



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2025. Т. 25, вып. 3. С. 318–328

Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology, 2025, vol. 25, iss. 3, pp. 318–328

<https://ichbe.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1816-9775-2025-25-3-318-328>, EDN: LTYWLP

Научная статья

УДК 631.523:633.11

Изучение гетерогенности и специфичности проламинов сортов озимой пшеницы и их связь с хозяйствственно ценными признаками



И. С. Браилова[✉], Н. И. Юрьева, Ю. В. Белоусова, Е. П. Беляева

Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В. В. Докучаева, Россия, 397463, Воронежская область, Таловский район, пос. 2-го участка Института им. В. В. Докучаева, квартал 5, д. 81

Браилова Ирина Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела генетики и иммунитета, ira.brailova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5844-4614>

Юрьева Наталья Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, vip.yureva1978@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4874-1233>

Белоусова Юлия Владимировна, научный сотрудник отдела генетики и иммунитета, ylia25081983@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3481-4128>

Беляева Елена Петровна, младший научный сотрудник отдела генетики и иммунитета, elenabelyaeva75@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9097-2617>

Аннотация. На базе существующего в ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В. В. Докучаева» отдела генетики и иммунитета были проведены электрофоретические исследования, основанные на детальном изучении и анализе полиморфизма проламинов 5 сортов озимой пшеницы и их сопряженности с хозяйственно ценными признаками. Исследования были проведены в 2022–2024 гг. в условиях юго-востока Центрального Черноземья. В процессе работы проводилась идентификация глиадиновых биотипов методом электрофореза в 6,5% полиакриламидном геле. На основании получившихся по каждому сорту эталонных спектров, содержащих все возможные компоненты этого белка, было установлено, что в структуре генома исследуемых сортов присутствует: Черноземка 115 – 2 биотипа, Черноземка 130 – 2 биотипа, Базальт 2 – 3 биотипа, Крастал – 2 биотипа (данные сорта полиморфные), Блюдо – 1 биотип (сорт мономорфный). Выделенные биотипы в течение 3 лет были размножены, проанализированы и оценены по показателям структурного анализа основных элементов продуктивности, качества и устойчивости к неблагоприятным факторам среды. На основании этого была дана их хозяйственно-биологическая характеристика. Анализ данных показал, что наиболее ценными по элементам продуктивности выделились: второй биотип сорта Черноземка 115, второй биотип сорта Черноземка 130, первый и третий биотипы сорта Базальт 2, первый и второй биотипы сорта Крастал. По качественным показателям выделенные биотипы были на уровне стандарта. За все годы исследования по устойчивости к бурой листовой ржавчине все изучаемые биотипы показали себя как умеренно устойчивые и умеренно восприимчивые. Наибольшую стабильную устойчивость за весь период исследования к твердой головне проявил второй биотип сорта Крастал, он относится к группе слабовосприимчивых. Выделенные лучшие биотипы могут использоваться в селекции в качестве доноров хозяйственно ценных признаков, в селекционных программах при подборе родительских форм для гибридизации с учетом их фенотипических особенностей.

Ключевые слова: биотип, пшеница, полиморфизм, бурая ржавчина, твердая головня, белок

Для цитирования: Браилова И. С., Юрьева Н. И., Белоусова Ю. В., Беляева Е. П. Изучение гетерогенности и специфичности проламинов сортов озимой пшеницы и их связь с хозяйственно ценными признаками // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2025. Т. 25, вып. 3. С. 318–328. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2025-25-3-318-328>, EDN: LTYWLP

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

The study of heterogeneity and the specificity of prolamins of the varieties of winter wheat and their connection with economic values

I. S. Brailova[✉], N. I. Yuryeva, Yu. V. Belousova, E. P. Belyaeva

Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V. V. Dokuchaev, 81 quarter 5, pos. 2 sites of the Institute V. V. Dokuchaeva, Talovsky district, Voronezh region 397463, Russia

Irina S. Brailova, ira.brailova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5844-4614>

Natalya I. Yuryeva, vip.yureva1978@mail.ru, <https://orcid.org/0002-4874-1233>

Yulia V. Belousova, ylia25081983@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3481-4128>

Elena P. Belyaeva, Elenabelyaeva75@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9097-2617>

Abstract. Based on the Voronezh ANC named after V. V. Dokuchaev of the Department of Genetics and Immunity, electrophoretic studies were conducted, based on detailed study and analysis of polymorphism of prolamins of 5 varieties of winter wheat and their conjugation with economic and valuable features. Studies were conducted in 2022–2024 in the conditions of the southeast of the Central Black Earth Region. In the process, gliadin biotypes were identified by electrophoresis in 6.5% polyacrylamide gel. On the basis of each variety of reference spectra, containing all possible components of this protein, it was found that in the structure of the genome of the studied varieties there is: black soot 115 – 2 biotype, black soot 130 – 2 biotype, basalt 2 – 3 biotype, sickening – 2 bio -biotype (Polymorphic varieties), dish – 1 biotype (monomorphic variety). The dedicated biotypes for 3 years have been propagated, analyzed and evaluated by the indicators of the structural analysis of the main elements of productivity, quality and resistance to adverse environmental factors. Based on this, their economic and biological characteristics were given. The analysis of the data showed that the most valuable in the elements of productivity distinguished: the second biotype of the Black – School 115 varieties, the second biotic Black – eating variety 130, the first and third biotypes of the Basalt 2 variety, the first and second biotypes of the variety sorted. According to quality indicators, the selected biotypes were at the standard level. Over all the years of research on stability to brown leaf rust, all the biotype packs studied have shown themselves as moderately resistant and moderate. The most stable stability over the entire period of the study to the solid head showed the second biotype of the variety of sorting, it belongs to the group of poorly permissible. The best biotypes can be selected as donors of economic and valuable features, and in breeding programs when selecting parental forms for hybridization, taking into account their phenotypic features.

