

КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ

Научная статья
УДК 633.14:631.524.02;631.524.7
DOI: 10.30901/2227-8834-2026-1-o22



Изучение современных сортов озимой ржи по технологическим свойствам зерна

И. А. Кибкало, И. В. Сафонова

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

Автор, ответственный за переписку: Ирина Владимировна Сафонова, i.safonova@vir.nw.ru

Актуальность. Несмотря на высокую модификационную изменчивость качественных свойств зерна озимой ржи, важной задачей селекции остается создания сортов хлебопекарного направления на основе их комплексного изучения.

Материалы и методы. Произведена технологическая оценка зерна 17 сортов озимой ржи. Три репродукции получены в 2022–2024 гг. в условиях научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», четвертая репродукция – семена учреждений-оригинаторов. Анализ качества зерна осуществляли в соответствии с методическими указаниями и ГОСТами: стекловидность зерна, число падения, термодинамические свойства клейстера, содержание белка, зольность, микровыпечка подового хлеба, реологические свойства теста, содержание пентозанов. Впервые для зерна ржи применили метод двухфазной седиментации.

Результаты. Наиболее стабильные по высоте амилограммы показали сорта 'Флора', 'Московская 18', 'Немчиновский 1', 'Ильмень'. Сорта 'Саратовская 10' и 'Новосибирская 17' характеризовались повышенной амилазной активностью в зерне. Высокой стекловидностью обладали сорта 'Арга' и 'Кипрез'. Повышенное содержание пентозанов выявлено у сортов 'Кипрез', 'Дана', 'Дарвет', 'Графиня'. Результаты седиментационной оценки хорошо дифференцировали образцы, в целом являясь отражением технологических свойств зерна.

Заключение. По большинству критериев технологической оценки и качества зерна имелись значимые межсортные различия, однако на многие из них оказывали существенное влияние условия выращивания. Сорта 'Арга' и 'Кипрез' могут использоваться в хлебопечении в дрожжевых рецептурах как улучшители для образцов с нестабильной структурой теста. Сорта 'Саратовская 10' и 'Новосибирская 17' могут быть использованы в кормопроизводстве. Метод двухфазной седиментации рекомендован для экспресс-оценки качества зерна озимой ржи на малых пробах.

Ключевые слова: *Secale cereale* L., вязкость, число падения, качество, хлебопекарная оценка, стекловидность, термодинамические свойства клейстера, углеводно-амилазный комплекс

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 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: Кибкало И.А., Сафонова И.В. Изучение современных сортов озимой ржи по технологическим свойствам зерна. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2026;187(1):98-110. DOI: 10.30901/2227-8834-2026-1-o22

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы. Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы.

COLLECTIONS OF THE WORLD'S CROP GENETIC RESOURCES FOR THE DEVELOPMENT OF PRIORITY PLANT BREEDING TRENDS

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2026-1-o22

The study of modern winter rye cultivars based on the technological properties of grain

Ilya A. Kibkalo, Irina V. Safonova

*N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia***Corresponding author:** Irina V. Safonova, i.safonova@vir.nw.ru

Background. Despite the high variability of the qualitative properties in winter rye grain under the effect of weather conditions, the development of breadmaking cultivars based on their comprehensive study remains an important task of breeding.

Materials and methods. Technological assessment of grain was performed for 17 winter rye cultivars. Three reproductions were obtained in 2022–2024 under the conditions of the Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, the fourth reproduction was seeds from originator institutions. Grain quality was analyzed in accordance with the guidelines and State Standards: grain vitreousness, falling number, thermodynamic properties of the paste, protein content, ash content, microbaking of hearth bread, rheological properties of the dough, and pentosan content. For the first time, the method of two-phase sedimentation was used for rye grain.

Results. The most stable amylogram heights were recorded for cvs. 'Flora', 'Moskovskaya 18', 'Nemchinovsky 1', and 'Ilmen'. Cvs. 'Saratovskaya 10' and 'Novosibirskaya 17' showed increased amylase activity in grain. Cvs. 'Arga' and 'Kiprez' had high vitreousness. Increased pentosan content was observed in cvs. 'Kiprez', 'Dana', 'Darvet', and 'Grafinya'. The sedimentation assessment results differentiated the cultivars well, generally reflecting the technological properties of grain.

Conclusion. There were significant differences among cultivars in most of the technological assessment and grain quality criteria, but many of them were significantly affected by growing conditions. Cvs. 'Arga' and 'Kiprez' can be used in breadmaking as dough conditioners in yeast recipes. Cvs. 'Saratovskaya 10' and 'Novosibirskaya 17' are promising for fodder production. The method of two-phase sedimentation is recommended for express assessment of winter rye grain quality on small samples.

Keywords: *Secale cereale* L., viscosity, falling number, quality, baking test, vitreousness, thermodynamic paste properties, carbohydrate-amylase complex

Acknowledgments: the study was conducted within the framework of the state task according to the thematic plan of VIR, Project No. FGEM-2022-0009 "Structuring and disclosing the potential of hereditary variation in the global collection of cereal and groat crops at VIR for the development of an optimized genebank and its sustainable utilization in plant breeding and crop production".

For citation: Kibkalo I.A., Safonova I.V. The study of modern winter rye cultivars based on the technological properties of grain. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2026;187(1):98-110. (In Russ.). DOI: 10.30901/2227-8834-2026-1-o22

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work. The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors or their employers.

Введение

Рожь (*Secale cereale* L.) относится к числу важнейших хлебных культур России, она пластичная по ареалу распространения и наиболее адаптивная для регионов со сложными природно-климатическими условиями (Shabolkina et al., 2017). В современном мировом производстве зерна рожь играет значительно меньшую роль, чем другие зерновые культуры, однако в ряде стран Северной и Центральной Европы имеет важное продовольственное значение (Urban, 2015). Основными мировыми производителями ржи считаются Германия (3,1 млн тонн), Польша (2,3 млн тонн), Россия (1,1 млн тонн), Беларусь (750 тыс. тонн). В этих странах производится около 80% всего мирового сбора зерна этой культуры (Crop cultivation areas..., 2025).

По данным Росстата, в 2025 г. посевные площади ржи в России составляют 451 тыс. га (Cultivated areas..., 2025). По сравнению с 2024 г. (668,3 тыс. га) этот показатель сократился на 28,7%. Сокращение связано с падением спроса на продукцию из ржаной муки и ограниченной рентабельностью производства. Среди традиционных регионов возделывания ржи в России – Поволжье (прежде всего Татарстан и Башкирия), Оренбургская, Саратовская, Волгоградская, Кировская и Воронежская области (Ponomareva et al., 2019).

Зерно озимой ржи традиционно используется в пищевой промышленности (хлеб и хлебобулочные изделия, квас, крахмал, спирт) и кормопроизводстве (силос, сенаж).

По пищевой ценности зерно ржи и ржаной хлеб имеют ряд преимуществ по сравнению с зерном пшеницы и хлебом из нее. Зерно содержит полноценные, богатые незаменимыми аминокислотами белки (8,0–18,7%), углеводы (70,0–80,0%), крахмал (51,8–69,0%), сахара (4,0–6,0%), клетчатку (1,9–2,2%), золу (1,8–2,1%), жир (1,6–2,6%). Оно является источником различных биологически активных веществ, растворимых пищевых волокон и обладает высокими антиоксидантными свойствами.

