

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИКИХ ВИДОВ И СОРОДИЧЕЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ ИНТРОГРЕССИИ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К БОЛЕЗНЯМ

Т.С. Маркелова, НИИ сельского хозяйства Юго-Востока

Успех селекции на устойчивость к болезням определяется многими факторами, среди которых решающее значение имеют генетические ресурсы (исходный материал). Чем больше и разнообразнее источники устойчивости включаются в селекцию, тем больше возникает возможностей получить совершенно новые формы растений с обогащенным генофондом. Особое значение имеет источник устойчивости, обеспечивающий эффективную и длительную защиту культуры от патогенов. В этом плане наиболее надежными являются дикие сородичи культурных растений, о чем писал Н.И. Вавилов еще в 1935 г. Роль диких форм в улучшении возделываемых сортов особенно ярко проявляется на примере пшеницы.

Высокоэффективный ген Lr9 перенесен в мягкую пшеницу от эгилопса (*Aegilops umbellulata*). На его основе в США созданы сорта ABE, Arthur 71, McNair 701, Riley 67, Oasis, McNair 2203. Гены Lr19, Lr24, Lr29 трансформированы от пырея *Agropyron elongatum* L. Ген Lr19 имеется в канадском сорте Agrus, Lr24 — в сортах американской селекции Agent, Cloud, Osage, Parker 76, Blueboy, McNair 23, Payne, Fox и др. [2, 4]*.

Перечисленные дикие злаки послужили также источниками генов устойчивости пшеницы к стеблевой ржавчине (Sr-генов), мучнистой росе (Pm-генов), желтой ржавчине (Yr-генов), глазковой пятнистости и др. [3, 4, 5].

Сорта озимой пшеницы Аврора и Кавказ, созданные академиком П.П. Лукьяненко, имеют ген устойчивости к бурой ржавчине Lr26, перенесенный в мягкую пшеницу от ржи *Secale cereale* [6].

Многие сорта имеют комплексную устойчивость к нескольким патогенам, обусловленную генами, интродуцированными от *Secale cereale*, *Agropyron intermedium*, *A. elongatum*, *Aegilops* spp. и других злаков. По данным НИИСХ ЦРНЗ и ВНИИФ [9], высокоэффективными генами в Московской области остаются Lr9, перенесенный от *Ae. umbellulata*, Lr24 — от *Ag. elongatum*, Lr38 — от *Ag. intermedium*, Lr45 — от *S. cereale* и др. В лаборатории генетики и цитологии НИИСХ ЦРНЗ создана цитогенетическая коллекция мягкой пшеницы Арсенал с чужеродными генами, переданными от видов *Triticum kiharae*, *Ae. speltoides*, *Ae. triuncialis*. На инфекционном фоне заражения спорами бурой ржавчины с использованием всего спектра рас, характерных для Московской области, большинство данных линий с чужеродными генами проявляли устойчивость к бурой ржавчине в течение ряда лет [9].

В качестве доноров иммунитета могут быть использованы более близкие сородичи культурной пшеницы — ее дикие формы. По данным ВИР (1975), такие виды, как *Triticum monosocum*, *T. dicocum*, *T. timopheevi*, *T. fungicidum*, *T. militinae*, обладают высокой устойчивостью ко многим грибным болезням. Некоторые виды устойчивы только к отдельным патогенам. Так, *T. persicum* устойчив к мучнистой росе и пыльной головне, но очень сильно поражается бурой ржавчиной.

Чаще других в селекции пшеницы использовали *T. dicocum*. С участием полбы созданы сорта твердой пшеницы Ракета, Безенчукская 115, Харьковская 46, а с участием ярославской полбы в США получены болезнестойчивые сорта яровой мягкой пшеницы Норе и H44, гены устойчивости которых до сих пор не потеряли своей эффектив-

ности, хотя в больших масштабах используются в мировой селекции мягких сортов.

Довольно часто при создании сортов мягкой пшеницы использовали *T. timopheevi*. Получен целый ряд сортов, обладающих иммунитетом к видам ржавчины: Timvera, Timstein, Timgalen, Timvin, Mendos, Mengavi и др. В нашей стране в ВИР созданы иммунные формы яровой мягкой пшеницы ИТ-1, ИТ-3, ИТ-15.

