

## Уровень качества зерна и дифференциация образцов озимой ржи по адаптивной способности в Северо-Западном федеральном округе

И. В. Сафонова<sup>✉</sup>, Н. И. Аниськов

Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова», Санкт-Петербург, Россия

<sup>✉</sup>E-mail: [isafonova@vir.nw.ru](mailto:isafonova@vir.nw.ru)

**Аннотация.** Среди всех зерновых культур, возделываемых в Северо-Западном регионе РФ, очень мало внимания уделяется ржи, которая приспособлена к ряду неблагоприятных факторов. **Цель** настоящей работы на этом этапе изучения состоит в выявлении адаптивных к условиям региона конкурентоспособных сортов ржи с высоким содержанием белка в зерне для обеспечения производства продуктов питания, полноценных кормов и для технических целей. **Методы.** Предметом исследования были девять образцов озимой диплоидной ржи (*S. cereale L. var. vulgare Koern.*). Стандартом служил сорт Эра. С целью получения объективной оценки адаптивности были рассчитаны следующие показатели: устойчивость индекса стабильности, индекс стабильности, диапазон содержания белка, коэффициент стрессоустойчивости, уровень стабильности, гомеостатичность, параметр селекционной ценности, коэффициент экологической пластичности, показатель стабильности, критерий стабильности, фактор стабильности, генотипический эффект, индекс экологической пластичности, коэффициент вариации. **Результаты.** Сравнительный анализ использования вышеперечисленных показателей позволил сделать вывод, что с целью выявления объективной характеристики приспособленных возможностей образцов нужно использовать ряд показателей: индекс стабильности, коэффициент стрессоустойчивости, показатель уровня стабильности, селекционную ценность, показатель стабильности, фактор стабильности, индекс экологической пластичности. **Научная новизна** заключается в сравнительной оценке образцов ржи по качеству зерна и выявлении наиболее высокобелковых. Высокий уровень белка был сформирован в 2022 г. сортами Московская 18 (13,7 %), Новосибирская 17 (13,6 %), Сударушка (13,6 %), Флора (13,7 %), Графиня (13,1 %). По средним показателям за период изучения большая степень содержания белка была выявлена у образцов Таловская 45, Новосибирская 17, Сударушка, Эра. Расчеты, использованные нами, установили, что наибольший уровень стабильности, пластичности и адаптивности по содержанию качества зерна присущ сортам ржи Таловская 45, Московская 18, Сударушка, Саратовская 10.

**Ключевые слова:** озимая рожь, качество зерна, стабильности, гомеостатичность, селекционную ценность, показатель стабильности, фактор стабильности, индекс экологической пластичности

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР FGEM-2022-0009 «Структурирование и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития, оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

**Для цитирования:** Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Уровень качества зерна и дифференциация образцов озимой ржи по адаптивной способности в Северо-Западном федеральном округе // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 10. С. 1289–1301. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-10-1289-1301>.

**Дата поступления статьи:** 22.01.2024, **дата рецензирования:** 11.06.2024, **дата принятия:** 24.07.2024.

# Grain quality level and differentiation of winter rye samples by adaptive capacity in the Northwestern federal district

I. V. Safonova<sup>✉</sup>, N. I. Aniskov

Federal Research Center “All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N. I. Vavilov”, Saint Petersburg, Russia

<sup>✉</sup>E-mail: isafonova@vir.nw.ru

Агротехнологии

**Abstract.** Among all the grain crops cultivated in the Northwestern region of the Russian Federation, very little attention is paid to rye, which is adapted to a number of adverse factors. **The purpose** of this work – at this stage of the study is to identify competitive rye varieties with a high protein content in grain, adaptive to the conditions of the region, to ensure the production of food, full-fledged feed and for technical purposes. **Methods.** The subject of the study were nine samples of winter diploid rye (*S. cereale L. var. vulgare Koern.*). The standard was the Era variety. In order to obtain an objective assessment of adaptability, the following indicators were calculated: stability index stability, stability index, range of protein content, stress resistance coefficient, stability level, homeostaticity, parameter of breeding value, coefficient of ecological plasticity, stability indicator, criterion of stability, stability factor, genotypic effect, index of ecological plasticity. **Results.** A comparative analysis of the use of the above indicators allowed us to conclude that in order to identify an objective characteristic of the adapted capabilities of the samples, a number of indicators should be used: stability index, stress resistance coefficient, stability level indicator, breeding value, stability indicator, stability factor, index of environmental plasticity. The **scientific novelty** lies in the comparative evaluation of rye samples by grain quality and the identification of the most high-protein ones. The high protein level was formed in 2022 by the following varieties: Moskovskaya 18 (13.7 %), Novosibirskaya 17 (13.6 %), Sudarushka (13.6 %), Flora (13.7 %), Grafinya (13.1 %). According to the average indicators for the study period, a high degree of protein content was detected in the samples: Talovskaya 45, Novosibirskaya 17, Sudarushka, Era. The calculations used by us have established that the highest level of stability, plasticity and adaptability in terms of grain quality content is inherent in rye varieties: Talovskaya 45, Moskovskaya 18, Sudarushka, Saratovskaya 10.

**Keywords:** winter rye, grain quality, stability, homeostaticity, selection value, stability index, stability factor, ecological plasticity index

**Acknowledgments.** The work was carried out within the framework of the state assignment according to the thematic plan of VIR FGEM-2022-0009 “Structuring and revealing the potential of hereditary variability of the world collection of grain and cereal crops of VIR for the development of an optimized gene bank and rational use in breeding and plant growing.”

**For citation:** Safonova I. V., Aniskov N. I. Grain quality level and differentiation of winter rye samples by adaptive capacity in the Northwestern Federal district. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (10): 1289–1301. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-10-1289-1301>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 22.01.2024, **date of review:** 11.06.2024, **date of acceptance:** 24.07.2024.

## Постановка проблемы (Introduction)

В увеличении производства зерновой продукции в Северо-Западном регионе огромную роль играет озимая рожь. При этом нужно отметить, что устойчивое производство зерна в большинстве случаев зависит от создания, подбора и внедрения хорошо адаптированных к местным условиям сортов ржи [1]. Проблема содержания белка в зерне – это одна из основных наряду с продуктивностью, для чего нужно объективно использовать потенциал сортов. При этом следует иметь в виду, что при получении продукции с высоким уровнем белка в зерне зна-

чительную роль играют погодные условия ареала возделывания [2; 3]. Внедрение сортов озимой ржи с достаточно высоким содержанием белка является одним из основных направлений. При оценке сортов на приспособленность к условиям возделывания необходимо учитывать уровень экологической стабильности и пластичности [4–7]. Экологическая устойчивость сорта – важнейшее условие реализации его ценных свойств в изменяющихся условиях внешней среды. Сорта в большинстве случаев отличаются по диапазону адаптивности: они способны иметь относительно «широкую» и «узкую» эко-

гическую адаптивность [8; 9]. Поэтому использование адаптивных сортов с высоким качеством будет способствовать расширению производства и рынка сбыта. При этом нужно обратить внимание, что в зерне в зависимости от региона возделывания и сорта содержание белка варьирует от 9,0 до 17,0 % [10–12]. При минимуме затрат сорт обязан сформировать максимум прироста уровня содержания белка в зерне. Это произойдет лишь в том случае, если сорта будут обладать высоким уровнем адаптивности различного рода биотических и абиотических факторов [13; 14]. Озимая рожь – культура, наиболее приспособленная для выращивания в регионах со сложными природно-климатическими условиями. Кроме высокой устойчивости к вымерзанию (способна выдерживать на глубине узла кущения –23 °С), она может расти на малоплодородных землях, засухоустойчива, очищает поля от сорных растений, защищает почву от эрозии, улучшает ее структуру [15].