Содержит много некрахмальных полисахаридов (пентозанов), которые нежелательны в кормовом отношении. Поэтому зерно в комбикормах для животных используют с ограничениями и только в смеси с другими зерновыми культурами. Вместе с тем при хлебопечении пентозаны играют положительную роль, улучшая хлебопекарные качества (Nuzhdina et al., 2023).

Рожь – одна из основных продовольственных культур, зерно которой используется для выработки хлебопекарной муки. Ржаной хлеб обладает ценными питательными свойствами. Содержание полноценных белков, высокая калорийность и наличие витаминов делают ржаной хлеб ценным продуктом питания (Shabolkina et al., 2017).

Морфологические особенности, масса и химический состав зерна ржи изменяются в зависимости от региона и погодных условий, сорта, выполненности и крупности (Goncharenko, 2014). Важной задачей является комплексное изучение качественных свойств зерна ржи для создания сортов хлебопекарного использования. Учитывая основное применение ржи как продовольственное, целью наших исследований является изучение технологических показателей качества современных сортов озимой ржи в условиях Северо-Западного региона РФ.

Материалы и методы

Полученный материал для изучения был выращен в 2022–2024 гг. на экспериментальном поле научно-производственной базы (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», расположенной в Северо-Западном регионе России. Предшественник – чистый пар. Полевое изучение исходного материала проведено согласно «Методическим указаниям по изучению и сохранению мировой коллекции ржи» (Kobylyansky et al., 2015). Технологическая оценка зерна произведена в лаборатории комплексной оценки генетических ресурсов растений ВИР. Для анализа использованы 17 современных (новых) сортов озимой ржи (табл. 1).

Таблица 1. Список современных (новых) сортов озимой ржи

Table 1. The list of modern (new) winter rye cultivars

№ по каталогу ВИР / VIR catalogue No.	Название образца / Accession name	Год репродукции оригиналов / Year of reproduction for the originals	Происхождение (организации, создавшие оригинал сорта) / Origin (institutions where the originals were developed)
11890	‘Саратовская 10’	2018	НИИСХ Юго-Востока, Саратовская область
11891	‘Сударушка’	2018	СибНИИСХИТ, Томская область
11892	‘Новосибирская 17’	2018	СибНИИСХ, Новосибирская область
11893	‘Графиня’	2018	ФАНЦ Северо-Востока, Кировская область
11894	‘Кипрез’		
11895	‘Флора’		
11896	‘Московская 18’	2019	ФИЦ «Немчиновка», Московская область
11909	‘Немчиновский 1’		
11897	‘Таловская 45’	2019	НИИСХ ЦЧП им. Докучаева, Воронежская область

Таблица 1. Окончание

Table 1. The end

№ по каталогу ВИР / VIR catalogue No.	Название образца / Accession name	Год репродукции оригиналов / Year of reproduction for the originals	Происхождение (организации, создавшие оригинал сорта) / Origin (institutions where the originals were developed)
11903	‘Дана’	2020	ФИЦ картофеля им. Лорха, Ленинградская область
11640	‘Эра’	2019	
11904	‘Дарвет’	2020	УрФАНИЦ УрО РАН, Свердловская область
11905	‘Перемена’	2020	Верхневолжский ФАНЦ, Владимирская область
11906	‘Тагна’	2020	СИФИБР СО РАН, Иркутская область
11907	‘Арга’	2020	Красноярский научный центр СО РАН, Красноярский край
11908	‘Чулпан 9’	2020	ОПХ Чишминское, Башкирский НИИСХ, Башкортостан,
11000	‘Ильмень’	2019	ВИР, г. Санкт-Петербург

Три репродукции получены в 2022–2024 гг. в условиях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», четвертая репродукция – семена учреждений-оригинаторов. Оценку качества зерна проводили в соответствии с методиками национальных стандартов РФ, а также на основе известных методических рекомендаций. Стекловидность зерна определена с помощью диафаноскопа по ГОСТ 10987-76 (GOST 10987-76..., 2009), число падения – по ГОСТ ISO 3093-2016 (GOST ISO 3093-2016..., 2016). Термодинамические свойства клейстера изучены на микро-виско-амилографе фирмы Brabender (Германия) в соответствии с ГОСТ ISO 7973-2013 (GOST 7973-2013..., 2014). Содержание белка и зольность в ржаной муке определены на ИК-анализаторе IM 9500 фирмы Perten (Швеция) с использованием инструкции к прибору. Микровыпечка подового хлеба осуществлялась в соответствии с методическими указаниями «Оценка хлебопекарных свойств образцов мягкой пшеницы, ржи и тритикале» (Kotagov et al., 1985). Твердость мякиша ржаного хлеба определяли на структурометре СТ-2 (Россия). Размол зерна осуществляли на лабораторной мельнице 3100 фирмы Perten (Швеция).

Впервые на зерне ржи использована двухфазная методика микроседиментации (Kibkalo et al., 2024). На урожае 2024 г. осуществлено расширенное исследование технологических свойств ржаной муки. Оценены реологические свойства теста на фаринографе фирмы Brabender (изучены в соответствии с ГОСТ ISO 5530-1-2013) (GOST ISO 5530-1-2013..., 2014). Также произведена косвенная оценка содержания пентозанов с помощью регистрации кривой набухания водно-мучной суспензии на микро-виско-амилографе фирмы Brabender (Германия) согласно методическим рекомендациям «Качество зерна озимой ржи» (Kulevatova et al., 2016). Статистический анализ данных производился с помощью программ XL и Agros (версия 2.09).

По информации Гидрометеорологического центра, в границах г. Пушкина погодные условия периода вегетации 2022–2024 гг. отличались от средних многолетних показателей температуры воздуха и осадков, что позволило наиболее полно оценить материал (табл. 2).

Наиболее благоприятные условия для формирования зерна сложились в 2022 г. В период цветения ржи температура воздуха была в пределах нормы, наличие осадков благоприятствовало росту и развитию растений. В конце июня и начале июля температура воздуха на 3°C превышала многолетние показатели. В конце июня осадков не наблюдали. Наличие влаги способствовало формированию хорошо выполненного зерна. В 2023 и 2024 г. условия вегетации были менее благоприятные. В 2023 г. избыточное количество осадков в июле (95 мм) привело к сильному полеганию растений ржи, что снизило качество зерна. В 2024 г. в мае температура воздуха была выше среднеемноголетних данных (13,3°C), а количества осадков не хватало – такие условия привели к снижению урожая.

Результаты

Состояние углеводно-амилазного комплекса играет существенную роль в определении качества зерна. Для зерна ржи оно часто является основным (Kulevatova et al., 2012). В представленном опыте состояние углеводно-амилазного комплекса зерна выборки сортов озимой ржи оценивалось двумя способами: через определение числа падения (ЧП) и через оценку термодинамических свойств клейстера по протоколу амилографирования на микро-виско-амилографе (Brabender, Германия) (табл. 3).

