

УДК 575.4.42: 633.111

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОРТООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ У САМООПЫЛИТЕЛЕЙ\*

© 2012 г. **В.В. Сюков**

ГНУ Самарский НИИСХ им. Н.М. Тулайкова Россельхозакадемии, Безенчук, Россия,  
e-mail: vsyukov@mail.ru, samniish@samtel.ru

Поступила в редакцию 2 августа 2011 г. Принята к публикации 22 февраля 2012 г.

Представлены результаты экспериментальной проверки методов оценки сортообразующей способности у самоопыляющихся культур на примере мягкой пшеницы. Выявлены предполагаемые доноры общей сортообразующей способности (ОСС) в коллекции яровой (Экада 6, Прохоровка, Тулайковская 10) и озимой (Эритроспермум 30238, Одесская 117, Панацея, Дея) мягкой пшеницы.

**Ключевые слова:** пшеница, генетика, селекция, сортообразующая способность.

«Непрерывное перекомбинирование под контролем естественного отбора, – писал И.И. Шмальгаузен (1968), – ведет к выделению наиболее жизненных генетических сочетаний – «адаптивных пиков». В этих сочетаниях доминирующая роль принадлежит всегда малым «физиологическим» мутациям. В генетическом отношении наиболее жизненные особи являются наиболее «сбалансированными генетическими системами» ... Внесение чуждых элементов путем скрещивания с другими локальными формами может привести к частичному разрушению установившейся системы, к резкому возрастанию изменчивости и к появлению многочисленных маложизнеспособных гибридных особей». Поэтому многие селекционеры либо остерегаются привлекать в гибридизацию сорта, резко отличающиеся от местного экотипа, либо прибегают к дополнительным приемам, снимающим негативные эффекты эколого-географической удаленности родительских форм.

В.А. Ильин (1970) указывает, что при соединении далеких эколого-географических групп надо проводить скрещивания двух типов: предварительные – с целью создания линий для последующих скрещиваний, и окончательные – для объединения полученных линий. То есть

речь идет о сложной ступенчатой гибридизации (ССГ), разработанной саратовскими селекционерами (Шехурдин, 1946; Мамонтова, Ильина, 1967), сущность которой заключается в том, что полученные в результате эколого-географически отдаленных или межвидовых скрещиваний перспективные линии, характеризующиеся рядом положительных признаков, вновь скрещиваются с лучшими селекционными сортами или гибридными формами, имеющими другие положительные свойства, отсутствующие у первых. При этом не отрицаются возможность и желательность трансгрессивного улучшения этих признаков. Л.Г. Ильина (1970) считает, что быстрее и надежнее можно достичь успеха от скрещивания форм, у которых желательный признак недостаточно ясно выражен, но вместе с тем склонен к дальнейшему развитию.

С точки зрения современных генетических знаний основной задачей первого этапа ССГ является создание блока коадаптированных генов, сконцентрированных в слаборекомбинируемых участках хромосом и поэтому с высокой частотой передающихся потомству сцепленно.

Наличие феномена неравномерности кроссоверных обменов по длине хромосомы известно давно (Жученко, Король, 1985; Жученко, 2001).

\* Работа была представлена на Международной научной конференции «Экология, генетика, селекция на службе человечества», Ульяновск, 2011.

Сегментоспецифичность частоты кроссоверов показана на арабидопсисе (Schmidt *et al.*, 1995), ячмене, ржи (Жученко, 2001; Chen *et al.*, 2008), пшенице (Delaney *et al.*, 1995a, b; Gill *et al.*, 1996a, b; Sidhu *et al.*, 2008), а также на животных (Federico, 2006) и человеке (Ansari-Lari, 1996).

При анализе распределения молекулярных маркеров по хромосомам 1 гомеологичной группы мягкой пшеницы и *Aegilops tauschii* K.S. Gill с соавт. (1996a) определили, что большая часть маркеров (86 %) представлена в 5 кластерах, составляющих лишь 10 % физической длины хромосом. На хромосомах 5 гомеологичной группы *Triticum aestivum* крупные прицентромерные сегменты, составляющие  $\approx 20$  % длины хромосом, полностью лишены маркеров. На большей части длинного плеча хромосомы 5В картированные локусы сконцентрированы в трех кластерах, суммарная длина которых  $\approx 18$  % общей длины хромосомы (Gill *et al.*, 1996b). Построена детальная карта одного высокорекомбинантного участка хромосомы 5BL, составляющего всего 4 % длины плеча и 30 % рекомбинантной активности всей хромосомы (Faris *et al.*, 2000). Единица генетической длины (1 сМ) соответствует 118 т.п.н. в богатых генами участках и лишь 22 т.п.н. в прицентромерных участках (Gill *et al.*, 1996b).