В связи с этим, цель исследования на этом этапе изучения состоит в выявлении адаптивных к условиям региона конкурентоспособных сортов ржи с высоким содержанием белка в зерне для обеспечения производства продуктов питания, полноценных кормов и для технических целей.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Полевые опыты были проведены с 2019 по 2022 годы на полях экспериментальной базы ВИР, находящихся в г. Пушкине (Санкт-Петербург). Предметом изучения являлись 9 сортов озимой ржи различного происхождения. Стандартом служил районированный для Северо-Западного региона сорт Эра (к-11640) (Ленинградская область). Образцы Графиня (к-11893), Кипрез (к-11894), Флора (к-11895) (Кировская область), Московская 18 (к-11896) (Московская область), Таловская 45 (к-11897) (Воронежская область), Саратовская 10 (к-11890) (Саратовская область), Новосибирская 17 (к-11892) (Новосибирская область), Сударушка (к-11891) (Томская область) относятся к озимой диплоидной ржи (*S. cereale L. var. vulgare Koern.*). Почвы опытного участка хорошо окультуренные, дерново-подзолистые. Чистый пар – предшественник. В летний период под посев озимой ржи для борьбы с сорной растительностью проводилась послонная обработка поля дисковыми культиваторами. За 3–4 недели до посева вносили минеральные удобрения (NPK) на глубину 5–6 см. В Северо-Западном регионе сроки посева озимой ржи – с 25 августа по 5 сентября. Изучаемые образцы были высеваны в эти же оптимальные сроки с помощью селекционной сеялки ССФК-7 из расчета 400 всхожих зерен на 1 м<sup>2</sup>, площадь делянки – 10,0 м<sup>2</sup>, повторность двукратная. Осенью появились дружные всходы, полевая всхожесть изучаемых образцов составила 85–

90 %. Весной после схода снега посевы подкармливали полным минеральным удобрением (NPK). Проводили рыхление и прополку делянок вручную. За период вегетации отмечались следующие фазы развития: всходы, кущение, выход в трубку, колошение, цветение, созревание. Уборку производили в фазу полной спелости вручную серпом. Фенологические наблюдения за ростом и развитием ржи проводились по методическим рекомендациям по сохранению и изучению мировой коллекции ржи ВИР [16]. Для выявления уровня адаптивности сорта мы употребляли следующие способы расчета: устойчивость индекса стабильности сорта ( $Y$ ) вычисляли по уже известной формуле:

$$Y = \left(1 - \frac{ИС_{\text{опт.}} - ИС_{\text{лим.}}}{ИС_{\text{среднее}}}\right) \times 100, \quad (1)$$

где  $Y$  – параметр устойчивости стабильности;

$ИС_{\text{среднее}}$ ,  $ИС_{\text{опт.}}$ ,  $ИС_{\text{лим.}}$  – индексы стабильности сортов при средних, оптимальных и лимитированных условиях соответственно.

$$ИС - \text{индекс стабильности } (ИС_{\text{опт.}}, ИС_{\text{лим.}}, ИС_{\text{среднее}}):$$

$$ИС = \bar{x}^2 / S, \quad (2)$$

где  $\bar{x}^2$  – средняя величина в конкретных условиях;  
 $S$  – отклонение среднеквадратичное.

Одним из рассмотренных адаптационных параметров образцов в разных климатических условиях был диапазон содержания белка, который определяется по формуле:

$$d = \frac{Y_{\text{max}} - Y_{\text{min}}}{Y_{\text{max}}} \times 100, \quad (3)$$

где  $Y_{\text{max}} - Y_{\text{min}}$  – белок максимальный и минимальный;

$d$  – размах содержания белка;

А. А. Быков предложил формулу для вычисления стрессоустойчивости:

$$K_{\text{ст.}} = \frac{\sum Y_{\text{min}}}{n} / \frac{\sum Y_{\text{max}}}{m}, \quad (4)$$

где  $K_{\text{ст.}}$  – стрессоустойчивость;

$\sum Y_{\text{min}}$  – количество минимального белка, %;

$\sum Y_{\text{max}}$  – количество максимального белка, %;

$n$  – число лет с белком менее среднемноголетнего показателя;

$m$  – число лет с белком более среднемноголетнего показателя [17].

При оценке стабильности сорта применяли показатель уровня стабильности сорта ( $\Pi_{\text{усс.}}$ ).

$$\Pi_{\text{усс.}} = \bar{x}_1 \times L, \quad (5)$$

где  $\bar{x}_1$  – среднее количество белка, %;

$L$  – индекс стабильности, выражается в % к стандарту

В. В. Хангильдиным установлено, что стабильными являются сорта, у которых показатель гомеостатичности более высокий:

$$\text{Hom} = \frac{\bar{x}^2}{\delta \times (x_{\text{opt.}} - x_{\text{lim}})}, \quad (6)$$

$$Sc_1 = \bar{x} \times \frac{x_{lim}}{x_{opt}}, \quad (7)$$

где  $\bar{x}$  – количество белка за ряд лет;  
 $x_{lim}$  и  $x_{opt}$  – количество белка на лимитированном и оптимальном фоне соответственно;  
 $\delta$  – среднее квадратическое отклонение [18].

Определение селекционной ценности мы применяли формулу в трактовке Н. А. Орлянского:

$$Sc_2 = \bar{x}^2 \times \frac{x_{lim}}{x_{opt}}, \quad (8)$$

где  $\bar{x}^2$  – среднее арифметическое значение показателя за годы изучения;

$x_{lim}$  и  $x_{opt}$  – значение показателя на оптимальном и лимитированном фоне соответственно;

$\delta$  – среднее квадратическое отклонение [19].

Коэффициент экологической пластичности вычисляли по формуле:

$$O = \frac{\bar{M}}{\sigma}, \quad (9)$$

где  $O$  – экологическая пластичность,  
 $\bar{M}$  – значение показателя за годы испытания,  
 $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение.

Критерий стабильности ( $A$ ) и показатель относительной стабильности ( $St^2$ ) и вычисляли по Н. А. Соболеву:

$$St^2 = \frac{\bar{x}^2 - S^2}{x^2}, \quad (10)$$

$$A = \sqrt{x^2 - S^2}, \quad (11)$$

где  $\bar{x}$  – среднее содержание белка;  
 $S^2$  – общая дисперсия белка [20].

