

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СОРТОВ ПРОСА ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ГОЛОВНЕ

Н.П. ТИХОНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук
Т.В. ТИХОНОВА, А.А. МИЛКИН

ФГБНУ «НИИСХ ЮГО-ВОСТОКА», г. Саратов, E-mail: alex_druzhin@mail.ru

Система «просо посевное – головня» достаточно хорошо изучена. В работе показана несложная (в целом) методика идентификации сортов проса по признаку «устойчивость к головне», в которой главным звеном являются «чистые» расы возбудителя головни, обладающие индивидуальными и стабильными патогенными характеристиками. Применение для этой цели «случайного» спороматериала возбудителя головни (с неизвестным расовым составом) является бессмысленной работой. Профессиональное использование полученных результатов – залог эффективной («генетически ориентированной») селекции проса на устойчивость к главной болезни культуры.

Ключевые слова: просо, сорта, гены устойчивости, расы возбудителя головни.

Среди признаков проса, улучшаемых в процессе селекции, устойчивости к головне уделяли достаточно много внимания. В итоге районированные в разное время сорта проса бывшего СССР и современной Российской Федерации представляют собой следующие группы генотипов: 1) восприимчивые к болезни (т.е. «универсально» поражаемые любым спороматериалом возбудителя головни) (Мироновское 51, Саратовское 8, Золотистое, Благодатное и мн. др.); 2) несущие разные гены **Sp** (один или более), контролирующие устойчивость к соответствующим расам патогена. В эту группу входят: а) наиболее многочисленные сорта с геном **Sp1**, контролирующим устойчивость к 13 расам из 17 идентифицированных (Саратовское 6, Быстрое, Колоритное 15, Данила и мн. др.); б) относительно малочисленная группа сортов проса, устойчивых только к трём расам возбудителя головни (1, 8 и 10) и имеющих разные аллели малоэффективного гена **Sp5** (получены в результате «непреднамеренной» – т.е. «случайной» селекции: сорта с аллелем **Sp5a** – Казанское 176, Казанское 2; сорта с аллелем **Sp5b** - Весёлоподольское 38, Подольское 24/273, Крупноскорое и др.); в) сорта с геном **Sp2** (Ильиновское, Саратовское жёлтое и др.); г) сорт Квартет, состоящий из смеси 4-х изогенных линий, несущих один из генов резистентности к головне – **Sp1**, **Sp2**, **Sp3** и **Sp4** [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Следует иметь в виду, что восприимчивость (устойчивость) к соответствующим расам возбудителя головни является одним из признаков оценки сортов на отличимость, однородность и стабильность (ООС) [1].

Методика исследований

«Главное звено» способа расовой дифференциации возбудителя головни проса [3] – использование в научных исследованиях и селекционной работе впервые идентифицированных генов устойчивости к возбудителю головни и «чистых» рас патогена ([4, 5, 6, 7, 8], табл. 1). В результате многолетних исследований установлены факты, важные для практики и теории расовой дифференциации головнёвых грибов: 1) на одном поражённом растении проса паразитирует только одна раса, независимо от их числа в изучаемом спорообразце-популяции; 2) идентифицированные расы возбудителя головни проса обладают поразительной стабильностью индивидуальных патогенных свойств (новых «гибридных» патотипов гриба до настоящего времени не выявлено).

Параллельное (обычно – поочерёдное, в связи с ограниченным числом сотрудников) заражение (инфицирование) заранее подобранных (пронумерованных, вписанных в соответствующие реестры и т. д.) исследуемых сортообразцов (или индивидуальных

растений) и «сортов-стандартов» (универсально восприимчивого и сортообразцов с одним из генов Sp1... Sp7) проса тест-расами возбудителя головни осуществляется в полевых или тепличных условиях не менее чем двумя специалистами (один работает с записями, этикетками, семенами и др; второй – инфицирует семена спорами соответствующей расы возбудителя головни и высевает – в сосуд, в борозду и др.). Важнейшее условие сохранения «чистоты» рас и получения объективной информации – при переходе к использованию спороматериала другой тест-расы головни работу следует начинать только чистыми руками.