Такая структура генетических карт хорошо объясняет феномены эмпирически полученных селекционных форм с высокой так называемой «сортообразующей способностью». Термин «сортообразующая способность» применяется селекционерами (Катаржин, 1970; Рабинович, 1972; Зыкин, Савицкая, 1977; Мережко, 1994) в отношении форм, выявляемых при анализе генеалогий коммерческих сортов. Эти формы могут рассматриваться как доноры блоков коадаптированных генов. Близкий к этому понятию термин Parental breeding value (PBV) введен в рамках популяционной генетики J.L. Lush (1935) для оценки племенной ценности животных-производителей. Именно в области генетики и селекции животных методики PBV нашли широкое применение. Белорусский ученый Б.Ю. Анощенко предложил использовать этот термин применительно к самоопыляющимся растениям (ячмень) и использовать не среднестатистические оценки потомства, а размер селекционно значимой части потом-

ства (Anoshenko, 1998). Этот метод на яровой пшенице апробирован Н.В. Давыдовой (2011). А.М. Bauer и J. Léon (2008) смоделировали различные сценарии по комплексу признаков с разной степенью наследуемости и различной формой наследования. Был сделан вывод, что метод PBV дает возможность существенно повысить эффективность прогноза потомства.

Из почти вековой практики селекции яровой мягкой пшеницы на родине сложной ступенчатой гибридизации хорошо видна поэтапная передача коадаптированных блоков, полученных в результате эколого-географически отдаленных скрещиваний, многочисленным сортам в различных селекционных центрах. При этом следует отметить, что такие сорта, как Альбидум 1616, коммерческими сортами не стали, не обладая всем комплексом свойств, необходимых для таковых, но стали ключевыми в схеме создания семейства сортов.

Из сортов озимой пшеницы феноменальной сортообразующей способностью обладает сорт одесской селекции Альбатрос одесский (Селена/Маяк//Проминь), ставший родоначальником прекрасных сортов селекционных центров Украины и России: Престиж, Виктория одесская, Селянка одесская, Одесская 200, Северодонецкая юбилейная, Тарасовская остистая, Донецкая 50, Альма, Арфа, Августа, Малахит, Ресурс, Санта и др.

Выявление гибридных форм с высокой общей сортообразующей способностью (ОСС) с методической точки зрения является серьезной проблемой, поскольку возможно лишь после проверки ее по потомству. В селекционной же практике чаще всего это дело случая. Кроме того, приходится говорить еще и о специфической сортообразующей способности (ССС), когда блоки коадаптированных генов восстанавливаются при скрещивании двух конкретных родительских форм, каждая из которых не обладает высокой ОСС. Другими словами, понятие СССР применимо не к какому-либо генотипу, а к родительской паре. В потомстве от скрещивания конкретной пары с высокой частотой появляются трансгрессивные рекомбинанты, некоторое число из которых становится донором ОСС. Самым ярким примером подобной СССР является знаменитая гибридная комбинация CIMMYT II-8156 (Penjamo sib./Gabo 55),

послужившая родоначальной для создания сортов **Indus 66, Kalyansona, Laketch, Mexipak 65, Mivhor 177, PV-18, Sidi Misri 1, Siete Cerros 66, Super X (Skovmand et al., 1997)**. При этом сорт PV-18 характеризуется высокой OCC. В частности, он участвует в создании многих сортов яровой мягкой пшеницы: Ершовская 32, Коммунар, Альтаир, Дружина, Комсомольская 29, Мильтурум 4, Любава, Олимп, Салют, Тулайковская 1, Смуглянка, **Norkin T-82, Pionero INTA** и **Woodpecker**.

