



Научная статья
УДК 631.521:633.11



Хозяйственно-биологическая характеристика биотипного состава сортов яровой пшеницы

И. С. Браилова , Н. И. Юрьева, Ю. В. Белоусова

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

Браилова Ирина Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела генетики и иммунитета, niish1c@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5844-4614>

Юрьева Наталья Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела генетики и иммунитета, niish1c@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4874-1233>

Белоусова Юлия Владимировна, научный сотрудник отдела генетики и иммунитета, niish1c@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3481-4128>

Аннотация. Цель данной работы – изучение компонентного состава и внутрисортного полиморфизма запасных белков трех сортов мягкой и одного твердой яровой пшеницы и их взаимосвязи с комплексом хозяйственно-ценных признаков. Исследования были проведены в 2018–2020 гг. на базе существующего в Воронежском федеральном аграрном научном центре имени В. В. Докучаева отдела генетики и иммунитета, в условиях юго-востока Центрального Черноземья. В процессе работы проводилась идентификация глиадиновых биотипов методом электрофореза в 6,5% полиакриламидном геле, по результатам которой выяснилось, что в геноме исследуемых сортов присутствует: Черноземноуральская 2 – пять биотипов, Воронежская 18 – пять биотипов, Воронежская 20 – четыре биотипа и у твердого сорта Воронежская 13 – один биотип. Выделенные биотипы в течение 3 лет были размножены, проанализированы и оценены по показателям структурного анализа элементов продуктивности и качества. На основании этого была дана их хозяйственно-биологическая характеристика. При этом было установлено, что наиболее продуктивными, относительно стандарта в течение исследуемого периода, показали себя третий и четвертый биотипы сорта Черноземноуральская 2, первый и второй биотипы сорта Воронежская 18, первый и второй биотипы сорта Воронежская 20. Что касается показателей качества, в результате исследований была выявлена разнокачественность глиадиновых биотипов, которую важно учитывать в селекционной работе для повышения генетического разнообразия при создании высококачественных сортов. Лучшими по качеству были первый биотип сорта Черноземноуральская 2, второй и третий биотипы сорта Воронежская 18. Выделенные по комплексу хозяйственно-ценных признаков лучшие биотипы, отличающиеся от исходного сорта, могут использоваться в дальнейшей селекционной работе для ускоренного создания высокопродуктивных и высококачественных сортов яровой пшеницы.

Ключевые слова: биотип, электрофорез, качество, продуктивность, сорт, белок, клейковина, геном

Для цитирования: Браилова И. С., Юрьева Н. И., Белоусова Ю. В. Хозяйственно-биологическая характеристика биотипного состава сортов яровой пшеницы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2021. Т. 21, вып. 4. С. 457–465. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2021-21-4-457-465>

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

Article

Economic and biological characteristics of the biotypical composition of spring wheat varieties

I. S. Brailova , N. I. Yurieva, Yu. V. Belousova

Voronezh Federal Agrarian Research Center named after V. V. Dokuchaev, 2 section of the institute Dokuchaeva 5 block Kamennaya Steppe, Talovskiy district, Voronezh region 397463, Russia

Irina S. Brailova, niish1c@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5844-4614>

Natalya I. Yurieva, niish1c@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4874-1233>

Yulia V. Belousova, niish1c@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3481-4128>

Abstract. The aim of this work is to study the component composition and intravarietal polymorphism of storage proteins of three soft and one hard varieties of spring wheat and their relationship with a complex of economically valuable traits. The studies were carried out in 2018–2020 by the department of genetics and immunity at the institute, in the conditions of the southeast of the Central Black Earth Region. In the course of the work, the identification of gliadin biotypes was carried out by electrophoresis in 6.5% polyacrylamide gel,



the results of which revealed that the genome of the studied varieties contains: Chernozemnouralskaya 2 (5 biotypes), Voronezh 18 (5 biotypes), Voronezh 20 (4 biotypes) and a solid variety Voronezhskaya 13 (1 biotype). The selected biotypes were propagated for 3 years, analyzed and evaluated according to the indicators of the structural analysis of the elements of productivity and quality. Based on this, their economic and biological characteristics were given. It was found that biotypes 3 and 4 of the Chernozemnouralskaya variety 2, biotypes 1 and 2 of the Voronezhskaya 18 variety, biotypes 1 and 2 of the Voronezhskaya 20 variety proved to be the most productive relative to the standard during the study period. As for the quality indicators, as a result of the research the difference in quality of gliadin biotypes was revealed, which is important to take into account in breeding work to increase genetic diversity when creating high-quality varieties. The ones with the best quality were: biotype 1 of the Chernozemnouralskaya variety 2, biotypes 2 and 3 of the Voronezhskaya 18 variety. The best biotypes, distinguished by a complex of economically valuable traits, which differ from the initial variety, can be used in further breeding work for the accelerated creation of highly productive and high-quality spring wheat varieties.