После отчётливого проявления признаков болезни на каждом расоспецифическом фоне проводится подсчёт растений (фиксируется количество здоровых, поражённых, обычных и/или патоморфозных растений), определение реакции конкретного сортообразца (индивидуального растения) на заражение каждой из тест-рас головни (устойчивый, восприимчивый или неопределённый) и по совокупности реакций проводится определение генотипа. Следует иметь в виду, что «промежуточные» (неопределённые) реакции сортообразцов проса на отдельные расы патогена или «на все расы сразу» требуют тщательного анализа, поскольку могут быть следствием: а) засорения сортообразца (от очень слабого до сильного); б) засорения расы головни; в) засорения и сортообразца проса, и расы патогена.

Результаты и их обсуждение

Каждая из впервые идентифицированных рас возбудителя головни проса обладает индивидуальным сочетанием вирулентности/авирулентности по отношению к сортам проса, несущим конкретные Sp-факторы резистентности. В результате параллельного заражения идентифицируемых сортообразцов и/или индивидуальных растений проса «чистым» спороматериалом хорошо изученного набора «тест-рас» головни (табл. 1) имеется возможность идентификации генотипов хозяина на предмет выявления у них конкретных Sp-генов без проведения гибридологического анализа [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8], (табл. 1, 2, 3).

Таблица 1

Идентификация генов устойчивости к головне у сортообразцов проса посевного (по: Н.П. Тихонов, 1991, 2006, 2009, с дополнениями)

Реакция сортообразцов на заражение тестирующими расами головни						Предполагаемые гены устойчивости
основными				дополнительными		
1	2	6A	8	3	12	
R	S	R ^{dw}	R	S	S	Sp 1
R	R	R	S- R*	S	R	Sp 2
S	S	R	R	R	S	Sp 3**
R	R	S	R	S	S	Sp 4
R ^{dw}	S	S	R ^{dw}	S	S	Sp 5a
R	S	S	R	S	S	Sp 5b
R-S ^{dw}	S	S	R-S ^{dw}	S	S	Sp 5c
S ^{dw}	S	S	S ^{dw}	S	S	Sp 5d
S	S	S	R	S	S	Sp 6a
S ^{dw}	S ^{dw}	S	R	S	S ^{dw}	Sp 6b
R ^{dw}	R ^{dw}	S	R ^{dw}	S	R ^{dw}	Sp 7
R	R	R	R	S	R	Sp 1,2
R	S	R	R	R	S	Sp 1,3
R	R	R ^{dw}	R	S	S	Sp 1,4
R	R	R	R	R	R	Sp 2,3
R	R	R	R	S	R	Sp2,4
R	R	R	R	R	S	Sp 3,4

Примечания: R и S – устойчивость и восприимчивость; dw – карликовость; *- поражение, как правило, слабее (особенно в тепличных условиях) в сравнении с типично восприимчивыми формами; ** – наличие конкретного аллеля данного локуса (Sp3a, Sp3b, Sp3c, Sp 3r) с неидентичной экспрессией и эффективностью в гетерозиготном состоянии – от доминантного до рецессивного – устанавливается гибридологическим анализом.

«Особое» значение при идентификации сортообразцов проса на устойчивость к головне имеют «максимально» вирулентные расы патогена – 3, 4, 12: устойчивость сортообразца к любой из них однозначно указывает на наличие у него соответствующего гена резистентности (см. таблицу 1); устойчивость к двум расам сразу указывает на наличие двух Sp-факторов, как, например, сортообразцы типа У-1,3 (таблицы 1, 2, 3). Устойчивость к расе 2 «обеспечивают» два гена – Sp2 и Sp4. Одновременная «типичная» устойчивость к расам 2 и 4 указывает на наличие одной из комбинаций сцепленных факторов - Sp1,4 или Sp1,2. При заражении таких рекомбинантов расой 12 получаем конкретный результат: восприимчивость к данному патотипу указывает на первую «пару» Sp-генов, устойчивость же означает наличие второй комбинации. Точно так же идентифицируются при использовании «чистых» рас головни и другие сортообразцы проса. Например, индивидуальные отборы из гибридной комбинации «Sp-6/ Sp-2» необходимо параллельно заразить расами 8 и 12: устойчивость к расе 8 указывает на наличие гена Sp6; устойчивость к расе 12 однозначно свидетельствует о наличии гена Sp2. Гетерозиготные (по данным факторам) растения будут иметь «классическое» менделевское соотношение R:S = 3:1 на обоих инфекционных фонах.

