

Хайтембу Герхард Шангешапувако

**РЕАЛИЗАЦИЯ КАЧЕСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЗЕРНА
РАЗЛИЧНЫХ МОРФОБИОТИПОВ АЛЛОЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ
ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА**

Специальность 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва – 2017

Работа выполнена в Департаменте техносферной безопасности Аграрно-технологического института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов»

Научный руководитель Семенов Олег Григорьевич
кандидат биологических наук, доцент, профессор Департамента техносферной безопасности Аграрно-технологического института ФГАОУ ВО РУДН

Официальные оппоненты Тютюма Наталья Владимировна
доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, врио директор ГНУ Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия

Рубец Валентина Сергеевна
кандидат биологических наук, доцент кафедры генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства
ФГБОУ ВО Российский Государственный Аграрный Университет – МСХА им. К.А. Тимирязева

Ведущая организация:
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»

Защита диссертации состоится «04» июля 2017 года в 11.00 на заседании диссертационного совета Д 999.078.03 при федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов» по адресу: г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.8, корпус 2, ауд. 423.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Российского университета дружбы народов (117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6).

Объявление о защите и автореферат диссертации размещены на сайтах: www.vak.ed.gov.ru, www.rudn.ru

Автореферат разослан « ___ » _____ 2017 года

Ученый секретарь
диссертационного совета,
к. с.-х. н., доцент

Введенский В.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Важнейшей и актуальной проблемой пищевой и хлебопекарной промышленности является потребность в сильных и ценных сортах пшеницы, у которых высокое качество зерна устойчиво сохраняется даже в неблагоприятных условиях выращивания (переувлажнение, низкие температуры). Сложность решения этой системной проблемы заключается в известной биологической зависимости снижения качественных критериев зерна у сортов по мере повышения у них урожайности, поскольку в системе целостного онтогенеза между ними часто существуют отрицательные корреляции. Изучение нового исходного материала на основе идентификации сортообразцов аллоцитоплазматической пшеницы с улучшенной урожайностью зерна при одновременном повышении или сохранении качества зерна, - актуальная проблема в решении продовольственного обеспечения страны.

Цели и задачи исследований – Цель исследований заключается в изучении уровня вариабельности качественных характеристик клейковины у генотипов аллоцитоплазматической яровой пшеницы в зависимости от уровня влагообеспеченности в фазу формирования и налива зерна в 2013-2015 годы.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

- 1) Анализ 30 форм аллоцитоплазматической яровой пшеницы с различными типами цитоплазмы по комплексу биологических хозяйственно-ценных признаков в 2013-2015 годах.
- 2) Осуществить генетическую идентификацию изучаемых форм АЦПГ методом скрининга аллельного состава генов, связанных с качеством клейковины зерна.

- 3) Изучить вариабельность количественных и качественных характеристик клейковины у высококачественных генотипов аллоцитоплазматической пшеницы в зависимости от погодных условия в период налива зерна.
- 4) Провести анализ морфологических особенностей зерновок отражающих мукомольные свойства зерна у ценных по качеству клейковины форм аллоцитоплазматической яровой пшеницы.
- 5) Осуществить морфобиологическую идентификацию высококачественных генотипов АЦПГ с использованием молекулярного маркирования.
- 6) Изучить генотипические особенности сортов АЦПГ, связанные с качественными характеристиками зерна.

Научная новизна исследований заключается в разработке и практическом использовании методических подходов к созданию новых высококачественных морфобиотипов яровой пшеницы на основе ядерно-цитоплазматических генетических систем с различными типами чужеродной цитоплазмы.

Впервые установлена возможность создания морфобиотипов с повышенной устойчивостью сохранения качественных и количественных характеристик в условиях высокой влагообеспеченности в фазу налива зерна.

Впервые изучены высококачественные морфобиотипы аллоцитоплазматической пшеницы, у которых в геноме обнаружен неактивный Wx-аллель, снижающий содержание амилозы в крахмале, что представляет практическую ценность для его использования в пищевой и спиртовой промышленности.

Практическая значимость работы. Впервые дана сравнительная оценка формирования качественных и количественных характеристик клейковины у созданных на основе молекулярного маркирования групп морфобиотипов в различные по влагообеспеченности годы (2013-2015): группа генотипов с эффектом интрогрессии (замещения); группа генотипов с нефункциональным «нуль-аллелем» Waxy-пшеницы (Waxy-B1b) и группа генотипов с нормальным аллелем («normal allele»)

Основные положения, выносимые на защиту:

- генетическая идентификация различных морфобиотипов аллоцитоплазматической яровой пшеницы методом скрининга аллельного состава генов, связанных с качеством клейковины зерна.
- вариабельность количественных и качественных характеристик клейковины высококачественных генотипов АЦПГ в зависимости от уровня влагообеспеченности в период налива зерна.
- морфобиологические особенности зерновок, определяющих мукомольные свойства зерна у ценных по качеству клейковины генотипов пшеницы.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 9 научных работ, 3 из которых в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы доложены на IV (2013 г.) и V (2014 г.) Международных научно-практических конференциях преподавателей, молодых ученых и аспирантов «Инновационные процессы в АПК», Москва, ФГАОУ ВО РУДН, на Международных научно-практических конференциях «Современная парадигма научного знания: актуальность и перспективы», Москва, ФГАОУ ВО РУДН (2013, 2014 гг.).

Степень достоверности работы. Работа выполнена на современном научном и методическом уровне. Достоверность полученных результатов обусловлена методически правильной схемой полевых, морфологических и лабораторных исследований, высоким качеством иллюстраций, анализом количественных и качественных данных с привлечением элементов математического аппарата. Достоверность данных подтверждена их статистической обработкой с применением программ «Статистического пакета анализа данных в MS Excel 2010».