Keywords: biotype, wheat, polymorphism, brown rust, solid head, protein

For citation: Brailova I. S., Yuryeva N. I., Belousova Yu. V., Belyaeva E. P. The study of heterogeneity and the specificity of prolamins of the varieties of winter wheat and their connection with economic values. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2025, vol. 25, iss. 3, pp. 318–328 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2025-25-3-318-328>, EDN: LTYWLP

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Возрастающие требования к продуктивности и качеству зерна новых сортов пшеницы, с одной стороны, требуют совершенствования существующей системы оценки этого признака во всех звеньях селекции, а с другой – более глубокого изучения связи качества зерна с другими свойствами генотипа для разработки и обоснования направлений селекции на перспективу. В этой связи актуально изучение полиморфизма белков зерна методами биохимической генетики, одной из задач которой является идентификация локусов глиадинов и других белков и установление их роли в определении признаков и свойств генотипа. Таким образом, на основе полученных данных по составу глиадинов можно составить генотипы с необходимым сочетанием полезных признаков – продуктивности, устойчивости к стрессам и болезням, высокого качества зерна [1, 2].

Молекула белка как сложная информативная система сама по себе в достаточной мере отражает принадлежность организма биологическому виду. Поэтому белок может быть использован как для маркирования отдельных генетических систем – генов, хромосом, геномов, так и для идентификации видов и оценки межвидовых отношений [3].

Некоторые особенности внутренней структуры сортов могут приводить к обеднению

и изменению генетической структуры сорта, дезорганизации «коадаптивного генного комплекса» и, как следствие, к вероятной утере (или ухудшению) ценных хозяйственных и биологически-адаптивных признаков. Для сохранения всех свойств, присущих сорту к моменту его районирования, сохранения популяционной целостности необходим контроль за внутренней структурой популяции на предмет оценки генетического качества с использованием современных биохимических методов оценки [4, 5].

Материалы и методы

Исследования были проведены в период 2022–2024 гг. на базе существующего в Воронежском федеральном аграрном научном центре имени В. В. Докучаева отдела генетики и иммунитета в условиях юго-востока Центрального Черноземья. Материалом для исследования служили сорта озимой мягкой пшеницы: Блюдо, Базальт 2, Черноземка 115, Черноземка 130 и Крастал. В качестве стандартов (контроля) использовали эти же сорта, не разложенные на биотипы.

В процессе работы в первый год исследований проводилась идентификация глиадиновых биотипов у вышеперечисленных сортов методом электрофореза в 6,5% полиакриламидном геле с использованием методики Всероссийского института растениеводства (ВИР, 1999).



Выделенные по результатам анализа биотипы в течение исследовательского периода высевали с помощью ручных сеялок на специальных питомниках для размножения селекционного материала, проведения спорового анализа по основным структурным элементам продуктивности, как целого растения, так и главного колоса (Методика ГСИ, 1989) [6]. Исследования на устойчивость к бурой листовой ржавчине и твердой головне проводили на стационарном участке с искусственным инфекционно-привакационным фоном. Инокуляцию растений бурой листовой ржавчиной проводили в начале фазы онтогенеза «выход в трубку» по методике Госкомиссии «Оценка сортов зерновых культур на устойчивость к ржавчине с применением искусственного заражения» [7]. В качестве инфекции использовали местную популяцию бурой ржавчины, собранную с кустящихся растений озимого сорта Одесская 267. Инфекционная нагрузка – 2 г жизнеспособных урединиоспор на 100 м². В качестве балласта использовали крахмал. Оценку устойчивости растений сортобразцов к бурой листовой ржавчине проводили в период молочно-восковой спелости зерна при максимальном поражении. При этом по шкале

Петерсона и др. определяли степень поражения сортобразцов в процентах, а по шкале Мейнса и Джексона – тип реакции растений на внедрение и развитие патогена [8, 9]. Характеристику поражаемости твердой головней определяли по шкале ВИР, выражали в %. Массу 1000 зерен определяли по ГОСТу ISO 520-2014, натурный вес – по ГОСТу Р 54895-2012, стекловидность – по ГОСТу 10987-76, седimentацию – методом А. Я. Пумянского, клейковину в зерне – по ГОСТу Р 54478-2011, определение белка проводилось по методу Кельдаля (ЦИНАО). Споровой анализ проводился на 30 растениях в двух повторениях. Статистическую обработку результатов осуществляли по Б. А. Доспехову с использованием компьютерных программ Excel, Statistica [10].

