

АГРОНОМИЯ

4.1.2. Селекция, семеноводство
и биотехнология растений

Научная статья
УДК 633.14:631.559
<https://doi.org/10.28983/asj.y2026i4pp31-38>

**Урожайность и адаптивный потенциал сортов озимой ржи
селекции ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН**

**Гульназ Сулеймановна Маннапова, Мира Леонидовна Пономарева, Сергей Николаевич Пономарев,
Диля Данисовна Сайфутдинова, Любовь Валентиновна Илалова**

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр Российской академии наук», г. Казань, Россия

e-mail: mgs1980@mail.ru

Аннотация. В связи с сильными колебаниями условий вегетации зимующих растений становится актуальным создание сортов озимой ржи с высокой экологической пластичностью и стабильностью. В 2020–2024 гг. было изучено 11 сортов и сортообразцов озимой ржи селекции Татарского НИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН в конкурсном сортоиспытании на селекционно-семеноводческой базе института. Их урожайность подвергалась статистическому и эколого-генетическому анализу с использованием разных методов. Наиболее высокую среднюю урожайность отмечали в 2020, 2022 и 2024 гг. (5,36; 5,14 и 5,51 т/га соответственно), а минимальную – в 2021 г. (3,24 т/га). Выявлены значительные колебания продуктивности сортов озимой ржи в зависимости от года, генотипа и их взаимодействия. Основным фактором, влияющим на урожайность, оказались условия года (88,2 %), а затем – взаимодействие между генотипом и годом (6,5 %). На основании пятилетних данных самой высокой урожайностью отличались сорта Зилант, Ритм и сортообразцы Популяция 20, Популяция 19 (4,8–4,9 т/га), которые превзошли стандарт Тантана на 0,3–0,4 т/га. Анализ сортов по методу А.В. Кильчевского, Л.В. Хотылевой (1985) показал, что Зилант характеризуется высокой общей адаптивной способностью, а Ритм, Популяция 20 и Популяция 19 – наибольшими значениями эффектов ОАС, стабильностью и селекционной ценностью генотипа. Подарок, Популяция 19 и Тантана продемонстрировали наибольшую устойчивость к абиотическим стрессам в течение исследований, тогда как сорта Ритм и Татарская 1 выделились по степени гомеостатичности. Таким образом, новые сорта последнего поколения селекции обладают высоким потенциалом урожайности, экологической стабильностью и будут конкурентоспособны в производстве зерна ржи в Российской Федерации.

Ключевые слова: озимая рожь, сорта, селекция, урожайность, адаптивная способность, стабильность

Для цитирования: Маннапова Г. С., Пономарева М. Л., Пономарев С. Н., Сайфутдинова Д. Д., Илалова Л. В. Урожайность и адаптивный потенциал сортов озимой ржи селекции ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН // Аграрный научный журнал. 2026. № 4. С. 31–38. <https://doi.org/10.28983/asj.y2026i4pp31-38>.

AGRONOMY

Original article

**Yield and adaptive potential of winter rye varieties of breeding
of Tatar research institute of agriculture FRC KazSC of RAS**

Gulnaz S. Mannapova, Mira L. Ponomareva, Sergey N. Ponomarev, Dilya D. Sayfutdinova, Lyubov V. Ilalova
Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia

e-mail: mgs1980@mail.ru

Abstract. Due to significant fluctuations in the growing conditions of winter crops, there is important to create winter rye varieties with both highly ecological plasticity and stability. In 2020–2024, 11 winter rye varieties bred by the Tatar Scientific Research Institute of Agriculture FRC Kazan Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences were studied in a competitive variety trial at the seed production base (Republic of Tatarstan). The results of the varieties'





yields were subjected to statistical and ecological-genetic analyses using various methods. The highest average yield was recorded in 2020, 2022 and 2024 (5.36, 5.14 and 5.51 t/ha, respectively), and the lowest in 2021 (3.24 t/ha). Significant fluctuations in the productivity of winter rye varieties were identified depending on the year, genotype and their interaction. The main factor affecting yield was the year's conditions (88.2%), followed by the genotype-year interaction (6.5%). Based on the five-year data, the highest yields were recorded for the varieties Zilant, Rytm and samples Populyatsiya 20, Populyatsiya 19 (4.8–4.9 t/ha), which exceeded the standard Tantana by 0.3–0.4 t/ha. The analysis of adaptability and stability according to the method of A.V. Kilchevsky, L.V. Khotyleva (1985) showed that the variety Zilant is characterized by high overall adaptability, while Ritm, Population 20 and Population 19 demonstrate the highest values of adaptive capacity effects, stability and breeding value of the genotype. The varieties Podarok, Populyatsiya 19 and Tantana showed the greatest resistance to stress during the years studied, while the varieties Ritm and Tatarskaya 1 stood out in terms of homeostasis. Thus, the new varieties of the latest breeding generation created by us have high yield potential and ecological stability, and will be competitive in rye grain production in the Russian Federation.

Keywords: winter rye, varieties, selection, yield, adaptive capacity, stability

For citation: Mannapova G. S., Ponomareva M. L., Ponomarev S. N., Sayfutdinova D. D., Palova L. V. Yield and adaptive potential of winter rye varieties of breeding of Tatar research institute of agriculture FRC KazSC of RAS. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2026;(4):31–38. (In Russ.). <https://doi.org/10.28983/asj.y2026i4pp31-38>.

Введение. Селекция озимой ржи в Республике Татарстан начата в 1920 г. За этот период исходный материал и методы проведения селекционной работы претерпели значительные изменения. Совершенствовались и требования к сортам озимой ржи. Первостепенная селекционная цель – выведение более совершенных сортов, адаптированных к широкому спектру почвенно-климатических условий и стрессовых воздействий, с лучшим откликом на факторы интенсификации, обладающих высоким потенциалом урожайности, а также устойчивостью к частым стрессам и погодным аномалиям, способных обеспечивать биологическую полноценность получаемых из них продуктов питания и кормов [6].

На современном этапе селекции созданы восемь сортов озимой ржи с широким ареалом производства, допуск к использованию которых охватывает Северный, Волго-Вятский, Уральский, Средневолжский и Центральный регионы Российской Федерации. Сорта Татарская 1 и Эстафета Татарстана созданы до 2000 г., Радонь, Огонек, Тантана, Подарок и Зилант – в последующее 20-летие. Сорт Ритм проходит Государственное сортоиспытание с 2024 г. Сорта Радонь (2015), Тантана (2018), Подарок (2023, 2024) и Зилант (2024), по данным Россельхозцентра, входят в ТОП-10 сортов по объему высеваемых семян в РФ. В Республике Татарстан 60 % посевных площадей ржи заняты сортами местной селекции.

Прогнозы изменения климата указывают на рост риска потерь урожая из-за более частых экстремальных погодных явлений [12]. Амплитуда температурных колебаний в Республике Татарстан схожа с регионами с резко континентальным климатом. На территории республики в последние годы чередуются сильно различающиеся по увлажненности весенне-летние периоды, морозные и мягкие зимы, которые несходны по толщине и сроку таяния снежного покрова. На изменения климата наиболее эффективно реагируют так называемые пластичные сорта, характеризующиеся устойчивостью к засухе, избытку влаги, разным уровням плодородия почвы, а также патогенам и другим био- и абиотическим стрессовым факторам. В последние годы анализ стабильности урожайности стал особенно важен ввиду погодных аномалий. Для сельхозтоваропроизводителей важно выращивать сорта, отличающиеся адаптивностью и стабильностью, имеющие высокий потенциал урожайности, так как это определяет экономическую предсказуемость и снижает риски. Стабильность также имеет решающее значение для селекционеров, создающих новые сорта, адаптированные к широкому спектру разнообразных условий [16]. В связи с климатическими изменениями и их негативным воздействием на урожайность анализ стабильности приобретает первостепенное значение. В условиях значительной вариабельности факторов вегетации зимующих растений селекция сортов озимой ржи, обладающих высокой адаптивностью и экологической пластичностью, становится приоритетной задачей.

Цель исследования – оценить урожайность и параметры экологической устойчивости сортов озимой ржи селекции ТатНИИСХ ФИЦ «Казанский научный центр Российской академии наук» и выделить среди них наиболее адаптивные.

Материалы и методы. В 2020–2024 гг. была проведена оценка восьми сортов (Татарская 1, Эстафета Татарстана, Радонь, Огонек, Тантана, Подарок, Зилант, Ритм) и трех перспективных



сортообразцов (Популяция 19, Популяция 20, Популяция 21) озимой ржи конкурсного сортоиспытания селекции Татарского НИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН по урожайности. Ее учитывали методом сплошного обмолота мелко деляночным комбайном WINTER STEIGER Classic Plus и пересчитывали на 14%-ю влажность и 100%-ю чистоту. Сорты высевали в четырехкратной повторности на делянках площадью 12 м²; норма высева – 5 млн семян/га. Предшественник – чистый пар. Уход за посевами проводили в соответствии с общепринятыми агротехнологическими приемами, рекомендованными для Предкамской зоны Республики Татарстан, где расположена селекционная база института (с. Большие Кабаны Лаишевского района). Почвенный покров селекционного участка – серая лесная почва с низким содержанием гумуса (2,9–3,1 %).