Качество зерна ржи может быть подвержено существенной изменчивости в зависимости от условий выращивания за счет вариабельности ферментативной активности (Bebyakin et al., 2006). Таким образом, доля влияния внешних факторов в модификационной изменчивости того или иного признака может превышать долю влияния генотипа. И это обстоятельство может существенно затруднять выявление генетически детерминированных различий по этим признакам между генотипами. Поскольку одна из изученных репродукций была синтетической по происхождению, то есть образцы были выращены не только в разных погодных условиях, но и в разных климатических зонах, причем каждый в своей, полученные данные подвергли двум вариантам дис-

Таблица 2. Характеристика вегетационных периодов, г. Пушкин, 2022–2024 гг.**Table 2. Details of the growing seasons, Pushkin, 2022–2024**

Показатель / Indicator	Год / Year	Месяцы / Months			
		май	июнь	июль	август
Σ осадков, мм	2022	25,6	47	75,5	112,6
	2023	16,7	47,9	95	48,5
	2024	7,0	51	97	183,7
	средне многолетние	47	69	84	87
Температура воздуха, °С	2022	10,0	17,6	19,9	20,6
	2023	11,9	17,3	18,5	19,9
	2024	13,3	18,8	20,1	18,7
	средне многолетние	11,5	16,1	19,1	17,1

Примечание: погодные данные получены с сайта (<http://www.pogodaiklimat.ru/>)

Note: weather data were collected from the website (<http://www.pogodaiklimat.ru/>)

персионного анализа: с учетом этого повторения и с учетом только трех репродукций, выращенных в условиях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР».

И действительно, по данным состояния углеводно-амилазного комплекса, вариация признаков, описывающих его, была максимальна с учетом зерна оригинальной репродукции: межсортовые различия по F-критерию не доказывались, тогда как выборки образцов существенно различались между собой по годам. При учете только репродукций, выращенных в условиях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», межсортовые различия были существенны. При этом по высоте амилограммы различия между повторениями не доказывались, тогда как по числу падения существенны были и они. То есть ЧП было более подвержено изменчивости под влиянием погодных условий (см. табл. 3). Другие показатели амилографирования – температура наступления максимальной вязкости клейстера и время наступления максимальной вязкости клейстера – разграничивали изучаемый материал на уровне ЧП. Между показателями амилографии и ЧП установлена достоверная положительная корреляционная связь ($r = 0,09$ при $p < 0,01$). Обращают на себя внимание различия между генотипами озимой ржи не только по выраженности признаков состояния углеводно-амилазного комплекса, но и по стабильности их проявления по годам.

Так, наиболее стабильными по высоте амилограммы оказались сорта 'Флора', 'Московская 18', 'Немчиновский 1', сорт-стандарт 'Ильмень', причем на высоком уровне выраженности признака. Средняя степень изменчивости была характерна для сортов 'Дарвет' и 'Тагна', высокая – для сортов 'Саратовская 10', 'Арга', сорта-стандарт 'Эра'. В условиях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» стабильно высокую амилазную активность (ЧП) в зерне за время изучения продемонстрировали 'Саратовская 10' и 'Новосибирская 17', что говорит о неустойчивости этих сортов к прорастанию зерна на корню.

Другим важным показателем технологических свойств зерна является стекловидность, отражающая консистенцию эндосперма зерновки. Принято различать и регистрировать стекловидность полную, отражающую количество полностью стекловидных зерен, и стекло-

видность общую, учитывающую и полустекловидные зерна (табл. 4). Полная стекловидность достоверно не разграничивала экспериментальный материал в обоих вариантах обработки. Общая стекловидность, напротив, значимо по F-критерию дифференцировала образцы, при этом не имея доказанного влияния условий выращивания даже с учетом оригинальной репродукции зерна, что говорит о высокой степени генетической детерминированности данного признака.

Наиболее мучнистым зерном обладал сорт 'Саратовская 10', он же показал максимальную изменчивость этого критерия по годам. В среднем самую высокую стекловидность в сочетании со средней ее вариабельностью продемонстрировал сорт 'Арга'. Самый низкий показатель стекловидности зерна (мучнистый характер эндосперма и его высокая изменчивость, $V = 63,5\%$) был установлен для сорта 'Саратовская 10', самый высокий со средней степенью изменчивости ($V = 17,0\%$) – для сорта 'Арга', средний с низкой изменчивостью ($V = 3,7\%$) – для сорта 'Кипрес' (см. табл. 4).

В пищевом и кормовом направлении переработки зерна важное значение имеют содержание белка и зольность, влияющие на питательную ценность. В изученной выборке сортов озимой ржи по содержанию белка не получено значимых межсортовых различий, однако репродукции существенно различались в обоих вариантах обработки, что говорит о ключевом влиянии на этот признак условий выращивания. При этом вариация признака по сортам была на низком и среднем уровнях. Зольность, напротив, оказалась существенно зависима как от условий выращивания, так и от генотипа также в обоих вариантах обработки. Вариация признака по сортам была невысокой. Самой низкой зольностью, по многолетним данным, обладал сорт 'Новосибирская 17', а самой высокой – 'Немчиновский 1' (см. табл. 4).

Из-за часто высокой ферментативной активности ржаной муки и отсутствия клейковинных белков пробную выпечку ржаного хлеба производят при повышенной кислотности теста, используя при этом закваски или органические кислоты, что позволяет получать хлеб достаточных объема и формы. Важными показателями хлебопекарной оценки образцов при этом являются объем полученного хлеба (в случае микровыпечек рассчитыва-

Таблица 3. Состояние углеводно-амилазного комплекса у сортов озимой ржи
Table 3. The state of the carbohydrate-amylase complex in winter rye cultivars

Сорт / Cultivar	Высота амилограммы / Amylogram peak		Время максимальной вязкости / Maximum viscosity time		Температура максимальной вязкости / Maximum viscosity temperature		Число падения / Falling number	
	X, ед. пр.	V, %	X, мин	V, %	X, °C	V, %	X, с	V, %
‘Саратовская 10’	350,3	67,6	5,17	14	69,55	8,7	127,5	90,2
‘Сударушка’	251,7	28,1	5,23	11,6	69,66	3	105,0	16,5
‘Новосибирская 17’	237,8	44	5,23	2,8	66,27	2,5	95,5	38,4
‘Графиня’	386,0	42,4	5,28	4,5	70,65	6,8	142,0	49,5
‘Кипрез’	380,0	21,3	5,20	4,2	69,85	3,4	124,5	29,4
‘Флора’	491,0	5,9	5,52	2,9	72,65	3	151,8	14,4
‘Московская 18’	361,0	8,9	5,46	7,0	72,6	3,4	134,0	21,6
‘Таловская 45’	353,5	24,8	5,24	9,3	70	4,8	118,5	37,2
‘Дана’	348,0	30,7	5,38	16,5	69,52	10	125,8	55,9
‘Дарвет’	367,0	18,2	5,49	6,0	71,85	4,9	136,5	32,6
‘Перемена’	356,8	35,5	5,37	14,2	71,37	7,1	130,5	42,7
‘Тагна’	418,0	16,8	5,52	9,2	71	6,8	141,8	22,5
‘Арга’	367,0	80,7	5,53	19,8	71,82	11,8	147,5	80,1
‘Чулпан 9’	366,5	46,3	5,65	21,9	73,22	10,4	167,0	73,3
‘Немчиновский 1’	405,8	8,8	5,57	9,8	72,97	5,4	148,5	25,4
‘Эра’	410,5	71,3	5,60	22,9	73,5	11,6	184,0	83
‘Ильмень’	655,0	1,3	7,16	3,8	83,05	3	256,0	6,8
4 года	F-год	11,9*	4,4*		9,8*		13*	
	F-сорт	ns	ns		ns		ns	
	НСР	–	–		–		–	
3 года	F-год	ns	12,8*		22,1*		21*	
	F-сорт	4,6*	3,1*		4,1*		3,6*	
	НСР	122	0,67		4,6		47	