Вид *T. militinae* выделен П.М. Жуковским и Э.Ф. Мигушовой как мутант среди растений *T. timopheevi*. В отличие от последнего, для него характерен мягкий обмолот при столь же высоком иммунитете. В связи с этим данный вид является особенно привлекательным в программах по созданию устойчивых сортов.

Недостаточно использовали в скрещиваниях *T. persicum*. Однако с его участием создан немецкий сорт Else, устойчивый к мучнистой росе. Чаще его использовали как источник скороспелости и стекловидности зерна.

Есть сообщения о переносе генов устойчивости к стеблевой ржавчине Sr21, Sr22 от *T. monosocum* в мягкую пшеницу [7], а также генов устойчивости проростков к стеблевой ржавчине от *T. monosocum* — в твердую пшеницу [8]. Однако трудный обмолот, ломкость колоса, плохая скрещиваемость с гексаплоидной пшеницей ограничивают использование этого вида в селекции.

В задачу наших исследований входило изучение иммунологических свойств некоторых диких видов пшеницы по отношению к местным популяциям патогенов, выделение иммунных видов и использование их при создании доноров устойчивости для селекции мягкой пшеницы.

Изучались следующие виды пшеницы: *Triticum monosocum*, *T. dicocum*, *T. persicum*, *T. timopheevi*, *T. militinae* (табл. 1). Оценку на поражаемость болезнями проводили на фоне естественных эпифитотий и при искусственном заражении. В результате многолетнего изучения диких видов пшеницы нами были выделены образцы, иммунные к отдельным грибным болезням или обладающие комплексной устойчивостью к ним. Поскольку основной задачей исследований был поиск и создание новых доноров устойчивости пшеницы к патогенам, то одним из направлений стало использование трансгрессии генов устойчивости от диких видов пшеницы. Все виды, представленные в табл. 1, использованы в скрещиваниях с местными сортами яровой мягкой пшеницы для создания исходного материала с комплексной устойчивостью к патогенам.

Современные биотехнологические методы позволяют сократить сроки получения селекционных форм растений и преодолеть трудности, связанные с половой несовместимостью при отдаленной гибридизации, такие, как плохая скрещиваемость, гибель гибридных зародышей F₀, стерильность растений F₁, длительный процесс получения константных форм из расщепляющихся гибридных популяций и др.

Для ускорения селекционного процесса применяли методы клеточной селекции. Использовали такие приемы, как обработка рылец цветков материнских растений физиологически активными веществами (гиббереллином, пролином), доращивание гибридных зародышей F₀ *in vitro* на искусственной питательной среде, колхицинирование

* Со списком литературы можно ознакомиться на сайте www.agroxxi.ru

растений F₁ и доопыление их пыльцой материнского сорта. Все эти методы подробно описаны [Ивановская, 1946; Эммерих, 1965; Даневел, 1989; Дьячук, 1989; Suenage, Nakajame, 1989 и др.]. В процессе выполнения исследований отработывали порядок, кратность и последовательность использования данных методов.

Таблица 1. Иммунологическая характеристика видов пшеницы в условиях НИИСХ Юго-Востока

Вид	Номер каталога ВИР	Поражаемость болезнями		
		Бурая ржавчина	Мучнистая роса	Пыльная головня
<i>Triticum monococcum</i>	K-105	0	0	0
	K-19088	0	0	0
	K-23653	0	3	0
	K-20409	0	3	0
	K-20983	0	3	0
	K-20985	0	3	0
<i>Triticum dicoccum</i>	K-417	0	0	0
	K-11400	0	0-3	0
	K-28224	0	0	0
<i>Triticum timopheevi</i>	K-29560	0	0	0
	K-46956	0	0	0
<i>Triticum persicum</i>	K-1694	30-40/3	0	0
	K-13938	30-40/3	0	0
	K-7886	70-80/3	0	0
	K-11890	70-80/3	0	0
<i>Triticum militinae</i>	K-40576	30-40/3	0	0
	K-46007	ед./1-2	2	0

Получено 178 константных линий яровой мягкой пшеницы, устойчивых к бурой ржавчине и мучнистой росе (табл. 2).

Краткая характеристика практической значимости отдельных источников иммунитета по результатам наших исследований приводится ниже.

Triticum monococcum. В скрещивания вовлекались формы с комплексной устойчивостью — K-105, K-19088. В качестве материнских сортов использовали Саратовскую 29 и Саратовскую 48. Неоднократные попытки получить фертильное потомство не дали положительного результата.

