

Комплексное изучение коллекции тетраплоидной озимой ржи и выделение источников ценных признаков для селекции в условиях Западной Сибири

Н. Н. Ермошкина[✉], П. И. Степочкин

Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук», п. Краснообск, Новосибирская область, Россия

[✉]E-mail: natali.erm@bk.ru

Аннотация. Исследование направлено на изучение хозяйственных признаков коллекционных образцов тетраплоидной ржи и выделение источников ценных признаков для создания новых высокопродуктивных сортов. **Цель исследования** состояла в том, чтобы выделить источники хозяйственно ценных признаков из сортообразцов тетраплоидной озимой ржи различного эколого-географического происхождения в условиях Западно-Сибирского региона. **Материалы и методы исследования.** Материалом для проведения исследований служили 33 коллекционных сортообразца тетраплоидной озимой ржи. Стандартный сорт – Тетра короткая. Изучение ржи ведется по общепринятым методикам. **По результатам** комплексного изучения хозяйственно ценных признаков коллекционных сортообразцов озимой ржи выделены источники признаков, представляющие интерес для дальнейшей селекции: по зимостойкости – на уровне 4,6 балла (Тетра короткая, Влада, Сибирь 4, Рокот 95, Пламя, Зазерская 3, Игуменская 78); по высоте растений 132,4–140,0 см и устойчивости к полеганию – 4,5–5,0 балла (Тетра короткая, Влада, Сибирь 4, Рокот 95, Игуменская Н1, Белая вежа, Искра, Игуменская 78, Дружина); по урожайности – 797,3–803,1 г/м² (Тетра короткая, Влада); по продуктивной кустистости – 4,3 шт. (Тетра короткая); по продуктивности колоса: длина колоса – 13,1–14,3 см; озерненность колоса – 81,5–85,4 %, масса зерна с колоса – 2,64–2,78 г, с растения – 8,59–8,89 г. (Тетра короткая, Влада, Полновесная, Пламя, Искра, Рокот 95, Игуменская 78); по качеству зерна: масса 1000 зерен – 55,6–55,9 г, натура зерна – 679,3–700,0 г/л, число падения – 201,0 с) (Тетра короткая, Игуменская Н1, Дубинская, Искра). **Научная новизна** заключается в изучении коллекции тетраплоидной озимой ржи и выявлении источников по основным хозяйственно ценным признакам. К наиболее перспективным образцам по комплексу признаков относятся Тетра короткая, Влада, Рокот 95, Полновесная, Игуменская 78 и Игуменская Н1.

Ключевые слова: озимая рожь, коллекция, источник, зимостойкость, устойчивость к полеганию, урожайность, продуктивность

Для цитирования: Ермошкина Н. Н., Степочкин П. И. Комплексное изучение коллекции тетраплоидной озимой ржи и выделение источников ценных признаков для селекции в условиях Западной Сибири // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 08. С. 1188–1198. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1188-1198>.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ИЦиГ СО РАН по проекту № FWNr-2022-0018 «Разработка и практическое использование способов управления процессом создания генотипов культурных растений, обладающих высоким потенциалом продуктивности, устойчивости к природным стрессам и качества получаемой продукции, адаптированных к агроклиматическим условиям сибирского региона». Авторы выражают глубокую благодарность бывшему сотруднику СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН кандидату биологических наук Г. В. Артемовой за помощь в работе.

Дата поступления статьи: 13.01.2025, **дата рецензирования:** 16.03.2025, **дата принятия:** 07.05.2025.

A comprehensive study of the tetraploid winter rye collection and the identification of sources of valuable traits for breeding in Western Siberia

N. N. Ermoshkina✉, P. I. Stepochkin

Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – a Branch of the of the Federal Research Center “Institute of Cytology and Genetics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, Krasnoobsk settlement, Novosibirsk region, Russia

✉E-mail: natali.erm@bk.ru

Abstract. The research is aimed at studying the economic characteristics of collectible samples of tetraploid rye and identifying sources of valuable characteristics for the creation of new highly productive varieties. **The purpose** of the study was to identify sources of economically valuable traits from varieties of tetraploid winter rye of various ecological and geographical origin in the conditions of the West Siberian region. **Materials and methods of research.** The material for the research was 33 collectible varieties of tetraploid winter rye. The standard variety is a short Tetra. The study of rye is conducted according to generally accepted methods. According to **the results** of a comprehensive study of economically valuable signs of collectible varieties of winter rye, sources of signs of interest for further breeding were identified: winter hardiness at the level of 4.6 points (Tetra korotkaya, Vlada, Sibir 4, Rokot 95, Plamya, Zazerskaya 3, Igumenskaya 78); plant height 132.4–140.0 cm and resistance to lodging 4.5–5.0 points (Tetra korotkaya, Vlada, Sibir 4, Rokot 95, Igumenskaya Hl, Belaya vezha, Iskra, Igumenskaya 78, Druzhina); yield 797.3–803.1 g/m² (Tetra korotkaya, Vlada); by productive bushiness 4.3 pcs. (Tetra korotkaya); by ear productivity (ear length 13.1–14.3 cm; ear lake 81.5–85.4 %, grain weight from ear 2.64–2.78 g and from plant 8.59–8.89 g) (Tetra korotkaya, Vlada, Polnovesnaya, Plamya, Iskra, Rokot 95, Igumenskaya 78); grain quality (weight of 1000 grains 55.6–55.9 g, grain size 679.3–700.0 g/l, falling number 201.0 s) (Tetra korotkaya, Igumenskaya Hl, Dubinskaya, Iskra). **The scientific novelty** lies in the study of the collection of tetraploid winter rye and the identification of sources according to the main economically valuable characteristics. The most promising samples according to the complex of characteristics include: Tetra korotkaya, Vlada, Rokot 95, Polnovesnaya, Igumenskaya 78 and Igumenskaya Hl.

Keywords: winter rye, collection, source, winter hardiness, lodging resistance, yield, productivity

Acknowledgements. The study was carried out within the framework of the state task of the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences under the project No. FWNr-2022-0018 “Development and practical use of methods for managing the process of creating genotypes of cultivated plants with a high potential for productivity, resistance to natural stresses and quality of the products obtained, adapted to the agro-climatic conditions of the Siberian region”. The authors express their deep gratitude to the former employee of Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – a Branch of the Institute of Cytology and Genetics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, candidate of biological sciences G. V. Artemova for her help in the work.

For citation: Ermoshkina N. N., Stepochkin P. I. Comprehensive study of the tetraploid winter rye collection and identification of sources of valuable traits for breeding in Western Siberia. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (08): 1188–1198. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1188-1198>. (In Russ.)

Date of paper submission: 13.01.2025, **date of review:** 16.03.2025, **date of acceptance:** 07.05.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Рожь (*Secale cereale* L.) является надежной традиционной зерновой культурой, обладающей высокой зимостойкостью и урожайностью в разных условиях произрастания. Основными производителями зерна ржи являются страны Европейского союза, Россия, Беларусь и Украина [1; 2]. В агроклиматических условиях северной зоны России рожь относится к числу основных зерновых культур.

За 2024 год в России, по данным Росстата, площадь возделывания озимой ржи составила 668 тыс. га. По сравнению с 2023 годом этот показатель сократился на 19,8 %. В Сибирском федеральном округе занимаемая под рожь площадь – 49,4 тыс. га. В государственный реестр селекционных достижений для Сибирского федерального округа допущено к использованию 29 сортов ржи. Основная доля сортов ржи, включенных в государственный реестр,

приходится на диплоидные сорта, и только четыре сорта – на тетраплоидные [3; 4]. Среди всех сортов ржи наиболее распространенными являются два высокопродуктивных сорта тетраплоидной ржи Тетра короткая и Влада, созданные Сибирским научно-исследовательским институтом растениеводства и селекции – филиалом ИЦиГ СО РАН (СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН), которые занимают более 80 % возделываемых площадей в Новосибирской области. По данным Россельхозцентра РФ, наиболее популярным сортом ржи является тетраплоидный сорт Тетра короткая, который ежегодно входит в рейтинг 10 сортов – лидеров сельскохозяйственных культур по объемам высева в Российской Федерации [5]. В 2021 году сорт Влада также оказался в числе десяти самых популярных сортов ржи по объемам посева в стране [6]. В селекционной работе при создании новых тетраплоидных форм ржи используются различные методы. Наиболее распространенным и широко применяемым способом является удвоение числа хромосом растений диплоидной ржи при обработке водным раствором колхицина или закисью азота [7]. Также сорта можно получить путем гибридизации образцов ржи разного эколого-географического происхождения. Отличительными особенностями тетраплоидных форм ржи являются высокая урожайность, крупное зерно и более прочная соломина. Поэтому важная задача селекции – расширение рабочей коллекции тетраплоидной озимой ржи для выявления источников ценных признаков, таких как зимостойкость, неполегаяемость и продуктивность. Наиболее значимые коллекции ржи находятся в Санкт-Петербурге (Россия); Gatersleben (Германия); Radzików, Warszawa (Польша); Aberdeen, Idaho (США); Saskatoon, Saskatchewan (Канада); Sadovo (Болгария). Около 200 коллекционных образцов тетраплоидной ржи сосредоточено в крупнейшем геномном банке мира – Всероссийском институте генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (Россия) [8; 9]. Поэтому изучение образцов мировой коллекции ржи и выделение источников для различных направлений практической селекции приобретает большое значение. Создание и внедрение новых сортов тетраплоидной озимой ржи в производство позволит повысить экономическую эффективность и получить гарантированные семена с высокими посевными качествами. Целью исследования является выделение источников хозяйственно ценных признаков из коллекционных сортообразцов тетраплоидной озимой ржи различного эколого-географического происхождения в агроклиматических условиях Западно-Сибирского региона.

Методология и методы исследования (Methods)

Экспериментальная работа выполнена в 2015–2021 годах на опытных участках СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН (Новосибирская область).

Почва участка представлена черноземом выщелоченным среднесуглинистым мало гумусным среднесуглинистым, характеризующимся агрохимическими показателями: содержание гумуса – 4,2 %, общего азота – 0,34 %, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 29 и 13 мг/100 г почвы соответственно, pH – 6,7–6,8, глубина пахотного слоя – 41–46 см [10].

Материалом исследования служили 33 образца тетраплоидной озимой ржи, полученных из Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» и СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН Разнообразие коллекционных образцов представлено отечественной (Воронежская, Ленинградская, Московская, Омская и Новосибирская области) и зарубежной (Украина, Беларусь, Германия, Швеция, Венгрия, Испания) селекцией (таблица 1). В качестве стандарта использовали районированный сорт Тетра короткая.

В 2015–2018 годы проводилось размножение полученных коллекционных образцов тетраплоидной озимой ржи. В питомнике размножения коллекции проведен посев на двух рядках длиной 1 м. Перед цветением растения изолировали пергаментными групповыми изоляторами. Параллельно во время размножения коллекционных образцов ржи проведена оценка высоты растений сортообразцов тетраплоидной озимой ржи. Высокостебельные сортообразцы были исключены из дальнейшего изучения как неперспективные для использования в селекции устойчивых к полеганию сортов.

В 2018 году из коллекционного материала было отобрано 14 образцов тетраплоидной ржи для дальнейшего изучения селекционно ценных признаков: Тетра короткая, Влада, Сибирь 4, Рокот 95, Дубинская, Полновесная, Пуховчанка, Игуменская Н1, Пламя, Зазерская 3, Белая вежа, Дружина, Искра, Игуменская 78. С 2018 по 2021 год проведено изучение по комплексу хозяйственно ценных признаков выделенных образцов ржи в коллекционном питомнике в соответствии с методикой изучения и сохранения мировой коллекции ржи [11]. Опыт закладывали в трехкратной повторности с площадью делянок 1 м² при норме высева 300 шт/м² в оптимальные сроки. Предшественник – черный пар.

