



Сборник материалов конференции «ТВЁРДАЯ ПШЕНИЦА» 2024

генетика, биотехнология,
селекция и семеноводство, технологии
выращивания и переработки

11-13 ноября 2024г.



Российский
научный фонд



ФГБНУ "Всероссийский научно-
исследовательский институт
сельскохозяйственной биотехнологии"



ФГБНУ ВНИИСБ

**ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ**

**2-я КОНФЕРЕНЦИЯ «ТВЕРДАЯ ПШЕНИЦА: генетика, биотехнология,
селекция и семеноводство, технологии выращивания и переработки»**

11-13 ноября 2024г.

Москва 2024

УДК 663.18(063);606;573.6;57.088
ББК 30.16
Авт.знак Д22

ISBN 978-5-9216-0624-1

2-я КОНФЕРЕНЦИЯ «ТВЕРДАЯ ПШЕНИЦА: генетика, биотехнология, селекция и семеноводство, технологии выращивания и переработки» (Москва, 11-13 ноября 2024г., ФГБНУ ВНИИСБ), сборник тезисов докладов. – М.:ФГБНУ ВНИИСБ, 2024 – 43с.

Конференция «ТВЁРДАЯ ПШЕНИЦА: генетика, биотехнология, селекция и семеноводство, технологии выращивания и переработки» проводится как сателлитное мероприятие в рамках ежегодно проводимой конференции молодых ученых «Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии» Всероссийским научно-исследовательским институтом сельскохозяйственной биотехнологии. В сборник включены тезисы докладов научных работ аспирантов и молодых ученых научно-исследовательских институтов и ВУЗов.

Материалы изданы в авторской редакции.



Оглавление

ПРОГРЕСС В СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ФУЗАРИОЗУ КОЛОСА Аблова И.Б., Тархов А.С., Мудрова А.А., Яновский А.С.	6
РОЛЬ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ Авдеев С.М., Кузнецов И.А., Черноок А.Г., Дивашук М.Г.	8
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ КЛЕТОЧНОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ У ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ Бизякина Д.О., Радзениеце С., Алкубеси М., Рубец В.С., Зеленина А.С., Коробкова В.А., Блинков А.О., Дивашук М.Г.	9
СПИДБРИДИНГ VS УДВОЕННЫЕ ГАПЛОИДЫ: ЧТО ЭФФЕКТИВНЕЕ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ? Блинков А.О., Зеленина А.С., Бизякина Д.О., Коробкова В.А., Радзениеце С., Кочешкова А.А., Дивашук М.Г.	10
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ Воропаева А.Д., Мудрова А.А., Яновский А.С., Беспалова Л.А.	12
ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К РЕАЛИЗАЦИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО ЗЕРНА В РОССИИ Гапонов С.Н., Шутарева Г.И., Цетва Н.М., Цетва И.С., Милованов И.В., Жиганова Е.С., Соловова Н.С., Бурмистров Н.А.	13
ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УРОЖАЙНОСТЬ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ Гелюх В.Н., Денисенко Е.Г., Садовой А.С.	14
ПРОИЗВОДСТВЕННО-СБЫТОВАЯ ЦЕПЬ «ОТ СОРТА ДО ПАСТЫ»: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ Гончаров С.В., Долаберидзе С.Д.	16
ТВЕРДАЯ ПШЕНИЦА: «НЕВЫУЧЕННЫЕ УРОКИ» СЕЗОНА 2024 Грошев С.В., Гончаров С.В.	18
ИЗУЧЕНИЕ АЛЛЕЛЬНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ГЕНА <i>FR-A2</i> В КОЛЛЕКЦИИ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ Есина М.С., Черноок А.Г., Коробкова В.А., Лаппо А.А., Блинков А.О., Зеленина А.С., Архипов А.В., Ермолаев А.С., Крупин П. Ю., Беспалова Л.А., Яновский А.С., Воропаева А.Д., Мудрова А.А., Дивашук М.Г.	20
РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ФАЛЬСИФИКАЦИИ ЗЕРНА Закладной Г. А.	22
ЛАБОРАТОРНАЯ ОЦЕНКА МОРОЗОСТОЙКОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ТВЁРДОЙ (<i>TRITICUM DURUM</i> DESF.) Зеленина А.С., Коробкова В.А., Бизякина Д.О., Радзениеце С., Блинков А.О., Яновский А.С., Беспалова Л.А., Карлов Г.И., Кочешкова А.А., Дивашук М.Г.	23
КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ И ЛИНИЙ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ «АНЦ «ДОНСКОЙ» Иванисова А.С., Марченко Д.М.	25
ПОИСК И ИЗУЧЕНИЕ ГЕНОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА ХОЗЯЙСТВЕННО- ЦЕННЫЕ ПРИЗНАКИ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ Коробкова В.А., Яновский А.С., Ульянов Д.С., Ермолаев А.С., Архипов А.В., Самарина М.А., Назарова Л.А., Черноок А.Г., Мудрова А.А., Беспалова Л.А., Карлов Г.И., Дивашук М.Г.	27
ПОДБОР УСЛОВИЙ SPEED BREEDING ДЛЯ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ	

Кочешкова А.А., Блинков А.О., Свистунова Н.Ю., Радзениеце С., Алкубеси М., Дивашук М.Г., Карлов Г.И.	29
МОЛЕКУЛЯРНОЕ МАРКИРОВАНИЕ ГЕНОВ СКОРОСТИ РАЗВИТИЯ И ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К ФОТОПЕРИОДУ (Vrn. Ppd) У ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ (T. durum Desf.)	
Ляпунова О.А., Андреева А.С., Анисимова И.Н.	30
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛКОВЫХ МАРКЕРОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПАСПОРТОВ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ	
Мельникова Е.Е., Букреева Г.И., Мудрова А.А., Яновский А.С., Домченко М.И., Воропаева А.Д.	32
ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	
Немировский С.Л.	33
ПРИМЕНЕНИЕ «SMART CHAMBER» « SPEED BREEDING» В НЦЗ ИМ. П.П.ЛУКЪЯНЕНКО	
Нормов В.А., Яновский А.С., Мудрова А.А.	34
ЯРОВАЯ ТВЕРДАЯ ПШЕНИЦА НА АЛТАЕ	
Розова М.А., Егиазарян Е.Е.	35
РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ СОРТОВ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ САРАТОВА	
Цетва И.С., Гапонов С.Н., Шутарева Г.И., Цетва Н.М., Милованов И.В., Жиганова Е.С., Соловова Н.С., Бурмистров Н.А., Осыка И.А.	37
КОНЦЕПЦИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПШЕНИЦЫ ТВЕРДОЙ ОЗИМОЙ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ	
Штокарев Д.А., Яновский А.С., Мудрова А.А., Беспалова Л.А.	39
ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	
Юсов В.С., Евдокимов М.Г.	40
МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	
Юсова О.А.	42
СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА МЕТОДОМ ОТДАЛЕННОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ В СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ	
Яновский А.С., Мудрова А.А., Воропаева А.Д.	44

ПРОГРЕСС В СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ФУЗАРИОЗУ КОЛОСА

Аблова И.Б., Тархов А.С., Мудрова А.А., Яновский А.С.

ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко»
(ФГБНУ НЦЗ им. П.П. Лукьяненко), 350012; E-mail:knish@knish.ru

Фузариоз колоса – широко распространенное во всем мире, в том числе и в РФ, заболевание зерновых культур, приводящее к большим недоборам урожая и существенному ухудшению его качества из-за накопления опасных для здоровья человека, сельскохозяйственных животных и птицы микотоксинов. Вызывают фузариоз колоса около 20 видов грибов рода *Fusarium*, которые продуцируют токсины различной химической природы (дезоксиниваленол, ниваленол, Т-2 токсин и др.). Наиболее экономичным приемом уменьшения вредоносности болезни является создание и возделывание сортов с эффективными системами самозащиты.

Известно, что в наибольшей степени фузариозом колоса поражаются пшеница, ячмень, рожь и тритикале, овес поражается слабее. Очень остро стоит проблема высокой восприимчивости к болезни у твердой пшеницы (*Triticum durum Desf.*). Это обусловлено морфологическими, биологическими, анатомическими, биохимическими, генетическими и др. особенностями культуры, которые способствуют активной аккумуляции спор из воздуха и создают условия для более жесткого инфекционного фона: плотный остистый колос, голосемянность, открытое цветение, позднеспелость. В отличие от мягкой (*Triticum aestivum*) у твердой отсутствует покровная оболочка на семени, поэтому мицелий патогена имеет значительно меньше барьеров для проникновения из цветковой чешуи в зерновку. Повышенное содержание белка в зерне твердой пшеницы и его биохимический состав стимулируют развитие гриба. Отсутствие генома D у твердой пшеницы, в котором у мягкой локализованы некоторые детерминанты, контролируемые резистентность, уменьшает возможности защиты от грибов рода *Fusarium*.

Высокая восприимчивость твердой пшеницы к фузариозу колоса, как культуры в целом, ограничивает ее распространение в Краснодарском крае и сопредельных территориях. Поэтому исследования, связанные с идентификацией новых генетически разнообразных источников устойчивости, вовлечением их в селекционные программы и как следствие – создание фузариозоустойчивых сортов, имеют всевозрастающее значение и актуальность.

Наши многолетние исследования в условиях жестких искусственных инфекционных фонов не позволили выявить коллекционные образцы озимой твердой пшеницы различного генетического и географического происхождения со стабильно слабым поражением, весь материал охарактеризован как высоко восприимчивый. Для передачи признака устойчивости к фузариозу колоса в скрещивания привлекали известные во всем мире источники устойчивости: яровые сорта мягкой пшеницы Sumai 3, Ning 7840 (Китай), Nobeoka-bozu (Япония), Frontana (Бразилия), озимые Arina (Швеция), Praag 8 (Чехия), Ringo Star. Kingco (Венгрия) [1]. В результате межвидовой гибридизации были получены относительно устойчивые к болезни формы, но с отрицательным агротипом, полуяровые, полуозимые с низким уровнем морозостойкости, урожайности, адаптивности. Последующие насыщающие скрещивания устойчивых линий с продуктивными сортами озимой твердой пшеницы к успеху не приводили – сложные генетические системы фузариозоустойчивости «рассыпались».

Среди исходного материала собственной селекции частота встречаемости линий со слабым поражением в отдельные годы достигает 5,2% от общего количества, что позволяет отобрать искомые формы. По результатам тестирования (2016-2019 гг.), включающее как степень поражения колоса, так и степень поражения зерна, выделилась линия, которая по комплексу признаков была признана относительно устойчивой. Средняя степень поражения колоса и зерна при искусственном заражении составляла 5 баллов, что значительно ниже, чем степень поражения стандартного сорта Крупинка и индикатора восприимчивости (сорт Массив) – 9 баллов как по колосу, так и по зерну. Получена она методом сложной ступенчатой гибридизации в результате межвидовых скрещиваний с сортом пшеницы мягкой озимой Крошка и сортом озимой тургидной пшеницы Амазонка, которые в наших экспериментах показывали стабильно слабое поражение фузариозом колоса. В дальнейшем, фузариозоустойчивую линию под названием Синьора передали в Государственное сортоиспытание. В 2020-2021 гг. сорт Синьора успешно прошел ГСИ и в 2022 году включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ и допущен к использованию в производстве в Центрально-Черноземном, Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах.

Сорт Синьора – среднеспелый, колосится и созревает на 2-3 дня раньше стандарта Крупинка, что очень важно для самозащиты от фузариоза колоса. По высоте растений сорт относится к короткостебельным (90-92 см). Колос пирамидальный, средней длины и плотности, что обеспечивает меньшее поражение грибами рода *Fusarium*. Потенциал зерновой продуктивности очень высокий и составляет 110 ц зерна с 1 га. Максимальная урожайность отмечена в 2018 году: 109,6 ц с 1 га по предшественнику занятой пар и 107,7 ц с 1 га - по подсолнечнику. Сорт формирует высоко натурное зерно 810-844 г/л, с содержанием белка 14,8-16,2%. Показатели качества макарон высокие. Засухоустойчивость сорта Синьора высокая, морозостойкость средняя. Синьора обладает устойчивостью к септориозу, мучнистой росе, вирусным болезням, снежной плесени, что обеспечивает отличную приспособленность к агроэкологическим условиям Центрально-Черноземного региона с частыми вспышками перечисленных болезней. В годы с эпифитотийным развитием снежной плесени Синьора имеет неоспоримые преимущества перед другими сортами [2].

За последние три года (2022-2024 гг.) отличные результаты по устойчивости к фузариозу колоса демонстрирует новая линия Леукурум 3357h39-19-1. Степень резистентности к этому заболеванию у нее выше, чем у сорта Синьора. Линия характеризуется комплексом положительных признаков и свойств и рассматривается нами, как кандидат на передачу на Государственное сортоиспытание. В рабочей коллекции озимой твердой пшеницы поддерживаются источники устойчивости к фузариозу колоса, которые получены на основе доноров устойчивости сортообразцов мягкой пшеницы Сила, Уруп, Zhong Pin 1583, твердой Леукурум 2695h98, Терра, Амазонка. Все они широко вовлекаются в скрещивания.

Прогресс в селекции озимой твердой пшеницы на устойчивость фузариозу колоса в НЦЗ им. П.П. Лукьяненко очевиден. Впервые в истории селекции твердой пшеницы создан и допущен к использованию в производстве в Центрально-Черноземном, Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах сорт Синьора. Подготовлен к передаче в ГСИ новый сорт озимой твердой пшеницы, обладающий комплексом механизмов защиты от болезни. Это стало возможным благодаря использованию в широких масштабах сложной ступенчатой гибридизации в системе межвидовых и внутривидовых скрещиваний, молекулярных методов отбора, всесторонней иммунологической оценке сортов, селекционного и коллекционного материала в условиях искусственно созданных эпифитотий. Работа по созданию еще более устойчивых к фузариозу колоса сортов озимой твердой пшеницы продолжается.

Список литературы:

1.Мудрова А.А. Селекция озимой твердой пшеницы на Кубани / КНИИСХ.- Краснодар, 2004.-190 с.

2.Сорта пшеницы и тритикале: каталог / Л.А. Беспалова, В.М. Лукомец, И.Н. Кудряшов [и др.]; редколлегия В.М. Лукомец [и др.]; ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». – Краснодар: ЭДВИ, 2024. – 192 с.

РОЛЬ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ ТВРЕДОЙ ПШЕНИЦЫ

Авдеев С.М.¹, Кузнецов И.А.², Черноок А.Г.¹, Дивашук М.Г.¹

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии» (ФГБНУ ВНИИСБ), Москва

E-mail: avdeevbio@yandex.ru

²ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева), Москва

Зерно пшеницы твердых сортов (*Triticum durum* Desf.) дает большой выход муки высшего сорта специального помола — крупки (*semolina*), которая является основным сырьем для производства макаронных изделий высшего качества. Из зерна твердой пшеницы производят крупы — манную, кускус и булгур [1]. Макароны из твердых сортов пшеницы имеют меньшую калорийность и более низкий гликемический индекс, чем продукция из мягкой пшеницы. В зерне твердой пшеницы представлен широкий набор каротиноидных пигментов: лютеин, β-каротин, зеаксантин, β-криптоксантин, β-апокаротенал, антраксантин, тараксантин (лютеин-5,6-эпоксид), авоксантин и тритикоксантин [2].

Получение высоких урожаев основных культур, в том числе твердой пшеницы, во многом зависит от агрохимического состояния почвы. При этом одной из актуальных современных тенденций является использование биологических ресурсов для восстановления и сохранения почвенного плодородия. Наиболее логичный и доступный способ для этого – использование способности культур семейства Бобовые к симбиотической азотфиксации [3, 4, 5].

В результате проведенного в течении 23 лет исследования после долголетнего периода выращивания бобово-злаковых травосмесей на основе сортов люцерны изменчивой Пастбищная 88 и Вега 87, а также сортов клевера лугового и клевера ползучего за период 1996-2022 гг., показано, что содержание N_{общ} после двадцати трех лет отчуждения надземной массы на делянках, где изучались злаки с сортами люцерны изменчивой увеличилось с 0,202% (1996 г.) до 0,338-0,357 %. Показатели гумуса (0-20 см) также увеличилось с 2,200% до 2,365-2,410 % под указанными вариантами в зависимости от режима использования. Динамика кислотности почвы показала тенденцию к повышению, поскольку отмечался существенный вынос Са и Mg с отчуждаемой зеленой массой. При прекращении внесения минеральных удобрений содержание P_{2O5} сократилось до 267-316 мг/кг (460 мг/кг – в 1996 г) на делянках, где изучались злаки и сорта люцерны изменчивой, при этом K_{подвиж} отмечался на уровне 17,0-32,5 мг/кг почвы.

Показано, что наилучшими результатами по влиянию на почвенное плодородие отличались варианты с участием люцерны изменчивой сорта Пастбищная 88 в монопосеве и в смеси со злаковыми травами – кострцом безостым и тимофеевкой луговой.

Исследования выполнены при поддержке Российского Научного Фонда 24-16-00274

Список литературы

1. Михайлова, О. П. Перспективы возделывания твердой пшеницы в России / О. П. Михайлова, С. Б. Сулейменова, Д. В. Ефименко. — Текст : непосредственный // Исследования молодых ученых : материалы LIX Междунар. науч. конф. (г. Казань, апрель 2023 г.). — Казань : Молодой ученый, 2023. — С. 35-41. — URL: <https://moluch.ru/conf/stud/archive/488/17948/> (дата обращения: 18.11.2024).

2. Мальчиков П. Н., Мясникова М. Г. Содержание желтых пигментов в зерне твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.): биосинтез, генетический контроль, маркерная селекция. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020;24(5):501–511. DOI 10.18699/VJ20.642

3. Клевер ползучий (*Trifolium repens* L.) в пастбищных экосистемах / Н. Н. Лазарев, О. В. Кухаренкова, А. Р. Тяжкороб, С. М. Авдеев // Кормопроизводство. – 2020. – № 8. – С. 20-26. – EDN HQVFKZ.

4. Симбиотическая фиксация азота многолетними бобовыми травами в луговых агрофитоценозах / Н. Н. Лазарев, О. В. Кухаренкова, С. М. Авдеев [и др.] // Кормопроизводство. – 2022. – № 2. – С. 20-28. – EDN BPHMZE.

5. Улучшение сенокосов и пастбищ подсевом бобовых трав в дернину (обзор) / Н. Н. Лазарев, С. М. Авдеев, А. Ю. Бойцова [и др.] // Кормопроизводство. – 2023. – № 7. – С. 3-9. – EDN RXCDHF.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ КЛЕТОЧНОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ У ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

Бизякина Д.О.¹, Радзенице С.¹, Алкубеси М.^{1,2}, Рубец В.С.¹, Зеленина А.С.^{1,2}, Коробкова В.А.¹, Блинков А.О.¹, Дивашук М.Г.¹

1 – ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии» (ФГБНУ ВНИИСБ), Москва 127550;

E-mail: dasha.biz@mail.ru

2 – ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева), Москва 127434

Однодольные растения достаточно распространённые сельскохозяйственные культуры. Типичным представителем которых являются злаки, в частности, твёрдая пшеница (*Triticum durum* Desf.). В связи с особенностями морфологии такие культуры являются сложным объектом для исследований. Многие авторы отмечают специфичность данной культуры.

Необходимы методы для ускорения селекционного процесса однодольных культур. Таким образом, *целью* данного исследования являлась оценка использования различных методов клеточной биотехнологии у твёрдой пшеницы.

Одним из наиболее востребованных в селекции методов клеточной биотехнологии является получение линий удвоенных гаплоидов. При использовании методов культивирования изолированных пыльников у твёрдой пшеницы отмечена очень низкая частота формирования каллуса и зародышей, регенерация преимущественно растений-альбиносов и высокая зависимость от генотипа. Данный метод позволяет получить единичные гаплоидные растения. Более эффективным для получения гаплоидных растений можно назвать использование метода селективной

элиминация хромосом посредством опыления твёрдой пшеницы кукурузой. Все регенерирующие растения являлись хлорофильными гаплоидами. К сожалению, оба метода достаточно трудоёмкие и невозможны для работы в больших объёмах[1].

Для массовой работы по получению чистых линий твёрдой пшеницы более эффективным является применение метода изолированных зародышей как дополнение к системе спидбридинг (Speed Breeding). Использование незрелых зародышей помогает сократить генеративную фазу развития и преодолеть послеуборочный покой, тем самым сократив период вегетации одного поколения и быстрее перейти к выращиванию следующего. Использование эмбриокультуры является высокоэффективным у твёрдой пшеницы [2]. Также данный метод эффективен в доразращивании незрелых зародышей на питательных средах при отдалённой гибридизации твёрдой пшеницы.

Клональное микроразмножение является вспомогательным методом в селекции твёрдой пшеницы, позволяющим сохранить и размножить ценный генетический материал: гаплоидные растения и отдалённые гибриды. Экспланты в виде незрелых колосьев показали высокую эффективность при использовании данного метода у этой культуры [3].

Исследования выполнены при поддержке Российского Научного Фонда 24-16-00274

Список литературы:

1. Нагамова В.М., Бизякина Д.О., Муратов Т.Р., Митронова А.Д., Щелканов Д.А., Алкубеси М., Крупина А.Ю., Разумова О.В., Федорова Т.А., Козарь Е.В., Рубец В.С., Блинков А.О., Дивашук М.Г. Опыт получения удвоенных гаплоидов злаков для фундаментальных и прикладных задач. 2023. 105-107.

2. Бизякина Д.О., Алкубеси М., Крупина А.Ю., Свистунова Н.Ю., Радзениеце С.Б., Канунникова В.Ю., Блинков А.О., Кочешкова А.А., Дивашук М.Г. Эмбриокультура – эффективный инструмент в Speed Breeding основных полевых культур. 2023: 79-81.

3. Блинков А.О., Алкубеси М., Ульянов Д.С., Рубец В.С., Злобнова Н.В., Карлов Г.И., Харченко П.Н., Дивашук М.Г. Размножение *in vitro* пшенично-ржаных гибридов и гаплоидных растений рода *×Triticosecale* Wittm. 2023. 39(1): 39-48.

СПИДБРИДИНГ VS УДВОЕННЫЕ ГАПЛОИДЫ: ЧТО ЭФФЕКТИВНЕЕ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ?

Блинков А.О.¹, Зеленина А.С.^{1,2}, Бизякина Д.О.¹, Коробкова В.А.¹, Радзениеце С.¹, Кочешкова А.А.¹, Дивашук М.Г.¹

1- ФГБНУ «Всероссийский научно- исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии» (ФГБНУ ВНИИСБ), Москва 127550;

E-mail: aoblinkov@gmail.com

2- ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет- МСХА им. К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева), Москва 127434

Одним из ограничивающих факторов в селекции твёрдой пшеницы является длительность выращивания одного поколения, а также большое количество времени, затрачиваемое на создание чистых линий. Существуют различные подходы, способствующие сокращению времени на создание инбредных линий. Один из них – получение линий удвоенных гаплоидов. Данный метод заключается в получении гаплоидных растений с последующим спонтанным удваиванием хромосом у них или

искусственным удвоением хромосом посредством использования антимиототиков. Существует большое количество методов, направленных на получение удвоенных гаплоидов: культура изолированных пыльников, микроспор, семян, использование гаплоиндукторов, селективная элиминация хромосом, использование облучённой γ -лучами пыльцы и др. Однако, перечисленные методы не всегда можно назвать высокоэффективными. Второй, более простой подход для быстрого и массового получения чистых линий- спидбридинг. Суть спидбридинга заключается в использовании физиологических факторов, способствующих ускоренной вегетации растений и быстрому переходу к следующему поколению. С использованием спектра параметров удаётся добиваться полной вегетации одного поколения твёрдой пшеницы за 2 месяца.

В данной работе мы поставили для себя цель сравнить эффективность, скорость и простоту получения чистых линий яровой и озимой твёрдой пшеницы методами культивирования изолированных пыльников, селективной элиминацией хромосом и спидбридингом.

Метод культивирования изолированных пыльников оказался для твёрдой пшеницы крайне неэффективным. Наблюдалась низкая частота формирования каллуса и зародышей, из которых регенерировали в основном растения- альбиносы. Часто, формирование альбиносных растений достигало 100%. Использование селективной элиминации хромосом оказалось более эффективным методом в получении линий удвоенных гаплоидов. При опылении твёрдой пшеницы кукурузой удавалось получать небольшое количество зелёных гаплоидных растений. Среди растений- регенерантов отсутствовали альбиносы. После обработки колхицином порядка 75% растений завязывали семена. В среднем, на получение чистых линий яровой пшеницы уходит порядка 8-9 месяцев, а на получение чистых линий озимой твёрдой пшеницы- порядка 13-14 месяцев. Оба метода получения линий удвоенных гаплоидов нельзя назвать эффективными для массового получения растений в селекционном процессе. Однако, данные подходы могут быть интересны для ряда специфических исследований, где существует необходимость в использовании гаплоидных клеток, тканей и полноценных растений.

Спидбридинг оказался намного эффективнее в получении инбредных линий твёрдой пшеницы. Первоначально нами был валидирован и модифицирован протокол ускоренной вегетации твёрдой пшеницы. С использованием данного протокола стало возможным проводить гибридизацию и раскладывать расщепляющиеся гибриды на линии, проводить беккроссирования для интрогрессии интересующих аллелей, отбирать растения с использованием молекулярных маркеров, несущих интересующие аллели, а также отбирать морозостойкие формы после проморозки. В среднем, уходит примерно 15 месяцев на получение чистых линий яровой твёрдой пшеницы (получение последовательно гибридов F_1 - F_6). Для создания чистых линий озимой твёрдой пшеницы уходит гораздо больше времени- порядка 30 месяцев (получение последовательно гибридов F_1 - F_6).

Спидбридинг оказался наиболее эффективным подходом в массовом получении чистых линий твёрдой пшеницы. Также, данный метод намного проще в использовании в работе, чем получение удвоенных гаплоидов. Спидбридинг проигрывает технологии удвоенных гаплоидов исключительно в количестве времени, которое затрачивается на проведение полной работы.

Исследования выполнены при поддержке Российского Научного Фонда 24-16-00274.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ

Воропаева А.Д., Мудрова А.А., Яновский А.С., Беспалова Л.А.

ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко» (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П.Лукьяненко»), Краснодар, 350012, e-mail: kniish@knish.ru

Селекцию яровой и озимой пшеницы в нашей стране длительное время вели обособленно, что привело к определенной генетической дивергенции созданных сортов. Поэтому привлечение в скрещивания озимой способствует обогащению исходного материала, а возможности в этом отношении еще далеко не полностью реализованы [1].

Сорта озимой пшеницы обладают не только повышенной продуктивностью, но и нередко контрастной с яровой распецифической устойчивостью к важнейшим патогенам, биотическим и абиотическим стрессорам, что можно успешно использовать в селекции [2, 3, 4].

Для создания нового исходного материала по программе селекция сортов яровой твердой пшеницы с привлечением озимых форм нами ежегодно выполняются скрещивания в теплице. Проводя гибридизацию, мы используем формы озимой твердой с высоким потенциалом продуктивности и качества зерна. Для совмещения периода колошения озимые выкапываем в поле и высаживаем в теплице к моменту, когда высейные яровые начинают куститься. Дополнительно мы испытываем при посеве весной формы озимой твердой пшеницы с низкой морозостойкостью, включая их в программу по селекции яровой.

За период 2019–2024 гг. по этой программе проведено 158 комбинаций различных типов скрещивания (*T.Durum* яровая, озимая/*T.durum* озимая, яровая), в том числе конвергентные скрещивания (F_1 *T.Durum* яровая, озимая/*T.durum* озимая, яровая)/(F_1 *T.Durum* яровая, озимая/*T.durum* озимая, яровая). В качестве исходных форм озимой использовали отечественные и инорайонные сорта и линии собственной селекции. При подборе родительских форм учитывали качественные и количественные отличия по таким признакам, как продолжительность вегетационного периода, высота растений, устойчивость к патогенам и т.д. Было получено свыше 10 тысяч гибридных зерен. Завязываемость варьировала от 0,6 до 96%.

По программе использования генетического потенциала озимых форм в селекции яровой твердой пшеницы нами созданы два сорта яровой – Ядрица и Меч. В 2019 году на Государственное сортоиспытание нами был передан сорт Ядрица, который в 2022 включен в Госреестр и рекомендован к использованию в 6 Северо-Кавказском регионе. Сорт Ядрица получен в результате внутривидового скрещивания озимой твердой пшеницы Ласка и яровой Алтайская нива с последующим двукратным индивидуальным отбором в F_2 и F_3 . Короткостебельный, устойчивый к полеганию и осыпанию. Среднепоздний, колосится и созревает на 2-4 дня позже стандартного сорта Николаша (5). Потенциал продуктивности высокий. Максимальная урожайность, 72,1 ц с 1 га, получена в конкурсном сортоиспытании НЦЗ им. П.П. Лукьяненко в 2017 году. В среднем за 3 года (2017-2019) при урожайности 56,3 ц с 1 га превысил стандартный сорт Николаша на 10,5 ц с 1 га, сорт Ясенка- на 4,3 ц с 1 га.

В 2023 Государственное сортоиспытание по 6 регионам РФ (5,6,7,8,9,10) нами был передан сорт Меч. В нем удачно сочетаются такие полезные признаки как продуктивность, раннеспелость, короткостебельность (от 75 см в засушливый 2018 год до 85 см во влажный 2017 год), высокие показатели качества зерна, в том числе индекс

глютена (82,5%). Сорт имеет большую селекционную значимость и будет вовлечен в дальнейшие скрещивания по передаче этих признаков в другие генотипы яровой твердой пшеницы.

Список литературы

1. Коваленко С.А., Кадушкина В.П., Фоменко М.А. Результаты использования озимых форм при селекции пшеницы твердой яровой на Дону//Зернобобовые и крупяные культуры, №1 (49), 2024.-С. 69-76
 2. Неттевич Э.Д. Проблемы исходного материала на современном этапе селекции зерновых культур. //Российский вестник сельскохозяйственных наук. – 1982. - №6. – С.20-24.
 3. Гриб С. И. Прогресс в селекции яровой пшеницы в Беларуси // Весці Нацыянальнай Акадэміі Навук Беларусі. 2009. № 3. С. 37–4
 4. Рутц Р. И. Озимые формы в селекции сортов яровой пшеницы интенсивного типа // Селекция и семеноводство. 1993. № 4. С. 20–23.
- Результаты использования озимых форм *Triticum durum* Desf. при селекции яровой твердой пшеницы / А.С. Яновский, А.А. Мудрова, Л.А. Беспалова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки: матер. V междунар. науч.-практ. конф. (Симферополь, 05-09 октября 2020 г.). Симферополь: Ариал, 2020. С. 166-168

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К РЕАЛИЗАЦИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО ЗЕРНА В РОССИИ.

**Гапонов С.Н., Шутарева Г.И., Цетва Н.М., Цетва И.С., Милованов И.В.,
Жиганова Е.С., Соловова Н.С., Бурмистров Н.А.**

*ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока»
(ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока), Саратов, 410010
e-mail: gaponovsergey1966@mail.ru*

Селекция сельскохозяйственных культур, а именно создание сортов и гибридов, идет на фоне изменения климата. В текущем году мы в очередной раз убедились в том, что климат стал непредсказуемым. Наша лаборатория метеорологии ежегодно фиксирует все новые климатические аномалии. На пример, каждый последующий год теплее предыдущего, количество ливней, засух, заморозков и других неблагоприятных явлений также возрастает. К 2030 году среднегодовые температуры в Саратове могут колебаться в районе 9 градусов Цельсия, а еще 20 лет назад 7 градусов считалось индикатором глобального потепления. Суховеи и засухи, характерные для нашего региона, могут проявляться в течение всего теплого периода. Поэтому мы создаем сорта разной группы спелости с учетом сроков наступления критических фаз развития.

Поговорим о современной селекции на примере яровой твердой пшеницы. Для обеспечения пищевой промышленности высококачественным зерном, надо создавать сорта согласно требованиям производителям макаронной промышленности. Главные показатели - качество клейковины и цвет крупки (индекс желтизны). В настоящее время мы предлагаем аграриям сорта адаптированные к засухе, с хорошим качеством клейковины, с высоким индексом желтизны и стабильным урожаем, даже в неблагоприятные, по вегетации годы. Как следствие, востребованность в зерне твердой пшенице растет и это видно на примере нашей области

Для возделывания данной культуры и получения стабильных урожаев с высокими показателями качества зерна, важнейшим правилом является соблюдение всех технологических звеньев. В технологии получения высококачественных и продуктивных урожаев, следует отметить минеральные удобрения. В зависимости от действующих веществ, у сортов повышается не только урожайность, но и показатели качества зерна: белок, количество клейковины в сравнении с контролем. У сорта Луч 25 система №2 по показателям продуктивности, содержанию белка и количеству клейковины сработала в благоприятный 2020 год в сравнении с контролем. В неблагоприятном, 2021 году, внесение удобрений повлияло только на продуктивность. Сорт Николаша был урожайнее при внесении системы №3 и количеству клейковины в благоприятном 2020 году. В 2021 только по продуктивности в сравнении с контролем. Аналогичные выводы были и у сорта Валентина. Внесение удобрений влияет на содержание белка и клейковины в благоприятные, по вегетации годы, а в неблагоприятные только на урожай.

Сорта саратовской селекции сохраняют свои высокие показатели качества, не зависимо от складывающихся условий вегетации.

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УРОЖАЙНОСТЬ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

Гелюх В.Н., Денисенко Е.Г., Садовой А.С.

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Луганский государственный аграрный университет имени К.Е. Ворошилова», (ФГБОУ ВО Луганский ГАУ), Луганская Народная Республика, г. Луганск, 291018; E-mail: vladgell@rambler.ru

Озимая пшеница является важнейшей продовольственной культурой. Одним из наиболее доступных, для большинства товаропроизводителей, путей повышения урожайности и валовых сборов, является дальнейшая разработка, совершенствование и внедрение в производство научно обоснованных элементов технологии возделывания культуры.

Научная работа проводилась в полевом севообороте филиала «Славяносербская сортоиспытательная станция ЛГАУ». В качестве объектов исследований использовалось 10 перспективных сортов озимой пшеницы селекции ФГБНУ Аграрный научный центр «Донской». Предшественник в опытах – черный пар, учетная площадь делянки – 25 м², повторность – четырехкратная [1]. Опытные делянки убирали комбайном «Сампо-130».

В годы исследований погодные условия были различными. В осенне-зимний период 2022–2024 гг. отмечалось резкое похолодание и понижение. Так в декабре температура почвы на глубине залегания узла кущения опускалась до -10–16 °С, что приводило к существенному ослаблению и частичной гибели растений. Со второй половины весны 2024 года вплоть до уборки, удерживалась чрезвычайно сухая без осадков и жаркая погода, которая отрицательно повлияла на эффективность изучаемых элементов технологии и уровень урожайности зерна озимой пшеницы. Урожай зерна по сравнению с предшествующими годами был почти наполовину ниже [3]. В этих жестких погодных условиях, благодаря высокой морозо-, жаро- и засухоустойчивости, выделились по урожайности сорта Губернатор Дона, Василич, Приазовье, Разгуляй,

Шеф. Прибавка к контролю (сорт Ермак – 1,8 т/га) составила 0,8–1,2 т/га. Их высокая пластичность к условиям выращивания обусловила получение максимального урожая в среднем за 3 года 3,2–3,9 т/га. По качеству зерна сорта относятся к группе сильных пшениц.

