

## Основные принципы селекции озимой мягкой пшеницы на засухоустойчивость на Дону

*М.А. Фоменко, к.с.-х.н., А.И. Грабовец, член-корреспондент РАСХН, О.В. Беседина, м.н.с., Донской зональный НИИСХ РАСХН*

Стратегия селекции растений на современном этапе направлена на повышение выносливости создаваемых сортов к меняющимся абиотическим и биотическим стрессорам при высоком уровне продуктивности и качества продукции. Особое значение имеет повышение устойчивости к засухе [1]. В процессе эволюции усиление буферности у растений к действию летних стрессоров – очень длительный процесс во времени. Задачей селекции является выбор более быстрых методов решения этой проблемы путём изменения канализованности рекомбинационных процессов. Важно получать и выявлять такие новые генотипы, у которых выраженность засухоустойчивости растений проявляется на более высоком уровне, чем на ближайшем

отрезке филогенеза [2]. Путей решения этой проблемы много, однако одним из наиболее гибких инструментов следует считать гибридизацию специально подобранных компонентов. В результате естественного и искусственного отборов при репродуцировании популяции под давлением дефицита влаги происходит взаимное приспособление взаимодействующих аллелей. Формируется ассоциация адаптивно ценных блоков аддитивных генов, обуславливающая высокую адаптивность генотипов, формирование признаков и свойств с большей степенью их выраженности, позволяющая успешно преодолевать негативы среды [3–6].

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводили в отделе селекции и семеноводства пшеницы и тритикале Донского НИИСХ в 1985–2012 гг. Ростовская область с площадью пашни порядка 6 млн га относится к среднеаридным зонам. Гидротермический коэффициент

составляет 0,8, коэффициент аридности – 0,4. За последние годы, особенно с 2000 г., усилилась тенденция нарастания засушливости климата. За период 1989–2012 гг. отклонение среднегодовой температуры от нормы составило +2,3°C. С начала XXI в. ежегодно отмечали почвенные и воздушные засухи со стрессами различной степени напряжённости во все этапы онтогенеза.

В качестве исходного материала при гибридизации использовали собственный селекционный материал, а также сорта, созданные в других научно-исследовательских учреждениях России и зарубежья. Основным методом генерирования генетической изменчивости служит внутри- и межвидовая гибридизация, химический мутагенез. Схема ведения селекции в основном общепринятая. Селекционный питомник закладывали необмолоченными колосьями специально сконструированной сеялкой. Это позволяло включать в изучение с целью выделения трансгрессивных по засухоустойчивости форм очень большое число генотипов (до 45000). Адаптивные свойства оценивали по методу, предложенному S.A. Eberhart, W.A. Russel, гомеостатичность и селекционную ценность по В.В. Хангильдину (1981). Транспирационный коэффициент определяли весовым методом по А.М. Гродзинскому.

**Результаты исследований.** Селекция на устойчивость к засухе в степной зоне Ростовской области базируется на стремлении сохранить оптимальный вес надземной биомассы как необходимую ёмкость для накопления метаболитов. Это достигали путём отбора скороспелых генотипов с более сильно выраженным продуктивным кушением. Повышение урожайности за счёт накопления метаболитов в условиях нарастания аридности климата, казалось бы, исчерпало себя. Средняя высота соломины у создаваемых генотипов снизилась с 95 см (1985–1995 гг.) до 86 (1996–2012 гг.). При этом воздушно-сухая надземная биомасса новых генотипов также несколько уменьшилась, составляя 1460 г/м<sup>2</sup> против 1700 г/м<sup>2</sup> в 1985–1995 гг. Однако вследствие изменения характера их накопления и обмена метаболитов внутри растения характер сопряжённости между урожаем зерна и биомассой изменился незначительно ( $r = 0,7 \pm 0,03$  до  $r = 0,6 \pm 0,043$ ). Большое значение придаётся усилению аттракции сухих веществ в колос, а также увеличению уборочного индекса (корреляция у пары «уборочный индекс – масса зерна с растения» составляла  $0,69 \pm 0,033$ ).