Результаты и их обсуждение

Выявленные биотипы изучаемых сортов представлены в виде формул, отличительные особенности которых определялись числом и сочетанием биохимических компонентов α , β , γ , ω . Каждая зона содержит определенное число позиций (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

**Белковые формулы глиадина сортов озимой мягкой пшеницы
Protein formulas of gliadine varieties of winter soft wheat**

Биотип / Biotypes	Частота / Frequency	Электрофоретические компоненты / Electrophoretic components			
		α	β	γ	ω
Черноземка 115 / Chernozemka 115					
1	92	<u>2</u> 4 5 6 ₃ 7 ₁	<u>1</u> 2 4 ₁ 4 ₂ 5 ₁	1 <u>2</u> ₁ 3 ₁ 3 ₂	1 <u>2</u> ₁ 2 ₂ 3 <u>4</u> ₁ 4 ₂ 56 ₁ 6 ₃ 7 ₁ 8 ₂ 9 ₂ 10 ₁
2	8	<u>2</u> 4 5 6 ₃ 7 ₁	<u>1</u> 2 ₁ 3 ₁ 3 ₂ 4 ₅ 1 6	<u>1</u> 3 ₁ 3 ₂ 4 ₁ 4 ₂	1 <u>2</u> ₁ 2 ₂ 3 <u>4</u> ₁ 4 ₂ 56 ₁ 7 ₁ 8 ₂ 9 ₂ 10 ₁
Черноземка 130 / Chernozemka 130					
1	82	<u>2</u> 45 6 7 ₃	2 3 ₁ 5 ₂ 5 ₃ 6 ₁ 7	1 <u>2</u> ₂ <u>3 3 4</u>	<u>2</u> ₂ 3 ₁ 4 ₁ 4 ₂ 6 ₃ 7 ₁ 8 ₁ 8 ₂ 9 ₂ 10 ₂
2	18	<u>2</u> 4 ₁ 4 ₃ 6 ₁ 7	23 ₁ 3 ₂ 5 ₂ 5 ₃ 6 ₁	1 <u>2</u> ₂ 3 ₂ 4	<u>2</u> 3 ₁ 4 5 6 ₁ 6 ₃ 7 ₁ 8 ₁ 9 ₂ 10 ₂
Базальт 2 / Basalt 2					
1	84	<u>2</u> 4 5	1 <u>2</u> ₁ 3 ₁ 4 ₂	1 <u>2</u> ₁ 3 ₂	1 <u>2</u> ₂ 2 ₃ 3 ₁ 4 ₂ 5 ₃ 6 ₁ 7 ₂ 8 ₂ 9 ₁ 10 ₂
2	12	<u>2</u> 4 5 67 ₂	2 4 5 ₂ 6 ₁	1 <u>2</u> ₁ 3 ₂	1 <u>2</u> ₂ 2 ₃ 3 ₁ 4 ₁ 5 ₁ 6 ₁ 8 ₂ 9 ₁ 10 ₂
3	4	<u>2</u> 4 5 67 ₁	1 <u>2</u> ₃ 1 45 ₂ 6 ₁	<u>1</u> 2 ₁ 2 ₂	1 <u>2</u> ₂ 2 ₃ 3 ₁ 4 ₃ 5 7 ₁ 8 ₂ 9 ₁ 10 ₂
Крастал / Crastal					
1	7	2 4 5	1 <u>2</u> ₁ 3 ₂ 4 ₂ 4 ₃	2 ₂ 2 ₃ 4 ₁ 5	1 <u>2</u> ₂ 3 ₂ 4 ₁ 5 ₁ 5 ₂ 6 78 9 ₁ 9 ₃ 10 ₁
2	93	2 4 ₂ 5	1 <u>2</u> ₁ 3 ₂ 4 ₂ 4 ₃	2 ₂ 2 ₃ 34 ₁ 5	2 3 ₂ 4 ₁ 5 ₁ 5 ₂ 6 ₂ 78 9 ₁ 9 ₃ 10 ₂
Блюдо / Bludo					
1	100	<u>2</u> 5 6 7 ₁ 7 ₂	1 <u>2</u> 3 4 5 ₁	2 <u>2</u> ₃ 5 ₁ 5 ₂	2 4 5 ₁ 5 ₂ 6 7 ₁ 8 9 ₂ 10 ₂

Примечание. Слабые компоненты представлены подчеркнутой цифрой, средние – обычной цифрой, сильные – жирным шрифтом, смещение компонента к катоду или аноду обозначается индексом возле цифры.

Note. Weak components are represented by the emphasized number, the middle one is represented by the usual number, strong – with bold font, the component displacement to the cathode or anode is indicated by the index near the number.

Идентификация компонентов электрофоретического спектра проламина индивидуальных зерновок растений сортов озимой пшеницы позволила установить, что у сорта Черноземка 115 92% изучаемых зерновок относятся к первому биотипу, второй биотип составил всего 8%. Существенное разнообразие глиадинов между этими биотипами составили компоненты β и γ зоны спектра.

У сорта Черноземка 130 к первому (основному) биотипу относятся 82% зерновок и 18% – ко второму биотипу. Существенное разнообразие глиадинов между биотипами составили α и β зоны спектра, а компоненты γ и ω зоны незначительно, но различаются экспрессией.

84% зерновок сорта Базальт 2 приходится на первый биотип, частота повторяемости второго и третьего биотипов составляет 12% и 4% соответственно. У всех трех биотипов существенное разнообразие составляют α , β , γ , ω зоны компонентов. Экспрессия компонентов β наблюдается от сильной к слабой. Сочетание компонентов $12_2\ 2_33_14_2\ 5_3$ в ω зоне тоже наблюдается с разной интенсивностью подвижности молекул проламина.

