a). Distribution of haplotypes according to haplogroup A, B, C, D, E (b)

свиньями породы ландрас китайского<sup>6</sup>, канадского [11] и японского происхождения<sup>7</sup>. Гаплотип Hap-8 зафиксирован у свиней породы дюркок в Испании<sup>8</sup> и Китае (см. сноску 3) [4], а также у представителей крупной белой породы в Китае [3]. Установлено, что дивергенция европейских и азиатских пород свиней на основании различий мтДНК появилась задолго до их domestikации [12]. Свиньи и кабаны из Китая, Кореи и Японии демонстрируют тесные связи между собой и значительно отличаются от европейских свиней по материнской линии [3].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований определены нуклеотидные последовательности наиболее варибельного фрагмента D-петли мтДНК свиней пород ландрас и крупная белая. Сравнение этих последовательностей с депонированными в базе данных NCBI вариантами показало наличие идентичных

последовательностей среди свиней различных пород азиатского и европейского происхождения. Таким образом, оценка полиморфизма мтДНК способствует идентификации филогенетических связей между популяциями, отслеживанию породообразовательных процессов и может быть рассмотрена как дополнительный критерий в селекционно-племенной работе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tsai T.S., Rajasekar S., St John J.C. The relationship between mitochondrial DNA haplotype and the reproductive capacity of domestic pigs (*Sus scrofa domestica*) // BMC Genetics. 2016. Vol. 17. N 67. P. 1–17. DOI: 10.1186/s12863-016-0375-4.
2. Wang L.Y., Xu D., Ma H.M. The complete sequence of the mitochondrial genome of Sandu black pig (*Sus Scrofa*) // Mitochondrial DNA Part A. 2016. Vol. 27. N 3. P. 1789–1790. DOI: 10.3109/19401736.2014.963814.

<sup>6</sup>Wu Y., Wang J., Guo J., Hao X., Hu H., Lin H., Zhang Y., Wang C. Phylogenetic relationships of pig breeds from Shandong province of China and their influence by modern commercial breeds by analysis of mitochondrial DNA sequences // Italian Journal of Animal Science. 2010. Vol. 9. N 2. P. 248–254.

<sup>7</sup>Watanobe T., Ishiguro N., Okumura N., Nakano M., Matsui A., Hongo H., Ushiro H. Ancient mitochondrial DNA reveals the origin of *Sus scrofa* from Reibun Island, Japan // Journal of Molecular Evolution. 2001. Vol. 52. N 3. P. 281–289.

<sup>8</sup>Alves E., Fernández A., Fernández-Rodríguez A., Pérez-Montarelo D., Benítez R., Óvilo C., Rodríguez C., Silió L. Identification of mitochondrial markers for genetic traceability of European wild boars and Iberian and Duroc pigs // Animal. 2009. Vol. 3. N 9. P. 1216–1223.

3. Yu G., Xiang H., Wang J., Zhao X. The phylogenetic status of typical Chinese native pigs: analyzed by Asian and European pig mitochondrial genome sequences // *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2013. Vol. 4. N 1. P. 9. DOI: 10.1186/2049-1891-4-9.
4. Xu D., He C.Q., He J., Yang H., Ma H.M. The complete mitochondrial genome of Mong Cai pig (*Sus scrofa*) in Vietnam // *Mitochondrial DNA Part B*. 2016. Vol. 1. N 1. P. 226–227. DOI: 10.1080/23802359.2016.1155424.
5. Wang C., Chen Y.-S., Han J.-L., Mo D.-L., Li X.-J., Liu X.-H. Mitochondrial DNA diversity and origin of indigenous pigs in South China and their contribution to western modern pig breeds // *Journal of Integrative Agriculture*. 2019. Vol. 18. N 10. P. 2338–2350. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62731-0.
6. Ding M., Chen X., Xu H., Wu T., Feng W., Bai L. Phylogenetic Analysis of Three Domestic Pig Breeds in Guizhou Province (J) // *Biotechnology Bulletin*. 2014. N 4. P. 96–101.
7. Chen J., Ni P., Tran Thi T.N., Kamaldinov E.V., Petukhov V.L., Han J., Liu X., Šprem N., Zhao S. Selective constraints in cold-region wild boars may defuse the effects of small effective population size on molecular evolution of mitogenomes // *Ecology and Evolution*. 2018. Vol. 8. N 16. P. 8102–8114. DOI: 10.1002/ece3.4221.
8. Vo T.T., Nguyen H.D., Bui T., Le B.T., Nghiêm M., Nong H. Phylogenomic Analysis and Gene Organization of Mitogenome from Mong Cai Pig in Vietnam // *Current Science*. 2019. Vol. 116. N 9. P. 1566–1571. DOI: 10.18520/cs/v116/i9/1566-1571.
9. Chai Y.L., Xu D., Ma H.M. The complete sequence of mitochondrial genome of Wuzhishan pig (*Sus Scrofa*) // *Mitochondrial DNA A DNA Mapp Seq Anal*. 2016. Vol. 27. N 1. P. 94–95. DOI: 10.3109/19401736.2013.873919.
10. Cannon M.V., Brandebourg T.D., Kohn M.C., Ethikic D., Irwin M.H., Pinkert C.A. Mitochondrial DNA sequence and phylogenetic evaluation of geographically disparate *Sus scrofa* breeds // *Animal Biotechnology*. 2015. Vol. 26. N 1. P. 17–28. DOI: 10.1080/10495398.2013.875474.
11. Xin C., Gao X.C., Quan J.-Q., Ma L.-L., Chen Y.H. Maternal Genetic Structure Analysis of Experimental SPF Yorkshire (*Sus scrofa*) and Landrace Population // *Journal of Agricultural Biotechnology*. 2019. Vol. 27. N 1. P. 97–107. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7968.2019.01.011.
12. Laxmivandana R., Vashi Y., Kalita D., Banik S., Sahoo N.R., Naskar S. Genetic diversity in mitochondrial DNA D-loop region of indigenous pig breeds of India // *Journal of Genetics*. 2022. Vol. 101. N 5. P. 1–5. DOI: 10.1007/s12041-021-01353-8.

## REFERENCES

1. Tsai T.S., Rajasekar S., St John J.C. The relationship between mitochondrial DNA haplotype and the reproductive capacity of domestic pigs (*Sus scrofa domestica*). *BMC Genetics*, 2016, vol. 17, no. 67, pp. 1–17. DOI: 10.1186/s12863-016-0375-4.
2. Wang L.Y., Xu D., Ma H.M. The complete sequence of the mitochondrial genome of Sandu black pig (*Sus Scrofa*). *Mitochondrial DNA Part A*, 2016, vol. 27, no. 3, pp. 1789–1790. DOI: 10.3109/19401736.2014.963814.
3. Yu G., Xiang H., Wang J., Zhao X. The phylogenetic status of typical Chinese native pigs: analyzed by Asian and European pig mitochondrial genome sequences. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2013, vol. 4, no. 1, p. 9. DOI: 10.1186/2049-1891-4-9.
4. Xu D., He C.Q., He J., Yang H., Ma H.M. The complete mitochondrial genome of Mong Cai pig (*Sus scrofa*) in Vietnam. *Mitochondrial DNA Part B*, 2016, vol. 1, no. 1, pp. 226–227. DOI: 10.1080/23802359.2016.1155424.
5. Wang C., Chen Y.-S., Han J.-L., Mo D.-L., Li X.-J., Liu X.-H. Mitochondrial DNA diversity and origin of indigenous pigs in South China and their contribution to western modern pig breeds. *Journal of Integrative Agriculture*, 2019, vol. 18, no. 10, pp. 2338–2350. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62731-0.
6. Ding M., Chen X., Xu H., Wu T., Feng W., Bai L. Phylogenetic Analysis of Three Domestic Pig Breeds in Guizhou Province (J). *Biotechnology Bulletin*, 2014, no. 4, pp. 96–101.
7. Chen J., Ni P., Tran Thi T.N., Kamaldinov E.V., Petukhov V.L., Han J., Liu X., Šprem N., Zhao S. Selective constraints in cold-region wild boars may defuse the effects of small effective population size on molecular evolution of mitogenomes. *Ecology and Evolution*, 2018, vol. 8, no. 16, pp. 8102–8114. DOI: 10.1002/ece3.4221.

8. Vo T.T., Nguyen H.D., Bui T., Le B.T., NghiêM M., Nong H. Phylogenomic Analysis and Gene Organization of Mitogenome from Mong Cai Pig in Vietnam. *Current Science*, 2019, vol. 116, no. 9, pp. 1566–1571. DOI: 10.18520/cs/v116/i9/1566-1571.
9. Chai Y.L., Xu D., Ma H.M. The complete sequence of mitochondrial genome of Wuzhishan pig (*Sus Scrofa*). *Mitochondrial DNA A DNA Mapp Seq Anal*, 2016, vol. 27, no. 1, pp. 94–95. DOI: 10.3109/19401736.2013.873919.
10. Cannon M.V., Brandebourg T.D., Kohn M.C., Ethikic D., Irwin M.H., Pinkert C.A. Mitochondrial DNA sequence and phylogenetic evaluation of geographically disparate *Sus scrofa* breeds. *Animal Biotechnology*, 2015, vol. 26, no. 1, pp. 17–28. DOI: 10.1080/10495398.2013.875474.
11. Xin C., Gao X.C., Quan J.-Q., Ma L.-L., Chen Y.H. Maternal Genetic Structure Analysis of Experimental SPF Yorkshire (*Sus scrofa*) and Landrace Population. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 2019, vol. 27, no. 1, pp. 97–107. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7968.2019.01.011.
12. Laxmivandana R., Vashi Y., Kalita D., Banik S., Sahoo N.R., Naskar S. Genetic diversity in mitochondrial DNA D-loop region of indigenous pig breeds of India. *Journal of Genetics*, 2022, vol. 101, no. 5, pp. 1–5. DOI: 10.1007/s12041-021-01353-8.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Колосова М.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; **адрес для переписки:** Россия, 346493, Ростовская область, п. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24; e-mail: m.leonovaa@mail.ru

**Гетманцева Л.В.**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник

**Бакоев Н.Ф.**, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник

**Костюнина О.В.**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник

#### AUTHOR INFORMATION

✉ **Maria A. Kolosova**, Candidate of Science in Agriculture, Associate Professor; **address:** 24, Krivoshlykova St., Persianovsky settl., Rostov Region, 346493, Russia; e-mail: m.leonovaa@mail.ru

**Lubov V. Getmantseva**, Doctor of Science in Biology, Lead Researcher

**Nekruz F. Bakoev**, Candidate of Science in Agriculture, Junior Researcher

**Olga V. Kostyunina**, Doctor of Science in Biology, Lead Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 28.09.2022

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 18.10.2022

Дата публикации / Published 22.05.2023

## ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОТОМСТВА БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ С РАЗНОЙ ИНДЕКСНОЙ ОЦЕНКОЙ

✉ Ковалева Г.П., Лапина М.Н., Сулыга Н.В., Витол В.А.

*Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства – филиал Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра*  
Ставрополь, Россия

✉ e-mail: skotovodstvo-sniizhk@yandex.ru

Проблема изучения степени влияния индекса «Период продуктивной жизни/продуктивное долголетие» быков-производителей на продолжительность продуктивного использования их потомства недостаточно освещена в научной литературе, что и обосновывает актуальность проведенных исследований. Осуществлена сравнительная оценка хозяйственно-полезных признаков дочерей быков-производителей с величиной индекса от 103 до 117. Динамика выбытия опытных животных определена в период от рождения до завершения второй лактации, уровень молочной продуктивности – по данным за первую и вторую лактации. Установлено, что выбытие среди дочерей быков-производителей с индексом, равным 103 и 105, было наибольшим во все физиологические периоды и составило на конец опыта 80,0 и 78,1% соответственно. В группах дочерей быков-производителей с величиной индекса 109 и 117 доля выбывших животных достигала 62,9 и 65,6%. Наименьшая продуктивность за первую и вторую лактации зафиксирована у дочерей быка-производителя с величиной индекса 103 – 6760,2 и 7100,7 кг молока. Дочери быка-производителя с индексом, равным 117, отличались наибольшей молочной продуктивностью – 7475,9 и 8158,3 кг молока за две лактации. Анализ полученных данных показывает, что закрепление быков-производителей за маточным стадом с учетом индекса «Период продуктивной жизни/продуктивное долголетие» позволит получать более крепкое потомство с хорошими продуктивными качествами.