Изучаемые образцы оценивались по 12 параметрам, определяющим важнейшие хозяйственно ценные признаки: зимостойкость, высота растений, устойчивость к полеганию, урожайность, продуктивная кустистость, длина колоса, озерненность колоса, масса зерна колоса, масса зерна растения, масса 1000 зерен, натура зерна, число падения. Зимостойкость определяли методом глазомерной оценки по 5-балльной шкале с точностью до 0,1 балла: 5 баллов – изреживание незаметно;

4 балла – сохранилось не менее 70–80 % растений; 3 балла – сохранилось около 50 % растений; 2 балла – сохранилось менее 50 % растений; 1 балл – сохранилось 15–20 % растений; 0 баллов – гибель посева. Полегание сортообразцов ржи оценивали во время уборки по 5-балльной шкале с точностью до 0,1 балла: 5 баллов – сорта совсем не полегающие; 4 балла – сорта, полегавшие, но выпрямившиеся и полегающие в слабой степени; 3 балла – сорта со средней степенью полегания; 2 балла – сильно полегающие сорта, машинная уборка которых затруднена; 1 балл – сорта, сильно полегающие задолго до уборки и непригодные для машинной уборки. Оценку по высоте растений ржи проводили по шкале: менее 110 см – низкостебельные (ультракарликовые, карликовые, полукарликовые); 110–149 см – короткостебельные (короткостебельные, полукороткостебельные); 150 см и более – высокостебельные (средневысокие и длинностебельные). Учет урожая и анализ его структуры выполняли в соответствии с методикой изучения и сохранения мировой коллекции ржи. Оценку качества зерна проводили согласно методикам национальных стандартов Российской Федерации и оборудования: массу 1000 зерен определяли по ГОСТ 10842-89; натуру зерна – с помощью микропушки на 100 мл зерна по ГОСТ 10840-2017 и 16990-88; число падения – методом Хагберга – Пертена на приборе Falling Number 1400 по ГОСТ 30498-97.

Агрометеорологические условия по данным агрометеостанции «Отурцово» были контрастными в изучаемые годы, с периодическим отклонением от среднеголетних данных. Менее благоприятными были условия осеннего периода 2015 и 2017 годов: они отличались относительно непродолжительным периодом вегетации (сумма положительных температур 365 °С и 268 °С соответственно) с резкими перепадами температуры воздуха. Осенние периоды 2016, 2018, 2019, 2020 годов характеризуются как благоприятные, где сумма положительных температур варьировала от 384 °С до 417 °С. Погодные условия зимнего периода в изучаемые годы способствовали хорошей перезимовке ржи при высоте снежного покрова 50–68 см и температуре на глубине залегания узла кущения растений от –5 °С до –12 °С.

Проведен расчет уровня влагообеспеченности по значениям гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК). Условия вегетационного периода (май – июль) за время проведения опытов были контрастными по значениям ГТК. К оптимальным по уровню влагообеспечения можно отнести 2017, 2018, 2019, 2020 годы. (ГТК = 1,35; 1,36; 1,03; 1,24), а 2016 и 2021 – как годы с недостаточным увлажнением (ГТК = 0,82 и 0,88 соответственно) при среднеголетних значениях ГТК = 1,20. Дефицит тепла в годы проведения исследования не наблюдался.

Таблица 1
Происхождение коллекционных образцов тетраплоидных форм ржи

Коллекционный образец	Происхождение
Тетра короткая, Влада, Сибирь 4, Вятка тетра, Житкинская тетра, Московский карлик × Харьковская 55, Апрелька Кубанская, Звездочка, гибрид ГАК, Хрупкая 2, Хрупкая, Таловская 15	Россия
Беняконская, Дружина, Игуменская 78, Белая вежа, Игуменская Н1, Искра, Пуховчанка, Пламя, Дубинская, Полновесная, Зазерская 3	Беларусь
Черкошанка, Харьковская 70, Славутич М-1	Украина
Kungs, Sv.2051-54/54412, Sv. 2046	Швеция
SCW 8854/68, Hohenthurm 4105	Германия
Kecskemeti Torpe	Венгрия
Giganton tetra	Испания

Table 1
Origin of collection specimens of tetraploid forms of rye

Collector's sample	Origin
<i>Tetra korotkaya, Vlada, Sibir' 4, Vyatka tetra, Zhitkinskaya tetra, Moskovskiy karlik × Khar'kovskaya 55, Aprel'ka Kubanskaya, Zvezdochka, hybrid GAK, Khrupkaya 2, Khrupkaya, Talovskaya 15</i>	<i>Russia</i>
<i>Benyakonskaya, Druzhina, Igumenskaya 78, Belaya vezha, Igumenskaya H1, Iskra, Pukhovchanka, Plamya, Dubinskaya, Polnovesnaya, Zazerskaya 3</i>	<i>Belarus</i>
<i>Cherkoshchanka, Kharkovskaya 70, Slavutich M-1</i>	<i>Ukraine</i>
<i>Kungs, Sv.2051-54/54412, Sv. 2046</i>	<i>Sweden</i>
<i>SCW 8854/68, Hohenthurm 4105</i>	<i>Germany</i>
<i>Kecskemeti Torpe</i>	<i>Hungary</i>
<i>Giganton tetra</i>	<i>Spain</i>

Таблица 2

Высота растений, устойчивость к полеганию и зимостойкость коллекционных образцов тетраплоидной озимой ржи, 2019–2021 гг.