Личный вклад соискателя. Диссертация Хайтембу Г.Ш. представляет собой самостоятельное исследование, в процессе которого изучены аспекты возможности реализации качественного потенциала сортообразцов

аллоцитоплазматической яровой пшеницы и устойчивости сохранения их качественных и количественных характеристик в условиях высокой влагообеспеченности в фазу налива зерна.

Результаты исследований, представленные в диссертации, получены автором в Департаменте техносферной безопасности АТИ РУДН, ряд анализов был проведен в Центре молекулярной биотехнологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, экспериментальные посевы проводились на Полевой опытной станции МСХА. Автор принимал непосредственное участие в разработке программы диссертационных исследований, ее осуществлении в полевых условиях, а также при лабораторных исследованиях в Центре молекулярной биотехнологии по изучению аллельного состояния высокомолекулярных глютеинов методом ПЦР. Научные результаты получены автором лично. Также самостоятельно проведен анализ полученных данных, сделан ряд важных и научно обоснованных выводов, подготовлены научные публикации по результатам работы.

Объем работы и структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 3 глав, выводов, рекомендаций. Список использованной литературы включает 188 наименований, в том числе 115 иностранных источников. Работа изложена на 185 страницах компьютерного текста, содержит 35 таблиц, иллюстрирована 17 рисунками. Приложение включает 15 рисунков и две таблицы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования являлись 30 генотипов аллоцитоплазматической пшеницы *T.aestivum L.* на цитоплазме некоторых видов пшеницы (*Triticum timopheevii Zhuk*), а также на цитоплазме ржи зерновой - *Secale cereale L.* (озимый сорт Вятка).

Среди изучаемых 30 генотипов аллоцитоплазматической пшеницы (АЦПГ) значительная часть (21 генотип) имеют чужеродную цитоплазму *T. timopheevii*, в том числе 5 генотипов (№№ 5, 6, 7, 15 и 27) получены на основе

гибридизации с озимым сортом Заря, характерной особенностью которого являются, в частности, такие свойства как крупность зерновок и устойчивость к патогенам.

Пять генотипов (№№ 16, 19, 27, 28 и 29) - с обычной пшеничной цитоплазмой *T.aestivum L.*, поскольку они получены в результате реципрокных (обратных) скрещиваний.

Четыре генотипа (№№ 20, 23, 26 и 30) имеют уникальный тип чужеродной цитоплазмы *Secale cereale L.*, на основе которой в поздних поколениях АЦПГ были получены три гибридные формы путем скрещивания с озимым сортом Заря (№№ 23, 26 и 30).

Экспериментальные посеы проводились на Полевой станции МСХА им К.А. Тимирязева в период с 2013 г по 2015 г в коллекционном питомнике АЦПГ. Полевые опыты включали ручные и сеялочные посеы. Площадь ручных посевов 1-5 м², сеялочных посевов - 5 м², с нормой высева 5.5 млн зерновок на га. Проводилась оценка состояния растений в процессе их вегетации: фенологические наблюдения, фиксация основных фаз развития растений; продолжительность вегетационного периода от появления всходов до фазы колошения и полной спелости зерна; устойчивость к полеганию (по 10-балльной системе); уровень облиственности растений и визуальная оценка интенсивности окраски листьев. Морфобиологическая идентификация проводилась согласно Классификатора рода *TRITICUM L.* (составители: М.М. Якубцинер, А.А.Филатенко и др., 1977г, Ленинград). Определение содержания сырой клейковины в муке из мягкой пшеницы проводилось механизированным способом согласно ГОСТ Р 52189-2003 в лаборатории технологии зерна НИИСХ ЦРНЗ. Ассимиляционная площадь листьев (флаговый и предфлаговый листья) определялась на основе измерения линейных параметров листьев (макс. длина и ширина) с использованием поправочного коэффициента $K=0,65$. Выборка растений составляла не менее 10. Проведение полимеразной цепной реакции (ПЦР) осуществлялось СТАВ-методом. Математическая обработка

полученных экспериментальных результатов проводилась с использованием «Статистического пакета анализа данных в *MS Excel 2010*».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На основе комплексного изучения АЦПГ с использованием молекулярного маркирования и анализа клейковины были выделены морфобиотипы на основании общности их генетических характеристик, связанных с качественными параметрами зерна.

Анализ генетического полиморфизма различных форм АЦПГ на основе молекулярного маркирования

Изучаемые генотипы АЦПГ распределены на три группы на основе результатов молекулярного маркирования:

I группа – 12 генотипов АЦПГ (№№ 1-12), у которых обнаружено явление интрогрессии в ядерном геноме *T.aestivum* L., т.е. установлен эффект «замещения» от материнской формы *T.timopheevii* в процессе беккроссирования (праймер 4F/4R).

II группа – генотипы АЦПГ (№№ 23, 26, 30), у которых обнаружен эффект "нулл-аллель" по *Waxy-B1b* хромосом в геноме (праймер 4F/4R).

III группа – 15 генотипов АЦПГ (№№ 13-22, 24, 25, 27-29), у которых установлено наличие в геноме нормального аллеля «normal allele» (праймер 4F/4R).

Первая группа с эффектом «замещения»

Первая группа состоит из двенадцати номеров, все образцы имели исходную при создании АЦПГ цитоплазму *Triticum timopheevii* (Таблица 1).

Таблица 1 - Молекулярный анализ генотипов с использованием праймеров 4F/4R (замещение) и ТаСМ4 (тип *T.timopheevii*) с целью идентификации АЦПГ

№. генотипа в 2015 г	Тип цитоплазмы у АЦПГ	Праймеры	
		Праймеры 4F/4R (замещение)	праймеры ТаСМ4
1	<i>T.timopheevii</i>	+	
2	<i>T.timopheevii</i>	+	
3	<i>T.timopheevii</i>	+	
4	<i>T.timopheevii</i>	+	
5	<i>T.timopheevii</i> × Заря	+	-
6	<i>T.timopheevii</i> × Заря	+	-
7	<i>T.timopheevii</i> × Заря	+	-
8	<i>T.timopheevii</i>	+	
9	<i>T.timopheevii</i>	+	
10	<i>T.timopheevii</i>	+	
12	<i>T.timopheevii</i>	+	-
27	<i>T.timopheevii</i> × Заря	+	-

Количественные и качественные характеристики клейковины в зерне генотипов, у которых в геноме обнаружен эффект интрогрессии (замещение)

Содержание клейковины в зерне пшеницы и ее качество — важные показатели, характеризующие качество зерна. На основе ПЦР - идентификации коллекции генотипов АЦПГ, были выделены 12 генотипов, у которых в геноме обнаружен эффект интрогрессии (замещение) от материнской формы *T.timopheevii* в ядерный геном *T.aestivum* L. в процессе беккроссирования (праймер 4F/4R).

Все образцы этой группы имели исходную при создании АЦПГ цитоплазму *Triticum timopheevii*. Однако идентификация этих образцов АЦПГ с использованием праймера ТаСМ4 выявила генетическое соответствие *T.timopheevii* лишь у семи генотипов (№№ 1-4 и 8-10), тогда как у пяти генотипов (№№ 5-7, 12 и 27) такое соответствие отсутствует.

Особенностью этих генотипов является общая генетическая структура, т.е. исходная при создании АЦПГ цитоплазма (*Triticum timopheevii*), разновидность (эритроспермум).

В эту группу входят генотипы, относящиеся к категории сильных сортов пшеницы (11), и один сорт со средними характеристиками качества (№ 1). В

условиях 2014 года содержание сырой клейковины у этих генотипов варьировало в пределах от 22,8% у № 5 до 34,4% у № 12. У № 12 содержание клейковины свыше 34% - этот образец является отличным улучшителем, а № 3 - 30,9%; № 8 - 30,9%; № 9 - 30,2% и № 10 - 30,3% являются удовлетворительными улучшителями. Ценными являются № 2 - 27,7%; № 4 - 28,2% и № 27 - 29,7%. Филлерами оказались № 6 - 28,0%, № 7 - 25,4% - хороший филлер, а № 1 - 24,2% и № 5 - 22,8% - удовлетворительный филлер (таблица 2а и 2б).

В целом, по количеству и качеству клейковины (ГОСТ Р52189-2003) четыре (№№ 3, 8, 9 и 10) из этих двенадцати генотипов соответствуют первому сорту, а по нормативам такого показателя качества клейковины как седиментация они отнесены к категории очень сильных пшениц: № 9 и 10 - (>60 мл); сильных пшениц - № 3 и №8 (58 мл). Пять номеров (№№ 4, 5, 6, 12, 27) соответствуют высшему сорту, а по нормативам такого показателя качества клейковины как седиментация они отнесены к категории сильных пшеницы № 4 - 44 мл, № 5 - 46 мл (обойная), № 6 - 43 мл, № 12 - 54 мл и № 27 - 50 мл. Два номера (№ 2 и 7) соответствуют второму сорту, а по нормативам такого показателя качества клейковины как седиментация они отнесены к категории сильных пшеницы № 2 - 42 мл и № 7 - 43 мл. Два генотипа (№ 1 и 2) соответствуют третьему сорту, а по нормативам такого показателя качества клейковины как седиментация они отнесены к категории средних пшениц № 1 - 31 мл, и сильных пшениц № 2 - 42 мл. Количественные и качественные характеристики клейковины в зерне генотипов АЦПГ с цитоплазмой *T.timopheevii*, у которых обнаружено явление интрогрессии в ядерный генотип *T.aestivum* L. (эффект «замещения») от материнской формы *T.timopheevii* в процессе беккроссирования (праймеры 4F/4R) представлены в таблице № 2а и 2 б.

Таблица 2а - Характеристика клейковины у 6 из 12 генотипов АЦПГ с эффектом «замещения»

Показатели оценки качества клейковины, урожай 2012 (МСХА)		Варианты (номера) генотипов АЦПГ (2015)					
		1	2	3	4	5	6
1. Содержание клейковины	Сырой	24,2	27,7	30,9	28,2	22,8	28,0
	Сухой	7,6	9,4	10,2	9,3	7,6	9,0
2. ИДК (ед. шк)		77,6	67,5	69,4	72,5	6,0	78,2
Группа по ГОСТ Р 54478-2011		II - I	I	I	I	I	II
Соответствие ГОСТ Р 52189-2003 по количеству и качеству клейковины		3	2 - 3	1	высший	обойная	высший
Соответствие нормам Центральной лаборатории ГСИ по клейковине (на Глютоматике)	По количеству	филлер удовл.	ценная	удовл. улучш.	ценная	слабая	слабая
	По качеству	ценная	сильн.	сильн.	сильн.	сильн.	ценная
	В целом	филлер удовл.	ценная	удовл. улучш.	ценная	филлер удовл.	филлер хороший
Седиментация, мл		31	42	58	44	46	43
Соответствие нормам по значениям седиментации		сред.	сильн.	сильн.	сильн.	сильн.	сильн.