Таблица 1

**Влагообеспеченность и температурный режим в период весенне-летней вегетации сортов озимой ржи (2019–2022 гг.)**

Показатели	Май	Июнь	Июль	Август
<b>2019 год</b>				
Среднесуточная температура, °С	12,1	18,7	16,6	17,0
Количество влаги, мм	73	23	93	4,9
<b>2020 год</b>				
Среднесуточная температура, °С	10,0	19,1	17,6	17,2
Количество влаги, мм	25	66	94	104
<b>2021 год</b>				
Среднесуточная температура, °С	12,1	21,4	23,1	16,9
Количество влаги, мм	139,4	22,1	50,3	135,1
<b>2022 год</b>				
Среднесуточная температура, °С	10,0	17,6	19,9	20,6
Количество влаги, мм	25,6	47	75,7	112,6
<b>Среднегоголетние данные</b>				
Среднесуточная температура, °С	11,3	15,7	18,8	16,9
Количество влаги, мм	46	71	79	83

*Table 1  
 Moisture availability and temperature regime during the spring-summer vegetation of winter rye varieties (2019–2022)*

Indicators	May	June	July	August
<b>2019</b>				
Average daily temperature, °C	12.1	18.7	16.6	17.0
Amount of moisture, mm	73	23	93	4.9
<b>2020</b>				
Average daily temperature, °C	10.0	19.1	17.6	17.2
Amount of moisture, mm	25	66	94	104
<b>2021</b>				
Average daily temperature, °C	12.1	21.4	23.1	16.9
Amount of moisture, mm	139.4	22.1	50.3	135.1
<b>2022</b>				
Average daily temperature, °C	10.0	17.6	19.9	20.6
Amount of moisture, mm	25.6	47	75.7	112.6
<b>Long-term average data</b>				
Average daily temperature, °C	11.3	15.7	18.8	16.9
Amount of moisture, mm	46	71	79	83

Фактор стабильности  $S.F.$  рассчитывали по формуле:

$$S.F. = \frac{\bar{x} H.E.}{\bar{x} L.E.}, \quad (12)$$

где  $\bar{x} H.E.$  – величина параметра в высокопродуктивной среде;

$\bar{x} L.E.$  – величина в низкопродуктивной среде.

Для определения генотипического эффекта  $\varepsilon_i$  использовали формулу:

$$\varepsilon_i = xi - \bar{x}, \quad (13)$$

где  $xi$  – среднее содержание белка в зерне по годам испытания;

$\bar{x}$  – среднее содержание белка в опыте.

А. А. Грязнов рекомендует для оценки сортов использовать индекс экологической пластичности – И.Э.П.:

$$И.Э.П. = \frac{УС}{СУО}, \quad (14)$$

где И.Э.П. – экологическая пластичность;

УС – сбор белка;

СУО – средний сбор белка [21].

Б. А. Доспехов вычисляет коэффициент вариации  $CV$  по формуле:

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{y}} \times 100, \quad (15)$$

где  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение;

$\bar{y}$  – среднее значение признака [22].

Годы исследований (2019–2022 гг.) значительно различались по погодным условиям (таблица 1).

В 2019 году средняя температура за весенне-летний период вегетации была немного выше среднеевропейского, в то же время проявляется недостаток в июне и августе. Это привело к пониженному формированию белка в зерне. В 2020 году температура была высокой в июне, июле, августе. Недостаток осадков был отмечен в мае, июне, что сказалось на уровне белка. В 2021 году повышенная температура была замечена в июне, июле наряду с небольшим уровнем осадков. В 2022 году высокая температура была характерна для июня, июля, августа избыток осадков в мае и августе. Поэтому в 2022 году было высокое содержание белка в зерне.

Таблица 2

## Уровень белка в зерне и параметры его ранжирования (2019–2022 гг.)

№ п/п	Название сорта (каталог ВИР)	Содержание белка, %						Σ рангов	Место сорта
		2019	2020	2021	2022	Среднее	$I_j$ сорта		
1	Графиня	10,4	10,8	10,6	13,1	11,2	–0,5	27	5
2	Кипрез	10,7	10,1	10,5	13,3	11,2	–0,5	28	6
3	Флора	9,6	9,5	9,3	12,2	10,1	–1,6	38	7
4	Московская 18	11,4	11,7	12,4	13,7	12,3		13	2
5	Таловская 45	12,6	12,7	13,0	12,3	12,7	+0,6	12	1
6	Саратовская 10	8,9	10,3	13,1	12,7	11,3	+1,0	27	5
7	Новосибирская 17	12,4	10,8	13,0	13,6	12,5	–0,4	13	2
8	Сударушка	11,5	11,4	11,8	13,6	12,1	+0,8	17	3
9	Эра (стандарт)	12,6	11,6	9,0	12,8	11,7	+0,4	22	4
	$\Sigma Y_i$	100,1	98,9	103,6	117,3	104,2	–	–	–
	Среднее $Y_i$	11,1	11,0	11,5	13,0	11,7	–	–	–
	$I_j$	–0,6	–0,5	–0,2	+1,3	0	–	–	–

Table 2

## The protein level in grain and the ranking parameters for this (2019–2022)

No.	The name of the variety (VIR catalog)	Protein content, %						Σ ranks	Place of the variety
		2019	2020	2021	2022	Average	$I_j$ varieties		
1	Grafinya	10.4	10.8	10.6	13.1	11.2	–0.5	27	5
2	Kiprez	10.7	10.1	10.5	13.3	11.2	–0.5	28	6
3	Flora	9.6	9.5	9.3	12.2	10.1	–1.6	38	7
4	Moskovskaya 18	11.4	11.7	12.4	13.7	12.3		13	2
5	Talovskaya 45	12.6	12.7	13.0	12.3	12.7	+0.6	12	1
6	Saratovskaya 10	8.9	10.3	13.1	12.7	11.3	+1.0	27	5
7	Novosibirskaya 17	12.4	10.8	13.0	13.6	12.5	–0.4	13	2
8	Sudarushka	11.5	11.4	11.8	13.6	12.1	+0.8	17	3
9	Era (standard)	12.6	11.6	9.0	12.8	11.7	+0.4	22	4
	$\Sigma Y_i$	100.1	98.9	103.6	117.3	104.2	–	–	–
	Average $Y_i$	11.1	11.0	11.5	13.0	11.7	–	–	–
	$I_j$	–0.6	–0.5	–0.2	+1.3	0	–	–	–

Таблица 3  
Дисперсионный анализ по признаку «содержание белка в зерне» сортов озимой ржи

Источник колебания	Часть изменчивости фактора, %	Количество степеней свободы	Дисперсия	$F_{\text{факт.}}$	$F_{\text{теор.}}$
Фактор А (сорт)	15,7	8	23,3	3,0	2,3
Фактор В (условия)	18,7	3	27,7	11,0	5,0
Общее	100	35	67,6	–	–
Случайные отклонения	–	–	–	–	–

Table 3  
Dispersion analysis based on the protein content in grain of winter rye varieties

The source of the oscillation	Part of the variability of the factor	Number of degrees of freedom	Variance	$F_{\text{fact.}}$	$F_{\text{theor.}}$
Factor A (grade)	15.7	8	23.3	3.0	2.3
Factor B (conditions)	18.7	3	27.7	11.0	5.0
General	100	35	67.6	–	–
Random deviations	–	–	–	–	–

Таблица 4  
Содержание белка в зерне и стабильность сортов озимой ржи (2019–2022 гг.)

