

## Адаптивность сортов озимой ржи по урожайности в условиях Кировской области

© 2024. Е. С. Парфенова✉, Е. А. Псарева

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

Селекция озимой ржи на адаптивность является важным фактором увеличения урожайности и стабилизации валовых сборов зерна. Исследования проводили в 2018–2023 гг. в центральной агроклиматической зоне Кировской области. В питомнике конкурсного сортоиспытания изучали 13 сортов озимой ржи (*Secale cereale* L. var. *vulgare* Koern.) среднепоздней группы спелости разных сроков селекции (стандарт Фаленская 4). По признаку «урожайность» определяли параметры общей адаптивной способности сорта ( $OAC_i$ ), стабильности ( $\sigma^2SAC_i$ ), селекционной ценности генотипа (СЦГ), отзывчивости генотипа на изменение условий среды ( $b_i$ ), используя методику А. В. Кильчевского и Л. В. Хотылевой. Наибольшее влияние на признак «урожайность» оказал фактор «год» (сила влияния фактора  $h_x^2 = 60\%$ ). При высокой зимостойкости (4,7 балла) и регенерации растений (89 %) величина урожайности озимой ржи связана с количеством осадков при возобновлении вегетации в апреле ( $r = -0,92$ ), а также в период «всходы–осеннее кущение» и фазу «колошение» ( $r = 0,55$ ). По урожайности выделены сорта Графиня (5,09 т/га) и Лика (5,07 т/га) с достоверной прибавкой к стандарту 0,40 и 0,38 т/га соответственно ( $LSD_{05} = 0,24$  т/га). Высокой общей адаптивной способностью обладали сорта Графиня, Лика, Батист, Перепел ( $OAC_i = 0,23-0,51$ ). Сорта поздних сроков селекции характеризовались более высокой общей адаптивной способностью ( $OAC_i = 0,09-0,51$ ) по сравнению с ранее созданными ( $OAC_i = -0,61...0,01$ ). Высокой стабильностью признака «урожайность» ( $\sigma^2SAC_i = 0,50-0,73$ ) отличались сорта Вятка 2, Кипрез, Кировская 89, Садко, Графиня, Батист, Рушник, Перепел. Наименьшие показатели стабильности выявлены у сортов Флора, Лика, Талица ( $\sigma^2SAC_i = 1,13-1,35$ ). Сильную отзывчивость на улучшение условий выращивания показали сорта Флора, Лика, Талица, Фаленская 4, Перепел, Рушник ( $b_i = 1,1-1,4$ ). Сорт Графиня сочетал высокую урожайность и стабильность (СЦГ = 2,9).

**Ключевые слова:** *Secale cereale* L., адаптивная способность, экологическая стабильность, селекционная ценность генотипа, продуктивность

**Благодарности:** работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № FNWE-2022-0007).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Парфенова Е. С., Псарева Е. А. Адаптивность сортов озимой ржи по урожайности в условиях Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024;25(4):561–570.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.4.561-570>

Поступила: 22.03.2024

Принята к публикации: 09.07.2024

Опубликована онлайн: 28.08.2024

## Adaptability of winter rye cultivars by yield in the conditions of the Kirov region

© 2024. Elena S. Parfenova✉, Ekaterina A. Psareva

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The breeding of winter rye for adaptability is an important factor in increasing yield and stabilizing gross grain yields. The research was conducted in 2018–2023 in the central agroclimatic zone of the Kirov region. Thirteen cultivars of winter rye (*Secale cereale* L. var. *vulgare* Koern.) of the mid-late maturity group of different breeding periods ('Falenskaya 4' as standard) were studied in the nursery of competitive variety testing. Based on the "yield" trait, the parameters of the general adaptive ability of the cultivar ( $GAA_i$ ), stability ( $\sigma^2SAA_i$ ), breeding value of the genotype, and responsiveness of the genotype to changes in environmental conditions ( $b_i$ ) were determined using the method of A. V. Kilchevsky and L. V. Khotyleva. The "year" factor had the greatest influence on the "yield" trait (the influence of factor  $h_x^2 = 60\%$ ). With high winter hardiness (4.7 points) and plant regeneration (89 %), the yield of winter rye is associated with the amount of precipitation during the resumption of vegetation in April ( $r = -0.92$ ), as well as during the period "seedlings-autumn tillering" and the "earring" phase ( $r = 0.55$ ). According to the yield, the 'Grafinya' (5.09 t/ha) and 'Lika' (5.07 t/ha) cultivars were distinguished with a significant increase to the standard of 0.40 t/ha and 0.38 t/ha, respectively ( $LSD_{05} = 0.24$  t/ha). The 'Grafinya', 'Lika', 'Batist', and 'Perepel' cultivars had a high general adaptive ability ( $GAA_i = 0.23-0.51$ ). Cultivars of late breeding periods were characterized by a higher general adaptive ability ( $GAA_i = 0.09-0.51$ ) compared to previously created cultivars ( $GAA_i = -0.61...0.01$ ). The cultivars 'Vyatka 2', 'Kiprez', 'Kirovskaya 89', 'Sadko', 'Grafinya', 'Batist', 'Rushnik', 'Perepel' were distinguished by high stability of the "yield" trait ( $\sigma^2SAA = 0.50-0.73$ ). The lowest stability indicators were found in the cultivars 'Flora', 'Lika', 'Talitsa' ( $\sigma^2SAA = 1.13-1.35$ ). The cultivars 'Flora', 'Lika', 'Talitsa', 'Falenskaya 4', 'Perepel', 'Rushnik' were highly responsive to improving growing conditions ( $b_i = 1.1-1.4$ ). The cultivar 'Grafinya' combined high yield and stability (selection value of the genotype 2.9).

**Keywords:** *Secale cereale* L., adaptive ability, ecological stability, selection value of the genotype, productivity

**Acknowledgments:** the research was carried out within the state assignment of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. FNWE-2022-0007).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors stated no conflict of interest.

**For citations:** Parfenova E. S., Psareva E. A. Adaptability of winter rye varieties by yield in conditions of the Kirov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(4):561–570. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.4.561-570>

Received: 22.03.2024

Accepted for publication: 09.07.2024

Published online: 28.08.2024

Озимая рожь (*Secale cereale* L. var. *vulgare* Коern.) благодаря пластичности и стрессоустойчивости имеет широкий ареал возделывания и способна давать урожай в менее благоприятных для других зерновых культур природно-климатических условиях. Высокие адаптационные возможности обусловлены перекрестным способом опыления и являются значительным эволюционным преимуществом этой культуры [1, 2, 3, 4].

С 1991 г. в России наблюдается устойчивое снижение посевных площадей и валовых сборов зерна озимой ржи несмотря на тенденцию роста урожайности (в т. ч. за счет сортосмены) [5]. Кировская область является одним из традиционных регионов-производителей озимой ржи в России [6]. Однако за последние десятилетия посевные площади в Кировской области сократились примерно в 4–5 раз и составляют 50–60 тыс. га<sup>1</sup> при научно обоснованной величине 200–300 тыс. га [7]. Снижение посевных площадей озимой ржи в регионах традиционного выращивания свидетельствует о неэффективном использовании почвенно-климатических ресурсов [8, 9].

Значимый вклад в решение этой проблемы может внести селекция, так как повышение урожайности и экологической устойчивости создаваемых сортов способствует стабилизации валовых сборов зерна и увеличению рентабельности производства озимой ржи [10, 11]. Сочетание в одном сорте высокой потенциальной урожайности и экологической устойчивости может быть получено в случае независимого генетического контроля этих признаков [12]. Реализация биологического потенциала продуктивности озимой ржи зависит от устойчивости к экологическим стрессовым факторам региона (вызревание, вымерзание, поражение болезнями, эдафический стресс, засуха и т. д.), поэтому селекция должна быть направлена на усиление специфической адаптации [5, 11, 13]. Выбор наиболее подходящего метода оценки

адаптивных свойств селекционного материала среди существующего разнообразия методов и подходов зависит от задач, стоящих перед селекционером [14, 15]. Для выявления экологически устойчивого селекционного материала с минимальной изменчивостью в группе сред целесообразно использовать метод А. В. Кильчевского и Л. В. Хотылевой, позволяющий оценить адаптивную способность, стабильность генотипов, а также выявить генотипы, сочетающие продуктивность и стабильность [16]. Под адаптивной способностью авторы метода понимают способность генотипа поддерживать свойственное ему фенотипическое выражение признака в определенных условиях среды. Общая адаптивная способность (ОАС) характеризует среднее значение признака в различных условиях среды, специфическая адаптивная способность (САС) – отклонение от ОАС в данной среде. Величина отклонения показывает способность генотипа поддерживать фенотип в определенных условиях, то есть устойчивость генотипа к специфическим стрессовым факторам (например, низкие температуры, засуха, эдафический стресс, фитопатогены) [17]. Основным признаком, выражающим приспособленность генотипа к условиям выращивания, является урожайность. Несмотря на эволюционно обусловленную способность к адаптации, озимая рожь реагирует на абиотические и биотические стрессовые факторы снижением урожайности. Урожайность озимой ржи обусловлена зимостойкостью, способностью к регенерации растений после поражения снежной плесенью (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels et Hallett) и гидротермическими условиями вегетации в критически важные этапы развития растений (всходы и кущение, возобновление вегетации, выход в трубку, колошение) [18]. Адаптивная направленность селекции озимой ржи является актуальной на фоне возрастающей неустойчивости климата и повышения интенсивности сельскохозяйственного производства.

<sup>1</sup>Посевные площади сельскохозяйственных культур. Единая межведомственная информационно-статистическая система ЕМИСС. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31328> (дата обращения: 30.01.2024).

Оценка селекционного материала озимой ржи по адаптивной способности и стабильности признака «урожайность» в течение нескольких лет позволит выявить наиболее продуктивные и экологически устойчивые популяции.

**Цель исследований** – сравнительная оценка популяционных сортов озимой ржи в конкурсном сортоиспытании по адаптивной способности и стабильности признака «урожайность» в условиях Кировской области.

**Научная новизна** – в условиях Кировской области получены данные о величине общей адаптивной способности ( $OAC_i$ ) и стабильности ( $\sigma^2CAC_i$ ) популяционных сортов озимой ржи; выявлены сорта с высокой селекционной ценностью генотипа ( $СЦГ_i$ ), сочетающие стабильность и продуктивность.

**Материал и методы.** Объектом исследований служили 13 сортов диплоидной озимой ржи (*Secale cereale* L. var. *vulgare* Коетн.) средне-поздней группы спелости, созданные в разные сроки. Сорта изучали в конкурсном сортоиспытании ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2018–2023 гг. В Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию, включены<sup>2</sup> сорта: Вятка 2 (1950 г.), Кировская 89 (1993 г.), Фаленская 4 – стандарт (1999 г.), Рушник (2008 г.), Флора (2012 г.), Графиня (2016 г.), Батист (2023 г.). Государственное сортоиспытание проходит сорт Лика (с 2023 г.); сорт Талица передан на государственное сортоиспытание в 2023 г.; Кипрез включен в Госреестр охраняемых селекционных достижений с 2019 г. (патент №10734<sup>3</sup>).

Сорта Садко, Фаленская универсальная и Перепел изучались как перспективные.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая тяжелосуглинистая,  $pH_{KCl} - 4,0^4$ , содержание гумуса 1,37 %<sup>5</sup>, подвижного фосфора – 190 мг/кг, обменного калия – 221 мг/кг почвы<sup>6</sup>.

Агротехника в опыте – общепринятая для Кировской области (осенняя вспашка зяби, ранневесеннее боронование для закрытия влаги, летняя культивация для борьбы с сорняками, предпосевное внесение комплексного минерального удобрения, предпосевная культивация). Весной проводили подкормку аммиачной селитрой (доза азота 45–60 кг д. в. на 1 га) и боронование. Повторность опыта четырехкратная, учетная площадь делянки 10 м<sup>2</sup>, способ посева – рядовой, коэффициент высева 6 млн всхожих семян на 1 га.

Изучение сортов по комплексу хозяйственно ценных признаков проведено в соответствии с методикой<sup>7</sup>. Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывали по формуле Г. Т. Селянинова<sup>8</sup> с использованием данных интернет-ресурса<sup>9</sup>. Изменчивость урожайности определяли по величине коэффициента вариации<sup>10</sup> (CV, %). Статистическая обработка данных проведена методом двухфакторного дисперсионного анализа (уровень значимости  $p < 0,05$ ) в пакете<sup>11</sup> статистических программ Excel 2019. Силу влияния факторов на результативный признак ( $h_x^2$ ) определяли по способу Н. А. Плохинского в изложении Г. Ф. Лакина<sup>12</sup>.

<sup>2</sup>Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорта растений. [Электронный ресурс]. URL: <https://gossortrf.ru/upload/iblock/bbb/j9r93w3z4qwdv93asvrelhfo927c3e.pdf> (дата обращения: 21.12.2023).

<sup>3</sup>Кедрова Л. И., Микрюкова Л. М., Новикова Е. Я., Парфенова Е. С., Савельев Ю. П., Уткина Е. И., Шамова М. Г., Шляхтина Е. А. Озимая рожь Кипрез: пат. на селекционное достижение №10734 Российская Федерация. № заявки 8355411: заявл. 14.11.2016; опубл. 02.12.2019. URL: <https://elibrary.ru/lybyif> EDN: LYBYIF

<sup>4</sup>ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. 6 с. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/738/4294827946.pdf>

<sup>5</sup>ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. Определение органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992. 6 с. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/f09/4294828267.pdf>

<sup>6</sup>ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Стандартинформ, 2013. 11 с. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/32d/4293788445.pdf>

<sup>7</sup>Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1989. Вып. 2. 194 с.

<sup>8</sup>Селянинов Г. Т. О сельскохозяйственной оценке климата. Труды по сельскохозяйственной метеорологии. 1928;20:165–177.

<sup>9</sup>Погода и климат. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=27199&month=5&year=2023> (дата обращения: 18.12.2023).

<sup>10</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 1985. С. 162.

<sup>11</sup>Надстройка к Excel для статистической оценки и анализа результатов полевых и лабораторных опытов. [Электронный ресурс]. URL: <http://vniioh.ru/wp-content/uploads/2012/02/agstat.zip> (дата обращения: 18.11.2022).

<sup>12</sup>Лакин Г. Ф. Биометрия. М., 1980. С. 228–231.

Параметры общей адаптивной способности (ОАС<sub>i</sub>), стабильности ( $\sigma^2\text{CАС}_i$ ), селекционной ценности генотипа (СЦГ<sub>i</sub>), реакция генотипа на улучшение условий среды ( $b_i$ ) рассчитаны по методу А. В. Кильчевского, Л. В. Хотылевой (модель I) [19] в Excel 2019. Достоверность различий сортов по общей адаптивной способности определяли по критерию наименьшей существенной разности при  $p < 0,05$  [20].

Погодные условия в 2018–2023 гг. позволили объективно оценить сорта по параметрам адаптивности. Условия зимнего периода были провокационными для выпревания растений (в большинстве лет наблюдали превышение климатической нормы по количеству осадков и температуре воздуха). Во все годы исследований отмечали поражение растений снежной плесенью (*M. nivale* (Fr.) Sam. et Hall.) от 40 до 100 %. Регенерация растений всех сортов после перезимовки была высокой (в среднем 89 %). Благоприятные погодные условия для активного возобновления вегетации (теплая ясная погода с небольшим количеством осадков) сложились в 2019 и 2023 гг., неблагоприятные – в 2018 г. (возврат холодов и повторное выпадение снега с понижением температуры воздуха на 7,6–9,0 °С) и в 2020 г. (холодная погода с обильными осадками), удовлетворительные – в 2021 и 2022 гг. Условия вегетации характеризовались неустойчивостью гидротермического режима. Фазы «всходы» и «осеннее кущение» в сентябре проходили в условиях нормальной или избыточной влагообеспеченности, кроме 2019 г. (ГТК = 0,03, засуха) и 2020 г. (ГТК = 1,22, недостаток осадков). В фазу «выход в трубку»

(май) ежегодно наблюдали недостаток осадков (ГТК = 0,71...1,15). В фазы «колошение» и «цветение» (июнь) нормальное увлажнение отмечали в 2018 г. (ГТК = 1,67), избыточное – в 2019 и 2022 гг. (ГТК = 2,02...2,44), недостаток влаги – в 2020, 2021, 2023 гг. (ГТК – 0,83; 1,06; 0,72 соответственно). Созревание зерна (июль) проходило в условиях избыточного увлажнения в 2018, 2022, 2023 гг. (ГТК – 1,77; 2,10; 3,12 соответственно), нормального – в 2020 и 2021 гг. (ГТК – 1,57 и 1,55) и недостаточного увлажнения в 2019 г. (ГТК = 0,92). В 2023 г. осадки ливневого характера в июле вызвали полегание растений. В целом более высокая влагообеспеченность весенне-летней вегетации (май-июль) отмечена в 2018, 2022, 2023 гг. (ГТК – 1,59; 2,11; 1,73 соответственно). Негативными погодными факторами за период исследований являлись длительное похолодание с установлением временного снежного покрова, значительно замедлившее рост и развитие растений в конце апреля 2018 г., а также засуха и недостаток влаги в фазы «всходы» и «осеннее кущение» в 2019 и 2020 гг., которые привели к снижению густоты стеблестоя в 2020 и 2021 гг.

**Результаты и их обсуждение.** Установлена существенность влияния факторов «сорт», «год» и их взаимодействия на урожайность сортов. Наибольшее влияние оказал фактор «год» ( $h_x^2 = 60\%$ ), что указывает на сильную зависимость урожайности от агрометеорологических условий года и недостаточную адаптивность изучаемых сортов к таким изменениям (табл. 1).