Таблица 26 - Характеристика клейковины у 6 из 12 генотипов АЦПГ с эффектом «замещения»

Показатели оценки качества клейковины, урожай 2012 год (МСХА)		Варианты (номера) генотипов АЦПГ (2015 год)					
		7	8	9	10	12	27
1. Содержание клейковины	Сырой	25,4	30,9	30,2	30,3	34,4	29,7
	Сухой	8,3	10,2	10,0	10,2	11,4	-
2. ИДК (ед. шк)		77,6	69,4	65,4	65,4	76,8	76,4
Группа по ГОСТ Р 54478-2011		I - II	I	I	I	II	I
Соответствие ГОСТ Р 52189-2003 по количеству и качеству клейковины		2	1	1	1	высший	Высший
Соответствие нормам Центральной лаборатории ГСИ по клейковине (на Глютоматике)	По количеству	филлер хороший	улучш. удовл.	улучш. удовл.	улучш. удовл.	улучш. отл	Ценная
	По качеству	ценная	сильн. 45-75	сильн. 45-75	сильн. 45-75	сильн. 45-75	Ценная
	В целом	филлер хороший	улучш. удовл.	улучш. удовл.	улучш. удовл.	улучш. отл	ценная.
Седиментация, мл		43	58	62	68	54	50
Соответствие нормам по значениям седиментации		сильн.	сильн.	очень	очень	сильн.	сильн.

Вторая группа – генотипы с нефункциональным «нуль-аллелем» Wx-пшеницы (№№ 23; 26; 30)

Осуществлена идентификация генотипов АЦПГ по наличию в геноме нефункционального "нуль-аллеля" по Waxy-B1b (праймер 4F/4R).

Особенностью этих генотипов является общая генетическая структура, т.е. единый тип цитоплазмы (*S.cereale*), разновидность (эритроспермум), а также то, что все они являются линиями, т.е. представляют потомство отобранных крупных колосьев из общей гибридной комбинации с озимым сортом Заря.

Все эти три генотипа относятся к категории сильных пшениц, поскольку по содержанию клейковины (свыше 34%) они являются отличными улучшителями (таблица 3). В условиях 2014 года, содержание сырой клейковины у этих генотипов - свыше 40% - 42,3% (№ 23); 45,2% (№ 26) и 43,8% (№ 30).

Таблица 3 - Количественные и качественные характеристики зерна у генотипов яровой АЦПГ, у которых обнаружен "нуль-аллель" по Waxy-B1b в геноме (праймеры 4F/4R)

Показатели оценки качества клейковины, урожай 2015 года (МСХА)		Варианты (номера) генотипов АЦПГ(2015 год)		
		23	26	30
1. Содержание клейковины	Сырой	42,3	45,2	43,8
	Сухой	14,3	15,5	14,4
2. ИДК (ед. шк)		77,0	72,5	89,8
Группа по ГОСТ Р 54478-2011		1	1	2
Соответствие ГОСТ Р52189-2003 по количеству и качеству клейковины		Соответствует	Соответствует	Соответствует
Соответствие нормам Центральной лаборатории ГСИ по клейковине (на Глютоматике)	По количеству	Отл. улучш	Отл. улучш	Отл. Улучш
	По качеству	Ценные	Сильные	Хор. Филлер
	В целом	Ценные	Отл. улучш	Хор. Филлер
Седиментация, мл		69	87	74
Соответствие нормам по значениям седиментации		Очень сильная	Очень сильная	Очень сильная

В целом по количеству и качеству клейковины (согласно ГОСТ Р52189-2003) эти генотипы соответствуют первому сорту, а по нормативным данным такого показателя качества клейковины, как седиментация, качественные характеристики зерна отнесены к категории «очень сильных» пшениц (>60 мл). В то же время эти генотипы являются частично-вакси (*partial-waxy wheat*), поскольку в геноме они содержат один неактивный аллель (*Wx-B1b*), который частично блокирует синтез фермента GBSS амилозы, что меняет в зерне соотношение амилоза / амилопектин. Это, в свою очередь, влияет на технологические свойства пшеничной муки, а также на вкусовые качества конечной продукции.

Наибольшая доля муки Wx-пшеницы, использование которой не оказывает существенного отрицательного влияния на качество хлебобулочного изделия,

составляет 30%. В то же время мука Wx-пшеницы обладает потенциалом улучшителя, который способствует меньшему черствению готовой продукции.

Третья группа – генотипы с нормальным аллелем

«normal allele» (№№ 13-22; 24; 25; 27-29)

У пятнадцати из 30 изучаемых генотипов АЦПГ (*III группа*) было установлено наличие в геноме нормального аллеля (праймер 4F/4R). Девять образцов имели цитоплазму *Triticum timopheevii*, пять образцов с цитоплазмой *Triticum aestivum L.* и один образец с цитоплазмой *Secale cereale L.*

Количественные и качественные характеристики клейковины

в зерне генотипов, имеющих нормальный аллель (праймер 4F/4R)

На основе ПЦР - идентификации генотипов АЦПГ были выделены четырнадцать генотипов, у которых в геноме было установлено наличие нормального аллеля (праймеры 4F/4R). В эту группу входят девять генотипов (№№. 11, 15, 16, 19, 21, 22, 25, 28, 29), относящихся к категории «сильных» пшениц, четыре генотипа (№№. 13, 17, 18, 20) со средними характеристиками и один генотип (№. 24) – очень сильная пшеница. В условиях 2014 года содержание сырой клейковины у этих генотипов варьировало в пределах от 21,7% у № 17 до 37,8% у № 24.

Содержание клейковины у генотипов № 24 и № 25 (свыше 34%) 37,8% и 35,9% соответственно – это категория «отличный улучшитель», а генотипы № 21 - 30,9%; № 22 - 31,5%; № 28 - 30,6% и № 29 - 32,1% - это категория «удовлетворительный улучшитель». Ценными по показателю содержания клейковины являются № 11 - 29,4%; № 16 - 28,5%; № 19 - 28,8% и № 20 - 29,5%. Образец № 17 - 21,7 % - соответствует категории обойная. Филлерами оказались № 13 - 26,0% и № 18 – 27,4% (хорошие филлеры). Образец № 15 - 22,8% (категория обойная) - удовлетворительный филлер (таблица 4а и 4б).