Таблица 2

Результаты идентификации некоторых сортообразцов проса конкурсного испытания по устойчивости к головне (теплица, февраль-май 2016 г, НИИСХ Юго-Востока)

Сорт проса	Реакция сортообразцов на заражение тестирующими расами головни						Выявлены гены устойчивости
	1	2	6A	8	3	12	
Краснозёрные сорта:							
Саратовское 12	84,2	89,5	92,0	94,1	100	100	-
Саратовское 6	3,7*	88,9	0,0**	3,7*	96,4	100	Sp 1
Саратовское 10	0,0	3,1	2,5	34,8 ***	94,4	0,0	Sp 2
Сангвинеум 3-16	3,7	0,0	0,0	61,5	100	0,0	Sp 2
Субсангвинеум 8-18 (6-15)	0,0	0,0	0,0	52,0	100	0,0	Sp 2
Субсангвинеум 5-16 (42-15)	5,3	89,5	0,0	3,8	3,1	100	Sp 1,3
Сангвинеум 7-16 (5-15)	0,0	0,0	0,0	0,0	100	94,7	Sp1,4
Жёлтозёрные сорта:							
Золотистое	100	90,9	93,8	100	94,1	95,0	-
Саратовское жёлтое	2,2	0,0	4,1	50,0***	94,4	3,2	Sp 2
Ауреум 13-16 (12-15)	0,0	0,0	2,4	0,0	100	92,6	Sp1,4
Ауреум 14-16 (13-15)	2,8	5,1	2,1	3,3	100	100	Sp1,4
Ауреум 15-16 (55-15)	0,0	0,0	0,0	0,0	100	100	Sp1,4
Ауреум 18-16 (15-15)	0,0	92,0	2,2	0,0	0,0	93,8	Sp 1,3

*Примечания: * – наличие отдельных поражённых растений в большинстве случаев – следствие механического и/или биологического засорения сортов; ** – карликовые (патоморфозные) растения, без признаков поражения; ***– в теплице сортообразцы с геном резистентности Sp 2 поражаются расой 8 слабее (в большинстве случаев), чем в полевых условиях*

Многолетние результаты исследования взаимоотношений проса и возбудителя головни позволяют утверждать, что мы имеем дело с однозначно расоспецифическими (т.н.

«качественными») реакциями типа «устойчивость» или «поражение». «Слабое поражение» конкретного сортообразца проса «авирулентной» расой (т.е. наличие единичных поражённых растений) при отсутствии поражённых растений у сорта-стандата – это «сигнал» о том, что он засорён. Однако и сорта-стандарты могут иметь разную степень засорения, что не является поводом для «браковки» всех результатов работы, «выявления горизонтальной устойчивости» и пр. Например, при работе с сортами «типа» Квартет [2] отчетливо видно, что методика параллельного заражения индивидуальных генотипов (с целью их идентификации) тест-расами головки имеет «ограничения»: в случаях изучения сортопопуляций проса (смесей изогенных линий, «одноцветных» смесей сортов и др.): достоверная информация о составе и структуре может быть получена только при идентификации соответствующей выборки индивидуальных растений, взятых из сортапопуляции (табл. 3). Кроме того, даже весьма важные признаки «сорта» – «однородность» и «стабильность» – применительно к уникальным сортам нуждаются в соответствующих оговорках.

Таблица 3

Результаты идентификации некоторых сортообразцов проса по устойчивости к головне (теплица, февраль-май 2018 г, фрагментарные данные)

Сорт проса	Реакция сортообразцов на заражение тестирующими расами головки						Выявлены гены устойчивости
	1	2	6А	8	3	12	
Краснозёрные сорта:							
Саратовское 12	90,0	93,1	92,6	100,0	92,0	92,6	-
Липецкое 19	83,9	89,3	78,0	88,1	100,0	90,0	-
Саратовское 6	2,8*	91,3	3,8**	3,8*	96,4	100,0	Sp 1
Быстрое	0,0	81,8	3,0	0,0	100,0	80,5	Sp 1
Саратовское 10	2,3	0,0	0,0	36,7***	95,0	2,3	Sp 2
Сарфил	0,0	0,0	0,0	43,3	86,4	0,0	Sp 2
СС 6-17	0,0	3,1	0,0	55,2	89,3	0,0	Sp 2
СС 3-15	0,0	92,6	0,0	0,0	0,0	100,0	Sp 1,3
С 5-15	0,0	0,0	0,0	0,0	96,1	90,0	Sp1,4
Крупноскорое	0,0	91,7	92,6	3,3	95,8	100,0	Sp5a
Квартет ****	7,9	22,2	10,5	4,8	81,0	31,8	?
Жёлтозёрные сорта:							
Золотистое	94,7	95,8	100,0	96,3	95,8	94,9	-
Ауреум 11-15 (49-14)	93,1	100,0	97,0	88,0	100,0	94,4	-
Саратовское жёлтое	0,0	0,0	0,0	33,3**	100,0	2,8	Sp 2
Славянское	0,0	0,0	3,1	40,0	89,3	0,0	Sp 2
Сарбин	1,4*	85,7	0,0	0,0	0,0	96,0	Sp 1,3
Ауреум 12-15 (56-14)	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	90,5	Sp1,4