№	Наименование образца	Высота растений, см	Устойчивость к полеганию, балл	Зимостойкость, балл
1	Тетра короткая (st)	140,0	4,9	4,6
2	Влада	133,1	4,8	4,9
3	Сибирь 4	139,6	4,5	4,9
4	Рокот 95	136,8	5,0	4,6
5	Игуменская НІ	136,6	4,6	4,6
6	Белая вежа	136,4	4,7	4,4
7	Пламя	138,6	4,7	4,8
8	Дубинская	135,5	4,7	4,6
9	Зазерская 3	140,1	4,7	4,9
10	Полновесная	139,7	4,6	4,3
11	Пуховчанка	141,2	4,5	3,8
12	Искра	134,7	4,7	4,6
13	Игуменская 78	133,9	4,7	4,9
14	Дружина	132,4	4,8	4,1
Среднее		137,1	4,7	
НСР _{0,05}		23,05	0,94	

Table 2

Winter hardiness, plant height and lodging resistance of collection samples of tetraploid winter rye, 2019–2021

No.	Name of the samples	Height of plants, cm	Lodging resistance, score	Winter hardiness, score
1	Tetra korotkaya (st)	140.0	4.9	4.6
2	Vlada	133.1	4.8	4.9
3	Sibir 4	139.6	4.5	4.9
4	Rokot 95	136.8	5.0	4.6
5	Igumenskaya Hl	136.6	4.6	4.6
6	Belaya vezha	136.4	4.7	4.4
7	Plamya	138.6	4.7	4.8
8	Dubinskaya	135.5	4.7	4.6
9	Zazerskaya 3	140.1	4.7	4.9
10	Polnovesnaya	139.7	4.6	4.3
11	Pukhovchanka	141.2	4.5	3.8
12	Iskra	134.7	4.7	4.6
13	Igumenskaya 78	133.9	4.7	4.9
14	Druzhina	132.4	4.8	4.1
Average		137.1	4.7	4.5
LSD _{0,05}		23.05	0.94	10.12

Расчеты наименьшей существенной разности (НСР_{0,05}) проведены с использованием специальной компьютерной программы SNEDECOR V5. Достоверность результатов оценивали при $p \leq 0,05$.

Результаты (Results)

В ходе экспериментальной работы 2015–2018 годов проведена оценка высоты растений коллекционных образцов озимой ржи, что связано с требованиями селекции на устойчивость к полеганию в условиях Западной Сибири, предъявляемым к сортам озимой ржи, среди которых наиболее ценными являются короткостебельные формы. Они

обеспечивают сохранность и качество урожая [12]. В результате оценки выделены три группы по высоте растений: низкостебельные, среднестебельные и высокостебельные. Низкостебельных образцов не выделено. К короткостебельным отнесено 15 образцов с высотой растений от 110 до 149 см (Тетра короткая, Влада, Сибирь 4, Хрупкая 2, Хрупкая, Дружина, Игуменская НІ, Белая вежа, Игуменская 78, Искра, Пуховчанка, Зазерская 3, Пламя, Дубинская, Полновесная). Образцы ржи Хрупкая и Хрупкая 2 отличались сильной ломкостью стебля и были исключены из дальнейшего изучения. Высокосте-

белые (высота растений более 150 см) включали 18 образцов (Московский карлик × Харьковская 55, Житкинская тетра, Апрелька Кубанская, Беняконская, гибрид ГАК, Звездочка, Таловская 15, Вятка тетра, Черкошанка, Харьковская 70, Славутич М-1, Hohenthurm 4105, SCW 8854/68, Kungs, Sv.2051-54/54412, Sv. 2046, Kecskemeti Torpe, Giganton tetra).

Выделенные среднестебельные тетраплоидные образцы озимой ржи за годы изучения 2019–2021 имели высокую устойчивость к полеганию от 4,5 до 5,0 балла при высоте растений 132,4–141,2 см, что указывает на перспективность использования

их в качестве источников данного признака (таблица 2). Выделены сортообразцы по высоте растений ниже стандартного сорта (132,4–139,6 см): Влада, Сибирь 4, Рокот 95, Игуменская Н1, Белая вежа, Искра, Игуменская 78 и Дружина. Высокую устойчивость к полеганию выше стандарта имел сорт Рокот 95 (5 баллов). В результате исследования выделены образцы ржи, сочетающие среднюю высоту растений (132,4–140,0 см) и высокий уровень устойчивости к полеганию (4,5–5,0 балла): Тетра короткая, Влада, Сибирь 4, Рокот 95, Игуменская Н1, Белая вежа, Искра, Игуменская 78 и Дружина.

Таблица 3
Характеристика по основным хозяйственно ценным признакам образцов тетраплоидной озимой ржи, 2019–2021 гг.

№	Наименование образца	Урожайность, г/м ²	Продуктивная кустистость, шт.	Длина колоса, см	Озерненность, %	Масса зерна колоса, г	Масса зерна растения, г
1	Тетра короткая (st)	797,3	4,3	13,3	81,6	2,27	8,59
2	Влада	803,1	3,1*	12,6	81,5	2,32	8,89
3	Сибирь 4	579,9	3,7	13,2	72,4*	2,13	7,01
4	Рокот 95	745,5	3,4	14,3	76,8	2,72	8,62
5	Игуменская Н1	623,5	3,3	12,5	80,1	2,56	7,79
6	Белая вежа	573,2	3,1*	13,3	79,8	2,69	7,50
7	Пламя	637,7	3,2*	12,9	81,9	2,78	8,35
8	Дубинская	515,1*	2,7*	11,1*	80,9	2,64	6,35*
9	Зазерская 3	602,6	2,9*	12,7	78,7	2,60	6,76
10	Полновесная	570,8	3,2*	11,3*	85,4	2,70	8,45
11	Пуховчанка	584,4	3,1*	11,5*	84,5	2,58	7,59
12	Искра	558,1	3,2*	13,1	82,6	2,73	7,86
13	Игуменская 78	691,7	3,5	13,6	83,2	2,77	8,68
14	Дружина	485,0*	3,0*	12,0	82,6	2,50	6,64
	Среднее	626,3	3,3*	12,7	80,9	2,57	7,79
	HCP _{0,05}	248,49	10,12	1,53	7,43	0,63	2,21

Примечание. * Статистически значимо на критическом уровне 5 %.