**Ключевые слова:** быки-производители, индекс оценки, продуктивное долголетие, выбытие, сохранность поголовья

## PRODUCTIVITY OF THE SERVICING BULLS PROGENY WITH DIFFERENT INDEX SCORES

✉ Kovaleva G.P., Lapina M.N., Sulyga N.V., Vitol V.A.

*All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding - Branch of the North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center*  
Stavropol, Russia

✉ e-mail: skotovodstvo-sniizhk@yandex.ru

The problem of studying the degree of influence of the index "Period of productive life/productive longevity" of the servicing bulls on the duration of productive use of their progeny is not sufficiently covered in the scientific literature, which substantiates the relevance of the research. A comparative assessment of economically useful features of the daughters of servicing bulls with the index value from 103 to 117 has been carried out. Dynamics of the experimental animals' mortality is determined in the period from birth to the end of the second lactation, the level of milk productivity - according to the data for the first and second lactations. It was found that mortality among the daughters of the servicing bulls with an index equal to 103 and 105 was the highest in all physiological periods and amounted to 80.0 and 78.1% at the end of the experiment, respectively. In the groups of the daughters of the servicing bulls with index values of 109 and 117, the proportion of animals that died out reached 62.9 and 65.6%. The lowest productivity for the first and second lactations was recorded in the daughters of the servicing bull with the index value of 103 - 6760.2 and 7100.7 kg of milk. The daughters of the servicing bull with the index equal to 117 were distinguished by the highest milk productivity - 7475.9 and 8158.3 kg of milk in two lactations. Analysis of the obtained data shows that fixation of servicing bulls to the breeding herd taking into account the "Period of productive life/productive longevity" index will make it possible to obtain more robust progeny with good productive qualities.

**Keywords:** servicing bulls, assessment index, productive longevity, mortality, livestock viability

**Для цитирования:** Ковалева Г.П., Лапина М.Н., Сулыга Н.В., Витол В.А. Продуктивность потомства быков-производителей с разной индексной оценкой // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 4. С. 101–106. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-11>

**For citation:** Kovaleva G.P., Lapina M.N., Sulyga N.V., Vitol V.A. Productivity of the servicing bulls progeny with different index scores. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 4, pp. 101–106. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-11>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Благодарность

Исследования проведены за счет бюджетных средств в рамках направления «Усовершенствование биотехнологических методов генетического контроля и управления селекционным процессом при создании новых селекционных форм сельскохозяйственных животных (крупного рогатого скота, овец, коз, свиней) и разработка технологии их содержания» (№ 0725-2019-0024).

#### Acknowledgements

The research was conducted at the expense of the budgetary funds within the direction "Improvement of biotechnological methods of genetic control and breeding process management in the creation of new breeding forms of agricultural animals (cattle, sheep, goats, pigs) and the development of technology for their maintenance" (№ 0725-2019-0024).

## ВВЕДЕНИЕ

Рентабельность молочного скотоводства напрямую зависит от продуктивности животных. В Российской Федерации задача повышения молочной продуктивности решается путем широкого использования генотипа голштинской породы. Хотя в нашей стране голштинская порода по численности занимает 2-е место после черно-пестрой породы, представители других пород крупного рогатого скота молочного направления несут в своем генотипе определенную долю голштинской крови<sup>1</sup> [1–3]. Однако высокая продуктивность является антагонистом показателей здоровья животных. Голштинизированный скот имеет низкий потенциал защитных сил организма, вследствие чего продолжительность продуктивного использования голштинизированных молочных коров составляет менее трех лактаций<sup>2, 3</sup>

[4, 5]. В последнее время большое внимание уделяется здоровью животных, их воспроизводительной способности и продуктивному долголетию [6–8]. Продуктивное долголетие молочных коров обусловлено не только их генотипом, но и воздействием окружающей среды. В числе генетических факторов, оказывающих влияние на продуктивное долголетие молочного скота, решающая роль принадлежит генотипу отца<sup>4–6</sup>.

В последние 20 лет в племенном скотоводстве молочного направления успешно используются оценка и отбор животных на основе селекционных индексов. Генетические индексы облегчают работу селекционеров по разведению скота и повышению рентабельности производства<sup>7</sup> [9]. Быки-производители проходят оценку не только по продуктивным признакам дочерей, но и по показателям здоровья, в частности по индексу

<sup>1</sup>Карамеев А.С., Зайцев В.В. Показатели естественной резистентности коров разных пород // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2011. № 1 (21). С. 150–153.

<sup>2</sup>Пилипенко М.А. Влияние быков-производителей на продолжительность хозяйственного использования дочерей // Аграрный вестник Урала. 2011. № 12-2 (92). С. 46–48.

<sup>3</sup>Сердюк Г.Н. Проблемы продуктивного долголетия при голштинизации отечественных пород крупного рогатого скота // Молочное и мясное скотоводство. 2015. № 6. С. 7–10.

<sup>4</sup>Коронец И.Н., Климец Н.В., Шеметовец Ж.И., Песоцкий Н.И. Оценка племенной ценности и отбор высокопродуктивных коров по комплексу признаков // Зоотехническая наука Беларуси. 2006. Т. 41. С. 61–68.

<sup>5</sup>Гавриленко В.П. Оценка и отбор молочного скота по продуктивно-воспроизводительному индексу // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2009. № 3 (10). С. 10–14.

<sup>6</sup>Тележенко Е.В. Мировые тенденции в селекции голштинского скота // Генетика и разведение животных. 2014. № 2. С. 38–39.

<sup>7</sup>Болгов А.Е. Биологические, селекционные и технологические факторы использования инноваций в племенном молочном животноводстве // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2015. № 8 (153). С. 30–34.

«Период продуктивной жизни (PL)/продуктивное долголетие». Потомство быков-производителей, имеющих данную индексную оценку, отличается высокими показателями неспецифического иммунитета и воспроизводительной способности [10]. Априори считается, что любой бык-производитель с индексной оценкой более 100 может улучшать этот показатель у дочерей. Однако в научной литературе нет данных о том, как связана величина указанного индекса быка-производителя с продуктивным долголетием его потомства.

Цель исследования – установить влияние величины индекса «Период продуктивной жизни/продуктивное долголетие» быков-производителей на сохранность и продуктивные качества их дочерей.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа велась в 2017–2021 гг. на базе сельскохозяйственного производственного кооператива «Казьминский» Кочубеевского муниципального округа Ставропольского края. Данное хозяйство является племенным заводом, специализирующимся на разведении крупного рогатого скота черно-пестрой породы. Благодаря многолетней целенаправленной селекции на увеличение количественных и качественных показателей молочной продуктивности, удалось повысить удои до 8056 кг от одной фуражной коровы, однако продолжительность хозяйственного использования у большинства животных по-прежнему находилась в пределах одной-двух лактаций.

В 2017 г. коровы черно-пестрой породы были осеменены спермой четырех быков-производителей голштинской породы: Альта-Ред 66726504, Мирок-М 5226675598, Аллхард 65431789, Мемори-М 54215651. Величина индекса «Период продуктивной жизни/продуктивное долголетие» у этих быков составила 103, 105, 109 и 117 соответственно. В 2018 г. от них было получено 815 дочерей, которых разделили на четыре опытные группы: 1-я – потомство быка Альта-Ред, 2-я – потомство быка Мирок-М, 3-я – потомство быка Аллхард, 4-я – потомство быка Мемори-М. Все опытные животные находились на одной ферме в одинаковых условиях кормления и содержания, которые соответствовали их физиологическим и технологическим потребностям.

Наблюдение за животными вели со времени их рождения до завершения второй лактации. Выбытие учитывали по следующим периодам жизни: от рождения до 9- и 18-месячного возраста, от рождения до завершения первой и второй лактаций. В качестве источника данных использовали информационно-аналитическую систему «СЕЛЭКС. Молочный скот».

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика выбытия и уровень сохранности дочерей быков-производителей с разной величиной индекса «Период продуктивной жизни/продуктивное долголетие» за весь период наблюдения представлены в табл. 1.

Среди телочек до 9-месячного возраста наибольший процент выбывших животных

**Табл. 1.** Выбытие и сохранность опытных животных  
**Table 1.** Mortality and preservation of experimental animals

Показатель	Опытная группа			
	1-я (n = 100)	2-я (n = 501)	3-я (n = 54)	4-я (n = 160)
Количество выбывших животных, гол.:				
от рождения до 9 мес	17 (17,0%)	90 (18,0%)	5 (9,3%)	11 (6,9%)
от рождения до 18 мес	30 (30,0%)	154 (30,7%)	7 (13,0%)	28 (17,5%)
от рождения до завершения первой лактации	56 (56,0%)	232 (46,3%)	19 (35,2%)	54 (33,8%)
от рождения до завершения второй лактации	80 (80,0%)	390 (77,8%)	34 (63,0%)	105 (65,6%)
Сохранность поголовья после завершения второй лактации, %	20,0	22,2	37,0	34,4

зафиксирован в 1-й и 2-й опытных группах – 17,0 и 17,9% соответственно, что на 7,5 и 8,6% больше, чем в 3-й группе, и на 10,1 и 11,0% выше по сравнению с 4-й.

В период от рождения до 18-месячного возраста превосходство также сохранялось за представителями 3-й и 4-й опытных групп. По сравнению с 1-й и 2-й группами разница составила 13,0 и 12,8% в пользу 3-й группы, а также 12,5 и 13,2% в пользу 4-й.

Наибольшая разница по выбытию поголовья установлена в период от рождения до завершения первой и второй лактаций, т.е. когда происходит окупаемость молочной продукцией затрат на выращивание нетели. В указанный период доля выбытия дочерей быка-производителя Альта-Ред 66726504, у которого индекс «Период продуктивной жизни/продуктивное долголетие» был наименьшим, достигла 56,0 и 80,0%. В группе дочерей быка-производителя Мирок-М 5226675598 (величина индекса 105) количество животных, выбывших до завершения первой лактации, составило 46,3%, что на 9,7% меньше, чем в 1-й опытной группе. Однако после завершения второй лактации различия между данными группами сократились до 1,9%.

Среди дочерей быков-производителей Аллхард 65431789 и Мемори-М 54215651 (величина индекса 109 и 117 соответственно) от рождения до завершения первой лактации выбыло животных на 20,8 и 22,3%

меньше, чем в 1-й опытной группе, и на 11,1 и 12,6% меньше по сравнению со 2-й. В период от рождения до завершения второй лактации разница между 1-й и 3-й, 1-й и 4-й опытными группами составила 17,1 и 14,4%, между 2-й и 3-й, 2-й и 4-й группами – 15,2 и 12,5% соответственно.

После завершения второй лактации наименьшая сохранность поголовья отмечена в 1-й опытной группе (20,0%), наибольшая – в 3-й (37,1%). В 4-й группе, где бык-производитель имел наибольший индекс, сохранность дочерей была меньше на 2,7%, чем в 3-й группе. Возможно, определенное отрицательное влияние на показатель оказал уровень молочной продуктивности, который у животных данной опытной группы по результатам как первой, так и второй лактации был больше, чем в 3-й опытной группе (см. табл. 2).

Во время первой лактации наибольший надой получили от животных 4-й опытной группы – 7475,9 кг (превышение по сравнению со 2-й группой – 24,1 кг).

Наименьшее количество молока получено по 1-й опытной группе – 6760,2 кг, что на 715,7 кг меньше, чем от животных 4-й группы. По удою животные 2, 3 и 4-й групп достоверно превосходили представителей 1-й опытной группы ( $p > 0,999$ ). Однако у животных 1-й группы были лучшие качественные характеристики молока: массовая доля жира составила 4,06% ( $p > 0,99$ ), массовая доля белка – 3,18%.