Данные по урожайности, полученные в пятилетнем полевом испытании, обрабатывали статистически с помощью дисперсионного анализа. Затем проводили анализ адаптивной способности и стабильности по методу А.В. Кильчевского, Л.В. Хотылевой (1985) [5]. Стрессоустойчивость определяли по А.А. Гончаренко [2], размах урожайности (d) – по В.А. Зыкину [4], параметры гомеостатичности (Hom) – по В.В. Хангильдину [8], коэффициент вариации (CV) – по Б.А. Доспехову [3].

Метеорологические данные были предоставлены агрометеостанцией института, расположенной на территории селекционно-семеноводческой базы. Vegetация растений озимой ржи проходила в различных погодных условиях (таблица 1). Продолжительность холодного периода вегетации за годы исследований варьировала от 127 (2024 г.) до 152 (2021 г.) дней. Зимний период 2024 г. характеризовался многоснежьем (на 20 февраля толщина снежного покрова составила 95 см) и полным оттаиванием почвы 20 января, что привело к ослаблению растений и развитию снежной плесени. Ранний сход снега с питомников (третья декада марта) и воздействие весенних морозов на растения наблюдали в 2020 и 2023 гг.

Осеннее развитие растений в 2022 г. до 2-й декады сентября проходило при острой нехватке влаги. Фазы всходы и кущения растений задерживались до выпадения дождей. Vegetация растений в весенне-летний период 2021 г. проходила в крайне засушливых условиях (ГТК = 0,29 по Селянину Г.Т.). По значениям гидротермического коэффициента весенне-летние периоды 2022 и 2024 гг. характеризовались влажными условиями, а 2020 и 2023 гг. – засушливыми.

Таблица 1 – Характеристика метеоусловий за период исследований (2020–2024 гг.)

Table 1– Characterization of meteorological conditions for the study period (2020–2024)

Показатель	Год				
	2020	2021	2022	2023	2024
Максимальное значение глубины промерзания почвы, см	37	63	46	33	7
Толщина снежного покрова, см	35	78	74	65	95
Продолжительность холодного периода, дней	129	152	148	131	127
Дата схода снега с полей	21. III*	8. IV	17. IV	27. III	11. IV
Среднесуточная температура воздуха, °С (май – июль)	13,7	20,7	16,2	18,0	17,6
Сумма осадков, мм (май – июль)	127	55	151	161	189
ГТК (май – июль)	0,84	0,29	1,10	0,99	1,23

*римские цифры означают номер месяца.

Результаты исследований. Контрастные по погодным условиям годы исследований позволили более полно оценить адаптивный потенциал сортов озимой ржи. Ключевым показателем эффективности выращивания сортов является урожайность. Наиболее высокую среднюю урожайность сортов отмечали в 2020, 2022 и 2024 гг. (5,36; 5,14 и 5,51 т/га соответственно). В 2023 г. этот показатель составил 4,13 т/га. Минимальное значение продуктивности сортов озимой ржи зафиксировали в 2021 г. (3,24 т/га), таблица 2.

В данном исследовании дисперсионный анализ показал наличие высокозначимых различий в урожайности зерна в зависимости от генотипа и исследуемых лет (таблица 3). Это указывает на наличие как экологической, так и генетической изменчивости и позволяет использовать эколого-генетические параметры для оценки сортов. Год оказал наибольшее статистически значимое влияние на урожайность зерна (88,2 %), затем следует взаимодействие год × генотип (6,5 %).