Величина белка, %, и уровень стабильности	Сорта озимой ржи								
	Графиня	Кипрез	Флора	Московская 18	Таловская 45	Саратовская 10	Новосибирская 17	Сударушка	Эра (стандарт)
$\bar{X}$ среднее	11,2	11,2	10,1	12,3	12,7	11,3	12,5	12,1	11,7
ИС <sub>лимит.</sub>	6,6	4,8	5,1	10,8	9,5	2,2	7,7	10,7	5,1
ИС <sub>оптим.</sub>	8,3	6,3	6,7	13,0	9,9	3,3	9,7	12,8	7,3
ИС <sub>среднее</sub>	7,1	5,3	3,7	11,7	9,6	2,8	8,9	11,4	6,7
Y, %	23,9**	28,3**	43,2*	18,8***	4,2***	39,0*	22,5**	18,4**	32,8*

Примечание. \* высокостабильные \*\* стабильные; \*\*\* нестабильные.

Table 4  
Protein content in grain and stability of winter rye varieties (2019–2022)

Protein value, %, and stability level	Varieties of winter rye								
	Gratinya	Kiprez	Flora	Moskovskaya 18	Talovskaya 45	Saratovskaya 10	Novosibirskaya 17	Sudarushka	Era (standard)
$\bar{X}$ average	11.2	11.2	10.1	12.3	12.7	11.3	12.5	12.1	11.7
SI <sub>limit.</sub>	6.6	4.8	5.1	10.8	9.5	2.2	7.7	10.7	5.1
SI <sub>optim.</sub>	8.3	6.3	6.7	13.0	9.9	3.3	9.7	12.8	7.3
SI <sub>average</sub>	7.1	5.3	3.7	11.7	9.6	2.8	8.9	11.4	6.7
Y, %	23.9**	28.3**	43.2*	18.8***	4.2***	39.0*	22.5**	18.4**	32.8*

Note. \* high stable; \*\* stable; \*\*\* unstable.

### Результаты (Results)

Количество содержания белка в зерне озимой ржи показало, что у исследуемых сортов за годы изучения (2019–2022) самый высокий уровень белка был получен в условиях 2022 года, самые низкие показатели по белку отмечены в 2020 году (таблица 2). В 2022 году отмечено высокое содержание белка у сортов Московская 18 (13,7 %), Новосибирская 17 (13,6 %), Сударушка (13,6 %), Флора (13,7 %), Графиня (13,1 %). В 2020 году сформировали высокий уровень белка сорта Таловская 45 (12,7 %), Московская 18 (11,7 %), Эра (11,6 %), Сударушка (11,4 %). В среднем за годы изучения по этому признаку выделились Таловская 45, Новосибирская 17, Сударушка, Эра.

На первом этапе при определении приспособленности сорта рекомендуется по данным источника варьирования выявить наличие связи сорт – условия (таблица 3).

Из таблицы 3 видно, что факторы «сорт», «условия», а также  $F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$  указывает на то, что сорта по-разному отзываются на изменение условий возделывания. В связи с этим мы имеем право перейти

к дальнейшему анализу оценки величины экологической адаптивности.

Один из показателей стабильности образца – это индекс стабильности (ИС). Чем больше его уровень, тем он более пригоден для данных условий произрастания. Он был более высоким у сортов Московская 18, Сударушка, Таловская 45, Новосибирская 17, Графиня и составил соответственно 11,6; 11,4; 9,6; 8,9; 7,1 (таблица 4).

По параметру устойчивости индекса стабильности ( $Y$ ) распределение происходит на **высоко-стабильные**: Флора ( $Y = 43,2$ ); Саратовская 10 ( $Y = 39,0$ ); Эра ( $Y = 32,8$ ); **стабильные**: Кипрез ( $Y = 28,3$ ); Графиня ( $Y = 23,9$ ); Новосибирская 17 ( $Y = 22,5$ ); **нестабильные**: Московская 18 ( $Y = 18,8$ ); Сударушка ( $Y = 18,4$ ); Таловская 45 ( $Y = 4,2$ ).

В экологическом изучении необходимо использовать такой показатель, как диапазон содержания белка ( $d$ ): чем он выше, тем меньше стабильность содержания белка в зерне. Высокий уровень данного показателя был отмечен у сортов Саратовская 10, Эра, Флора, Кипрез. Небольшой уровень колебаний отмечен у сортов Таловская 45, Сударушка, Новосибирская 17, Московская 18 (таблица 5).

Таблица 5  
Уровень белка, его диапазон и реализация потенциала, ранг сорта (2019–2022 гг.)

Сорт	Содержание белка в зерне			Ранг ( $d$ )	Ранг ( $d, \%$ )
	Предел (min–max)	Средняя ( $\bar{x}$ )	Отклонение от средней данной совокупности сортов		
Графиня	10,4–13,1	11,2	–0,48	2,7/4	20,6/5
Кипрез	10,1–13,3	11,2	–0,48	3,2/7	21,8/6
Флора	9,3–12,2	10,1	–1,6	2,9/6	23,7/7
Московская 18	11,4–13,7	12,3	+0,6	2,3/3	16,7/2
Таловская 45	12,6–13,0	12,7	+1,02	0,4/1	3,1/1
Саратовская 10	8,9–13,1	11,3	–0,4	5,0/9	32,1/9
Новосибирская 17	10,8–13,6	12,5	+0,8	2,8/5	20,5/3
Сударушка	11,4–13,6	12,1	+0,4	2,2/2	16,9/3
Эра (стандарт)	9,0–12,8	11,7	0	3,8/8	29,6/8
Среднее	10,4–13,2	11,7	–	–	–
Сумма	93,9–118,4	105,1	–	–	–

Table 5  
Protein level, its range and potential realization, grade rank (2019–2022)

Variety	The protein content of the grain			Rank ( $d$ )	Rank ( $d, \%$ )
	Limit (min–max)	Average ( $\bar{x}$ )	Deviation from the average of this set of varieties		
Графиня	10.4–13.1	11.2	–0.48	2.7/4	20.6/5
Кипрез	10.1–13.3	11.2	–0.48	3.2/7	21.8/6
Flora	9.3–12.2	10.1	–1.6	2.9/6	23.7/7
Moskovskaya 18	11.4–13.7	12.3	+0.6	2.3/3	16.7/2
Talovskaya 45	12.6–13.0	12.7	+1.02	0.4/1	3.1/1
Saratovskaya 10	8.9–13.1	11.3	–0.4	5.0/9	32.1/9
Novosibirskaya 17	10.8–13.6	12.5	+0.8	2.8/5	20.5/3
Sudarushka	11.4–13.6	12.1	+0.4	2.2/2	16.9/3
Era (standard)	9.0–12.8	11.7	0	3.8/8	29.6/8
Average	10.4–13.2	11.7	–	–	–
The amount	93.9–118.4	105.1	–	–	–

Таблица 6

Уровень стрессоустойчивости, приспособленности, гомеостатичности, селекционной ценности, стабильности (2019–2022 гг.)