**Табл. 2.** Молочная продуктивность опытных животных

**Table 2.** Milk productivity of experimental animals

Показатель	Опытная группа			
	1-я (n = 100)	2-я (n = 501)	3-я (n = 54)	4-я (n = 160)
<i>Первая лактация</i>				
Количество голов	44	269	35	106
Удой, кг	6760,2 ± 52,0	7451,8 ± 44,6**	7294,1 ± 49,6**	7475,9 ± 5 0,9**
Содержание молочного жира, %	4,06 ± 0,09*	3,91 ± 0,10	3,92 ± 0,08	3,87 ± 0,07
Содержание молочного белка, %	3,18 ± 0,09	3,16 ± 0,08	3,16 ± 0,08	3,12 ± 0,07
<i>Вторая лактация</i>				
Количество голов	15	78	13	41
Удой, кг	7100,7 ± 206,1	8144,0 ± 151,3*	7634,1 ± 318,0	8158,3 ± 115,6**
Содержание молочного жира, %	3,99 ± 0,01	3,9 ± 0,01	3,93 ± 0,02	3,95 ± 0,01
Содержание молочного белка, %	3,17 ± 0,02	3,15 ± 0,01	3,19 ± 0,01	3,18 ± 0,02

\* $p > 0,99$ .

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

Такая же тенденция прослеживается и по результатам второй лактации. Лидирующее положение по надою также занимали животные 4-й опытной группы – 8158,3 кг молока. Разница по этому показателю с представителями 2-й и 3-й групп составила 14,3 и 524,2 кг. Наибольшая разница по надою установлена между 1-й и 4-й группами – 1057,6 кг молока ( $p > 0,999$ ).

Таким образом, дочери быка-производителя Альга-Ред, у которого величина индекса составила 103, имели не только наименьшую сохранность, но и отличались по результатам двух законченных лактаций худшими показателями удою. Дочери быка-производителя Мемори-М с величиной индекса 117 стали лидерами по удою и незначительно отличались по уровню сохранности от животных 3-й опытной группы.

Разница по удою между 2-й и 4-й группами как по первой, так и по второй лактации была минимальной, что свидетельствует о том, что использование в племенном разведении быков-производителей с величиной индекса «Период продуктивной жизни/продуктивное долголетие» не менее 105 оказывает положительное влияние на продуктивные качества потомства.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований получены достоверные результаты, доказывающие, что подбор быков-производителей с учетом величины индекса «Период продуктивной жизни/продуктивное долголетие» способствует повышению сохранности и продуктивных качеств потомства. Так, наилучшая выживаемость телок наблюдалась во 2-й и 3-й опытных группах во все оцениваемые возрастные периоды. К концу второй лактации у представителей данных групп сохранность была в среднем на 15% выше, чем у их сверстниц. Следовательно, потомство быков с высокими значениями указанного индекса отличается высокими показателями неспецифического иммунитета. Достоверно низкие показатели продуктивности зафиксированы только у животных 1-й группы. Поскольку именно в первые две лактации происходит максимальная окупаемость молочной про-

дукцией затрат на выращивание нетели, то применение изучаемого селекционного приема позволит повысить рентабельность производства молока.

Таким образом, мы рекомендуем использовать в селекционном процессе метод подбора быков-производителей с учетом индекса «Период продуктивной жизни/продуктивное долголетие» ( $\geq 109$ ), что позволит получать более крепкое потомство и повысить рентабельность производства молока.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дунин И.М., Мещеров Р.К., Тяпугин С.Е., Ходыков В.П., Аджибеков В.К., Тяпугин Е.Е. Состояние и перспективы развития молочного скотоводства в Российской Федерации // Зоотехния. 2020. № 2. С. 2–5. DOI: 10.25708/ZT.2020.23.67.001.
2. Дунин И.М., Дунин М.И. Породная и генетико-селекционная база отечественного животноводства // Зоотехния. 2021. № 1. С. 2–6. DOI: 10.25708/ZT.2020.66.16.001.
3. Дунин И.М., Сулина Е.Н., Григорян Л.Н., Тяпугин Е.Е., Дунин М.И., Аджибеков В.К. Отечественное животноводство на пороге третьего десятилетия XXI века // Зоотехния. 2021. № 1. С. 7–10. DOI: 10.25708/ZT.2020.43.55.002.
4. Лапина М.Н. Влияние величины индекса оценки быков-производителей «Период продуктивной жизни/продуктивное долголетие» на воспроизводительную способность их дочерей // Сельскохозяйственный журнал. 2020. № 4 (13). С. 41–47. DOI: 10.25930/2687-1254/006.4.13.2020.
5. Карымсаков Т.Н. Эффективность использования в селекции молочного скота методов индексной оценки // Вестник аграрной науки. 2021. № 3 (90). С. 89–93. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.3.89.
6. Федяев П.М., Лукьянов К.И. Современные тенденции в индексной оценке племенной ценности молочного скота // Генетика и разведение животных. 2016. № 4. С. 11–19.
7. Мельникова Е.Е., Харитонов С.Н., Янчуков И.Н., Ионова Л.В., Ермилов А.Н., Сермягин А.А., Зиновьева Н.А. Селекционный индекс как экономическая составляющая основы племенной работы в молочном скотоводстве // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2018. № 8. С. 29–33.

8. *Контэ А.Ф., Ермилов А.Н., Бычкунова Н.Г., Сермягин А.А.* Оценка племенной ценности быков-производителей популяции черно-пестрого скота Московской области по типу телосложения дочерей // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2019. № 3 (55). С. 275–283. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-35.
9. *Смотрова Е.А., Тулинова О.В.* Использование экстерьерных индексов в качестве критериев отбора быков-производителей // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 6. С. 12–16.
10. *Хромова О.Л.* Эффективность использования быков различной селекции в популяции черно-пестрой породы // АгроЗооТехника. 2021. Т. 4. № 3. DOI: 10.15838/alt.2021.4.3.5.

## REFERENCES

1. Dunin I.M., Meshcherov R.K., Tyapugin S.E., Khodykov V.P., Adzhibekov V.K., Tyapugin E.E. Status and development prospects of dairy cattle breeding in the Russian Federation. *Zootekhnia = Zootechniya*, 2020, no. 2, pp. 2–5. (In Russian). DOI: 10.25708/ZT.2020.23.67.001.
2. Dunin I.M., Dunin M.I. Breed and genetic breeding base of domestic animal husbandry. *Zootekhnia = Zootechniya*, 2021, no. 1, pp. 2–6. (In Russian). DOI: 10.25708/ZT.2020.66.16.001.
3. Dunin I.M., Suslina E.N., Grigoryan L.N., Tyapugin E.E., Dunin M.I., Adzhibekov V.K. Domestic livestock raising on the threshold of the third decade of the XXI century. *Zootekhnia = Zootechniya*, 2021, no. 1, pp. 7–10. (In Russian). DOI: 10.25708/ZT.2020.43.55.002.
4. Lapina M.N. Influence of the evaluation index value of servicing bulls «Period of productive life/productive longevity» on the reproductive ability of their daughters. *Sel'skokhoziaystvennyy zhurnal = Agricultural Journal*, 2020, no. 4 (13),

- pp. 41–47. (In Russian). DOI: 10.25930/2687-1254/006.4.13.2020.
5. Karymsakov T.N. Efficiency of the use of index assessment methods in the dairy cattle breeding. *Vestnik agrarnoy nauki = Bulletin of Agrarian Science*, 2021, no. 3 (90), pp. 89–93. (In Russian).
6. Fedyaev P.M., Lukyanov K.I. Modern tendencies in index estimation of dairy cattle breeding value. *Genetika i razvedeniye zhivotnih = Genetics and breeding of animals*, 2016, no. 4, pp. 11–19. (In Russian). DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.3.89.
7. Melnikova E.E., Kharitonov S.N., Yanchukov I.N., Ionova L.V., Ermilov A.N., Sermyagin A.A., Zinovieva N.A. Breeding index as an economic component of the basis of breeding work in dairy cattle breeding. *Ekonomika sel'skokhoziaystvennih i pererabativayuschih predpriyatij = Economy of agricultural and processing enterprises*, 2018, no. 8, pp. 29–33. (In Russian).
8. Konte A.F., Ermilov A.N., Bychkunova N.G., Sermyagin A.A. Evaluation of a tribal value of bulls-producers of the population of black-and-white cattle of the Moscow region by the type of bodies of cow's daughters. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*, 2019, no. 3 (55), pp. 275–283. (In Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-35.
9. Smotrova E.A., Tulina O.V. Using exterior indices as selection criteria for bulls-producers. *Molochnoye i miasnoye skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2019, no. 6, pp. 12–16. (In Russian).
10. Khromova O.L. The effectiveness of using bulls of various breeding in the black-and-white breed population. *AgroZooTekhnika = Agricultural and Livestock Technology*, 2021, vol. 4, no. 3. (In Russian). DOI: 10.15838/alt.2021.4.3.5.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Ковалева Г.П.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 15; e-mail: skotovodstvo-sniizhk@yandex.ru

**Лапина М.Н.**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

**Сулыга Н.В.**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

**Витол В.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

## AUTHOR INFORMATION

✉ **Galina P. Kovaleva**, Candidate of Science in Agriculture, Associate Professor, Lead Researcher; **address:** 15, Zootechnical Alley, Stavropol, 355017, Russia; e-mail: skotovodstvo-sniizhk@yandex.ru

**Marina N. Lapina**, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher

**Natalia V. Sulyga**, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher

**Vladimir A. Vitol**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 08.08.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 08.11.2022  
Дата публикации / Published 22.05.2023

## АССОЦИАЦИИ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА СОМАТОТРОПИНА (GH) С ПОКАЗАТЕЛЯМИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ

✉ Ярышкин А.А., Шаталина О.С., Ткаченко И.В., Лешонок О.И.

*Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук*

Екатеринбург, Россия

✉ e-mail: x2580x@yandex.ru

Исследования проведены в лаборатории молекулярно-генетической экспертизы в 2018 и 2019 гг. в рамках государственного задания по теме «Разработка селекционно-генетических и теоретических основ сохранения и эффективного использования генофонда крупного рогатого скота в Уральском регионе с применением современных биотехнологий». Объект исследования – крупный рогатый скот голштинизированной черно-пестрой породы. Основная задача – анализ степени влияния полиморфизма гена соматотропина (GH) на показатели молочной продуктивности. В процессе изучения выделено ДНК 270 коров, на основе полученных данных определен полиморфизм гена соматотропина, установлена взаимосвязь различных генотипов с показателями живой массы, удоя, массовой доли белка и массовой доли жира в молоке. Результаты биометрически обработаны при помощи программы IBM SPSS Statistics 23. Выявлено, что *LL* является основным генотипом гена GH среди представителей голштинизированной черно-пестрой породы (частота встречаемости 77,0%). Доля генотипов *LV* и *VV* в популяции составляет 21,9 и 1,1% соответственно. Во время наблюдения коровы – носительницы генотипа *LL* – показывали более высокие удои по первой и третьей лактациям. Разница со сверстницами у них составила 202–2334 кг ( $p \leq 0,05$ ). Зафиксирована тенденция к увеличению содержания белка в молоке у животных с генотипом *VV*. По первой лактации разница с носительницами генотипов *LL* и *LV* достигала 0,03 и 0,06% соответственно. По третьей лактации особи с генотипом *VV* превосходили сверстниц по содержанию белка на 0,07 и 0,12% соответственно.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, соматотропин, полиморфизм, удои, массовая доля жира, массовая доля белка, живая масса, первая лактация, третья лактация

## ASSOCIATIONS OF SOMATOTROPIN (GH) GENE POLYMORPHISM WITH LACTATION PERFORMANCE OF COWS

✉ Yaryshkin A.A., Shatalina O.S., Tkachenko I.V., Leshonok O.I.

*Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*  
Yekaterinburg, Russia

✉ e-mail: x2580x@yandex.ru

The research was conducted in the laboratory of molecular genetic expertise in 2018 and 2019 within the framework of the state assignment on the topic "Development of genetic-selection and theoretical foundations for the conservation and effective use of the gene pool of cattle in the Ural region with the use of modern biotechnologies". The object of the study is the cattle of Holsteinized black-and-white breed. The main task is to analyze the degree of influence of the somatotropin (GH) gene polymorphism on lactation performance indicators. In the course of the study, DNA from 270 cows was isolated, the polymorphism of the somatotropin gene was determined based on the obtained data, and the relationship between different genotypes and indicators of live weight, milk yield, protein mass fraction and fat mass fraction in milk was established. The results were biometrically processed using IBM SPSS Statistics 23 software program. It was revealed that *LL* is the main genotype of the GH gene among the representatives of the Holsteinized black-and-white breed (frequency of occurrence 77.0%). The proportion of *LV* and *VV* genotypes in the population is 21.9 and 1.1%, respectively. During the observation period, cows carrying the *LL* genotype showed higher milk yields in the first and third lactations. The difference with their peers was 202-2334 kg

( $p \leq 0.05$ ). A tendency towards increased protein content in milk was recorded in animals with the *VV* genotype. In the first lactation, the difference with *LL* and *LV* genotype carriers was 0.03 and 0.06%, respectively. In the third lactation, individuals with the *VV* genotype surpassed their female counterparts in protein content by 0.07 and 0.12%, respectively.

**Keywords:** cattle, somatotropin, polymorphism, milk yield, MFF, MFP, live weight, first lactation, third lactation

**Для цитирования:** Ярышкин А.А., Шаталина О.С., Ткаченко И.В., Лешонок О.И. Ассоциации полиморфизма гена соматотропина (GH) с показателями молочной продуктивности коров // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 4. С. 107–113. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-12>

**For citation:** Yaryshkin A.A., Shatalina O.S., Tkachenko I.V., Leshonok O.I. Associations of somatotropin (GH) gene polymorphism with lactation performance of cows. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 4, pp. 107–113. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-12>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Благодарность

Авторы выражают благодарность сотрудникам отдела животноводства и иммуногенетической экспертизы, а также специалистам племенных организаций, предоставивших пробы крови крупного рогатого скота и данные по зоотехническому учету.

#### Acknowledgements

The authors express their gratitude to the staff of the Department of Animal Husbandry and Immunogenetic Expertise and specialists of the relevant organizations who provided blood samples of cattle and data on livestock record keeping.

## ВВЕДЕНИЕ

Расширение сферы использования маркерной селекции в племенном животноводстве позволило повысить обеспечение нашей страны молочными и мясными продуктами. Изучение генов-кандидатов (ген каппа-казеина, лактоглобулина, кальпаина и соматотропина) дает возможность с помощью селекции получать животных, отличающихся высокими удоями, массовой долей белка в молоке, нежностью мяса и т.д. Также немаловажное значение имеет исследование генетической структуры популяций крупного рогатого скота (*Bos taurus*) различных пород<sup>1,2</sup>. Например, было установлено, что у животных холмогорской и гол-

штинской пород преобладают генотип  $GH^{LL}$  и аллель  $GH^L$  [1], для айширской породы более характерен аллель  $L$  (встречаемость 61,5%). Среди представителей ярославской породы генотип  $LL$  имеют 65% животных [2, 3]. В герефордской породе преобладает генотип  $LL$  гена соматотропина [4]. Кроме того, исследованы симментальская и украинская красная степная породы крупного рогатого скота<sup>3</sup> [5].

Поскольку соматотропин (GH) является гормоном роста, можно предположить, что его ген связан с набором живой массы у крупного рогатого скота<sup>4,5</sup>. Также имеются данные о взаимосвязи гена соматотропина с молочной продуктивностью [6–9]. Такого

<sup>1</sup>Тюлькин С.В., Ахметов Т.М., Валиуллина Э.Ф., Вафин Р.Р. Полиморфизм по генам соматотропина, пролактина, лептина, тиреоглобулина быков-производителей // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. № 4 (16). С. 1008–1012.

<sup>2</sup>Hayes B.J., Mcpartlan H., Goddard M.E., Chamberlain A.J., Maceachern S., Savin K., Sethuraman L., Macleod I. A genome map of divergent artificial selection between *Bos Taurus* dairy cattle and *BOS taurus* beef cattle // *Animal genetics*. 2009. N 2 (40). P. 176–184.

<sup>3</sup>Долматова И.Ю., Ильясов А.Г. Связь полиморфизма гена соматотропина крупного рогатого скота симментальской породы с продуктивностью // Зоотехния. 2008. № 5. С. 6–8.

<sup>4</sup>Солошенко В.А., Гончаренко Г.М., Инербаев Б.О., Храмова И.А., Горячева Т.С., Гришина Н.Б. Влияние полиморфизма генов тиреоглобулина и соматотропина на интенсивность роста у крупного рогатого скота // Проблемы биологии продуктивных животных. 2011. № 1. С. 55–58.

<sup>5</sup>Grala T.M., Phyn C.V., Sheahan A.J., Lee J.M., Roche J.R., Lucy M.C. Somatotropic axis and concentrate supplementation in grazing dairy cows of genetically diverse origin // *Journal of dairy science*. 2011. N 1 (94). P. 303–315.

рода исследования проведены в России, Индонезии, Турции, Китае и Индии<sup>6-9</sup> [10–12].

Целью нашего исследования являлось определение степени влияния полиморфизма гена соматотропина на молочную продуктивность и живую массу крупного рогатого скота голштинизированной черно-пестрой породы. В задачи входил анализ распространенности различных генотипов и аллелей соматотропина в популяции и уровня воздействия конкретных генотипов на удои, показатели массовой доли жира (МДЖ) и массовой доли белка (МДБ).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Впервые в Уральском регионе на генетическом материале голштинизированного черно-пестрого скота был изучен полиморфизм животных по локусам соматотропина, определена его связь с хозяйственно-полезными признаками.

Исследования проводили в 2018 и 2019 гг. в лаборатории молекулярно-генетической экспертизы. Для ДНК-диагностики у 270 представителей черно-пестрого голштинизированного скота были взяты пробы крови. Кровь, набранную из хвостовой вены, вносили в пробирки со 100 мМ ЭДТА (этилендиаминтетрауксусной кислоты) до конечной концентрации 10 мМ. Выделение ДНК проводили согласно протоколу фирмы «Синтол» (Россия). Генотипирование животных по гену GH осуществляли методом ПЦР–ПДРФ по методике С.В. Тюлькина с соавт. (см. сноску 1) с использованием амплификатора Bio-Rad PTC-225 DNA Engine Tetrad Cyler (Bio-Rad Lab., США).

Перечень хозяйственно-полезных признаков (удои, МДЖ, МДБ, живая масса) составлен на основе программы «АРМ

“СЕЛЭКС. Молочный скот”». В ходе исследования использованы показатели за первую и третью лактации (по 305 дней в каждый период), так как продуктивное долголетие коров составляет в среднем три лактации. Такой подход дает возможность проследить проявление влияния генотипов на всем протяжении хозяйственного использования животного.

Частоту встречаемости генотипов рассчитывали по формуле

$$p = n/N,$$

где  $p$  – частота определения генотипа;  $n$  – количество особей, имеющих данный генотип;  $N$  – общее число животных. Установлены средние значения изучаемых признаков и ошибки средних. Результаты обработаны при помощи программы IBM SPSS Statistics 23.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сначала определили, какие генотипы гена соматотропина встречаются в популяции (см. рис. 1). Установили, что  $LV$ -полиморфизм гена гормона роста представлен двумя аллелями –  $L$  и  $V$ , составляющими три генотипа:  $LL$ ,  $LV$  и  $VV$ . Генотип  $LL$  представлен одной нижней полосой, расположенной на 159 п. н., генотип  $VV$  – одной верхней полосой, расположенной на 211 п. н., генотип  $LV$  – двумя полосами, расположенными на 159 и 211 п. н.

Затем установили частоту встречаемости  $LV$ -полиморфизма гена соматотропина у исследуемых животных (см. рис. 2).

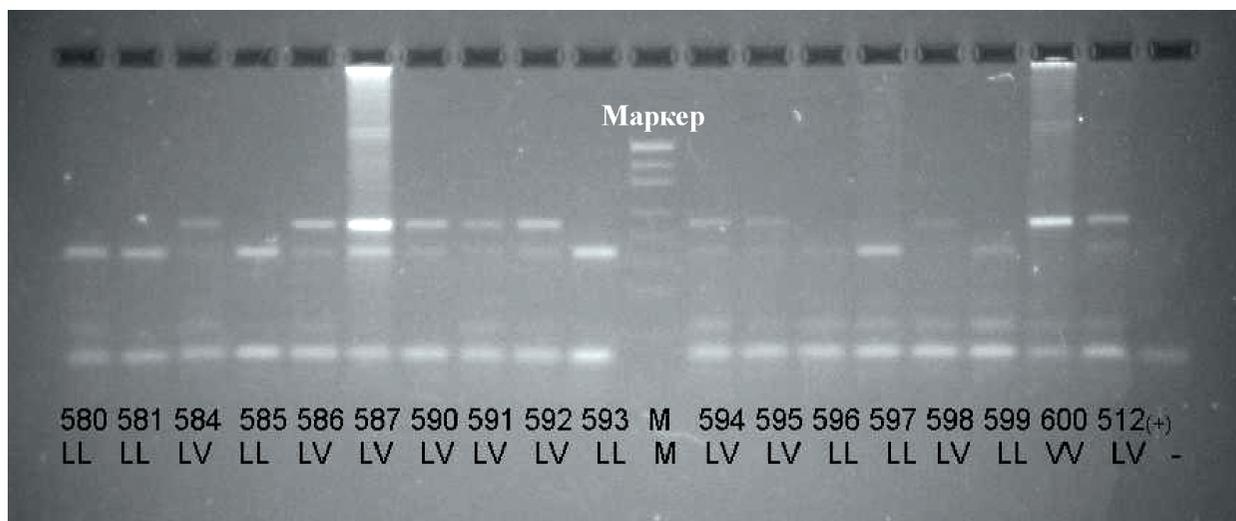
Самым распространенным генотипом оказался вариант  $LL$ : частота его встречаемости 77,0%. На 2-м месте находится генотип  $LV$  (21,9%). Генотип  $VV$  крайне редок: отмечен лишь у 1,1% животных. Частота

<sup>6</sup>Pawar R.S., Tajane K.R., Joshi C.G., Rank D.N., Bramkshtri B.P. Growth hormone gene polymorphism and its association with lactation yield in dairy cattle // Indian journal of animal sciences. 2007. N 9 (77). P. 884–888.

<sup>7</sup>Урядников М.В. Молочная продуктивность черно-пестрых коров с разным генотипом по гену соматотропина // Зоотехния. 2010. № 8. С. 2–3.

<sup>8</sup>Smaragdov M.G. Study of the association between alleles of the growth hormone receptor and prolactin receptor genes of bulls and the milk productivity of their daughters // Russian journal of genetics. 2012. N 9 (48). P. 927–932.

<sup>9</sup>Guo L.Z., Shan L.G., Zhu Q., Yu H.W., Hai G.J., Liu C. Association of genetic polymorphism in GH gene with milk production traits in beijing holstein cows // Journal of biosciences. 2005. N 5 (30). P. 595–598.

