

УДК 575.633.11

А.А. Токубаева, К.К. Шулембаева

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
e-mail: anar.tokubaeva@mail.ru

Идентификация генов устойчивости линий мягкой пшеницы к листовой ржавчине

Популяция гибридов F_2 расщеплялась на устойчивые и восприимчивые растения, соответствующие ди- и моногенному наследованию, кроме гибридов, полученных с участием изогенных линий Lr1, Lr10, Lr26, Lr28, Lr29, Lr34, Lr35, Lr39, Lr50 с короткостебельным образцом СИМ79/279 и Lr1, Lr9, