

СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРАЗЦОВ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОМУ СПЕКТРУ ЗАПАСНЫХ БЕЛКОВ ЗЕРНА

К.В. Коледа, И.И. Коледа

УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
г. Гродно, Республика Беларусь

(Поступила в редакцию 15.06.2011 г.)

Аннотация. В статье изложены результаты электрофоретического анализа запасных белков зерна у 2 сортов (Ядвися и Кредо) и 10 образцов мягкой озимой пшеницы, созданных в УО «Гродненский государственный аграрный университет». Селекционный материал проанализирован по компонентному составу глиадина, выявлено присутствие интрогрессий и дана оценка степени выраженности важных хозяйственных признаков, сопряжено связанных с электрофоретическими спектрами белка. Это масса 1000 зерен, натурная масса, технологические показатели зерна, качество клейковины, количество белка и зимостойкость.

Summary. The results of electrophoretic analysis of 2 new kinds (Yadvisia and Kreda) and 10 samples of winter-annual soft wheat created in Educational establishment «Grodno State Agrarian University» are observed. Breeding material analyzed by the gliadin component composition, the introgression were found. The important practical qualities and properties were estimated. There are weight of 1000 grain, high productivity, flour-grinding-baking properties of grain among them, winter hardiness.

Введение. Из большого числа проблем в селекции пшеницы, пожалуй, самая актуальная – генетическое сочетание высокой урожайности и хорошего качества зерна. Поэтому наряду с селекцией на высокую зимостойкость, устойчивость к болезням и полеганию новых сортов озимой пшеницы значительное внимание уделяется повышению продуктивности и качества зерна [3]. Общеизвестно, что хлебопекарные качества муки в основном определяются свойствами клейковины, что обуславливается генетическими особенностями составляющих ее белков – глиадина и глютелина. Поэтому использование методов электрофореза в гелевых носителях при изучении клейковинных белков пшеницы позволяет получить важные сведения по биохимической природе и генетическим особенностям этих белков. Гибридологический анализ компонентного состава глиадина – удобный путь для идентификации различий между сортами и для изучения характера влияния вариантов блоков на качество муки и другие хозяйственно-ценные

признаки. Эту работу можно проводить уже на ранних этапах селекционного процесса, начиная с гибридов второго поколения [7].

Цель исследований – дать оценку образцам мягкой озимой пшеницы, созданным в результате гибридизации на кафедре растениеводства УО «ГГАУ» в почвенно-климатических условиях Гродненского района с использованием электрофоретического анализа.

В задачу наших исследований входило проидентифицировать часть созданного нами селекционного материала по электрофоретическому спектру глиадина, изучить особенности компонентного состава глиадина озимой пшеницы; выявить интрогрессии у нового генетического материала; оценить исходный селекционный материал по аллельным вариантам электрофоретических спектров глиадина, связанных со степенью выраженности хозяйственно-ценных признаков и свойств.

Материал и методика исследований. Исследования проводились на кафедре селекции, семеноводства и генетики в испытательной лаборатории качества семян УО «БГСХА» в 2009 г. Объектами исследований послужили сорта Ядвися и Кредо, сортообразец пшеницы Приемная и 9 номеров контрольного питомника: 8-06; 19-06 ЛЗ; 23-06 Л1; 23-06 Л10; 25-06 Л7; 59-06 Л5; № 28; № 34; № 35. Проанализированный объем составил 40 зерен (две пластины прибора) по каждому образцу.

Для удобства описания результатов анализа и обработки информации, заключенной в электрофоретических спектрах проламина, используется способ записи в виде белковых, или сортовых, формул по эталонному спектру. Эталонный спектр состоит из четырех зон, соответствующих биохимическим фракциям α , β , γ и ω .

В методике ВИРа [2] приводятся два эталонных спектра, отличающихся друг от друга по числу компонентов каждой зоны. Традиционно применяют спектр, включающий по α -зоне – 7 компонентов, по β -зоне – 5 компонентов, по γ -зоне – 5 компонентов, по ω -зоне – 10 компонентов. В целом эталонный спектр проламина имеет следующую структуру: α 1234567 β 12345 γ 12345 ω 123456789 10.

Выявлено широкое разнообразие типов электрофоретического спектра проламинов. Оно создается за счет общего числа компонентов их различного сочетания как в отдельных зонах, так и в целом спектре, а также за счет степени интенсивности одинаковых по электрофоретической подвижности компонентов.