Таблица 2 – Урожайность сортов и сортообразцов озимой ржи конкурсного сортоиспытания (2020–2024 гг.), т/га

Table 2 – Yield of winter rye varieties and samples of competitive variety trials (2020–2024), t/ha

Сорт, сортообразец	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее	Прибавка к стандарту
Татарская 1	4,69	3,42	5,24	4,04	6,01	4,68	0,19
Эстафета Татарстана	5,65	3,23	4,97	3,80	5,24	4,58	0,09
Радонь	5,59	2,91	4,91	3,66	5,56	4,53	0,03
Огонек	5,89	3,06	4,76	4,31	5,47	4,70	0,21
Тантана*	5,24	3,14	5,00	3,91	5,17	4,49	
Подарок	4,83	2,87	4,95	4,14	5,40	4,44	–0,05
Зилант	5,48	3,34	5,53	4,22	5,76	4,87	0,37
Ритм	4,91	3,52	5,28	4,36	5,91	4,80	0,30
Популяция 19	5,61	3,56	5,42	4,28	5,14	4,80	0,31
Популяция 20	5,75	3,44	5,33	4,56	5,38	4,89	0,40
Популяция 21	5,37	3,16	5,17	4,13	5,57	4,68	0,19
Среднее	5,36	3,24	5,14	4,13	5,51	4,68	
НСР ₀₅	0,36	0,29	0,27	0,22	0,28	0,28	

* стандартный сорт озимой ржи по Республике Татарстан.

Таблица 3 – Двухфакторный дисперсионный анализ и степень влияния источника вариации на урожайность 11 сортов и сортообразцов озимой ржи

Table 3 – Two-way analysis of variance and the degree of influence of the sources of variation on the yield of 11 varieties and samples of winter rye

Источник вариации	Df*	MS	F-критерий	F _{табл}	Доля влияния η^2 , %
Сорт	10	0,36119	10,3602	1,92*	2,5
Год	4	30,98037	888,6311	2,46*	88,2
Взаимодействие «сорт × год»	40	0,22733	6,5208	1,51*	6,5
Внутри групп	110	0,03486			2,7
Общая	164				

Примечание: * Df – степень свободы; MS – среднее квадратичное; η^2 – сила влияния источников вариации – генотипа, года и генотип – год; *статистически значимые значения при $p \leq 0,05$.

Средняя урожайность сортов озимой ржи КСИ за годы исследований составила 4,68 т/га с колебаниями от 4,44 (Подарок) до 4,89 т/га (Популяция 20), см. таблицу 2. Достоверную прибавку к стандартному сорту Тантана дали Популяция 20, Зилант, Ритм и Популяция 19, у которых колебания значений прибавки к стандарту (4,49 т/га) составили от 0,3 (Ритм) до 0,4 т/га (Популяция 20).

Высокую селекционно-генетическую ценность представляют сорта, сочетающие высокий потенциал продуктивности с высокой адаптивной способностью и стабильностью урожайности. Изучение реакции сортов озимых культур на воздействие различных экологических факторов представляет большой интерес для селекционеров [1, 7]. Ключевой целью современной селекции озимой ржи является повышение экологической стабильности сортов, обеспечивающих устойчивые урожаи независимо от внешних факторов среды [10].

Стабильность урожайности – это комплексная характеристика, отражающая, насколько хорошо конкретный генотип может использовать имеющиеся ресурсы окружающей среды (природные и технологические) и раскрывать свой генетический потенциал. Эта способность напрямую связана с его адаптивностью [15]. На урожайность зерновых влияют три основных фактора: генетические особенности растения, условия окружающей среды и взаимодействие между ними (ВСГ) [17]. Анализ ВСГ помогает в отборе генотипов для селекции, позволяя создавать сорта, подходящие для широкого спектра условий или, наоборот, адаптированные к конкретным нишам. Селекционные программы, направленные на создание и выявление адаптивных и пластичных сортов, представляют собой последовательный процесс анализа создаваемого генетического материала, начиная с исходного материала и завершая новыми конкурентоспособными сортами.

Существует широкий спектр статистических методов для оценки адаптивности и стабильности генотипов. Эти методы отличаются по сложности, объему предоставляемой информации,



объективности и способности выделять ценные генотипы. Для оценки относительной стабильности генотипов в различных условиях применяются параметрические и непараметрические методы анализа стабильности. Параметрические методы, включающие коэффициент регрессии, отклонение от регрессии, коэффициент вариации и компонент средней дисперсии, позволяют количественно оценить эту стабильность. Непараметрические методы оценивают стабильность, основываясь на ранжировании генотипов в каждом из исследуемых условий [13]. Следует подчеркнуть, что оценка сортов одним единственным методом не дает полного представления об их адаптивных характеристиках.

В селекционной практике наиболее приемлемым и объективным является метод эколого-генетического анализа, который основан на испытании генотипов в различных средах. Преимуществом этой методики является объединение линейной и нелинейной части реакции генотипа на среду [9].