Таблица 4а - Количественные и качественные характеристики клейковины в зерне генотипов АЦПГ, у которых установлено наличие в геноме нормального аллеля (normal allele) - праймеры 4F/4R (опыт в МСХА, 2014 год)

Показатели оценки качества клейковины, урожай 2012 года (МСХА)		Варианты (номера) генотипов АЦПГ (2015 год)							
		11	13	14	15	16	17	18	19
1. Содержание клейковины	Сырой	29,4	26,0	-	22,8	28,5	21,7	27,4	28,8
	Сухой	10,2	-	-	-	-	-	-	-
2. ИДК (ед. шк)		71,5	74,0	-	69,0	67,3	7,3	76,3	82,2
Группа по ГОСТ Р 54478-2011		I	I	-	I	I	I	I	II
Соответствие ГОСТ Р 52189-2003 по количеству и качеству клейковины		высш.	2	-	обой-ная	1	обой-ная	2	высш.
Соответствие нормам Центр. лаборатории ГСИ по клейковине (на Глютоматике)	По количеству	ценная	филлер хор.	-	филлер удовл.	ценная	слабая	филлер хор.	ценная
	По качеству	сильн. 45-75	ценная	-	ценная	ценная	ценная	ценная	ценная
	В целом	ценная	филлер хор.	-	слабая	слабая	слабая	филлер хор.	филлер хор.
Седиментация, мл		50	34	-	46	45	32	39	50
Соответствие нормам по значениям седиментации		сильн	средн.	-	сильн.	сильн.	средн.	средн.	сильн.

Таблица 4б - Количественные и качественные характеристики клейковины в зерне генотипов АЦПГ, у которых установлено наличие в геноме нормального аллеля (normal allele) - праймеры 4F/4R (опыт в МСХА, 2014 год)

Показатели оценки качества клейковины, урожай 2012 (МСХА)		Варианты (номера) генотипов АЦПГ (2015 год)						
		20	21	22	24	25	28	29
1. Содержание клейковины	Сырой	29,5	30,9	31,5	37,8	35,9	30,6	32,1
	Сухой	-	-	-	-	-	-	-
2. ИДК (ед. шк)		90,8	69,4	73,7	81,7	76,8	69,4	66,4
Группа по ГОСТ Р 54478-2011		II	I	I	II	I	I	I
Соответствие ГОСТ Р 52189-2003 по количеству и качеству клейковины		высш.	1	1	1	1	1	1
Соответствие нормам Центральной лаборатории ГСИ по клейковине (на Глютоматике)	По количеству	ценная	удовл. улучш.	удовл. улучш.	отл. улучш.	отл. улучш.	удовл. улучш.	удовл. улучш.
	По качеству	филлер хор.	ценная	ценная	ценная	ценная	ценная	Ценная
	В целом		удовл. улучш.	удовл. улучш.	отл. улучш.	отл. улучш.	удовл. улучш.	удовл. улучш.
Седиментация, мл		20	58	55	67	52	52	сильн.54
Соответствие нормам по значениями седиментации		средн.	сильн.	сильн.	очень сильн.	сильн.	сильн.	сильн.

В целом по количеству и качеству клейковины (ГОСТ Р52189-2003) семь генотипов (№№ 16, 21, 22, 24, 25, 28 и 29) соответствуют первому сорту, а по нормативам такого показателя качества клейковины как седиментация они отнесены к категории «очень сильных» пшениц № 24 (>60 мл), «сильных» пшениц № 16 - 45 мл; № 21 - 58 мл; № 22 - 55мл; № 25 - 52 мл; № 28 - 52 мл и № 29 - 54 мл. Три номера (№№ 11, 19, и 20) соответствуют высшему сорту, а по нормативам такого показателя качества клейковины, как седиментация, они отнесены к категории «сильных» пшениц № 11 - 50 мл, № 19 - 50 мл и № 20 - 20 мл. Два номера (№ 13 и 18) соответствуют второму сорту, а по нормативам такого показателя качества клейковины, как седиментация, они отнесены к категории средних пшеницы № 13 - 34 мл и № 18 - 39 мл. Два генотипа (№ 15 и 17) соответствуют третьему сорту, по нормативам такого показателя качества

клейковины, как седиментация, они отнесены к категории сильной пшеницы № 15 - 46 мл и средней пшеницы № 17 - 32 мл.

Вариабельность количественных и качественных характеристик клейковины в зависимости от погодных условий в период налива зерна

В условиях Подмосковья фаза формирования и налива зерна яровых сортов пшеницы часто проходит в период избыточного увлажнения (июль месяц), что приводит к снижению количественных и качественных характеристик зерна в связи с явлением «стекания зерна». Поэтому сорта сильной пшеницы с высоким содержанием клейковины хорошего качества не могут в полной мере проявить свои потенциальные генетические возможности, что приводит к снижению качественных характеристик зерна. В связи с этим необходимо исследование генотипов пшеницы, сочетающих количественные и качественные характеристики зерна сильной пшеницы с устойчивостью к абиотическим факторам, в частности к «стеканию зерна».

Среди изученных линий наибольшую селекционную ценность представляют три генотипа АЦПГ (№ 3, № 23 и № 24), у которых количественные и качественные характеристики клейковины относятся к категории сильных пшениц. В частности, в благоприятных условиях налива зерна (2014 г) содержание клейковины у них превышало 40% (№ 3 – 41,8%; № 23 – 42,3% и №24 – 47,9%).