**Таблица 1 – Результаты дисперсионного анализа по влиянию изучаемых факторов на урожайность сортов озимой ржи (2018–2023 гг.) /**

**Table 1 – The results of dispersion analysis on the influence of the studied factors on the yield of winter rye cultivars (2018–2023)**

Источник варьирования / Source of variation	Степени свободы / Degrees of freedom	Дисперсия / Variance	$F_{\text{факт.}} / F_{\text{факт.}}$	$F_{05}$	Сила влияния фактора $h_x^2$ , % / Strength of influence of factor $h_x^2$ , %
Общее / General	311	-	-	-	-
Вариантов / Variants	77	3,11	17,96*	1,3	85,5
Фактор «сорт» / Factor “cultivar”	12	2,91	16,84*	1,8	12,5
Фактор «год» / Factor “year”	5	33,65	194,45*	2,3	60,1
Взаимодействие «сорт x год» / Interaction “cultivar x year”	60	0,61	3,50*	1,4	13,0
Случайное / Random	234	0,17	-	-	14,5

\* Статистически существенно при уровне значимости  $p < 0,05$  / \*Statistically significant at  $p < 0.05$

Основными лимитирующими факторами условий года для урожайности в опыте являлись гидротермические условия во время возобновления вегетации в конце апреля и влагообеспеченность растений в период осенней и летней вегетации. Сухая и ясная погода в апреле способствовала интенсивному восстановлению стеблестоя озимой ржи после зимовки и увеличению урожайности (коэффициент корреляции между урожайностью сортов и суммой осадков за апрель –  $r = -0,92$ , значимо при  $p < 0,05$ ). При достаточной влагообеспеченности в критические периоды водопотребления озимой ржи (всходы-осеннее кущение, колошение) урожайность увеличивалась (коэффициент корреляции с суммой осадков в сентябре и июне  $r = 0,55$ , с ГТК июня  $r = 0,48$ ). При этом уровень зимостойкости и регенерационной способности сортов не влиял на урожайность ( $r = 0,10$  и  $r = -0,01$  соответственно), поскольку все сорта в опыте зимостойкие и хорошо отрас-

тали после перезимовки (зимостойкость в среднем 4,7 балла, степень регенерации 89 %).

Влияние сорта (12,5 %) и взаимодействия факторов «сорт×год» (13,0 %) на признак «урожайность» было почти в 5 раз меньше воздействия фактора «год». Статистически значимое влияние фактора «сорт» свидетельствует о наличии генотипических различий, что позволяет выявить в опыте урожайные адаптивные сорта и, в целом, показывает реализацию возможности повышения адаптивности селекционными методами. Существенное взаимодействие факторов «сорт×год» подразумевает изменение рангов генотипов по урожайности в разных средах, что затрудняет выделение адаптивных сортов при изменении условий среды.

Урожайность сортов в среднем по годам варьировала от 3,42 т/га (2020 г.) до 5,85 т/га (2019 г.) и в среднем по опыту составила 4,58 т/га при показателе стандарта 4,69 т/га (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние генотипа и условий года на урожайность сортов озимой ржи, т/га / Table 2 – Influence of genotype and year conditions on yield of winter rye cultivars, t/ha

Сорт (фактор А) / Cultivar (factor A)	Год (фактор В) / Year (factor B)						Среднее (сорт) / Average (cultivar)
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
Фаленская 4, стандарт / 'Falenskaya 4', standard	4,72	6,24	3,24	4,49	4,47	4,97	4,69
Графиня / 'Grafinya'	4,24	6,37	4,20	4,80	5,47	5,44	5,09*
Лика / 'Lika'	4,51	6,97	3,88	4,52	5,16	5,41	5,07*
Батист / 'Batist'	4,18	5,62	3,93	4,23	5,12	5,93	4,83
Перепел / 'Perepel'	4,31	6,17	3,72	4,47	4,96	5,26	4,81
Талица / 'Talitsa'	4,65	6,52	3,32	4,69	5,13	4,18	4,75
Садко / 'Sadko'	4,43	5,58	3,57	4,29	4,69	5,48	4,67
Флора / 'Flora'	4,43	6,55	2,99	4,21	4,40	4,98	4,59
Рушник / 'Rushnik'	3,95	5,72	3,18	4,29	4,42	4,86	4,40
Кипрез / 'Kiprez'	4,31	5,64	3,52	4,04	4,27	4,18	4,33
Вятка 2 / 'Vyatka 2'	4,73	4,63	3,07	4,47	4,09	4,27	4,21
Фаленская универсальная / 'Falenskaya universalnaya'	3,02	4,96	3,02	4,38	4,94	4,57	4,15
Кировская 89 / 'Kirovskaya 89'	3,62	5,12	2,88	3,91	4,08	4,24	3,97
Среднее по опыту / Average over the experiment	4,58						
Среднее (год) / Average (year)	4,24	5,85*	3,42	4,37	4,71	4,90*	-
НСР <sub>05</sub> (сорт) / LSD <sub>05</sub> (cultivar)	-						0,24
НСР <sub>05</sub> (год) / LSD <sub>05</sub> (year)	0,16						-
НСР <sub>05</sub> (варианты) / LSD <sub>05</sub> (variants)	0,58						
НСР <sub>05</sub> (сорт×год) / LSD <sub>05</sub> (cultivar×year)	0,58						
Коэффициент вариации, CV, % / Coefficient of variation, CV, %	18						8

\* Статистически существенно при уровне значимости  $p < 0,05$  / Statistically significant at  $p < 0.05$

Фенотипическая изменчивость урожайности по годам была выше ( $CV = 18\%$ ), чем по сортам ( $CV = 8\%$ ), что также указывает на более сильное влияние условий года на урожайность. Наиболее урожайными относительно среднего по опыту выделились 2019 и 2023 гг. (превышение на 1,27 и 0,32 т/га соответственно). Значимое снижение урожайности отмечено в 2018 г. (на 0,34 т/га), в 2020 г. (на 1,16 т/га), в 2021 гг. (на 0,21 т/га), что объясняется негативными агрометеорологическими факторами (ранневесенний возврат холодов в 2018 г., недостаточная влагообеспеченность осенней и весенне-летней вегетации в 2020 и 2021 гг.). Достоверное влияние генотипа позволяет разделить сорта по урожайности на 3 группы относительно стандарта с помощью критерия НСР<sub>05</sub>. К первой группе относятся сорта Графиня и Лика, достоверно превысившие стандарт (на 0,40 и 0,38 т/га соответственно). Во вторую группу (на уровне стандарта) отнесены сорта Батист, Перепел, Талица, Садко, Флора, в третью – Кировская 89, Фаленская универсальная, Вятка 2, Кипрез, Рушник, уступившие стандарту. Таким образом, сорта