Сорт Крастал имеет незначительное разнообразие компонентов глиадинов между выявленными биотипами, различие составляет только сила экспрессии в ω зоне и смещение

компонентов от анода к катоду. Следует также отметить, что в биотипах данного сорта встречается много сдвоенных компонентов: $\beta\ 4_24_3$; $\omega\ 2_22_3$; $\omega\ 5_15_2$; $\omega\ 9_19_3$. Повторяемость первого биотипа встречается только у 7% зерновок, остальные 93% составляют второй биотип.

Полиморфизм по спектрам проламина указывает на генетическое разнообразие изучаемых сортов. Специфические черты электрофоретического спектра, отражающие его сортовую принадлежность, по α , β и γ -глиадинам проявляются уже к концу формирования зерна, по ω -глиадинам – в фазу налива зерна.

Для дальнейшего изучения полиморфизма выявленных биотипов селекционный материал изучаемых сортов озимой пшеницы высевали ручным способом и анализировали по элементам продуктивности и комплексу качественных показателей.

В результате проведенного структурного анализа каждому биотипу исследуемых пяти сортов дали индивидуальную хозяйственно-биологическую характеристику.

Анализ данных по ведущим элементам продуктивности за весь период исследования показал, что второй биотип сорта Черноземка 115 относительно стандарта обладает крупным, плотным, более озерненным колосом и более продуктивным целым растением (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

**Хозяйственно-биологическая характеристика биотипов озимой пшеницы сорта Черноземка 115, 2022–2024 гг.
Economic and biological characteristics of the biotypes of winter wheat of the Black Earth variety 115, 2022–2024**

Хозяйственно-биологический показатель / Economic and biological indicator	1-й биотип / 1 st biotype	2-й биотип / 2 nd biotype	St*	Среднее / Average	HCP ₉₅ / HCP ₉₅
Число растений, шт. / Number of plants, pcs	14,4	14,5	14,8	14,8	1,0
Количество стеблей, шт. / Number of stems, pcs	132,7	127,2	145,0	135,0	19,9
Количество продуктивных стеблей, шт. / Number of productive stems, pcs	89,5	84,9	95,4	89,9	8,0
Высота, см / Height, cm	97,0	91,4	91,5	93,3	2,2
Длина главного колоса, см / Main spike length, cm	10,9	11,1	11,0	11,0	0,4
Число колосков в колосе, шт. / The number of spikelets per ear, pcs	20,4	21,5	21,7	21,2	0,8
Число зерен с колоса, шт. / The number of grains per ear, pcs	52,6	54,1	51,6	52,8	2,7
Масса зерна с колоса, г / Grain weight per ear, g	2,1	2,3	2,1	2,2	0,2
Масса зерна с растения, г / Grain weight per plant, g	9,3	9,5	9,0	9,3	1,9
Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	36,5	35,7	36,3	36,2	1,2

Примечание. *В качестве стандарта (контроля) взят этот же сорт, не разбитый на биотипы.

Note. *The same variety, not divided into biotypes, is taken as a standard (control).



По длине колоса, числу и массе зерна как с главного колоса, так и с целого растения этот биотип достоверно превосходит стандарт на 1,3% по длине колоса, на 4,6% по числу зерен с колоса, на 7,4% по массе зерна с колоса и на 5,4% по массе зерна с растения. Первый биотип данного сорта по показателям массы 1000 зерен, характеризующих крупность и

выполненност зерна, во все годы исследования стабильно находится на уровне стандарта.

Структурный анализ выявленных биотипов сорта Черноземка 130 показал, что второй биотип характеризуется длинным, плотным, хорошо озерненным, высокопродуктивными колосом и растением (табл. 3).

Таблица 3 / Table 3

Хозяйственно-биологическая характеристика биотипов озимой пшеницы сорта Черноземка 130, 2022–2024 гг.

Economic and biological characteristics of the biotypes of winter wheat of the Black Earth variety 130, 2022–2024

Хозяйственно-биологический показатель / Economic and biological indicator	1-й биотип / 1 st biotype	2-й биотип / 2 nd biotype	St	Среднее / Average	HCP ₉₅ / HCP ₉₅
Число растений, шт. / Number of plants, pcs	11,0	11,4	11,9	11,4	0,6
Количество стеблей, шт. / Number of stems, pcs	93,0	103,0	117,3	104,4	16,9
Количество продуктивных стеблей, шт. / Number of productive stems, pcs	63,1	72,5	83,6	73,0	8,1
Высота, см / Height, cm	79,9	84,6	84,5	83,0	4,2
Длина главного колоса, см / Main spike length, cm	10,9	11,6	11,5	11,3	0,4
Число колосков в колосе, шт. / The number of spikelets per ear, pcs	19,4	21,4	19,2	20,0	1,1
Число зерен с колоса, шт. / The number of grains per ear, pcs	48,1	49,8	45,4	47,8	1,8
Масса зерна с колоса, г / Grain weight per ear, g	2,1	2,3	2,2	2,2	0,1
Масса зерна с растения, г / Grain weight per plant, g	6,8	8,1	7,7	7,5	1,0

Практически по всем показателям спорового анализа этот биотип значительно превосходил и сорт-контроль, и показатели среднего значения. Так, по длине колоса, числу колосков, числу и массе зерен с колоса второй биотип превосходит стандарт на 1,2, 10,1, 9,0, 3,5% соответственно. По массе зерна с растения этот же биотип превзошел стандарт на 4,6%. По показателю крупности и выполненност зерна (масса 1000 зерен) все биотипы этого сорта находились на уровне стандарта и варьировали от 37 до 37,5 г.

Лучшие результаты по комплексу показателей, характеризующих элементы продуктивности целого растения у сорта Базальт 2, наблюдались у первого и третьего биотипов (табл. 4).

Практически по всем показателям, касающимся озерненности растения (количество растений с делянки и продуктивных стеблей), эти же биотипы превосходили стандарт в среднем на 10,9–15,5%. По продуктивности главного колоса ни один биотип данного сорта стандарт

не превосходил. Следует отметить, что по показателям массы 1000 зерен второй биотип превзошел стандарт на 1,3%.

Первый биотип сорта Крастал по результатам структурного анализа в сравнении со стандартом характеризуется высокой продуктивностью растения (табл. 5).

Этот биотип значительно превзошел стандарт по массе зерна с растения – на 19,2%. Озерненность растений второго биотипа также выше показателей стандарта – на 14,0%. Важно отметить, что по показателям продуктивности главного колоса этот биотип находится на уровне стандарта. Второй биотип характеризуется максимальным значением массы 1000 зерен, превосходящим стандарт на 0,8%.

Сорт Блюдо однородный по биотипному составу, то есть состоит всего из одного биотипа, но мы также сравнили его со стандартом и дали ему свою хозяйствственно-биологическую характеристику (табл. 6).

Таблица 4 / Table 4

**Хозяйственно-биологическая характеристика биотипов озимой пшеницы сорта Базальт 2,
2022–2024 гг.**

The economic and biological characteristics of the biotypes of winter wheat of the Basalt 2, 2022–2024

Хозяйственно-биологический показатель / Economic and biological indicator	1-й биотип / 1 st biotypes	2-й биотип / 2 nd biotypes	3-й биотип / 3 rd biotypes	St	Среднее / Average	HCP ₉₅
Число растений, шт. / Number of plants, pcs	11,5	10,3	12,0	10,3	11,0	0,9
Количество стеблей, шт. / Number of stems, pcs	97,6	88,7	92,8	91,7	92,7	9,8
Количество продуктивных стеблей, шт. / Number of productive stems, pcs	66,3	57,4	63,2	58,2	61,3	5,4
Высота, см / Height, cm	92,9	88,7	83,8	88,4	88,4	3,9
Длина главного колоса, см / Main spike length, cm	11,9	11,0	10,3	11,8	11,3	0,6
Число колосков в колосе, шт. / The number of spikelets per ear, pcs	18,9	18,5	18,6	19,1	18,8	0,4
Число зерен с колоса, шт. / The number of grains per ear, pcs	50,6	47,5	44,9	54,0	49,2	2,8
Масса зерна с колоса, г / Grain weight per ear, g	2,5	2,4	2,1	2,8	2,4	0,2
Масса зерна с растения, г / Grain weight per plant, g	8,5	8,3	8,3	8,7	8,5	1,7
Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	39,3	42,2	39,8	41,4	40,7	2,0

Таблица 5 / Table 5

**Хозяйственно-биологическая характеристика биотипов озимой пшеницы сорта Крастал,
2022–2024 гг.**

The economic and biological characteristics of the biotypes of winter wheat of the Crastal sorted, 2022–2024

Хозяйственно-биологический показатель / Economic and biological indicators	1-й биотип / 1 st biotypes	2-й биотип / 2 nd biotypes	St	Среднее / Average	HCP ₉₅
Число растений, шт. / Number of plants, pcs	13,1	13,2	14,1	13,5	1,0
Количество стеблей, шт. / Number of stems, pcs	101,8	103,8	112,1	105,9	25,5
Количество продуктивных стеблей, шт. / Number of productive stems, pcs	64,6	65,0	66,1	65,2	10,3
Высота, см / Height, cm	73,6	73,1	73,4	73,4	4,4
Длина главного колоса, см / Main spike length, cm	11,3	11,0	11,3	11,2	0,3
Число колосков в колосе, шт. / The number of spikelets per ear, pcs	20,3	19,9	20,0	20,1	0,9
Число зерен с колоса, шт. / The number of grains per ear, pcs	52,9	54,1	55,7	54,2	1,8
Масса зерна с колоса, г / Grain weight per ear, g	2,0	2,1	2,1	2,1	0,1
Масса зерна с растения, г / Grain weight per plant, g	6,0	5,6	4,9	5,5	0,5
Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	32,5	34,0	33,8	33,4	1,1



Таблица 6 / Table 6

Хозяйственно-биологическая характеристика биотипов озимой пшеницы сорта Блюдо, 2022–2024 гг.
The economic and biological characteristics of the biotypes of winter wheat of the Bludo sorted, 2022–2024

Хозяйственно-биологический показатель / Economic and biological indicators	Биотип / Biotype	St	Среднее / Average	HCP ₉₅ / HCP ₉₅
	1			
Число растений, шт. / Number of plants, pcs	13,3	10,5	11,9	2,3
Количество стеблей, шт. / Number of stems, pcs	91,2	87,4	89,3	20,6
Количество продуктивных стеблей, шт. / Number of productive stems, pcs	58,7	53,3	56,0	13,2
Высота, см / Height, cm	76,6	69,6	73,1	4,7
Длина главного колоса, см / Main spike length, cm	11,6	11,3	11,5	0,9
Число колосков в колосе, шт. / The number of spikelets per ear, pcs	21,3	21,3	21,3	0,8
Число зерен с колоса, шт. / The number of grains per ear, pcs	64,5	57,1	60,8	6,6
Масса зерна с колоса, г / Grain weight per ear, g	2,9	2,4	2,5	0,5
Масса зерна с растения, г / Grain weight per plant, g	9,3	8,5	8,9	1,9
Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	34,3	34,9	34,6	1,1

Практически по всем показателям, характеризующим продуктивность и целого растения, и главного колоса, биотип за все годы исследования либо стандарт превосходил, либо находился на его уровне.

Среди глиадинов за 3 года исследований были выявлены также диагностические белки-маркеры качества зерна. Качество зерна биотипов у изучаемых сортов озимой мягкой пшеницы в течение исследуемого периода изучали по показателям натуры (г/л), процентному содержанию белка, клейковины, стекловидности и уровню седimentации (мл) (табл. 7).

У первого биотипа сорта Черноземка 115 были самые высокие относительно стандарта результаты по содержанию клейковины – 32,9%, стекловидности – 87,9%, седimentации – 47 мл. По показателям индекса деформации клейковины (ИДК) качество клейковины у всех изучаемых биотипов данного сорта относилось ко второй группе и варьировало в пределах 86–93 единиц. Второй биотип превосходил стандарт по показателям натурной массы на 2,1%. В целом, в условиях 2022–2024 гг. по всем вышеперечисленным показателям качества, биотипы этого сорта относились к пшенице 2–3-го классов.

Высокий процент содержания клейковины у сорта Черноземка 130 (до 33,3%) показал второй биотип. Индекс ее деформации у всех биотипов относился к 2-й и 3-й группе. Содержание белка у первого и второго биотипов было на уровне показателей стандарта и достигало 14,4%. Процент стекловидности был достаточно высоким и варьировал в пределах 87,0–89,3%. Уровень седиментации также имел высокие значения, достигал 62 г/л. В целом, по качественным показателям биотипы данного сорта, опять же в условиях изучаемых лет, можно отнести к 2–3 классам по ценности пшеници.

Также у биотипов сорта Базальт 2 все изучаемые показатели качества имели высокие результаты и были на уровне стандарта. Содержание клейковины у этого сорта по всем биотипам варьировало в пределах 33,0–36,4%, но по индексу деформации относилось к 3-й группе. Особенно следует отметить высокие показатели стекловидности, у первого и второго биотипа этого сорта она достигала 92–94,0%. Все три биотипа показали себя как достаточно высокобелковые. Содержание белка варьировало в небольших пределах 14,8–15,1%. Изученные биотипы сорта Базальт 2 можно отнести по комплексу качественных показателей к пшеницам 3-го класса.

Таблица 7 / Table 7

Качественные показатели зерна глиадиновых биотипов изучаемых сортов озимой пшеницы, 2022–2024 гг.
High-quality indicators of gliadin biotypes of the studied varieties of winter wheat, 2022–2024

Сорт / Variety	Биотип / Biotype	Натура, г/л / Nature, g/l	Белок, % / Protein, %	Клейковина, % / Gluten, %	Стекловидность, % / Glassiness, %	Седиментация, мл / Sedimentation, ml
Черноземка 115 / Chernozemka 115	St	750	14,5	31,3	86,2	43
	1	755	14,5	32,9	87,9	47
	2	766	14,1	31,6	87,6	41
Черноземка 130 / Chernozemka 130	St	716	14,4	31,5	89,0	51
	1	721	14,4	32,5	87,0	62
	2	716	14,3	33,3	86,6	61
Базальт 2 / Basalt 2	St	732	15,1	36,4	91,6	58
	1	739	15,0	33,0	92,0	56
	2	739	14,8	34,1	94,0	59
	3	720	15,0	38,5	92,0	59
Крастал / Crastal	St	746	15,5	32,8	90,3	54
	1	752	15,5	32,9	88,1	57
	2	750	15,8	33,7	89,7	58
Блюдо / Bludo	St	734	13,5	28,9	87,6	42
	1	689	13,5	30,9	83,9	44
Среднее / Average		735	14,7	33,0	88,9	52,8
HCP ₉₅ / HCP ₉₅		10,9	0,4	1,3	1,5	4,2

Биотипы сорта Крастал в условиях исследуемых лет также показали хорошие результаты по всем изучаемым параметрам качества. Уровень седиментации у обоих биотипов варьировал в пределах 51–61 мл. Следует отметить высокие показатели белка – 15,8% и клейковины – до 33,7%. Причем по индексу деформации клейковины все исследуемые биотипы относятся к 2-й группе. Показатели стекловидности у всех биотипов сорта Крастал также имели высокие значения от 88,1 до 90,3%. Данные биотипы по качественным показателям относятся к группе ценных пшениц 2-го класса.

Что касается качественных показателей мономорфного сорта пшеницы Блюдо, единственный биотип в условиях всех исследуемых лет показал себя как достаточно высоко-стекловидный – 83,9%. Содержание белка в зерновках этого биотипа достигало 13,5%, клейковины – 30,9%, уровень седиментации – 44 мл и натурный вес – 689 г/л. По всем показа-

телям качества биотип имел средние значения и был стабильно на уровне стандартного сортаконтроля.