Keywords: biotype, electrophoresis, quality, productivity, variety, protein, gluten, genome

For citation: Brailova I. S., Yurieva N. I., Belousova Yu. V. Economic and biological characteristics of the biotypical composition of spring wheat varieties. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2021, vol. 21, iss. 4, pp. 457–465. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2021-21-4-457-465>

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

Введение

К настоящему времени факт внутренней генетической неоднородности и изменчивости сортовой популяции сельскохозяйственных культур доказывался неоднократно. Тем не менее не всегда в ходе использования сортов осуществляется процедура контроля за внутренней структурой сортовой популяции, ведется ее анализ в сравнении с первичным уровнем. Поскольку биотипы, определяющие сортовую популяцию, различаются как по уровню обеспечения продуктивности, так и по степени адаптивности, отсутствие контроля за полнотой сохранности внутренней структуры сортовой популяции может привести к утере первоначальных качеств сорта, реализуемых через вклад биотипов. В большей степени именно этим определяется необходимость изучения внутрисортного полиморфизма и адаптивной ценности биотипов сорта на основе использования стандартизированных методов контроля внутренней изменчивости сортовой популяции наиболее приближенных к уровню генотип-средовых взаимодействий [1].

Сорта последних лет селекции обладают высокой сортовой специфичностью и однородностью и лишь некоторые характеризуются внутрисортным полиморфизмом и состоят из нескольких биотипов. В селекционной практике рекомендуется использовать конкретные биотипы или однородные сорта во избежание изменения соотношения биотипов и снижения товарного качества в процессе производства зерна [2].

Возможность проведения электрофоретического анализа на одной зерновке с сохранением их жизнеспособности позволяет уже в первых генерациях по отдельным зернам определять геномный состав и степень проявления геномов при отдаленной гибридизации. Это также позволяет оценивать генотип растения и степень уклонения его в сторону одного из родителей при межсор-

товой гибридизации, выделять в гибридных поколениях формы и линии с заданной структурой генотипа, несущей хозяйственно-ценные признаки, и определять перспективность дальнейшей работы с имеющимся исходным и селекционным материалом. Все это дает основание считать, что методы, основанные на принципе белковых маркеров, открывают новые перспективы развитию селекции и семеноводства и будут способствовать дальнейшему повышению эффективности селекции [3].

Полученные электрофоретические спектры глиадина отдельных зерновок каждого сорта на основании их анализа и описания сортируют по биотипам. К одному и тому же биотипу относят спектры с идентичным компонентным составом, а также спектры, незначительно отличающиеся по интенсивности окрашивания отдельных компонентов, что в свою очередь зависит от электрофоретической подвижности у проламинов пшеницы (глиадинов). В результате выявлено четыре группы компонентов: α , β , γ и ω . Фракция ω -глиадинов характеризуется низкой электрофоретической подвижностью и высокой молекулярной массой составляющих ее белковых компонентов (до 140 тыс. усл. ед.). В отличие от ω -глиадинов α -глиадины представляют белки с высокой электрофоретической подвижностью и небольшой молекулярной массой – от 30 до 75 кД [4]. Компоненты β - и γ -глиадинов занимают промежуточное положение между ω - и α -глиадинами [5].

Цель настоящей работы – изучить компонентный состав и внутрисортной полиморфизм сортов яровой пшеницы, проанализировать и оценить их по комплексу хозяйственно-ценных свойств. Лучшие биотипы использовать в дальнейшей селекционной работе по повышению потенциала продуктивности и качества селекционного материала яровой пшеницы.



Материалы и методы

Исследования были проведены в 2018–2020 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 исследований служили мягкие сорта яровой пшеницы: Черноземноуральская 2, Воронежская 18, Воронежская 20 и твердый сорт Воронежская 13.

В процессе работы проводилась идентификация глиадиновых биотипов у сортов яровой пшеницы методом электрофореза в 6,5% полиакриламидном геле с использованием методики Всероссийского института растениеводства (ВИР) (1999). Выделенные по результатам анализа биотипы в течение 3 лет были размножены на ручных посевах и изучены по ведущим структурным элементам продуктивности как целого

растения, так и отдельного колоса (по методу ГСИ (Государственная система обеспечения единства измерений), 1989). Также были изучены и проанализированы их качественные показатели. Определены формулы глиадина, которые используются в дальнейшей селекционной работе.

Клейковину в зерне определяли по ГОСТу Р 54478-2011, для определения содержания белка использовали метод Къельдаля (ЦИНАО). Массу 1000 зерен определяли по ГОСТу ISO 520-2014, натурную массу – по ГОСТу Р 54895-2012, стекловидность – ГОСТ 10987-76, седиментацию проводили по методу А. Я. Пумпянского, 1971 г. Обработку статистических результатов осуществляли общепринятыми методами, с использованием компьютерных программ Excel, Statistica.

Метеорологические условия за годы исследования в период вегетации по данным водно-балансовой станции «Каменная Степь» были разные (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Погодно-климатические условия, 2018–2020 гг.
Weather and climatic conditions, 2018–2020

Год / Year	Апрель / April	Май / May	Июнь / June	Июль / July	Август / August
Температура, град. С / Temperature, deg. C					
2018	8,6	18,2	19,2	22,4	21,7
2019	9,9	17,8	22,2	19,4	21,7
2020	7,0	13,7	21,2	22,6	19,9
Среднегодовое 1893–2006 гг. / Average long-term 1893–2006	6,7	14,4	18,2	20,1	19,0
Осадки, мм / Precipitation, mm					
2018	58,0	22,0	3,1	134(7*)	11
2019	56,5	61,3	53,0	63,3	49,5
2020	49,8	42,1	53,3	44,8	20,0
Среднегодовое 1894–2005 гг. / Average long-term 1894–2005	30,6	44,7	57,6	62,0	50,6

Примечание. * – осадков в III декаде июля.
Note. * – precipitation in the III decade of July.

Недостаточное увлажнение и высокая температура воздуха в период вегетации 2018 г. крайне неблагоприятно сказались на формировании вторичной корневой системы растений яровой пшеницы, что в свою очередь существенно повлияло на продуктивность растений. Все это спровоцировало плохую завязываемость и щуплость зерна.

В 2019 г. температурный режим апреля, мая и июня был повышенным в сравнении со средне-годовыми данными. В эти же месяцы был недобор осадков в сравнении с нормой. В апреле

выпало 18,3 мм осадков при норме 32 мм, в мае недобор осадков составил 2 мм, в июне – 19,3 мм. Июль во всех декадах был холодным и дождливым, особенно в 3-й декаде. Всего за этот месяц выпало 108 мм при норме 57 мм. Кроме этого, в период кущения яровой пшеницы было нашествие скрытостебельных вредителей (шведская и яровая мухи), а в период колошения было массовое повреждение (особенно твердых пшениц) красногрудой пядицей.

Период вегетации яровой пшеницы в 2020 г. по количеству выпавших осадков можно отнести



по характеру увлажнения к средне обеспеченному. Из-за влажной холодной погоды полные всходы появились только на 22-й день. С апреля по 1-ю декаду августа включительно выпало 203 мм осадков при норме 201,4 мм. В апреле и мае до фазы выхода в трубку наблюдался пониженный температурный режим и оптимальная влажность на глубине заделки семян, что явилось благоприятными условиями для проявления твердой головки. С фазы колошения и до спелости резкое нарастание температур отрицательно сказалось на наливе зерна. Зерновки сформировались в основном средней крупности, у некоторых сортов зерно было шуплым.

Результаты и их обсуждение

Результаты электрофоретических исследований по спектрам запасного белка в полиакриламидном геле показали, что все исследуемые сорта мягкой пшеницы являются полиморфными: в геноме сортов Черноземноуральская 2, Воронежская 18 присутствует пять биотипов, Воронежская 20 – четыре биотипа. Исключение составил твердый сорт Воронежская 13, он был мономорфный, то есть состоял из одного биотипа.

В табл. 2 представлена хозяйственно-биологическая характеристика элементов продуктивности биотипного состава мягкой яровой пшеницы сорта Черноземноуральская 2 за период 2018–2020 гг.

По данным структурного анализа, у сорта мягкой пшеницы Черноземноуральская 2 практически по всему комплексу показателей самыми перспективными по сравнению не только со стандартом (сорт, не разложенный на биотипы), но и с показателями среднего значения, являются третий и четвертый биотипы. Данные биотипы характеризуются длинным, хорошо озерненным, высокопродуктивным колосом, причем у этих же биотипов максимальные показатели и по высоте растений (74,9 – 78,4 см). По элементам продуктивности колоса и массе 1000 зерен, характеризующей крупность и выполненность зерна, лучшие результаты у второго биотипа. Данный образец превосходит стандарт по этим значениям на 11,8 – 3,4% соответственно.

У биотипов сорта Воронежская 18 (табл. 3), относительно стандарта, лучшие результаты по показателям элементов продуктивности наблюдаются у первого и второго биотипов.