Table 3
Characteristics according to the main economically valuable traits of samples of tetraploid winter rye, 2019-2021

No.	Name of the samples	Yield, g/m ²	Productive bushiness, pcs.	Ear length, cm	Lake level, %	Ear grain weight, g	Grain weight of the plant, g
1	Tetra korotkaya (st)	797.3	4.3	13.3	81.6	2.27	8.59
2	Vlada	803.1	3.1*	12.6	81.5	2.32	8.89
3	Sibir 4	579.9	3.7	13.2	72.4*	2.13	7.01
4	Rokot 95	745.5	3.4	14.3	76.8	2.72	8.62
5	Igumenskaya H1	623.5	3.3	12.5	80.1	2.56	7.79
6	Belaya vezha	573.2	3.1*	13.3	79.8	2.69	7.50
7	Plamya	637.7	3.2*	12.9	81.9	2.78	8.35
8	Dubinskaya	515.1*	2.7*	11.1*	80.9	2.64	6.35*
9	Zazerskaya 3	602.6	2.9*	12.7	78.7	2.60	6.76
10	Polnovesnaya	570.8	3.2*	11.3*	85.4	2.70	8.45
11	Pukhovchanka	584.4	3.1*	11.5*	84.5	2.58	7.59
12	Iskra	558.1	3.2*	13.1	82.6	2.73	7.86
13	Igumenskaya 78	691.7	3.5	13.6	83.2	2.77	8.68
14	Druzhina	485.0*	3.0*	12.0	82.6	2.50	6.64
	Average	626.3	3.3*	12.7	80.9	2.57	7.79
	LSD _{0.05}	248.49	10.12	1.53	7.43	0.63	2.21

Note. *Statistically significant at the critical level of 5 %.

Зимостойкость является наследуемой характеристикой растений в результате адаптации к низкотемпературной среде и может улучшить выживаемость и способность растения к зимовке и регенерации [13]. Поэтому в экстремальных условиях Сибири признак высокой зимостойкости определяет пригодность возделывания сортов ржи, обеспечивает устойчивость растений к длительным отрицательным температурам и получения хорошего урожая.

Зимостойкость образцов озимой ржи в 2018–2021 годах составила 4,5 балла с варьированием в пределах от 3,8 балла (Пуховчанка) до 4,9 балла (Влада, Сибирь 4, Зазерская 3, Игуменская 78). Выделены образцы с максимальными показателями зимостойкости на уровне и выше стандарта Тетра короткая (4,6 баллов): Влада, Сибирь 4, Рокот 95, Пламя, Зазерская 3, Игуменская 78 (таблица 2).

Высокая урожайность ржи в сочетании с высокой зимостойкостью и устойчивостью к полеганию является основным критерием эффективности селекции. Средняя урожайность в 2018–2021 годах выделившихся сортообразцов составила 626,3 г/м² в пределах варьирования от 485 (Дружина) до 803,1 г/м² (Влада) (таблица 3). По урожайности выше стандарта Тетра короткая (797,3 г/м²) выделился сорт Влада (803,1 г/м²).

Элементы структуры урожая играют важную роль в формировании продуктивности озимой ржи. Наибольшее практическое значение для формирования величины урожая озимой ржи имеет продуктивная кустистость [14]. У сортообразцов ржи она варьировала от 2,7 шт. (Дубинская) до 4,3 шт. (Тетра короткая). Источником высокой продуктивной кустистости может служить российский сортообразец Тетра короткая (4,3 шт.), что подтверждается исследованиями белорусских ученых, где продуктивная кустистость у сорта составила 6,7 шт. [15].

Длина колоса является наиболее фенотипически стабильным элементом продуктивности и зависит от генотипа и от влияния различных факторов внешней среды. Коллекционные образцы ржи имеют в основном колосья длиной от 11,1 см (Дубинская) до 14,3 см (Рокот 95). В то же время у стандартного сорта длина колоса составила 13,3 см. Выделены образцы ржи, которые имели показатели на уровне и выше стандарта по длине колоса: Белая Вежа (13,3 см), Рокот 95 (14,3 см) и Игуменская 78 (13,6 см). Длина колоса у большинства сортообразцов коллекции была на уровне среднего значения (12,7 см), лишь у сортов Дубинская, Полновесная и Пуховчанка наблюдалась наименьшая длина колоса (менее 12 см).

Увеличение озерненности колоса сортообразцов ржи способствует повышению урожайности зерна. Озерненность колоса у образцов находилась в пределах от 72,4 % (Сибирь 4) до 85,4 % (Полновесная) и в среднем составила 80,9 %. Наилучшие показатели по озерненности от 81 % имели сортообразцы ржи на

уровне и выше стандарта: Влада, Пламя, Полновесная, Пуховчанка, Искра, Игуменская 78, Дружина.

В значительной степени определяют продуктивность озимой ржи такие признаки, как масса зерна колоса и растения, которые зависят от сортовых особенностей и условий произрастания [16]. Средняя масса зерна колоса по сортам составила 2,57 г и находилась в пределах от 2,13 г (Сибирь 4) до 2,78 г (Пламя). Превышение по этому признаку имели все образцы ржи, за исключением сорта Сибирь 4 (2,13 г). Высокой массой зерна колоса (2,60 г) характеризовались образцы Рокот 95, Белая Вежа, Пламя, Дубинская, Зазерская 3, Полновесная, Искра, Игуменская 78.

Среднее значение массы зерна растения составило 7,8 г и варьировало в пределах от 6,35 г (Дубинская) до 8,89 г (Влада). Наибольшую массу зерна растения на уровне и выше стандарта 8,59–8,89 г сформировали образцы Влада, Рокот 95, Игуменская 78. Таким образом, наибольший интерес для селекции представляют коллекционные образцы по показателям массы зерна с колоса (2,72–2,77 г) и с растения (7,86–8,89 г): Игуменская 78, Пламя, Полновесная, Искра, Рокот 95.

Существенное влияние на качество зерна ржи оказывают сорт и условия выращивания (таблица 4). К числу основных признаков, косвенно характеризующих технологические свойства зерна ржи, относятся натура и масса 1000 зерен. Масса 1000 зерен характеризует их крупность. В крупном зерне больше эндосперма и меньше оболочек, следовательно, выше выход готовых продуктов из зерна ржи. Полновесные и выровненные зерна ржи дают дружные всходы, растения в дальнейшем равномерно развиваются, одновременно созревают и дают высокий урожай [17]. У сортообразцов ржи масса 1000 зерен составила в среднем 51,8 г с размахом варьирования от 43,5 (Тетра короткая) до 55,9 г (Полновесная). Все образцы отличались высокой и очень высокой массой 1000 зерен, что связано с сортовой спецификой тетраплоидной ржи в сочетании с условиями среды [18]. В целом наиболее крупное зерно более 55 г имели сортообразцы Дубинская (55,4 г), Зазерская 3 (54,6 г), Полновесная (55,9 г), Пуховчанка (54,6 г), Игуменская 78 (54,9 г). Все источники крупнозерных сортообразцов ржи относятся к белорусской селекции.