Агротехнологии

Показатели адаптивности	Сорта озимой ржи								
	Графиня	Кипрез	Флора	Московская 18	Таловская 45	Саратовская 10	Новосибирская 17	Сударушка	Эра (стандарт)
$K_{ст.}$	<b>0,80</b>	0,78	0,73	0,96	<b>0,96</b>	0,74	<b>0,87</b>	<b>0,85</b>	0,81
$P_{усс}$	96,4	<b>72,2</b>	96,34	<b>175,6</b>	<b>149,9</b>	38,9	<b>131,7</b>	<b>167,8</b>	100
Hom	29,6	18,5	19,3	61,7	<b>305,5</b>	7,65	39,8	58,7	20,6
$Sc_1$	8,9	85	7,7	10,2	12,3	7,7	9,9	10,1	8,2
$Sc_2$	99,1	165,0	77,5	125,6	154,8	85,6	123,4	123,0	95,8
$O$	7,1	5,3	5,5	11,7	9,6	2,8	8,9	11,4	6,7
$St^2$	0,987	0,983	0,982	0,993	0,992	0,969	0,991	0,993	0,989
$A$	11,1	11,2	10,0	12,3	12,6	11,1	12,4	12,1	11,6
$S.F.$	1,26	1,32	1,31	1,20	1,03	1,47	1,26	1,19	1,42
$\epsilon_i$	-0,5	-0,5	-1,6	+0,6	+1,0	-0,4	+0,8	+0,4	0
И.Э.П.	0,957	0,957	0,863	1,05	1,08	0,966	1,07	1,03	1,0
$CV$	13,4	18,1	18,0	8,97	11,2	34,1	12,4	9,08	14,2

Примечание. Hom – показатель гомеостатичности;  $Sc_1$  – селекционная ценность (по В. В. Хангильдину);  $Sc_2$  – селекционная ценность (по Н. А. Орлянскому);  $K_{ст.}$  – коэффициент стрессоустойчивости;  $P_{усс}$  – показатель уровня стабильности сорта,  $O$  – коэффициент экологической пластичности;  $St^2$  – показатель относительной стабильности;  $A$  – критерий стабильности;  $S.F.$  – фактор стабильности;  $\epsilon_i$  – генотипический эффект; И.Э.П. – индекс экологической пластичности;  $CV$  – коэффициент вариации.

Table 6

The level of stress resistance, fitness, homeostaticity, breeding value, stability (2019–2022)

Adaptability indicators	Varieties of winter rye								
	Графиня	Кипрез	Flora	Moskovskaya 18	Talovskaya 45	Saratovskaya 10	Novosibirskaya 17	Sudarushka	Era (standard)
$K_{st.}$	<b>0.80</b>	0.78	0.73	0.96	<b>0.96</b>	0.74	<b>0.87</b>	<b>0.85</b>	0.81
$P_{uss}$	96.4	<b>72.2</b>	96.34	<b>175.6</b>	<b>149.9</b>	38.9	<b>131.7</b>	<b>167.8</b>	100
Hom	29.6	18.5	19.3	61.7	<b>305.5</b>	7.65	39.8	58.7	20.6
$Sc_1$	8.9	85	7.7	10.2	12.3	7.7	9.9	10.1	8.2
$Sc_2$	99.1	165.0	77.5	125.6	154.8	85.6	123.4	123.0	95.8
$O$	7.1	5.3	5.5	11.7	9.6	2.8	8.9	11.4	6.7
$St^2$	0.987	0.983	0.982	0.993	0.992	0.969	0.991	0.993	0.989
$A$	11.1	11.2	10.0	12.3	12.6	11.1	12.4	12.1	11.6
$S.F.$	1.26	1.32	1.31	1.20	1.03	1.47	1.26	1.19	1.42
$\epsilon_i$	-0.5	-0.5	-1.6	+0.6	+1.0	-0.4	+0.8	+0.4	0
I.E.P.	0.957	0.957	0.863	1.05	1.08	0.966	1.07	1.03	1.0
$CV$	13.4	18.1	18.0	8.97	11.2	34.1	12.4	9.08	14.2

Note. Hom – indicator of homeostaticity;  $Sc_1$  – breeding value according (according to V. V. Khangildin);  $Sc_2$  – breeding value according (according to N. A. Orlyanskiy);  $K_{st.}$  – stress resistance coefficient;  $P_{uss}$  – indicator of the level of stability of the variety,  $O$  – coefficient of ecological plasticity;  $St^2$  – indicator of relative stability;  $A$  – stability criterion;  $S.F.$  – stability factor according;  $\epsilon_i$  – genotypic effect; I.E.P. – index of ecological plasticity;  $CV$  – coefficient of variation.



А. А. Быков полагает, что устойчивость к стрессу ( $K_{ст.}$ ) – это комплекс показателей, дающих возможность сорту переносить короткое или продолжительное воздействие неблагоприятных условий выращивания. Для выявления величины этого параметра он предлагает применять реакцию сортов в неблагоприятных и благоприятных условиях. Чем реакция больше, тем более высокое содержание белка в зерне будет образовывать генотип. К сортам, имеющим высокий уровень устойчивости к стрессу ( $K_{ст.} = 0,96...0,80$ ), отнесены Графиня, Таловская 45, Новосибирская 17, Сударушка (таблица 6)

$P_{уц}$  – показатель уровня стабильности сорта – способен определять стабильность уровня белка, но в то же время дает характеристику его способности реагировать как на улучшение условий возделывания, так и на ухудшение формировать содержание белка на достаточно высоком уровне.

Из таблицы 6 видно, что параметр  $P_{уц}$  в нашем изучении варьировал от 72,2 % у сорта Кипрез, до 175,6 % у сорта Московская 18. По этому критерию выделились следующие сорта из изучения: Московская 18, Таловская 45, Сударушка, Новосибирская 17.

Ном – гомеостатичность, или способность сорта приводить к минимуму результаты последствия неблагоприятных воздействий внешней среды, определяется устойчивостью признака в разных условиях. Этот параметр варьировал от 7,65 до 305,5. Высокий уровень гомеостатичности характерен для сортов Таловская 45 (305,5), Московская 18 (61,7), Сударушка (58,7), Новосибирская 17 (39,8).