В задачу наших исследований входила разработка новых методик оценки исходного материала на общую (OCC) и специфическую (ССС) сортообразующую способность.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основе методик лежит изучение выхода селекционно значимых рекомбинантов в потомстве родительских форм. Во втором–третьем поколении из гибридов сетевых скрещиваний берутся без отбора по 100 элитных колосьев. Первая методика дает оценки сортообразующей способности в питомниках изучения потомств первого года. Потомства оцениваются по комплексу признаков в сравнении с ранее разработанными моделями идеатипов (или, если количественные параметры идеатипов не известны, со стандартным сортом). Выводится коэффициент  $K_{OCC} = \frac{a_i \cdot \sigma_B}{b_i \cdot \sigma_A}$ , где  $a_i$  и  $b_i$  – количество соответственно селекционно значимых и включенных в изучение потомств,  $\sigma_A$  и  $\sigma_B$  – стандартные отклонения по соответствующим вариационным рядам. Вторая методика дает оценки сортообразующей способности в питомниках изучения потомков второго года. В качестве критерия сортообразующей способности берется урожай зерна с квадратного метра (или отклонение среднего урожая у потомств изучаемого сорта от среднего урожая по опыту и варианты урожая). На первом этапе исследований представление об уровне специфической сортообразующей способности может дать соотношение  $K_{OCC}$  и коэффициент вариации CV %.

Экспериментальная проверка разработанных методик проведена в 2009 и 2010 гг. на рендомизированных наборах рекомбинантных линий, отобранных из гибридных популяций

F<sub>3</sub>–F<sub>5</sub> с участием 18 сортов яровой и 12 сортов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения.

Опыты закладывались по предшественнику – чистый пар с использованием селекционных сеялок СПР-2 (питомник испытания потомств первого года) и СКС-6А (питомник испытания потомств второго года). Метеорологические условия проведения эксперимента были чрезвычайно контрастными. 2009-й год по гидротермальному режиму (быстрое нарастание температур весной, пониженный температурный режим в течение вегетации, небольшое, но равномерное выпадение осадков и, как следствие, незначительное количество суховейных дней слабой и средней силы) был достаточно благоприятным для роста и развития растений яровой пшеницы. 2010-й год оказался самым экстремальным за все годы наблюдений в районе г. Безенчука. За период вегетации выпало всего 24 мм осадков, или на 110 мм меньше среднего многолетнего значения. Средняя температура воздуха составила 18,5 °С, что на 4,5 °С выше нормы. При этом в течение последней декады июня и в июле средняя температура составляла 25,1–29,5 °С, на 4,3–9,2 °С превышая средние многолетние значения.

Статистическая обработка экспериментальных данных (статистический и дисперсионный анализ) проводилась с использованием пакета прикладных программ «Agros 2.13».

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Методики по результатам первых лет изучения дают не совсем однозначные показатели, что может быть связано как с разрешающей способностью предлагаемых методик, так и со специфическими генотип-средовыми взаимодействиями. В то же время высокие эффекты OCC сортов яровой пшеницы Экада 6, Прохоровка и Тулайковская 10, выявляемые в течение двух лет испытания с помощью обеих методик (табл. 1, 2) позволяют предварительно говорить о приемлемости разработанного нами подхода. Оценки по данным 2010 г., полученные на основе двух методов, достаточно сопоставимы друг с другом и с параметрами  $K_{OCC}$  2009 ( $r = 0,605–0,721$ ).

Наименьшими эффектами OCC обладают Белянка и Юго-Восточная 2. В то же время

Таблица 1

Сортообразующая способность образцов яровой мягкой пшеницы. Метод 1

Название сорта	2009 г.		2010 г.	
	$K_{OCC}$	CV %	$K_{OCC}$	CV, %
Дуэт	2,198 ± 0,607	24,4		
Тулайковская степная	1,542 ± 0,492	28,2		
Тулайковская 100	1,095 ± 0,257	61,1	0,614 ± 0,234	50,0
Экада 6	1,061 ± 0,146	12,2		
Землячка	0,885 ± 0,573	99,2	0,691 ± 0,214	47,6
Прохоровка	0,849 ± 0,320	50,9	0,900 ± 0,264	30,1
Тулайковская 10	0,849 ± 0,169	33,6	0,924 ± 0,198	20,9
Юго-Восточная 2	0,836 ± 0,225	43,3	0,650 ± 0,206	35,8
Белянка	0,385 ± 0,227	73,6		
F	3,343		2,414	
$HCP_{0,05}$	0,561		0,275	