Примечание: X – среднее арифметическое значение за 4 года; ns – различия несущественны; V – коэффициент внутрисортной вариации; F – F-критерий; * – значимость F-критерия

Note: X – arithmetic mean value for 4 years; ns – insignificant differences; V – coefficient of intracultivar variation; F – the F-test; * – significance of the F-test

ют объем на 100 г муки) и формоустойчивость подового хлеба h/d (отношение высоты к диаметру). В представленном опыте объем ржаного подового хлеба имел существенные межсортные различия, однако и репродукции разных лет значимо различались друг от друга в обоих вариантах обработки, показывая существенное влияние на этот признак условий выращивания (табл. 5).

Межсортные различия по h/d не были выявлены. Обработка с учетом оригинальных репродукций выявляла значимые различия между наборами сортов по годам. Лидерами по объему хлеба за четыре года изучения

стали ‘Саратовская 10’, ‘Сударушка’, сорт-стандарт ‘Эра’. Объем хлеба и h/d характеризовались средней и низкой внутрисортной вариативностью по годам.

Качество хлебного мякиша оценивали по его твердости, а также по скорости его черствения за сутки после выпечки. Выяснилось, что твердость мякиша через 2 часа после выпечки давала значимые межсортные различия даже с учетом оригинальной репродукции, а различия между выборками по годам не доказывались. Черствение же за сутки после выпечки было подвержено влиянию условий года. При этом и тот и другой признак име-

Таблица 4. Технологическая оценка сортов озимой ржи

Table 4. Technological assessment of winter rye cultivars

Сорт / Cultivar		Полная стекловидность / Total vitreousness		Общая стекловидность / General vitreousness		Содержание белка / Protein content		Зольность / Ash content	
		X, %	V, %	X, %	V, %	X, %	V, %	X, %	V, %
‘Саратовская 10’		2,0	91,3	2,0	63,5	12,57	15,6	1,49	12,5
‘Сударушка’		2,0	100	2,0	31,1	14,24	3,4	1,66	6,1
‘Новосибирская 17’		13,0	84,3	13,0	32,4	13,44	10,6	1,37	8,3
‘Графиня’		9,0	78,6	9,0	44,4	12,65	9,5	1,58	6,4
‘Кипрез’		6,5	32	6,5	3,7	12,30	9,3	1,56	6,5
‘Флора’		3,3	52,6	3,3	28,5	12,15	14,7	1,6	5,3
‘Московская 18’		4,5	121	4,5	43,2	12,89	7,1	1,49	4
‘Таловская 45’		7,8	79,1	7,8	48,7	12,71	5,5	1,46	2,5
‘Дана’		5,8	99,8	5,8	37,6	11,73	18,6	1,54	2,7
‘Дарвет’		3,3	76,9	3,3	13,6	13,25	10,3	1,43	3
‘Перемена’		5,5	176	5,5	40,4	12,97	7	1,55	6,8
‘Тагна’		5,3	151	5,3	32,2	12,92	4,1	1,63	5,6
‘Арга’		10,5	62,5	10,5	17	13,07	8,6	1,43	7,6
‘Чулпан 9’		5,5	140,4	5,5	52,1	12,78	10,7	1,49	5,6
‘Немчиновский 1’		5,0	137,6	5,0	39,7	13,17	13,6	1,74	11,8
‘Эра’		4,5	38,5	4,5	39,3	12,25	7,2	1,61	7
‘Ильмень’		5,0	28,3	5,0	19,4	12,57	15,6	1,49	12,5
4 года	F-год	ns		ns		34,6*		17,6*	
	F-сорт	ns		2,2*		ns		5,7*	
	HCP	-		14,3		-		0,11	
3 года	F-год	ns		-		5,7*		10,6*	
	F-сорт	ns		-		ns		4,3*	
	HCP	-		-		-		0,13	

Примечание: X – среднее арифметическое значение за 4 года; ns – различия несущественны; V – коэффициент внутрисортной вариации; F – F-критерий; * – значимость F-критерия

Note: X – arithmetic mean value for 4 years; ns – insignificant differences; V – coefficient of intracultivar variation; F – the F-test;

* – significance of the F-test

ли широкий спектр типов вариабельности в зависимости от сорта – от низкой до высокой.

В связи с тем что объективные методы оценки качества ржаного хлеба давали не всегда надежную дифференциацию, общую хлебопекарную оценку (ОХО) решили рассчитать как сумму баллов за отдельные критерии при ранжировании сортов внутри выборки. Таким образом, чем меньшую сумму баллов набирал образец, тем более высокий общий ранг он имел. Рассчитанная таким образом ОХО дифференцировала изученный материал на уровне твердости хлебного мякиша, то есть показывала существенную генотипическую обусловленность. Самые высокие места по ОХО заняли сорт-стандарт ‘Эра’ и ‘Сара-

товская 10’. Однако вариабельность этого показателя именно у этих сортов по годам была значительной. Самые высокие ранги при низкой вариабельности ОХО были у сортов ‘Сударушка’ и ‘Арга’ (см. табл. 5).

Для обобщенной оценки качества зерна большое распространение получил метод седиментационного анализа в различных модификациях. В основном он применяется для определения качества клейковинных белков пшеницы (Ivanisova et al., 2024), однако, поскольку способность к набуханию продуктов размола лежит в основе практически любой переработки зерна, он предлагается и для других культур (Kibkalo, 2022). В представленном опыте впервые для зерна ржи применили метод двух-