Triticum dicoccum. В качестве родительских форм были взяты сорта яровой мягкой пшеницы Саратовская 29,

Саратовская 55 и образцы *T. dicoccum* K-417 и K-23224. С мягкой пшеницей данный вид скрещивается довольно трудно. Для преодоления нескрещиваемости применяли обработку цветков материнских растений растворами гиббериллина и пролина. Гибридные зародыши доращивали *in vitro* на искусственной среде Мурасиге-Скуга. Для получения фертильных растений F₁ проводили обработку регенерантов 0,1%-м раствором колхицина и доопыление гибридных растений пыльцой рекуррентного родителя. В F₂ и последующих поколениях отмечалось большое разнообразие форм, как по морфологическим признакам, так и по устойчивости к болезням. После многократных отборов на фоне искусственного заражения бурой ржавчиной, мучнистой росой, пыльной головней, а также в полевых условиях на фоне естественных эпифитотий из скрещиваний с данным видом получено 43 линии яровой мягкой пшеницы с комплексной устойчивостью к двум или трем болезням. С целью закрепления наиболее ценных по комплексу признаков линий использовали метод культуры пыльников. В настоящее время в коллекции лаборатории имеется 26 дигаллоидных линий.

Таблица 2. Количество линий яровой мягкой пшеницы с различными источниками иммунитета, 1995 г.

Источник иммунитета	Всего	Устойчивость к бурой ржавчине	Устойчивость к мучнистой росе	Комплексная устойчивость
<i>Triticum timopheevi</i> Zhuk.	4	0	0	0
<i>Triticum militinae</i> Zhuk.	13	0	0	0
<i>Triticum dicoccum</i> Shuebl.	43	43	43	43
<i>Triticum persicum</i> Vav.	17	0	17	0
<i>Triticum dicoccum</i> x <i>Aegilops</i> sq.	53	53	53	53
Lr9	5	5	0	0
Lr19	5	5	0	0
Lr1 + Lr 27 + Lr 31	3	3	0	0
<i>Triticum dicoccum</i> + <i>Triticum persicum</i>	30	30	30	30

Triticum timopheevi. Скрещивали с сортами яровой мягкой пшеницы Саратовская 29 и Саратовская 46. Было получено большое разнообразие форм по морфологи-

Таблица 3. Линии яровой мягкой пшеницы, значимо превышающие стандарт или равные ему по элементам продуктивности колоса, 1994

Линия	Источник устойчивости	Вес зерна с одного колоса, г	Число зерен в колосе, шт.	Число колосков в колосе, шт	Длина колоса, см	Визуальная оценка качества зерна, баллы
Саратовская 55 (стандарт)	—	1,22	34,60	13,80	8,17	4,5
92/94	<i>Tr. persicum</i>	1,39	40,30	14,70	8,95	4,5
99/94	<i>Tr. dicoccum</i>	1,27	39,13	14,97	8,89	4,0
100/94	<i>Tr. dicoccum</i>	1,29	37,13	15,50	9,16	4,0
109/94	<i>Tr. dicoccum</i> / <i>A. squar.</i>	1,34	38,27	15,50	8,87	4,0
112/94	<i>Tr. dicoccum</i> / <i>A. squar.</i>	1,26	35,03	13,6	8,43	4,0
115/94	<i>Tr. dicoccum</i> / <i>A. squar.</i>	1,32	37,13	15,50	9,16	4,0
119/94	<i>Tr. dicoccum</i>	1,38	34,50	15,00	9,27	3,5
120/94	<i>Tr. dicoccum</i>	1,32	36,03	14,87	9,37	4,0
121/94	Kawfers, <i>Tr. persicum</i>	1,41	38,30	14,00	8,20	4,0
122/94	McNair 23, <i>Tr. persicum</i>	1,30	36,03	14,33	8,67	3,5
125/94	McNair 23, <i>Tr. persicum</i>	1,41	37,63	14,13	8,03	3,5
135/94	<i>Tr. dicoccum</i>	1,33	38,97	15,83	9,12	3,5
140/94	<i>Tr. dicoccum</i>	1,32	37,87	15,40	8,95	4,0
144/94	<i>Tr. dicoccum</i>	1,28	36,30	15,03	8,72	3,5
146/94	<i>Tr. dicoccum</i>	1,23	35,77	14,67	8,67	4,0
149/94	<i>Tr. dicoccum</i>	1,30	37,57	14,70	8,77	4,0
150/94	<i>Tr. dicoccum</i>	1,28	35,83	15,43	8,60	3,0
155/94	<i>Tr. dicoccum</i> / <i>A. squar.</i>	1,34	36,04	15,10	8,50	4,0
174/94	Lr9	1,32	37,00	14,97	8,75	4,0

ческим признакам и фертильности. Однако фертильные растения мягкой пшеницы не обладали устойчивостью к болезням.