Примечания: * – наличие отдельных поражённых растений в большинстве случаев – следствие механического и/или биологического засорения сортов; ** – карликовые (патоморфозные) растения, без признаков поражения; *** – в теплице сортообразцы с геном резистентности Sp 2 поражаются расой 8 слабее (в большинстве случаев), чем в полевых условиях; **** – «неопределённые» реакции сорта-популяции обусловлены его происхождением (в составе сорта – 4 моногенные линии с генами Sp 1, Sp 2, Sp 3 и Sp 4).

Важность идентификации сортов по устойчивости к головне, включая информацию об их происхождении, обусловлена, наряду с другими причинами, и «чисто» практическими задачами – например, необходимостью включения соответствующих «выбранных» генотипов в программы скрещиваний. В этой связи уместен вопрос – как использовать сорт Квартет в качестве донора Sp-генов, зная о том, что в его составе 4 линии с генами Sp1... Sp4 [2]. Морфологически сорт однороден, и сорванные для опыления метёлки могут оказаться разными генотипами. С другой стороны – для использования в гибридизации доноров конвергентной резистентности (т.е. константных дигенных форм) необходимо знать, что методика работы идентична таковой при моногенном признаке, поскольку гены находятся в тесном сцеплении.

Таким образом, при работе с признаком проса «устойчивость» к головне требуется «триединая» квалификация сотрудников (селекция, генетика, фитоиммунитет).

Изложенные выше методические «детали» идентификации сортов по признаку «устойчивость к головне», помимо селекционного процесса, в равной степени важны и в семеноводстве – прежде всего сортов, обладающих какими-либо Sp-генами.

Элитные растения, индивидуально отобранные, обмолоченные и изученные в соответствии с общепринятыми нормами (ПИП-1 и далее, включая идентификацию на соответствующих головнёвых фонах), являются основой для достижения комплекса признаков отличимости, однородности и стабильности.

Выводы:

1. Генетически обоснованная идентификация сортов проса посевного по признаку «устойчивость к головне» (т.е. выявление – каким(и) именно геном (генами) резистентности обладает конкретный генотип – сортообразец, индивидуальное растение и др.) возможна только при профессиональном использовании «чистых» рас возбудителя болезни.

2. При введении в селекционный процесс сортообразцов - доноров конвергентной (дигенной) устойчивости к патогену для идентификации индивидуальных генотипов проса (индивидуальных отборов из гибридных популяций, константных сортообразцов и др.) важное значение имеют наиболее вирулентные расы головни – 3, 4, 12: устойчивость к любой из них (при типичной восприимчивости соответствующего контрольного сортообразца) однозначно указывает на «наличие» одного из генов Sp: соответственно Sp3, Sp1 или Sp2. Одновременная устойчивость, например, к расам 3 и 4, указывает на наличие двух сцепленных генов – Sp1,3.

3. При идентификации сортов (или индивидуальных растений) проса желательно располагать информацией о происхождении исследуемых генотипов. Состав и структура сорта Квартет и других сортов-популяций могут быть выявлены в дополнительных исследованиях и только при идентификации определённой выборки индивидуальных растений, взятых из посева конкретного сорта.

4. Создание новых сортов проса с различными генами устойчивости к головне наряду с «генетической» составляющей имеет важное значение в качестве единственно возможного вклада селекционеров в экологию.

5. «Чистые» расы головни имеют столь же важное значение и в семеноводстве сортов проса, обладающих Sp-генами, поскольку позволяют выявить и отбраковать в ПИП-1 восприимчивые и/или расщепляющиеся индивидуальные потомства (результаты механического и/или биологического засорения).