поздних этапов селекции (Графиня, Флора, Батист), включенные в Госреестр селекционных достижений, и сорта, проходящие (Лика) и переданные (Талица) на государственное сортоиспытание, являются высоко- и среднеурожайными. Районированные сорта ранних этапов селекции (Вятка 2, Кировская 89, Рушник), а также сорт Кипрез, по-видимому, имеют недостаточно высокий потенциал продуктивности. Низкая урожайность сорта Фаленская универсальная в среднем за период исследований (4,15 т/га) была связана с его пониженной зимостойкостью ( $r = 0,55$ ). Однако у сорта Кировская 89 с показателем 3,97 т/га такой связи не отмечено ( $r = 0,03$ ).

Установленные в опыте статистически значимые различия генотипов по урожайности позволяют оценить адаптивность сортов, то есть свойство приспосабливаться к различным экологическим условиям. Сорта варьировали по величине параметров адаптивной способности (ОАС<sub>*i*</sub>), стабильности ( $\sigma^2 CAC_i$ ), селекционной ценности генотипа (СЦГ<sub>*i*</sub>), а также по степени отзывчивости на изменение условий среды ( $b_i$ ) (табл. 3).

**Таблица 3 – Параметры адаптивной способности и стабильности сортов озимой ржи по урожайности (2018–2023 гг.) /**

**Table 3 – Parameters of adaptive capacity and stability of winter rye cultivars by yield (2018–2023)**

<i>Copm / Cultivar</i>	$OAC_i / GAA_i$	$\sigma^2 CAC_i / \sigma^2 SAA_i$	$СЦГ_i / SVG_i$	$b_i$
Фаленская 4, стандарт / 'Falenskaya 4', standard	0,11	0,93	2,1	1,2
Графиня / 'Grafinya'	0,51*	0,70	2,9	1,0
Лика / 'Lika'	0,49*	1,16	2,2	1,3
Батист / 'Batist'	0,25*	0,70	2,6	0,9
Перепел / 'Perepel'	0,23*	0,73	2,6	1,1
Талица / 'Talitsa'	0,17	1,13	2,0	1,2
Садко / 'Sadko'	0,09	0,58	2,7	0,9
Флора / 'Flora'	0,01	1,35	1,5	1,4
Рушник / 'Rushnik'	-0,18	0,73	2,2	1,1
Кипрез / 'Kiprez'	-0,26	0,50	2,5	0,8
Вятка 2 / 'Vyatka 2'	-0,37	0,33	2,7	0,5
Фаленская универсальная / 'Falenskaya universalnaya'	-0,43	0,81	1,8	0,9
Кировская 89 / 'Kirovskaya 89'	-0,61	0,54	2,0	0,9
НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	0,09	-	-	-

Примечания: ОАС<sub>*i*</sub> – общая адаптивная способность *i*-того генотипа;  $\sigma^2 CAC_i$  – вариация специфической адаптивной способности *i*-того генотипа; СЦГ<sub>*i*</sub> – селекционная ценность *i*-того генотипа;  $b_i$  – коэффициент регрессии *i*-того генотипа на среду; \* статистически существенно при уровне значимости  $p < 0,05$  /

Notes:  $GAA_i$  – general adaptive ability of *i*-th genotype;  $\sigma^2 SAA_i$  – variance of specific adaptive ability of *i*-th genotype;  $SVG_i$  – selection value of *i*-th genotype;  $b_i$  – regression coefficient of *i*-th genotype on environment; \* statistically significant at  $p < 0.05$

Сравнение сортов по общей адаптивной способности проводится путем сопоставления эффектов общей адаптивной способности генотипа ( $OAC_i$ ). Чем больше значение показателя  $OAC_i$  сорта, тем выше среднее значение признака в разных средах и, следовательно, способность сорта адаптироваться к широкому диапазону условий среды. Существенно более высокая общая адаптивная способность относительно стандарта выявлена у сортов Графиня, Лика, Батист, Перепел ( $OAC_i = 0,23-0,51$ ). При этом реакция этих сортов на изменение условий была разной. Сорт Графиня лидировал по урожайности в опыте при достаточном увлажнении (2022, 2023 гг.) и неблагоприятных условиях (2020 г.). Сорт Лика показал максимальную урожайность в наиболее благоприятный 2019 год – 6,97 т/га, но на фоне сочетания негативных факторов в 2020 г. (осенняя засуха, недостаток тепла во время возобновления вегетации, недостаток влаги в период «колошение-цветение») снижал урожайность сильнее, чем сорт Графиня (44 против 34 %). Сорт Батист отличался меньшим снижением урожайности при неблагоприятном гидротермическом режиме в 2020 г. (34 против 40 % соответственно) по сравнению Перепел, который показал более высокую урожайность при недостатке влаги в период «колошение-цветение» в 2021 г. (на 0,24 т/га). Общая адаптивная способность на уровне стандарта выявлена у сортов Талица и Садко ( $OAC_i = 0,09-0,17$ ). Данные сорта реагировали на изменения экологических условий схожим образом со стандартом Фаленская 4, что проявилось в среднем ранге урожайности (5-е и 6-е место из 13 соответственно) за период изучения. Сорт Талица сильнее реагировал на неблагоприятные условия, значительно снижая урожайность, чем Садко (49 против 36 %), но чаще показывал более высокую урожайность как в благоприятных (2019, 2022 гг.), так и в неблагоприятных условиях (2018, 2021 гг.). Предположительно, оба сорта обладают достаточно высокими адаптивными возможностями, но Талица отличался более высоким продуктивным потенциалом.