Таблица 2 / Table 2

Хозяйственно-биологическая характеристика элементов продуктивности биотипов яровой пшеницы сорта Черноземноуральская 2 (2018–2020 гг.)
Economic and biological characteristics of the elements of productivity of biotypes of spring wheat varieties Chernozemouralskaya 2 (2018–2020)

Хозяйственно-биологические показатели / Economic and biological indicators	Биотипы / Biotypes					St	Среднее / Average	Ошибка средней / Average error	Доверительный интервал, 95% / Confidence interval, 95%
	1	2	3	4	5				
Число растений, шт. / Number of plants, pcs	15,1	15,8	17,1	17,4	16,4	16,7	16,4	0,35	15,98–16,82
Количество стеблей, шт. / Number of stems, pcs	9,0	10,1	11,1	10,9	9,3	11,8	10,4	0,45	9,69–11,07
Количество продуктивных стеблей, шт. / Number of productive stems, pcs	6,2	7,6	8,3	8,0	7,0	8,4	7,6	0,35	6,95–8,21
Высота, см / Height, cm	70,3	71,5	74,9	78,4	71,3	70,6	72,8	1,30	72,06–73,54
Длина главного колоса, см / Main spike length, cm	9,5	9,2	9,6	9,8	9,4	9,4	9,5	0,08	9,35–9,62
Число колосков в колосе, шт. / The number of spikelets per ear, pcs	16,3	16,9	16,8	17,3	17,2	17,2	17,0	0,15	16,77–17,13
Число зерен с колоса, шт. / The number of grains per ear, pcs	37,1	41,5	41,8	39,5	42,6	38,8	40,2	0,86	39,57–40,87
Масса зерна с колоса, г / Grain weight per ear, g	1,18	1,53	1,46	1,48	1,43	1,35	1,41	0,05	1,16–1,65
Масса зерна с растения, г / Grain weight per plant, g	4,13	5,3	6,0	6,1	5,4	6,1	5,5	0,31	4,84–6,17
Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	32,1	35,0	34,2	34,2	33,0	33,8	33,7	0,42	33,37–34,07

Хозяйственно-биологическая характеристика элементов продуктивности биотипов яровой пшеницы сорта Воронежская 18 (2018–2020 гг.)

Economic and biological characteristics of the elements of productivity of biotypes of spring wheat variety Voronezhskaya 18 (2018–2020)

Хозяйственно-биологические показатели / Economic and biological indicators	Биотипы / Biotypes					St	Среднее/ Average	Ошибка средней / Average error	Доверительный интервал, 95% / Confidence interval, 95%
	1	2	3	4	5				
Число растений, шт. / Number of plants, pcs	16,0	15,3	14,4	14,9	16,4	15,5	15,4	0,3	15,05–15,78
Количество стеблей, шт. / Number of stems, pcs	9,6	9,3	8,5	8,7	8,8	9,7	9,1	0,2	8,77–9,43
Количество продуктивных стеблей, шт. / Number of productive stems, pcs	7,3	7,0	6,4	6,3	6,3	7,2	6,8	0,19	6,38–7,12
Высота, см / Height, cm	73,6	78,1	73,6	69,1	70,6	72,2	72,9	1,27	72,15–73,58
Длина главного колоса, см / Main spike length, cm	9,8	10,0	9,9	9,5	9,9	9,8	9,8	0,07	9,70–9,93
Число колосков в колосе, шт. / The number of spikelets per ear, pcs	17,6	17,7	17,9	17,8	17,5	17,7	17,7	0,06	17,63–17,77
Число зерен с колоса, шт. / The number of grains per ear, pcs	42,9	45,3	41,4	35,7	41,6	38,8	41,0	1,36	39,92–41,98
Масса зерна с колоса, г / Grain weight per ear, g	1,38	1,49	1,23	1,19	1,27	1,23	1,3	0,05	1,07–1,52
Масса зерна с растения, г / Grain weight per plant, g	5,1	4,9	4,5	4,4	4,2	4,8	4,7	0,14	4,31–5,00
Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	30,6	30,5	30,5	30,2	28,9	31,3	30,3	0,32	30,05–30,62

Первый биотип сорта Воронежская 18 характеризуется высокими показателями продуктивности как целого растения, так и колоса. Причем по озерненности и массе зерна с колоса этот биотип превосходит стандарт на 9,6 – 10,9% соответственно. Второй биотип превосходит стандарт по показателям продуктивности колоса (озерненность, масса зерна с колоса) на 14,4 – 17,5% соответственно. По показателям крупнозерности (массы 1000 зерен) и количеству продуктивных стеблей наиболее приближенным к показателям стандарта был первый биотип. Разница по высоте растений между биотипами изучаемого сорта наблюдалась несущественная.