Натура зерна имеет большое технологическое значение и характеризует его пищевую ценность. В выполненном зерне содержится больше эндосперма, а значит, и крахмала, сахара, белков. Чем больше выполненность зерна, тем выше его натура (Иванова и др., 2023). Чем выше натурный вес, тем, как правило, выше выход высокосортной муки [19]. Согласно ГОСТ 10840-2017, натура зерна ржи должна быть 680 г/л и выше. У изучаемых сортообразцов озимой ржи натура зерна составила в сред-

нем 672,4 г/л и варьировала в пределах от 647,7 г/л (Игуменская 78) до 700,0 г/л (Тетра короткая). Стандартный сорт Тетра короткая имел максимальное значение по натуре зерна, которое составило 700,0 г/л (I класс), поэтому достоверного превышения по данному признаку среди изучаемых образцов не было отмечено. Можно выделить образцы, имеющие высокие показатели натуры зерна среди изучаемого набора сортов на уровне 680 г/л (II класс): Сибирь 4 (695,7 г/л) и Дружина (683,0 г/л).

Одним из основных свойств, определяющих хлебопекарные качества ржи, является активность амилолитических ферментов, в особенности альфа-амилазы. Ее косвенным показателем является

величина числа падения [20]. В основном зерно коллекционных образцов ржи относится ко II классу с числом падения от 141 до 200 с. Такая рожь не требует подсортировки при переработке в муку (Тетра короткая, Влада, Сибирь 4, Пламя, Дубинская, Зазерская 3, Полновесная, Пуховчанка, Искра, Игуменская 78). Из изученных коллекционных образцов высокими показателями числа падения выделился белорусский сортообразец Игуменская HI (201,0 с), относящийся к I классу с числом падения свыше 200 с и характеризующийся как улучшитель для подсортировки к зерну с пониженным качеством. Согласно ГОСТ 16990-88, образцы ржи должны формировать число падения не ниже 200 с.

Таблица 4

Технологические качества зерна коллекционных образцов озимой ржи, 2019–2021 гг.

№	Наименование образца	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Число падения, с
1	Тетра короткая (st)	43,5	700,0	179,3
2	Влада	47,0	672,0	164,3
3	Сибирь 4	47,2	695,7	157,3
4	Рокот 95	51,2*	673,7	135,3
5	Игуменская HI	53,7*	667,7*	201,0
6	Белая вежа	50,4*	660,7*	112,7
7	Пламя	53,8*	663,3*	159,7
8	Дубинская	55,4*	679,3	195,0
9	Зазерская 3	54,6*	677,7	152,3
10	Полновесная	55,9*	671,7	150,0
11	Пуховчанка	54,6*	663,3	161,3
12	Искра	51,3*	658,0*	193,0
13	Игуменская 78	54,9*	647,7*	157,7
14	Дружина	52,0*	683,0	136,7
	Среднее	51,8*	672,4*	161,1
	НСР _{0,05}	5,24	29,79	122,72

Примечание. * Статистически значимо на критическом уровне 5 %.

Table 4

Technological qualities of grain of collection samples of winter rye, 2019–2021

No.	Name of the samples	Weight of 1000 grains, g	Grain size, g/l	Falling number, s
1	Tetra korotkaya (st)	43.5	700.0	179.3
2	Vlada	47.0	672.0	164.3
3	Sibir 4	47.2	695.7	157.3
4	Rokot 95	51.2*	673.7	135.3
5	Igumenskaya HI	53.7*	667.7*	201.0
6	Belaya vezha	50.4*	660.7*	112.7
7	Plamya	53.8*	663.3*	159.7
8	Dubinskaya	55.4*	679.3	195.0
9	Zazerskaya 3	54.6*	677.7	152.3
10	Polnovesnaya	55.9*	671.7	150.0
11	Puxovchanka	54.6*	663.3	161.3
12	Iskra	51.3*	658.0*	193.0
13	Igumenskaya 78	54.9*	647.7*	157.7
14	Druzhina	52.0*	683.0	136.7
	Average	51.8*	672.4*	161.1
	LSD _{0,05}	5.24	29.79	122.72

Note. * Statistically significant at the critical level of 5 %.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате комплексного изучения хозяйственно ценных признаков коллекционных сортообразцов тетраплоидной озимой ржи различного эколого-географического происхождения выделены источники признаков, представляющие интерес для дальнейшей селекции в условиях Западной Сибири: по зимостойкости на уровне 4,6 балла (Тетра короткая, Влада, Сибирь 4, Рокот 95, Пламя, Зазерская 3, Игуменская 78); по высоте растений – 132,4–140,0 см, устойчивости к полеганию – 4,5–5,0 балла (Тетра короткая, Влада, Сибирь 4, Рокот 95, Игуменская Н1, Белая вежа, Искра, Игуменская 78, Дружина); по урожайности – 797,3–803,1 г/м² (Тетра короткая, Влада); по продуктивной кустистости – 4,3 шт. (Тетра короткая); по продуктивности колоса: длина колоса – 13,1–14,3 см; озерненность колоса – 81,5–85,4 %, масса зерна с колоса – 2,64–2,78 г, с растения – 8,59–8,89 г. (Тетра короткая, Влада, Полновесная, Пламя, Искра, Рокот 95, Игуменская 78); по качеству зерна: масса 1000 зерен – 55,6–55,9 г, натура зерна – 679,3–700,0 г/л, число падения – 201,0 с (Тетра короткая, Игуменская Н1, Дубинская, Искра).

Особую ценность для селекции представляют следующие образцы тетраплоидной озимой ржи по комплексу признаков:

Сорт Тетра короткая имеет высокие показатели хозяйственно ценных признаков: зимостойкость,

устойчивость к полеганию, продуктивная кустистость, длина колоса, масса зерна растения, натура зерна. Может использоваться в селекции как материнская форма при гибридизации как более адаптированный сорт в условиях Западной Сибири.