Достоверно низкая общая адаптивная способность по сравнению со стандартом выявлена у сортов Кировская 89, Фаленская универсальная, Вятка 2, Кипрез, Рушник, Флора ( $OAC_i = (-0,61...0,01)$ ). Сорт Флора не уступал стандарту по урожайности, но при этом отличался максимальными колебаниями значений признака в различных по влагообеспеченности условиях (прирост на 219 % в 2019 г., снижение на 54 % в 2020 г.). Урожайность других сортов

этой группы в меньшей степени варьировала при изменении условий (от 35 % у сорта Вятка 2 до 44 % у сортов Кировская 89 и Рушник).

Стабильность урожайности является целью адаптивной селекции и необходимым свойством сорта для сельскохозяйственного производства с точки зрения повышения устойчивости валовых сборов зерна. В качестве меры стабильности сорта используется коэффициент вариации специфической адаптивной способности ( $\sigma^2 SAC_i$ ). Наиболее стабильными являются сорта с наименьшим значением показателя  $\sigma^2 SAC_i$ . Чем больше дисперсия  $\sigma^2 SAC_i$ , тем больше у данного генотипа размах отклонений значения признака в данных условиях от среднего значения в различных условиях. На фоне осмотического стресса в 2020 и 2021 гг. (дефицит осадков в период всходов, осеннего кушения; недостаток осадков в фазы «весеннее кушение» и «колошение») в опыте снизили урожайность все сорта (2020 г.), либо большинство из них (2021 г.). При смене лимитирующего стресс-фактора в 2018 г. (дефицит тепла для возобновления вегетации весной) урожайность снижали также большинство сортов, за исключением Фаленская 4, Вятка 2, Флора, Кипрез. Следовательно, сорта в опыте были более чувствительны к недостатку влаги в критические периоды водопотребления, чем к теплообеспеченности при возобновлении вегетации. Наиболее стабильным за период изучения отмечен сорт Вятка 2 ( $\sigma^2 SAC_i = 0,33$ ), который проявил наибольшую способность поддерживать свойственный ему фенотип в конкретной среде. Однако полегание этого длинностебельного сорта снижало урожайность, даже в благоприятные по гидротермическому режиму годы (2022, 2023 гг.). К достаточно стабильным можно отнести сорта Кипрез, Кировская 89, Садко, Графиня, Батист, Рушник, Перепел ( $\sigma^2 SAC_i = 0,50-0,73$ ). Данные сорта, кроме Кипрез, понижали урожайность при одних и тех же стрессовых условиях (ранневесеннее похолодание, осмотический стресс). Урожайность сорта Кипрез в 2023 г. снизилась в связи с полеганием, что указывает на неустойчивость сорта к специфическим провокационным условиям. Наименьшую стабильность урожайности показали сорта Флора, Лика, Талица ( $\sigma^2 SAC_i = 1,13-1,35$ ), что означает наиболее сильную зависимость их продуктивности от специфических стрессовых факторов года. Сорта Фаленская 4 и Фаленская универсальная заняли промежуточное положение между стабильными и нестабильными. Таким образом, результаты оценки стабильности и продуктивности не совпадали у большинства

сортов в опыте, то есть стабильными являлись сорта с разным уровнем продуктивности. Статистически значимая связь между стабильностью и урожайностью сортов отсутствовала.

Отзывчивость генотипа на улучшение (изменение) условий среды определяют по величине коэффициента регрессии генотипа на среду  $b_i$  [19]. Наиболее сильной отзывчивостью на улучшение условий выращивания отличались Флора, Лика, Талица, Фаленская 4, Перепел, Рушник ( $b_i = 1,1-1,4$ ), в связи с этим данные сорта являются пригодными для выращивания по интенсивной технологии. Наименьшую отзывчивость на улучшение условий среды (в виде прибавки урожайности) следует ожидать у сорта Вятка 2 ( $b_i = 0,5$ ), слабая отзывчивость отмечена у сортов Садко, Батист, Кировская 89, Кипрез, Фаленская универсальная ( $b_i = 0,8-0,9$ ). Изменение величины урожайности сорта Графиня полностью соответствует изменению условий среды ( $b_i = 1,0$ ), то есть данный сорт подходит для возделывания по технологиям разного уровня интенсивности.

Заключительная оценка и отбор селекционного материала (сортов) зависит от задач адаптивной селекции [19]. Для озимой ржи в условиях Кировской области более результативной может быть стратегия оценки и отбора селекционного материала на высокую общую адаптивную способность (ОАС) с учетом стабильности, позволяющая контролировать реакцию генотипов на варьирование условий среды. С этой целью используется показатель селекционной ценности генотипа (СЦГ<sub>i</sub>) [19]. Сорта с наибольшей величиной СЦГ<sub>i</sub> обладают оптимальным сочетанием продуктивности и стабильности, то есть дают гарантированный урожай в различных экологических условиях. Большинство сортов в опыте характеризовались схожим показателем СЦГ<sub>i</sub> в пределах от 2,0 до 2,9. Низкие показатели СЦГ<sub>i</sub> отмечены у сортов Флора и Лика (1,5 и 1,8 соответственно), что указывает на несбалансированность продуктивных и адаптивных возможностей этих сортов и более сильную связь величины урожайности с условиями выращивания. Максимальное значение показателя СЦГ<sub>i</sub> в опыте, равное 2,9, выявлено у сорта Графиня, который сочетает высокую урожайность и стабильность ее формирования в различных агрометеорологических условиях. Относительно высокое значение

показателя СЦГ<sub>i</sub> отмечено у сортов Вятка 2, Садко, Перепел, Батист и Кипрез. Присутствие в группе с высокой селекционной ценностью генотипа сортов Вятка 2 и Кипрез можно объяснить высокой стабильностью их урожайности ( $\sigma^2\text{САС}_i = 0,33-0,50$ ).