Высокие значения эффекта общей адаптивной способности (v_i) указывают на способность сортов обеспечить максимальную урожайность во всей совокупности сред. Наиболее высокой общей адаптивной способностью характеризовались Популяция 20 и Зилант ($v_i = 0,215$ и $0,189$ соответственно), таблица 4. Также лучшими значениями v_i характеризовались Популяция 19 и Ритм ($0,125$ и $0,119$ соответственно).

Таблица 4 – Параметры адаптивной способности и стабильности сортов и сортообразцов озимой ржи по урожайности зерна

Table 4 – Adaptive capacity and stability parameters of winter rye varieties and samples in terms of grain yield

Сорт, сортообразец	$u + v_i$	v_i	$\sigma^2(G \times E)_{gi}$	$\sigma^2 CAC_i$	σCAC_i	lg_i	Sg_i	СЦГ _i	Kg_i
Татарская 1	4,68	0,003	0,181	1,011	1,006	0,179	21,5	2,32	0,54
Эстафета Татарстана	4,58	-0,099	0,053	1,032	1,016	0,051	22,2	2,19	0,55
Радонь	4,53	-0,151	0,073	1,419	1,191	0,051	26,3	1,73	0,76
Огонек	4,70	0,021	0,114	1,205	1,098	0,095	23,4	2,12	0,65
Тантана (ст.)	4,49	-0,185	0,002	0,852	0,923	0,002	20,6	2,33	0,46
Подарок	4,44	-0,239	0,039	0,964	0,982	0,040	22,1	2,13	0,52
Зилант	4,87	0,189	0,009	1,082	1,040	0,008	21,4	2,43	0,58
Ритм	4,80	0,119	0,104	0,818	0,904	0,127	18,9	2,67	0,44
Популяция 19	4,80	0,125	0,073	0,732	0,856	0,099	17,8	2,79	0,39
Популяция 20	4,89	0,215	0,041	0,838	0,915	0,049	18,7	2,74	0,45
Популяция 21	4,68	0,003	0,005	1,022	1,011	0,005	21,6	2,31	0,55
НСР ₀₅	0,28								

Варианса взаимодействия сорта и среды ($\delta^2(G \times E)_{gi}$) указывает на способность сорта вступать во взаимодействие генотипа и условий среды конкретных лет. Высокие значения этого показателя свидетельствуют о том, что различные условия вегетации по годам могут значительно усилить или ослабить потенциал урожайности зерна отдельного сорта. Максимальное значение вариации взаимодействия сорта и среды было у Татарской 1 (0,181), также относительно высокие значения данного показателя выявлены у сортов Огонек (0,114), Ритм (0,104), Радонь и сортообразца Популяция 19 (0,073).

Варианса специфической адаптивной способности ($\sigma^2 CAC_i$) служит мерой стабильности урожайности сортов в различные по погодным условиям годы. Сорт считается более устойчивым по урожайности, если значение этого параметра меньше. Наибольшей стабильностью характеризовались сорта Ритм, Тантана и сортообразцы Популяция 19, Популяция 20, со значениями $\sigma^2 CAC_i$ 0,732–0,852. Наиболее нестабильным среди изученной совокупности оказался сорт Радонь ($\sigma^2 CAC_i = 1,419$). Важность параметров стабильности для идентификации широко адаптированных генотипов подтверждается рядом исследований [11, 14]. Поскольку взаимодействие генотипа и среды оказывает значительное влияние на проявление признака (в данном случае урожайности зерна), необходимо учитывать этот фактор при оценке стабильности и адаптивности генотипов. Из группы стабильных по урожайности сортообразцы Популяция 20, Популяция 19 и сорт Ритм имеют достаточно высокие показатели общей адаптивной способности. Они способны реализовывать стабильно высокую потенциальную урожайность при разнообразных реакциях почвенно-климатических условий.



Показатель стандартного отклонения специфической адаптивной способности (σ_{SAC_i}) характеризует устойчивость сорта к конкретным условиям среды, например, к таким как засуха, различные заболевания, морозы. Высокой генотипической устойчивостью к погодным условиям среды обладают сорта Радонь и Огонек.

Селекционная ценность генотипа (СЦГ_i) занимает второе место по значимости для селекционера, поскольку демонстрирует сочетание высокой продуктивности и стабильности в генотипе. Такие перспективные сортообразцы, как Популяция 19 и Популяция 20 и сорт Ритм выделяются не только повышенной продуктивностью, но и экологической стабильностью, с показателями СЦГ_i в диапазоне от 2,67 до 2,79 (см. таблицу 4). Эти генотипы имеют максимальные значения общей адаптивной способности среди всех рассмотренных сортов и демонстрируют стабильность урожайности. Популяция 19 и Ритм имеют значимые показатели вариантов взаимодействия генотипа и среды.

