

СОЗДАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ И ТРИТИКАЛЕ С ШИРОКОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИЕЙ

А.И. ГРАБОВЕЦ, член-корр. РАСХН, академик НААН Украины

М.А. ФОМЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук

Донской зональный научно-исследовательский институт

сельского хозяйства РАСХН, Россия

e-mail: grabovets_ai@mail.ru

Разработаны и внедрены основы ведения селекции пшеницы и тритикале на Дону при нарастании аридности климата, обуславливающие создание высокопластичных сортов, устойчивых к засухе, низким температурам в зимний период, негативному действию притертых ледяных корок, возвратным майским заморозкам. Созданы сорта нового поколения: озимая пшеница Донна, Золушка, Донская лира, Миссия, Магия и др.; озимая тритикале Корнет, Зимогор, Алмаз, Вокализ и др., яровая твердая пшеница Вольнодонская, Донская элегия и др.

Ключевые слова: пшеница, тритикале, селекция, сорта, устойчивость, засуха, морозостойкость, ледяные корки, майские заморозки.

Начиная с 1990 г. на Дону усилилась тенденция нарастания засушливости климата. С начала 21 века – 7 лет были засушливыми. Отмечается рост среднегодовой температуры воздуха (+2,3°C за период 1989-2012 гг.), увеличение количества случаев, когда при вегетации озимых и яровых культур отсутствие осадков при высоких температурах воздуха длилось до полутора-двух месяцев, выявлено уменьшение суммы летних осадков. Установлена достоверная особенность перераспределения осадков на осенне-зимние месяцы.

Температурный режим в зимне-весенний период существенно изменился, что выражается в усилении варьирования температур воздуха (от - 40° до продолжительных оттепелей, часто с притертыми ледяными корками). Участился возврат заморозков при вегетации озимых и яровых культур в апреле и мае.

Поэтому повышение адаптивности пшеницы и тритикале путем создания пластичных сортов – одно из важнейших условий стабильности ее урожаев по годам. Одним из радикальных путей решения этой проблемы является разработка методологии усиления рекомбинационных процессов и изменение ка-

нализированнойности при взаимодействии генов, увеличение генетической вариабельности доступных признаков, обуславливающих адаптивность.

Более действенным методом, наряду с другими способами, следует считать гибридизацию специально подобранных компонентов, химический мутагенез. В генофонде популяций под давлением лимитирующего стрессора (или нескольких из них) в процессе рекомбинации происходит взаимное приспособление взаимодействующих аллелей, обуславливающее у ряда генотипов формирование признаков и свойств с большей степенью их выраженности в сравнении с родителями, позволяющей успешно преодолевать негативы среды - трансгрессии [1,2,3]. Особенно ценны популяции с продолжительным формообразовательным процессом [4].

Материал и методика

Исследования выполняли в течение 1989-2012 гг. в Донском НИИСХ. Селекция ведется по озимой и яровой пшенице, озимому и яровому тритикале. К этому времени уже определены основные параметры моделей сортов [4]. Их основные признаки уточняются

в связи с изменением климата. Растения озимой пшеницы должны выдерживать на узлу кущения - 18°мороза, тритикале – минус 19-20°, длительное залегание притертой ледяной корки, негативное действие возвратных весенних и летних заморозков. Последнее относится и к яровым формам пшеницы и тритикале. Озимые и яровые генотипы должны иметь высокий уровень жаро- засухоустойчивости на всех этапах летнего роста и развития. Последнее должно быть обусловлено наличием у ряда генотипов меньшего в сравнении с обычными сортами, транспирационного коэффициента. На создание единицы сухого вещества должно тратиться меньшее количество воды.

Исходный материал создается путем гибридизации и мутагенеза. Схема ведения селекции в основном общепринятая. Только селекционные питомники по всем культурам закладывали необмолоченными колосьями специально сконструированной сажалкой. Это позволяло (помимо удешевления стоимости работ) включать в изучение на первом этапе достаточно большое число генотипов (до 15000 -45000 в зависимости от культуры), что очень важно при трансгрессивной селекции.