Что касается биотипов сорта Воронежская 20, самыми высокопродуктивными, значительно превосходящими показатели стандарта и среднего значения, являются первый и второй биотипы (табл. 4).

Данные биотипы существенно превышают стандарт по показателям, характеризующим озерненность колоса: на 12,9% первый биотип и на 12,1% второй биотип. Следует также отметить,

что эти же биотипы на 13,2–14,8% превысили стандарт по показателям продуктивности целого растения. По массе 1000 зерен все изучаемые биотипы сорта Воронежская 20, кроме третьего, были приближены к показателям стандарта и среднего значения.

Сорт твердой яровой пшеницы Воронежская 13 является мономорфным (табл. 5) и представлен всего одним биотипом.

Выделенный биотип уступает стандарту практически по всем показателям структурного анализа. В наибольшей степени это выражено в значениях следующих показателей: озерненности колоса, различии между растениями сорта со стандартом и его крупнозерности: по числу и массе зерен с колоса на 7 – 4,8% соответственно, по массе 1000 зерен – на 4,2%.

По массе зерна с растения стандарт также превышает изучаемый биотип на 2,6%.

У биотипов всех изученных сортов варьирование по высоте растений наблюдалось в достаточно широких пределах 53,5–92,5 см. Самыми низкими были растения в 2018 г. (55,5 см). Следу-



Таблица 4 / Table 4

**Хозяйственно-биологическая характеристика биотипов яровой пшеницы сорта Воронежская 20 (2018–2020 гг.)
Economic and biological characteristics of biotypes of spring wheat varieties Voronezhskaya 20 (2018–2020)**

Хозяйственно-биологические показатели / Economic and biological indicators	Биотипы / Biotypes				St	Среднее / Average	Ошибка средней / Average error	Доверительный интервал. 95% / Confidence interval, 95%
	1	2	3	4				
Число растений, шт. / Number of plants, pcs	18,4	18,8	19,4	15,7	17,7	18,0	0,64	17,34–18,66
Количество стеблей, шт. / Number of stems, pcs	9,5	9,9	8,9	8,7	9,5	9,3	0,22	8,98–9,62
Количество продуктивных стеблей, шт. / Number of productive stems, pcs	7,3	7,6	6,1	6,1	6,9	6,8	0,31	6,25–7,35
Высота, см / Height, cm	75,3	74,1	76,1	70,9	73,7	74,0	0,89	73,57–74,47
Длина главного колоса, см / Main spike length, cm	9,2	9,3	8,9	8,6	9,0	9,0	0,12	8,82–9,18
Число колосков в колосе, шт. / The number of spikelets per ear, pcs	16,0	16,7	16,0	16,1	16,3	16,2	0,13	16,08–16,36
Число зерен с колоса, шт. / The number of grains per ear, pcs	45,8	45,4	43,3	42,6	39,9	43,4	1,06	42,69–44,11
Масса зерна с колоса, г / Grain weight per ear, g	1,44	1,38	1,37	1,17	1,37	1,35	0,05	1,14–1,55
Масса зерна с растения, г / Grain weight per plant, g	5,3	5,4	4,4	4,2	4,6	4,8	0,24	4,25–5,31
Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	31,6	31,2	30,9	31,6	31,8	31,4	0,16	31,29–31,55

Таблица 5 / Table 5

**Хозяйственно-биологическая характеристика биотипа яровой твердой пшеницы
сорта Воронежская 13, (2018–2020 гг.)**

Economic and biological characteristics of the biotype of spring durum wheat variety Voronezhskaya 13, (2018–2020)

Хозяйственно-биологические показатели / Economic and biological indicators	Биотип / Biotypes	St	Среднее / Average	Ошибка средней / Average error	Доверительный интервал, 95% / Confidence interval, 95%
	1				
Число растений, шт. / Number of plants, pcs	21,3	20,8	21,1	0,25	20,90–21,20
Количество стеблей, шт. / Number of stems, pcs	9,4	10,6	10,0	0,60	9,47–10,53
Количество продуктивных стеблей, шт. / Number of productive stems, pcs	6,3	6,9	6,6	0,30	6,26–6,94
Высота, см / Height, cm	78,1	80,4	79,3	1,15	78,89–79,61
Длина главного колоса, см / Main spike length, cm	6,9	7,0	7,0	0,05	6,89–7,01
Число колосков в колосе, шт. / The number of spikelets per ear, pcs	17,0	17,2	17,1	0,10	17,03–17,17
Число зерен с колоса, шт. / The number of grains per ear, pcs	38,6	41,3	40,0	1,35	39,35–40,55
Масса зерна с колоса, г / Grain weight per ear, g	1,87	1,96	1,92	0,09	1,53–20,03
Масса зерна с растения, г / Grain weight per plant, g	5,4	6,6	6,0	0,60	5,32–6,68
Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	38,7	39,7	39,2	0,50	38,98–39,42



ет также отметить, что во все годы исследований по большинству хозяйственно-ценных признаков наилучшие результаты были у биотипов с максимальными показателями высоты.