Показатель относительной стабильности генотипа Sg_i позволяет сравнивать результаты опытов, проведенных с различным набором сортов и условий лет испытания. Относительная стабильность генотипа сортов КСИ и сортообразцов варьировала от 17,8 (Популяция 19) до 26,3 (Радонь). Более стабильными по урожайности были Ритм, Популяция 19 и Популяция 20 (17,8–18,9 %).

Коэффициент компенсации генотипа Kg_i показывает способность сортов и сортообразцов обеспечивать оптимальное значение урожайности в благоприятных и неблагоприятных погодных условиях лет. Kg_i колебался от 0,39 (Популяция 19) до 0,76 (Радонь). Сорта Радонь и Огонек обладали высокой отзывчивостью на улучшение условий выращивания (см. таблицу 4).

С увеличением потенциальной продуктивности становится заметнее разрыв между минимальной и максимальной урожайностью, что усиливает зависимость новых сортов от условий окружающей среды. Критерий адаптивного потенциала сорта чаще всего определяется его средней урожайностью в разнообразных условиях, как временных, так и географических. При сравнении сортов с одинаковой урожайностью предпочтение отдается тем, которые демонстрируют лучшую приспособляемость к различным экологическим условиям. Сорт, показывающий высокую продуктивность исключительно в благоприятных условиях, менее ценен, чем тот, который устойчив к неблагоприятным факторам. Поэтому для объективной оценки адаптивных свойств сортов и сортообразцов озимой ржи использовали различные статистические показатели (таблица 5). Стрессоустойчивость представляет собой разность между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_{\min} - Y_{\max}$) и имеет отрицательное значение. Чем меньше эта разница (чем ближе минимальная и максимальная урожайности друг к другу), тем они устойчивее к стрессу. Анализ показал более высокую стрессоустойчивость у сортов Подарок (-1,96), Тантана (-2,10) и сортообразца Популяция 19 (-2,05). Они в меньшей степени снижали урожай зерна в экстремальных условиях в годы исследований. Относительно более высокие различия между максимальными и минимальными значениями, т.е. меньшую стрессоустойчивость, отмечали у перспективных сортообразцов Популяция 20 (-2,31), Популяция 21 (-2,41) и сорта Ритм (-2,39).

Стрессоустойчивость дополняет такой признак, как размах урожайности (по Зыкину В.А., 1984). Это параметр, который представляет собой отношение разницы между максимальной и минимальной урожайностью, выраженной в процентах к максимальной урожайности. Чем он меньше, тем стабильнее урожайность зерна в контрастных условиях. По размаху урожайности выделился перспективный сортообразец Популяция 19. Наименьшим размахом урожайности отличались сорта озимой ржи Тантана, Ритм, Подарок и сортообразец Популяция 20.

Методика определения гомеостатичности по Хангильдину (Ном) позволяет оценивать вариабельность урожайности с делянки и продуктивность отдельных растений. Наиболее перспективные сорта, характеризующиеся высокой гомеостатичностью, демонстрируют меньшее снижение продуктивности при неблагоприятных агроклиматических условиях. Прямая зависимость между уровнем гомеостатичности сорта и его продуктивностью делает селекцию на данное качество особенно значимой в регионах с недостаточным и неравномерно распределенным количеством осадков в течение вегетационного периода. Наиболее высокую гомеостатичность проявили сорта Ритм (38,42) и Татарская 1 (35,77), таблица 5. Относительно высокой гомеостатичностью характеризовались сорт Зилант и перспективные сортообразцы Популяция 19, Популяция 20 и Популяция 21 (от 31,77 до 30,57).

Таблица 5 – Стрессоустойчивость сортов и сортообразцов озимой ржи

Table 5 – Stress tolerance of winter rye varieties and samples

Сорт, сортообразец	Лимит	Стрессоустойчивость	Размах урожайности, %	Ном	CV, %
Татарская 1	3,42–6,01	–2,59	43,09	35,77	21,6
Эстафета Татарстана	3,23–5,65	–2,42	42,83	26,91	22,3
Радонь	2,91–5,59	–2,68	47,94	25,87	26,4
Огонек	3,06–5,89	–2,83	48,05	27,16	23,4
Тантана (стандарт)	3,14–5,24	–2,10	40,08	28,81	20,7
Подарок	2,87–4,83	–1,96	40,58	29,57	22,2
Зилант	3,34–5,76	–2,42	42,01	31,77	21,5
Ритм	3,52–5,91	–2,39	40,44	38,42	19,0
Популяция 19	3,56–5,61	–2,05	36,54	30,69	17,9
Популяция 20	3,44–5,75	–2,31	40,17	31,47	18,8
Популяция 21	3,16–5,57	–2,41	43,27	30,57	21,7