В сортовых формулах интенсивные компоненты подчеркивают, слабые компоненты отмечают чертой над номером позиции, очень слабые – двумя чертами.

Компоненты по некоторым позициям представлены двумя или тремя субкомпонентами разной подвижности. Как правило, субкомпоненты альтернативны и представляют собой генетические варианты компонента, контролируются аллелями одного гена. У сортов мягкой пшеницы такие субъединицы обычно встречаются в позициях $\omega_9, \omega_8, \omega_7, \omega_6, \omega_4; \gamma_2; \beta_5, \beta_3; \alpha_7$. Согласно номенклатуре ВИРа их записывают соответственно как $\omega_{9_1}, \omega_{9_2}, \omega_{9_3}, \omega_{8_1}, \omega_{8_2}, \omega_{8_3}$ и т.д. Индекс 1 у номера позиции указывает на смещение компонента в сторону более быстрого соседнего компонента, индекс 2 – среднее положение, индекс 3 – на смещение в сторону более медленного. Иногда все три субпозиции заняты. Это означает, что субкомпоненты не альтернативны и контролируются разными генами.

Результаты исследований и их обсуждение. Запись электрофоретических спектров приведена в таблице 1. Установлено, что 7 из 12-ти проанализированных образцов мономорфны по запасному белку, то есть имеют в своем составе один тип белкового спектра.

У четырех образцов первый биотип доминировал, имея частоту встречаемости 90...97,5%. Второй биотип имел намного меньшую представленность – 2,5...10%. Третий биотип с встречаемостью 2,5% (то есть одна зерновка из проанализированного объема образца) выявлен только у одного образца – № 35. Различия между биотипами данного образца затрагивают β -зону и проявляются в смещении субпозиций компонентов 1 и 3 по биотипам.

Таблица 1 – Электрофоретические спектры проламинов у сортов и образцов мягкой озимой пшеницы

Образец	Число биотипов	% от содержания	Зоны спектра			
			α	β	γ	ω
1. 8-06	1	100	4 5 ₁ 5 ₂ 7	2 ₁ 2 ₂ 3 ₁ 4 ₁ 5	1 2 3 4	2 3 ₁ 4 ₁ 4 ₂ 6 ₁ 8 9
2. 19-06 ЛЗ	1	100	1 2 4 6 ₁ 6 ₂ 7	1 2 ₁ 2 ₂ 3 4 5	1 ₁ 1 ₂ 2 3 4 5	1 2 3 4 6 7 9 10
3. 23-06 Л1	1	100	1 3 ₁ 5 7	1 2 ₁ 2 ₂ 3 ₁ 3 ₂ 4 5	1 2 ₁ 2 ₂ 3 4 5 ₁ 5 ₂	1 3 4 5 7 9
4. 23-06 Л10	2	97,5	1 3 ₁ 5 7	1 2 ₁ 2 ₂ 3 ₁ 3 ₂ 4 5	1 2 ₁ 2 ₂ 3 4 5 ₁ 5 ₂	2 3 4 5 7 9
	2	2,5	1 6	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 3 5 7 9
5. 25-06 Л1	1	100	2 4 5 ₁ 6 7	1 2 3 4 5	1 2 3 4	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
6. 29-06 Л5	1	100	2 3 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	2 3 4 5 6 7 8 9 10
7. №28	1	95	4 5 7	1 2 3 4 5	1 3 4 5	1 3 4 5 8 10
	2	5	4 5 7	1 4 5	1 2 3 4	1 3 4 5 7 9
8. №34	1	90	3 4 5 ₁ 7	2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 3 4 5 8 9 10
	2	10	3 4 7	2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 3 4 5 8 9 10
	1	95		1 2 3 4 5		
9. №35	2	2,5	2 3 4 5 ₁ 7	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 3 4 6 8 9 10
	3	2,5		2 3 4 5		
10. Креко	1	100	3 4 5 ₁ 7	1 2 3 4 5	2 3 4	1 2 3 4 6 8 9
11. Пинцетская	1	60	4 5 ₁ 5 ₂ 5 ₃ 7	2 ₁ 2 ₂ 3 ₁ 3 ₂ 4 5	1 2 ₁ 2 ₂ 3 4 5	1 2 3 4 5 6 8 9
	2	40		1 2 3 4 5		
12. Явгес	1	100	1 2 4 5 ₁ 5 ₂ 6 7	1 2 3 4 5	1 3 4 5	1 2 3 4 5 6 8 9

Различия по трем зонам спектра из четырех выявлены у двух образцов – №28 и 23-06Л10. У последнего образца второй биотип белее

первого по всем зонам (содержит меньшее число компонентов). Зона быстродвижущихся белков (α -зона) второго биотипа образца 23-06Л10 содержит наименьшее число компонентов среди всех проанализированных образцов — $\alpha 3$ и об. Бедность спектра и малая частота встречаемости второго биотипа позволяют предположить, что зерновки с данным типом спектра являются нетипичными для данного образца.