В табл. 6 представлены формулы глиадинов лучших биотипов сортов мягкой яровой пшеницы, выделившиеся по элементам продуктивности в условиях 2018–2020 гг.

Таблица 6 / Table 6

Белковые формулы глиадина яровой мягкой пшеницы, выделившиеся по показателям продуктивности в период 2018–2020 гг.

Protein formulas of spring bread wheat gliadin, distinguished in terms of productivity in the period 2018–2020

Биотип / Biotypes	Частота / Frequency	Электрофоретические компоненты / Electrophoretic components			
		α	β	γ	ω
Черноземноуральская 2 / Chernozemnoualskaya 2					
3	20	$\underline{2}45 \underline{6}7$	$\underline{1}2 \underline{3}_1 \underline{3}_3 \underline{4}5_1$	$\underline{2}_2 \underline{3}_2 \underline{4} \underline{5}$	$\underline{1} \underline{2} \underline{3}4 \underline{4}_2 \underline{5}6_1 \underline{6}_3 \underline{7}_2 \underline{8}_2 \underline{9}_2 \underline{10}_2$
4	6	$\underline{2}4 \underline{6}7$	$\underline{2} \underline{3}_1 \underline{4} \underline{5}_2$	$\underline{1}_2 \underline{3}_1 \underline{3}_2 \underline{4}$	$\underline{3}4_1 \underline{5}6_1 \underline{6}_3 \underline{7}_2 \underline{8}_2 \underline{9}_2 \underline{10}_2$
Воронежская 18 / Voronezhskaya 18					
1	85	$\underline{2}4 \underline{6}7_1 \underline{7}_3$	$\underline{2} \underline{3}_1 \underline{3}_3 \underline{4} \underline{5}_2$	$\underline{1}_2 \underline{3}_2 \underline{4}$	$\underline{2}3_1 \underline{4}_1 \underline{4}_2 \underline{5} \underline{6}_1 \underline{6}_3 \underline{7}_1 \underline{8}_1 \underline{8}_2 \underline{9}_2 \underline{10}_2$
2	8	$\underline{5}67_1$	$\underline{2} \underline{3}_1 \underline{3}_3 \underline{4} \underline{5}_2$	$\underline{1}_2 \underline{3}_2 \underline{4}$	$\underline{2}3_1 \underline{4}_1 \underline{5} \underline{6}_1 \underline{6}_3 \underline{7}_1 \underline{8}_1 \underline{8}_2 \underline{9}_2 \underline{10}_2$
Воронежская 20 / Voronezhskaya 18					
1	75	$\underline{2}46 \underline{7}_2 \underline{7}_3$	$\underline{2} \underline{3}_1 \underline{3}_3 \underline{4}5_2$	$\underline{2}_1 \underline{2}_3 \underline{3}_2 \underline{4}5$	$\underline{2}3_1 \underline{4}_1 \underline{5} \underline{6}_2 \underline{6}_3 \underline{7}_1 \underline{8}_2 \underline{9}_2 \underline{9}_3 \underline{10}_2$
2	23	$\underline{2}46 \underline{7}_2 \underline{7}_3$	$\underline{2}3_1 \underline{3}_3 \underline{4}5_2$	$\underline{2}_1 \underline{2}_3 \underline{3}_2 \underline{4}5$	$\underline{2}3_1 \underline{4}_1 \underline{5} \underline{6}_2 \underline{7}_2 \underline{8}_2 \underline{9}_1 \underline{9}_3 \underline{10}_2$

Следует отметить, что у всех компонентов сорта Черноземноуральская 2 в γ -глиадине идентифицируется только один слабый компонент – субкомпонент γ_{21} или γ_{22} . γ_3 может быть как одинарным, так и сдвоенным. Четвертый биотип имеет минимальное число компонентов в ω -зоне, частота встречаемости которых составляет всего 6%. Значительное различие биотипов сорта Воронежская 18 сопряжено с α глиадинами. У выделенных биотипов этого сорта большая часть зерновок имела близкие β -, γ - и ω -глиадины, различия сопряжены с экспрессией β_2 , а также наличием слабого компонента ω_4 . У сорта Воронежская 20 выделенные типичные биотипы имели одинаковые α - и β -компоненты. Различия в γ -глиадинах обусловлены экспрессией 4-го компонента. Биотипам данного сорта присуще наличие сильных компонентов β_{25_2} , γ_{3_2} и ослабленного γ_{5_2} , а также слабых сдвоенных γ_2 .