Характеристика сортов одновременно по гомеостатичности и коэффициенту вариации показывает более полную устойчивость признака в изменяющихся условиях среды. Наиболее желательными являются генотипы с продуктивностью выше среднего и с низким CV [17]. При контрастных условиях, сложившихся в годы исследований, наибольшую стабильность урожайности с наименьшим значением коэффициента вариации и высокой гомеостатичностью проявил сорт Ритм (CV = 19,0 %; Ном = 38,42). Относительную стабильность по двум перечисленным параметрам показали перспективные сортообразцы Популяция 20 и Популяция 19.

Заключение. По данным исследований, продуктивность сортов озимой ржи значительно колебалась в зависимости от года, генотипа и взаимодействия между годом и генотипом. Наибольшее влияние на урожайность оказал год (88,2 %), а также взаимодействие между генотипом и годом (6,5 %). В среднем наиболее высокой урожайностью характеризовались сорта Зилант, Ритм и сортообразцы Популяция 20, Популяция 19 (4,8–4,9 т/га), с прибавкой к стандарту Тантана 0,3–0,4 т/га.

Недавно выведенные сорта ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН имеют большое преимущество за счет сочетания высокой продуктивности с ценными параметрами адаптивной способности и стабильности. Сорт Зилант выделился по общей адаптивной способности ($v_i = 0,189$). Наилучшим сочетанием общей адаптивной способности, стабильности с высокой продуктивностью, селекционной ценностью генотипа и относительной стабильностью отличались сорт Ритм и сортообразцы Популяция 20, Популяция 19. Они пригодны для выращивания в различных климатических условиях и могут быть подходящим исходным материалом в программах селекции озимой ржи. Наибольшую стрессоустойчивость в годы исследований показали сорта озимой ржи Подарок (–1,96), Тантана (–2,10) и сортообразец Популяция 19 (–2,05). По степени гомеостатичности выделились сорта Ритм (38,42) и Татарская 1 (35,77).

Таким образом, новые сорта последнего поколения селекции отличаются высоким потенциалом урожайности, экологической стабильностью и конкурентоспособностью в производстве зерна ржи в Российской Федерации.

Исследование выполнено в рамках Государственного задания №125031003428-9 «Совершенствование комплексных отечественных технологий селекции, растениеводства и животноводства на основе идентификации высокоценных генотипов, молекулярно-генетических методов, биотехнологий, конструирования адаптивных и высокопродуктивных агробиоценозов и агроэкосистем для производства экологически безопасной и функциональной продукции».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гараева Н. Ш., Пономарев С. Н., Пономарева М. Л. Адаптивные особенности образцов озимой тритикале коллекции ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2024. Т. 185(1). С. 118–128.
2. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., 1985. 358 с.
4. Зыкин В. А., Мешков В. В., Сапега В. А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: методические рекомендации. Новосибирск: Сиб. отделение ВАСХНИЛ, 1984. 24 с.





5. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды // *Генетика*. 1985. Т. 21. № 9. С. 1491–1498.
6. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н. Научные основы селекции озимой ржи. Казань, 2019. 352 с.
7. Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Агроэкологическая оценка сортов озимой ржи по хозяйственно-биологическим и адаптивным показателям // *Пермский аграрный вестник*. 2023. № 1(41). С. 63–71.
8. Хангильдин В. В., Бирюков С. В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях // *Генетико-цитологические аспекты в селекции сельскохозяйственных растений*. 1984. № 1. С. 67–76.
9. Хотылева Л. В., Кильчевский А. В., Шаптуренко М. Н. Теоретические аспекты гетерозиса // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2016. Т. 20. № 4. С. 482–492.
10. Экологическая устойчивость сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности / А. А. Гончаренко [и др.] // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2019. № 3. С. 3–9.
11. Adaptability and stability analyses of plants using random regression models / M. H. de Souza et al. // *PLoS ONE*. 2020. Vol.15(12). P. e0233200.
12. Climate change impacts on agriculture in 2050 under a range of plausible socioeconomic and emissions scenarios / K. Wiebe et al. // *Environmental Research Letters*. 2015. Vol. 10. No. 8. P. 085010.
13. Desheva G. N., Valchinova E. K., Pencheva A. D. Parametric and non-parametric methods to evaluate winter rye genotypes by grain yield stability // *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*. 2025. Vol. 70. No. 1. P. 1–19.
14. Hadasch S., Laidig F., Macholdt J. Trends in mean performance and stability of winter wheat and winter rye yields in a long-term series of variety trials // *Field Crops Research*. 2020. Vol. 252. P. 107792.
15. Hassani M., Mahmoudi S. B., Saremirad A. Genotype by environment and genotype by yield trait interactions in sugar beet: analyzing yield stability and determining key traits association // *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13. No. 1. P. 23111.
16. Methods of yield stability analysis in long-term field experiments. A review / M. Reckling et al. // *Agronomy for Sustainable Development*. 2021. Vol. 41. P. 1–28.
17. Pour-Aboughadareh A., Pour-Aboughadareh A., Khalili M. Stability indices to deciphering the genotype-by-environment interaction (GEI) effect: An applicable review for use in plant breeding programs // *Plants*. 2022. Vol. 11. No. 3. P. 414.