В качестве исходного материала при гибридизации использовали собственный селекционный материал, также сорта, созданные в других научно-исследовательских учреждениях России, ближнего и дальнего зарубежья. Выявление трансгрессивных форм проводили, используя методики [5, 6]

Результаты

Негативные условия при перезимовке являются одними из основных стрессоров, которые определяют урожай зерна у озимых культур. Устойчивость растений к низким температурам на узле кущения до сих пор несмотря на потепление климата не потеряла своей актуальности. Здесь, как и во многих других исследованиях [7,8], большая значи-

мость при создании новых сортов придавалась более высокозимостойкому (ВЗ) родителю. Причем при скрещивании по схеме ВЗ x ВЗ не удавалось получать более зимостойкие формы, чем у родителей. Были выделены рекомбинанты на уровне лучшего родителя. По такому принципу были созданы сорта озимой пшеницы Арфа, Донэко, Золушка, Северодонская 12, озимого тритикале – Дон, Консул, Вокализ, Алмаз и др. Среди 18 сортов озимого тритикале, находящихся в реестре РФ, 80% созданы именно по этой схеме.

При построении комбинации по типу ВЗ родитель x среднезимостойкий (СрЗ) и наоборот трансгрессии по зимостойкости у гетерогенных популяций появлялись, но с незначительной степенью трансгрессии. Сорт Донна превышал более зимостойкую в комбинации мать Тарасовскую 97 ежегодно на 5-6% выживших растений. Аналогичную ситуацию наблюдали по сорту Донская лира (госреестр 2011г.). По озимому тритикале по такому типу созданы Тарасовский юбилейный, Водолей и др.

По озимой пшенице наибольший эффект при создании высокозимостойких форм был получен при гибридизации по схеме СрЗ x СрЗ. У популяций при длительной рекомбинации и давлении стрессора выщеплялись рекомбинанты с трансгрессией, существенно превышавшие по ее степени СрЗ родителей по зимостойкости. Многие из них приближались к так называемому филогенетическому «потолку». Например у Губернатора Дона при -18° сохраняется 78%, у матери-36, у отца 56; у сорта Авеста соответственно – 77, ♀56 и ♂67; и др. Использование СрЗ сортообразцов в качестве родительских компонентов было более эффективным еще и из-за их более высокого потенциала продуктивности, лучшей устойчивости к фитопатогенам, полеганию. Практически не получали трансгрессий при скрещива-

нии слабозимостойких сортообразцов с ВЗ и Срз, из-за ограничений на рекомбинацию.

Наряду с морозами довольно губительны в Ростовской области притертые ледяные корки (ПЛК). В 2003 г. гибель озимых здесь по этой причине составила 413 тыс га. Исследования по этой проблеме начали с 1972 года. За прошедший период выявлена положительная корреляция между морозостойкостью генотипа и его устойчивостью к ПЛК толщиной 2-3 см ($0,78 \pm 0,13$). Поэтому процесс создания генотипов озимой пшеницы и тритикале, устойчивых к ПЛК, идет параллельно с селекцией на морозостойкость. Принципы остаются те же. Уровень устойчивости к ПЛК предопределялся уровнем устойчивости более адаптированного в комбинации сорта.

В новом тысячелетии довольно заметно проявили себя в качестве лимитирующего фактора – весенние заморозки. В 2000 г. в мае за неделю перед выколашиванием температура воздуха понизилась до $10-11^{\circ}$ и держалась в течение 9 дней. Гибель озимых пшениц составляла сотни тысяч га, особенно в Воронежской области. Такое же явление наблюдали в ряде последующих лет, в том числе и на Кубани. Совершенно не пострадали практически все сорта озимого тритикале. Вот почему проблемы устойчивости тритикале донской селекции к заморозкам не существует.

Местом повреждения растений заморозком является транспортная система клеточных мембран хлоропластов [9]. Наименее устойчивыми к заморозкам в растении пшеницы оказались верхние цветки в зачаточном колосе и стебель между первым и вторым междоузлием.

Исследования 2000-2003 гг. не подтвердили наличия корреляции между морозозимостойкостью и устойчивостью к майским заморозкам у озимых пшениц и выявили четкую комбинативную природу этого явления. Контроль устойчивости к заморозкам обуславливался иным комплексом генов (Грабо-

век А.И., Фоменко М.А., 2007, стр.239). При этом при проведении топкроссов было определено необычайно четкое доминирование источников устойчивости к заморозкам (сорта Престиж, Северодонецкая 12, Тарасовская 97, Августа, Северодонецкая юбилейная, 1629/91, Спартанка, Альбатрос одесский, и др.). По многим комбинациям отмечали довольно широкий спектр рекомбинационной изменчивости: от практически полной устойчивости (2-5% гибели) до значимого отмирания растений (более 40%). Процесс усиления устойчивости к заморозкам был еще более существенным при беккроссах с использованием этого же или другого донора. Получивший широкое распространение сорт Губернатор Дона выделяется высокой устойчивостью к заморозкам. Он был выделен из популяции (Альбатрос одесский x Харьковская 82) x Украинка одесская. По этой популяции целый ряд рекомбинантов вообще практически не повреждался заморозками (784/99- 0%, 912/99- 1%, 813/99 – 2,5%, и др.).