Литература

1. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Просо посевное (*Panicum miliaceum* L.) / Официальный бюллетень Госкомиссии РФ по испытанию и охране селекционных достижений, М., 1999. – С. 439-446.
2. Сидоренко В.С., Жук Г.П. Селекция проса во ВНИИЗБК – история, итоги и перспективы // Научное обеспечение производства зернобобовых и крупяных культур (40 лет ВНИИЗБК). Сборник научных трудов. – Орёл, 2004. – С. 29-33.
3. Тихонов Н.П. Способ расовой дифференциации спорообразцов головни проса // А.с. № 1655357. Описание изобретения. – М. – 1991. – 12 с.

4. Тихонов Н.П., Тихонова Т.В. Методика и результаты генетической дифференциации популяций головки проса // Теоретические основы селекции с.-х. культур в Сев. Казахстане: Сб. науч. тр. ВНИИЗХ им. А.И. Бараева. – Целиноград, 1989. – С. 128-132.
5. Тихонов Н.П., Тихонова Т.В., К.В. Попкова. Взаимоотношение между сортами проса обыкновенного и расами возбудителя головки // Известия ТСХА. 1991. Вып. 3. – С. 95-101.
6. Тихонов Н.П., Тихонова Т.В. Патогенные свойства, конкурентоспособность и география распространения рас головки проса // Защита растений от вредителей и болезней на Юго-Востоке России: Сб. науч. тр. – Саратов. гос. с.-х. академия, 1994. – С. 147-153.
7. Тихонов Н.П. Генетико-иммунологические основы селекции проса посевного на устойчивость к головне // Регуляция продукционного процесса сельскохозяйственных культур. Часть 2. Материалы Всероссийской научно-практической конференции посвящённой памяти профессора А.П. Лаханова, октябрь 2005 г. – Орёл, 2006. – С. 59-65.
8. Тихонов Н.П. Экспериментально-теоретические аспекты исследований взаимоотношений растений и возбудителей болезней на примере системы «просо посевное – головня» // Сборник научных трудов ГНУ НИИСХ Юго-Востока. – Саратов, 2009. – С. 174-182.

IDENTIFICATION OF MILLET VARIETIES FOR RESISTANCE TO SMUT

N.P. Tihonov, T.V. Tihonova, A.A. Milkin

FGBNU «AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE OF SOUTH-EAST»

Abstract: *The system of «millet – smut» has been thoroughly studied. The paper shows a simple (in general) technique for identifying millet varieties on the basis of «resistance to the smut», in which the «clean» races of the smut pathogen possessing individual and stable pathogenic characteristics are the main link. The use for this purpose of the «random» material of spores of smut infestant (with an unknown racial composition) is a meaningless job. Professional use of the results obtained is a pledge of effective («genetically oriented») selection of millet for resistance to the main disease of the crop.*

Keywords: millet, varieties, resistance genes, races of causative agents of smut.

DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11037

УДК 633.367.2:631.527

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ СОРТОВ УЗКОЛИСТНОГО ЛЮПИНА

П.А. АГЕЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук

Н.А. ПОЧУТИНА

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЛЮПИНА –

ФИЛИАЛ ФГБНУ «ФНЦ КОРМОПРОИЗВОДСТВА И АГРОЭКОЛОГИИ

ИМЕНИ В.Р. ВИЛЬЯМСА»

E-mail: lupin_mail@mail.ru

*В статье приведены результаты многолетнего испытания сортов узколистного люпина (*L. angustifolius*) по продолжительности вегетационного периода, содержанию сырого протеина в зерне и сухом веществе зелёной массы. В условиях глобального потепления продолжительность вегетационного периода современных сортов узколистного люпина варьировала в диапазоне 77-96 дней, содержание сырого протеина 33,0-34,7%. Потенциал зерновой продуктивности сортов узколистного люпина Витязь, Смена и Сидерат 46 на Шатиловской сельскохозяйственной опытной станции в Орловской области составил 4,0-5,0 т/га.*

Ключевые слова: люпин узколистный, сорт, вегетационный период, сырой протеин, сортоиспытание, урожайность, зерно.

Люпин – высокобелковая культура, имеющая большое кормовое и агротехническое значение, способная решать проблему импортозамещения белкового корма. Люпин, благодаря симбиотической азотфиксации, является прекрасным предшественником для