

DOI: 10.22363/2312-797X-2018-13-1-14-25

СПЕЦИФИКА СОЧЕТАНИЙ КАЧЕСТВЕННЫХ И КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛЕЙКОВИНЫ У ГЕНОТИПОВ АЛЛОЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ С АЛЛЕЛЕМ *Wx-B1a*

О.Г. Семенов¹, М.Г. Дивашук^{2,4},
Хайтембу Герхард Шангешапувако³, В.Г. Плюшиков¹,
Т.И. Хупацария², В.В. Введенский¹, А.А. Почтовый⁵

¹Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

²Российский государственный аграрный университет —
МСХА им. К.А. Тимирязева
ул. Тимирязевская, 49, Москва, Россия, 127550

³Лаборатория аналитических услуг и разработки продуктов
(отдел биотехнологии). Министерство сельского, водного и лесного хозяйства
Государственный офисный парк, Лютер-стрит. Виндхук. Намибия

⁴Всероссийский научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной биотехнологии
ул. Тимирязевская, 42, Москва, Россия, 127550

⁵Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Ленинские горы, 1, Москва, Россия, 119991

В результате скрининга аллельного состава генов, связанных с хлебопекарными свойствами, установлено значительное генотипическое разнообразие форм аллоцитоплазматической яровой пшеницы (АЦПГ) из коллекции АТИ РУДН. Кроме измененных форм в результате рекомбинаций и интрогрессии выделено 15 генотипов, в геноме которых обнаружено наличие *Wx-B1a* («дикого» аллеля) — с помощью праймеров 4F/4R. Анализ содержания и качества клейковины у этих форм АЦПГ позволил дифференцировать эти генотипы по их функциональным характеристикам, которые связаны с хлебопекарными свойствами. Амплитуда различий генотипов АЦПГ по величине массовой доли клейковины — от 21,7% до 37,8%, качество клейковины по показателям ИДК у большинства изучаемых генотипов I-й группы.

Особую ценность представляют генотипы категории сильных пшениц, в частности № 24 (цитоплазма *T. timopheevii*), у которого массовая доля клейковины 37,8% (класс сверхсильных пшениц), а также генотипы первого класса, у которых массовая доля клейковины не менее 32%, а качество клейковины не ниже I-й группы (ИДК — 43—77 ед. шк.). Это генотипы № 25 (цитоплазма *T. timopheevii*) и № 29 (цитоплазма *T. aestivum* L. как результат обратных скрещиваний). К категории сильных пшениц второго класса (массовая доля клейковины не ниже 28%, а качество клейковины — I-й группы) отнесены четыре генотипа. К категории ценных пшениц третьего класса относятся два генотипа, у которых массовая доля клейковины не менее 25%. Однако качество клейковины у этих генотипов не II-й группы, а более высокое — оно соответствует I-й группе.

Генотипы со специфическим сочетанием массовой доли клейковины, характерной для сильных и ценных пшениц, с качественными характеристиками клейковины I-й группы расширяют спектр их целевого использования в производстве хлебобулочных изделий.

Ключевые слова: аллоцитоплазматическая пшеница, качество клейковины, количество клейковины, нормальный аллель, чужеродная цитоплазма

Введение. Продовольственная безопасность является, как известно, одним из главных направлений обеспечения национальной безопасности страны. В связи с меняющимися экологическими условиями выращивания растений, обусловленными активно идущими деградационными процессами на планете в целом, приобретает актуальность создание и внедрение сортов пшеницы, отличающихся повышенной устойчивостью к стрессовым природным факторам, хорошей урожайностью, сочетающейся с технологическими свойствами зерна не ниже третьего класса.

Известно, что генетическое разнообразие современных сортов пшеницы мягкой (*T. aestivum* L.) весьма ограничено в связи с использованием в селекции сравнительно небольшого числа геноисточников, а также в связи с длительным и интенсивно направленным отбором в специфических почвенно-климатических условиях. Известно также, что специализация в процессе направленного отбора одних признаков и свойств сопряжена с ослаблением и ухудшением других признаков, поскольку в системе целостного онтогенеза между ними часто существуют отрицательные корреляции. Увеличение урожая зерна, как правило, сопровождается снижением содержания белка в зерне, которое в значительной степени определяет качество хлебопечения.

В связи с этим дефицит качественного зерна, в частности продовольственного зерна третьего класса, способствует расширению рынка сбыта пищевых добавок, среди которых могут быть опасные или потенциально опасные добавки.