Результаты структурного анализа, проведённого за годы исследований в острозасушливые 2003–2009 гг., свидетельствуют о тесной сопряжённости урожайности с оценками засухоустойчивости прорабатываемого материала ( $r = 0,74 \pm 0,23$ ). Невысокая и средняя положительная связь данного показателя выявлена с

массой 1000 зёрен ( $0,2 \pm 0,17 - 0,52 \pm 0,15$ ), а также с числом зёрен в колосе ( $0,5 \pm 0,13 - 0,68 \pm 0,19$ ). Следовательно, засухоустойчивость сорта выражается в его способности сохранять наибольшее количество зёрен в колосе и формировать vyplненное зерно.

При остром дефиците влаги важнейшее значение приобретает пространственная ориентация листьев. Исследования выявили большую значимость горизонтального расположения листьев. Вертикальное расположение листьев не оптимизировало увеличение урожая зерна. Проиллюстрируем данные конкурсных испытаний 2003 г. (количество осадков на четвертом – пятом этапах онтогенеза составляло 42% к норме). Исследуемые генотипы разделили на группы по положению флаг-листьев в пространстве после выколашивания: I – горизонтальное, II – количество листьев с горизонтальным и вертикальным расположением примерно равно, III – вертикальное расположение. Исследования показали, что у растений I группы масса 1000 зёрен составила  $39,0 \pm 0,28$  г. У генотипов II и III групп этот показатель был ниже на 1,8 и 1,0 г. Отличия выявлены и по озернённости колоса. Если у растений I группы в колосе в среднем получили  $27,7 \pm 0,05$  зерна, то у других морфотипов этот показатель был ниже на 11–12%. Урожай зерна с колоса по группам составлял соответственно  $1,1 \pm 0,03$  г;  $0,93 \pm 0,01$  и  $1,0 \pm 0,018$  г. Средняя урожайность по данным группам биотипов была равна 42,6; 40,5 и 39,0 ц/га, индекс урожая – 46; 43 и 44%. Аналогичные тенденции были выявлены и в острозасушливых 2006–2009 гг.

Интенсивность транспирации при засухах у растений на свету выше, чем в тени (870–920 и 380–510 г/дм<sup>2</sup>·ч). Это подтверждается данными по количеству влаги за вегетационный период, необходимому для синтеза 1 г сухого вещества. Транспирационный коэффициент у стародавнего сорта Гостианум 237 составил 660 г/дм<sup>2</sup>·ч, у сорта Северодонская (сорт 70-х гг. прошлого века) – 575, у современного более засухоустойчивого сорта Губернатор Дона – 485.

Засухоустойчивые сорта и селекционные линии отличались хорошо развитым верхним междоузлем стебля. Его длина в среднем за 2011–2012 гг. составляла 31,6–41,5% от высоты растений. Причём у среднерослых сортов доля длины верхнего междоузлия выше, чем у низкорослых сортов. Аттракция сухих веществ в колос идёт более интенсивно у низкорослых генотипов. Данный показатель обуславливает увеличение уборочного индекса (табл. 1).

При селекции на засухоустойчивость большое внимание уделяется глазомерной оценке отбираемого материала, начиная от индивидуально отобранных колосёв F2 до конкурсных испытаний. Для дальнейших исследований от-