Как уже отмечали выше, начиная с 2000 г., в семи случаях отмечали засуху. Поэтому селекция на жаро-засухоустойчивость с учетом подвижек в окружающей среде должна быть одним из основных направлений в исследованиях по пшенице и тритикале. Они должны базироваться на скороспелости вновь создаваемых генотипов (раннее время цветения) и детерминированной высоте растений. В первом случае, в сравнении с позднеспелыми генотипами, экономится определенное количество почвенной влаги, столь необходимое для дальнейшего развития растения и колоса.

Исследования по яровой твердой пшенице выявили перспективность использования химического мутагенеза. Были созданы новые ее сорта с более коротким вегетационным периодом в сравнении с традиционными сортами, сокращенном на 15-20 дней (Новодонская, Вольнодонская, Донская элегия и др.). Более

высокая их продуктивность была обусловлена повышенным продуктивным кущением.

При селекции на засухоустойчивость для стабилизации продуктивности особенно важным является должный уровень надземной массы растений, необходимой для депонирования метаболитов, определяющих вал зерна (путем отбора генотипов с более сильно выраженным продуктивным кущением). Так у озимой пшеницы коэффициент корреляции пары признаков надземная масса - урожай зерна/м² за изучаемый период составляет $r = 0,89 \pm 0,07$.

В селекционной практике существует ряд методов, как прямых, так и косвенных, применяемых при отборах на засухоустойчивость. Однако наиболее объективным критерием оценки засухоустойчивости по пшенице и тритикале была масса зерна. Этот интегральный показатель в наших условиях рассматривается как уровень эффективности адаптации генотипа. Поэтому при дефиците влаги основными практическими критериями при проведении отборов были: дата начала

Таблица 1. - Родословные ряда сортов озимой пшеницы и тритикале (Госреестр России и Украины)

	Сорта*	Исходные родительские формы
Озимая пшеница		
1	Арфа	Северодонская 12 x Альбатрос одесский, УКР
2	Донна	Тарасовская 97 x Прима одесская, УКР.
3	Миссия	Северодонецкая юбилейная x Зерноградка 9 ,РОС
4	Росинка тарасовская.	Соратница, РОС x Донщина, РОС
Озимая тритикале		
5	Дон	Зенит одесский x Ги17
6	Торнадо	Снегиревский x Башкирский
7	Ацтек	Кентавр x АДТарасовский
8	Вокализ	АД Тарасовский на Градо.

Остальные две трети сортов были созданы на основе ступенчатой гибридизации различной сложности с использованием как интродуцированных морфобиотипов, так и генотипов местного происхождения. При ступенчатой гибридизации на каждом этапе после рекомбинации выделяли константные формы с коадаптированными комплексами генов. Их

колошения и масса зерна с растения, с единицы площади, характер проявления трансгрессивной изменчивости по этим признакам.

В нашей программе исследования базируются на создании популяций с высокой генетической вариабельностью изучаемых свойств и признаков, хорошо передающихся по наследству. Принципы определения нужных исходных форм при гибридизации по озимой пшенице были изложены ранее [4]. За период 1967 -2012гг. было районировано или включено в Госреестр Российской Федерации 29 сортов озимой пшеницы, 3 сорта яровой и 21 сорт озимого тритикале. Преобладающая их часть - это трансгрессивные рекомбинанты.

Примерно треть сортов была создана путем парных скрещиваний сортов (табл.1). Следует отметить значимую роль использования местных форм с коадаптированными комплексами генов для усиления адаптивных свойств у новых генотипов. За счет аккумуляции экспрессии генов происходило усиление выраженности признака устойчивости к стрессору.

скрещивали на следующей «ступеньке» с другим сортом, и процесс повторялся, но уже с усилением выраженности селективируемых признаков.

Следует отметить специфичность продолжительности рекомбинационного процесса у тритикале. Он, как правило, более продолжительный в сравнении с пшеницей и с до-

вольно частым выщеплением трансгрессивных форм. В частности, по комбинации АД Тарасовский х Градо в разных поколениях по продуктивности были выделены 4 трансгрессивных рекомбинанта, ставшие сортами: в F₅ - Консул и Вокализ, в F₈ - Алмаз и Капрал.