Большинство добавок и улучшителей часто не имеют пищевого значения и, в лучшем случае, являются биологически инертными, а в худшем — оказываются биологически активными и небезразличными. Хлебопекарные улучшители предназначены для улучшения качества муки и хлеба, однако среди них могут быть и такие, которые лишь маскируют пониженное качество зерна и муки и таким путем вводят потребителя в заблуждение. Это может иметь далеко идущие последствия для здоровья людей и биобезопасности страны в целом. Поэтому создание высококачественных сортов, зерно которых обладает повышенной биологической ценностью, приведет к снижению необходимости использования пищевых добавок.

Проблема дефицита сильной пшеницы особенно остро проявляется в регионах с повышенной влагообеспеченностью в период (фазу) формирования и налива зерна. Селекция высококачественных сортов в значительной степени определяется наличием генетически разнообразного исходного материала с последующим его изучением и включением в селекционный процесс [2].

Поиск генотипов яровой пшеницы с хорошими характеристиками клейковины облегчается путем объединения методов молекулярного маркирования с методами традиционной селекции при одновременном учете результатов анализа технологических свойств зерна.

Для решения этой проблемы могут быть использованы также источники на основе новых генетических систем, в частности такие, как генотипы аллоцитоплазматической яровой пшеницы, у которых ядерный геном *Triticum aestivum* L. нормально функционирует в чужеродной цитоплазме *Triticum timopheevii* и *Secale cereale* L.

Цель исследований заключается в изучении уровня вариабельности соотношения количественных и качественных характеристик клейковины у генотипов аллоцитоплазматической яровой пшеницы, у которых установлено наличие аллеля «дикого» типа *Wx-B1a*.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В Аграрно-технологическом институте РУДН в результате селекционно-генетических исследований создана коллекция аллоцитоплазматической яровой пшеницы (АЦПГ), у которой ядерный геном пшеницы мягкой (*T. aestivum* L.) совмещается с различными типами чужеродной цитоплазмы. Эти гибридные формы были созданы путем беккроссирования доноров чужеродной цитоплазмы (виды, используемые в качестве матерински форм) — *T. timopheevii*, *S. cereale* L. и *Aegilops ovata* пылью пшеницы мягкой (*T. aestivum* L.) и отбора самофертильных гибридов в условиях индивидуальной изоляции гибридных растений [3].

Объектами изучения были пятнадцать генотипов аллоцитоплазматической яровой пшеницы, в геноме которых обнаружен аллель «дикого» типа *Wx-B1a* (с помощью праймеров *4F/4R*) [10—14]. Среди них девять образцов имели цитоплазму *T. timopheevii*, пять образцов — с цитоплазмой *T. aestivum* L., поскольку они получены в результате обратных скрещиваний, когда генотип АЦПГ был использован в качестве отцовской формы, а в качестве материнской был обычный сорт пшеницы мягкой. Еще один образец имеет цитоплазму *S. cereale* L. (табл. 1). Изучаемые формы представляют собой удобную генетическую модель для изучения специфики экспрессии ядерного генома пшеницы в результате его взаимодействия с чужеродной цитоплазмой [13—14].

Таблица 1

**Генетическое разнообразие форм АЦПГ,
у которых в результате с использованием молекулярных маркеров (4F/4R)
обнаружено наличие аллеля «дикого» типа *Wx-B1a***

№ п/п	№ генотипа	Цитоплазма (тип)	Уровень гетерогенности генотипов			Молекулярн. маркеры		Разновидность
			Линия	Мульти- линия	Попу- ляция	4F/4R	5+10	
1	13	<i>T. timopheevii</i>			+	+	+	Эритроспермум
2	14	<i>T. timopheevii</i>		+		+		Лютесценс
3	15	<i>T. timopheevii</i> × Заря			+	+	+	Лютесценс
4	16	<i>T. aestivum</i>			+	+	+	Лютесценс
5	17	<i>T. timopheevii</i>			+	+	+	Лютесценс
6	18	<i>T. timopheevii</i>			+	+		Лютесценс
7	19	<i>T. aestivum</i> L.	+			+		Лютесценс
8	20	<i>S. cereale</i> L.	+			+		Лютесценс
9	21	<i>T. timopheevii</i> (вар. 1.1)	+			+		Лютесценс
10	22	<i>T. aestivum</i> L.	+			+		Лютесценс
11	24	<i>T. timopheevii</i>		+		+		Лютесценс
12	25	<i>T. timopheevii</i>		+		+		Эритроспермум
13	27	<i>T. timopheevii</i> × Заря			+	+		Лютесценс
14	28	<i>T. aestivum</i> L.			+	+		Лютесценс
15	29	<i>T. aestivum</i> L.			+	+		Лютесценс

Хромосомные и цитоплазматические детерминанты у форм АЦПГ представляют собой взаимодополняющие (комплементарные) генетические системы клетки, тесное взаимодействие которых в процессе реализации онтогенетической программы в изменяющихся условиях выращивания определяет внутреннюю организацию и характер метаболических процессов. Цитоплазматическая наследственность у генотипов АЦПГ реализуется как эффект ядерно-цитоплазматического взаимодействия, т.е. через тесную кооперацию и интеграцию систем генома и плазмона. С типами цитоплазмы связана такая важнейшая биологическая функция, как устойчивость к различным биотическим и абиотическим факторам среды [1, 3].