Два генотипа (№ 3 и № 24) – с цитоплазмой *T. timopheevii*. При этом один из них (№ 3) представляет линию, а второй (№ 24) – мультилинейный генотип (потомство трех отобранных в 2010 году крупных колосьев). Третий отобранный генотип (№ 23) создан на основе чужеродной цитоплазмы *Secale cereale*, при этом в поздних поколениях этот генотип был использован в качестве материнской формы (как донор цитоплазмы) при гибридизации с озимым сортом Заря, который отличается рядом ценных свойств (крупнозерность, устойчивость к болезням и др.).

В 2014 году налив зерна проходил в условиях сухой солнечной погоды, а дефицит влаги в I, II и III декадах июля при сравнении со средними многолетними данными составил соответственно 18,7 мм; 29,0 мм и 27,0 мм, что обусловило нормальный уровень процессов налива зерна (Таблица 5).

Таблица 5 - Распределение осадков в период формирования и налива зерновок в 2013 и 2014 годах

Месяц	Декады	Средние многолетние осадки, мм	Осадки по декадам, мм			
			2013 год	Отклонение от средних многолетних	2014 год	Отклонение от средних многолетних
Июнь	III	25,0	23,6	-1,4	40,3	+15,3
Июль	I	28,0	28,0	0,0	9,3	-18,7
	II	29,0	55,3	+26,3	0,0	-29,0
	III	27,0	45,5	+18,5	0,0	-27,0
Август	I	26,0	21,2	-4,8	7,8	-18,2

В 2014 году в благоприятных для налива зерна погодных условиях (таблица 16) эти генотипы АЦПГ по нормативам качественных и количественных характеристик сырой клейковины соответствовали требованиям, предъявляемым к сильным пшеницам, поскольку содержание сырой клейковины в зерне этих генотипов выше 40%: 41,8% (№ 3), 42,3% (№ 23) и 47,9% (№ 24). Соответственно, данные характеристики позволяют отнести эти генотипы к категории сортов «отличных улучшителей», поскольку содержание сырой клейковины у них не ниже 34% (таблица 6).

В соответствии с классификационными нормативами качество клейковины (ИДК) у всех трех генотипов – на уровне I и II групп, а по результатам седиментации два генотипа (№ 23 и № 24) относятся к категории «очень сильной» пшеницы, а один генотип (№ 3) – к категории «сильной» пшеницы.

Однако в условиях избыточного увлажнения в период налива зерна в 2013 г. отмечено снижение количественных характеристик клейковины. Это объясняется тем, что II и III декады июля 2013 года отличались избыточным количеством осадков, превышение которых по сравнению со

среднегодовыми осадками во II декаде июля составило 26,3 мм, а в III декаде – 18,5 мм.

Таблица 6 - Уровень вариабельности количественных и качественных характеристик клейковины у генотипов в различных погодных условиях в фазу налива зерна (2013 и 2014 гг)

Показатели количества и качества клейковины		Генотипы (№№)					
		№ 3		№ 23		№ 24	
		2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
Содержание клейковины, %	Сырой	30,9	41,8	29,5	42,3	37,8	47,9
	Сухой	10,2	13,7	9,5	14,3	12,0	15,3
ИДК ед. Шк		69,4	89,9	83,2	77,0	81,7	94,7
Группа по ГОСТ Р 54478-2011		I 43-77*	II 78-102	II 78-102	I 43-77	II 78-102	II 78-102
Соответствие ГОСТ Р52189-2003 по количеству и качеству клейковины		Первый сорт > 30%*	Первый сорт > 30%	Высший сорт > 28%	Первый сорт > 30%	Первый сорт > 30%	Первый сорт > 30%
Соотв. нормам Центральной лаборатории ГСИ по клейковине (на Глютоматике)	По количеству	Удовлетворительный улучшитель	Отличный улучшитель	Удовлетворительный улучшитель	Отличный улучшитель	Отличный улучшитель	Отличный улучшитель
	По качеству	Сильные	Хороший филлер	Хороший филлер	Ценные	Ценные	Удовлетворительный филлер
	В целом	Удовлетворительный улучшитель	Хороший филлер	Ценные	Ценные	Ценные	Удовлетворительный филлер
Седиментация, мл		58	55	51	69	69	66
Соответствие нормам по значениям седиментации		Сильная 60-40*	Сильная 60-40	Сильная 60-40	Очень сильная > 60	Очень сильная > 60	Очень сильная > 60

* Нормативы в соответствии с ГОСТами.

Принято считать, что качество белка на 70% зависит от сорта и на 30% от условий выращивания, а количество белка, наоборот: на 70% – от среды и на 30% – от сорта. Таким, образом, к более консервативным свойствам, обусловленным генетической природой сорта, относятся качественные характеристики белка, тогда как содержание белка подвержено в большей

степени модификационной изменчивости в результате воздействия средовых факторов. Однако в условиях Северо-Востока России результаты исследований свидетельствуют о том, что более консервативным признаком является содержание клейковины. Результаты сравнительного изучения вариабельности количественных и качественных характеристик клейковины у генотипов АЦПГ в различающихся по влагообеспеченности погодных условиях (2013 и 2014 годы) свидетельствуют о незначительных изменениях качественных характеристик клейковины у генотипа № 23, тогда как у двух генотипов (№ 3 и № 24) таких изменений вообще не обнаружено. В то же время у всех изученных генотипов в 2013 г. отмечено снижение содержания клейковины на 10,1–12,8% по сравнению с 2014 год. В частности, снижение клейковины в 2013 г. составило 10,9% у генотипа № 3, 12,8% генотипа у № 23 и 10,1% у генотипа № 24 (таблица 7).