## 1. Урожайность и некоторые элементы структуры урожая сортов и линий озимой пшеницы, КСИ, 2011–2012 гг.

Сорт	Высота растений, см	Длина верхнего междоузлия главного стебля		Продуктивный стеблестой к уборке, шт/м <sup>2</sup>	Урожайность, ц/га	Уборочный индекс, %
		см	% от высоты стебля			
среднерослые сорта						
Северодонецкая юбилейная	102,6	40,6	39,8	568	58,7	36
Миссия	95,6	39,7	41,5	606	56,6	33
Донэко	99,6	38,7	39,1	564	59,5	33
Тарасовская 70	93,0	37,6	40,4	580	61,9	39
Миссия	95,6	39,7	41,5	550	56,5	36
Среднее	95,9	39,3	40,6	573,6	58,6	35,4
низкорослые сорта						
Донская лира	81	29,1	35,9	620	66,9	39
Губернатор Дона	75,6	27,3	36,1	750	66,3	41
Донна	72,3	25,8	35,6	534	61	44
Донэра	86	28,5	33,1	680	65,2	45
1593/10	76	24,9	32,8	664	62,5	41
1601/10	73	23,7	32,6	647	61,6	40
Вестница	76	25,8	33,9	634	66,7	39
Боярыня	75	23,7	32,5	752	66,8	37
Камя	65	21,2	32,6	609	58,1	46
2010/10	64	20,2	31,6	624	61,6	44
Среднее	74,4	25	33,7	651,4	63,7	41,6

Значимые различия по *f*-критерию: \* – при  $p < 0,05$

бирали генотипы с выровненным округлым или продолговатым зерном, с неглубокой бороздкой, красного цвета, стекловидное. Отбор на повышение массы 1000 зёрен до 50 и более граммов на начальных этапах селекции (гибридное потомство селекционного питомника) приводило к снижению озернённости колоса.

В условиях засухи особый интерес представляет повышение темпов налива зерна на заключительных этапах онтогенеза. Визуальный отбор на выполненность зерна позволяет выявлять наиболее засухоустойчивые генотипы, особенно в период налива, что согласуется с данными исследователей в других почвенно-климатических зонах [7, 8]. Поэтому при выделении более про-

дуктивных генотипов с отличной выполненностью зерна автоматически отбираются и более жарозасухоустойчивые формы.

Для более широкой оценки засухоустойчивости генотипов необходимо выявить их пластичность в различных условиях проявления засушливости климата. О пластичности сортов судили по коэффициенту регрессии урожая по среде *bi* и значимости отклонения его от 1. Коэффициент регрессии позволял давать оценку пластичности сорта в генетическом смысле. Для иллюстрации приведены данные урожайности и некоторые параметры адаптивности сорта Донская лира на сортоучастках Ростовской области за 2008–2011 гг. (табл. 2).

## 2. Урожайность и параметры стабильности сорта Донская лира на сортоучастках Ростовской области (2008–2010 гг.), т/га

Сорт	Предшественник				Средняя урожайность	Показатели стабильности			
	чёрный пар	кукуруза/силос	горох	орошение		пластичность ( <i>bi</i> )	стабильность ( <i>Sd2</i> )	гомеостатичность ( <i>Hom</i> )	селекционная ценность ( <i>Sc</i> )
Дон 95, ст.	4,02	3,03	3,9	6,4	4,34	0,9	2,37	15,2	2,21
Донская лира	4,94	4,16	4,32	6,8	5,05	1,2	6,38	24,5	3,32
Отклонения от стандарта	+0,92	+1,13	+0,42	+0,4	+0,72				

По данным таблицы 2 следует, что сорт Донская лира относится к формам с повышенной пластичностью ( $bi > 1$ ), отзывчив на улучшения среды. Изменения урожайности соответствуют изменению условий выращивания. Высокий коэффициент гомеостаза *Hom* также указывает на широкую адаптивность и способность обеспечивать стабильность урожая в разных экологических условиях. В условиях дефицита влаги одним из основных лимитирующих критериев при проведении отборов на засухоустойчивость была также длина вегетационного периода. Фаза колошения считается критерием скороспелости. Ураннеспелых форм фазы всходы – колошение проходят в более благоприятных условиях температуры и влажности воздуха. Поражение болезнями также протекает на последних этапах онтогенеза с незначительным негативным действием. Однако при этом важно определить влияние скороспелости на продуктивность в условиях Дона с часто повторяющимися стрессорами среды. Наиболее высокие сопряжённости были выявлены между урожайностью и продолжительностью фаз: весеннее отрастание – выход в трубку ( $r = 0,62 \pm 0,08$ ), колошение – созревание ( $r = 0,54 \pm 0,05$ ). У пары признаков выход в трубку – колошение корреляция практически исчезала ( $r = 0,2 \pm 0,065$ , кси; 2005–2007 гг.).