Качество зерна глиадиновых биотипов у изучаемых сортов яровой твердой и мягкой пшеницы изучали по показателям натуре (г/л), процентному содержанию белка, клейковины, стекловидности и уровню седиментации (мл) (табл. 7).

Установлено, что электрофоретические компоненты глиадина наследуются блоками,

которые в определенной степени связаны с содержанием белка в муке, величиной седиментации, количеством и качеством клейковины [6].

Анализ полученных данных показал, что максимальное значение по показателям натуре, характеризующей выполненность, плотность и форму зерна, во все годы исследования было у биотипов сорта Воронежская 20 и у сорта твердой пшеницы Воронежская 13. Лучшие результаты по комплексу качественных показателей (кроме натурной массы) имеет первый биотип сорта Черноземноуральская 2, при этом по содержанию белка, клейковины, стекловидности и седиментации данный биотип достоверно превосходит стандарт на 3,1% – 5,7% – 8% – 9,6% соответственно.

Максимальные значения по этим же показателям у второго и третьего биотипов сорта Воронежская 18. Показатели седиментации у биотипов сортов мягкой пшеницы варьировали в широких пределах 44 – 65 мл.

Таким образом, изучение компонентного состава и внутрисортного полиморфизма запасных белков сортов яровой пшеницы позволяет выявить лучшие глиадиновые биотипы, выделившиеся за 3 года исследований по показателям качества зерна.



Таблица 7 / Table 7

Качество зерна глиадиновых биотипов различных сортов яровой мягкой и твердой пшеницы (2018–2020 гг.)
Grain quality of gliadin biotypes of various varieties spring soft and durum wheat (2018–2020)

Сорт / Variety	Биотип / Biotype	Натура, г/л / Nature, g/l	Белок, % / Protein, %	Клейковина, % / Gluten, %	Стекловидность, % / Glassiness, %	Седиментация, мл / Sedimentation, ml
Черноземноуральская 2 / Chernozemnoualskaya 2	St	646	15,9	33,4	78,2	47
	1	603	16,4	35,4	85,0	52
	2	629	15,7	31,5	83,7	59
	3	628	15,2	29,8	81,4	48
	4	635	15,9	33,4	82,9	53
	5	640	14,2	28,7	81,0	44
Воронежская 18 / Voronezhskaya 18	St	647	14,5	30,3	85,4	50
	1	662	14,6	29,5	84,2	46
	2	627	14,9	33,0	85,7	52
	3	628	15,4	34,2	83,9	50
	4	683	14,8	31,4	79,4	55
	5	646	15,4	32,7	82,7	64
Воронежская 20 / Voronezhskaya 20	St	689	15,0	32,1	82,2	65
	1	697	14,6	31,8	80,0	61
	2	683	14,7	31,1	85,5	65
	3	691	14,6	31,7	84,0	65
	4	689	14,5	32,5	82,5	64
Воронежская 13 / Voronezhskaya 13	St	738	16,6	37,8	92,9	33
	1	719	16,5	39,8	97,3	28
Среднее / Average		662	15,2	32,6	84,1	53,7
Ошибка средней / Average error		8,29	0,17	0,63	1,02	2,43
Доверительный интервал, 95% / Confidence interval, 95%		659,35–664,86	14,85–15,61	31,69–33,59	83,14–85,06	49,81–55,56
Доверительный интервал, 99% / Confidence interval, 99%		640,76–683,45	14,79–15,67	31,02–34,26	81,46–86,74	46,44–58,93

В табл. 8 представлены формулы запасного белка – глиадин лучших по качеству биотипов изучаемых сортов яровой пшеницы, в условиях 2018–2020 гг.

Таблица 8 / Table 8

Белковые формулы глиадина сортов яровой мягкой пшеницы, выделенные по показателям качества, 2018–2020 гг.