В среднем за 1989-2011 гг. пик по частоте выщепления трансгрессивных генотипов по массе зерна с единицы площади у популяций пшеницы возрастал от F₃ к F₅, у тритикале соответственно – от F₄ к F₈. Затем по мере уменьшения экспрессии взаимодействующих генов показатель частоты уменьшался от 2,2% в F₆ до 0,3 в F₁₄. При этом это наблюдали как в засушливые годы (1993, 1995, 2009-2011 и др.), так и при достаточном количестве влаги (2004, 2006, 2008гг. и др.).

Как показали исследования [4] характер проявления трансгрессий по продуктивности и длительность рекомбинации зависели во многих случаях от особенностей наследования признака масса зерна с растения (маркер). При проявлении гетерозиса в F₁ по этому признаку примерно у 80% популяций можно было ожидать выщепление трансгрессивных форм. Во влажные годы эта закономерность уменьшалась, в засушливые годы – возрастала. Одновременно при засухах отмечается и много модификаций по продуктивности, которые впоследствии не наследуются.

Таблица 2. - Частота и степень трансгрессии по массе зерна с 1 м² при повторных отборах в F₃-F₇ (селекционный питомник, 2001-2007 гг.).

Поколение отбора	Изучено семей, количество	Частота трансгрессии, %	Степень трансгрессии, %		Выделен сорт
			среднее	пределы варьирования	
Озимая пшеница, Северодонецкая юбилейная / Зерноградка 9					
F ₃	492	3,9	33	13-83	
F ₅	426	6,0	23	8-52	Миссия*
F ₆	600	4,0	22	8-42	Донэра
Озимая тритикале, АД Тарасовский х Градо					
F ₃	325	2,4	13	5-37	
F ₅	280	5,8	18	11-23	Консул*, Вокализ*
F ₈	152	6,4	23	15-43	Алмаз*, Капрал

* Включены в Госреестр РФ.

Не менее результативны по выходу трансгрессивных рекомбинантов популяции с промежуточным наследованием маркерного признака в F₁-F₂. В разные годы появление таких морфобиотипов выявляли у 70-77% комбинаций. Единичные трансгрессии были установлены у комбинаций с наследованием массы зерна с растения по типу лучшего родителя. Приведенные закономерности прояв

ления положительных трансгрессий базируются на неаллельном взаимодействии генов и выявляются у комбинаций с высокой комбинационной способностью.

Сорта озимой пшеницы и тритикале, созданные на такой методической базе, характеризовались довольно широкой экологической пластичностью, о чем свидетельствуют регионы их допуска (табл.3).

Таблица 3. - Некоторые адаптивные свойства ряда сортов пшеницы и тритикале донской селекции

Сорт	Год включения в Госреестр	Регионы допуска в РФ	Максимальный реализованный в разные годы урожай зерна, т/га	Количество выживших растений в КНТ* (при -18 ⁰ у пшеницы, при -20 ⁰ у тритикале), %
Озимая пшеница				
Северодонецкая юбилейная	2003	5, 6, 7, 8	9,3	78
Губернатор Дона	2008	5, 6, 8	10,3	79
Донэко	2010	5, 6, 7, 8	9,6	75
Донская лира	2011	5, 6, 8	10,1	74
Озимая тритикале				
Корнет	2006	2, 3, 4, 5, 6, 7	10,6	86
Легион	2009	3, 5, 6, 9	10,3	90
Консул	2010	5, 6	11,5	85
Вокализ	2011	3, 6	10,9	91
Яровая твердая пшеница				
Донская элегия	2009	5, 6, 7, 8, 9	7,0	-

КНТ* - камера низких температур

Таким образом, на Дону отмечается усиление негативного воздействия зимне-весенних погодных аномалий и засух. Наиболее действенным инструментом в этих условиях является ступенчатая гибридизация и мутагенез, увеличение возможностей по генетической изменчивости, поддающейся отбору, коадаптация аллелей при длительном действии различных лимитирующих стрессоров в процессе перекомбинирования генов.

В сложившихся условиях помимо создания более скороспелых сортов важно сохранить оптимальный вес надземной массы на единице площади. При засухах наиболее объективным показателем при отборах является масса зерна с единицы площади и с растения. Именно с этих позиций следует рассматривать все процессы подбора исходных компонентов, построения гетерогенных популяций, особенностей перекомбинирования, методологии выявления плюс трансгрессий по продуктивности.

Литература

1. Smith G.S. Transgressive segregation in spring wheat//Crop Sciences. 1966. № 6.
2. Хейн Э.Д., Смит Д. С. Селекция пшеницы/В сб.: Пшеница и ее улучшение.-М.: Колос, 1970.