**Заключение.** Таким образом, на урожайность сортов озимой ржи в Кировской области наибольшее влияние оказывают условия выращивания ( $h_x^2 = 60\%$ ). Лимитирующим фактором урожайности при высокой зимостойкости сортов является влагообеспеченность растений в период всходов, осеннего кушения, колошения ( $r = 0,48-0,55$ ), а также гидротермический режим во время возобновления вегетации ( $r = -0,92$ ). Высокой урожайностью за период изучения отличались сорта Графиня (5,09 т/га) и Лика (5,07 т/га) с достоверной прибавкой к стандарту 0,40 и 0,38 т/га соответственно. Сорта Графиня, Лика, Батист и Перепел обладали существенно более высокой общей адаптивной способностью относительно стандарта ( $\text{ОАС}_i = 0,23-0,51$ ). В целом, сорта поздних сроков селекции характеризовались более высокой общей адаптивной способностью ( $\text{ОАС} = 0,09-0,51$ ) по сравнению с ранее созданными ( $\text{ОАС} = -0,61...0,01$ ). Наибольшую стабильность за период изучения показал сорт Вятка 2 ( $\sigma^2\text{САС}_i = 0,33$ ), к достаточно стабильным относятся Кипрез, Кировская 89, Садко, Графиня, Батист, Рушник, Перепел ( $\sigma^2\text{САС}_i = 0,50-0,73$ ). Сорта Флора, Лика, Талица отличались наименьшей стабильностью урожайности ( $\sigma^2\text{САС}_i = 1,13-1,35$ ). Наиболее сильной отзывчивостью на улучшение условий выращивания отличались сорта Флора, Лика, Талица, Фаленская 4, Перепел, Рушник ( $b_i = 1,1-1,4$ ).

В условиях Кировской области оценка сортов по величине показателя «селекционная ценность генотипа» (СЦГ<sub>i</sub>) реализует стратегию оценки и отбора селекционного материала на высокую общую адаптивную способность (ОАС) с учетом стабильности ( $\sigma^2\text{САС}$ ) и позволяет выявить сорта с сочетанием продуктивности и стабильности. Выявлены сорта с высокой селекционной ценностью генотипа – Графиня (СЦГ<sub>i</sub> = 2,9), Садко (СЦГ<sub>i</sub> = 2,7), Вятка 2 (СЦГ<sub>i</sub> = 2,7), Батист (СЦГ<sub>i</sub> = 2,6), Перепел (СЦГ<sub>i</sub> = 2,6), Кипрез (СЦГ<sub>i</sub> = 2,5). Сорт Графиня отличается наилучшим сочетанием высокой урожайности и стабильности.

*Список литературы*

1. Скатова С. Е., Лачин А. Г. Селекция сортов озимой ржи на совмещение высокой урожайности с устойчивостью к стрессовым биотическим и абиотическим нагрузкам. Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: Междунар. научн.-практ. конф. Киров: ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 2019. С. 132–136. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37201540> EDN EQKPLY
2. Zuo Y., Zhang X., Zuo S., Ren X., Liu Z., Dong L., Li J. Changes of stem characteristics, senescence indexes and yield and quality of wintering rye under different populations. *Sustainability*. 2021;13(12):6876. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13126876>
3. Szuleta E., Phillips T., Knott C. A., Lee C. D., Van Sanford D. A. Influence of planting date on winter rye performance in Kentucky. *Agronomy*. 2022;12(11):2887. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12112887>
4. Hackauf B., Siekmann D., Fromme F. J. Improving yield and yield stability in winter rye by hybrid breeding. *Plants*. 2022;11(19):2666. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11192666>
5. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н. Научные основы селекции озимой ржи. Казань: изд-во ФЭН, 2019. 352 с.
6. Костенко О. В., Оленин О. А. Территориальное размещение производства зерна ржи: тенденции, факторы. Уфимский гуманитарный научный форум: сб. ст. Междунар. научн. форума. Уфа: Академия наук Республики Башкортостан, 2023. С. 156–163. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54505499> EDN GZCZIG
7. Уткина Е. И., Кедрова Л. И., Шамова М. Г., Парфенова Е. С., Набатова Н. А., Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М., Шляхтина Е. А. Возделывание озимой ржи в условиях северного земледелия: научно-практические рекомендации. Киров: ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 2021. 120 с.
8. Гончаренко А. А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи. М.: Росинформагротех, 2014. 372 с.
9. Петрова А. А., Лихенко И. Е., Артемова Г. В. Актуальность увеличения доли озимой ржи в производственных посевах Западной Сибири. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023;53(3):53–62. DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-3-6> EDN PSMOIH
10. Костенко О. В. Состояние и тенденции развития российского рынка озимой ржи. Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности: мат-лы IV Междунар. научн.-практ. конф. Воронеж: Воронежский ГАУ им. Петра I, 2016. С. 293–298. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26787036> EDN WOERYD
11. Гончаренко А. А., Макаров А. В., Ермаков С. А., Семенова Т. В., Точилин В. Н., Цыганкова Н. В., Скатова С. Е., Крахмалева О. А. Экологическая устойчивость сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности. Российская сельскохозяйственная наука. 2019;(3):3–9. DOI: <https://doi.org/10.31857/S2500-2627201933-9> EDN UFHSQL
12. Чайкин В. В., Тороп А. А., Тороп Е. А. Способы селекции озимой ржи, позволяющие сочетать в одном сорте высокую урожайность и устойчивость к неблагоприятным условиям среды. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022;(4(44)):144–150. DOI: <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2022-4-144-150> EDN QLXMWA
13. Pomortsev A. V., Dorofeev N. V., Zorina S. Y., Katysheva N. B., Sokolova L. G., Zhuravkova A. S., Mikhailova E. V. Evaluation of population and hybrid varieties of winter rye in the conditions of Eastern Siberia. *Agronomy*. 2023;13(5):1431. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13051431>
14. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2016;51(5):617–626. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2016.5.617rus> EDN: WZJQEN
15. Гудзенко В. Н. Статистическая и графическая (GGE biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019;23(1):110–118. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ19.469> EDN: YXMGCT
16. Cheshkova A. F., Stepochkin P. I., Aleynikov A. F., Grebennikova I. G., Ponomarenko V. I. A comparison of statistical methods for assessing winter wheat grain yield stability. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020;24(3):267–275. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ20.619> EDN: HKAOWK
17. Ерошенко Л. М., Ромахин М. М., Ерошенко Н. А., Левакова О. В., Дедушев И. А., Наумова В. В. Использование метода оценки адаптивной способности, стабильности генотипов и дифференцирующей способности среды в селекции ярового ячменя на повышение качества зерна. *Зерновое хозяйство России*. 2018;(6):55–59. DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-60-6-55-59> EDN: YRLLPF
18. Кедрова Л. И. Озимая рожь в Северо-Восточном регионе России. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 158 с.
19. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Генетические основы селекции растений. Т. 1. Общая генетика растений. Минск: Белорусская наука, 2008. С. 61–75.
20. Рекашус Э. С. Критерий существенности общей адаптивной способности: обоснование метода. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018;(5):30–33. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.66.5.30-33> EDN: YPGRZZ