Разнокачественность глиадиновых биотипов очень важно учитывать в селекционной работе для повышения генетического разнообразия при создании высококачественных сортов. Выделенные биотипы могут использоваться в селекции в качестве доноров и источников с максимальным проявлением хозяйствственно ценных селекционно значимых признаков повышенного качества зерна.

Для изучения устойчивости данных биотипов к бурой ржавчине и твердой головне подготовленный семенной материал высевали на искусственно созданном в отделе генетики и иммунитета инфекционно-провокационном фоне. В табл. 8 представлены средние значения степени интенсивности поражения биотипов изучаемыми патогенами и название типа их поражения.



Таблица 8 / Table 8

Степень поражения зерна глиадиновых биотипов сортов озимой пшеницы изучаемыми патогенами, 2022–2024 гг.

The degree of damage to the grain of gliadin biotypes of winter wheat varieties studied pathogens, 2022–2024

Сорт / Variety	Биотип / Biotype	% поражения бурой ржавчиной / % lesion of brown rust	Тип / type	% поражения твердой головней / % damage to solid heads	Тип / Type
Черноземка 115 / Chernozemka 115	St	37,8	УВ*/ UV	19,0	Сл В* / Sl V
	1	38,0	УВ / UV	17,2	Сл В / Sl V
	2	39,0	УВ / UV	18,6	Сл В / Sl V
Черноземка 130 / Chernozemka 130	St	40,3	УВ / UV	19,1	Сл В / Sl V
	1	32,4	УУ* / UU	17,8	Сл В / Sl V
	2	30,1	УУ / UU	18,9	Сл В / Sl V
Базальт 2 / Basalt 2	St	29,0	УУ / UU	17,8	Сл В / Sl V
	1	32,2	УУ / UU	19,4	Сл В / Sl V
	2	41,4	УВ / UV	22,5	Сл В / Sl V
	3	31,1	УУ / UU	17,4	Сл В / Sl V
Крастал / Crastal	St	30,3	УУ / UU	22,6	Сл В / Sl V
	1	25,2	УУ / UU	21,1	Сл В / Sl V
	2	32,4	УУ	14,7	Сл В /
Блюдо / Bludo	St	36,0	УВ / UV	22,9	Сл В / Sl V
	1	34,2	УУ / UU	19,1	Сл В / Sl V
Среднее / Average		34,0		19,2	
HCP ₉₅ / HCP ₉₅		2,6		1,3	

Примечание. УВ* – умеренно восприимчивые (36–70%), УУ* – умерено устойчивые (20–35%), Сл В* – слабо восприимчивые (11–25%).

Note. UV* – moderately permissible (36–70%), UU* – moderately resistant (20–35%), Sl V* – poorly permissible (11–25%).

Степень поражения бурой листовой ржавчиной у всех изучаемых биотипов в условиях исследуемых лет наблюдалась разной интенсивности и варьировала в пределах 20–40%.

Погодные условия за все три года исследования для развития бурой ржавчины были достаточно благоприятными, благодаря часто повторяющимся дождям после инокуляции, которую проводили в начале мая. Через 2 недели на изучаемом селекционном материале выявлялись четкие урединии. Максимальный процент поражения наблюдался у вторых биотипов сортов Черноземка 115 – 39,0% и Базальт 2 – 41,4%. По интенсивности поражения бурой ржавчиной изучаемые биотипы

относились к группам умеренно устойчивых и умеренно восприимчивых. Анализ данных в течение трех лет показал, что наиболее стабильными по типу интенсивности поражения были второй и третий биотипы сорта Базальт 2, второй биотип сорта Крастал и единственный биотип сорта Блюдо.

Наибольшую стабильную устойчивость за весь период исследования к твердой головне проявил второй биотип сорта Крастал. Максимальное поражение этим патогеном было зафиксировано у второго биотипа сорта Базальт 2 – 22,5% и у первого биотипа сорта Крастал – 21,1%. Все биотипы по интенсивности поражения относились к группе слабо восприимчивых.

Заключение

1. Выделенным биотипам была дана индивидуальная хозяйствственно-биологическая характеристика. Анализ данных показал, что наиболее ценными по ведущим структурным элементам продуктивности, как целого растения, так и главного колоса были второй биотип сорта Черноземка 115, второй биотип сорта Черноземка 130, первый и третий биотипы сорта Базальт 2 и первый и второй биотипы сорта Крастал.

2. Была выявлена разнокачественность глиадиновых биотипов, которую важно учитывать в селекционной работе для повышения генетического разнообразия при создании высококачественных сортов.

3. За весь период исследования 2022–2024 гг. по устойчивости к бурой листовой ржавчине все изучаемые биотипы показали себя как умеренно устойчивые и умеренно восприимчивые. Наибольшую стабильную устойчивость к твердой головне проявил второй биотип сорта Крастал, он относится к группе слабовосприимчивых.

4. Результаты проделанной работы свидетельствуют о перспективности использования электрофореза запасных белков зерна – глиадина для изучения внутрисортового полиморфизма сортов мягкой озимой пшеницы и связи выявленных биотипов с комплексом качественных показателей, основных элементов продуктивности и устойчивости к неблагоприятным факторам среды. Все это дает принципиальную возможность отбирать лучшие по изучаемым показателям биотипы, отличающиеся от исходного сорта по ценным хозяйственным свойствам, и использовать их в селекционных программах в качестве доноров и в качестве генетических маркеров указанных признаков в селекции мягкой пшеницы.