Направление селекции на скороспелость дало определённые результаты. У сорта Донская лира (в Госреестре РФ по 5, 6, 8-ми регионам) наступление колошения и созревания наступает ранее стандарта ГСИ Дон 95. Ранее наши продуктивные генотипы характеризовались более длительным вегетационным периодом в сравнении со стандартом. Рассмотрим связь некоторых элементов продуктивности со скороспелостью и жаростойкостью на примере двух скороспелых морфобиотипов. Урожайность линии эритр. 1562/07 (Зарница/Родник тарасовский) в конкурсных испытаниях составила 62,7 ц/га (+6,0 к стандарту, 2008–2012 гг.). В условиях засухи 2012 г. вклад в урожайность внёс продуктивный стеблестой (596 колосьев/м<sup>2</sup>) и продуктивность колоса (1,05 г). Однако у данного генотипа выявлена недостаточно высокая жаростойкость на последних этапах онтогенеза. Масса 1000 зёрен составила 38,1 г, что ниже на 3,9% этого показателя у стандарта. Генотип эрит. 906/11 (Самшит/Есаул) характеризуется как ультра-

скороспелая форма. Продуктивность сорта была равна стандарту или превышала на величину ошибки опыта. Это интенсивная форма, в условиях засухи формирует до 748 продуктивных стеблей/м<sup>2</sup>. Колос длинный – 9,8 см. Однако для реализации потенциала продуктивности сорт недостаточно толерантен к загущению. Отсюда и низкая продуктивность колоса – 0,7 г.

Следовательно, для скороспелых форм в стрессовых условиях Ростовской области, где лимитирующим фактором является засуха, необходимо усиливать жаростойкость растений на последних этапах онтогенеза. Максимальная продуктивность скороспелых сортов в лимитированных условиях может быть реализована только плотным агроценозом.

Определённую информацию можно получить, используя косвенные признаки: высокая водоудерживающая способность растений при воздушной засухе, степень ксероморфности растения; стабильность выполненности зерновок по годам; продолжительность жизнедеятельности верхних листьев, синхронность выколашивания. Однако наиболее объективным критерием оценки засухоустойчивости была масса зерна с единицы площади.

Поэтому в условиях дефицита влаги основными практическими критериями при селекции были длина вегетационного периода и масса зерна с растения, с единицы площади, характер проявления трансгрессивной изменчивости по этим признакам.

### Литература

1. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России. М.: Агрорус, 2004. 1109 с.
2. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница. Ростов-на-Дону: Юг, 2007. 600 с.
3. Smith G.S. Transgressive segregation in spring wheat // Crop Sciences. 1966. № 6.
4. Хейн Э.Д., Смит Д.С. Селекция пшеницы // Пшеница и её улучшение. М.: Колос, 1970.
5. Орлюк А.П. Трансгрессивная изменчивость у озимой пшеницы и её использование в селекции // Генетика. 1976. № 2. Т. XII. С. 960–974.
6. Грабовец А.И., Фоменко В.А., Колтунова М.А. Основные принципы целенаправленного использования трансгрессивной изменчивости признаков при селекции озимой мягкой пшеницы на Северном Дону // Селекция озимой пшеницы: сб. докладов науч.-практич. конф. «Научное наследие академика И.Г. Калиненко». Зерноград, 2001. С. 82–88.
7. Шехурдин А.П. Избранные сочинения. М.: Сельхозгиз, 1961. С. 207–210.
8. Маймистов В.В. Физиологические основы засухоустойчивости пшеницы // Пшеница и тритикале: матер. науч.-практич. конф. «Зелёная революция П.П. Лукьяненко». Краснодар, 2001. С. 495–505.