У № 28 второй биотип заметно отличается от первого бедностью β -зоны, содержащей всего три компонента.

У сортообразца пшеницы Принеманская четко выявляются два типа белковых спектров в соотношении 60 : 40%. Различия затрагивают β -зону. У первого биотипа компонент на второй позиции представлен тремя выраженными субкомпонентами разной подвижности — 2_1 , 2_2 и 2_3 . Второй биотип отличается присутствием компонента $\beta 1$ и некоторым смещением, по сравнению с первым биотипом, слабовыраженного компонента 3_1 . По остальным зонам спектры различий по позициям первого и второго биотипов сортообразца пшеницы Принёманская не выявлено.

По стабильности зон спектра полиморфных образцов можно отметить следующее. Менее стабильной зоной является β -зона — она идентична у биотипов двух полиморфных образцов. Другие зоны спектра — α , γ и ω — остаются одинаковыми у первого и второго биотипов у трех образцов из пяти.

Электрофоретический анализ позволяет выявлять интрогрессии, которые вызывают генную изменчивость в структуре сложного признака. По характеру воздействия на морфогенетические процессы они могут быть приравнены к генным мутациям большого эффекта [5]. Интрогрессия генетического материала ржаной хромосомы 1R в геноме пшеницы маркируется триплетом $\omega 234$. По мнению В.Г. Кошарева [5], под влиянием интрогрессии возникает гетерозис, гомеостаз и другие важные биологические явления и свойства. Гены ржи в геноме пшеницы существенно повысили её устойчивость к грибным патогенам, а также иммунитет и адаптивность к внешним факторам [12]. В то же время вероятно, что «ржаной» локус несколько ослабляет клейковину пшеницы и снижает силу муки [5].

Ранее было установлено, что для сортов белорусской селекции присутствие интрогрессий является характерным и служит признаком адаптированности [8].

Среди проанализированных нами образцов интрогрессии выявлены у большинства образцов. Причем отсутствие интрогрессий характерно, главным образом, для полиморфных образцов. Вместе с тем у

сортаобразца пшеницы Принеманская, состоящего из двух биотипов, обнаружена нитрогрессия.

Конарев В.Г. [11], Созинов А.А. [4] показали возможность оценки исходного и селекционного материала по аллельным вариантам электрофоретических спектров глиадина, связанных со степенью выраженности некоторых хозяйственных признаков и свойств. При этом А.В. Конарев [6] отмечал, что для маркирования сложных признаков, определяющих продуктивность, необходимо знать их природу, связь с белковым маркером и морфогенезом. По мнению автора, маркируется белками не сам признак, а генетические системы, его контролирующие.

Связь между компонентным составом глиадинов и хлебопекарными достоинствами пшеницы установлена в опытах F.G. Kosmolak, G. Branlard, M. Rousset, R. Damidaux; P.I. Payne; C.W. Wrigley.

Абугалиева А.И. [1] обнаружила два компонента γ -зоны ($\gamma 2$ и $\gamma 4$), наиболее информативно отражающие признаки, связанные с качественными показателями зерна и продуктивностью растений у озимой пшеницы (содержание белка, натурная масса и масса 1000 зерен). Автором также отмечено, что компоненты $\gamma 1$ и $\omega 5$ маркируют повышенное содержание аспарагиновой кислоты, серина, глицина, валлина и метионина. Количество лейцина в белке для сортов с $\omega 5$ оказалось почти вдвое меньше, чем у других, не имеющих этого компонента. Было установлено, что повышенная продуктивность проявляется у растений с компонентами $\gamma 1$, $\omega 3$ и $\omega 7$.

По данным В.Г. Конарева и др., к белковым позициям спектра, маркирующих лучшее качества зерна, следует отнести $\omega 67$, $\gamma 45$ и $\omega 89$.