Таблица 5. Хлебопекарная оценка сортов озимой ржи

Table 5. Baking test of winter rye cultivars

Сорт / Cultivar	Объем на 100 г муки / Volume per 100 g of flour		Формоустой- чивость h/d / Shape stability h/d		Твердость мякиша / Crumb hardness		Черствение / Hardening		OXO / OBS	
	X, мл	V, %	X	V, %	X, г на- грузки	V, %	X, г на- грузки	V, %	X, балл	V, %
‘Саратовская 10’	188,3	10,6	0,53	10,1	733,5	19,4	2011,00	49,3	25,3	20,9
‘Сударушка’	184,3	5,6	0,57	6,3	906,0	43,0	2172,00	9,8	28,3	8,3
‘Новосибирская 17’	170,0	6,6	0,54	3,5	772,5	23,5	2291,75	35,4	32,9	35,6
‘Графиня’	170,3	6,8	0,59	10,1	1052,0	19,1	2621,25	48,1	34,8	22,9
‘Кипрез’	160,0	5,8	0,60	10,3	1238,0	30,1	2121,50	41,2	35,9	20,0
‘Флора’	171,8	11,4	0,59	2,9	870,0	3,0	3125,00	31,2	32,9	6,3
‘Московская 18’	171,8	11,4	0,55	6,8	845,0	10,4	1983,25	13,4	29,5	15,6
‘Таловская 45’	160,0	6,5	0,57	19,5	727,3	38,0	2010,25	42,1	27,3	33,6
‘Дана’	156,5	8,8	0,57	14,1	973,3	22,7	2356,00	35,7	40,5	25,9
‘Дарвет’	160,0	3,1	0,55	5,9	1004,3	15,7	2545,75	13,0	41,0	13,5
‘Перемена’	171,5	4,9	0,57	7,3	692,5	27,6	2389,00	19,6	28,8	30,3
‘Тагна’	163,5	2,1	0,61	4,9	903,8	10,3	2057,25	26,3	29,0	12,4
‘Арга’	168,5	9,3	0,57	7,2	821,0	11,4	2215,25	30,1	27,3	8,0
‘Чулпан 9’	158,3	4,2	0,59	14,4	1180,8	23,6	3056,00	36,7	42,4	12,3
‘Немчиновский 1’	161,8	6,9	0,56	0,55	836,3	4,5	1759,50	39,0	30,9	12,8
‘Эра’	183,0	7,7	0,50	0,535	600,5	22,3	2048,50	15,6	24,3	42,3
4 года	F-год	4,3*	4,7*		ns		7,5*		ns	
	F-сорт	2,4*	ns		2,8*		ns		2,8*	
	НСР	16,9	–		280,3		–		9,5	
3 года	F-год	5,8*	ns		ns		6,5*		–	
	F-сорт	3,3*	ns		ns		ns		–	
	НСР	18	–		–		–		–	

Примечание: X – среднее арифметическое значение за 4 года; ns – различия незначительны; OXO – общая хлебопекарная оценка; V – коэффициент внутрисортной вариации; F – F-критерий; * – значимость F-критерия

Note: X – arithmetic mean value for 4 years; ns – insignificant differences; OBS – overall baking score; V – coefficient of intracultivar variation; F – the F-test; * – significance of the F-test

фазной седиментации (Kibkalo et al., 2024). При этом регистрировались четыре показателя: объем осадка первой уксусной фазы седиментации (Ф1), объем осадка второй фазы седиментации – с добавлением поверхностно-активного вещества SDS (Ф2), отношение объемов второй фазы анализа к первой, отражающее устойчивость экспериментального материала к физико-химическим нагрузкам, и сумма объемов осадков двух фаз, показывающая общий потенциал набухания (табл. 6).

Дисперсионный анализ полученных данных показал, что объемы осадков и первой, и второй фаз испытания успешно дифференцировали экспериментальный материал, однако были существенно подвержены влиянию

условий выращивания. По показателю устойчивости набухания (Ф2/Ф1) значимо между собой различались изученные репродукции ржи разных лет, а по показателю общего потенциала набухания (Ф2+Ф1) доказывались только межсортные различия. При этом все четыре критерия неплохо воспроизводились по годам, показывая уровень внутрисортной вариации от низкой до средней.

Для кормовой ценности ржи большое значение имеет содержание в зерне пентозанов, которые также играют важную роль в стабилизации ржаного теста в процессе хлебопечения (Nuzhdina et al., 2016). В связи с этим образцы ржи урожая 2024 г. изучили на содержание пентозанов. С помощью микро-виско-амилографа были за-

Таблица 6. Седиментационная оценка сортов озимой ржи

Table 6. Sedimentation assessment of winter rye cultivars

Сорт / Cultivar		Ф1 / F1		Ф2 / F2		Ф2/Ф1 / F1/F2		Ф2+Ф1 / F1+F2	
		Х, мл	V, %	Х, мл	V, %	Х	V, %	Х, мл	V, %
‘Саратовская 10’		61,8	6,4	43,3	14,3	0,70	12,8	105,0	7,9
‘Сударушка’		67,7	10,7	54,3	15,3	0,81	17,8	122,0	9,9
‘Новосибирская 17’		60,8	4,9	47,5	15,1	0,79	18,6	108,3	5,5
‘Графиня’		64,5	0,9	50,8	15	0,79	15,4	115,3	6,6
‘Кипрез’		67,5	12,2	52,8	9,3	0,79	15,8	120,3	7,5
‘Флора’		72,3	10,3	50,0	3,3	0,70	10,3	122,3	6,5
‘Московская 18’		59,5	7,9	41,3	7,2	0,70	9,2	100,8	6,1
‘Таловская 45’		63,5	1,6	44,5	12,0	0,70	12,3	108,0	5,1
‘Дана’		71,0	10,6	54,5	12,4	0,77	12,5	125,5	9,5
‘Дарвет’		64,3	5,5	51,0	2,3	0,80	5,9	115,3	3,3
‘Перемена’		64,8	7,7	47,8	10,7	0,74	9,7	112,5	7,8
‘Тагна’		67,5	2,8	49,3	9,3	0,73	8,4	116,8	4,9
‘Арга’		67,3	10,2	49,5	16	0,73	17,5	116,8	8,1
‘Чулпан 9’		65,5	5,1	51,8	13,1	0,77	13,9	117,3	4,4
‘Немчиновский 1’		66,0	11,2	47,0	7,7	0,72	15,2	113,0	6,1
‘Эра’		66,0	8,6	49,5	4,3	0,76	12,2	115,5	3,1
4 года	Ф-год	10,4*		6,5*		24,6*		ns	
	Ф-сорт	2,9*		2,3*		ns		2,9*	
	НСР	5,8		6,9		–		10,7	
3 года	Ф-год	6*		5,7*		18,9*		–	
	Ф-сорт	2,2*		ns		ns		–	
	НСР	6,5		–		–		–	

Примечание: Х – среднее арифметическое значение за 4 года; ns – различия несущественны; V – коэффициент внутрисортной вариации; F – F-критерий; * – значимость F-критерия

Note: X – arithmetic mean value for 4 years; ns – insignificant differences; V – coefficient of intracultivar variation; F – the F-test; * – significance of the F-test

писаны кривые набухания ржаных суспензий при комнатной температуре в течение 30 минут. Максимальные значения вязкости суспензии отражали количество водорастворимых пентозанов в образцах зерна ржи (Kulevatova et al., 2016). Произведена оценка реологических свойств ржаного теста на фаринографе (табл. 7).