*References*

1. Skatova S. E., Lachin A. G. Breeding of winter rye varieties for combining high yields with resistance to stressful biotic and abiotic loads. Methods and technologies in plant breeding and crop production: International Scientific and Practical Conference. Kirov: *FGBNU FANTs Severo-Vostoka*, 2019. pp. 132–136. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37201540>
2. Zuo Y., Zhang X., Zuo S., Ren X., Liu Z., Dong L., Li J. Changes of stem characteristics, senescence indexes and yield and quality of wintering rye under different populations. *Sustainability*. 2021;13(12):6876. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13126876>

3. Szuleta E., Phillips T., Knott C. A., Lee C. D., Van Sanford D. A. Influence of planting date on winter rye performance in Kentucky. *Agronomy*. 2022;12(11):2887. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12112887>
4. Hackauf B., Siekmann D., Fromme F. J. Improving yield and yield stability in winter rye by hybrid breeding. *Plants*. 2022;11(19):2666. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11192666>
5. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N. Scientific foundations of winter rye breeding. Kazan: *izd-vo FEN*, 2019. 352 p.
6. Kostenko O. V., Olenin O. A. Rye grain production, territorial location: trends, factors. Ufa Humanitarian Scientific Forum: collection of articles of the International Scientific forum. Ufa: *Akademiya nauk Respubliki Bashkortostan*, 2023. pp. 156–163. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54505499>
7. Utkina E. I., Kedrova L. I., Shamova M. G., Parfenova E. S., Nabatova N. A., Sheshegova T. K., Shchekleina L. M., Shlyakhtina E. A. Cultivation of winter rye in the conditions of northern agriculture: scientific and practical recommendations. Kirov: *FGBNU FANTs Severo-Vostoka*, 2021. 120 p.
8. Goncharenko A. A. Current issues of winter rye breeding. Moscow: *Rosinformagrotekh*, 2014. 372 p.
9. Petrova A. A., Likhenko I. E., Artemova G. V. Relevance of increasing the share of winter rye in production crops of Western Siberia. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science. 2023;53(3):53-62. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-3-6>
10. Kostenko O. V. The state and development trends of the Russian winter rye market. Production and processing of agricultural products: quality and safety management: Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference. Voronezh: *Voronezhskiy GAU im. Petra I*, 2016. pp. 293–298. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26787036>
11. Goncharenko A. A., Makarov A. V., Ermakov S. A., Semenova T. V., Tochilin V. N., Tsygankova N. V., Skatova S. E., Krakhmaleva O. A. Ecological stability of varieties of winter rye with various type of a short-stem. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka*. 2019;(3):3–9. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S2500-2627201933-9>
12. Chaykin V. V., Torop A. A., Torop E. A. Winter rye breeding methods to combine high yield and resistance to adverse environmental conditions in one variety. *Zernobobovye i krupyanye kultury* = Legumes and Groat Crops. 2022;(4(44)):144–150. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2022-4-144-150>
13. Pomortsev A. V., Dorofeev N. V., Zorina S. Y., Katysheva N. B., Sokolova L. G., Zhuravkova A. S., Mikhailova E. V. Evaluation of population and hybrid varieties of winter rye in the conditions of Eastern Siberia. *Agronomy*. 2023;13(5):1431. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13051431>
14. Rybas' I. A. Breeding grain crops to increase adaptability. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2016;51(5):617–626. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.5.617rus>
15. Gudzenko V. N. Statistical and graphical (GGE biplot) evaluation of the adaptive ability and stability of winter barley breeding lines. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii* = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019;23(1):110–118. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ19.469>
16. Cheshkova A. F., Stepochnik P. I., Aleynikov A. F., Grebennikova I. G., Ponomarenko V. I. A comparison of statistical methods for assessing winter wheat grain yield stability. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii* = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2020;24(3):267–275. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ20.619>
17. Eroshenko L. M., Romakhin M. M., Eroshenko N. A., Levakova O. V., Dedushev I. A., Naumova V. V. The use of the method of adaptability estimation, genotype stability and differential ability of the environment in spring barley breeding to improve grain quality. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia. 2018;(6):55–59. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-60-6-55-59>
18. Kedrova L. I. Winter rye in the North-Eastern region of Russia. Kirov: *NIISh Severo-Vostoka*, 2000. 158 p.
19. Kil'chevskiy A. V., Khotyleva L. V. Genetic foundations of plant breeding. Vol. 1. General plant genetics. Minsk: *Belorusskaya nauka*, 2008. pp. 61–75.
20. Rekasus E. S. The criterion of significance of general adaptive ability. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2018;(5):30–33. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.66.5.30-33>

#### Сведения об авторах

✉ **Парфенова Елена Сергеевна**, кандидат с.-х. наук, заведующая лабораторией селекции и первичного семеноводства озимой ржи, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8919-4056>, e-mail: [elka1745@yandex.ru](mailto:elka1745@yandex.ru)

**Псарева Екатерина Александровна**, лаборант-исследователь, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9020-4765>

#### Information about the authors

✉ **Elena S. Parfenova**, PhD in Agricultural Science, Head of the Laboratory of Winter Rye Breeding and Primary Seed Production, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8919-4056>, e-mail: [elka1745@yandex.ru](mailto:elka1745@yandex.ru)

**Ekaterina A. Psareva**, laboratory assistant, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9020-4765>

✉ – Для контактов / Corresponding author