$Sc_1$  – анализ показателя селекционной ценности генотипа, основанный на сравнении содержания белка в неблагоприятных и благоприятных условиях внешней среды относительно среднего белка в зерне. Высокий уровень селекционной ценности присущ сортам Таловская 45, Московская 18, Сударушка, Новосибирская 17 ( $Sc_1 = 12,3; 10,2; 10,1; 9,9$  соответственно). Для выявления образцов, имеющих высокое содержание белка и приспособленность, применяли формулу для определения селекционной ценности сорта ( $Sc_2$ ). Проведенный нами анализ результатов изучения показал, что весь набор сортов в нашем опыте делится на две группы: **1-я группа** (с высокими параметрами адаптивности) – это сорта Кипрез ( $Sc_2 = 165,0$ ); Таловская 45 ( $Sc_2 = 154,8$ ); Московская 18 ( $Sc_2 = 125,6$ ); Новосибирская 17 ( $Sc_2 = 123,4$ ); Сударушка ( $Sc_2 = 123,0$ ); **2-я группа** (с меньшим уровнем адаптивности,  $Sc_2 = 77,5...99,1$ ): Графиня, Эра, Саратовская 10, Флора.

Для выявления уровня пластичности рекомендует применять показатель пластичности ( $O$ ), который может анализировать реакцию сорта и его отношение к внешней среде. Чем больше числовое значение параметра пластичности, тем чаще сорт будет формировать высокое содержание белка в зерне. В нашем изучении более пластичными по выше-

указанному показателю стали сорта Московская 18, Сударушка, Таловская 45, Новосибирская 17, Графиня ( $O = 11,7; 11,4; 9,6; 8,9; 7,1$  соответственно). Они отличаются устойчивым ростом белка. Несколько меньше этот показатель ( $O = 6,7; 5,5; 5,3$ ) – у сортов Эра, Кипрез, Флора соответственно. Более низкая величина индекса адаптивности (2,8) была выявлена у сорта Саратовская 10.

Для расчета уровня стабильности признака ( $S^2$ ) используют его среднюю величину в противоположных средах и постоянство его образования, в связи с этим они считаются интегральными величинами, которые одновременно дают оценку уровня признака и его стабильности. Более высокая устойчивость была выявлена у сортов Московская 18, Сударушка, Таловская 45, Новосибирская 17 ( $S^2 = 0,993; 0,993; 0,992; 0,991$  соответственно). Низкая оценка ( $S^2 = 0,969...0,89$ ) отмечена у сортов Эра, Графиня, Кипрез, Флора, Саратовская 10.

Следующий параметр – критерий стабильности ( $A$ ). С его увеличением становится выше уровень стабильности, что и было отмечено у сортов Таловская 45 (12,6), Новосибирская 17 (12,4), Московская 18 (12,3), Сударушка (12,1).

Рассчитать адаптивную реакцию сорта на влияние эколого-географической среды нужно на основе деления значения признака в оптимальных условиях выращивания на величину параметра признака в неблагоприятных климатических условиях: чем больше величина фактора стабильности ( $S.F.$ ), тем меньшую стабильность имеют сорта, и наоборот. В нашем изучении малая устойчивость характерна сортам Саратовская 10 ( $S.F. = 1,47$ ), Эра ( $S.F. = 1,42$ ), Кипрез ( $S.F. = 1,32$ ), Флора ( $S.F. = 1,31$ ), Новосибирская 17 ( $S.F. = 1,26$ ), Графиня ( $S.F. = 1,26$ ). Высокий уровень стабильности отмечен у сортов Таловская 45, Сударушка и Московская 18 ( $S.F. = 1,03...1,20$ ).

Для определения адаптивной способности сорта возможно использовать величину генотипического эффекта ( $\epsilon_i$ ). Большая степень его проявления характеризуется положительными показателями. Для сортов с низкой адаптационной способностью характерны нулевые и отрицательные значения. Мы выделили сорта, у которых есть высокий эффект генотипа: Таловская 45, Новосибирская 17, Московская 18, Сударушка ( $\epsilon_i = 1,0...0,4$ ). Остальные сорта отнесены нами в группу с низким эффектом генотипа.

В наше время часто для выявления степени пластичности используют индекс экологической пластичности (И.Э.П.). По нашим данным, более высокий уровень имели сорта, которые выделены в группу пластичных: Таловская 45, Новосибирская 17, Московская 18 и Сударушка: (И.Э.П. = 1,08; 1,07; 1,05; 1,03 соответственно). Сорта Саратовская 10, Графиня, Кипрез, Флора с низкой величиной этого параметра (И.Э.П. = от 0,86 до 0,96) следует использовать для выращивания в неблагоприятных условиях возделывания.

Таблица 7  
 Ранжирование сортов озимой ржи по параметрам приспособленности  
 (стабильности, пластичности, гомеостатичности) (2019–2022 гг.)

Показатели приспособленности	Сорта озимой ржи								
	Графиня	Кипрез	Флора	Московская 18	Таловская 45	Саратовская 10	Новосибирская 17	Сударушка	Эра
$Y$	5	4	1	7	9	2	6	8	3
ИС	5	7	8	1	3	9	4	2	6
$d$	5	6	7	2	1	9	3	3	8
$K_{ст}$	6	7	9	1	2	8	3	4	5
$P_{усс}$	6	8	7	1	3	9	4	2	5
Hom	5	8	7	2	1	9	4	3	6
$Sc_1$	5	6	8	2	1	8	4	3	7
$Sc_2$	7	1	9	3	2	8	4	5	6
$O$	5	8	7	1	3	9	4	2	6
$St^2$	5	6	7	1	2	8	3	1	4
$A$	7	6	8	3	1	7	2	4	5
$S.F.$	4	6	5	3	1	8	4	2	7
$\varepsilon_i$	7	7	8	3	1	6	2	4	5
И.Э.П.	7	7	8	3	1	6	2	4	5
$CV$	5	8	7	1	3	9	4	2	6
Сумма ранга	84	95	106	36	34	115	53	49	86
Место сорта	5	7	8	2	1	9	4	3	6

Table 7  
 Rank of winter rye varieties by fitness parameters (stability, plasticity, homeostaticity) (2019–2022)

Fitness indicators	Varieties of winter rye								
	Графиня	Кипрез	Флора	Московская 18	Таловская 45	Саратовская 10	Новосибирская 17	Сударушка	Эра standard
$Y$	5	4	1	7	9	2	6	8	3
$SI$	5	7	8	1	3	9	4	2	6
$d$	5	6	7	2	1	9	3	3	8
$K_{st}$	6	7	9	1	2	8	3	4	5
$P_{uss}$	6	8	7	1	3	9	4	2	5
Hom	5	8	7	2	1	9	4	3	6
$Sc_1$	5	6	8	2	1	8	4	3	7
$Sc_2$	7	1	9	3	2	8	4	5	6
$O$	5	8	7	1	3	9	4	2	6
$St^2$	5	6	7	1	2	8	3	1	4
$A$	7	6	8	3	1	7	2	4	5
$S.F.$	4	6	5	3	1	8	4	2	7
$\varepsilon_i$	7	7	8	3	1	6	2	4	5
I.E.P.	7	7	8	3	1	6	2	4	5
$CV$	5	8	7	1	3	9	4	2	6
The amount of the rank	84	95	106	36	34	115	53	49	86
Place of the variety	5	7	8	2	1	9	4	3	6

Коэффициент вариации ( $CV$ ) нередко используется для определения величины изменчивости: при  $CV \leq 10\%$  – незначительная; при  $10\% \leq CV \leq 20\%$  – средняя; при  $CV \geq 20\%$  – высокая. Слабая изменчивость в нашем изучении была присуща сортам Московская 18, Сударушка ( $CV = 8,97; 9,08$ ). Средняя вариабельность была свойственна сортам Таловская 45 ( $CV = 11,2$ ), Новосибирская 17 ( $CV = 12,4$ ), Графиня ( $CV = 13,4$ ), Эра ( $CV = 14,3$ ), Флора ( $CV = 18,0$ ), Кипрез ( $CV = 18,1$ ). Высокая изменчивость у сорта Саратовская 10 ( $CV = 34,1$ ).