По всем зарегистрированным показателям выявлена значительная межсортная дифференциация. По максимуму кривой набухания обнаружено, что сорт ‘Саратовская 10’ можно признать низкопентозановым. Также невысокое содержание водорастворимых пентозанов можно прогнозировать у ‘Новосибирской 17’. Высокопентозановыми можно признать сорта: ‘Кипрез’, ‘Дана’, ‘Дарвет’, ‘Графиня’. Остальные сорта ржи занимали промежуточное положение. С помощью фаринографа выявлено, что лидер по содержанию водорастворимых пентозанов – сорт ‘Кипрез’ – обладает уникальными реологиче-

скими свойствами теста. Фаринограммы сортов ржи ‘Кипрез’ и ‘Арга’ соответствовали «сильным» сортам пшеницы. Логично предположить, что повышенная устойчивость ржаного теста при реологических испытаниях обусловлена содержанием пентозанов. Коэффициент корреляции максимума набухания и показателей фаринографа был в пределах ($r = 0,43-0,61^*$), однако его нельзя назвать максимально возможным. Обращает на себя внимание разнообразие реологических свойств теста, особенно заметное по значениям его разжижения в сравнении с прогнозом содержания пентозанов. И если низкое значение содержания водорастворимых пентозанов закономерно соответствовало высокой степени разжижения у сортов ‘Саратовская 10’ и ‘Новосибирская 17’, то образцы со средним и высоким содержанием водорастворимых пентозанов имели разнообразные значения разжижения теста. Испытание теста на фаринографе прово-

Таблица 7. Реологические свойства ржаной водно-мучной суспензии и ржаного теста**Table 7. Rheological properties of rye flour-water suspension and rye dough**

Сорт / Cultivar	Максимальная вязкость суспензии, ед. пр. / Maximum suspension viscosity, units	Показатели фаринограммы / Farinogram indicators				
		Время образования теста, мин / Dough development time, min	Стабильность теста, мин / Dough stability, min	Разжижение теста, ед. пр. / Dough softening, units	Коэффициент качества, мм / Quality factor, mm	Число валориметра, усл. ед. / Valorimeter value, arbit. units
‘Саратовская 10’	151	1,55	0,65	71	21	44
‘Сударушка’	400	1,9	0,47	77	35	45
‘Новосибирская 17’	282	2,15	0,98	81	37	45
‘Графиня’	600	2,8	1,17	26	100	62
‘Кипрез’	707	83,75	17,2	18	843	100
‘Флора’	429	2,15	1,63	34	74	54
‘Московская 18’	500	2,02	1,1	40	39	54
‘Таловская 45’	355	2,42	1,27	26	44	60
‘Дана’	695	2,02	1,1	50	40	54
‘Дарвет’	619	2,82	1,8	17	150	62
‘Перемена’	517	2,6	2,07	34	134	56
‘Тагна’	539	2,63	1,82	28	60	60
‘Арга’	529	10,0	9,58	15	221	80
‘Чулпан 9’	497	3,17	1,55	50	47	57
‘Немчиновский 1’	389	2,85	2,28	31	61	57
‘Эра’	481	1,55	0,65	71	21	44
V, %	30,4	257,3	153,6	53,3	166,3	24,5

Примечание: V – коэффициент межсортовой вариации

Note: V – coefficient of intercultivar variation

дится при повышенной, в сравнении с записью кривой набухания, температуре 30°C, что ближе к оптимальной температуре действия пентозаназ (ксиланаз) – ферментов, расщепляющих пентозаны (Kulevatova et al., 2016).

Таким образом, на реологические свойства теста, вероятно, влияло не только количественное значение пентозанов в зерне ржи, но и активность ферментов их расщепляющих. Так, очевидно, что у сортов ‘Кипрез’ и ‘Арга’ активность пентозаназ была чрезвычайно низкой, а у сортов ‘Сударушка’, ‘Дана’, ‘Чулпан 9’ и ‘Эра’ – высокой при высоком и среднем содержании самих водорастворимых пентозанов.

Обсуждение результатов

Технологическое качество зерна, ржи в частности, описывается множеством взаимодополняющих парамет-

ров и признаков, которые находятся между собой порою в неоднозначном взаимовлиянии, которое может значительно меняться в зависимости от условий произрастания. В изученной выборке сортов озимой ржи практически по всем зафиксированным характеристикам выявлено значительное разнообразие – как по степени выраженности, так и по степени воспроизводимости – в течение ряда лет. Исключением стало значение содержания белка в зерне, которое оказалось более всего подвержено влиянию условий выращивания. Межсортовые различия по содержанию белка в зерне и показатели формоустойчивости подового хлеба h/d не доказывались. Последний факт можно объяснить как тем, что h/d является селекционным признаком, характеризующим хлебопекарные свойства образца, а представленные в выборке генотипы являются прошедшими селекционный отбор сортами, так и тем, что в условиях «кислого» тестоведения различия между сортами, обусловленные разнообразием

ферментативной активности, нивелируются за счет ее подавления. Вместе с тем данный показатель не находится в отрыве от других технологических свойств. Так, было выявлено, что h/d значимо связан с показателями реологии теста: с временем образования теста ($0,62^*$) на урожае 2024 г., на котором производилась фаринографическая оценка; со стабильностью теста ($r = 0,65^*$); с коэффициентом качества фаринографа ($r = 0,67^*$); с числом валориметра ($r = 0,65^*$) в год испытания реологии теста и ($r = 0,54^*$) по средним многолетним значениям h/d ; разжижение теста имело отрицательную взаимосвязь с h/d ($r = -0,51^*$). На формоустойчивость подового хлеба положительно влияло содержание водорастворимых пентозанов, что видно по выраженности максимума кривой набухания: ($r = 0,57^*$) в год репродукции и ($r = 0,53^*$) по средним многолетним значениям.

Если говорить о хлебопекарной оценке по примененной методике в целом, то отчетливо прослеживаются две противоположные тенденции. Повышенная ферментативная активность, низкое содержание водорастворимых пентозанов, влияющие на разжижение теста и снижение h/d , вместе с тем способствовали лучшему подъему теста и, как следствие, увеличению объема хлеба, а также снижению жесткости хлебного мякиша и скорости черствения. Пониженная ферментативная активность, повышенное содержание водорастворимых пентозанов помогли сформировать более плотный каркас ржаного теста и хлебного мякиша, который улучшал формоустойчивость, но сокращал объем хлеба и придавал ему механическую жесткость. Иллюстрируется это следующими коэффициентами корреляции. На объем хлеба оказывало отрицательное влияние содержание водорастворимых пентозанов по кривым набухания ($-0,58^* \dots -0,79^*$), с ним были отрицательно связаны число валориметра и коэффициент качества фаринографа ($-0,52^*$), положительно – разжижение теста ($0,51^* \dots 0,63^*$), отрицательно – величина числа падения ($-0,68^*$) и высота амиллограммы ($-0,67^*$), а также консистенция эндосперма зерна, выраженная через общую стекловидность по средним многолетним данным ($-0,58^*$). Такая же тенденция наблюдалась в отношении жесткости хлебного мякиша, его черствения и общей хлебопекарной оценки.