Многолетними исследованиями ученых агрономического факультета ФГБОУ ВО Луганского ГАУ, установлена высокая отзывчивость озимой пшеницы на применение удобрений. Минеральные удобрения повышают зимостойкость и засухоустойчивость растений, устойчивость к поражению болезнями и полеганию, существенно влияют на показатели качества зерна. Установлено, что прибавки урожая в зависимости от дозы и состава вносимых удобрений достигают от одной и более тонны с гектара, а по качеству - первого и второго класса [2].

В последние годы, в силу сложившейся чрезвычайной экономической ситуации на территории ЛНР, произошло одностороннее увлечение товаропроизводителями применением азотных удобрений в небольших дозах, которое привело к снижению урожая. Аналогичные результаты были получены и в наших опытах по изучению разных вариантов применения удобрений под озимую пшеницу. Установлено что, эффективность высоких доз азотных удобрений применительно к местным почвенно-климатическим условиям, оказалась выше при внесении их до возобновления весенней вегетации по мерзлоталой почве. Учитывая это, можно при больших посевных площадях озимой пшеницы, проводить внесение азотных удобрений дробно, частично осенью и весной, исходя в первую очередь из хозяйственной целесообразности этого мероприятия. Внесение удобрений в несколько этапов повышает урожайность, однако возникают дополнительные экономические затраты при таком подходе (ГСМ, зарплата, амортизация и т.д.). Исходя из этого, доза вносимой под озимую пшеницу аммиачной селитры не превышает одного – двух центнеров на гектар. Опыты показывают, наиболее экономически обосновано использовать совместно фосфорные удобрения в дозе $N_{30}P_{20}$, получая при этом относительно высокие урожаи. Применение более высоких доз удобрений оправдано лишь при наличии долгосрочного прогноза. Некорневая подкормка озимой пшеницы раствором карбамида (мочевины) необходима для получения высококачественного зерна в сочетании с одновременной обработкой посевов инсектицидами против личинок и жуков клопа-черепашки.

Проводились также исследования по обоснованию загущения посевов за счет увеличения нормы высева семян в 1,5 раза по отношению к рекомендуемой норме. Было установлено, что урожайность озимой пшеницы в благоприятных погодных условиях не зависела от способа сева и заметно снижалась при увеличении нормы высева до 5 и 6 млн. всхожих семян на гектар. Следует отметить, что в неблагоприятные годы, когда отмечалась гибель свыше 40 % растений в зимний период, на делянках, где к уборке сохранялась более высокая густота продуктивного стеблестоя, сбор зерна был выше. Так, на делянках с посевной нормой 6 млн. всхожих семян на гектар, густота продуктивного стеблестоя на 410-430 тыс. стеблей на гектар была выше, чем на делянках с нормой высева 4 млн/га. По этой причине урожайность зерна в первом случае была больше на 0,9-1,0 т/га. Вместе с тем, в критических засушливых условиях 2024 года, просматривалась тенденция снижения урожая зерна при загущении посевов. Объясняется это в целом уменьшением площади питания, с последующим снижением числа продуктивных стеблей на 100-120 тысяч штук на гектар по сравнению с рекомендуемой нормой высева.

Как показывает опыт и практика, только при севе в недостаточно влажную почву и глубокой заделке семян, опоздание со сроками сева, допустимо увеличение нормы высева до 6 млн. на гектар. В целом, загущение посевов экономически не целесообразно.

Список литературы:

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е, перераб. и доп. М. : Альянс, 2014. 351 с.
2. Технологические свойства сортов озимой пшеницы в зависимости от предшественника / Н.С. Кравченко, М.Д. Марченко, Н.Г. Игнатьева, М.М. Корпусь, К.А. Мирошников //Аграрная наука. 2022. № 7–8. С.146–151.
3. Изменение урожайности и составляющих ее элементов структуры мягкой озимой пшеницы в зависимости от условий влагообеспеченности генотипа / А.П. Самохвалов, С.В. Подгорный, О.В. Скрипка, С.Н. Громова, В.Л. Чернова // Аграрная наука. 2023. № 7. С. 85-91.

ПРОИЗВОДСТВЕННО-СБЫТОВАЯ ЦЕПЬ «ОТ СОРТА ДО ПАСТЫ»: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Гончаров С.В., Долаберидзе С.Д.

ООО «Агролига ЦСР», г. Москва, e-mail: slogan070260@gmail.com

Ожидаемая продолжительность жизни людей – один из опосредованных показателей социально-экономического развития страны. По данному показателю наша страна в 2024 году занимает 111 место: женщины живут 73,2 года, мужчины – 67,5 лет. Россия уступает как лидерам – Гонконгу (88,3 и 83 года), Японии (87,9 и 81,8 лет), так и таким странам, как Азербайджан, Казахстан и Грузия. В этой связи в стране стремительно растет потребность в продуктах персонализированного, лечебного и функционального питания, направленного на поддержание здоровья и увеличение продолжительности жизни людей. В соответствии с Указом Президента РФ № 528 от 18.06.24 г. «Об утверждении приоритетных направлений научно-технологического развития и перечня важнейших наукоемких технологий» производство функциональных культур и продуктов, имеющих физиологические преимущества и снижающих риски развития хронических заболеваний, является приоритетным.

Продукты из твердой пшеницы относятся к функциональным благодаря относительно низкому гликемический индексу (до 55), что обеспечивает продолжительное переваривание продуктов и сохранение чувства сытости, постепенное повышение уровня глюкозы, благодаря которому не пополняются запасы жира. Объемы потребления макаронных изделий, манной крупы, кускус и булгур позволяют России входить в рейтинговую десятку стран мира.

Внутренняя потребность в высококачественном зерне твердой пшеницы превышает 1 млн т, поскольку помимо макаронной промышленности (850 тыс. т) растет востребованность у производителей круп, хлебобулочных изделий,пельменей и др. (более 150 тыс. т).

Министерство сельского хозяйства РФ ставит цели увеличить производство твердой пшеницы до 2-2,5 млн т, нарастить экспорт до 1-1,5 млн т, что подразумевает расширение посевных площадей до 1,5 млн га. Однако само расширение посевных площадей не гарантирует требуемых объемов сбыта зерна с целевыми показателями 1-3 класса.

Потребность в государственной программе «Твердая пшеница» определяется рядом актуальных задач перед способствующих достижению поставленных целей, среди которых:

- поддержать современную селекцию на качество (индекс глютена, цветность, стекловидность и т.д.);
- активизировать создания качественных озимых сортов для ЮФО;

- организовать объективную статистику по объемам производства и качеству в регионах;
- отменить зерновой демпфер;
- продвигать практику заключения договоров с сельхозпроизводителями;
- популяризировать функциональные продукты из зерна твердой пшеницы;
- наладить взаимодействие между участниками производственно-сбытовой цепочки.

По определению М. Porter (1985) производственно-сбытовая цепочка представляет собой совокупность всех видов деятельности и участников, необходимых для создания, производства и доставки продукта или услуги с добавленной стоимостью.

Сбытовая цепочка твердой пшеницы включает звенья селекции, семеноводства, сельхозпроизводства, хранения и транспортировки (элеватора), мельницы, производства макарон, розничную сеть продаж и собственно потребителей. Эффективность цепочки во многом зависит от того, как реализуются на практике ожидания каждого участника от взаимодействия с другими игроками.

Производители макаронных изделий, предлагающие на рынке свои продукты, должны знать предпочтения потребителей в отношении таких характеристик, как консистенция пасты, цвет, внешний вид, низкая адгезия при обязательном соблюдении требований безопасности. При этом переработчики приобретают семолину, как правило, у одних и тех же поставщиков, акцентируя свои требования к сырью на качестве глютена, индексе желтизны, содержании протеина, низкой зольности, безопасности и т.д. Кроме того, для производителей макарон полезным может быть взаимодействие с селекционерами для анализа образцов зерна их новинок – сортов, выводимых на рынок. Для селекционного учреждения важную информацию представляют целевые показатели качества зерна от производителей макарон и аналитика рынка (требуемые объемы и качество зерна разных сегментов потребителей).

Селекционные достижения размножаются и демонстрируются сельхозпроизводителям семеноводческими предприятиями. Приобретая оригинальные семена у селекционеров, семеноводы заинтересованы в подборе сортов, востребованных рынком, высоком качестве семян, (в частности, чистосортности), рекомендациях в отношении сортовой агротехнологии для достижения лучшего коэффициента размножения. Также им важны характеристики новых сортов и их проверка в производственных условиях. Менее используемым каналом информации для селекционера является мельничное предприятие, в интересах которого – поделиться специфическими требованиями к зерну для процесса помола. Учет этих требований в селекционной программе способен повлиять на улучшение хозяйственной ценности новых сортов.

Сельхозпроизводители, приобретая сертифицированные семена у семеноводов, хотели бы получать информацию о востребованности рынком тех или иных сортов, особенностях сортовых агротехнологий. Для них важными показателями являются сортовые, посевные качества и урожайные свойства приобретаемых семян. Другим каналом информации для сельхозпроизводителей может быть селекционер с рекомендациями по характеристике сортов, их технологичности, адаптивности для достижения высокой урожайности и параметров качества.

Сельхозпроизводители, реализуя трейдерам партии товарного зерна, вынуждены считаться с их требованиями к качеству зерна, предоставлению характеристик отдельных партий, объемам партий и графикам поставок.

Трейдеры, формируя крупные партии зерна, однородного по качеству, реализуют их мельничным комбинатам, ориентируясь на их требования к объему партий, стабильности поставок, качеству и здоровью партии зерна.

Сбытовая цепочка функционирует полноценно лишь при сочетании следующих элементов (продуктов, функций и ресурсов), включающих:

- ассортимент, соответствующий ожиданиям перерабатывающей индустрии и экспортеров, владеющих информацией о потенциальных рынках сбыта;
- однородные партии семян востребованных сортов требуемых объемов;
- дисциплина производства, хранения, направленных на повышения качества операций и уровня агротехнологии;
- договор на выращивание между производителями и потребителями товарного зерна;
- фиксированная премия (бонус) в договоре за превышение установленных показателей качества товарного зерна;
- объективные методы оценки качества зерна, желательны в независимой лаборатории контроля качества;
- профессиональный персонал по контролю качества, владеющий соответствующими методиками и инструментарием.

На примере других value chains (картофель-фри, пивоваренный ячмень, зеленый горошек и т.д.) функции оператора сбытовой цепочки выполняет наиболее ресурсное ее звено – перерабатывающая индустрия. Однако в сложившихся условиях оператором рынка твердой пшеницы выступает ГК «Агролига России» благодаря тесному взаимодействию с НССиС, НАПМИ и экспортными организациями.

Список литературы

Porter, M. E. Competitive advantage: creating and sustaining superior performance. New York: Free Press. 1985 <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=193>

ТВЕРДАЯ ПШЕНИЦА: «НЕВЫУЧЕННЫЕ УРОКИ» СЕЗОНА 2024

Грошев С.В.¹, Гончаров С.В.²

¹НССиС, ²ООО «Агролига ЦСР», г. Москва e-mail: slogan070260@gmail.com

Семена - отправная точка продовольственной безопасности страны, один из важнейших ресурсов для сельхозпроизводителей, напрямую влияющих на их урожай и доходы. С учетом исторической девальвации цены пшеницы, которая опустилась к ноябрю 2024 г. до 2,5 грамм золота за тонну, Россия обязана оставаться крупнейшим поставщиком продовольственных товаров на мировые рынки зерна и растительных масел.

До 2020 г. площади твердой пшеницы в РФ варьировали в пределах 640-670 тыс. га, при урожайности 1,1 т/га обеспечивая валовый сбор примерно 700 тыс. т. Рост производственных мощностей перерабатывающей промышленности вместе с внешнеэкономическими факторами спровоцировали усиление интереса к твердой пшенице со стороны сельхозпроизводителей. При этом спотовый рынок торговли зерном и отсутствие взаимодействия участников производственно-сбытовой цепочки служили главными заградительными барьерами в достижении целевых объемов зерна требуемого качества.

В 2020 г. по инициативе Национального Союза Селекционеров и Семеноводов (НССиС) было создано отраслевое сообщество, включающее всех участников рынка селекционеров, семеноводов, производителей зерна твердой пшеницы, производителей макаронных изделий (НАПМИ) и экспортеров. Для совершенствования производственно-сбытовой цепочки твердая пшеница были проведены «круглые столы»

с МСХ по обсуждению проблем рынка: 20.10.2020 г., организатором выступил Р.В. Некрасов; 22.12.2020 г., организатор Д.Х. Хатуов; 20.01.2022 г., 25.03.2024 г. и 22.06.2024 г. модератором был А.В. Разин. На основании принятых решений сведения о производстве твёрдой пшеницы в регионах стали включать в форму федеральной статистики. По инициативе НАПМИ ужесточены требования ГОСТ к содержанию мягкой пшеницы в товарном зерне твердой пшеницы с 15% до 5%, составлен список ценных сортов, отвечающих актуальным требованиям перерабатывающих предприятий.

Соответственно МСХ поставило цели увеличения производства твердой пшеницы до 2-2,5 млн т, экспортировать до 1-1,5 млн т. Но пропорциональное расширение посевных площадей до 1,5-1,8 млн га не гарантирует требуемых объемов сбыта зерна с целевыми показателями 1-3 класса. Для решения проблемы НССиС была создана секция «твердая пшеница», в рамках которой была инициирован одноименный проект, в котором задействованы ведущие селекционные учреждения страны с участием представителей всех звеньев сбытовой цепочки.

Коллегиально были разработаны механизмы стимулирования посевных площадей и урожайности в регионах страны. По мнению отраслевого сообщества требуется удешевление и упрощение процедуры районирования сортов; решения о регистрации сортов должны учитывать мнения перерабатывающей отрасли. Требуется разработка механизма государственной поддержки производства высококлассного зерна с помощью надбавок за достижение качественных параметров. Введение 50% повышающего коэффициента к субсидии за элитное семеноводство послужит стимулом для развития семеноводства твердой пшеницы.

Как следствие прилагаемых усилий валовые сборы твердой пшеницы увеличились с 985 тыс. т в 2021 г. до 1,4 млн т в 2023 г. По экспертной оценке в 2024 г. производство достигло 1,9 млн т., однако до 35% объемов можно отнести к некондиционным партиям. Перерабатывающие предприятия ориентируются на товарные партии зерна, соответствующие 1-3 классам качества. Близкие требования к качеству зерна имеют экспортеры, которые в связи с введением заградительной пошлиной в страны ЕС, переориентировались на государства Северной Африки.

По данным МСХ в Оренбургской (производство 650 тыс. т) и Челябинской областях (450 тыс. т) валовой сбор твердой пшеницы достиг 1,1 млн т. В связи с введением госуправления в «Макфе», крупнейшем перерабатывающем предприятии твердой пшеницы, товары и услуги для собственных нужд должны приобретаться через госзакупки, что усложняет продажи. Другие местные потребители твердой пшеницы в регионе «Объединение Союзпищепром», «Ситно», «Злак», «Чепфа», «Равис» также ориентируются на требования «Макфы» к зерновому сырью. Значительная часть партий местного зерна не соответствуют ГОСТу по признакам стекловидности, зерну с черным зародышем, заражению фузариозом и т.д.

Особенностью текущего сезона было то, что если в Центральном федеральном округе погодные условия в период уборки (август-сентябрь) сложились жаркими и засушливыми, то в Поволжском, а в особенности, в Уральском и Сибирском федеральных округах осадки в уборочную страду существенно превышали среднеголетние значения.

По отзывам перерабатывающих предприятий наиболее распространенными проблемами текущего сезона в товарных партиях зерна являются:

- низкое содержание протеина и массы 1000 зерен вследствие неудовлетворительного минерального питания и примитивизации агротехнологий;
- благоприятные условия для развития болезней колоса (черный зародыш, фузариоз и чернь колоса) из-за экономии на защите посевов (следствие снижения рентабельности зернового производства);
- низкая стекловидность зерна; уборка твердой пшеницы зачастую не в приоритете по сравнению с более маржинальными масличными культурами;

- высокая доля зерновой примеси (>5%) как следствие использования в качестве посевного материала семян низких репродукций;
- цветность зерна и качество клейковины не соответствует требованиям переработчиков, поскольку сельхозпроизводители нерегулярно осуществляют сортосмену и сортообновление, а доля сертифицированных семян не превышает 5-7%.

В целом отмечено снижение товарных качеств партий зерна по сравнению с предыдущими годами и высокий уровень заспоренности патогенами семян по результатам фитоэкспертизы (альтернариоз, фузариоз).

С учетом указанных проблем «задание» сельхозпроизводителям для их решения в 2025 г. должно включать мероприятия, направленные на накопление протеина в зерне и защиту колоса (здоровье зерна). В частности акцент должен быть на следующих требованиях:

- *востребованные сорта*: использование сортов из списка ценных сортов твердой пшеницы НАПМИ, адаптированных к местным почвенно-климатическим условиям;
- *здоровье почв*: способствовать развитию условно полезной микробиоте почвы с помощью минерализации стерневых остатков предшественника, внесением сбалансированных элементов питания, внедрением элементов биологизации земледелия;
- качественная *обработка почв* чтобы повысить полевую всхожесть и создать условия для развития растений пшеницы, снизить риски влияния засухи и высоких температур;
- *сертифицированные семена* ранних репродукций от надежных поставщиков;
- подбор инсектофунгицидного *протравителя* для обработки семян на основе данных фитоэкспертизы семян и почвы и фунгицидной защиты против болезней колоса;
- оптимизировать *норму и сроки сева* для каждого сорта и региона с целью дружного прохождения фенофаз. В сверхранние и ранние сроки следует высевать семена интенсивных сортов-двуручек, в средние – сорта степного типа, в поздние – экстенсивного;
- применение *антистрессантов* в период вегетации и некорневых подкормок для улучшения накопления протеина в зерне.

Неблагоприятные условия для сева озимых хлебов осенью 2024 г. и падение рентабельности производства зерновых культур в целом скажутся на сокращении посевных площадей озимой мягкой пшеницы. Современное состояние посевов в ряде случаев неудовлетворительное из-за низкой полевой всхожести и получения недружных всходов позже стандартных сроков. Эти факторы вместе с привлекательной ценой на зерно твердой пшеницы, превышающей на 25...30% цену мягкой, будут способствовать высокому спросу на семена яровых зерновых культур для посевной кампании 2025 г.

ИЗУЧЕНИЕ АЛЛЕЛЬНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ГЕНА *FR-A2* В КОЛЛЕКЦИИ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

Есина М.С.¹, Черноок А.Г.², Коробкова В.А.², Лаппо А.А.², Блинков А.О.², Зеленина А.С.², Архипов А.В.², Ермолаев А.С.², Крупин П. Ю.², Беспалова Л.А.³, Яновский А.С.³, Воропаева А.Д.³, Мудрова А.А.³, Дивашук М.Г.¹

*1-ФГБОУ ВО РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва
2-ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной*

Твердая пшеница занимает важное место среди основных сельскохозяйственных культур в мире и существенно влияет на продовольственную безопасность многих стран. Она демонстрирует высокие показатели урожайности и обладает большей адаптивностью к различным экологическим условиям по сравнению с мягкой пшеницей. В России площадь, отведенная под твердую озимую пшеницу, составляет 101 тысячу гектаров. Для перехода от вегетативной фазы к генеративной фазе твердой озимой пшенице требуется яровизация. На успешную перезимовку твердой пшеницы оказывают влияние агрономические методы, абиотические факторы окружающей среды, а также генетические характеристики самих растений. Устойчивость к морозам является одним из ключевых факторов, способствующих хорошей перезимовке и высокой урожайности твердой пшеницы [1].

Промораживание растений при температурах $-18-20^{\circ}\text{C}$ считается традиционным методом оценки морозостойкости, однако этот процесс требует значительных временных затрат. Устойчивость к низким температурам представляет собой сложный количественный признак. На сегодняшний день идентифицированы два основных QTL, отвечающих за морозостойкость пшеницы: FR1 и FR2. Молекулярные маркеры играют важную роль в ускорении селекционного процесса. Одним из современных методов является конкурентная аллель-специфичная ПЦР (KASP-PCR), которая позволяет проводить генотипирование быстро и в больших объемах. В литературе уже известны некоторые маркеры, связанные с морозостойкостью твердой пшеницы, к примеру, маркеры S2269949 и S1077313, ассоциированные с геном *Fr-A2* [2].

Целью данного исследования было изучение распределения аллелей гена морозостойкости *Fr-A2* в коллекции твердой озимой пшеницы, предоставленной Беспаловой Л.А. из НЦЗ им. П.П. Лукьяненко (Краснодар) и определение образцов с лучшей морозостойкостью. Генотипический анализ растений мы проводили с использованием KASP технологии. По результатам генотипирования на маркер S1077313 выявлено, что в коллекции (152 образца) большая часть растений имеют аллель резистентности (морозостойкости) 130 растения (85,53%), 1 растение (0,66%) гетерозиготно и 18 растений содержат не резистентный аллель (11,84%). По результатам генотипирования на маркер S2269949 выявлено, что в коллекции (152 образца) всего 19 растений имеют аллель резистентности (морозостойкости) (12,5%), большая часть растений содержат не резистентный аллель 95 растений (62,5%) и 35 растений (23,03%) гетерозиготны. В совокупности по обоим маркерам аллель резистентности выявлен у четырех растений, а также у одного растения обнаружена гетерозиготность по одному маркеру и резистентный аллель по второму. В связи с малым числом растений, показавших резистентный аллель по двум маркерам, данное исследование приобретает особую значимость. Полученные данные являются ценными, так как распознанные растения могут быть донорами свойств морозостойкости, что будет способствовать разработке новых сортов с улучшенными характеристиками. Следующим этапом данного исследования будет оценка растений по другим маркерам морозостойкости и выявление растений с лучшими свойствами морозостойкости в полевых условиях и в условиях лаборатории.

Исследование выполнено при поддержке Российского Научного Фонда, № 24-16-00274.

Список литературы:

1. Wurschum T., C. Friedrich H. Longin, Hahn V., Tucker M.R. and Willmar L. Leiser. Copy number variations of CBF genes at the Fr-A2 locus are essential components of winter hardiness in wheat // *The Plant Journal* – 2017. – Т. 89. – №. 4. – С. 764-773.
2. Michel, Sebastian, et al. Improving and maintaining winter hardiness and frost tolerance in bread wheat by genomic selection // *Frontiers in Plant Science* – 2019 – 10:1195.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ФАЛЬСИФИКАЦИИ ЗЕРНА

Закладной Г. А.

Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН (ВНИИЗ - филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова»), Москва 127434; E-mail: vlaza@list.ru

Нашими обследованиями в разных регионах страны показано, что 56 % партий были заселены вредителями хлебных запасов.

В поврежденной зерновке отсутствует большая часть эндосперма, место которого заполнено насекомым и продуктами его жизнедеятельности. Снижается количество белка, отмечаются разнонаправленные сдвиги в содержании аминокислот, появляется в значительных количествах мочевая кислота (МК). Зерно становится ядовитым.

Традиционное определение загрязненности зерна вредителями хлебных запасов по их количеству в межзерновом пространстве в ряде случаев (например, после сепарирования зерна) дает ложную картину его фактической опасности для людей, что приводит к периодическому подтравливанию населения при питании продуктами, выработанными из такого зерна.

Наращение численности жуков в зерне повышает содержание в нем МК [1]. Выявлены математические алгоритмы этой зависимости: для рисового долгоносика *Sitophilus oryzae* $y = 1,33x + 20,67$ [2]; для амбарного долгоносика *Sitophilus granarius* $y = 2,88x$ [3]; для малого мучного хрущака *Tribolium confusum* $y = 0,89x$ [4]; для суринамского мукоеда *Oryzaephilus surinamensis* $y = 0,15x + 0,53$ [5].

Максимально допустимый уровень (МДУ) МК в зерне можно представить как частное от деления произведения содержания МК в зерне, рассчитанное по уравнениям регрессии для каждого вида насекомого при суммарной плотности зараженности и/или загрязненности (СПЗ) 1 экз./кг (А), и МДУ СПЗ = 15 экз./кг, на коэффициент вредоносности соответствующего вида насекомого K_b по уравнению (1):

$$\text{МДУ МК мг/кг} = \text{А мг/кг} \cdot \text{МДУ СПЗ экз./кг} : K_b \quad (1)$$

Рассчитанные по уравнению (1) величины МДУ МК составляют для рисового долгоносика 33 мг/кг, для амбарного долгоносика 29 мг/кг, для малого мучного хрущака 36 мг/кг и для суринамского мукоеда 34 мг/кг. Как видим, они близки между собой, находясь в диапазоне от 29 мг/кг до 36 мг/кг. Расчетная средняя величина МДУ МК составляет 33 мг/кг при доверительных границах $\Delta_n - \Delta_b = 28,4 - 37,6$ мг/кг.

Представляется целесообразным с точки зрения наибольшей безопасности для здоровья людей установить МДУ МК, соответствующий нижнему доверительному его значению, составляющему 28 мг/кг.

МДУ МК может быть объективным показателем загрязненности зерна вредителями. Он позволит устранить нестыковки в нормативных документах, с одной стороны, а также достоверно распознавать фальсифицированное сепарированием загрязненное зерно, с другой стороны.

Список литературы:

1. Яицких А. В., Закладной Г. А., Степаненко Д. С. Определение мочевой кислоты в зернопродуктах с помощью ВЭЖХ // Пищевая промышленность. 2023. № 6. С. 24-26.
2. Zakladnoy, G. A., Yaitskikh A. V. Dependence of Uric Acid Content in Stored Grain on the Population Density of the Rice Weevil *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera, Dryophthoridae) // Entomological Review, 2020, Vol. 100, No. 2, pp.170-172.
3. Закладной, Г. А., Яицких, А. В., Степаненко, Д. С. Ответственность зерновых долгоносиков в загрязнении зерна мочевой кислотой // Хлебопродукты. – 2021. – Вып. № 9 - С. 48-50.
4. Яицких А. В., Закладной Г. А., Степаненко Д. С. Особенности формирования малым мучительным хрущак *Tribolium confusum* Duv. (Tenebrionidae) мочевые кислоты в хранящемся зерне // Пищевая промышленность. 2024. № 3 С. 26-28.
5. Степаненко, Д.С., Закладной, Г.А., Яицких А.В. Накопление суринамским мукоедом *Oryzaephilus surinamensis* (L.) мочевой кислоты в хранящемся зерне // Пищевая промышленность. 2024. № 5. С.8-10.

ЛАБОРАТОРНАЯ ОЦЕНКА МОРОЗОСТОЙКОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ТВЁРДОЙ (TRITICUM DURUM DESF.)

Зеленина А.С.^{1,2}, Коробкова В.А.², Бизякина Д.О.², Радзенице С.²,
Блинков А.О.², Яновский А.С.³, Беспалова Л.А.³, Карлов Г.И.², Кочешкова
А.А.², Дивашук М.Г.²

1 – Российский государственный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева (РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева), Москва 127550; E-mail: info@rgau-msha.ru

2-Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии (ФГБНУ ВНИИСБ), Москва 127550;
E-mail: biotech@iab.ac.ru

3- ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко» ФБГНУ НЦЗ им. П.П. Лукьяненко, Краснодар 350012

В настоящее время возросла значимость озимой твёрдой пшеницы. В связи с этим перед селекционерами была поставлена важная задача: распространить культуру в северные районы страны и вместе с тем достичь успехов как можно скорее. Однако трудная задача требует новых подходов к оценке зимо- и морозоустойчивости. Среди них создание методов, позволяющих в кратчайшие сроки производить оценку генотипов вне зависимости от погодно-климатических условий и сезона.

На сегодняшний день существует множество методов оценки морозостойкости, среди которых можно выделить как прямые, так и косвенные. Например, цитологический метод [2], основанный на окрашивании повреждённых листьев, биохимический – метод определения свободного пролина при воздействии пониженных температур [3], донской метод (метод «Пучков») и другие. Однако самыми точными по-прежнему остаются методы прямого промораживания.

Данная работа посвящена разработке метода прямого промораживания озимой твёрдой пшеницы в лабораторных условиях. Метод в будущем позволит производить оценку растений вне зависимости от времени года и погодно-климатического режима регионов, что в перспективе поможет ускорить селекцию озимых зерновых культур.

Рост и развитие растений протекает в камерах искусственного климата российской компании «Климбиотех». В каждой камере существует возможность

изменения спектрального состава и интенсивности освещения, поддержание необходимого уровня влажности и организация оптимального фотопериода. Особенностью одной из камер является возможность не только поддерживать все вышеперечисленные параметры, но и снижать температуру до отрицательных значений. Это позволяет производить уход, промораживание и оценку в условиях одной камеры без необходимости переноса растений.

В процессе работы был проанализирован ряд ошибок, что впоследствии позволило нам определиться с главными условиями, которые должны соблюдаться при подготовке к оценке и в процессе неё, что способствует получению корректных результатов:

1) Главным условием является создание коллекции сортов-дифференциаторов озимой твёрдой пшеницы, по которой будут осуществляться оценка исследуемых образцов, или использование существующих.

2) Организация роста и развития растений в условиях, соответствующих естественным для испытуемых сортов. Среди них мы выделяем специфичность фотопериодизма для региона, в котором районированы сорта, спектрального состава света, режим увлажнения и питания. Впервые оценка проводилась на сортах, районированных в Краснодарском крае, поэтому для роста и развития был выбран короткий фотопериод: 10 ч день и 14 ч ночь. Осуществляли регулярный полив и подкормку.

3) Обеспечение хорошего уровня закалки растений. Этот параметр регулируется за счёт трёх основных компонентов: длительность этапа закалки, температурный режим и интенсивность освещения. Вместе с тем важно проводить любые изменения температуры плавно, так как это может сказаться на состоянии живых клеток растения. В своем эксперименте мы использовали следующую схему закалки:

1 фаза протекала в течение 7 суток при температуре 0⁰С и освещении в 10000 лк.

2 фаза длилась 3 суток при -4⁰С в полной темноте [1].

Скорость изменения температуры составляла 1⁰С/час, что обеспечило плавность этого процесса.

4) Оптимальная фаза для постановки растений на закалку. Нами выявлено, что фаза активного кущения является уже поздней для проведения оценок.

5) Выбор оптимальной температуры проморозки, которая позволит дифференцировать сорта по устойчивости к морозу. Было выявлено, что выбор температуры находится в прямой зависимости от качества закалки растений.

6) Промораживание растений проводили в течение 1 суток, после чего плавно поднимали температуру до +4 ⁰С, руководствуясь вышеупомянутым принципом. В течение двух суток растения оттаивали. Завершали эксперимент повышением температуры в камере до +22 ⁰С со скоростью 1 ⁰С/час.

На сегодняшний день было оценено уже 24 генотипа, в качестве отрицательного контроля был выбран сорт яровой твёрдой пшеницы Ясенка. Было поставлено два опыта, в ходе которых выявлен основной ряд ошибок. Анализ результатов помог определить основные параметры, обеспечивающие успешное проведение опыта.

В результате отметили генотип твёрдой пшеницы Цель, предоставленный ФГБНУ НЦЗ им. П.П. Лукьяненко, который показал повышенную морозостойкость. На сегодняшний день ведется активная разработка протокола лабораторной оценки морозостойкости озимых зерновых культур с изучением возможностей камер искусственного климата.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ №24-16-00274

Список литературы:

1. Дроздов С.Н., Удовенко В.Г. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: методическое руководство. – ВИР, 1988.

2. Размахнин Е. П. и др. Способ определения морозостойкости озимых зерновых культур. – 2009.
3. Стаценко А. П., Кузин Е. Н., Кузнецов А. Ю. Способ оценки холодостойкости растений. – 2003.

КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ И ЛИНИЙ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ «АНЦ «ДОНСКОЙ»

Иванисова А.С., Марченко Д.М.

*ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (ФГБНУ «АНЦ «Донской»)),
Зерноград 347740; E-mail: kameneva.anka2016@yandex.ru*

Твердая пшеница ценится за свои высокие макаронно-крупяные качества. Из нее производят муку, которая отличается высоким содержанием белка (12-15%) и хорошими физико-химическими свойствами. Такая мука отлично подходит для производства макаронных изделий, вермишели, манной крупы и лучших сортов кондитерских изделий. Это обусловлено наличием в зерне твердой пшеницы большого количества клейковины, придающей готовым изделиям эластичность и упругость [1].

Одна из важных задач выращивания твердых пшениц – создание сортов с высоким качеством зерна, способных сохранять его даже при неблагоприятных условиях. Цель исследований - оценка качественных показателей новых сортов и линий озимой твердой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской».

Исследования проводились в 2021-2023 гг. на опытных участках ФГБНУ «АНЦ «Донской» лаборатории селекции и семеноводства озимой твердой пшеницы. В качестве объекта исследований послужили 30 сортов и линии собственной селекции, в качестве стандарта использовали сорт Кристелла.

Качество зерна у сортов и линий озимой твердой пшеницы определяли по ГОСТ: количество клейковины – ГОСТ Р 54478-2011, натура зерна – ГОСТ 10840-2017, содержание белка – ГОСТ 10846-91, стекловидность – ГОСТ Р 70629-2023, содержание каротиноидов – колориметрическим методом.

Погодные условия в годы изучения существенно различались, что позволило всесторонне изучить показатели качества зерна твердой озимой пшеницы.

Средний показатель массы 1000 зерен варьировал по годам от 34,0 г (2023 г.) до 43,6 г (2022 г.), сортовые колебания за изучаемый период составили от 25,4 г до 45,7 г. У стандартного сорта Кристелла в среднем показатель данного признака составил 37,8 г. Крупное зерно (масса 1000 зерен свыше 40 г) сформировали 12 образцов озимой твердой пшеницы. Необходимо отметить линию 1377/20, которая несмотря на изменение погодных условий стабильно формирует массу 1000 зерен свыше 40,0 г (2021 год – 42,5 г; 2022 год – 51,3 г; 2023 год – 43,4 г).

Крупность зерна в сочетании с натурой и отсутствие неполноценных и поврежденных зерен – признак макаронно-крупяных качеств [2]. Определение натуры зерна показало, что в среднем по годам значения изменялись от 727 г/л (2023 г.) до 838 г/л (2022 г.). Данный признак, как и масса 1000 зерен, был подвержен влиянию погодных условий в изучаемый период. Сортовые колебания натуры зерна в среднем по годам составляли 748-809 г/л, у стандартного сорта Кристелла – 763 г/л. Основная масса изучаемых образцов озимой твердой пшеницы (26 шт.) по данному признаку относились к I-му классу согласно ГОСТа: Лакомка, Динас, Хризолит, Услава, Соперница, 1147/19, 691/20, 901/20, 1377/20, 709/16 и т.д.

Стекловидность зерна характеризует его консистенцию и служит косвенным критерием оценки макаронно-крупяных свойств пшеницы. В 2021-2023 гг. уровень стекловидности колебался по образцам от 69 % до 93 %. На данный признак оказали влияние погодные условия в годы исследований: в 2021 размах варьирования составил от 57 % до 96 %, в благоприятном 2022 г. было сформировано высокостекловидное зерно (97-100%), мучнистое (50-55 %) – в 2023 г. Сорты Каротинка (80 %), Графит (82 %) и линии 901/20 (83 %), 939/20 (82 %), 1253/20 (93 %), 1255/20 (89 %), 1383/20 (89 %) имели высокие значения данного признака (78 %) и в среднем сохранили стабильную стекловидность зерна.

Содержание белка в зерне пшеницы подвержено значительным колебаниям в зависимости от различных факторов, таких как почвенные и климатические условия, длительность вегетационного периода и другие. Но несмотря на эти колебания, озимая твердая пшеница обладает важным питательным составом и наряду с яровой играет существенную роль в пищевой промышленности, особенно в производстве макаронных изделий и круп [3]. Содержание белка в зерне варьировало по годам от 13,70 в 2022 г. % до 14,91 % в 2021 г. Стандартный сорт Кристелла формировал высокобелковое зерно (13,89 %...15,95 %). Необходимо отметить 15 сортов и линий озимой твердой пшеницы, которые выделились стабильно высоким содержанием белка в зерне, соответствующим первому классу качества (14,11-15,05 %): Диона, Услада, Лакомка, Динас, Хризолит, Придонье, Каротинка, Соперница, 1037/17, 555/20, 691/20, 390/20, 1093/20, 1377/20, 709/16.

Средний показатель содержания клейковины у образцов озимой твердой пшеницы был стабильно высоким по годам и колебался в пределах от 28,0 % (2022 г.) до 30,1 % (2021 г.). Высокие значения отмечены у 5 образцов озимой твердой пшеницы: Динас (30,0 %), 1147/19 (30,4 %), 691/20 (30,3 %), 390/20 (30,4 %), 1377/20 (30,1 %).

Цвет зерна связан с наличием в нем естественных желтых пигментов, придающих изделиям требуемый лимонно-желтый цвет. Средние по годам показатели содержания каротиноидов значительно колебались от 472 мкг/% (2023 г.) до 718 мкг/% (2021 г.). Наблюдались и значительные колебания по образцам. Содержание каротиноидов у стандартного сорта Кристелла составляло 608 мкг/%, высокие значения (от 612 до 691 мкг/%) отмечены у 7 образцов озимой твердой пшеницы: 901/20, 939/20, 1383/20, Лакомка, 971/19, 1253/20, 1255/20.

Благодаря разнообразию погодных условий в годы исследований по комплексу качественных показателей выделилось 6 новых сортов и линий озимой твердой пшеницы. Данные образцы по содержанию белка (14,6-15,05 %), клейковины (29,1-30,4 %) и натуре зерна (777-792 г/л) соответствуют I-му классу качества на твердую пшеницу, по стекловидности (73-77 %) – III-му.

Особое внимание обращает на себя линия 1377/20, которая стабильно формировала крупное зерно с высоким качеством зерна.

Одним из основных направлений селекционной работы по твердой пшеницы является улучшение качества зерна. В результате изучения качественных показателей новых сортов и линий озимой твердой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» было выделено 6 образцов: Диона, Динас, Придонье, 691/20, 390/20, 1377/20.

Выделенные источники представляют интерес для селекции твердой пшеницы на высокое качество зерна и макарон в условиях Ростовской области.

Список литературы:

1. Васенев И.И., Бесалиев И.Н., Мальчиков П.Н., Шутарева Г.И., Джанчаров Т.М., Морев Д.В., Ярославцев А.М., Курашов М.Ю. Анализ лимитирующих агроэкологических факторов урожайности и качества твердой пшеницы в засушливых условиях // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 12. С. 30-37.

2. Ложкин А.Г., Васильев О.А., Димитриев В.Л., Каюкова О.В., Яковлева М.И. Особенности формирования урожайности и качества пшеницы твердой яровой в условиях Чувашской Республики // Аграрная наука. 2024. № 2. С. 87-91.

3. Kibkalo I. Effectiveness of and Perspectives for the Sedimentation Analysis Method in Grain Quality Evaluation in Various Cereal Crops for Breeding Purposes // Plants. 2022. Vol. 11(13), Article number: 1640.

ПОИСК И ИЗУЧЕНИЕ ГЕНОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫЕ ПРИЗНАКИ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ

Коробкова В.А.¹, Яновский А.С.², Ульянов Д.С.¹, Ермолаев А.С.¹, Архипов А.В.¹, Самарина М.А.¹, Назарова Л.А.¹, Черноок А.Г.¹, Мудрова А.А.², Беспалова Л.А.², Карлов Г.И.¹, Дивашук М.Г.¹

1 – ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии», Москва 127550; E-mail: bowlingistka@gmail.com

2 – ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко», Краснодар 350012

Изучение коллекционных питомников – один из основных этапов селекционного процесса. Знания об аллельных состояниях генов, оказывающих влияние на различные параметры, позволят подбирать пары для скрещиваний, родительские формы в которых обладают высоким генетическим потенциалом для достижения конкретных целей, в селекционных программах, направленных на повышение качества, высокую продуктивность и адаптивность.

Мы проанализировали коллекцию из 393 сортов и перспективных селекционных линий озимой и яровой твёрдой пшеницы, собранной в Национальном центре зерна имени П.П. Лукьяненко, с помощью методов молекулярной биологии (в том числе KASP и GWAS-анализ, SDS-PAGE). В результате наших исследований мы выявили структуру коллекции по аллельным вариантам генов, оказывающим влияние на хозяйственно-ценные признаки твердой пшеницы.

По результатам исследований на аллельные варианты гена *Zds-Al* нами выявлено, что преобладающее большинство образцов несут аллель *Zds-Alb*: 90% сортов озимого коллекционного питомника, 88% яровых образцов и 71% озимых линий КСИ (Коробкова и др., 2023а). В условиях Краснодарского края на индекс желтизны в зерне и крупке у озимых образцов коллекционного питомника и КСИ в основном оказывал положительный эффект аллель *Zds-Ala*. У яровых образцов твердой пшеницы был выявлен положительный эффект аллеля *Zds-Alb* на индекс желтизны в зерне, в то время как индекс желтизны в крупке у образцов с этим аллелем был достоверно ниже.

Мы выявили отсутствие *IRS.1BL* и *IRS.1AL* у всех изученных коллекционных образцов яровой и озимой твёрдой пшеницы, собранной в НЦЗ им. П.П. Лукьяненко. Отсутствие *IRS* наблюдалось у всех образцов вне зависимости от этапа селекционного процесса, в том числе у дополнительно проанализированных 144 озимых линий селекционного питомника, полученных путём скрещиваний (*T. aestivum* (+1RS.1BL) x *T. durum*) x *T. durum*. Введение ржано-пшеничной транслокации *IRS.1AL* и *IRS.1BL* потенциально возможно только с применением инструментов маркер-опосредованной селекции (Korobkova et.al., 2023).

Единственным геном короткостебельности у твёрдой пшеницы является *RhtB1b*. Встречаемость *Rht-B1b* у яровой твёрдой пшеницы составляет 68% среди сортов яровой твёрдой пшеницы, 98% среди сортов озимой твёрдой пшеницы и 98,5% среди линий

озимой твёрдой пшеницы из питомника конкурсного сортоиспытания (Архипов и др., 2023).

С помощью SDS-PAGE анализа и ПЦР-маркеров было показано, что среди сортов яровой твёрдой пшеницы наиболее часто встречаются аллели *Glu-A1c* (97%), *Glu-B1a1* (55%), *Glu-B1d* (18,8%) и *Glu-B1e* (13%) (Kroupin et al., 2023), среди сортов озимой твёрдой пшеницы наиболее часто встречаются аллели *Glu-A1c* (82,9%), *Glu-B1b* (53,9%), *Glu-B1a1* (17,1%) и *Glu-B1e* (14,5%) (Kroupina et al., 2023), среди линий озимой твёрдой пшеницы конкурсного сортоиспытания наиболее часто встречаются аллели *Glu-A1c* (98,0%), *Glu-B1a1* (59,6%), *Glu-B1d* (17,2%) и *Glu-B1e* (12,1%) (Коробкова и др., 2023b). Нами впервые выявлен аллель *Glu-B1z**, встречающийся у 5% образцов питомника конкурсного сортоиспытания озимой твёрдой пшеницы и у 7,2% сортов яровой твёрдой пшеницы (Kroupin et al., 2023; Коробкова и др., 2023b). На содержание белка и клейковины у сортов озимой твёрдой пшеницы положительное влияние оказывают аллели *Glu-A1a*, *Glu-B1a1* и *Glu-B1f*, в то время как у сортов яровой твёрдой пшеницы повышенное содержания белка ассоциировано с наличием аллелей *Glu-B1a1*, *Glu-B1e*, *Glu-B1z*.

На основе анализа SNP AX-94403238 на хромосоме 4B, ассоциированного с содержанием белка в зерне, был выявлен ген-кандидат *Sat2*. Секвенирование гена-кандидата *Sat2* у пяти образцов твёрдой пшеницы, контрастных по содержанию белка, выявило 23-29 однонуклеотидных полиморфизмов (SNP). На SNP в первом интроне был разработан KASP-маркер, с помощью которого на коллекции из 193 образцов было показано влияние аллельного состояния *Sat2* на содержание белка в зерне яровой твёрдой пшеницы.

Применение современных систем молекулярных маркеров, в том числе KASP-маркеров и маркеров на основе GWAS, а также биоинформатические подходы в селекции твёрдой пшеницы открывают новые возможности и перспективы в изучении аллельных состояний ценных генов, а также в поиске новых генов и их аллелей, ассоциированных с высокими показателями качества, адаптивности и продуктивности твёрдых сортов пшеницы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 24-16-00274.

Список литературы:

1. Архипов А.В., Беспалова Л.А., Яновский А.С., Воропаева А.Д., Черноок А.Г., Коробкова В.А., Назарова Л.А., Ульянов Д.С., Самарина М.А., Мудрова А.А., Карлов Г.И., Дивашук М.Г. Изучение коллекции твёрдой пшеницы по аллельным вариантам генов короткостебельности. Кормопроизводство. 2023. № 5. С. 19-25. <https://doi.org/10.25685/KRM.2023.5.2023.003>
2. Коробкова В.А., Беспалова Л.А., Яновский А.С., Воропаева А.Д., Архипов А.В., Ширнин С.Ю., Черноок А.Г., Никитина Е.А., Ульянов Д.С., Мудрова А.А., Букреева Г.И., Карлов Г.И., Дивашук М.Г. Скрининг коллекции яровой и озимой твёрдой пшеницы с помощью KASP-маркера на аллельное состояние гена *Zds*. Кормопроизводство. 2023а. № 4. С. 25-31. <https://doi.org/10.25685/KRM.2023.4.2023.004>
3. Коробкова В.А., Крупина А.Ю., Архипов А.В., Яновский А.С., Воропаева А.Д., Беспалова Л.А., Мудрова А.А., Назарова Л.А., Магомедов М.М., Крупин П.Ю., Самарина М.А., Ульянов Д.С., Карлов Г.И., Дивашук М.Г. Разнообразие аллельного состояния генов *Glu-1* в коллекции образцов твёрдой пшеницы (*Triticum durum* Desf.). Сельскохозяйственная биология. 2023b;58(5): 840-851. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2023.5.840rus>
4. Korobkova, V.A.; Bepalova, L.A.; Yanovsky, A.S.; Chernook, A.G.; Kroupin, I. V.; Arkhipov, A.V.; Yurkina, A.I.; Nazarova, L.A.; Mudrova, A.A.; Voropaeva, A.D.; et

al. Permanent Spreading of 1RS.1AL and 1RS.1BL Translocations in Modern Wheat Breeding. *Plants* 2023, 12, 1205. <https://doi.org/10.3390/plants12061205>

5. Kroupin, P.Y.; Bepalova, L.A.; Kroupina, A.Y.; Yanovsky, A.S.; Korobkova, V.A.; Ulyanov, D.S.; Karlov, G.I.; Divashuk, M.G. Association of High-Molecular-Weight Glutenin Subunits with Grain and Pasta Quality in Spring Durum Wheat (*Triticum turgidum* spp. durum L.). *Agronomy* 2023, 13, 1510. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061510>

6. Kroupina, A.Y.; Yanovsky, A.S.; Korobkova, V.A.; Bepalova, L.A.; Arkhipov, A.V.; Bukreeva, G.I.; Voropaeva, A.D.; Kroupin, P.Y.; Litvinov, D.Y.; Mudrova, A.A.; et al. Allelic Variation of Glu-A1 and Glu-B1 Genes in Winter Durum Wheat and Its Effect on Quality Parameters. *Foods* 2023, 12, 1436. <https://doi.org/10.3390/foods12071436>

ПОДБОР УСЛОВИЙ SPEED BREEDING ДЛЯ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

Кочешкова А.А., Блинков А.О., Свистунова Н.Ю., Радзенице С., Алкубеси М., Дивашук М.Г., Карлов Г.И.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии», лаборатория маркерной и геномной селекции растений, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д.42, Россия

Спидбридинг (Speed breeding) представляет собой комплекс технологических приёмов, направленных на ускорение зацветания и созревания семян, что позволяет сократить время от посева до сбора урожая. Важно отметить, что спидбридинг включает в себя множество различных приёмов, и использование только одного из них не даст значительного сокращения времени вегетации. К таким приёмам относятся: качество света (спектральный состав и интенсивность), фотопериод, дневные и ночные температуры, влажность воздуха, площадь питания и другие параметры. Эти приёмы направлены как на ускорение перехода растения к цветению, так и на ускоренное созревание.

Настоящая работа посвящена подбору условий технологии «speed breeding» для твёрдой яровой пшеницы российской селекции. В качестве объекта исследования была использована твёрдая яровая пшеница сорта Ясенка.

Злаки проявляют высокую чувствительность к изменениям параметров, ускоряющих время зацветания. Твёрдая яровая пшеница также продемонстрировала отзывчивость на комплекс условий, способствующих переходу к генеративной фазе. Однако, в отличие от мягкой пшеницы и тритикале, твёрдая пшеница оказалась более чувствительной к высокой интенсивности света, что негативно сказывалось на скорости колошения. При этом наличие дальнего красного света значительно ускоряло переход к колошению и цветению у твёрдой пшеницы, в то время как на мягкой пшенице эффект дальнего красного был менее значителен.

У твёрдой пшеницы время до цветения на самых благоприятных для ускорения условиях составляло 41 день с момента посева. Для сокращения периода созревания зерна оптимальным является метод сушки колосьев, срезанных в фазу начальной восковой спелости, через 20-25 дней после даты наступления цветения. Другим эффективным приемом является изолирование зародышей из незрелых зерен. Изолирование возможно проводить на 14-20 сутки после цветения. За неделю культивирования зародыши достигают стадии двух листьев, и готовы для пересадки в почву.

На основании полученных результатов выращивания твердой яровой пшеницы по технологии спидбридинг, в условиях наших климатических камер мы можем получать более 5 поколений твердой пшеницы в год.

Исследование выполнено при финансовой поддержке государственного задания №FGUM-2024-0002

МОЛЕКУЛЯРНОЕ МАРКИРОВАНИЕ ГЕНОВ СКОРОСТИ РАЗВИТИЯ И ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К ФОТОПЕРИОДУ (*Vrn*, *Ppd*) У ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ (*T/ durum Desf.*)

Ляпунова О.А., Андреева А.С., Анисимова И.Н.

ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), г. Санкт-Петербург 190031; E-mail: o.liapounova@vir.nw.ru

Продолжительность вегетационного периода растений является важным биологически адаптивным и хозяйственно ценным свойством в селекции пшеницы. С ним связано большинство признаков и свойств сорта и в итоге его урожайность и качество зерна. Межфазный период «всходы – колошение» является менее вариабельным по сравнению с периодом «всходы – созревание», что позволяет считать фазу колошения надежным критерием определения группы спелости.

Сроки колошения у пшеницы определяются тремя генетическими системами, контролирующими реакцию растений на яровизирующие температуры (гены *Vrn* – *Vernalisation*), чувствительность к фотопериоду (гены *Ppd* – *Photoperiod response*) и гены скороспелости как таковые, контролирующие время цветения и не зависящие от факторов внешней среды (*Eps*-earliness per se) [1].

У пшеницы реакцию на яровизацию контролируют три основных гена *Vrn-A1* (*Vrn1*), *Vrn-B1* (*Vrn2*) и *Vrn-D1* (*Vrn3*), локализованных в геномах А, В и D [2, 3]. Система этих генов формирует единый механизм, который определяет сроки колошения. Доминантный *Vrn-A1* является самым сильным ингибитором потребности растений в яровизации и обеспечивает полную нечувствительность к яровизирующим температурам. Наличие хотя бы одного доминантного аллеля гена *Vrn1* приводит к яровому типу развития. Озимый тип развития контролируется рецессивными аллелями по всем трем локусам гена *Vrn1* – *vrn-A1*, *vrn-B1* и *vrn-D1*.

Реакция на продолжительность периода освещенности контролируется тремя гомеологичными генами: *Ppd-A1*, *Ppd-B1* и *Ppd-D1*. Основные гены реакции на фотопериод позволяют растениям пшеницы воспринимать изменения продолжительности дня, при этом ускоренное колошение происходит при выращивании на длинном дне, а короткий день вызывает его задержку. Доминантные аллели этих генов снижают чувствительность к фотопериоду. Пшеница является растением длинного дня, но наличие доминантных генов *Ppd* обуславливают ее нечувствительность (фотонейтральность) к действию короткого дня, когда ее вегетационный период не увеличивается. Фотопериодическая нечувствительность считается важным свойством современных высокоадаптивных сортов со стабильно высокой продуктивностью.

Сочетание в генотипе различных комбинаций генов *Vrn* и *Ppd* позволяет растениям пшеницы хорошо адаптироваться к разнообразным условиям выращивания.