Таблица 7 - Снижение содержания сырой клейковины в условиях повышенной влагообеспеченности в период налива зерна в 2013 году, у генотипов АЦПГ (по сравнению с 2014 года), %

Показатели количества и качества клейковины		Генотипы (NN)					
		№ 3		№ 23		№ 24	
		2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
Содержание клейковины	сырой	30,9	41,8	29,5	42,3	37,8	47,9
	<i>снижение</i>	10,9		12,8		10,1	
	сухой	10,2	13,7	9,5	14,3	12,0	15,3
	<i>снижение</i>	3,5		4,8		3,3	

В соответствии с нормативами Центральной лаборатории ГСИ по клейковине (на Глютоматике) отмечено, что в изменившихся условиях 2013 года генотипы № 23 и № 24 сохраняют свои свойства на уровне ценной пшеницы, тогда как генотип № 3 – на уровне удовлетворительного улучшителя.

Согласно нормативам по значениям седиментации уровень характеристик клейковины у изучаемых генотипов в различных условиях практически не изменился. У двух генотипов он остался на уровне «сильной» - (№ 3), и на уровне «очень сильной» (№ 24), а у № 23 по данному показателю отмечено незначительное снижение уровня – от «очень сильный» до «сильный».

Снижение продуктивности растений (масса зерна с одного колоса) в связи с явлением «стекания зерна» в 2013 году отмечено лишь у одного генотипа (№ 3), которое составило 20%, тогда как у двух других генотипов (№ 23 и № 24) этот важный показатель в 2013 году оказался даже значительно выше – на 33,3 % у № 23 и на 28,6 % – у № 24 (таблица 8).

Таблица 8 - Варьирование элементов продуктивности растений у генотипов АЦПГ в 2013 и 2014 годах.

Показатели элементов продуктивности	Генотипы (№№)					
	№ 3		№ 23		№ 24	
	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
Масса 1000 семян, г	38,3 ± 1,1	41,3 ± 0,7	40,8 ± 0,9	39,7 ± 0,6	38,8 ± 1,0	42,9 ± 2,1
%	97,7	100	102,8	100	90,4	100
Разница	- 2,3%		+ 2,8%		- 9,6%	
Масса зерен с колоса, г	1,2 ± 0,1	1,5 ± 0,1	2,0 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,4 ± 0,1
%	80	100	133,3	100	128,6	100
Разница	-20%		+ 33,3%		+ 28,6%	
Число зерновок с колоса, шт.	31,4 ± 1,0	34,2 ± 0,6	43,6 ± 1,0	32,2 ± 1,6	44,3 ± 1,1	34,2 ± 1,6
%	91,8	100	135,4	100	129,5	100
Разница	- 8,2%		+ 35,4%		+ 29,5%	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Актуальной проблемой пищевой и хлебопекарной промышленности является потребность в сильных и ценных сортах пшеницы, у которых высокое качество зерна устойчиво сохраняется даже в неблагоприятных условиях выращивания (переувлажнение, низкие температуры и др.).

Известно, что для сельскохозяйственного производства пшеницы, как и для других культур, важна реализация максимальных возможностей сорта для обеспечения стабильности урожайности по годам.

Кроме того, важным фактором, определяющим потребительские свойства пшеничных муки и хлеба, является качество перерабатываемого зерна, обусловленное его химическим составом и технологическими свойствами, которые, в свою очередь, зависят от сортовых особенностей, почвенно-климатических условий выращивания, а также от уровня агрокультуры.

Снижение качества зерна обусловлено, главным образом, уменьшением массовой доли клейковины и выражено не только в негативном изменении соотношения между товарными классами, но и в ухудшении хлебопекарных свойств зерна и муки из пшеницы всех товарных классов.

Хлебопекарные свойства пшеничной муки зависят от белкового комплекса зерна и содержания клейковино-образующих фракций. Поэтому решение проблемы стабилизации высокого качества зерна пшеницы тесно связано с изучением формирования белков, влияния на них элементов технологии, абиотических и биотических факторов.

Одним из подходов к решению этой проблемы является изучение сортообразцов аллоцитоплазматической пшеницы с улучшенной урожайностью зерна при одновременном повышении или сохранении качества зерна, что важно для обеспечения в будущем устойчивых и качественных урожаев.

В связи с этим изучение коллекции из 30 генотипов аллоцитоплазматической пшеницы (АЦПГ), различающихся по типам чужеродной цитоплазмы, позволило выявить в нестабильных погодных условиях Московского региона генотипы АЦПГ с широким спектром онтогенетической адаптации, обеспечиваю-

щей устойчивое сочетание высокой продуктивности с хорошими хлебопекарными качествами зерна. Эти качества детерминируются рядом факторов, главные из которых - количественное и качественное состояние клейковины, соотношение компонентов крахмала, текстура эндосперма зерновки, форма зерновки, размеры и форма петли бороздки. Морфологическая характеристика зерновок позволила выделить генотипы АЦПГ с хорошими характеристиками клейковины, а также оценить потенциальные мукомольные свойства зерновок, зависящие от глубины бороздки и формы ее петли.

Для поиска перспективных генотипов с качественными характеристиками зерна были использованы ДНК-маркеры, поскольку наибольшее влияние на хлебопекарные качества зерна пшеницы оказывает состав высокомолекулярной фракции глютелинов. В работе была использована балльная оценка хлебопекарных качеств, определяемых аллелями Glu-1.

Для оценки этих генотипов как потенциальных носителей хороших хлебопекарных свойств был проведен скрининг аллельного состава генов, связанных с хлебопекарными свойствами зерна (количество сырой клейковины), с одновременной оценкой технологических показателей зерна, отражающих качество клейковины (седиментация и ИДК).

На основании сравнительного анализа элементов продуктивности морфобиотипов аллоцитоплазматической яровой пшеницы в различных погодных условиях (2013-2015 годы) выявлены генотипы, у которых хорошая продуктивность растений сочетается с высокой крупностью зерновок. Особенно выделяются формы, относящиеся к группе *Ваху*-пшениц (№№ 23, 26 и 30).