Впервые на зерне ржи была применена двухфазная методика седиментационного анализа, результаты которого предположительно могли бы рассматриваться как экспресс-оценка хлебопекарных образцов зерна ржи. Действительно, выяснилось, что на результаты седиментационного анализа оказывает влияние максимум кривой набухания, а значит и содержание водорастворимых пентозанов. Своей максимальной выраженности это влияние достигает на величину объема второй фазы седиментации Ф2: $0,84^*$ в год репродукции и $0,59^*$ по средним многолетним значениям Ф2; на общий потенциал набухания Ф1+Ф2 – соответственно $0,80^*$ и $0,56^*$. Показатель формоустойчивости подового хлеба h/d имел максимальную положительную взаимосвязь, по средним многолетним данным, с величиной осадка первой фазы набухания Ф1 и общим потенциалом набухания $0,53^*$. Твердость мякиша имела максимальную взаимосвязь, так же как и содержание водорастворимых пентозанов, с величиной Ф2 ($0,56^*$). Показатель устойчивости набухания Ф2/Ф1 оказался взаимосвязан в год испытания с содержанием водорастворимых пентозанов по кривой набухания ($0,72^*$) и числом валориметра ($0,56^*$).

Заключение

В результате изучения сортов озимой ржи сделаны определенные выводы: по большинству зарегистрированных критериев технологической оценки и качества зерна, в том числе по показателям состояния углеводно-амилазного комплекса и хлебопекарных свойств, имелись значимые межсортные различия, что говорит о их генетической детерминированности, однако и влияние условий года также доказывалось. Максимальную независимость от условий выращивания продемонстрировали: общая стекловидность, твердость мякиша ржаного хлеба и показатель общего потенциала набухания седиментационного анализа (Ф1+Ф2). В наибольшей степени подвержены влиянию условий выращивания: содержание протеина в зерне, черствение хлебного мякиша и показатель устойчивости набухания седиментационного анализа (Ф2/Ф1). На примере урожая 2024 г. выявлены значительные различия между изученными образцами по максимальным значениям кривой набухания водно-мучной суспензии, отражающим содержание водорастворимых пентозанов в зерне ржи, и по реологическим свойствам теста, а также по активности пентозаназ в ржаном тесте. Изученные генотипы также различались по стабильности проявления по годам признаков технологической ценности зерна. Одним из самых вариabельных по целому комплексу признаков оказался сорт 'Саратовская 10'. Также этот сорт интересен тем, что в условиях НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» сформировал зерно с самой высокой амилазной активностью, имел самую низкую стекловидность, а также тем, что его можно назвать низкопентозановым. Однако сочетание этих признаков при «кислом» тестоведении давало высокую общую хлебопекарную оценку за счет повышенного, по сравнению с другими образцами, объема хлеба, низкой твердости хлебного мякиша и невысоких темпов черствения. Близким к 'Саратовской 10' по низкому содержанию водорастворимых пентозанов и повышенной амилазной активности оказался сорт 'Новосибирская 17'. Вероятно, эти два сорта пригодны для кормового использования. Повышенной вариabельностью амилазной активности обладали также сорта 'Арга' и 'Эра' (стандарт). Однако сорт 'Арга' оказался уникален тем, что при средних значениях содержания водорастворимых пентозанов он обладал самым низким значением разжижения теста, что, вероятно, говорит о низкой активности пентозаназ. Возможно, именно этот фактор позволил ему оказаться самым стекловидным по опыту и достаточно стабильным по другим критериям оценки. Вторым уникальным сортом с самым высоким содержанием водорастворимых пентозанов и низкой активностью пентозаназ оказался сорт 'Кипрез', который, так же как и 'Арга', характеризовался достаточно высокой стабильностью выраженности признаков технологической оценки. Эти два сорта озимой ржи по итогу реологических испытаний теста обладали фаринограммой на уровне сильных пшениц. Это говорит о том, что они могут использоваться в хлебопечении в дрожжевых рецептурах и как улучшители для образцов с нестабильной структурой теста.

Тестирование двухфазной методики седиментационной оценки на зерне озимой ржи показало, что полученные данные достаточно хорошо дифференцировали экспериментальный материал и по своей выраженности

в целом являлись отражением технологических свойств зерна. Таким образом, данный метод может быть рекомендован для экспресс-оценки качества зерна озимой ржи на малых пробах.