Применение большого количества методов вычисления уровня адаптивности может дать противоположные результаты, нивелировать которые возможно используя метод ранжирования. Согласно результатам использованных оценок, большей адаптационной приспособленностью обладают сорта Таловская 45, Московская 18, Сударушка, Новосибирская 17 (таблица 7).

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

На основании селекционной работы, которая выполнялась с 2019 по 2022 годы, в условиях Северо-Западного региона условия произрастания варьировали. В среднем за годы изучения массовая доля белка в зерне озимой ржи составляла 11,7%. Максимальный уровень белка характерен у сортов Таловская 45 (12,7%), Новосибирская 17 (12,5%), Сударушка (12,1%). Для получения высокой белковости более оптимальные условия были отмечены в 2022 году (13,0%), при индексе условий  $I_j = 1,3$ . Из 9 изученных сортов озимой ржи были выделены высокобелковые и адаптивные сорта: Таловская 45, Московская 18, Сударушка, Саратовская 10, которые могут быть рекомендованы для использования в селекционном процессе.

### Библиографический список

1. Шляхтина Е. А. Адаптивный потенциал сортов озимой ржи в условиях Кировской области // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 1 (29). С. 192–199.
2. Тимина М. А., Кобылянский В. Д., Солодухина О. В. Исходный материал для селекции озимой ржи в условиях Красноярского края // Роль аграрной науки в обеспечении продовольственной безопасности: материалы Всероссийской конференции с международным участием. Красноярск, 2022. С. 28–32. DOI: 10.52686/978560452502928.
3. Децына А. А., Илларионова И. В., Щербинина В. О. Расчет параметров экологической пластичности и стабильности масличных сортов подсолнечника селекции ВНИИМК // Масличные культуры. 2020. Вып. 3 (183). С. 31–38.
4. Манукян И. Р., Басиева М. А., Мирошникова Е. С., Абиев В. Б. Оценка экологической пластичности сортов озимой пшеницы в условиях Предгорной зоны Центрального Кавказа // Аграрный Вестник Урала. 2019. № 4. С. 20–26. DOI: 10.32417/article\_5cf94f63b4d0f7.46300158.
5. Стасюк А. И., Леонова И. Н., Пономарева М. Л., Василова Н. З., Шаманин В. П., Салина Е. А. Фенотипическая изменчивость селекционных линий мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по элементам структуры урожая в экологических условиях Западной Сибири и Татарстана // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56, № 1. С. 78–91. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.78rus.
6. Давыдова Н. В., Казаченко А. О., Широколова А. В. [и др.] Экологическая оценка стабильности и пластичности сортов яровой мягкой пшеницы различных периодов сортосмены // Известия ТСХА. 2020. Вып. 3. С. 142–149. DOI: 10.26897/0021-342X-2020-3-142-149.
7. Фатыхов И. Ш., Исламова Ч. М., Колесникова Е. Ю. Экологическая пластичность и стабильность сортов яровой пшеницы на госсортоучастках Удмуртской республики // Вестник БГАУ. 2020. № 1. С. 44–50. DOI: 10.31563/1684-7628-2020-53-1-44-50.
8. Зайцева О. А., Бельченко С. А., Дронов А. В. [и др.] Сравнительная оценка зерновой продуктивности и адаптивности сортов сои в агроклиматических условиях Брянской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 4. С. 40–48. DOI: 10.24412/2309-348x-2022-4-40-48.
9. Гончаренко А. А., Макаров А. В., Ермаков С. А. [и др.] Эколого-адаптивная характеристика сортов озимой ржи по признакам качества зерна. // Теория и практика адаптивной селекции растений: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. Краснодар, 2021. С. 14–21.
10. Набатова Н. А., Уткина Е. И., Парфенова Е. С. [и др.] Сравнительная оценка сортов озимой ржи по экологической устойчивости в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23, № 5. С. 655–665. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.5.655-665.
11. Кожухова Е. В. Адаптивные показатели элементов продуктивности образцов гороха с разной длиной стебля // Вестник КрасГАУ. 2023. № 7. С. 103–110. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-103-110.
12. Шляхтина Е. А., Рылова О. Н. Результаты оценки адаптивных показателей признаков «урожайность» и «число падения» сортов озимой ржи в условиях Кировской области // Зерновое хозяйство. 2020. № 3. С. 38–42. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-69-3-38-42.

13. Потапова Г. Н., Галимова К. А., Зобнина Н. Л. Продуктивность и адаптивность сортов озимой ржи на Среднем Урале // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 10. С. 28–33. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11004.
14. Парфенов Е. С., Уткина Е. И., Кедрова Л. И., Псарева Е. А. Экологическая пластичность и стабильность сортов озимой ржи по регенерационной способности и урожайности в Кировской области // Владимирский земледелец. 2019. № 1. С. 39–43. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10053.
15. Волкова Л. В., Щенникова И. Н. Сравнительная оценка методов расчета адаптивных реакций зерновых культур // Теоретическая и прикладная экология. 2020. Т. 3. С. 140–146. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-3-140-146.
16. Кобылянский В. Д., Сафонова И. В., Солодухина О. В., Аниськов Н. И. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ржи. Санкт-Петербург: ВИР, 2015. 44 с.
17. Быков А. В. Морфо-биологические особенности и агроклиматический потенциал урожайности сортов *Beta vulgaris*. var. *conditinaalef* в Западной Сибири // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. Вып. 7, часть 2. С. 59–62. DOI: 10.23670/IRJ.2017.61.020.
18. Хангильдин В. В., Бирюкова С. В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях // В. В. Хангильдин, С. В. Бирюкова // Генетико-цитологические аспекты в селекции с.-х. растений. 1984. № 1. С. 67–76.
19. Орлянский Н. А., Орлянская Н. А. Оценка результатов экологического испытания гибридов кукурузы с использованием селекционных индексов. // Кукуруза и сорго. 2016. № 2. С. 4–5.
20. Соболев Н. А. Методика экологической стабильности сортов и генотипов // Проблемы отбора и оценки селекционного материала: сборник научных трудов. Киев, 1980. С. 100–106.
21. Грязнов А. А. Карабалыкский ячмень. Кустанай: Печатный двор, 1996. 446 с.
22. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., перепечатанное с 5-го изд. 1985 г. Москва: Альянс, 2014. 351 с.