Большой интерес представляет характерный для генома D дуплет медленных в электрофорезе компонентов $\omega 89$ глиадина. Этому дуплету, как и геному D, сопутствуют эластичная клейковина и хлебопекарные качества муки. Все формы гексаплоидной пшеницы с геномом $\omega 89$ обладают хлебопекарными свойствами. В γ -глиадине твердой пшеницы французские биохимики и технологи нашли отчетливые маркеры упруговязких свойств клейковины. Ими оказались компоненты $\gamma 5$ и $\gamma 4$ (по номенклатуре В.Г. Конарева они соответствуют компонентам $\gamma 5$ и $\gamma 4$). Как оказалось, клейковина высокого качества свойственна только тем сортам, в глиадине которых имеется компонент 45 и отсутствует компонент 42.

Писарева Л.А. и сотрудники [10] нашли тесную связь групп компонентов $\omega 67$ (в неё входят агрегирующий глиадин А и компонент от генома D) с высокими технологическими показателями при среднем изучении биотипов сорта мягкой пшеницы Ленинградка.

Из приведенных данных следует, что аллельные варианты генов глинадинов в большинстве случаев оказывают существенное влияние на качество зерна пшеницы. Однако следует учесть, что уровень всех показателей качества сильно варьирует под влиянием генетических факторов и условий выращивания. Достоверная связь между блоками глинадинов и изменчивостью хозяйственно-ценных признаков установлена только для некоторых локусов и по отдельным признакам.

В таблице 2 приведен анализ присутствия аллельных вариантов, сопряженных с признаками озимой пшеницы. Суммарное число аллелей, сопряженных с количественными и качественными признаками озимой пшеницы, изменяется у проанализированных образцов от 4 до 6. Компонент $\gamma 4$ присутствует у всех образцов, компонент $\gamma 2$ — у 78,8% образцов. Также часто встречаются аллельные варианты глинадина $\gamma 1$ и $\omega 34$ — в 83,3% и 94,5% случаев соответственно.

Таблица 2 — Присутствие аллельных вариантов глинадина, сопряженных с признаками продуктивности и качества образцов озимой пшеницы

Сорт, биотип	Повышенная продуктивность			Повышенная масса 1000 зерен, нагурная масса, содержание белка		Высокие технологические показатели зерна	Высокие упругоэластические свойства клейковины	Суммарное количество вариантов
	$\gamma 1$	$\omega 34$	$\omega 7$	$\gamma 2$	$\gamma 4$			
8-06	+	+	-	+	+	.	+	5
19-06 ЛЗ	+	+	+	+	+	-	+	6
23-06 Л1	-	+	+	+	+	-	+	5
25-06 Л10, биотип 1	+	+	+	+	+	-	+	6
23-06 Л10, биотип 2	-	-	+	+	+	-	+	4
25-06 Л7	+	+	+	-	+	+	+	6
59-06 Л5	+	+	+	-	+	+	+	6
№28, биотип 1	+	+	-	-	+	-	+	4
№28, биотип 2	+	+	-	+	+	-	+	5
№34, биотип 1	+	+	-	+	+	-	+	5
№34, биотип 2	+	+	-	+	+	-	+	5
№35, биотип 1	+	+	-	+	+	-	+	5
№35, биотип 2	+	+	-	+	+	-	+	5
№35, биотип 3	+	+	-	+	+	-	+	5
Кредо	-	+	-	+	+	-	+	4
Гринеманская, биотип 1	+	+	-	+	+	-	+	5
Гринеманская, биотип 2	+	+	-	+	+	-	+	5
Ядвися	+	+	-	-	+	-	+	4

Самым редко встречающимся вариантом является аллель $\omega 67$, маркирующий высокие технологические показатели – 11,1%. Данный аллель выявлен у двух образцов – 25-06 Л7 и 59-06 Л5.

Аллель $\omega 7$ имеет промежуточную частоту встречаемости величиной 33,3%.

По данным А.А. Созинова, сорта озимой мягкой пшеницы, в спектре глиадина которых присутствуют определенные блоки компонентов, обладают повышенной морозостойкостью. Согласно биохимической номенклатуре компонентов глиадина, разработанной в ВИРе, это соответствует компонентам: $\gamma 2\omega 78$ (блок Gld1 A1); $\gamma 1\omega 67$ (блок Gld1 A2); $\gamma 13\omega 58910$ (блок Gld1 D5); $\alpha 2467\beta 1$ (блок Gld6 A3); $\alpha 57\beta 245$ (блок Gld6 D2).