References / Литература

- Bebyakin V.M., Kulevatova T.B., Velikanova N.M. Estimation of plasticity and stability of winter rye varieties on the parameters of carbohydrate-amylase grain complex. *Agricultural Biology*. 2006;41(3):43-48. [in Russian] (Бебякин В.М., Кулеватова Т.Б., Великанова Н.М. Оценка пластичности и стабильности сортов озимой ржи по показателям углеводно-амилазного комплекса зерна. *Сельскохозяйственная биология*. 2006;41(3):43-48).
- Crop cultivation areas in Russia, data for 2025 (Posevnye ploshchadi sel'skokhozyaystvennykh kultur v Rossii, dannye na 2025 god). AB-Centre.ru; 2025. [in Russian] (Посевные площади сельскохозяйственных культур в России, данные на 2025 год. AB-Centre.ru; 2025). URL: <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploshchadi-nekotorykhklyuchevykh-selskohozyaystvennykh-kultur-v-rossii-dannyena-2025-god> [дата обращения: 16.10.2025].
- Cultivated areas in the Russian Federation in 2025 (Posevnye ploshchadi Rossiyskoy Federatsii v 2025 godu). Moscow: Rosstat; 2025. [in Russian] (Посевные площади Российской Федерации в 2025 году. Москва: Росстат; 2025). URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/posev-4cx_2025.xlsx [дата обращения: 16.10.2025].
- Goncharenko A.A. Topical issues of winter rye breeding (Aktualnye voprosy selektsii ozimoy rzhi). Moscow; 2014. [in Russian] (Гончаренко А.А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи. Москва; 2014).
- GOST 10987-76. Interstate standard. Grain. Methods for determination of vitreousness. Moscow: Standartinform; 2009. [in Russian] (ГОСТ 10987-76. Межгосударственный стандарт. Зерно. Методы определения стекловидности. Москва: Стандартинформ; 2009). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200024313> [дата обращения: 14.10.2025].
- GOST ISO 3093-2016. Interstate standard. Wheat, rye and their flours, durum wheat and durum wheat semolina – Determination of the falling number according to Hagberg-Perten IDT. Moscow: Standartinform; 2016. [in Russian] (ГОСТ ISO 3093-2016. Межгосударственный стандарт. Зерно и продукты его переработки. Определение числа падения методом Харберга – Пертена. Москва: Стандартинформ; 2016). URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293751/4293751055.pdf> [дата обращения: 14.10.2025].
- GOST ISO 5530-1-2013. Interstate standard. Wheat flour. Physical characteristics of the dough. Part 1. Determination of water absorption and rheological properties using a farinograph. Moscow: Standartinform; 2014. [in Russian] (ГОСТ ISO 5530-1-2013. Межгосударственный стандарт. Мука пшеничная. Физические характеристики теста. Часть 1. Определение водопоглощения и реологических свойств с применением фаринографа. Москва: Стандартинформ; 2014). URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293781/4293781265.pdf> [дата обращения: 14.10.2025].
- GOST ISO 7973-2013. Interstate standard. Grain and cereal products. Determination of the viscosity using an amylograph. Moscow: Standartinform; 2014. [in Russian] (ГОСТ ISO 7973-2013. Межгосударственный стандарт. Зерно и зернопродукты. Определение вязкости с применением амилографа. Москва: Стандартинформ; 2014). URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293772/4293772909.pdf> [дата обращения: 19.03.2025].
- Ivanisova A.S., Marchenko D.M., Dubinina O.A., Maidaburo L.I., Kravchenko N.S. Physicochemical properties of grain of promising winter durum wheat varieties and lines in the south of the Rostov region. *Grain Economy of Russia*. 2024;16(5):46-51. [in Russian] (Иванисова А.С., Марченко Д.М., Дубинина О.А., Майдабуро Л.И., Кравченко Н.С. Физико-химические свойства зерна перспективных сортов и линий озимой твердой пшеницы в условиях юга Ростовской области. *Зерновое хозяйство России*. 2024;16(5):46-51). DOI: 10.31367/2079-8725-2024-94-5-46-51
- Kibkalo I. Effectiveness of and perspectives for the sedimentation analysis method in grain quality evaluation in various cereal crops for breeding purposes. *Plants (Basel)*. 2022;11(13):1640. DOI: 10.3390/plants11131640
- Kibkalo I.A., Loskutov I.G., Voitsutskaya N.P., Solovyova M.V., Obukhova N.S., Blinova E.V. Development of methodological approaches to assessing the technological properties of oat grain. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2024;7(2):6-15. [in Russian] (Кибакало И.А., Лоскутов И.Г., Войцукская Н.П., Соловьева М.В., Обухова Н.С., Блинова Е.В. Разработка методических подходов к оценке технологических свойств зерна овса. *Биотехнология и селекция растений*. 2024;7(2):6-15). DOI: 10.30901/2658-6266-2024-2-о2
- Kobylyansky V.D., Safonova I.V., Solodukhina O.V., Aniskov N.I. Guidelines for the study and preservation of the world collection of rye (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu i sokhraneniyyu mirovoy kollektsii rzhi). St. Petersburg: VIR; 2015. [in Russian] (Кобылянский В.Д., Сафонова И.В., Солодухина О.В., Анисков Н.И. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ржи. Санкт-Петербург: ВИР; 2015).
- Komarov V.I., Stepanova G.I., Rakitina A.N. (comp.). Evaluation of baking properties in bread wheat, rye, and triticale accessions: guidelines (Otsenka khlebopekarnykh svoystv obraztsov myagkoy pshenitsy, rzhi i tritikale: metodicheskiye ukazaniya). V.I. Komarov (ed.). Leningrad: VIR; 1985. [in Russian] (Оценка хлебопекарных свойств образцов мягкой пшеницы, ржи и тритикале. Методические указания / сост. В.И. Комаров, Г.И. Степанова, А.Н. Ракина; под ред. В.И. Комарова. Ленинград: ВИР; 1985).
- Kulevatova T.B., Kayrgaliev D.V., Andreeva L.V., Ermolaeva T.Ya., Zlobina L.N., Nuzhdina N.N. Quality of winter rye grain. Educational and methodological guide (Kachestvo zerna ozimoy rzhi. Uchebno-metodicheskoye posobiye). A.I. Pryanishnikov (ed.). Saratov; 2016. [in Russian] (Кулеватова Т.Б., Кайргалиев Д.В., Андреева Л.В., Ермолаева Т.Я., Злобина Л.Н., Нуждина Н.Н. Качество зерна озимой ржи. Учебно-методическое пособие / под ред. А.И. Прянишникова. Саратов; 2016).
- Kulevatova T.B., Zlobina L.N., Andreeva L.V., Nuzhdina N.N. Sensibility of grain quality indexes of winter rye to germinate. *Agro XXI*. 2012;(1-3):12-14. [in Russian] (Кулеватова Т.Б., Злобина Л.Н., Андреева Л.В., Нуждина Н.Н. Чувствительность показателей качества зерна озимой ржи к прорастанию. *Агро XXI*. 2012;(1-3):12-14).
- Nuzhdina N.N., Yermolaeva T.Y., Kulevatova T.B., Andreeva L.V., Zlobina L.N. Research results of grain quality of winter ruttishness varieties. *Agrarian Reporter of South-East*. 2016;1-2(14-15):35-37. [in Russian] (Нуждина Н.Н., Ермолаева Т.Я., Кулеватова Т.Б., Андреева Л.В., Злобина Л.Н. Результаты изучения качества зерна сортов озимой

- ржи. *Аграрный вестник Юго-Востока*. 2016;1-2 (14-15):35-37).
- Nuzhdina N.N., Zhiganov D.A., Ermolaeva T.Ya., Kulevatova T.B., Zlobina L.N., Andreeva L.V. et al. Grain quality indicators and size-dependent fractional composition in winter rye cultivars under the conditions of the Lower Volga region. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(4):153-162. [in Russian] (Нуждина Н.Н., Жиганов Д.А., Ермолаева Т.Я., Кулеватова Т.Б., Злобина Л.Н., Андреева Л.В., Куликова В.А., Салманова Н.А., Нечаев В.Н. Показатели качества и фракционный состав зерна сортов озимой ржи по крупности в условиях Нижнего Поволжья. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023;184(4):153-162). DOI: 10.30901/2227-8834-2023-4-153-162
- Ponomareva M.L., Ponomarev S.N. Optimization of grain quality parameters for winter rye breeding. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019;23(3):320-327. [in Russian] (Пономарева М.Л., Пономарев С.Н. Оптимизация параметров качества зерна для селекции озимой ржи. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019;23(3):320-327). DOI: 10.18699/vj19.496
- Shabolkina E.N., Anisimkina N.V. The baking merits of winter rye. *Grain Economy of Russia*. 2017;5(53):32-35. [in Russian] (Шаболкина Е.Н., Анисимкина Н.В. Хлебопекарные достоинства озимой ржи. *Зерновое хозяйство России*. 2017;5(53):32-35).
- Urban E.P. Influence of weather conditions of winter rye varieties baking features formation in connection with breeding for purposeful use. *Crop Farming and Plant Growing*. 2015;5(102):8-11. [in Russian] (Урбан Э.П. Влияние погодных условий на формирование хлебопекарных свойств сортов озимой ржи в связи с селекцией на целевое использование. *Земледелие и растениеводство*. 2015;5(102):8-11).
- Weather and Climate (Pogoda i klimat): [website]. [in Russian] (Погода и климат: [сайт]). URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> [дата обращения: 16.10.2025].

Информация об авторах

Илья Анатольевич Кибкало, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, i.kibkalo@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8870-121X>

Ирина Владимировна Сафонова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, i.safonova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8138-930X>

Information about the authors

Ilya A. Kibkalo, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, i.kibkalo@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8870-121X>

Irina V. Safonova, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, i.safonova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8138-930X>

Вклад авторов: Кибкало И. А. – проведение лабораторных опытов; систематизация результатов исследования; оформление и написание статьи. Сафонова И. В. – проведение полевых опытов; систематизация результатов исследования; оформление и написание статьи.

Contribution of the authors: Kibkalo I. A. – performing laboratory experiments; systematizing research results; formatting and writing the article. Safonova I. V. – performing field experiments; systematizing research results; formatting and writing the article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 01.12.2025; одобрена после рецензирования 30.12.2025; принята к публикации 10.02.2026. The article was submitted on 01.12.2025; approved after reviewing on 30.12.2025; accepted for publication on 10.02.2026.