На основе идентификации с использованием метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) были отобраны генотипы АЦПГ, у которых в геноме обнаружен аллель «дикого» типа Wx-B1a, что отражает сортовой уровень фенотипических характеристик клейковины. Сравнение этих генотипов с генотипами АЦПГ, у которых обнаружен эффект интрогрессии как результат беккроссирования в процессе их создания, позволяет, в свою очередь, отобрать генотипы с высоким уровнем изменчивости качественных характеристик клейковины в зерне.

Экспериментальные посева проводились на Полевой станции МСХА имени К.А. Тимирязева в период с 2013 года по 2015 год в коллекционном питомнике АЦПГ. Опыты включали сеялочные посева (площадь сеялочных посевов 5 кв. м с нормой высева 5,5 млн зерновок на га).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для скрининга аллельного состава генов был использован метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) с использованием праймеров (4F/4R) для идентификации генотипов с аллелем «дикого» типа Wx-B1a (рис. 1а, 1б).

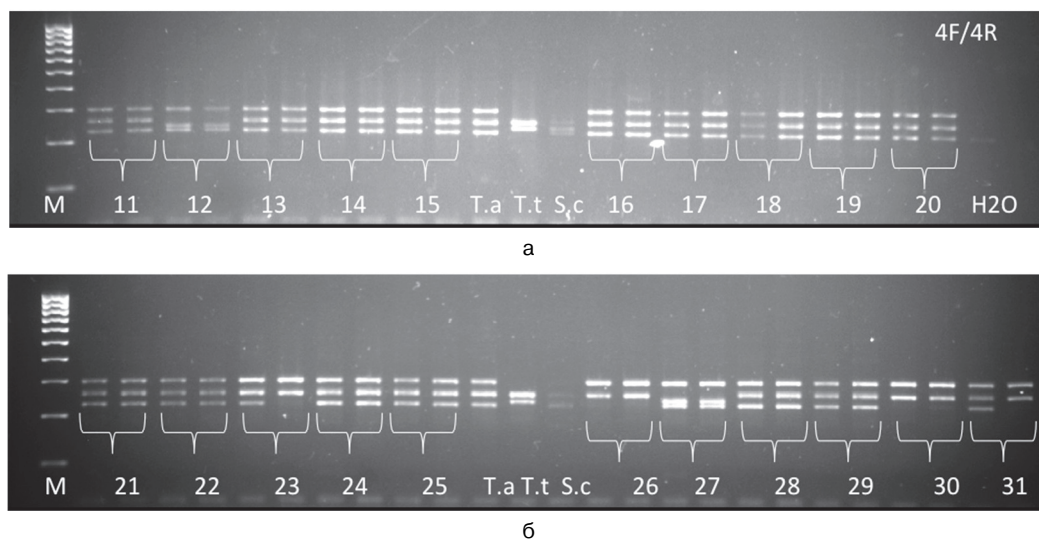


Рис. 1. Электрофореграмма результатов ПЦР-идентификации генотипов АЦПГ (праймеры 4F/4R), у которых установлено наличие в геноме аллеля «дикого» типа Wx-B1a.

Обозначения: М — ДНК-маркер; Т.а. — *Triticum aestivum* L.; Т.т. — *Triticum timopheevii*; S.c. — *Secale cereale* L.; а: № 11 — норма, (№ 12 — замещение) № 13, 14, 15 — норма, № 16, 17, 18, 19, 20 — норма и H₂O — вода; б: № 21, 22 — норма, (№ 23 — нуль-аллель), № 24, 25 — норма, (№ 26 — нуль-аллель и № 27 — замещение), № 28, 29 — норма, (№ 30 — нуль-аллель), № 31 — (расщепление) не включен в анализ

Известно, что хлебопекарные качества зерна детерминируются рядом факторов, главными из которых является количественное и качественное состояние клейковины, соотношение компонентов крахмала и текстура эндосперма зерновки. В свою очередь, состояние клейковины определяется, главным образом, составом субъединиц высокомолекулярных глютенинов (*HMW-GS*). Высокомолекулярные глютенины — это запасные белки эндосперма пшеницы, кодируемые локусами *Glu-A1*, *Glu-B1* и *Glu-D1*, локализованными на длинных плечах хромосом *1A*, *1B* и *1D* соответственно.