3. Грабовец А.И. Основные принципы целенаправленного использования трансгрессивной изменчивости признаков при селекции озимой пшеницы/Сб.: Селекция озимой пшеницы. Матер. научн.- практ. конф. "Научное наследие академика И.Г.Калиненко".- М.: РАСХН, 2001.

4. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница (монография). - Ростов-на-Дону: Юг, 2007.

5. Воскресенская Г.С, Шпота В.И. Трансгрессия признаков у гибридов Brassica и методика количественного учета этого явления//ДАН СССР. 1967. № 7.

6. Коновалов Ю.Б., Хуцацария Т.И. Выделение трансгрессивных форм из межсортовых гибридов мягкой яровой пшеницы//Известия Тимирязевской с.-х. академии. 1976. № 2.

7. Орлюк А.П. Некоторые генетические аспекты селекции озимой пшеницы на зимостойкость//Методы и приемы повышения зимостойкости зерновых культур.- М.: Колос, 1975.

8. Булавка А.В. Морозоустойчивость гибридов от скрещивания сортов мягкой пшеницы, различающихся по данному признаку / Тез. докладов V съезда ВОГИС.- М., 1987. Т. IV. Ч. I.

- 9 Палта Д.П., Ли П.Х. Свойства клеточных мембран в связи с повреждением при замерзании // Сб.: Холодостойкость растений. - М.: Колос, 1983.

RELEASE AND INTRODUCTION OF VARIETIES OF WHEAT AND TRITICALE WITH WIDE ECOLOGICAL ADAPTATION
A.I. Grabovec, M.A. Fomenko

The Don Zonal Scientific Research Institute of Agriculture of Russian Academy of Agrarian Sciences, Russia, e-mail: grabovets_ai@mail.ru

Developed and introduced the basics of breeding of winter wheat on Don at increasing aridity climate to justify creating high-ductile cultivars for resistance to drought, low temperatures in winter, to the negative effects of ice crusts, to

return the May frosts. Created a new generation of cultivars Donna, Zolushka, Donskay lira, Mis-siay, Magiay, etc., winter triticale Kornet, Zimogor, Almaz, Vokaliz, etc., spring durum wheat Volnodonskaya, Donskaya elegiya and etc.

Key words: wheat, triticale, breeding, cultivars, resistance, drought, frost hardness, ice crust, may frost.

УДК: 633.11

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОРТОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

А.В. АЛАБУШЕВ директор, член-корреспондент РАСХН

ГНУ ВНИИ зерновых культур им. И.Г. Калининко

В статье рассмотрены цели селекции и адаптивный потенциал сортов зерновых культур.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, агроэкологический потенциал, адаптивность, пластичность, урожайность.

Сельскохозяйственное производство в засушливых регионах нашей страны требует сортов и гибридов зерновых культур, обладающих высокой пластичностью, обеспечивающих стабильное по годам получение зерна.

При современных технологиях возделывания растений и росте потенциальной продуктивности сортов величина и качество урожая во все большей степени оказываются зависимыми от нерегулируемых факторов внешней среды, которые даже при наиболее техногенно-интенсивных технологиях на 60-80% обуславливают межгодовую варибельность урожайности сельскохозяйственных культур. Причем, чем менее благоприятны почвенно-климатические и погодные условия, чем выше потенциальная продуктивность сортов, тем меньше их различия по абсолютной величине лимитирующего фактора (температура, влажность и др.) оказывают влияние на величину и качество урожая [1, 2, 4].

Методика. Исследования проводились в 2004-2012 гг. на базе ВНИИЗК имени И.Г. Калининко. В качестве объекта исследований использовались сорта озимой пшеницы селек-

ционного подразделения института. Постановка полевых опытов осуществлялась по общепринятым методикам.

Результаты. Первостепенная значимость степени адаптивности сельскохозяйственных культур, особенно в неблагоприятных почвенно-климатических и погодных условиях, обусловлена и тем, что высокая потенциальная урожайность растений может быть реализована лишь в том случае, если она «защищена» устойчивостью к действию абиотических и биотических стрессов. Причем, чем хуже почвенно-климатические и погодные условия, тем выше роль экологической устойчивости растений в реализации их потенциальной урожайности.

Современное сельскохозяйственное производство предъявляет высокие требования к селекционной науке. В современных экономических условиях товаропроизводителям нужны сорта, отвечающие конкретным требованиям производства. Сорт выступает как инновация, а сортосмена – как эффективное направление инновационного процесса (рис. 1). Из 21 сорта внесенных в Государственный реестр селекционных достижений 31% состав-