#### Об авторах:

**Ирина Владимировна Сафонова**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова», Санкт-Петербург, Россия; ORCID 0000-0001-8138-930X, AuthorID 430608.

E-mail: [isafonova@vir.nw.ru](mailto:isafonova@vir.nw.ru)

**Николай Иванович Аниськов**, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова», Санкт-Петербург, Россия; ORCID 0000-0002-7819-8286, AuthorID 260589.

E-mail: [n.aniskov@vir.nw.ru](mailto:n.aniskov@vir.nw.ru)

#### References

1. Shlyakhtina E. A. Adaptive potential of winter rye varieties under conditions of Kirov region. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2022; 1 (29): 192–199. (In Russ.)
2. Timina M. A., Kobylansky V. D., Solodukhina O. V. D., Solodukhina O. V. Source material for selection of winter rye in the conditions of the Krasnoyarsk region. The role of agrarian science in ensuring food security: *Proceedings of the All-Russian Conference with international participation. Krasnoyarsk*. 2022; 28–32. DOI: 10.52686/978560452502928. (In Russ.)
3. Detsyna A. A., Illarionova I. V., Shcherbinina V. O. Calculation of parameters of ecological plasticity and stability of oilseed sunflower varieties of VNIIMK selection. *Oilseed Crops*. 2020; 3 (183): 31–38. (In Russ.)
4. Manukyan I. R., Basieva M. A., Miroshnikova E. S., Abiev V. B. Assessment of ecological plasticity of winter wheat varieties in the conditions of the Piedmont zone of the Central Caucasus. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019; 4: 20–26. DOI: 10.32417/article\_5cf94f63b4d0f7.46300158. (In Russ.)
5. Stasyuk A. I., Leonova I. N., Ponomareva M. L., Vasilova N. Z., Shamanin V. P., Salina E. A. Phenotypic variability of breeding lines of soft wheat (*Triticum aestivum* L.) on elements of yield structure in environmental conditions of Western Siberia and Tatarstan. *Agricultural Biology*. 2021; 56 (1): 78–91. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.78rus. (In Russ.)
6. Davydova N. V., Kazachenko A. O., Shirokolova A. B., et al. Ecological assessment of stability and plasticity of spring soft wheat varieties of different periods of varietal change. *Izvestiya TSKhA*. 2020; 3:142–149. DOI: 10.26897/0021-342X-2020-3-142-149. (In Russ.)
7. Fatykhov I. Sh., Islamova Ch. M., Kolesnikova E. Yu. Ecological plasticity and stability of spring wheat varieties at the state export sites of the Udmurt Republic. *Bulletin of the BGAU*. 2020; 1: 44–50. DOI: 10.31563/1684-7628-2020-53-1-44-50. (In Russ.)

8. Zaytseva O. A., Belchenko S. A., Dronov A. V., et al. Comparative assessment of grain productivity and adaptability of soybean varieties in agro-climatic conditions of the Bryansk region. *Grain Legumes and Cereals*. 2020; 4: 40–48. DOI: 10.24412/2309-348x-2022-4-40-48. (In Russ.)
9. Goncharenko A. A., Makarov A. V., Ermakov S. A., et al. Ecological and adaptive characteristics of winter rye varieties based on grain quality. *Theory and Practice of Adaptive Plant Breeding: Collection of Scientific Papers of the International Scientific and Practical Conference*. Krasnodar, 2021. Pp. 14–21. (In Russ.)
10. Nabatova N. A., Utkina E. I., Parfenova E. S., et al. Comparative assessment of winter rye varieties on environmental sustainability in the conditions of the Kirov region. *Agrarian Science of the Euro-North-East*. 2022; 23 (5): 655–665. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.5.655-665. (In Russ.)
11. Kozhukhova E. V. Adaptive indicators of productivity elements of pea samples with different stem lengths. *Bulletin of KrasGAU*. 2023; 7: 103–110. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-103-110. (In Russ.)
12. Shlyakhtina E. A., Rylova O. N. The estimation results of the adaptive indicators of the traits “productivity” and “a falling number” of the winter rye varieties in the Kirov region. *Grain Economy of Russia*. 2020; 3: 38–42. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-69-3-38-42. (In Russ.)
13. Potapova G. N., Galimova K. A., Zobnina N. L. Productivity and adaptability of winter rye varieties in the Middle Urals. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2020; 34 (10): 28–33. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11004. (In Russ.)
14. Parfenov E. S., Utkina E. I., Kedrova L. I., Psareva E. A. Ecological plasticity and stability of winter rye varieties by regenerative capacity and yield in the Kirov region. *Vladimir Agricolist*. 2019; 1: 39–43. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10053. (In Russ.)
15. Volkova L. V., Schennikova I. N. Comparative evaluation of methods for calculating adaptive reactions of grain crops. *Theoretical and Applied Ecology*. 2020; 3: 140–146. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-3-140-146. (In Russ.)
16. Kobylansky V. D., Safonova I. V., Solodukhina O. V., Anis'kov N. I. Methodological guidelines for the study and preservation of the world collection of rye. Saint Petersburg: VIR, 2015; 44 p. (In Russ.)
17. Bykov A. V. Morpho-biological features and agro-climatic yield potential of Beta vulgarisi. var. conditionalef varieties in Western Siberia. *International Scientific Research Journal*. 2017; 7 (2): 59–62. DOI: 10.23670/IRJ.2017.61.020. (In Russ.)
18. Khangil'din V. V., Biryukova S. V. The problem of homeostasis in genetic and breeding research. *Genetic and Cytological Aspects in the Breeding of Agricultural Plants*. 1984; 1: 67–76. (In Russ.)
19. Orlyanskiy N. A., Orlyanskaya N. A. Evaluation of the results of ecological testing of corn hybrids using breeding indices. *Corn and Sorghum*. 2016; 2: 4–5. (In Russ.)
20. Sobolev N. A. Methodology of ecological stability of varieties and genotypes. *Problems of selection and evaluation of breeding material: collection of scientific papers*. Kiev, 1980. Pp. 100–106. (In Russ.)
21. Gryaznov A. A. Barley Karabalyksky: feed, cereals, beer. Kostanay: Pechatnyy dvor, 1996. Pp. 446. (In Russ.)
22. Dospekhov B. A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). 6th ed. Moscow: Al'yans, 2014. 351 p. (In Russ.)

#### Authors' information:

**Irina V. Safonova**, candidate of agricultural sciences, senior researcher, Federal Research Center All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N. I. Vavilov, Saint Petersburg, Russia; ORCID 0000-0001-8138-930X, AuthorID 430608. *E-mail: isafonova@vir.nw.ru*

**Nikolay I. Aniskov**, doctor of agricultural sciences, senior researcher, Federal Research Center All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N. I. Vavilov, Saint Petersburg, Russia; ORCID 0000-0002-7819-8286, Author ID 260589. *E-mail: n.aniskov@vir.nw.ru*