Ранее исследователями была выявлена взаимосвязь между присутствием определенных субъединиц высокомолекулярных глютенинов и силой теста, измеряемой *SDS*-седиментацией объема теста [6]. Основываясь на этом, была разработана балльная оценка каждого аллельного состояния высокомолекулярных глютенинов [7, 8].

Чем выше балл присваивался тому или иному аллелю, тем более существенное влияние он оказывал на хлебопекарные качества (табл. 2). Соответственно, самые высокие хлебопекарные качества соответствуют наибольшей величине (4 балла — при наличии субъединиц *HMW 5+10*) [9].

Таблица 2

Балльная оценка хлебопекарных качеств, определяемых аллелями *Glu-1*

Балл	Хромосома, аллель			Балл	Хромосома, аллель			Балл	Хромосома, аллель		
	1A	1B	1D		1A	1B	1D		1A	1B	1D
4	—	—	5 + 10	3	—	7 + 8	—	1	<i>null</i>	—	—
3	1	—	—	3	—	13 + 16	—	1	—	7	—
3	2*	—	—	2	—	7 + 9	—	1	—	6 + 8	—
3	—	17 + 18	—	2	—	—	2 + 12	1	—	20	—

Таким образом, с помощью данной классификации можно оценить хлебопекарные свойства сорта пшеницы путем сложения трех аллелей, экспрессирующихся в его генотипе. Однако данная оценка говорит лишь о потенциальных качествах сорта, так как хлебопекарные свойства во многом зависят и от условий окружающей среды, агротехники, степени повреждения зерна клопом-черепашкой и от других факторов.

Наивысший балл 4 соответствует аллелю, экспрессирующему субъединицы 5 + 10. Поэтому основным белковым маркером для хлебопекарных качеств пшеницы является пара высокомолекулярных глютенинов — *Dx-5* + *Dy-10* в локусе *Glu-D1*, тогда как альтернативная комбинация *Dx2* + *Dy12* обычно связывают с низким качеством клейковины [5, 8].

У четырех генотипов (№ 13, 15, 16 и 17) из 15 отмечено наличие ценной комбинации 5 + 10 для локуса *Glu-D1*, а качество клейковины этих генотипов соответствует I-й группе (см. табл. 1).

Варьирование хлебопекарных качеств различных сортов не может быть объяснено лишь изменением состава *HMW-GS*, т.к. субъединица глютенина с низкой молекулярной массой (*LMW-GS*), а также наличие глиадинов в меньшей пропорции и их взаимодействие с *HMW-GS* также играют важную роль в формировании прочности клейковины и хлебопекарных качеств [4].

На основе характеристик клейковины у генотипов аллоцитоплазматической яровой пшеницы с нормальным аллелем (*normal allele*) выделены различные группы генотипов, различающиеся по содержанию и качеству клейковины, определяющих хлебопекарные свойства муки. В частности, по содержанию сырой клейковины два генотипа АЦПГ (№ 24 и № 25) являются «отличными улучшителями» (массовая доля клейковины свыше 34%) (табл. 3).

Таблица 3

Количественные и качественные характеристики клейковины в зерне генотипов АЦПГ, у которых установлено наличие в геноме аллеля «дикого» типа Wx-B1a — праймеры 4F/4R

Показатели оценки качества клейковины, урожай 2012 года		Варианты (номера) генотипов АЦПГ (2015 год)				
		11	13	15	16	17
Содержание сырой клейковины		29,4	26,0	22,8	28,5	21,7
ИДК (ед. шк)		71,5	74,0	69,0	67,3	73,0
Группа по ГОСТ Р 54478-2011		I	I	I	I	I
Соответствие ГОСТ Р 52189-2003 по количеству и качеству клейковины		высший сорт	второй сорт	обойная	высший сорт	обойная
Соответствие нормам Центральной лаборатории ГСИ по клейковине (на Глютоматике)	По колич.	ценная	филлер хороший	филлер удовлетв	ценная	слабая
	По качеству	сильн.	ценная	ценная	ценная	ценная
	В целом	ценная	филлер хороший	слабая	сильная	слабая
Седиментация, мл		50	34	46	45	32
Соответствие нормам по значениям седиментации		сильная	средняя	сильная	сильная	средняя