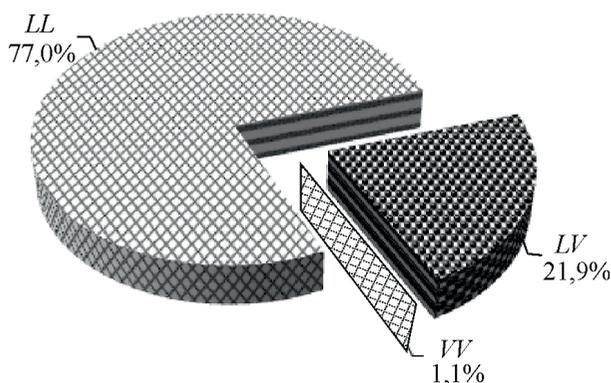


**Рис. 1.** Фореграмма *LV*-полиморфизма гена соматотропина:

М – маркер молекулярного веса; 580, 581, 585, 593, 596, 597, 599 – генотип *LL*; 584, 586–592, 594, 595, 598, 512 (положительный контроль) – генотип *LV*

**Fig. 1.** Foregram of *LV*-polymorphism of the somatotropin gene:

М – molecular weight marker; 580, 581, 585, 593, 596, 597, 599 – *LL* genotype; 584, 586–592, 594, 595, 598, 512 (positive control) – *LV* genotype



**Рис. 2.** Частота встречаемости различных генотипов гормона роста в выборке

**Fig. 2.** The occurrence of growth hormone genotypes in the sample

встречаемости аллеля *L* составила 0,883%, аллеля *V* – 0,117%. Аналогичные данные получены и другими учеными [2, 12].

В табл. 1 приведены результаты исследования взаимосвязи генотипов соматотропина с хозяйственно-полезными признаками коров на основе данных за первую лактацию.

Таким образом, от коров с генотипом *LL* было получено на 602 кг молока больше, чем от животных с генотипом *LV* ( $p \leq 0,01$ ), и на 2334 кг молока больше по сравнению с представителями генотипа *VV* ( $p \leq 0,05$ ). По живой массе особи с генотипом *LL* на 17 кг превосходили носителей генотипа *LV* ( $p \leq 0,01$ ), на 2 кг – носителей генотипа *VV*.

**Табл. 1.** Молочная продуктивность и живая масса коров с различными генотипами соматотропина в период первой лактации ( $n = 270$ ;  $X \pm S_x$ )

**Table 1.** Indicators of milk productivity and live weight of cows for the first lactation with different genotypes of somatotropin ( $n = 270$ ;  $X \pm S_x$ )

Генотип	Количество голов	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	Живая масса, кг
<i>LL</i>	206	8008 ± 103	3,99 ± 0,01	3,09 ± 0,01	577 ± 2
<i>LV</i>	62	7406 ± 165	3,96 ± 0,03	3,06 ± 0,01	560 ± 5
<i>VV</i>	2	5674 ± 875	4,15 ± 0,20	3,12 ± 0,10	575 ± 177
<i>LV-LL</i>	–	–602**	–0,03	–0,03*	–17**
<i>VV-LL</i>	–	–2334*	0,16	0,03	–2

\* $p \leq 0,05$ .

\*\* $p \leq 0,01$ .

**Табл. 2.** Молочная продуктивность и живая масса коров с различными генотипами соматотропина в период третьей лактации ( $n = 270$ ;  $X \pm S_x$ )

**Table 2.** Indicators of milk productivity and live weight of cows for the third lactation with different genotypes of somatotropin ( $n = 270$ ;  $X \pm S_x$ )

Генотип	Количество голов	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	Живая масса, кг
<i>LL</i>	206	9297 ± 132	3,95 ± 0,01	3,17 ± 0,01	644 ± 4
<i>LV</i>	62	9095 ± 264	3,98 ± 0,03	3,12 ± 0,02	644 ± 9
<i>VV</i>	2	7106 ± 537	3,96 ± 0,52	3,24 ± 0,15	661 ± 69
<i>LV-LL</i>	–	–202	0,03*	–0,05	0
<i>VV-LL</i>	–	–2191*	0,01	0,07	17

\* $p \leq 0,001$ .

По содержанию молочного жира коровы с генотипом *VV* на 0,16% опережали животных с генотипом *LL*. По содержанию белка в молоке носительницы генотипа *LL* превосходили носительниц генотипа *LV* на 0,03% ( $p \leq 0,05$ ). При этом коровы, обладающие генотипом *VV*, отличались наивысшим содержанием белка – 3,12%.

В табл. 2 представлены результаты исследования взаимосвязи живой массы коров и их молочной продуктивности за третью лактацию с *LV*-полиморфизмом гена соматотропина.

Установлено, что животные с генотипом *LL* на 202 кг превосходят по удою животных с генотипом *LV*, с генотипом *VV* – на 2191 кг ( $p \leq 0,001$ ). Коровы – носительницы генотипа *VV* – имеют более высокое содержание белка в молоке. Разница со сверстницами у них составляет от 0,07 до 0,12%. Представители генотипа *LV* по показателям МДЖ опережают носительниц генотипов *LL* и *VV* на 0,03 и 0,02% соответственно. Особи с генотипом *VV* имеют большую живую массу, чем животные с генотипами *LL* и *LV* (разница составляет 17 кг). Ввиду малой распространенности генотипа *VV* сложно сделать выводы о его влиянии на живую массу и хозяйственно-полезные качества.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, установлено, что в популяции голштинизированного черно-пестрого скота значительно преобладают носители генотипа *LL*, в то время как генотип *VV* имеют единичные особи. Аллель *L* встречается у 88% животных.

По итогам первой лактации молочная продуктивность коров с генотипом *LL* оказалась на 600–2000 кг выше, чем у носительниц других генотипов, по содержанию жира и белка в молоке отличились носительницы генотипа *VV*, что связано с низкой молочной продуктивностью.

По результатам третьей лактации от представительниц генотипа *LL* было получено молока на 200–2000 кг больше, чем от носительниц других генотипов, у животных с генотипом *VV* зафиксирован меньший удой, но большее содержание белка в молоке.

На основе проведенных исследований можно сделать выводы, что генотип *LL* обуславливает обильномолочность коров голштинизированной черно-пестрой породы, а животные с генотипом *VV* имеют тенденцию к высокому содержанию белка в молоке. Следовательно, можно рекомендовать сельскохозяйственным организациям для повышения молочной продуктивности поголовья вести селекционную работу по увеличению количества коров – носительниц генотипа *LL*.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багаль Е.И., Павлова И.Ю., Хабибрахманова Я.А., Калашикова Л.А., Ялуга В.Л. Генотипирование холмогорского и голштинского скота по генам пролактина и соматотропина // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 5. С. 11–13.
2. Бобрышова Г.Т., Суржикова Е.С., Чудновец А.И. Полиморфизм гена гормона роста (GH) и его взаимосвязь с продуктивны-

- ми качествами коров ярославской породы // Главный зоотехник. 2019. № 12. С. 31–37.
3. Некрасов Д.К., Колганов А.Е., Калашникова Л.А., Семашкин А.В. Взаимосвязь полиморфных вариантов генов пролактина, гормона роста и каппа-казеина с молочной продуктивностью коров ярославской породы // Аграрный вестник Верхневолжья. 2017. № 1 (18). С. 40–48.
  4. Dzhulamanov K.M., Gerasimov N.P., Dubovskova M.P., Baktygalieva A.T. Polymorphisms of CAPN1, CAST, GDF5, TG5 and GH genes in Russian Hereford cattle // Bulgarian journal of agricultural science. 2019. N 25 (23). P. 75–79.
  5. Копылов К.В., Бирюкова О.Д., Березовский А.В., Басовский Д.Н. Генетический мониторинг в стаде украинской краснопестрой молочной породы по комплексу генов // Технология виробництва і переробки продукції тваринництва. 2015. № 1 (116). С. 28–31.
  6. Валитов Ф.Р. Взаимосвязь полиморфных вариантов гена соматотропина и тиреоглобулина с молочной продуктивностью коров черно-пестрой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 284–287.
  7. Позовникова М.В., Сердюк Г.Н., Погорельский И.А., Тулинов О.В. Генетическая структура коров молочных пород по ДНК-маркерам и влияние их генотипов на молочную продуктивность // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 2. С. 8–12.
  8. Сафина Н.Ю., Гилемханов И.Ю., Зиннатова Ф.Ф., Шакиров Ш.К. Характеристика молочной продуктивности коров-первотелок с разными генотипами соматотропина (GH) // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (54). С. 58–61. DOI: 10.12737/article\_5db9535ed384a3.87060395.
  9. Юльметьева Ю.Р., Шакиров Ш.К. Участие генов-кандидатов липидного обмена в формировании продуктивности коров // Молочное и мясное скотоводство. 2017. № 1. С. 10–13.
  10. Sari E.M., Yunus M., Noor R.R., Sumantri C., Han J.L. Identification of single nucleotide polymorphism on growth hormone gene in Aceh cattle // Media peternakan. 2013. N 1 (36). P. 21–25. DOI: 10.5398/medpet.2013.36.1.21.
  11. Özkan Ünal E., Sönmez G., Soysal M.İ., Kepenek E.Ş., Dinç H., Özer F., Togan İ.Z. Growth hormone (GH), prolactin (PRL), and diacylglycerol acyltransferase (DGAT1) gene polymorphisms in Turkish native cattle // Turkish journal of zoology. 2015. N 5 (39). P. 734–748. DOI: 10.3906/zoo-1409-9.
  12. Chessa S., Nicolazzi E.L., Nicoloso L., Negri R., Marino R., Ajmone Marsan P., Vicario D., Valentini A. Analysis of candidate snps affecting milk and functional traits in the dual-purpose Italian Simmental cattle // Stefanon Livestock science. 2015. Vol. 173. P. 1–8. DOI: 10.1016/j.livsci.2014.12.015.

## REFERENCES

1. Bagal E.I., Pavlova I.Yu., Khabibrakhmanova Ya.A., Kalashnikova L.A., Yaluga V.L. Genotyping Kholmogor and Holstein cattle in the genes of prolactin and somatotropin. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhoziyastvennih nauk = Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 2014, no. 5, pp. 11–13. (In Russian).
2. Bobryshova G.T., Surzhikova E.S., Chudnovets A.I. Polymorphism of the growth hormone gene (GH) and its relationship with the productive qualities of cows of the Yaroslavl breed. *Glavniy zootekhnik = Head of Animal Breeding*, 2019, no. 12, pp. 31–37. (In Russian).
3. Nekrasov D.K., Kolganov A.E., Kalashnikova L.A., Semashkin A.V. The relationship of polymorphic variants of genes of the prolactin, growth hormone and kappa-casein with milk productivity of cows of the Yaroslavl breed. *Agrarniy vestnik Verkhnevolzhiya = Agrarian journal of Upper Volga region*, 2017, no. 1 (18), pp. 40–48. (In Russian).
4. Dzhulamanov K.M., Gerasimov N.P., Dubovskova M.P., Baktygalieva A.T. Polymorphisms of CAPN1, CAST, GDF5, TG5 and GH genes in Russian Hereford cattle. *Bulgarian journal of agricultural science*, 2019, no. 25 (23), pp. 75–79.
5. Kopylov K.V., Biryukova O.D., Berезovsky A.V., Basovsky D.N. The genetic monitoring in the herd of the Ukrainian Red-and-White dairy breed on gene complex. *Technologii proizvodstva i pererabotki produkzii zhivotnovodstva = Technology of production and processing of cattle breeding products*, 2015, no. 1 (116), pp. 28–31.
6. Valitov F.R. Association of polymorphic variants of somatotropin and thyroglobulin genes with milk yields of Black-and-White cows.

- Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2018, no. 4 (72), pp. 284–287. (In Russian).
7. Pozovnikova M.V., Serdyuk G.N., Pogorelsky I.A., Tulinov O.V. Genetic structure of milk cows in relation to DNA-markers and influence of their genotypes on lactation performance. *Molochnoye i miasnoye skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2016, no. 2, pp. 8–12. (In Russian).
  8. Safina N.Yu., Gilemkhanov I.Yu., Zinnatova F.F., Shakirov Sh.K. Characteristics of milk productivity of cows-heifers with different genotypes of somatotropin (GH). *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Kazan State Agrarian University*, 2019, no. 3 (54), pp. 58–61. (In Russian). DOI: 10.12737/article\_5db9535ed384a3.87060395.
  9. Yulmet'eva Yu.R., Shakirov Sh.K. Involvement of lipid metabolism candidate genes in the productivity formation of cows. *Molochnoye i miasnoye skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2017, no. 1, pp. 10–13. (In Russian).
  10. Sari E.M., Yunus M., Noor R.R., Sumantri C., Han J.L. Identification of single nucleotide polymorphism on growth hormone gene in Aceh cattle. *Media peternakan*, 2013, no. 1 (36), pp. 21–25. DOI: 10.5398/medpet.2013.36.1.21.
  11. Özkan Ünal E., Sönmez G., Soysal M.İ., Kepenek E.Ş., Dinç H., Özer F., Togan İ.Z. Growth hormone (GH), prolactin (PRL), and diacylglycerol acyltransferase (DGAT1) gene polymorphisms in Turkish native cattle. *Turkish journal of zoology*, 2015, no. 5 (39), pp. 734–748. DOI: 10.3906/zoo-1409-9.
  12. Chessa S., Nicolazzi E.L., Nicoloso L., Negrini R., Marino R., Ajmone Marsan P., Vicario D., Valentini A. Analysis of candidate snps affecting milk and functional traits in the dual-purpose Italian Simmental cattle. *Stefanon Livestock science*, 2015, vol. 173, pp. 1–8. DOI: 10.1016/j.livsci.2014.12.015.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Ярышкин А.А.**, научный сотрудник;  
адрес для переписки: Россия, 620142, г. Екатеринбург, ул. Белинского, 112а; e-mail: x2580x@yandex.ru

**Шаталина О.С.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

**Ткаченко И.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

**Лешонок О.И.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

#### AUTHOR INFORMATION

✉ **Andrey A. Yaryshkin**, Researcher; address: 112a, Belinsky St., Yekaterinburg, 620142, Russia; e-mail: x2580x@yandex.ru

**Olga S. Shatalina**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

**Inga V. Tkachenko**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher

**Oksana I. Leshonok**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 15.08.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 24.11.2022  
Дата публикации / Published 22.05.2023



## УБОРКА МЕТОДОМ ОЧЕСА КАК СПОСОБ СНЕГОЗАДЕРЖАНИЯ В УСЛОВИЯХ СТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Чекусов М.С., Юшкевич Л.В., Михальцов Е.М., (✉)Кем А.А.,  
Даманский Р.В., Шмидт А.Н., Ющенко Д.Н.

*Омский аграрный научный центр*

Омск, Россия

(✉)e-mail: kem@anc55.ru

Изучен процесс формирования снежного покрова на полях с различным состоянием поверхности. Исследования проведены весной 2022 г. в степной зоне земледелия Омской области. Рассмотрено влияние высокого стеблестоя зерновых культур, оставшегося после уборки методом очеса на корню, на величину снежного покрова и объема весеннего влагонакопления в почве как резерва для увеличения урожайности в степных районах Западной Сибири. Представлены результаты определения высоты снежного покрова на паровом поле (чистый пар), на полях под зерновыми культурами, убранными разными способами: с помощью жатки для прямого комбайнирования с последующей плоскорезной обработкой почвы; с использованием жатки для прямого комбайнирования без последующей обработки; с применением очесывающей жатки при высоте стеблестоя во время уборки до 0,55 м. В ходе исследования установлено, что при уборке методом очеса запасы влаги в снежном покрове оказались в 2,2 раза больше по сравнению со стерневым фоном, в 3,7 раза выше относительно стерневого фона, обработанного плоскорезом, в 4,1 раза больше по сравнению с паровым полем (контроль). На основе полученных данных сделан вывод о возможности применения указанного метода с целью формирования условий для влагонакопления в засушливой степной зоне без проведения дополнительных мероприятий по снегозадержанию, что должно положительно сказаться не только на урожайности возделываемых культур, но и на агроэкономических показателях.

**Ключевые слова:** степная зона, снегозадержание, уборка зерновых методом очеса, запасы влаги в снеге, продуктивная влага

## STRIPPING AS A SNOW RETENTION METHOD IN THE STEPPE CONDITIONS OF WESTERN SIBERIA

Chekusov M.S., Yushkevich L.V., Mikhaltsov E.M., (✉)Kem A.A.,  
Damansky R.V., Schmidt A.N., Yushchenko D.N.

*Omsk Agrarian Research Center*

Omsk, Russia

(✉)e-mail: kem@anc55.ru

The process of snow cover formation on the fields with different surface conditions was studied. The research was conducted in the spring of 2022 in the steppe farming zone of the Omsk region. The effect of high plant stand of cereal crops remaining after harvesting by standing crop stripping on the amount of snow cover and the volume of spring moisture accumulation in the soil as a reserve for increasing the yield in the steppe regions of Western Siberia is considered. The results of determining the height of snow cover on a fallow field (complete fallow), on fields under grain crops har-

vested by different methods: with a direct harvester followed by flat tillage; with a direct harvester without subsequent tillage; with a combing harvester at the height of the stem during harvesting up to 0.55 m are presented. In the course of the study it was found that during harvesting by the stripping method, the moisture reserves in the snow cover were 2.2 times higher compared to the stubble background, 3.7 times higher compared to the stubble background treated with a flat cutter, and 4.1 times higher compared to the fallow field (control). Based on the data obtained, the conclusion is made about the possibility of using this method to form the conditions for moisture accumulation in the arid steppe zone without additional measures for snow retention, which should have a positive impact not only on the yield of cultivated crops, but also on the agro-economic indicators.

**Keywords:** steppe zone, snow retention, grain harvesting by stripping, snow depth, moisture reserves in snow, productive moisture

**Для цитирования:** Чекусов М.С., Юшкевич Л.В., Михальцов Е.М., Кем А.А., Даманский Р.В., Шмидт А.Н., Ющенко Д.Н. Уборка методом очеса как способ снегозадержания в условиях степи Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 4. С. 114–120. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-13>

**For citation:** Chekusov M.S., Yushkevich L.V., Mikhaltsov E.M., Kem A.A., Damansky R.V., Schmidt A.N., Yushchenko D.N. Stripping as a snow retention method in the steppe conditions of Western Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 4, pp. 114–120. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-13>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Западная Сибирь является одним из основных регионов, традиционно обеспечивающих продовольственную безопасность России возделыванием зерновых, зернобобовых и других сельскохозяйственных культур. На данную территорию приходится от 10 до 22% общероссийского валового сбора. При этом Омская область занимает 2-е место в Сибирском федеральном округе по величине посевных площадей под зерновыми и объему ежегодных валовых сборов, уступая только Алтайскому краю: среднегодовая урожайность зерновых в Омской области составляет 14,8 ц/га, что соответствует 5-му месту в десятке регионов, входящих в СФО<sup>1</sup>.

Возделывание зерновых культур в Омской области сосредоточено преимущественно в степной и южной лесостепной зонах. Основным фактором, ограничивающим полу-

чение в регионе более высоких урожаев, является недостаточное количество осадков. Складывающаяся ситуация усугубляется неравномерностью их выпадения в течение вегетационного периода и высокой испаряемостью (до 2–4 мм в сутки в весенний период). Невегетационные осадки составляют около 30–50% от годового объема, из этого количества почвой аккумулируется только 25–40%<sup>2</sup>. Потери влаги в степной и лесостепной зонах достигают 80–120 мм, что обуславливает недополучение до 0,8–1,2 т/га зерна<sup>3</sup>.

Накопление и сохранение почвенной влаги являются одними из главных проблем земледелия в степной зоне Западной Сибири<sup>4</sup> [1]. Создание условий для накопления зимних осадков на поверхности поля и препятствования их переносу ветрами на аридных территориях – действенный способ пополнения ограниченных влагозапасов.

<sup>1</sup>Единая межведомственная информационно-статистическая система / Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/30950> (дата обращения: 21.03.2022 г.).

<sup>2</sup>Холмов В.Г., Юшкевич Л.В. Интенсификация и ресурсосбережение в земледелии лесостепи Западной Сибири: монография. Омск, 2005. 396 с.

<sup>3</sup>Панфилов В.П. Почвы степной зоны // Агрофизическая характеристика почв Западной Сибири. Новосибирск, 1976. С. 336–408.

<sup>4</sup>Краснощеков Н.В., Ковтунов В.Е., Макаров А.Р., Черепанов М.Е. Комбинированное снегозадержание – важнейший элемент почвозащитного земледелия // Вестник сельскохозяйственной науки. 1980. № 11. С. 42–45.

Известно, что равномерного распределения снежного покрова и увеличения его высоты на полях можно достичь высевом горчичных или подсолнечных кулис, оставлением высокой стерни, проведением мероприятий по снегозадержанию в зимний период и др.<sup>5-7</sup>

Решению проблемы организации снегозадержания, накопления и сохранения талых вод в почве посвящено значительное количество исследований<sup>8, 9</sup> [2–4]. Их авторами установлена результативность комплекса мероприятий по влагонакоплению. На протяжении длительного периода (1970–1980-е годы) в России применялись различные машины и целый комплекс лесотехнических мероприятий, направленных на снегозадержание и влагонакопление. Однако в дальнейшем сложившаяся в сельскохозяйственной отрасли экономическая ситуация заставила товаропроизводителей минимизировать свои затраты [5], что стало причиной отказа от реализации ряда влагонакопительных агроприемов. Ошибочность такого подхода подтверждается исследованиями, проведенными уже после практически повсеместного отказа на территории Западной Сибири от операций по снегозадержанию [6–10].

Недостаточное внимание, уделяемое приемам влагонакопления и снегозадержания, приводит к недобору урожая в результате снижения объемов влагонакопления, поступления талых вод в почву, переуплотненную энергонасыщенной техникой<sup>10</sup>.

В нынешних условиях альтернативой специализированным орудиям, применяемым во время мероприятий по снегозадер-

жанию, могут быть очесывающие жатки, оставляющие после уборки урожая более 80% стеблестоя неповрежденным. Использование очесывающих жаток является одним из способов, позволяющих увеличить запасы снега без дополнительных операций по снегозадержанию.

В 2021, 2022 гг. на полях научно-производственного хозяйства (НПХ) «Новоуральское» Омского аграрного научного центра были проведены исследования, целью которых стало изучение влияния высокого стеблестоя зерновых культур, оставшегося после уборки методом очеса на корню, на высоту снежного покрова и величину весеннего влагонакопления в почве как резерва для увеличения урожайности в степной зоне земледелия Западной Сибири.

В задачи исследования входили определение в осенний период уровня влагозапасов в почве, сравнение высоты снежного покрова весной и запасов продуктивной влаги перед посевом на участках после уборки зерновых прямым комбайнированием и методом очеса на корню, оценка возможности использования указанных методов для повышения уровня урожайности на территории Западной Сибири.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Осенью 2021 г. на полях с различным состоянием поверхностного слоя, расположенных в степной зоне Омской области, были размечены участки для проведения весенних измерений. Опыт предусматривал следующие варианты: чистый пар (контроль), поле после однофазной уборки зерновых с последующей обработкой плоскорезом,

<sup>5</sup>Макаров А.Р., Черепанов М.Е., Юшкевич Л.В. Ресурсы почвенной влаги в засушливом земледелии Западной Сибири: монография. Омск, 1992. 146 с.

<sup>6</sup>Домрачев В.А., Кем А.А., Ковтунов В.Е., Красильников Е.В., Шевченко А.П. Механизация процессов селекции, земледелия и растениеводства: монография. Омск, 2011. 190 с.

<sup>7</sup>Лобанов В.И., Макарычев С.В., Демиденко С.В., Демин В.А. Влияние полосного снегозадержания на температурный режим черноземов в зимний период // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2009. № 2 (52). С. 19–22.

<sup>8</sup>Слесарев В.Н., Юшкевич Л.В., Ковтунов В.Е., Щитов А.Г. Щелевание почвы – важный фактор влагонакопления // Земледелие. 1986. № 8. С. 35–38.

<sup>9</sup>Танюкевич В.В., Михеев Н.В. Мелиоративное влияние позахватных лесных полос в степной зоне при малоснежных зимах // Мелиорация и водное хозяйство. 2012. № 5. С. 21–23.

<sup>10</sup>Михальцов Е.М., Даманский Р.В. О повышении эффективности эксплуатации тракторов в сельском хозяйстве // Перспективные технологии в аграрном производстве: человек, «цифра», окружающая среда: материалы междунар. науч.-практ. конф. Омск, 2021. С. 317–321.