REFERENCES

1. Garayeva N. Sh., Ponomarev S. N., Ponomareva M. L. Adaptive features of winter triticale samples of the VIR collection. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2024;185(1):118–128. (In Russ.).
2. Goncharenko A. A. About adaptability and ecological stability of varieties of grain crops. *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2005;(6):49–53. (In Russ.).
3. Dospikhov B. A. Methodology of field experience. Moscow; 1985. 358 с. (In Russ.).
4. Zykin V. A., Meshkov V. V., Sapega V. A. Parameters of ecological plasticity of agricultural plants, their calculation and analysis: methodical recommendations. Novosibirsk: Siberian Branch of VASHNIL;1984. 24 p. (In Russ.).
5. Kilchevsky A. V., Khotyleva L. V. Method for assessing the adaptive capacity and stability of genotypes, differentiation ability of the environment. *Genetics*. 1985;21(9):1491–1498. (In Russ.).
6. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N. Scientific bases of selection of winter rye. Kazan; 2019. 352 p. (In Russ.).
7. Safonova I. V., Aniskov N. I. Agroecological evaluation of winter rye varieties by economic-biological and adaptive indicators. *Perm Agrarian Bulletin*. 2023;1(41):63–71. (In Russ.).
8. Khangildin V. V., Biryukov S. V. The problem of homeostasis in genetic and breeding research. *Genetic and Cytological Aspects in Agricultural Plant Breeding*. 1984;(1):67–76. (In Russ.).
9. Khotyleva L. V., Kilchevsky A. V., Shapturnenko M. N. Theoretical aspects of heterosis. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016;20(4):482–492. (In Russ.).
10. Ecological stability of winter rye varieties with different types of short-stemmed / A. A. Goncharenko et al. *Russian Agricultural Science*. 2019;(3):3–9. (In Russ.).
11. Adaptability and stability analyses of plants using random regression models / M. H. de Souza et al. *PLoS ONE*. 2020;15(12):e0233200.
12. Climate change impacts on agriculture in 2050 under a range of plausible socioeconomic and emissions scenarios / K. Wiebe et al. *Environmental Research Letters*. 2015;10(8):085010.
13. Desheva G. N., Valchinova E. K., Pencheva A. D. Parametric and non-parametric methods to evaluate winter rye genotypes by grain yield stability. *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*. 2025;70(1):1–19.
14. Hadasch S., Laidig F., Macholdt J. Trends in mean performance and stability of winter wheat and winter rye yields in a long-term series of variety trials. *Field Crops Research*. 2020;252:107792.
15. Hassani M., Mahmoudi S. B., Saremirad A. Genotype by environment and genotype by yield trait interactions in sugar beet: analyzing yield stability and determining key traits association. *Scientific Reports*. 2023;13(1):23111.
16. Methods of yield stability analysis in long-term field experiments. A review / M. Reckling et al. *Agronomy for Sustainable Development*. 2021;41:1–28.
17. Pour-Aboughadareh A., Pour-Aboughadareh A., Khalili M. Stability indices to deciphering the genotype-by-environment interaction (GEI) effect: An applicable review for use in plant breeding programs. *Plants*. 2022;11(3):414.

Статья поступила в редакцию 18.04.2025; одобрена после рецензирования 10.06.2025; принята к публикации 16.06.2025. The article was submitted 18.04.2025; approved after reviewing 10.06.2025; accepted for publication 16.06.2025.