Triticum persicum. Легко скрещивается с сортами мягкой пшеницы, поэтому от скрещивания с этим видом получено наибольшее количество линий (изучено более 300). Большинство из них обладают устойчивостью к мучнистой росе. Некоторые устойчивы к мучнистой росе и пыльной головне. К сожалению, все формы, полученные от скрещивания мягкой пшеницы с *T. persicum*, очень сильно поражаются бурой ржавчиной. Для устранения этого недостатка наиболее ценные линии скрещивали с *T. dicosum* и ржавчиноустойчивыми формами, полученными от скрещивания с полбой, а также с моногенными линиями Lr9, Lr19, Lr1 + Lr27 + Lr31. Из этих гибридных популяций получены константные формы с комплексной устойчивостью к болезням, в том числе и к бурой ржавчине.

Triticum militinae. Скрещивается с мягкой пшеницей плохо. Для преодоления нескрещиваемости применяли обработку рылец материнских растений растворами гиббериллина и пролина. Гибридные зародыши доращивали *in vitro* на среде Мурасиге-Скуга. Фертильные растения F₁ были получены без колхицинирования. В F₂ и последующих поколениях отмечен широкий спектр расщепления по морфологическим признакам и фертильности. Обнаружено много промежуточных форм по плотности и форме коло-

са, остистости. Не выявлено форм полностью устойчивых к бурой ржавчине. Заражение заболеванием проявляется в виде мелких и многочисленных уредопустул.

Кроме перечисленных видов, при создании исходного материала, устойчивого к болезням, в качестве источников устойчивости использовались образцы *Triticum aestivum* из коллекции ВИР, в которых имеются эффективные Lr- и Rm- гены от диких злаков.

Из гибридных популяций получены константные формы с комплексной устойчивостью к болезням. В 1994 г. проведено сравнительное изучение болезнеустойчивых форм яровой пшеницы по элементам продуктивности колоса (табл. 3).

Выявлены линии, достоверно превышающие сорт-стандарт Саратовская 55 по продуктивности колоса и другим структурным элементам (табл. 3). Некоторые линии имеют средние показатели выше стандарта, но эти различия не доказаны статистически. Среди таких форм существует возможность отбора более продуктивных растений, что имеет определенное значение для дальнейшей селекции сортов.

Таким образом, в результате работы, проведенной в 1991—1995 гг., создано более 250 константных линий от скрещивания сортов Саратовская 29, Саратовская 55 и Саратовская 58 с видами пшеницы. Из них на фоне сильной естественной эпифитотии и при искусственном заражении в тепличных условиях отобрано 178 линий, устойчивых к бурой ржавчине и мучнистой росе. □

Литература

1. Browder L.E. A compendium of information about named genes for low reaction to *Puccinia recondite* // Crop. Sci. — 1980. — Vol. 20. — P 775—779.
2. Sears E.R. The transfer of leaf rust resistance from *Aegilops umbellulata* to wheat // Brookhaven, Symp. In Biol. — 1956. — №9. — P. 1—22.
3. Zeller F.J. 1B/1R wheat-rye chromosome subatitutions and translocations // Proc. 4th Int. Wheat Genet. Symp. — Columbia. — 1973. — P. 209—222.
4. Sharma H.C., Gill B.S. Current status of wide hybridization in wheat // Euphytica. — 1983. — Vol. 32. — P. 17—31.
5. Stalker H.T. Utilization of wild species for crop improvement // Advances in agronomy. — 1980. — Vol. 33. — P. 133.
6. Иммунологическая характеристика редких видов пшеницы. (Методическое указание). Л., 1975. — 48 с.
7. The T.T. Chromosome location of genes conditioning stem rust resistance transferred from diploid to hexaploid wheat // Nature. New Biol. — 1973. — P. 241—256
8. Gerechter-Amitai Z.A., Wahl J., Vardi A., Zohary D. // Transfer of stem rust seedling resistance from wild diploid einkorn to tetraploid durum wheat by means of triploid bridge // Euphytica. — 1971. — Vol. 20. — P. 281—285.