Таблица 2

Сортообразующая способность образцов яровой мягкой пшеницы. Метод 2

Название сорта	2009 г.		2010 г.	
	OCC	CV, %	OCC	CV, %
Экада 6	172,4 ± 12,5	17,7	68,2 ± 8,7	29,8
Лютеценс 30	167,0 ± 19,5	14,6	51,3 ± 7,5	26,8
Прохоровка	160,2 ± 10,2	23,2	73,3 ± 12,1	32,2
ProINTA Superior	156,9 ± 14,0	11,1	59,4 ± 5,5	26,1
Ершовская 32	156,1 ± 18,4	30,7		
Землячка	152,9 ± 11,8	14,7	51,3 ± 10,3	36,9
Тулайковская 10	151,8 ± 6,9	20,2	65,6 ± 7,5	29,3
Эритроспермум 11	149,2 ± 23,6	22,8	65,5 ± 9,1	31,6
Эритроспермум 872	144,7 ± 27,5	21,7		
Тулайковская 100	144,0 ± 5,6	15,1	56,6 ± 9,3	33,4
Юго-Восточная 2			42,2 ± 7,3	33,6
Белянка	143,9 ± 32,2	30,2	39,5 ± 12,5	36,2
F	1,623		19,112	
$HCP_{0,05}$	13,8		6,417	

Ершовская 32 и Белянка, отличаясь высокой вариансой ССС (по величине коэффициента вариации CV), дают отдельные комбинации с высоким выходом селекционно значимых форм. Как с учетом лет испытания, так и по методикам оценки наиболее противоречивые результаты дает сорт Тулайковская 100. Если по результатам изучения на основе метода 1 этот источник можно отнести к донорам коадаптированных

блоков с высоким уровнем специфической сортообразующей способности, то на основе метода 2 в 2009 г. сорт может быть отнесен к формам с низкой общей и специфической сортообразующей способностью.

Сорта озимой мягкой пшеницы были оценены только с помощью методики 2 (табл. 3). Из сортов озимой пшеницы высокие эффекты OCC имеют Эритроспермум 30238 (Мироновский

Таблица 3

Сортообразующая способность образцов озимой мягкой пшеницы. Метод 2

Название сорта	2009 г.		2010 г.	
	ОСС	CV, %	ОСС	CV, %
Панацея	163,3 ± 42,5	26,6		
Дея	140,5 ± 22,0	13,8		
Донская безостая	128,6 ± 40,5	22,7		
Torgil	127,2 ± 41,9	33,6		
Эритроспермум 30238			74,3 ± 9,4	32,3
Одесская 117			58,2 ± 8,7	41,6
Светоч	120,2 ± 10,9	10,4	55,8 ± 8,4	34,3
Бирюза	109,0 ± 8,4	6,8	46,7 ± 6,1	28,2
Зимородок			46,4 ± 6,0	27,8
F	1,457		4,142	
HCP <sub>0,05</sub>	31,2		12,75	

НИИССП), Одесская 117 (Селекционно-генетический институт), Панацея и Дея (Краснодарский НИИСХ). Наименее эффективными компонентами в скрещиваниях с яровыми сортами, по данным наших исследований, представляются Бирюза, Светоч, а также Зимородок, хотя последний, по данным краснодарских ученых, рекомендуется как компонент с высокой сортообразующей способностью (Васильева, 2012).

Таким образом, двухлетние эксперименты показывают достаточно высокую воспроизводимость параметров ОСС как в контексте контрастных по погодным условиям лет, так и по двум разработанным методикам оценки сортообразующей способности.

Разработка метода оценки донорских свойств исходного материала по сортообразующей способности позволит вести целенаправленный поиск базовых генотипов и повысить выход селекционно значимых рекомбинантов на 15–20 %.

### ЛИТЕРАТУРА

Васильева А.М. Особенности адаптивной селекции озимой пшеницы на зимостойкость и продуктивность: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Краснодар, 2012. 30 с.

Давыдова Н.В. Селекция яровой пшеницы на урожайность и качество зерна в условиях центра Нечерноземной зоны Российской Федерации: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Немчиновка, 2011. 54 с.

Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). В двух томах. М.: РУДН, 2001. 1488 с.

Жученко А.А., Король А.Б. Рекомбинация в эволюции и селекции. М.: Наука, 1985. 400 с.

Зыкин В.А., Савицкая В.А. Селекция мягкой и твердой яровой пшеницы в Западной Сибири // Селекция яровой пшеницы. М.: Колос, 1977. С. 20–28.

Ильин В.А. Селекция проса // Науч. тр. НИИСХ Юго-Востока. 1970. Вып. 27. С. 144–179.

Ильина Л.Г. Селекция яровой пшеницы в НИИСХ Юго-Востока // Науч. тр. НИИСХ Юго-Востока. 1970. Вып. 27. С. 5–126.

Катаржин М.С. Сортообразующая способность и ее роль при подборе пар для скрещивания // С.-х. биология. 1970. Т. 5. № 6. С. 812–815.