В последние десятилетия в селекционеры наряду с классическими методами селекции используют молекулярные подходы, основанные на применении методов молекулярных маркеров – маркер-ориентированная селекция (МОС). Наиболее популярны ПЦР-маркеры – широкий спектр классов ДНК-маркеров, основанных на

использовании доступного, надежного и недорогого метода полимеразной цепной реакции [4].

Использование молекулярных маркеров значительно повышает эффективность идентификации генетического материала и дает понимание адаптивной ценности отдельных аллелей или их комбинаций в конкретных условиях выращивания пшеницы. Отбор с помощью маркеров экономически эффективен, поддается автоматизации, что обеспечивает его высокую производительность.

Цель настоящей работы – с использованием молекулярных маркеров выделить образцы твердой пшеницы из коллекции ВИР, содержащие эффективные гены высокой скорости развития растений (*Vrn*, *Ppd*). Для этого последовательно решали следующие задачи: подбор и тестирование праймеров, специфичных для локусов *Vrn* и *Ppd*; проведение молекулярного скрининга с использованием ПЦР-маркеров генов *Vrn* и *Ppd*, локализованных в геномах А и В.

Выборка для генотипирования по локусам высокой скорости развития растений (*Vrn*, *Ppd*) включала 55 линий из питомника оценки твердой пшеницы СИММУТ (Мексика) и семь изогенных линий, созданных там же. Материал прошел трехлетнее изучение на Дагестанской опытной станции ВИР и был охарактеризован по физиологическим свойствам и компонентам продуктивности.

Молекулярно-генетический анализ проводили в 2022-23 гг. в отделе генетики ВИР. Выделение геномной ДНК осуществляли по методике Д.Б. Дорохова и Э. Клоке [5] в модификации, разработанной в отделе генетики ВИР [6]. Из исследуемого материала была выделена геномная ДНК, проведена проверка ее качества и создана рабочая коллекция из 44 проб.

Для определения генотипов по локусам *Vrn* и *Ppd* изучали полиморфизм десяти маркеров, специфичных для аллелей *Vrn-A1a*, *vrn-A1*, *Vrn-B1a*, *Vrn-B1c*, *Vrn-B2a*, *Vrn-B2b*, *Vrn-B3a*, *Ppd-A1b*, *Ppd-B1a*, *Ppd-B1b* [7, 8]. В качестве контроля были взяты сорта с известными из литературы генотипами по локусам *Vrn* и *Ppd*.

С помощью использованных диагностических маркеров подтверждены генотипы по изучаемым локусам у данной выборки образцов. У 23 образцов подтверждено наличие доминантного аллеля главного гена *Vrn-A1a*, контролирующего яровой тип развития. Рецессивный аллель *vrn-A1* не выявлен ни у одного из изученных образцов. Вариант доминантного аллеля *Vrn-B1* обнаружен у 24 образцов, а вариант доминантного аллеля *Vrn-B3a* выявлен у единственного образца. У 21 образца выявлены варианты доминантных аллелей *Ppd-A1* и *Ppd-B1*, которые определяют нечувствительность к фотопериоду – носителями доминантного аллеля *Ppd-A1* был 21 образец, а доминантного аллеля *Ppd-B1b* – 24 образца.

По результатам фенотипического анализа и молекулярного генотипирования выделены 24 образца твердой пшеницы из коллекции ВИР, которые могут быть рекомендованы как источники генов скороспелости.

Список литературы:

1. Worland A.J. The influence of flowering time genes on environmental adaptability in European wheats. *Euphytica*. 1996;89:49–57.
2. Distelfeld A., Li C., Dubcovsky J. Regulation of flowering in temperate cereals. *Current Opinion in Plant Biology*. 2009b;2:178–184. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2008.12.010>
3. Yan L, Loukoianov A, Tranquilli G et al. Positional cloning of the wheat vernalization gene *VRN1*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2003;100:6263–6268.
4. Хлесткина Е.К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013;17(4/2):1044-1054.
5. Дорохов Д.Б., Клоке Э. Быстрая и экономичная технология RAPD анализа растительных геномов. *Генетика*. 1997;33(4):443-450.

6. Анисимова И.Н., Алпатьева Н.В., Абдуллаев Р.А., Карабицина Ю.И., Кузнецова Е.Б. Скрининг генетических ресурсов растений с использованием ДНК-маркеров: основные принципы, выделение ДНК, постановка ПЦР, электрофорез в агарозном геле. Методические указания / под ред. Е.Е. Радченко. СПб.: ВИР, 2018.

7. Muterko A., Kalendar R., Salina E. Allelic variation at the *VERNALIZATION-A1*, *VRN-B1*, *VRN-B3*, and *PHOTOPERIOD-A1* genes in cultivars of *Triticum durum* Desf. *Planta*. 2016;244(6):1253-1263.

8. Takenaka S., Kawahara T. Evolution and dispersal of emmer wheat (*Triticum* sp.) from novel haplotypes of *Ppd-1* (photoperiod response) genes and their surrounding DNA sequences. *Theoretical and Applied Genetics*. 2012;125(5):999-1014.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛКОВЫХ МАРКЕРОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПАСПОРТОВ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ

Мельникова Е.Е., Букреева Г.И., Мудрова А.А., Яновский А.С., Домченко
М.И., Воропаева А.Д.

ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко»
(ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»), Краснодар, 350012; E-
mail:knish@knish.ru

В Государственный реестр селекционных достижений внесено на 2024 год 19 сортов твёрдой пшеницы селекции ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» из них 12 сортов пшеницы твёрдой озимой и 7 сортов пшеницы твёрдой яровой. Все данные сорта анализировались методом электрофореза запасных белков (глиадинов) с помощью двух гелевых носителей полиакриламидного геля (ПААГ) и крахмального геля (КГ). Для каждого сорта составлена формула глиадина, с указанием биотипного состава. Разработаны проекты генетических паспортов, включающие электрофореграммы анализируемых сортов.

Аллельный состав глиадинкодирующих локусов сортов твёрдой пшеницы устанавливали с помощью каталога Кудрявцева А.М. при электрофорезе в ПААГ-е и с помощью каталогов Копуся М.М. и Панина В.М. при электрофорезе в КГ.

Изучение сортов пшеницы по аллелям глиадинкодирующих локусов с определением формулы глиадина позволяет в дальнейшем использовать эти данные при определении сортовой принадлежности и чистоты семенных партий; поддержании коллекционного материала; при межвидовых скрещиваниях анализировать наследование аллелей глиадинкодирующих локусов и признаков, связанных с этими аллелями и т.д.

Использование разнообразного коллекционного материала в селекционных программах, позволяет получать селекционные линии, а в дальнейшем и сорта, с высоким полиморфизмом по аллелям глиадинкодирующих локусов. Следовательно, поддержание чистоты коллекции, важная задача для увеличения генетического разнообразия селекционных линий. В 2024 году было отобрано по 5 типичных колосьев из 121 коллекционного образца пшеницы твёрдой озимой. Из каждого колоса проанализировано по 3 зерна методом электрофореза запасных белков (глиадинов) в полиакриламидном и крахмальном геле. Практически все колосья соответствовали заявленным сортам и после обмолота зерно с каждого колоса было посеяно отдельными рядками.

В проанализированном коллекционном материале выявлено 7 аллелей глиадинкодирующих локусов по ПААГ-каталогу (6 по КГ каталогу), контролируемых

хромосомой 1А, 5 аллелей глиадинкодирующих локусов по ПААГ-каталогу (6 по КГ каталогу), контролируемых хромосомой 1В. Аллелей, контролируемых хромосомами шестой гомеологической группой, выявлено значительно больше по ПААГ-каталогу, чем по КГ- каталогу. Наибольшую частоту встречаемости имели аллели Gli A1de (Gld 1A13)-28,5 %, Gli A1dg (Gld 1A2)-27,7 %, Gli A1dc (Gld 1A1)-16,5 %, Gli A1ded (Gld 1A8)-14 %. Аллель Gli A1dc (Gld 1A1) чаще идентифицировался в иностранных сортах, чем в отечественных (DF-01058-1-101, MV Makaroni, Wintergold и т.д.).

Среди аллелей глиадинкодирующих локусов, контролируемых хромосомой 1В преобладали аллели: Gli B1dc (Gld 1B1т и Gld 1B5)-40,5 % и Gli B1db (Gld 1B4т)-24,4 %. Данные аллели включают компонент γ 45, связанный с высокими макаронными качествами. Аллель Gli B1dd (Gld 1B2) идентифицирован в 12,4 % коллекционных образцов, содержит компонент γ 47.

Аллель Gli B1da (Gld 1B9) с компонентом γ 42, имел самую низкую частоту встречаемости-6,2 %. Генотипы с компонентом γ 42 обладают более низкими макаронными качествами, чем генотипы с компонентом γ 45.

Аллель Gli B1dastb (Gld 1B1) присутствует только в отечественных сортах, и частота встречаемости его составляет-16,5 %. Этот аллель идентифицируется также как аллель Gli B1b (Gld 1B1) в сортах мягких пшениц. В родословных краснодарских сортов твёрдой пшеницы Алёна и Золотко действительно присутствует сорт мягкой пшеницы Краснодарская 39. Также этот аллель выявлен в сортах других селекционеров (Эйрена, Придонье, Графит, Солнцедар и т.д.).

Наивысшее среднее количество белка и клейковины отмечено в образцах с аллелем Gli B1dc (Gld 1B1т и Gld 1B5) 13,9 % и 35,7 % соответственно. Генотипы с аллелем Gli B1dd (Gld 1B2), также имели высокое среднее содержание белка (13,8%) и клейковины (32,0%). В образцах с аллелем Gli B1da (Gld 1B9) и компонентом γ 42 среднее содержание белка и клейковины было несколько ниже 12,8 % и 27,8 % соответственно.

Таким образом, разработка генетических паспортов сортов твёрдой пшеницы краснодарской селекции и изучение коллекционных образцов по аллелям глиадинкодирующих локусов позволяет не только идентифицировать генотипы и контролировать чистоту семян, но и определять потенциал качества.

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Немировский С.Л.

*Национальная ассоциация производителей макаронных изделий (НАПМИ),
Москва, 125167, Ленинградский пр-кт, 47, с.2, офис № 402;
E-mail: sergey.nemirovskiy@pastaunion.ru*

Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности ОК 034-2014 (КПЕС 2008) со времен СССР разделяет макаронные изделия только по форме. Именно поэтому в данных Росстата не приводится разделение макаронных изделий по видам используемого сырья, не разделяются макаронные изделия «для варки» и «быстрого» приготовления, а в категорию «изделия макаронные прочие» входят полуфабрикаты макаронного теста, пельмени, вареники и другие подобные изделия с начинкой или без неё.

Отсутствие правильно сегментированной статистической информации серьезно затрудняет оценку, прогнозы и инвестиционное планирование, как непосредственно в рамках макаронной отрасли, так и смежных отраслей.

Национальная ассоциация производителей макаронных изделий выступила инициатором внесения давно назревших изменений в Общероссийский классификатор продукции по Группе 10.73.1 «Производство макаронных изделий», что в итоге привело к изданию Приказа Росстандарта № 31-ст от 19.01.2024, «Об утверждении Изменения 99/2024 ОКПД 2 к Общероссийскому классификатору продукции по видам экономической деятельности» в части классификации макаронных изделий, с датой введения в действие 01 марта 2024 года.

До внесения необходимых изменений в Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности в части классификации макаронных изделий, достоверными данными об объемах производства макаронных изделий в России по видам используемого сырья (мука из твердой или мягкой пшеницы), а также способу их приготовления обладали только крупные производители макаронных изделий, входящие в НАПМИ.

ПРИМЕНЕНИЕ «SMART CHAMBER» «SPEED BREEDING» В НЦЗ ИМ. П.П.ЛУКЬЯНЕНКО

Нормов В.А., Яновский А.С., Мудрова А.А.

*ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко»
(ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»), Краснодар, 350012;
E-mail:knish@knish.ru*

Селекция растений — это непрерывный процесс улучшения сортов сельскохозяйственных культур для удовлетворения потребностей рынка и требований меняющейся окружающей среды. Растущее население вызывает серьезную обеспокоенность по поводу глобальной продовольственной безопасности, поскольку нынешние темпы улучшения некоторых важных сельскохозяйственных культур недостаточны для удовлетворения будущего спроса. Столь медленные темпы улучшения сельскохозяйственных культур отчасти объясняются длительным вегетационным периодом ключевых видов сельскохозяйственных культур, таких как пшеница, рис, ячмень, нут, горох и др.

Скоростная селекция (Speed breeding) — это инновационный метод, в котором используется контролируемая среда и оптимизированные условия для ускорения роста и развития растений, тем самым сокращая циклы размножения и повышая эффективность селекционного процесса. Принципы и методологии, лежащие в основе методов скоростной селекции, включают манипулирование факторами окружающей среды, такими как интенсивность света, влажность воздуха, температура и фотопериод, которые способствуют быстрому росту растений и раннему цветению. Такой подход позволяет выращивать несколько поколений сельскохозяйственных культур в течение одного года, что значительно сокращает время, необходимое для выведения сорта.

Впервые в мире эту технологию на пшенице применили австралийские исследователи из университета Квинсленда в 2003 году [1], также эта технология используется и итальянскими учеными [2]. Особенно активно исследования по «speed breeding» проводятся учеными из Южной Кореи [3] и Китая [4]. Хотя этот метод прост и легко реализуем, он требует дорогостоящих помещений для выращивания растений,

что делает его недоступным для многих селекционных и научно-исследовательских учреждений Российской Федерации.

В ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» работа по ускорению селекционного процесса методом Speed breeding была начата в 2017 году на озимой твердой пшенице. В 2024 году на основании наших предыдущих наработок был разработан проект и осуществлено создание «Smart chamber». 1 марта 2024г. был произведен посев образцов пшеницы в сосуды для размещения в «Smart chamber». Затем с 7 марта в течении 30 суток была проведена яровизация растений. Дальнейший процесс до уборки урожая составил 68 дней. По итогу, весь эксперимент от зерна до зерна занял около 3-х с половиной месяцев, что при дальнейшем развитии программы «speed breeding» позволит получить уже почти четыре поколения в год озимой пшеницы. В августе этого же года мы продолжили эксперимент по «speed breeding» с сортом отечественной озимой твердой пшеницей Крупинка.

В ходе этих экспериментов в воздушную среду объема камеры в дневное время вводились CO₂ в количестве 650-700 ppm, при исходном 400 ppm в объеме камеры.

А также в ночное время производили стимуляцию небольшой концентрацией O₃ в количестве 15 мг/м³

Еще одним новшеством, применяемым в ходе этого эксперимента, стало использование гелиоморфных спектров, т.е. плавное нарастание интенсивности и числа излучаемых частот в утренние часы (с интенсивностью до 1000 мкмоль/м²с⁻¹) и обратный порядок спектров в вечерние часы.

Список литературы:

1. Singh H., Janeja H.S. Speed breeding: a ray of hope for future generations in terms of food security. European Journal of Molecular and Clinical Medicine. 2021;8(2): 2653-2658
2. Valeria Cavallaro, Rosario Muleo. The Effects of LED Light Spectra and Intensities on Plant Growth. Journal Plants 2022, 11, 1911, doi:10.3390/plants1115
3. Jin-Kyung Cha, Jong-Hee Lee, Hyeonjin Park, So-Myeong Lee. Speed vernalization to accelerate generation advance in winter cereal crops. Molecular Plant 15, 1300–1309, August 1 2022
4. Wei Tang, Haipeng Guo, Wangdan Xiong, Chao Yang, Zhenyi Li. Effect of Light Intensity on Morphology, Photosynthesis and Carbon Metabolism of Alfalfa (Medicago sativa) Seedlings. Journal Plants 2022, 11, 844, doi.org/10.3390

ЯРОВАЯ ТВЕРДАЯ ПШЕНИЦА НА АЛТАЕ

Розова М.А., Егиазарян Е.Е.

ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий» (ФГБНУ ФАНЦА), г.Барнаул 656910; e-mail: mrosova@yandex.ru

Алтайский край располагает обширными сельскохозяйственными угодьями. Он имеет самую большую площадь пашни в Российской Федерации, находится на втором месте по посевным площадям, занимает первую позицию по площади посева зерновых и зернобобовых культур, по производству яровой пшеницы, овса, гречихи, льна масличного и других. Разнообразие природных условий определяет разнообразие возделываемых культур, в частности край стал традиционным производителем такой теплолюбивой культуры как яровая твердая пшеница. По разным источникам она появилась здесь в начале – середине XIX века. Алтай упоминается как один из четырех регионов вместе с низовьями Дона, Средним Поволжьем и Южным Уралом, где в это время в России находились основные посеы твердой пшеницы [1]. Площади под

культурой чрезвычайно изменчивы – в XX веке на Алтае они варьировали от 3 тыс. га после II мировой войны и до 360 - 400 тыс. га в конце застойного периода. Посевы сокращались в периоды социальных катаклизмов: войн, революций, и увеличивались при благоприятных тенденциях в экономике. Так, варьирование площади посева на высоком уровне (90...400 тыс.га) наблюдалось на Алтае с 1956 года и до начала перестройки. Смена экономической системы и негативные изменения в жизни общества сопровождались сокращением площадей твердой пшеницы на Алтае и в других регионах сначала в 10, а затем в 20 раз (20 тыс.га в 2007 г.). Из-за возникшего дефицита зерна твердой пшеницы в России в 2020 г. (площадь посева 640 тыс.га) и, как следствие, резкому повышению спроса на зерно посевы расширились с 32 тыс. га в 2019 г. до 64 тыс. га в 2021 г. Однако снижение цен на зерно 2022 г. и закрытие границ для экспорта твердой пшеницы с декабря 2023 г по май 2024 г., неспособность отечественных макаронных предприятий переработать более 1 млн. т зерна, проблемы с качеством из-за влажной погоды во время восковой, полной спелости и уборки сработали на снижение цен и ослабили интерес к культуре. По предварительным данным площадь посева в Алтайском крае в 2024 г. составляет более 58 тыс.га.