В работе Н.Н. Петровой, С.В. Егорова [9] были проанализированы аллельные варианты 33-х образцов ВИРовской коллекции и сопряженность их с зимостойкостью. Было установлено, что у средне- и высокоморозостойких сортов чаще, чем у менее морозостойких, присутствуют пять аллельных вариантов: $\gamma 2$, $\omega 78$, $\omega 67$, $\alpha 57$, $\beta 245$. Авторы считают, что показатель морозостойкости обусловлен не только числом аллелей, а, в первую очередь, их эффективностью.

В проанализированных нами образцах из пяти вышеперечисленных аллельных вариантов в большинстве случаев присутствует только три варианта, обуславливающих высокую зимостойкость. По одному аллельному варианту имеют образцы 59-06 Л5 и сорт Ядвися. Вместе с тем сорт Ядвися имеет два блока $\gamma 1$ и $\gamma 13$, которые также определяют высокую зимостойкость.

Заключение. Образцы озимой пшеницы, созданные нами в западном регионе Республики Беларусь, характеризуются мономорфностью. У четырех номеров контрольного питомника первый биотип доминировал, имея частоту встречаемости 90...97,5%, а у 7-ми проанализированных образцов был единственным в составе.

Интрогрессии выявлены у большинства образцов. Причем отсутствие интрогрессий характерно, главным образом, для полиморфных образцов. Вместе с тем у сортообразца пшеницы Принеманская, состоящего из двух биотипов, интрогрессия обнаружена.

Установлены образцы, которые являются лучшими по продуктивности и качеству зерна. Шесть аллелей, сопряженных с количественными и качественными признаками озимой пшеницы, обнаружены у 4 проанализированных биотипов: 19-06 Л3, 23-06 Л10-биотип 1, 25-06 Л7 и 59-06 Л5. Аллель $\omega 67$, маркирующий высокие технологиче-

ские показатели, выявлен у двух номеров контрольного питомника – 25-06 Л7 и 59-06 Л5.

Таким образом, рекомендуется использовать в условиях Беларуси в качестве исходного материала при селекции на хлебопекарные качества зерна образцы: 19-06 Л3, 23-06 Л10-биотип 1, 25-06 Л7 и 59-06 Л5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абугалиева, А.И. Компоненты глиадина и субъединицы глютелина в селекции пшеницы на качество зерна: автореф. дис. докт. наук / А.И. Абугалиева. Алматы: Бак, 1994. 52 с.
2. Идентификация сортов и регистрация генофонда культурных растений по белкам семян (под ред. акад. РАСХН В.Г. Кошарова). Санкт-Петербург: ВИР, 2000. 136 с.
3. Коледа, К.В. Озимая мягкая пшеница: методы селекции, технология возделывания: Монография / К.В. Коледа. - Гродно: УО «ГГАУ», 2004. - С. 90.
4. Кошаров, В.Г. Белки пшеницы / В.Г. Кошаров. М.: Колос, 1980. 350 с.
5. Кошаров, В.Г. Вид как биологическая система в эволюции и селекции (Биохимические и молекулярно-биологические аспекты) / В.Г. Кошаров // Тр. ВИР, 1995. 179 с.
6. Кошаров, В.Г. Морфогенез и молекулярно-биологический анализ растений / В.Г. Кошаров. 2-е изд. доп. СПб.: ВИР, 2001. 417 с.
7. Копусь, М.М. Полиморфизм белков зерна и селекция озимых пшениц : автореф. дис. докт. наук / М.М. Копусь. Краснодар, 1998. 52 с.
8. Петрова, Н.Н. Селекция озимой пшеницы на адаптивность: Рекомендации для селекционеров и семеноводов / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. Горки, 2005. 64 с.
9. Петрова, Н.Н. Сопряженность полиморфизма глиадина с изменчивостью признаков озимой мягкой пшеницы / Н.Н. Петрова, С.В. Егоров // Вестник БГСХА. 2009. №4. С. 46-53.
10. Писарева, Л.А. О возможности использования показателя седиментации и электрофореза глиадина в селекционном улучшении качества зерна пшеницы сорта Ленинградка / Л.А. Писарева, Н.К. Губарева, В.И. Комаров // Сб. науч. тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. - Л.: ВИР, 1984. Т.85. С.83-91.
11. Соколов, А.А. Полиморфизм белков и его значение в генетике и селекции / А.А. Соколов. М.: Наука. 1985. 272 с.
12. Zeller, F.I., Hsam L.K. Broadening genetic variability of cultivated wheat by utilizing rye chromatin // Proc. 6-th Int. Wheat Genet. Symp. Kyoto, Japan, 1983. P.161 – 173.