Мамонтова В.Н., Ильина Л.Г. Сложная ступенчатая гибридизация и создание сортов яровой сильной пшеницы // Науч. тр. НИИСХ Юго-Востока. 1967. Вып. 23. С. 104–112.

Мережко А.Ф. Проблема доноров в селекции растений. СПб.: ВНИИР, 1994. 127 с.

Рабинович С.В. Современные сорта пшеницы и их родословные. Киев: Урожай, 1972. 328 с.

Шехурдин А.П. Пути и методы селекции яровой пшеницы на Юго-Востоке СССР // Социалистическое зерновое хозяйство. 1946. № 2/3. С. 11–22.

Шмальгаузен И.И. Факторы эволюции. Теория стабилизирующего отбора. М.: Наука, 1968. 451 с.

Anoshenko B.Y. Estimation of parental value for varieties used in plant breeding // Plant Breeding. 1998. V. 117. No. 8. P. 2175–2180.

Ansari-Lari M.A., Muzny D.M., Lu J. *et al.* A gene-rich cluster between the CD4 and triosephosphate isomerase genes at human chromosome 12p13 // Genome Res. 1996. V. 6. No. 1. P. 314–326.

Bauer A.M., Léon J. Multiple-trait breeding values for parental selection in self-pollinating crops // Theor. Appl. Genet. 2008. V. 36. No. 2. P. 131–137.

Chen A., Brüle-Babel A., Baumann U., Collins N.C. Struc-

- ture-function analysis of the barley genome: the gene-rich region of chromosome 2HL // *Functional Integrative Genomics*. 2008. V. 9. No. 1. P. 67–79.
- Delaney D., Nasuda S., Endo T.R. *et al.* Cytogenetically based physical maps of the group-2 chromosomes of wheat // *Theor. Appl. Genet.* 1995a. V. 91. No. 2. P. 568–573.
- Delaney D., Nasuda S., Endo T.R. *et al.* Cytogenetically based physical maps of the group-3 chromosomes of wheat // *Theor. Appl. Genet.* 1995b. V. 91. No. 3. P. 780–782.
- Faris J.D., Haen K.M., Gill B.S. Saturation mapping of a gene-rich recombination hot spot region in wheat // *Genetics*, 2000. V. 154. No. 2. P. 823–835.
- Federico C., Scavo C., Cantarella C.D. *et al.* Gene-rich and gene-poor chromosomal regions have different locations in the interphase nuclei of cold-blooded vertebrates // *Chromosoma*. 2006. V. 115. P. 123–128.
- Gill K.S., Gill B.S., Endo T.R., Boyko E.V. Identification and high-density mapping of gene-rich regions in chromosome group 5 of wheat // *Genetics*. 1996a. V. 143. No. 2. P. 1001–1012.
- Gill K.S., Gill B.S., Endo T.R., Taylor T. Identification and high-density mapping of gene-rich regions in chromosome group 1 of wheat // *Genetics*. 1996b. V. 144. No. 4. P. 1883–1891.
- Lush J.L. Progeny test and individual performance as indicator of an animal's breeding values // *J. of Dairy Sci.* 1935. V. 18. Iss. 1. P. 1–19.
- Schmidt R., West J., Love K. *et al.* Physical map and organization of *Arabidopsis thaliana* chromosome 4 // *Science*. 1995. V. 270. P. 480–483.
- Sidhu G.K., Rutgi S., Shafqat M.N. *et al.* Fine structure mapping of a gene-rich region of wheat carrying *Ph1*, a suppressor of crossing over between homoeologous chromosomes // *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. 2008. V. 105. No. 15. P. 5815–5820.
- Skovmand B., Villareal R., van Ginkel M. *et al.* *Semidwarf Bread Wheats: Names, Parentages, Pedigrees, and Origins*. Mexico, D.F.: CIMMYT, 1997. 37 p.

## METHODS FOR ESTIMATING THE BREEDING POTENTIAL OF INBRED PLANTS

V.V. Syukov

Tulaikov Samara Research Institute of Agriculture, Bezenchuk, Russia,  
e-mail: vsyukov@mail.ru, samniish@samtel.ru

### Summary

Methods for estimating the breeding potential of inbred plants have been tested in common wheat. Promising donors of the general breeding potential have been found in a collection of summer (Ecada 6, Prokhorovka, and Tulaykovskaya 10) and winter (*Erythrospermum* 30238, Odesskaya 117, Panacea, and Deya) common wheat varieties.

**Key words:** wheat, genetics, breeding, breeding potential.