При выращивании качественной твердой пшеницы значение имеет обеспеченность культуры теплом главным образом от начала молочной спелости и до созревания, а так же относительная сухость воздуха. В этой связи рекомендуется размещать посевы в степных и лесостепных районах края. В 2024 г. по данным МСХ Алтайского края выращиванием твердой пшеницы занимались хозяйства 25 районов на общей площади более 58 тыс.га. Из них 39% приходится на Кулундинскую степь, 30% – Рубцовско-Алейскую степь и 27% – на лесостепь Предгорий Алтая. В периоды значительного увеличения посевов (как в 1990 г.) идет их смещение в Приобскую зону, увеличение площадей в Рубцовско-Алейской и Приалтайской зоне. Отмечаются факты захода твердой пшеницы в районы рискованные для качества (снижения белковистости, стекловидности, натуры зерна, цвета крупки/макарон).

Первые опыты по изучению урожайности твердой пшеницы в условиях Сибири показали ее высокие продуктивные свойства [2]. Этот тезис, а так же ее отзывчивость на благоприятные условия и пониженная засухоустойчивость были подтверждены в многолетнем эксперименте в Алтайском НИИСХ (1989-2001 гг.) по сравнению сортов яровой мягкой пшеницы Алтайская 50 и яровой твердой пшеницы Алтайская нива при посеве по пару и по гороху. В среднем за годы исследований урожайность твердой пшеницы составила 3,05 т/га, мягкой – 2,93 т/га, в засушливые годы соответственно 2,18 и 2,50 т/га. Согласно проведенному в 2011 г. обследованию 14 хозяйств, традиционно занимающихся твердой пшеницей, средняя урожайность за 2007-2011 гг. составляла 1,7 т/га. В 2024 г. по предварительным данным МСХ Алтайского края урожайность твердой пшеницы составила 2,06 т/га, яровой мягкой пшеницы 2,04 т/га.

Возможность реализации высокого потенциала урожайности была доказана еще в начале XX-го века в ходе «ефремовского движения» за высокие урожаи, когда в 1936 г. основатель движения М. Е. Ефремов в условиях Белоглазовского (Шипуновского) района получил урожайность 6,2 т/га на сорте Гордеиформе 10. Позднее в 1939 г. в Кулундинской степи И.Я. Черноголов получил на этом сорте 7,8 т/га. Высоких результатов добились и в других хозяйствах Сибири [3]. На современном этапе в АПК Алтая с внедрением интенсивных технологий и адаптированных сортов урожайность лучших полей достигает 4, 5, 6 и более тонн с 1 га.

Рентабельность производства твердой пшеницы зависит от качества получаемого зерна. Распределение посевов по территории края на 2024 г. соответствует потребности твердой пшеницы в тепле, необходимого для получения достаточной стекловидности, содержания белка, клейковины, цвета [4]. В Приобской лесостепи в среднем по конкурсному сортоиспытанию по пару за 2002-2023 гг. содержание белка составило 15,2%, клейковины в зерне – 31,0%. В 77% лет содержание белка было выше 14% при

14% влажности зерна. По натуре зерна и ИДК на примере распространенного сорта Памяти Янченко показано, что их средняя величина высокая и равна 797 г/л и 88 ед. и в 86% случаев это соответствует требованиям 1 класса. Стабилизацию параметров качества обеспечивают соответствующие технологии возделывания, включающие относительно ранние сроки посева, хороший агрофон, обеспеченный питательными элементами и влагой, применение качественных средств защиты растений, проведение подкормок, своевременная уборка и подработка зерна, технологическая дисциплина выполнения всех операций. Базисом этих технологий являются адаптированные сорта, устойчивые/выносливые к основным биотическим и абиотическим стрессорам, с генетически закрепленными параметрами качества. За период 2020 – 2024 гг. отечественные сорта занимали в Алтайском крае 86%, в т.ч. сибирские - 79%, в т.ч. алтайские - 58%, омские – 21%. В 2024 г. 30% площади находилось под сортом Памяти Янченко, 19% – Шукшинка, 14% – Салют Алтая, 9% – Омский корунд, 9% – Рустикано, 4% – Омский изумруд, 3% – Омский коралл и 12% занимали другие 9 сортов.

Таким образом, Алтайский край обладает большим потенциалом для производства яровой твердой пшеницы и получения зерна хорошего качества, что подтверждается опытом лучших хозяйств. Так, в колхозе им И.Я. Шумакова, Змеиногорский район, в течение 1981-1990 гг. получили урожайность 2,7 т/га первого - второго класса при. Современные технические и технологические возможности обеспечения растениеводства при условии стабилизации рынка твердой пшеницы позволяют реализовать потенциал на еще более высоком уровне.

Список литературы

1. Martínez-Moreno F., Ammar K., Solís I. Global Changes in Cultivated Area and Breeding Activities of Durum Wheat from 1800 to Date: A Historical Review// *Agronomy* 2022, 12, 1135. [https:// doi.org/10.3390/agronomy12051135](https://doi.org/10.3390/agronomy12051135). Дата обращения 12.01.2024.
2. Богдан П.И., Ворожбитов В.В., Твердая пшеница на Алтае. – Алтайское книжное издательство. – Барнаул, 1955. – 51 с.
3. Янченко В.И., Розова М.А. Твердая пшеница на Алтае// *Земля и бизнес* – 2007 - №1. – С.32 -33.
4. Розова М.А., Зиборов А.И., Егиазарян Е.Е. Связь температурных показателей периода вегетации с основными агрономически значимыми характеристиками сортов яровой твердой пшеницы на Алтае // *Российская сельскохозяйственная наука*. – 2021. – №5. – С.9 – 15. DOI: 10.31857/S2500262721050021

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ СОРТОВ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ САРАТОВА

**Цетва И.С., Гапонов С.Н., Шутарева Г.И., Цетва Н.М., Милованов И.В.,
Жиганова Е.С., Соловова Н.С., Бурмистров Н.А., Осыка И.А.**

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока»
(ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока), Саратов
e-mail: tse2van@yandex.ru

В Саратовской области аграрии высевают сорта твердой пшеницы как местного, так и инорайонного происхождения. Посевные площади под этой маргинальной культурой за последние 5 лет увеличились почти вдвое, с 55 тыс. га в 2018 до рекордных 120 тыс.га в 2024 году. Более половины в структуре сортовой мозаики составляют сорта саратовской селекции.

Были проведены полевые исследования и сравнительные характеристики по урожайности, показателям качества зерна и другим хозяйственно ценным признакам.

Методика: определение урожайности (т/га); определение содержания белка и клейковины в зерне (FOSS); микроSDS-седиментации, определение содержания каротиноидных пигментов, определение индекса желтизны муки (SPECOL 10), определение индекса глютена (GI) (Глютоматик).

Для проведения исследований отобраны лучшие сорта и перспективные линии яровой твердой пшеницы основных селекционных центров России: ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока, г. Саратов – Луч 25, Памяти Васильчука, Тамара, Гала (проходит сортоиспытания 2024-2025 гг), Вероника (D-2177) (заявлен в 2024 г.), Краснокутка 13, Краснокутка 15; ФГБУН Самарский федеральный исследовательский центр РАН (Самарский НИИСХ имени Н.М. Тулайкова), г. Безенчук, Самарская обл. – Безенчукская 210, Безенчукская золотистая, Золотая, Таганрог, Безенчукский подарок; ФГБНУ Национальный центр зерна имени Лукьяненко, г. Краснодар – Ясенка, Ярина, Ядрица; ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агробιοтехнологий РАН (Оренбургский НИИСХ), г. Оренбург – Оренбургская 10, Меляна, Гордея, Целинница, Сояна; ФГБНУ Федеральный алтайский научный центр агробιοтехнологий (Алтайский НИИЗиС), г. Барнаул, Алтайский край – Памяти Янченко, Салют Алтая, Шукшинка, АТП Партнер, АТП Прима; ФГБНУ Омский аграрный научный центр, г. Омск – Омская степная, Омский изумруд, Омский коралл, Омский лазурит.

Исследования проводились в 2023-2024 гг. 2023 год условиях Саратова был близок среднегодовым значениям (ГТК - 0,71), и засушливый 2024 (ГТК = 0,39). Продолжительность вегетации от всходов до уборки составила 97 дней в 2023 году, 90 дней в 2024 году.

В среднем за 2 года лучшие по продуктивности были сорта: Гала, Краснокутка 15, Оренбургская 10, Омский коралл, Омский изумруд, с максимальными значениями до 4,7 т/га (2023г.); до 2,98 т/га (2024 г.).

С учетом сложившихся погодно-климатических условий в среднем за два года по хозяйственно-ценным показателям качества зерна выделились следующие сорта

- наиболее стекловидные – Таганрог, Вероника, Памяти Янченко, Гала, Салют Алтая, Луч 25, Тамара, Памяти Васильчука, Омская степная, Омский лазурит;

-высоконатурные - Целинница, Безенчукский подарок, Тамара, Безенчукская 210, Краснокутка 13, Омский лазурит;

-с наибольшей массой 1000 семян – Гала, Краснокутка 15, Луч 25, Таганрог, Краснокутка 13, Тамара, Ясенка, Оренбургская 10.

Наибольшее содержание белка и кленковины в зерне было у сортов Ядрица, Ярина, Салют Алтая, Ясенка, Сояна, Памяти Васильчука, Безенчукский подарок, Омская степная.

По значениям показателя микроSDS-седиментации (49 – 56 мм) – Безенчукский подарок, Гордея, Памяти Васильчука, Луч 25, Золотая, Ярина, АТП Партнер.

По индексу деформации клейковины (ИДК-3М) – с наименьшим числом, характеризующим упругие свойства клейковины (I и II группа) – Безенчукский подарок, Золотая, Памяти Васильчука, Гордея, Ярина, АТП Прима.

Индекс глютена (GI) и индекс желтизны муки – являются одними из важнейших показателей качества, на которые обращают внимание переработчики при поиске и закупке сырья для производства высококачественных макаронных изделий.

Таковыми свойствами обладают сорта Памяти Васильчука, Безенчукский подарок, Золотая, Гордея, Ярина, АТП Прима. Высокими значениями индекса желтизны муки отличились сорта Вероника (D-2177), Тамара, Безенчукская золотистая, Гала, Омский лазурит, АТП Прима, Шукшинка и Омский изумруд.

Максимальное содержание каротиноидных пигментов в зерне показали сорта Вероника (D-2177), Омский лазурит, Гала, Шукшинка, АТП Партнер, Памяти Васильчука, Безенчукская золотистая, АТП Прима, Тамара.

Суммой показателей положительных признаков, сочетающих продуктивность, высокое качество клейковины и отличный цвет муки (крупки) обладает сорт Памяти Васильчука. Возделывание этого сорта позволяет стабильно получать зерно высокого качества, отвечающего требованиям макаронной промышленности.

В настоящее время лабораторией селекции яровой твердой пшеницы ФАНЦ Юго-Востока созданы два новых сорта Гала и Вероника, проходящие государственные сортоиспытания, продолжающие линейку высококачественных сортов.

По полученным данным можно сделать вывод, что все селекционные учреждения занимающиеся селекцией яровой твердой пшеницы успешно работают на создание сортов, отвечающих современным требованиям переработчиков, мукомолов и производителей макаронных изделий.

КОНЦЕПЦИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПШЕНИЦЫ ТВЕРДОЙ ОЗИМОЙ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ

Штокарев Д.А., Яновский А.С., Мудрова А.А., Беспалова Л.А.

*ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко»
(ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко», Краснодар, 350012; E-mail:knish@knish.ru*

Твердая пшеница (*Triticum durum Desf.*) является одним из наиболее важных видов злаков и выращивается во всем мире на площади почти 17 миллионов га, а мировое производство составляет около 38,1 миллиона тонн [1].

В настоящее время общая доля пахотных земель в мире, климатически пригодных для выращивания неорошаемой твердой пшеницы, составляет около 13%. Изменение климата может уменьшить подходящую территорию в середине столетия на 19% и в конце столетия на 48%.

В ближайшие десятилетия основные мировые регионы выращивания твердой пшеницы будут испытывать беспрецедентные засухи на протяжении всего вегетационного периода. Повсеместная потеря пригодных территорий прогнозируется в регионах Средиземноморья, Северной Америки, в Европе, на Ближнем Востоке и Центральной Азии. С другой стороны, во многих регионах Центральной, Западной и Восточной Европы климат может стать подходящим для выращивания твердой пшеницы [2]. Наибольший прирост пригодных для данной культуры земель оценивается в Российской Федерации.

В Государственный реестр селекционных достижений на 2024 год внесено 32 сорта озимой твердой пшеницы, из них 12 селекции ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко».

Ареал распространения сортов озимой твердой пшеницы селекции ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» в большей степени охватывал Северо-Кавказский регион (Ростовская область, Краснодарский и Ставропольский край), его площадь была незначительна и варьировала в зависимости от года от 5 до 10 тыс. га.

За последние пять лет площадь озимой твердой пшеницы выросла более чем в десять раз и составляет около 130 тыс. га. При этом увеличился и ареал распространения данной культуры. Сорта Крупинка, Одари, Круча, Синьора и Бэлла возделываются не

только в Северо-Кавказском регионе, но и в Центрально-Черноземном, Средневолжском, Нижневолжском и Уральском.

В Самарской области в Волжском районе (Средневолжский регион) озимая твердая пшеница выращивается в ООО «Возрождение». Опыт данного хозяйства показал высокий потенциал адаптивности культуры в сложных погодно-климатических условиях 2023 года январь ($t -32^{\circ}\text{C} \dots -35^{\circ}\text{C}$), заморозки 9 мая ($t -5^{\circ}\text{C} \dots -7^{\circ}\text{C}$) и 25 мая ($t -7 \dots -9^{\circ}\text{C}$). В этих условиях сорта Крупинка и Синьора сформировали урожайность на уровне сорта озимой мягкой пшеницы Гром 26,2 и 31,2 ц с 1 га соответственно, а Сорт Бэлла с урожайностью 35,7 ц с 1 га превзошёл сорт Гром на 5,9 ц с 1 га. Качество данных сортов находилось на уровне I класса (ГОСТ 9353—2016), среднее содержание белка 15,3%, клейковины 28%, натура 801 г/л.

В Нижневолжском регионе, озимая твердая пшеницы возделывается в Клетском районе Волгоградской области в ООО «Захаровское». Урожайность в условиях 2023 года составила 35,7 ц с 1 га, урожайность озимой мягкой пшеницы составила 38,4 ц с 1 га. В 2024, острозасушливом году, урожайность озимой твердой пшеницы составила 11,9 ц с 1 га, мягкой озимой 10,7 ц с 1 га. Урожайность озимой твердой пшеницы сорта Бэлла в Яшалтинском районе республики Калмыкия составила в 2023 году 66,0 ц с 1 га, в 2024 году 60,6 ц с 1 га.

Наибольшая урожайность озимой твердой пшеницы в производственных условиях была получена в 2024 году в Калининском районе Краснодарского края в ООО «Кирпили». Сорт Бэлла на площади 57 га сформировал урожайность 80, 0 ц с 1 га, что на 2,2 ц с 1 га выше сорта озимой мягкой пшеницы Гром (площадь 64 га). При этом показатели качества зерна были высокими: содержание белка 14,8%, клейковины 24,5%, натура 813 г/л, масса 1000 зерен 46,1 грамм, стекловидность 97%.

На сегодняшний день около 70% (100 тыс. га) озимой твердой пшеницы возделывается на юге Российской Федерации (Ставропольский край 40 тыс. га., Ростовская область 30 тыс. га, Краснодарский край 5 тыс. га и др). Стабильная урожайность, адаптивность, высокое качество и минимальная логистическая составляющая (близость портов) делает данную культуру экспортноориентированной и высокомаржинальной. К примеру в 2024 году закупочная цена тендер Тунис (ODC) на мягкую пшеницу составляла 247,83 долл./тонна, твердая пшеница 340,62 долл./тонна).

Список литературы:

1. Agriculture and Agri-Food Canada. Canada: Major Field Crops Outlook. July 19, 2019 Available online: <http://www.agr.gc.ca/eng/industry-markets-and-trade/canadian-agri-food-sector-intelligence/crops/reports-and-statistics-data-for-canadian-principal-field-crops/?id=1378743094676>

2. Porter, J.R.; Semenov, M. A. Reaction of agricultural crops to climate change. *Philos. Trans. R. Soc. B* 2005, 360, 2021–2035. [Google Scholar] [CrossRef]

ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Юсов В.С., Евдокимов М.Г

*ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» (ФГБНУ Омский АНЦ), г. Омск
644012; E-mail: yusov@anc55.ru*

Твердая пшеница – незаменимое сырье для изготовления макаронных изделий. Западная Сибирь является зоной эффективного производства высококачественного продовольственного зерна яровой твердой пшеницы. В тоже время, значительные колебания условий среды, почти ежегодное действие стрессовых факторов увеличивают коммерческий риск при её возделывании [1]. Задачи, стоящие перед селекционерами, невозможно решить без увеличения генетического разнообразия привлекаемого в селекцию исходного материала. Актуально изучение и включение в скрещивания наиболее ценных образцов твердой пшеницы из мировых центров генетических ресурсов (ВИР), мировых селекционных центров, прежде всего СИММУТ, селекционных центров России и Казахстана, продуцирующих наиболее близкий по адаптивности к условиям Сибири селекционный материал (программа КАСИБ) [2].

Использование новых генетических источников в селекции на устойчивость к абиотическим факторам и грибным болезням позволит противостоять изменениям климата и стабилизировать урожайность сортов твердой пшеницы [3].

Богатым источником исходного материала является мировая коллекция ВИР. Эта уникальная коллекция культурных растений и их диких сородичей широко используется в селекционной работе и теоретических исследованиях. С 2000 по 2024 год изучено 208 генотипов. Из всего многообразия лишь незначительная часть (10%) представляет селекционный интерес и может быть использована в гибридизации: источники высокой продуктивности: к-59881, к-59888, к-60388, к-60364, к-60366, к-60413, к-61303, к-62657, к-62658, к-63126, к-63160, к-64353, к-64355, к-6386, к-64953, к-61619, к-63821, Сладуница, к-66887, к-66886, к-66293, к-66294, к-66519, к-66675, к-64488; по показателям качества зерна и макарон представляют интерес: к-59881, к-59889, к-60388, к-60364, к-61117, к-61650, к-62657, к-64353, к-64354, к-64355, к-6386, к-17985, к-63821, Сладуница, Iride, к-60410;

По комплексу признаков (высокая продуктивность, качество зерна и устойчивость к болезням) представляют селекционную ценность: к-59881, к-6386, к-65734, к-66574 к-67482, Сладуница и Iride.

Одна из больших коллекций твердой пшеницы создана и активно используется в международном центре СИММУТ в Мексике. Уникальная селекционная программа челночной селекции включает в себя вовлечение в селекционный процесс генетического разнообразия из различных стран с последующей оценкой и отбором лучших линий по устойчивости к болезням, засухе и солеустойчивости, качеству зерна в различных экологических условиях [4]. Из генофонда СИММУТ по урожайности на уровне стандарта Омская янтарная было выделено 50 генотипов, по натуре зерна – 276, по цвету макарон – 131 образец, по устойчивости к твердой головне – 131, мучнистой росе – 112. Почти все образцы не поражались бурой ржавчиной. Недостатком является то, что в условиях Западной Сибири линии СИММУТ значительно уступают по адаптивности местным генотипам, сильно страдают от засухи, особенно в период налива зерна; отрицательными факторами являются: наличие высокоэкспрессивных генов короткостебельности и разновидностный состав линий, представленный белоколосыми формами – *var. leucurum*, *var. leucomelan* и *var. melanopus*.

Сортоиспытание сети КАСИБ позволило достичь более эффективной оценки исходного материала в различных эколого-географических пунктах для отбора наиболее адаптивных сортов с целью их включения в дальнейший селекционный процесс. Наибольшая дифференциация генотипов по урожайности происходит в Актыобинске и Барнауле, промежуточное положение занимают Карабалыкская СХОС и Омск. Для использования в практической селекции в условиях Западной Сибири можно рекомендовать: на засухоустойчивость и устойчивость к полеганию: Омский изумруд, Горд. 95-139-4, Жемчужина Сибири (Омский АНЦ); Каргала 1412, Каргала 1408, Каргала 1411, Каргала 66 (Актыобинская СХОС); Линия 2021д-1, Леук. 1429-10 (Самарский НИИСХ); Лан, Корона (ТОО Казахский НПЦ ЗиР); Горд. 616 (ФАНЦА). Образцы Горд.

95-139-4, Жемчужина Сибири, Омский изумруд, Каргала 1408 еще и меньше реагируют на взаимодействие G x E; на продуктивность и качество зерна: Каргала 1538 (Актюбинская СХОС); Алтын дала, Шарифа (Карабалыкская СХОС); Лан (ТОО Казахский НПЦ ЗиР); Дурум 49, Горд. 178-05-2, Линия 250-06-14 (НПЦ ЗХ им. Бараева); Горд. 94-24-12, Горд. 96-160-8, Горд. 98-42-1, Омский изумруд, Горд. 98-42-5, Горд. 00-96-8, Горд. Г 04-85-4, Горд. 00-178-4, Горде. 05-42-12, Горд. 08-25-2, Горд. 08-67-1 (Омский АНЦ); Горд. 677, Горд. 829, Горд. 864 (ФАНЦА); 653д – 44, Леук. 1469д-21, Горд. 1591-21, Линия 1970д-5, Линия 2021д-1 (Самарский НИИСХ); Луч 25, Линия Д-2165 (Саратов НИИСХ); Меляна (Оренбургский НИИСХ).

В результате многолетней селекционной работы (2000-2024 гг.), испытания в местных условиях мирового генофонда; изучения: характера наследования признаков, формообразовательного процесса, экологической пластичности; селекционно-генетической оценки сортов и гибридов по основным хозяйственно-ценным признакам и испытания сортов в различных точках КАСИБ, в ФГБНУ «Омский АНЦ» созданы сорта твердой пшеницы: Омский корунд, Омская степная, Жемчужина Сибири, Омский изумруд, Оазис, Омский коралл, Омский лазурит и включены в Государственный реестр селекционных достижений. Они возделываются на территории Российской Федерации в Омской, Челябинской, Курганской, Новосибирской областях, Алтайском крае. Получены патенты Республики Казахстан на сорта: Омская степная, Жемчужина Сибири, Омский изумруд, Омский коралл. В государственное сортоиспытание РФ переданы сорта Омский малахит, Омский топаз и Фортуна 24 [5].

Список литературы:

1. Евдокимов, М. Г. Яровая твердая пшеница в Сибирском Прииртышье / М. Г. Евдокимов, В. С. Юсов. – Омск, 2008. – 160 с.
2. Юсов, В. С. Создание и селекционно-генетическая оценка исходного материала яровой твердой пшеницы для селекции в условиях западной Сибири: специальность 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений: диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Юсов Вадим Станиславович, 2023. – 439 с.
3. Юсов, В. С. Основные направления селекции яровой твердой пшеницы в Западной Сибири / В. С. Юсов, М. Г. Евдокимов // Инновационные технологии создания и возделывания сельскохозяйственных растений: Сборник статей V Национальной научно-практической конференции, посвященной 85-летию А.И. Заварзина, Саратов, 20 апреля 2024 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2024. – С. 202-211.
4. Ammar, K. Durum wheat breeding. Annual Wheat Newsletter 2009 Vol. 55 Available from: <https://wheat.pw.usda.gov/ggpages/awn/55/>
5. Сорта сельскохозяйственных культур селекции ФГБНУ "Омский АНЦ" (СибНИИСХ). – Омск: Омский аграрный научный центр, 2024. – 164 с.

МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Юсова О.А.

*ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» (ФГБНУ Омский АНЦ), г. Омск
644012; E-mail: yusova@anc55.ru*

Главным направлением в селекции яровой твердой пшеницы является повышение общего потенциала продуктивности данной культуры. Вместе с тем селекция по данному показателю представляет одну из самых трудных задач. Продуктивность растения - это комплексный признак, контролируемый сложной генетической системой, тесно взаимодействующей со многими факторами внешней среды [1].

Одним из способов мобилизации потенциала продуктивности яровой твердой пшеницы является анализ малоизученных и слабоиспользуемых в селекции признаков, к числу которых относятся параметры органов проростков семян: длина coleoptile, длина ростка, длина и количество корешков [2, 3]. Недостаточное развитие органов проростка ведет к снижению полевой всхожести семян, ослаблению или гибели растений в неблагоприятных условиях среды и, как следствие, снижению урожайности. С 2006 по 2009 гг. проведены исследования выраженности и изменчивости сортообразцов яровой твердой пшеницы по параметрам органов проростков. По признаку длина coleoptile наблюдалась достоверно высокая сортовая особенность при значительном вкладе условий года и взаимодействие факторов генотип×среда. В изменчивость длины ростка вклад генотипа, условий года и взаимодействие факторов генотип×среда равноценен. В изменчивость количества корешков основной вклад вносят условия года, длины корешков - условия года при значительной доле генотипа. По признаку количество корешков у исследуемых гибридных популяций наблюдался весь спектр типов наследования: от депрессивного эффекта и аддитивного действия генов до сверхдоминирования. Длина корешков наследовалась, в основном, по типам депрессивного эффекта, полного и неполного доминирования и, в отдельных случаях, сверхдоминирования. Согласно данным корреляционного анализа, по степени развития органов проростков можно заранее, еще до посева, судить о потенциальной продуктивности и урожайности исследуемых сортообразцов: по длине ростка можно об общей продуктивности и урожайности сортообразца; по длине coleoptile об озерненности колоса и урожайности; по длине и числу первичных корней о крупности зерна и урожайности.

Одним из основных показателей фотосинтетической деятельности растений, определяющих урожайность, является величина площади листьев и динамика ее формирования [3]. К настоящему времени накоплен достаточно большой материал о роли листьев в увеличении урожайности пшеницы. Растения с большей листовой поверхностью, как правило, более урожайны, чем менее облиственные. Одним из факторов формирования повышенной продуктивности является поглощение и аккумуляция фотосинтетически активной радиации, что находится в прямой зависимости от величины ассимилирующей поверхности и продолжительности ее работы. С 2013 по 2017 гг. был проведен анализ фотосинтетической активности и продуктивности яровой твердой пшеницы 14-16 питомников КАСИБ; в период 2019-2020 гг. – коллекционного питомника яровой твердой пшеницы. Результаты проведенных исследований выявили следующие особенности роста и развития яровой твердой пшеницы:

- максимальный прирост общей ассимиляционной поверхности листьев как главного, так и боковых побегов наблюдается в фазу колошения;
- доля вклада боковых побегов в общую ассимиляционную поверхность растений по всем фазам развития меняется составляет 36-39%;
- накопление сухого вещества в течение всего периода вегетации происходит в главном стебле и составляет 80-95% от всего растения;
- доля колоса в общей массе растений возрастает от 19,70 % в фазе выход в трубку до 52,6% в фазе восковой спелости, возрастает и доля зерна в колосе от 49,3% до 70,7%.

Зависимость формирования продуктивности яровой твердой пшеницы от ее физиологических особенностей доказывают данные корреляционного анализа изученных параметров. Так отмечена средняя степень сопряженности массы зерна с

колоса и площади листового аппарата в фазе кущения ($r=0,48$); массы колоса с массой главного побега ($r=0,67$) и с массой половы ($r=0,64...0,66$) в фазу восковой спелости; массы колоса с накоплением сухой биомассы главного и бокового побегов в фазу выхода в трубку, бокового побега в фазу колошения и главного побега в фазу молочной спелости ($r=0,31...0,39$). На рост общей массы колоса благоприятно сказывалось накопление сухой биомассы в стеблях главного и боковых побегов ($r=0,31...0,39$) в межфазный период выход в трубку - молочная спелость.

В результате проведенных исследований были выделены перспективные линии с повышенными показателями параметров органов проростков: Гордеиформе 97-114-1 × Омский корунд, Гордеиформе 98-33-1 × Омский корунд, Гордеиформе 98-130-6 × Омская янтарная, Гордеиформе 98-33-1 × Жемчужина Сибири, Гордеиформе 98-22-1 × Таволга, Гордеиформе 98-22-1 × Омская янтарная, Гордеиформе 97-114-1 × Елизаветинская.

Также выделены сортообразцы с высокими показателями фотосинтетической активности и продуктивности: Каргала 1411, линии э147-z, э145-z, 54-02-2л, э145-z, 14-83-1, 12-11-5, 12-75-3; сорта Каргала 1411, Памяти Янченко, Солнечная, Триада, Безенчукская, Памяти Васильчука, Таганрог, Луч 25.

Перечисленные сорта и линии были включены в программы гибридизации и входят в родословные новых перспективных сортов, включенных в Госреестр РФ или проходящих в настоящее время Государственное сортоиспытание [5].

Список литературы:

6. Ушакова Т.Ф., Боме Н.А. Оценка коллекции *Triticum Aestivum L.* по селекционно-ценным признакам // Международный студенческий научный вестник. 2015. № 2-3. С. 269-270.

7. Ларионов Ю.С. Оценка посевных и урожайных свойств семян: метод. ук. Челябинск, 2002. 17 с.

8. Юсова О.А., Ларионов Ю.С. Сопряженность длины ростка твердой пшеницы с показателями фотосинтетического потенциала и урожайностью сорта: сб. / Перспективы развития и проблемы современной ботаники. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. С. 307-309.

9. Сорта сельскохозяйственных культур селекции ФГБНУ "Омский АНЦ" (СибНИИСХ). – Омск: Омский аграрный научный центр, 2024. – 164 с.

СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА МЕТОДОМ ОТДАЛЕННОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ В СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

Яновский А.С., Мудрова А.А., Воропаева А.Д.

ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко» (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»), Краснодар, 350012; E-mail:knish@)knish.ru

Озимая твердая пшеница — это относительно молодая культура, созданная в середине прошлого века методом межвидовой гибридизации озимой мягкой пшеницы и яровой твердой.

Современная стратегия селекции акцентирует внимание ученых, сортоиспытателей и производителей сельскохозяйственной продукции на создание и использовании сортов с широкими адаптивными свойствами, приспособленных к большому многообразию стрессовых и лимитирующих факторов среды [1].

В ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» селекционная работа по созданию озимой твердой пшеницы была начата в 1931 году академиком П.П. Лукьяненко. Основными направлениями в селекции озимой твердой пшеницы являются: продуктивность, устойчивость к абиотическим (зимостойкость, морозостойкость, засухоустойчивость, жаростойкость), биотическим (устойчивость к основным патогенам *Fusarium graminearum* Schwabe, *Puccinia striiformis*, *Puccinia recondita*, *Septoria tritici*) стрессам, качество зерна и макарон (протеин, клейковина, стекловидность, индекс цвета *YI* и индекс клейковины *GI*, прочность, разваримость макарон) [2].

Внутривидовая гибридизация дала плодотворные результаты в изучении потенциальной урожайности как твердой, так и мягкой пшеницы и во многом способствовала прогрессу сельскохозяйственного производства. Однако, поскольку в последние годы использование генетических ресурсов сортов пшеницы становится все более насыщенным, а многие улучшенные сорта имеют одинаковое или схожее родительское происхождение, узкий генетический фон привел к тому, что текущий уровень урожайности пшеницы остается в состоянии колебания.

Одна из главных задач в селекции совершенствования твердой озимой пшеницы связано с повышением устойчивости к абиотическим (морозам и засухе) и биотическим (болезням) стрессовым факторам. Потенциал донорских генов ржи для улучшения пшеницы давно признан многими исследователями и были предприняты попытки включить сегменты хромосом ржи в зародышевую плазму пшеницы [3].

Тритикале имеет множество преимуществ (повышенная продуктивность, адаптивность к биотическим и абиотическим стрессорам) и используется в качестве моста для передачи полезных генов от генома ржи и пшеницы [4].

В ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко» одним из методов создания исходного материала является метод межвидовой гибридизации генетически отдаленных форм.

В 2018 году было проведено скрещивание *Triticosecale* / *Tr. aestivum*, где в качестве материнской формы нами была использована линия озимой тритикале 13-166t26-17. В качестве отцовской формы использовали сорт озимой мягкой пшеницы Ахмат. Была проведена пинцировка 1500 цветков, получено 67 зерен, процент удачи составил 4,5%.

В 2019 году данный гибрид был насыщен линией озимой твердой пшеницы *Candicans 3531h2* ($F_1(13-166t26-17/Ахмат)//Candicans 3531h2$). Первый отбор элитных колосьев проведен в гибридной популяции F_3 . В селекционном питомнике (F_4) было высеяно 180 семей. Все семьи изучались по 15 признакам: продуктивность, подмерзание, перезимовка, дата колошения, высота растений, устойчивость к полеганию, оценка зерна, индекс цвета, поражение болезнями на естественном фоне. После тщательной браковки селекционного питомника в контрольном питомнике (F_5) высеяны 29 линии, которые изучались по 25 признакам. Наибольший интерес в селекционной практике представляют семь линий (20356ht44, 20356th57, 20356th59, 20356th68, 20356th71, 20356th76, 20356th120). Их особенностью является фенотипическое сходство с озимой тритикале: мощная корневая система, крупный колос, продуктивная кустистость, иммунитет, высокая засуха и жаростойкость. Благодаря этим признакам у линий отмечен высокий уровень продуктивности. В среднем продуктивность данных линий составила 4,61 кг с 4,5 м², при средней урожайности по опыту ($n=540$) 3,87 кг. с 4,5 м². Наибольшая продуктивность выявлена у двух линий 20356th59 и 20356th68, 4,71 и 4,76 кг с делянки соответственно, что на 0,75 и 0,80 кг выше стандартного сорта озимой твердой пшеницы Крупинка и на 0,23 и 0,28 кг выше стандартного сорта озимой мягкой пшеницы Гром. В среднем масса 1000 зерен линий составила 46,2 грамма, натура зерна 836 г/л, оценка зерна 8,4 балла. Все линии имели морозостойкость и зимостойкость на уровне стандартного сорта Крупинка.

Линии озимой твердой пшеницы отличались не только высокой продуктивностью и устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессорам, но и имели высокие

показателями качества зерна, соответствующие I-II классу. В среднем содержание протеина составило 13,3%, клейковины 32,1%, SDS седиментации 52,7 ед. пр., индекс клейковины 94,0%, индекс цвета 24,3 в.

Для дальнейшего более глубокого изучения все линии высеяны в 2024 году в предварительном конкурсном сортоиспытании по четырем предшественникам: занятый пар, подсолнечник, кукуруза, озимая пшеница.

Список литературы

1. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства. Пущено: Отдел НТИ ПНЦ РАН, 1994. 148 с.
2. Мудрова А.А. Селекция озимой твердой пшеницы на Кубани/КНИИСХ.- Краснодар, 2004.-190 с
3. Merker, A. 1982. "Veery"—a CIMMYT spring wheat with an IB/IR chromosome translocation. *Cereal Res. Commun.* 10: 105–106.
4. Sethi GS (1989): Towards the introgression of rye genes into wheat. In: Mujeeb-Kazi A, Sitch LA (eds): *Review of Advances in Plant Biotechnology, 1985-88.* In: 2nd International Symposium on Genetic Manipulation in Crops. CIMMYT, IRRI, 145-156.