Сорт Влада обладает высокими значениями основных ценных признаков: зимостойкость, устойчивость к полеганию, урожайность, озерненность, масса зерна колоса и растения.

Сорт Рокот 95 может использоваться в селекции в качестве источника по зимостойкости, устойчивости к полеганию, длине колоса и массе зерна с растения.

Сорт Полновесная предполагается использовать в селекции как источник озерненности колоса, крупности зерна, массы зерна колоса и растения.

Сорт Игуменская 78 позволит улучшить такие показатели, как длина колоса, крупность зерна, масса зерна колоса и растения.

Сорт Игуменская Н1 предполагается использовать в качестве улучшителя, который обеспечивает лучшие хлебопекарные достоинства муки (число падения выше 200 с).

Таким образом, полученные источники ценных признаков и по комплексу признаков тетраплоидной озимой ржи рекомендуются для использования в селекционной работе в условиях Западной Сибири.

Библиографический список

1. Урбан Э. П., Гордей С. И., Артюх Д. Ю., Гордей И. С. Направления, методы и результаты селекции ржи (*Secale cereale* L.) в Беларуси // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. 2022. 60 (2). С. 160–170. DOI: 10.29235/1817-7204-2022-60-2-160-170.
2. Rabanus-Wallace M. T., Stein N. The Rye Genome // Springer Nature. Cham, Switzerland. 2021. 251 p. DOI: 10.1007/978-3-030-83383-1.
3. Посевные площади Российской Федерации в 2024 году [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики (Росстат). URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/posev-4cx_2024.xlsx (дата обращения: 17.12.2024).
4. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» [Электронный ресурс]. URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni> (дата обращения: 17.12.2024).
5. Российский сельскохозяйственный центр. Рейтинг 10 сортов (гибридов) – лидеров сельскохозяйственных культур по объемам высева в Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosselhoccenter.ru> (дата обращения: 17.12.2024).
6. Информационный листок № 2 (Россельхозцентра). Рейтинг 10 сортов (гибридов)-лидеров сельскохозяйственных культур по объемам высева в Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <http://ikar.ru/1/articles/360> (дата обращения: 17.12.2024).
7. Ермошкина Н. Н., Саламатина А. А., Артемова Г. В., Мусинов К. К., Сурначев А. С., Степочкин П. И. Уникальный сибирский генофонд ржи и его использование в селекции зерновых культур // Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. 2024. Т. 10, № 2. С. 111–118. DOI: 10.18699/letvjgb-2024-10-13.
8. Сафонова И. В., Аниськов Н. И., Кобылянский В. Д. База данных генетических ресурсов коллекции озимой ржи ВИР как средство классификации генетического разнообразия, анализа истории коллекции и эффективного изучения и сохранения // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23, № 6. С. 780–786. DOI: 10.18699/VJ19.552.

9. Conley A. B., Rishishwar L., Ahmad M., Sharma S., Norris E. T., Jordan I. K., Mariño-Ramírez L. Rye: genetic ancestry inference at biobank scale // *Nucleic Acids Research*. 2023. Vol. 51, No. 8. Article number e44. DOI: 10.1093/nar/gkad149.

10. Власенко А. Н., Кудашкин П. И., Власенко Н. Г. Влияние ресурсосберегающих технологий на содержание гумуса в черноземе выщелоченном северной лесостепи Западной Сибири // *Земледелие*. 2020. № 5. С. 3–5. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10501.

11. Изучение и сохранение мировой коллекции ржи: методические указания. Санкт-Петербург: Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 2015. 44 с.

12. Ермошкина Н. Н., Артемова Г. В., Давыдова Н. В. [и др.] Влияние осеннего состояния растений озимых зерновых культур на зимостойкость при разных сроках посева // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2023. № 3 (68). С. 29–42. DOI: 10.31677/2072-6724-2023-68-3-29-42.

13. Гончаренко А. А., Макаров А. В., Ермаков С. А., Семенова Т. В., Точилин В. Н., Цыганкова Н. В. [и др.] Экологическая устойчивость сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2019. № 3. С. 3–9. DOI: 10.31857/S2500-2627201933-9.

14. Шляхтина Е. А., Рылова О. Н. Урожайность и элементы ее структуры у перспективных сортов озимой ржи в условиях Кировской области // *Международный научный сельскохозяйственный журнал*. 2019. № 1. С. 33–39.

15. Ровдо Т. В., Артюх Д. Ю. Результаты изучения коллекционных образцов озимой ржи по основным хозяйственно ценным признакам // *Земледелие и селекция в Беларуси*. 2021. № 57. С. 251–258.

16. Ровдо Т. В., Артюх Д. Ю. Источники хозяйственно ценных признаков в коллекции озимой ржи // *Земледелие и селекция в Беларуси*. 2019. № 55. С. 233–240.

17. Лыкова И. В., Лисицын Е. М., Лыкова Т. В., Шляхтина Е. А., Рылова О. Н. Информативность параметров качества зерна для селекции озимой ржи // *Таврический вестник аграрной науки*. 2023. № 3 (35). С. 145–157.

18. Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Сравнительная оценка показателей пластичности, стабильности и гомеостатичности сортов озимой ржи селекции ВИР по признаку «масса 1000 зерен» // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020. Т. 181, № 3. С. 56–63. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-56-63.

19. Dörthe S., Jansen G., Zaar A., Kilian A., Joachim F. A genome-wide association study pinpoints quantitative trait genes for plant height, heading date, grain quality, and yield in rye (*Secale cereale* L.) // *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. Article number 718081. DOI: 10.3389/fpls.2021.718081.

20. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н. Оптимизация параметров качества зерна для селекции озимой ржи // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019. Т. 23, № 3. С. 320–327. DOI: 10.18699/VJ19.496.