Продолжение таблицы 3

Показатели оценки качества клейковины, урожай 2012 года		Варианты (номера) генотипов АЦПГ (2015 год)				
		18	19	20	21	22
Содержание сырой клейковины		27,4	28,8	29,5	30,9	31,5
ИДК (ед. шк)		76,3	82,2	90,8	69,4	73,7
Группа по ГОСТ Р 54478-2011		I	II	II	I	I
Соответствие ГОСТ Р 52189-2003 по количеству и качеству клейковины		второй сорт	высший сорт	высший сорт	первый сорт	первый сорт
Соответствие нормам Центральной лаборатории ГСИ по клейковине (на Глютоматике)	По колич.	филлер хороший	ценная	ценная	удовл. улучш	удовл. улучш.
	По качеству	ценная	ценная	филлер хор.	ценная	ценная
	В целом	филлер хороший	филлер хороший	филлер удовл.	удовл. улучш.	удовл. улучш
Седиментация, мл		39	50	20	58	55
Соответствие нормам по значениям седиментации		средняя	сильная	средняя	сильная	сильная

Продолжение таблицы 3

Показатели оценки качества клейковины, урожай 2012	Варианты (номера) генотипов АЦПГ (2015 год)				
	24	25	28	29	
1. Содержание сырой клейковины	37,8	35,9	30,6	32,1	
2. ИДК (ед. шк)	81,7	76,8	69,4	66,4	
Группа по ГОСТ Р 54478-2011	II	I	I	I	
Соответствие ГОСТ Р 52189-2003 по количеству и качеству клейковины	первый сорт	первый сорт	первый сорт	первый сорт	
Соответствие нормам Центральной лаборатории ГСИ по клейковине (на Глютоматике)	По колич.	отличный улучшит.	отличный улучшит.	удовлетв. улучшит.	удовлетв. улучшит.
	По качеству	ценная	ценная	ценная	ценная
	В целом	отличный улучшит.	отличный улучшит.	удовлетв. улучшит.	удовлетв. улучшит.
Седиментация, мл	67	52	52	54	
Соответствие нормам по значениями седиментации	очень сильная	сильная	сильная	сильная	

Оба генотипа АЦПГ имеют общий тип чужеродной цитоплазмы — *T. timopheevii* и весьма высокое содержание клейковины — 37,8% и 35,9% у генотипов № 24 и № 25 соответственно.

Эти генотипы являются мультилиниями, для них характерен единый тип чужеродной цитоплазмы (*T. timopheevii*), но они отличаются по разновидности генотипа: № 24 — лютесценс, № 25 — эритроспермум.

Эти генотипы различаются качеством клейковины: у генотипа № 25 — I-я группа качества (по ИДК), а у № 24 — II-я группа. Показатели седиментации, наоборот, более высокие у генотипа № 24 (очень сильная), тогда как у № 25 — «сильная».

Категория «хороший улучшитель» предполагает наличие сырой клейковины не менее 32% и ИДК — 45—75 ед. шк. К этой категории отнесен лишь один генотип (№ 29), имеющий цитоплазму пшеницы мягкой (*T. aestivum L.*). Этот генотип по уровню гетерогенности — гибридная популяция, разновидность — лютесценс.

К категории «удовлетворительный улучшитель» относятся три генотипа (№ 21, 22 и 28), поскольку у них содержание сырой клейковины не ниже 30%, а ИДК — 45—75 ед. шк. Две формы из этой категории пшеницы имеют обычную пшеничную цитоплазму *T. aestivum L.* (№ 22 и 28), тогда как третий генотип (№ 21) — цитоплазму *T. timopheevii* (вар. 1.1). Две формы (№ 21 и 22) представляют линии, а третья форма (№ 28) — гибридная популяция. Для всех генотипов этой группы характерно высокое качество клейковины — I-я группа ИДК, а значение седиментации относится к категории «сильная».

Категории «ценная пшеница» соответствуют сорта, у которых содержание клейковины не ниже 25%, а ИДК — 43—85 ед. шк. В эту группу входят четыре генотипа (№ 16, 18, 19 и 20). В частности, два генотипа (№ 16 и 19) на цитоплазме

T. aestivum L., тогда как генотип № 18 имеет цитоплазму *T. timopheevii*, а № 20 — *Secale cereale L.* Эти генотипы различаются также по уровню гетерогенности: № 16 и 18 — гибридные популяции, а № 19 и 20 — линии. По значениям седиментации два генотипа относятся к категории «сильная» (№ 16 и 19), а два остальных (№ 18 и 20) — к категории «средняя».

К категории «хороший филлер» отнесен лишь один генотип (№ 13) с содержанием клейковины не ниже 25%, а ИДК — 35—90 ед. шк. Этот генотип АЦПГ с цитоплазмой *T. timopheevii* представляет гибридную популяцию. Качество клейковины этого генотипа относится к I-й группе (ИДК — 74 ед. шк.), а по значениям седиментации (34 мл) соответствует норме «средняя».