Protein formulas of gliadin of spring soft wheat varieties distinguished by quality indicators, 2018–2020

Биотип / Biotypes	Частота / Frequency	Электрофоретические компоненты / Electrophoretic components			
		α	β	γ	ω
Черноземноуральская 2 / Chernozemnoualskaya 2					
1	41	24 67	1 23 ₁ 3 ₃ 45 ₁	12 ₁ 3 ₂ 45	1 2 34 ₁ 4 ₂ 56 ₁ 6 ₃ 7 ₁ 8 ₂ 9 ₂ 10 ₁ 10 ₂
Воронежская 18 / Voronezhskaya 18					
2	8	567 ₁	23 ₁ 3 ₃ 4 5 ₂	12 ₂ 3 ₂ 4	23 ₁ 4 ₁ 5 6 ₁ 6 ₃ 7 ₁ 8 ₁ 8 ₂ 9 ₂ 10 ₂
3	2	567 ₁	23 ₁ 3 ₃ 5 ₂	123 ₁ 4	2 3 ₂ 4 ₂ 5 6 ₁ 6 ₂ 7 ₁ 8 ₁ 8 ₂ 9 ₁ 9 ₂ 10 ₂



Все изученные сортообразцы хорошо отличимы между собой по спектрам глиаина, что очень важно для их идентификации лабораторными методами.

Заключение

Результаты анализа полученных данных свидетельствуют о перспективности использования электрофореза запасных белков зерна – глиадинов для изучения внутрисортного полиморфизма сортов яровой мягкой и твердой пшеницы и связи выявленных биотипов с комплексом хозяйственно-ценных признаков и свойств.

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

Выделенные лучшие биотипы могут использоваться в селекции в качестве доноров хозяйственно-ценных признаков и в селекционных программах при подборе родительских форм для гибридизации с учетом их фенотипических особенностей.

Список литературы

1. Кононенко Л. А., Егоров С. В., Дуктова Н. А. Параметры адаптивности сортов и биотипов озимой мягкой пшеницы в условиях северо-востока Республики Беларусь // Вестн. Белорус. гос. с.-х. академии. 2012. № 2. С. 22–29.
2. Шаяхметов И. Ф., Ахмадиева А. А., Леонова С. А., Никонов В. И. Использование молекулярно-множественных форм белков в изучении полиморфизма сортов пшеницы (*Triticum L.*) // Вестник Башкирского университета. 2012. Т. 17, № 1. С. 89–93.
3. Конарев В. Г., Сидорова В. В., Конарев А. В., Молекулярно-биологические исследования генофонда культурных растений в ВИРе. 2-е изд., доп. СПб. : ВИР, 2007. 134 с.
4. Biets J. A., Huebner F. R., Rothfus J. A. Chromatographic comparisons of peptic digests of individual gliadin proteins // *Cereal Chem.* 1970. Vol. 47. P. 393.
5. Konarev V. G., Gavriljuk I. P., Gubareva N. K., Peneva T. I. Seed proteins in genome analysis, cultivar identification and documentation of cereal genetic resources: a review // *Cereal Chem.* 1979. Vol. 56. P. 272–278.
6. Козуб Н. А., Созинов И. А., Созинов А. А. Сопряженность 1BL/1RS транслокации с качественными и количественными признаками у мягкой пшеницы *T. aestivum* // Цитология и генетика. 2001. Т. 35, № 5. С. 74–80.

References

1. Kononenko L. A., Egorov S. V., Duktova N. A. Adaptability parameters of varieties and biotypes of winter soft wheat in the north-east of the Republic of Belarus. *Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2012, no. 2, pp. 22–29 (in Russian).
2. Shayakhmetov I. F., Akhmadieva A. A., Leonova S. A., Nikonov V. I. The use of molecular-multiple forms of proteins in the study of polymorphism of wheat varieties (*Triticum L.*). *Bulletin of the Bashkir University*, 2012, vol. 17, no. 1, pp. 89–93 (in Russian).
3. Konarev V. G., Sidorova V. V., Konarev A. V. *Molekulyarno-biologicheskie issledovaniya genofonda kul'turnykh rastenij v VIRE. 2-e izd. dop.* [Molecular Biological Studies of the Gene Pool of Cultivated Plants in VIR. 2nd revised ed.]. St. Petersburg, VIR Publ., 2007. 134 p. (in Russian).
4. Biets J. A., Huebner F. R., Rothfus J. A. Chromatographic comparisons of peptic digests of individual gliadin proteins. *Cereal Chem.*, 1970, vol. 47, pp. 393.
5. Konarev V. G., Gavriljuk I. P., Gubareva N. K., Peneva T. I. Seed proteins in genome analysis, cultivar identification and documentation of cereal genetic resources: A review. *Cereal Chem.*, 1979, vol. 56, pp. 272–278 (in Russian).
6. Kozub N. A., Sozinov I. A., Sozinov A. A. Conjugacy of 1BL/1RS translocation with qualitative and quantitative traits in common wheat *T. aestivum*. *Cytology and Genetics*, 2001, vol. 35, no. 5, pp. 74–80 (in Russian).

Поступила в редакцию 02.03.21, после рецензирования 05.03.21, принята к публикации 09.03.21
Received 02.03.21, revised 05.03.21, accepted 09.03.21