Результаты сравнительного изучения вариабельности количественных и качественных характеристик клейковины у морфобиотипов АЦПГ в различающиеся по влагообеспеченности годы (2013 и 2014 годы) в фазу налива зерна отражают незначительные изменения качественных характеристик клейковины, тогда как содержание клейковины в 2013 году снизилось на 10,1% (№ 24) до 12,8 % (№ 23).

Сравнительный анализ элементов продуктивности морфобиотипов аллоцитоплазматической яровой пшеницы в различных погодных условиях (2013-2015 годы) выявил генотипы (№№ 23, 26 и 30), у которых высокая крупность зерновок сочетается с хорошей продуктивностью растений. Особенность этих генотипов состоит в том, что они все относятся к категории (группе) *Waxy*-пшениц поскольку содержат в геноме нефункциональный "нуль-аллель" по *Waxy-Bib* (праймер 4F/4R). *Waxy*-пшеница является высокопотенциальной культурой для пищевой и спиртовой промышленности, что обусловлено тем, что *Waxy-Bib* гены оказывают наибольшее влияние на снижение амилозы и качество продукции, а крахмал с пониженным содержанием амилозы становится более чувствителен к механическому воздействию.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Рекомендуются для размножения и дальнейшей передачи в конкурсное сортоиспытание шесть генотипов (№№ 2, 3, 4, 8, 9, 10) яровой пшеницы АЦПГ, относящихся к категории сильных сортов пшеницы с характерной янтарной окраской зерна и высокой стекловидностью (95-98%). Эти генотипы представляют практический интерес при использовании их для хлебопекарных целей как улучшители сортов.

Рекомендуется размножение для дальнейшей передачи в конкурсное сортоиспытание АЦПГ № 26 (*Secale cereale* × сорт Заря), к которого обнаружен «нуль аллель» по *WxD1b* поскольку этот генотип сочетает хорошую продуктивность растений и крупнозерность (масса 1000 семян), которая устойчиво сохраняются вне зависимости от погоды и может достигать $55,5 \pm 0,5$ г (2015 год) при средней продуктивности колоса – 2 грамма.

Рекомендуется размножение для дальнейшей передачи в конкурсное сортоиспытание АЦПГ № 23 (из группы *Waxy*), которая отличается высоким содержанием клейковины – 47,9% (2014 год). При этом снижение содержания клейковины в неблагоприятных условиях 2013 года составило 10% при сохранении хороших качественных показателей (группа качества 2-я).

**Список основных работ, опубликованных по теме диссертации
в научных журналах из перечня ВАК РФ**

1. Хайтембу Г.Ш. Создание генотипов аллоцитоплазматической пшеницы с высокими качественными характеристиками клейковины на основе маркерной селекции / Семенов О.Г., Дивашук М.Г., Хайтембу Г.Ш., Тауфик М.А.К. // Вестник РУДН 2016 - №. 1, С. 14-17.
2. Хайтембу Г.Ш. Вариабельность количественных и качественных характеристик клейковины у высококачественных генотипов аллоцитоплазматической пшеницы в зависимости от погодных условий в период налива зерна / Хайтембу Г.Ш., Семенов О.Г., Кочнева М.В., Тауфик М.А.К., Разафимазава П. // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса научно-технический журнал № 4 (29) 2016 – С. 26-31.
3. Хайтембу Г.Ш. Морфологические особенности зерновок у ценных по качеству клейковины генотипов аллоцитоплазматической яровой пшеницы / Семенов О.Г., Разафимазава П., Кочнева М.В., Хайтембу Г.Ш., Фомичева Е.А., Бала А.И. // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса научно-технический журнал № 1 (30) 2017 – С. 9-14.

Публикации в других изданиях

4. Хайтембу Г.Ш. Фитогормоны как важный компонент регуляторной системы устойчивости растений к дефициту влаги / Хайтембу Г.Ш. // Инновационные процессы в АПК, Сборник статей V международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых, аспирантов и студентов. Москва, 17-19 апреля 2013 – С. 297-299.
5. Hайтембу G.S. Roles of phytohormones on the formation of plant resistance to unfavorable environmental factors. "Современная парадгма научного знания: актуальность и перспективы" / Hайтембу G.S. // Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, Москва, 16 апреля 2013 – С. 3-6.
6. Хайтембу Г.Ш. Особенности формирования зародышевых корней у различных по продуктивности генотипов яровой аллоцитоплазматической пшеницы *T.aestivum* L.. - Инновационные процессы в АПК / Хайтембу Г.Ш. // Сборник статей VI международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых, аспирантов и студентов. Москва, 16-18 апреля 2014 – С. 261-264.
7. Hайтембу G.S. Features of germinal roots formation in different genotypes of allo-cytoplasmic spring wheat with different productivities / Hайтембу G.S. // Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции "Современная парадгма научного знания: актуальность и перспективы"; Москва, 2014 – С. 4-8.

8. Haitembu G.S. Features of formation of internodes in spring wheat plants of allo-cytoplasmic forms depending on the availability allele Rht8b of the short stems gene Rht-8, located on chromosome 2D. Innovative process in agro-industrial complex / Haitembu G.S. // Conference papers of the VII International Scientific and Practical Conference of Professors, Young Scientist, Post-graduate and Under-graduate Students. Moscow, April, 15-17, 2015, p.137-139.
9. Haitembu G.S. Результаты индивидуального отбора на качество клейковины из гибридов аллоцитоплазматической яровой пшеницы мягкой (АЦПГ) с использованием ДНК-маркеров / Tawfeek A.K.M., Haitembu G.S. // Innovative process in agro-industrial complex - Conference papers of the International Scientific and Practical Conference of Professors, Young Scientist, Post-graduate and Under-graduate Students. Moscow, April, 2016г.