К категории слабых сортов пшеницы по содержанию массовой доли клейковины отнесены генотипы, у которых этот показатель не ниже 18%, а ИДК от 0 до 120 ед. шк. Это генотипы № 15 и 17, у которых содержание клейковины соответственно 22,8% и 21,7%.

Следует отметить, что качество клейковины у этих генотипов весьма высокое — (ИДК — 69,0 ед. шк. у № 15) и 73,0 ед. шк. — у № 17), т.е. это первая группа качества. Показатель седиментации у № 15 (46 мл) относится к категории «сильная», а у генотипа № 17 показатель седиментации соответствует характеристике «средняя» (32 мл).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате идентификации с использованием молекулярного маркирования (праймеры *4F/4R*) из коллекции выделены 15 генотипов аллоцитоплазматической яровой пшеницы с аллелем «дикого» типа *Wx-B1a*.

Технологический анализ клейковины у 14 генотипов отражает ее значительное разнообразие как по содержанию, так и по качеству. К категории сильных сортов пшеницы (клейковина не менее 28%) отнесены десять генотипов, при этом у семи генотипов качество клейковины по результатам ИДК соответствует I-й группе, а у трех генотипов — II-й группе.

Два генотипа АЦПГ по содержанию клейковины относятся к категории слабых сортов (клейковины не менее 18%), однако качество клейковины этих сортов остается высоким — I-я группа.

Такое разнообразие генотипов пшеницы по содержанию и качеству клейковины может представлять интерес для изготовления изделий целевого назначения. Мука из сильных сортов мягкой пшеницы (при содержании клейковины не менее 32%) является, как известно, улучшителем более слабой муки, тогда как слабые сорта (содержание клейковины 13—23%) целесообразно использовать для изделий типа галет и крекеров.

На основе идентификации генотипов аллоцитоплазматической яровой пшеницы с аллелем «дикого» типа *Wx-B1a* (праймеры *4F/4R*) методом ДНК-маркирования и анализа клейковины установлен потенциал их генетической изменчивости с целью использования его в селекции пшеницы на качество.

© О.Г. Семенов, М.Г. Дивашук, Хайтембу Герхард Шангешапувако, В.Г. Плющиков, Т.И. Хупацария, В.В. Введенский, А.А. Почтовый, 2018.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Даниленко Н.Г., Давыденко О.Г. Миры геномов органелл. Мн.: Изд-во Тэхналогія, 2003.
2. Мелешикина Е.П., Коломиец С.Н. и др. Целевое использование зерна и муки — требование времени // Пищевая промышленность. 2013. № 9. С. 64—66.
3. Семенов О.Г. Аллоцитоплазматическая пшеница. Биологические основы селекции: Монография. М.: Изд-во РУДН, 2000.
4. Хайтембу Герхард Шангешанувако Реализация качественного потенциала зерна различных морфобиотипов аллоцитоплазматической яровой пшеницы в условиях Московского региона: дисс. на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Москва. 2017.
5. Horvat D. The relative amounts of HMW glutenin subunits of OS wheat cultivars in relation to bread-making quality / Horvat D., Jurcovic Z., Sudar R., Pavlinic D., Simic G. // Cereal Res. 2002. Vol. 30. P. 415—422.
6. Payne P.I. Genetics of wheat storage proteins and the effect of allelic variation on bread-making quality // Ann. Rev. Plant Physiol. 1987. V. 38. P. 141—153.
7. Payne P.I., Nighthingale M.A., Krattiger A.F., Holt L.M. The relationship between the composition and the breadmaking quality of British grown wheat varieties // J. Sci. Food Agric. 1987. Vol.40. P. 51—65.
8. Tanaka H., Toyoda S., Tsjimoto H. Diversity of Low-Molecular-Weight glutenin subunit genes in Asian common wheat (*Triticum aestivum* L.) // Breeding Science, 2005.
9. Weegels P.L., Hamer R.J., Schofield I.D. Functional properties of wheat glutenin // Journal of Cereal Science. 1996. Vol. 23. P. 1—18.
10. Дивашук М.Г., Климушина М.В., Карлов Г.И. Молекулярно-генетическая характеристика аллеля wx-b1e мягкой пшеницы и применимость ДНК-маркеров для его идентификации // Генетика. 2011. Т. 47. № 12. С. 1611.
11. Климушина М.В., Гладких Н.И., Дивашук М.Г., Беспалова Л.А., Васильев А.В., Карлов Г.И. Распределение аллелей генов Wx в коллекции мягкой пшеницы Краснодарского НИИСХ им. П.П. Лукьяненко // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16. № 1. С. 187—192.
12. Климушина М.В., Крупин П.Ю., Дивашук М.Г., Карлов Г.И. Об оптимизации систем молекулярного маркирования Waxy-генов пшеницы для целей масс-селекции // Сельскохозяйственная биология. 2010. № 5. С. 36—41.
13. Климушина М.В., Дивашук М.Г., Мухаммед Т.А.К., Семенов О.Г., Карлов Г.И. Анализ аллельного состава генов, связанных с хлебопекарными качествами у аллоцитоплазматических гибридов пшеницы // Генетика. 2013. Т. 49. № 5. С. 617.
14. Tawfeek A.K.M., Divashuk M.G., Semenov O.G. Screening of allelic genes, associated with the baking quality of grain in various hybrid alloctoplasmic sping wheat. / В книге: Инновационные процессы в АПК: сборник статей VII Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых, аспирантов и студентов (на иностранных языках). Conference Papers of the VII International Scientific and Practical Conference of Professors, Young Scientists, Post-graduate and Under-Graduate students. Российский университет дружбы народов. 2015. С. 160—161.