Об авторах:

Наталья Николаевна Ермошкина, научный сотрудник, Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук», п. Краснообск, Новосибирская область, Россия; ORCID 0000-0002-0070-9824, AuthorID 1138387. E-mail: natali.erm@bk.ru

Петр Иванович Степочкин, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук», п. Краснообск, Новосибирская область, Россия; ORCID 0000-0003-1136-0469, AuthorID 705618. E-mail: stepopetr@mail.ru

References

1. Urban V. P., Gordey S. I., Art D. S., Gordey I. S. The direction, methods and means of combating celery (*Secale cereale* L.) in Belarus. *Vesczi Nacyyanal'naj akademii navuk Belarusi*. 2022; 60 (2): 160–170. DOI: 10.29235/1817-7204-2022-60-2-160-170. (In Russ.)

2. Rabanus-Wallace M. T., Stein N. The Rye Genome. *Springer Nature*. Cham, Switzerland. 2021; 251. DOI: 10.1007/978-3-030-83383-1.

3. Acreage of the Russian Federation in 2024. *Federal State Statistics Service* [Internet] [cited 2024 Dec 17]. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/posev-4cx_2024.xlsx. (In Russ.)

4. The State Register of breeding achievements approved for use. Vol. 1. “Plant varieties”. [Internet] [cited 2024 Dec 17]. Available from: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektcionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni>. (In Russ.)

5. Russian Agricultural Center. The rating of 10 varieties (hybrids)-the leaders of agricultural crops in terms of seeding volumes in the Russian Federation. [Internet] [cited 2024 Dec 17]. Available from: <https://rosselhocenter.ru>. (In Russ.)
6. Information sheet No. 2 (Rosselkhoznadzor). The rating of 10 varieties (hybrids)-the leaders of agricultural crops in terms of seeding volumes in the Russian Federation. [Internet] [cited 2024 Dec 17]. Available from: <http://ikar.ru/1/articles/360>. (In Russ.)
7. Ermoshkina N. N., Salamatina A. A., Artemova G. V., Musinov K. K., Surnachev A. S., Stepochkin P. I. The unique Siberian gene pool of rye and its use in the breeding of grain crops. *Letters to the Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2024; 10 (2): 111–118. DOI: 10.18699/letvjgb-2024-10-13. (In Russ.)
8. Safonova I. V., Aniskov N. I., Kobylansky V. D. Database of genetic resources of the VIR winter rye collection as a means of classifying genetic diversity, analyzing the history of the collection and effective study and conservation. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019; 23 (6): 780–786. DOI: 10.18699/VJ19.552. (In Russ.)
9. Conley A. B., Rishishwar L., Ahmad M., Sharma S., Norris E. T., Jordan I. K., Mariño-Ramírez L. Rye: genetic ancestry inference at biobank scale. *Nucleic Acids Research*. 2023; 51 (8): 44. DOI: 10.1093/nar/gkad149.
10. Vlasenko A. N., Kudashkin P. I., Vlasenko N. G. The influence of resource-saving technologies on the content of humus in leached chernozem of the northern forest-steppe of Western Siberia. *Agriculture*. 2020; 5: 3–5. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10501. (In Russ.)
11. Study and preservation of the world's rye collection. Methodological guidelines. Saint Petersburg: Federal Research Center All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N. I. Vavilov, 2015. 44 p. (In Russ.)
12. Ermoshkina N. N., Artemova G. V., Davydova N. V., et al. The influence of the autumn state of winter grain plants on winter hardiness at different sowing periods. *Bulletin of NGAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2023; 3 (68): 29–42. DOI: 10.31677/2072-6724-2023-68-3-29-42. (In Russ.)
13. Goncharenko A. A., Makarov A. V., Ermakov S. A., Semenova T. V., Tochilin V. N., Tsygankova N. V., et al. Ecological stability of winter rye varieties with different types of short stems. *Russian Agricultural Science*. 2019; 3: 3–9. DOI: 10.31857/S2500-2627201933-9. (In Russ.)
14. Shlyakhtina E. A., Krylova O. N. Yield and elements of its structure in promising varieties of winter rye in the conditions of the Kirov region. *International Scientific Agricultural Journal*. 2019; 1: 33–39. (In Russ.)
15. Rovdo T. V., Artyukh D. Yu. The results of studying collectible samples of winter rye according to the main economically valuable characteristics. *Agriculture and Breeding in Belarus*. 2021; 57: 251–258. (In Russ.)
16. Rovdo T. V., Artyukh D. Yu. Sources of economically valuable traits in the collection of winter rye. *Agriculture and Breeding in Belarus*. 2019; 55: 233–240. (In Russ.)
17. Lykova I. V., Lisitsyn E. M., Lyskova T. V., Shlyakhtina E. A., Rylova O. N. Information content of grain quality parameters for winter rye breeding. *Tauride Bulletin of Agrarian Science*. 2023; 3 (35): 145–157. (In Russ.)
18. Aniskov N. I., Safonova I. V. Comparative assessment of plasticity, stability and homeostaticity of winter rye varieties of VIR breeding on the basis of “weight of 1000 grains”. *Works on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020; 181 (3): 56–63. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-56-63. (In Russ.)
19. Dörthe S., Jansen G., Zaar A., Kilian A., Joachim F. A genome-wide association study pinpoints quantitative trait genes for plant height, heading date, grain quality, and yield in rye (*Secale cereale* L.). *Frontiers in Plant Science*. 2021; 12: 718081. DOI: 10.3389/fpls.2021.718081.
20. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N. Optimization of grain quality parameters for winter rye breeding. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019; 23 (3): 320–327. DOI: 10.18699/VJ19.496. (In Russ.)

Authors' information:

Natalya N. Ermoshkina, researcher, Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – a Branch of the of the Federal Research Center “Institute of Cytology and Genetics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, Krasnoobsk settlement, Novosibirsk region, Russia; ORCID 0000-0002-0070-9824, AuthorID 1138387. *E-mail: natali.erm@bk.ru*

Petr I. Stepochkin, doctor of agricultural sciences, senior researcher, Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – a Branch of the of the Federal Research Center “Institute of Cytology and Genetics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, Krasnoobsk settlement, Novosibirsk region, Russia; ORCID 0000-0003-1136-0469, AuthorID 705618. *E-mail: stepopetr@mail.ru*