поле после уборки зерновых прямым комбайнированием без обработки и поле зерновых, убранное методом очеса при высоте стеблестоя во время уборки до 0,55 м. Почва – обыкновенный среднесиловый легкоголистый чернозем с содержанием гумуса 5,4%.

Весной 2022 г. до начала таяния снега на размеченных участках были проведены замеры величины снежного покрова, сформировавшегося в зимний период, позднее (перед посевом) определены запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы. Необходимость повторных измерений высоты снежного покрова возникла после выпадения порции осадков в виде снега через несколько дней после проведения первичных замеров. Снегосъемка осуществлялась на полях, имеющих различные характеристики поверхностного слоя.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Измерение снежного покрова проводили 9 и 29 марта 2022 г. с помощью весового снегомера ВС-43 согласно методике, изложенной в руководстве по эксплуатации прибора, по диагонали поля в 15-кратной повторности (см. табл. 1).

Анализ данных, представленных в табл. 1, свидетельствует о том, что к весен-

нему периоду снежный покров наименьшей высоты сформировался на паровом фоне. При этом высота снежного покрова росла по мере увеличения количества и высоты пожнивных остатков на поверхности. Таким образом, с учетом величины снежного покрова варианты можно расположить в следующем порядке (по возрастанию): 1) чистый пар; 2) поле, убранное с помощью жатки для прямого комбайнирования с последующей плоскорезной обработкой; 3) поле со стерней зерновых на поверхности после уборки жаткой для прямого комбайнирования; 4) поле со стеблестоем пшеницы высотой до 55 см после уборки методом очеса.

Для определения результирующего влияния стеблестоя, оставшегося на поле после уборки зерновых методом очеса, на содержание продуктивной влаги в почве установлены запасы влаги в вариантах с уборкой прямым комбайнированием и разбрасыванием измельченной соломы, а также с уборкой методом очеса. Полученные результаты представлены в табл. 2 и на рисунке.

На основе анализа показателей влагозапаса можно отметить, что в районе проведения опыта в 2022 г. от схода снега до посева осадков в виде дождя не выпадало.

Сравнение данных об осенних (во время уборки) и весенних (перед посевом) запасах

**Табл. 1.** Высота снежного покрова и запасы влаги в снеге на полях с различным состоянием поверхностного слоя почвы

**Table 1.** The height of the snow cover and the moisture reserves in the snow in the fields with different conditions of the surface soil layer

Вариант	09.03.2022 г.		29.03.2022 г.		Превышение относительно контроля, %	
	Высота снежного покрова, см	Запасы влаги в снеге, мм	Высота снежного покрова, см	Запасы влаги в снеге, мм	по высоте снежного покрова	по запасам влаги в снеге
Чистый пар (контроль)	8,1	21,3	10,4	28,7	–	–
Стерня после прямого комбайнирования с последующей плоскорезной обработкой	11,1	23,1	12,8	31,6	23,1	10,1
Стерня после прямого комбайнирования без обработки	19,9	37,5	19,3	47,1	85,6	64,1
Стеблестой после уборки методом очеса	51,3	111,6	49,3	116,3	374,0	305,2

продуктивной влаги свидетельствует об интенсивной потере влаги почвой в весенний период. Так, весенние запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы на стерневом фоне после уборки прямым комбайнированием составили всего 48,6 мм, или 60,5%. На участке, где уборка проводилась методом

очеса на корню, в 100 см почвы к моменту посева сохранилось 96,6 мм продуктивной влаги, или 120,3%. Здесь наблюдается результирующее влияние инфильтрации в почву влаги зимних осадков и ее испарения с поверхности почвы преимущественно в весенний период.

**Табл. 2.** Запасы продуктивной влаги в почве на 30.09.2021 г. и 19.05.2022 г., мм

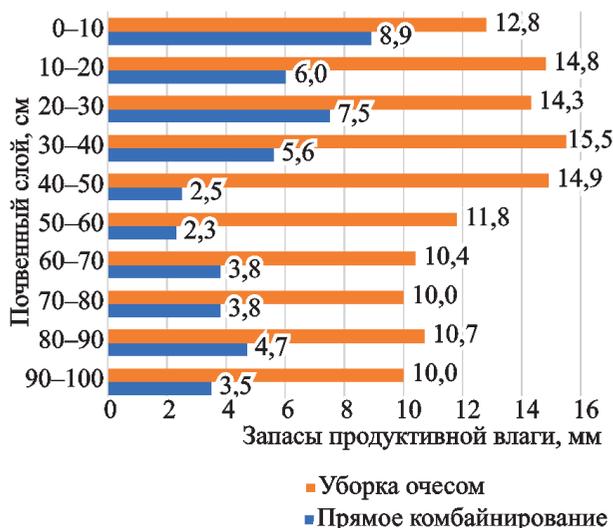
**Table 2.** Reserves of productive moisture in the soil as of 30.09.2021 and 19.05.2022, mm

Вариант	Слой почвы, см		
	0–50	50–100	0–100
<i>30.09.2021 г.</i>			
Посевы до уборки урожая	35,4	44,9	80,3
<i>19.05.2022 г.</i>			
Стерня после уборки традиционной жаткой с разбрасыванием измельченной соломы (высота среза 12–15 см)	30,5	18,1	48,6
Стеблестой после уборки очесом (высота стеблестоя 55 см)	49,2	47,4	96,6
Прибавка на участке, убранном методом очеса на корню, по сравнению с традиционно убраным участком, %	61,3	161,9	98,8

Показатели, представленные в табл. 2, свидетельствуют о том, что в метровом слое почвы к моменту посева на участке, убранном методом очеса на корню, сохранилось практически вдвое больше продуктивной влаги относительно участка, убранного по

технологии прямого комбайнирования. Еще значительнее эта разница для нижнего слоя почвы (50–100 см). В нем увлажнение на участке, убранном методом очеса, более чем в 2,6 раза превышает увлажнение на участке, убранном прямым комбайнированием.

Большее количество продуктивной влаги зафиксировано во всех горизонтах метрового слоя почвы на участке, где уборка пшеницы проводилась методом очеса (см. рисунок). Наибольшее различие наблюдалось в слоях 40–50 и 50–60 см: 12,4 и 9,5 мм соответственно, или 496 и 413% от уровня увлажненности участка, убранного методом однофазной уборки.



Распределение запасов продуктивной влаги по 10-сантиметровым слоям

Distribution of productive moisture reserves in 10-cm layers

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уборка зерновых методом очеса способствует накоплению снега на поверхности поля. В ходе исследования установлено, что к моменту таяния снега при уборке методом очеса запасы влаги в снежном покрове оказались в 2,2 раза больше по сравнению со стерневым фоном, в 3,7 раза выше относительно стерневого фона, обработанного плоскоре-

зом, в 4,1 раза больше по сравнению с паровым полем (контроль).

Результаты проведенного опыта показали, что стеблестой, оставшийся после уборки зерновых методом очеса на корню, имеет преимущества перед уборкой прямым комбайнированием в плане не только формирования снежного покрова большей высоты, но и накопления и сохранения влаги в почве. За период от уборки до весеннего посева на стерневом участке наблюдалось снижение запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы до 48,6 мм (60,5% от уровня осенних влагозапасов), в то время как на стеблестое после очеса этот же показатель составил 96,6 мм (120,3% от уровня осенних влагозапасов).

Полученные данные свидетельствуют о том, что на поверхности поля зерновых, убранных методом очеса, создаются условия, препятствующие сносу снежного покрова с поверхности поля и способствующие сохранению почвенной влаги до посева. Таким образом, уборка зерновых методом очеса позволяет без дополнительных финансовых затрат на проведение механизированного снегозадержания создать более благоприятные условия для повышения весенних влагозапасов и, как следствие, урожайности культур.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Неверов А.А.* Прогнозирование почвенных влагозапасов на основе статистического моделирования природных процессов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (82). С. 14–18.
2. *Ковтунов В.Е., Мяло В.В., Байдикина Т.М.* Технология и средства механизации для снегозадержания на полях Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2013. № 4 (12). С. 69–70.
3. *Константинов М.М., Коровин Ю.И., Глушков И.Н., Пашинин С.С.* Оценка качества снегозадержания на стерневых кулисах, сформированных при работе порционной жатки со специальным устройством // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2019. № 1 (41). С. 114–119.
4. *Максютов Н.А., Жданов В.М., Скороход*

*дов В.Ю., Кафтан Ю.В., Митрофанов Д.В., Зенкова Н.А., Жижин В.Н.* Влагоберегающие приемы и технологии в земледелии Оренбуржья // Зерновое хозяйство России. 2015. № 6. С. 67–72.

5. *Гусев А.Ю., Хосиев Б.Н., Шкапенков С.И., Харчева И.В.* Проблемы и перспективы развития ценовой политики на примере АПК Рязанской области // Вестник Тверского государственного университета. Сер.: Экономика и управление. 2016. № 2. С. 166–173.
6. *Шитиков Н.В., Пигорев И.Я.* Снегозадержание и формирование водного режима сельскохозяйственных земель Центрального Черноземья России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3. С. 39–47.
7. *Максютов Н.А., Жданов В.М., Скороходов В.Ю., Кафтан Ю.В., Митрофанов Д.В., Зенкова Н.А., Жижин В.Н.* Влагоберегающие приемы и технологии в земледелии Оренбуржья // Вестник мясного скотоводства. 2015. № 2 (90). С. 126–133.
8. *Ирмулатов Б.Р., Власенко А.Н.* Повышение влагообеспеченности агроценозов и урожайность культур в условиях Павлодарского Прииртышья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. Т. 47. № 2 (255). С. 5–12.
9. *Астафьев В.Л., Иванченко П.Г., Малыгин С.Л.* Эффективный способ накопления влаги зимних осадков и технические средства для его осуществления // АПК России. 2016. Т. 75. № 1. С. 59–64.
10. *Астафьев В.Л.* Рациональный способ формирования стерневых кулис в Северном Казахстане // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019. Т. 13. № 1. С. 9–13.

## REFERENCES

1. Neverov A.A. Prediction of soil moisture reserves on the basis of statistical modeling of natural processes. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2020, no. 2 (82), pp. 14–18. (In Russian).
2. Kovtunov V.E., Myalo V.V., Baydikova T.M. Improvement of technology and means of mechanization for snow retention on fields of Siberia. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Omsk*

- SAU, 2013, no. 4 (12), pp. 69–70. (In Russian).
3. Konstantinov M.M., Korovin Yu.I., Glushkov I.N., Pashinin S.S. Assessment of the quality of snow retention on stubble wings formed during the operation of a portion harvester with a special device. *Vestnik Ryzanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kosticheva = Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*, 2019, no. 1 (41), pp. 114–119. (In Russian).
  4. Maksyutov N.A., Zhdanov V.M., Skorokhodov V.Yu., Kaftan Yu.V., Mitrofanov D.V., Zenkova N.A., Zhizhin V.N. Moisture saving methods and technologies in Orenburg agriculture. *Zernovoye hoziaystvo Rossii = Grain Economy of Russia*, 2015, no. 6, pp. 67–72. (In Russian).
  5. Gusev A.Yu., Khosiev B.N., Shkapenkov S.I., Kharcheva I.V. Problems and prospects of pricing policy development on the example of agro-industrial complex in Ryazan region. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravleniye = Bulletin of Tver State University. Series: Economics and Management*, 2016, no. 2, pp. 166–173. (In Russian).
  6. Shitikov N.V., Pigorev I.Ya. Snow retention and formation of water regime of agricultural land in the Central Chernozem region of Russia. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhoziaystvennoy akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2022, no. 3, pp. 39–47. (In Russian).
  7. Maksyutov N.A., Zhdanov V.M., Skorokhodov V.Yu., Kaftan Yu.V., Mitrofanov D.V., Zenkova N.A., Zhizhin V.N. Moisture-saving methods and technologies in agriculture of the Orenburg region. *Vestnik miyasnogo skotovodstva = Herald of Beef Cattle Breeding*, 2015, no. 2 (90), pp. 126–133. (In Russian).
  8. Irmulatov B.R., Vlasenko A.N. Improvement of moisture availability of agrocenoses and productivity of crops in the areas of Pavlodar region near the Irtysh. *Sibirskii vestnik sel'skokhoziaystvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2017, vol. 47, no. 2 (255), pp. 5–12. (In Russian).
  9. Astafiev V.L., Ivanchenko P.G., Malygin S.L. An effective way of accumulating winter precipitation moisture and technical equipment for its implementation. *APK Rossii = Agro-Industrial Complex of Russia*, 2016, vol. 75, no. 1, pp. 59–64. (In Russian).
  10. Astafiev V.L. Rational way of forming stubble coulisses under North Kazakhstan conditions. *Sel'skokhoziaystvenniye mashini i tekhnologii = Agricultural Machinery and Technologies*, 2019, vol. 13, no. 1, pp. 9–13. (In Russian).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Чекусов М.С.**, кандидат технических наук, директор

**Юшкевич Л.В.**, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией, главный научный сотрудник

**Михальцов Е.М.**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

✉ **Кем А.А.**, кандидат технических наук, заведующий отделом, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 644012, г. Омск, пр. Академика Королева, 26; e-mail: kem@anc55.ru

**Даманский Р.В.**, научный сотрудник

**Шмидт А.Н.**, научный сотрудник

**Ющенко Д.Н.**, старший научный сотрудник

## AUTHOR INFORMATION

**Maxim S. Chekusov**, Candidate of Science in Engineering, Director

**Leonid V. Yushkevich**, Doctor of Agricultural Sciences, Laboratory Head, Head Researcher

**Evgeny M. Mikhaltsov**, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher

✉ **Alexander A. Kem**, Candidate of Science in Engineering, Department Head, Lead Researcher; **address:** 26, Akademika Koroleva Ave., Omsk, 644012, Russia; e-mail: kem@anc55.ru

**Roman V. Damansky**, Researcher

**Andrey N. Schmidt**, Researcher

**Denis N. Yushchenko**, Senior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 13.10.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 10.01.2023  
Дата публикации / Published 22.05.2023

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

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, семеноводство и биотехнология растений;
- агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений;
- кормопроизводство;
- инфекционные болезни и иммунология животных;
- частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства;
- разведение, селекция, генетика и биотехнология животных;
- технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса;
- пищевые системы.

Статья, направляемая в редакцию, должна соответствовать тематическим разделам журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»:

Наименование рубрики	Шифр и наименование научной специальности в соответствии с Номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени
Земледелие и химизация	4.1.1. Общее земледелие и растениеводство 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
Растениеводство и селекция	4.1.1. Общее земледелие и растениеводство 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений
Защита растений	4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
Кормопроизводство	4.1.1. Общее земледелие и растениеводство 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
Зоотехния и ветеринария	4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных
Механизация, автоматизация, моделирование и информационное обеспечение	4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса
Переработка сельскохозяйственной продукции	4.3.3. Пищевые системы
Проблемы. Суждения Научные связи Из истории сельскохозяйственной науки Краткие сообщения Из диссертационных работ	4.1.1. Общее земледелие и растениеводство 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений 4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса 4.3.3. Пищевые системы

В журнале также публикуются обзоры, краткие сообщения, хроника, рецензии, книжные обозрения, материалы по истории сельскохозяйственной науки и деятельности учреждений и ученых.

Число публикаций одного автора в номере журнала не должно превышать двух, при этом вторая статья допустима лишь в соавторстве.

К рассмотрению принимаются материалы от различных категорий исследователей, аспирантов, докторантов, специалистов и экспертов в соответствующих областях знаний.

Все статьи рецензируются и имеют зарегистрированный в системе CrossRef индекс DOI.

Публикации для авторов **бесплатны**.

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.

## ПОРЯДОК НАПРАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ СТАТЕЙ

1. Отправка статьи осуществляется через электронную редакцию на сайте журнала <https://sibvest.elpub.ru/jour/index>. После предварительной регистрации автора в правом верхнем углу страницы выбрать опцию «Отправить рукопись». Затем загрузить рукопись статьи (в формате \*.doc или \*.docx) и сопроводительные документы к ней. После завершения загрузки материалов обязательно выбрать опцию «Отправить письмо», в этом случае редакция автоматически будет уведомлена о получении новой рукописи.

Сопроводительные документы к рукописи статьи:

- скан-копия письма от организации с подтверждением авторства и разрешением на публикацию (образец на <http://sibvest.elpub.ru/>);
- скан-копия авторской справки по представленной форме (образец на <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;
- скан-копия рукописи с подписями авторов. Автор, подписывая рукопись и направляя ее в редакцию, тем самым передает авторские права на издание этой статьи СФНЦА РАН;
- анкеты авторов на русском и английском языках (образец на <http://sibvest.elpub.ru/>);
- скан-копия справки из аспирантуры (для очных аспирантов).

2. Все поступающие в редакцию рукописи статей регистрируются через систему электронной редакции. В личном кабинете автора отражается текущий статус рукописи.

3. Нерецензируемые материалы (материалы научной хроники, рецензии, книжные обозрения, материалы по истории сельскохозяйственной науки и деятельности учреждений и ученых) направляются на e-mail: [sibvestnik@sfcsa.ru](mailto:sibvestnik@sfcsa.ru) и регистрируются ответственным секретарем.

## ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

Текст рукописи оформляется шрифтом Times New Roman, кеглем 14 с интервалом 1,5, все поля 2,0 см, нумерация страниц внизу. Объем статьи не более 15 страниц (включая таблицы, иллюстрации и библиографию); статей, размещаемых в рубриках «Из диссертационных работ» и «Краткие сообщения», – не более 7 страниц.

**Структура оформления статьи:**

1. **УДК**
2. **Заголовок статьи на русском и английском языках (не более 70 знаков).**
3. **Фамилии и инициалы авторов, полное официальное название научного учреждения, в котором проведены исследования, 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.

4. **Реферат на русском и английском языках.** Объем реферата не менее 200–250 слов. 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. 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.

5. **Ключевые слова на русском и английском языках.** 5–7 слов по теме статьи. Желательно, чтобы ключевые слова дополняли реферат и название статьи.

6. **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».

7. **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.

8. **Основной текст статьи.** При изложении оригинальных экспериментальных данных рекомендуется использовать подзаголовки:

**ВВЕДЕНИЕ** (постановка проблемы, цели, задачи исследования)

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ** (условия, методы (методика) исследований, описание объекта, место и время проведения)

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ** или **ВЫВОДЫ**

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.** Количество источников не менее 15. В список литературы включаются только рецензируемые источники: статьи из научных журналов и монографии. Самоцитирование не более 10% от общего количества. Библиографический список должен быть оформлен в виде общего списка в порядке упоминания в тексте, желательны ссылки на источники 2–3-летнего срока давности. Правила оформления списка литературы – в соответствии с ГОСТ Р 7.05–2008 (требования и правила составления библиографической ссылки). 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.

Если необходимо сослаться на авторефераты, диссертации, сборники статей, учебники, рекомендации, учебные пособия, ГОСТы, информацию с сайтов, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и прочее, то такую информацию следует оформить в *сноске* в конце страницы. Сноски нумеруются арабскими цифрами, размещаются постранично сквозной нумерацией.

**Внимание!** Теоретические, обзорные и проблемные статьи могут иметь произвольную структуру, но обязательно должны содержать реферат, ключевые слова, список литературы.

## ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ, REFERENCES И СНОСКИ

### 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., Лапишинов 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 устоявшемся способе транслитерации, англоязычное название статьи, *транслитерация названия русскоязычного источника (например, через сайт: <https://antrophob.ru/translit-bst>) = англоязычное название источника*. Далее оформление для монографии: город, англоязычное название издательства, год, количество страниц; для журнала: год, том, номер, страницы. (In Russian).

**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.

### СНОСКИ:

Цитируемый текст<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Климова 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.

Фотографии, скриншоты и другие нерисованные иллюстрации необходимо загружать отдельно в виде файлов формата \*.jpeg (\*.doc и \*.docx – в случае, если на изображение нанесены дополнительные пометки). Разрешение изображения должно быть >300 dpi. Файлам изображений необходимо присвоить название, соответствующее номеру рисунка в тексте. В описании файла следует отдельно привести подрисуночную подпись, которая должна соответствовать названию фотографии, помещаемой в текст.

Следует обратить внимание на написание формул в статье. Во избежание путаницы необходимо греческие ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\pi$  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.).

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЖУРНАЛОМ И АВТОРОМ

Редакция просит авторов при подготовке статей руководствоваться изложенными выше правилами.

Все поступающие в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» статьи проходят предварительную проверку на соответствие формальным требованиям. На этом этапе редакция оставляет за собой право:

- принять статью к рассмотрению;
  - вернуть статью автору (авторам) на доработку с просьбой устранить ошибки или добавить недостающие данные;
  - вернуть статью автору (авторам) без рассмотрения, оформленную не по требованиям журнала;
  - отклонить статью из-за несоответствия ее целям журнала, отсутствия оригинальности, малой научной ценности.
- Переписка с авторами рукописи ведется через контактное лицо, указанное в рукописи.

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 устранения 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. Отзывная статья помечается знаком «Статья отозвана», на странице статьи размещается информация о причине ее отзыва. Информация об отзыве статьи направляется в базы данных, в которых индексируется журнал.

## ***УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ!***

Подписку на журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»

(как на годовой комплект, так и на отдельные номера)

можно оформить одним из следующих способов:

- в агентстве подписки ГК «Урал-Пресс» по индексу 014973. Ссылка на издание [https://www.ural-press.ru/catalog/97210/8707659/?sphrase\\_id=392975](https://www.ural-press.ru/catalog/97210/8707659/?sphrase_id=392975). В разделе контакты зайти по ссылке <http://ural-press.ru/contact/>, где можно выбрать филиал по месту жительства;
- в редакции журнала (телефон 7-383-348-37-62; e-mail: [sibvestnik@sfscs.ru](mailto:sibvestnik@sfscs.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

12 ISSUES PER YEAR

**Volume 53, No 4 (293)**

DOI: 10.26898



**2023**  
**April**

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

**Deputy Editor-in-Chief** – Tatyana A. Lombanina, Head of the «Agronauka» Publishing House of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

**Editorial board:**

Vladimir V. Azarenko	Dr. Sci. in Engineering, Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. of Belarus, Minsk, Belarus
Victor 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
B. Byambaa	Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Acad. of Mongolian Acad. Sci., Ulaanbaatar, Mongolia
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
Kirill S. Golokhvast	Cor. Mem. of Russ. Acad. Edu., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Olga V. Golub	Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Nikolay P. Goncharov	Acad. of Russ. Acad. Sci., 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
Seyed Ali Johari	Associate Professor, PhD, Sanandaj, Iran
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
Nikolay I. Kashevarov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Valery I. Kiryushin	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia
Sergey N. Mager	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Konstantin Ya. Motovilov	Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Oleg K. Motovilov	Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Askar M. Nametov	Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. Rep. of Kazakhstan, Uralsk, Kazakhstan
Vasil S. Nikolov	Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Sofia, Bulgaria
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. Khramtsov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Omsk, Russia
Sezai Ercisli	Professor, PhD, Erzurum, Turkey
Seung H. Yang	Professor, PhD, Gwangju, Korea



[www.sibvest.elpub.ru](http://www.sibvest.elpub.ru)

Editors *E.M. Isaevich, 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

**Editorial and publisher's address:** PO Box 463, office 456, SFSCA RAS Building, Krasnoobsk, Novosibirsk District, Novosibirsk Region, 630501, Russia.  
**Printing house address:** room 156, SRI of Fodder Crops building, Krasnoobsk, Novosibirsk district, Novosibirsk region, 630501, Russia.

Tel/fax: +7-383-348-37-62; e-mail: [sibvestnik@sfsca.ru](mailto:sibvestnik@sfsca.ru), [vestnik.nsk@ngs.ru](mailto:vestnik.nsk@ngs.ru); [www.sibvest.elpub.ru](http://www.sibvest.elpub.ru)

© Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, 2023

© Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2023