Сведения об авторах:

Семенов Олег Григорьевич — кандидат биологических наук, профессор департамента техно-сферной безопасности Аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов; e-mail: semenov_og@rudn.university

Дивашук Михаил Георгиевич — кандидат биологических наук, доцент Центра молекулярной биотехнологии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. e-mail: genetics@timacad.ru

Хайтембу Герхард Шангешанувако — кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории аналитических услуг и разработки продуктов (отдел биотехнологии) Министерства сельского, водного и лесного хозяйства. Виндхук. Намибия. e-mail: g.haitembu@yahoo.com

Плющиков Вадим Геннадьевич — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор Аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов. e-mail: plyuschikov_vg@rudn.university

Хупацария Титико Итолитович — кандидат биологических наук, профессор кафедры генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева; e-mail: genetics@timacad.ru

Введенский Валентин Валентинович — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, директор агробиотехнологического департамента Аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов. e-mail: vvedensky_vv@rudn.university

Почтовый Андрей Андреевич — аспирант биологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова; e-mail: genetics@timacad.ru

Для цитирования:

Семенов О.Г., Дивашук М.Г., Хайтембу Герхард Шангешапвако, Плющиков В.Г., Хупацария Т.И., Введенский В.В., Почтовый А.А. Специфика сочетаний качественных и количественных характеристик клейковины у генотипов аллоцитоплазматической яровой пшеницы с аллелем Wx-B1a // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2018. Т. 13. № 1. С. 14—25. doi 10.22363/2312-797X-2018-13-1-14-25.

DOI: 10.22363/2312-797X-2018-13-1-14-25

SPECIFICITY OF COMBINATIONS OF QUALITATIVE AND QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF GLUCOVINE IN GENOTYPES OF ALLOCYTOPLASMATIC SPRUCE WHEAT WITH ALLEL OF WILD TYPE Wx-B1a

**O.G. Semenov¹, M.G. Divashur^{2,4},
Haitembu Gerhard Shangeshapwako³, V.G. Plushikov¹,
T.I. Hupacaria², V.V. Vvedensky¹, A.A. Pochtovy⁵**

¹Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)
Miklukho-Maklaya st., 6, Moscow, Russia, 117198

²Russian State Agrarian University
Timiryazevskaya st., 49, Moscow, Russia, 127550

³Analytical Services and Product Development Laboratory (Biotechnology Section).
Ministry of Agriculture, Water and Forestry
Government Office Park, Luther st., Windhoek, Namibia

⁴All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology
Timiryazevskaya st., 42, Moscow, 127550, Russia

⁵Lomonosov Moscow State University
GSP-1, Leninskie Gory, Moscow, Russia, 119991

Abstract. As a result of screening of the allelic composition of genes associated with baking properties, a significant genotypic variety of forms of allocytoplasmic spring wheat (ATSGG) from the ATI PFUR collection was established. In addition to the altered forms, 15 genotypes were isolated as a result of recombinations and introgression, in the genome of which the presence of a allele of wild type Wx-B1a (primer 4F / 4R) was detected. Analysis of the content and quality of gluten in these forms of ACPG made

it possible to differentiate these genotypes according to their functional characteristics, which are related to baking properties. The amplitude of the differences in the genotypes of the ACPG in terms of the mass fraction of gluten is from 21.7% to 37.8%, the quality of gluten according to the IDK parameters in the majority of the studied genotypes of the I-st group. The genotypes of the category of strong wheat are of particular value: No. 24 (cytoplasm T. timopheevii), in which the mass fraction of gluten is 37.8% (class of super-strong wheat), and also genotypes of the 1st class, in which the gluten content is not less than 32%, and the quality of gluten is not lower than the I-st group (IDK — 43—77 units.). These are genotypes No. 25 (the cytoplasm of T. timopheevii) and No. 29 (the cytoplasm of T.aestivum L., as a result of backcrossing).