Список литературы

1. Созинов А. А. Принципиально новые подходы к созданию сортов и сохранению биологического разнообразия // Молекулярно-генетические маркеры и селекция растений : материалы конф. (Киев, 1–13 мая 1994 г.). М. : Аграрная наука, 1994. С. 5–9.
2. Копус М. М., Игнатьева Н. Г., Дорохова Д. П., Кравченко Н. С., Сарычева Н. И. Биотипный состав и чистосортность сортов озимой мягкой пшеницы по проламинам зерна // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29, № 11. С. 52–54.
3. Конарев В. Г., Сидорова В. В., Конарев А. В. Молекулярно-биологические исследования генофонда культурных растений в ВИРе (1967–2007 гг.) / изд. 2-е доп. СПб. : ВИР, 2007. 134 с.
4. Алпат'ева Н. В., Губарева Н. К. Анализ биотипного состава староместных сортов мягкой пшеницы из коллекции ВИР в процессе хранения и репродукции // Аграрная Россия. 2002. № 3. С. 28–31.
5. Новосельская-Драгович А. Ю., Беспалова Л. А., Шишкова А. А. Изучение генетического разнообразия сортов мягкой озимой пшеницы по глиадинкодирующем локусам // Генетика. 2015. Т. 51, № 3. С. 324–333.
6. Методика государственного испытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М. : Госагропром СССР, 1989. 194 с.
7. Воронкова А. А. Генетико-иммунологические основы селекции пшеницы на устойчивость к ржавчине. (Науч. тр. ВАСХНИЛ). М. : Колос, 1980. 192 с.
8. Mains E. B., Jackson A. C. Physiological specializations in the cereal rust of wheat *Puccinia triticina* Erikss // Phytopathol. 1926. Vol. 16, № 1. P. 89–120.
9. Peterson R. F., Campbell A. B., Hannah A. E. Diagrammatic skala for estimating rust infencity on leaves and stems of cereals // Canad. J. Res. 1948. Vol. 26, № 5. P. 496–500.
10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.

References

1. Sozinov A. A. Fundamentally new approaches to the creation of varieties and conservation of biological diversity. In: *Molekulyarno-geneticheskie markery i seleksiya rasteniy: materialy konferentsii* (Kiev, 1–13 maya 1994 g.) [Molecular Genetic Markers and Plant Breeding: Proceeding conference (Kyiv, May 1–13, 1994)]. Kiev, Agrarnaya nauka, 1994, pp. 5–9 (in Russian).
2. Kopus M. M., Ignat'eva N. G., Dorokhova D. P., Kravchenko N. S., Sar'ycheva N. I. Biotype composition and purity of winter soft wheat varieties according to grain prolamin. *Achievements of Science and Technology in the Agro-Industrial Complex*, 2015, vol. 29, no. 11, pp. 52–54 (in Russian).
3. Konarev V. G., Sidorova V. V., Konarev A. V. *Molekulyarno-biologicheskie issledovaniya genofonda kul'turnykh rasteniy v VIRe (1967–2007 gg.)*. 2-e izd. dop. [Molecular biological studies of the gene pool of cultivated plants at VIR (1967–2007). 2nd ed. additional]. St. Petersburg, VIR, 2007. 134 p. (in Russian).
4. Alpat'eva N. V., Gubareva N. K. Analysis of the biotype composition of old-local varieties of soft wheat from the VIR collection during storage and reproduction. *Agrarian Russia*, 2002, no. 3, pp. 28–31 (in Russian).



5. Novosel'skaya-Dragovich A. Yu., Bespalova L. A., Shishkina A. A. Study of the genetic diversity of varieties of soft winter wheat by gliadin-coding loci. *Genetics*, 2015, vol. 51, no. 3, pp. 324–333 (in Russian).
6. *Metodika gosudarstvennogo ispytaniya sel'sko-khozyaystvennykh kul'tur. Vyp. 2. Zernovyye, krupnyye, zernobobovyye, kukuruza i kormovyye kul'tury* [Methodology of State Testing of Agricultural Crops. Issue 2: Cereals, groats, legumes, corn, and fodder crops]. Moscow, Gosagroprom SSSR Publ., 1989. 194 p. (in Russian).
7. Voronkova A. A. *Genetiko-immunologicheskie osnovy selektsii pshenitsy na ustojchivost' k rzhavchine*. Nauchn. tr. VASKhNIL [Genetic and immunological foundations of wheat breeding for rust resistance. Scientific Works of the All-Union Agricultural Research Institute]. Moscow, Kolos, 1980. 192 p. (in Russian).
8. Mains E. B., Jackson A. C. Physiological specializations in the cereal rust of wheat *Puccinia triticina* Erikss. *Phytopathol.*, 1926, vol. 16, no. 1, pp. 89–120.
9. Peterson R. F., Campbell A. B., Hannah A. E. Diagrammatic skala for estimating rust infencity on leaves and stems of cereals. *Canad. J. Res.*, 1948, vol. 26, no. 5, pp. 496–500.
10. Dospekhov B. A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)*. 5-e izd., dop. i pererab. [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). 5th ed., additional. and outfit.]. Moscow, Agro-promizdat, 1985. 351 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 06.02.2025; одобрена после рецензирования 24.04.2025; принята к публикации 28.04.2025
The article was submitted 06.02.2025; approved after reviewing 24.04.2025; accepted for publication 28.04.2025