To the category of strong wheat of the 2nd class (mass fraction of gluten is not lower than 28%, and the quality of gluten is the I-st group), four genotypes are classified. The category of valuable wheat of the 3rd class includes two genotypes, in which the mass fraction of gluten is not less than 25%. However, the quality of gluten in these genotypes is not II-th group, but higher — it corresponds to the I-st group.

Genotypes with a specific combination of the mass fraction of gluten characteristic of strong and valuable wheat, with the qualitative characteristics of gluten of the I-th group, expand the range of their intended use in the production of bakery products.

Key words: allo-cytoplasmic wheat, gluten quality, gluten quantity, normal allele, foreign cytoplasm

REFERENCES

1. Danilenko N.G. and Davydenko O.G. The worlds of organelle genomes. Minsk: Tekhnologiya, 2003.
2. Meleshkina E.P., Kolomic S.N. et al. Targeted use of grain and flour — Time Requiremen. *Food Industry*. 2013. Vol. 9. P. 64—66.
3. Semenov O.G. Allo-cytoplasmic wheat. Biological bases of selection: monograph. M.: Publishing house of PFUR, 2000.
4. Haitembu Gerhard Shangeshapwako. Realization of potential quality grains of various morphobiotypes of allocytoplasmic spring wheat in conditions of the Moscow region. Dissertation. Moscow. 2017.
5. Horvat D., Jurcovic Z., Sudar R., Pavlinic D., Simic G. The relative amounts of HMW glutenin subunits of OS wheat cultivars in relation to bread-making quality. *Cereal Res*. 2002. Vol. 30. P. 415—422.
6. Payne P.I. Genetics of wheat storage proteins and the effect of allelic variation on bread-making quality. *Ann. Rev. Plant Physiol*. 1987. V. 38. P. 141—153.
7. Payne P.I., Nigthingale M.A., Krattiger A.F., and Holt L.M. The relationship between the composition and the breadmaking quality of British grown wheat varieties. *J. Sci. Food Agric*. 1987. Vol.40. P.51—65.
8. Tanaka H., Toyoda S., Tsijmoto H. Diversity of Low-Molecular-Weight glutenin subunit genes in Asian common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Breeding Science*, 2005.
9. Weegels P.L., Hamer R.J., Schofield I.D. Functional properties of wheat glutenin. *Journal of Cereal Science*. 1996. Vol. 23. P. 1—18.
10. Divashuk M.G., Klimushina M.V., Karlov G.I. Molecular genetic characteristics of the WX-B1E allele from common wheat and applicability of the DNA markers for its identification. *Russian Journal of Genetics*. 2011. T. 47. № 12. P. 1428—1432.
11. Klimushina M.V., Gladkih N.I., Divashuk M.G., Bespalova L.A., Vasilyev A.V., Karlov G.I. Distribution of allelic variants of Wx genes in the common wheat collection made at the Krasnodar Lukyanenko research Institute of Agriculture. *Vavilov journal of genetics and plant breeding*. 2012. T. 16. No. 1. P. 187—192.
12. Klimushina M.V., Kroupin P.Yu., Divashuk M.G., Karlov G.I. About optimization of molecular labeling of wheat Waxy-genes for mass-selektion. *Agricultural biology*. 2010. Vol. 5. P. 36—41.

13. Klimushina M.V., Divashuk M.G., Karlov G.I., Mokhammed T.A.K., Semenov O.G. Analysis of allelic state of genes responsible for baking properties in alloctoplasmic wheat hybrids. *Russian Journal of Genetics*. 2013. T. 49. № 5. P. 530—538.
14. Tawfeek A.K.M., Divashuk M.G., Semenov O.G. Screening of allelic genes, associated with the baking quality of grain in various hybrid alloctoplasmic sping wheat. *Conference Papers of the VII International Scientific and Practical Conference of Professors, Young Scientists, Post-graduate and Under-Graduate students*. Russian State Agrarian University. 2015. P. 160—161.

For citation:

Semenov O.G., Divashur M.G., Haitembu Gerhard Shangeshapwako, Plushikov V.G., Hupacaria T.I., Vvedenskiy V.V., Pochtovyy A.A. Specificity of combinations of qualitative and quantitative characteristics of glucovine in genotypes of alloctoplasmatic spruce wheat with allele of wild type Wx-B1a. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*, 2018, 13 (1), 14—25. DOI: 10.22363/2312-797X-2018-13-1-14-25.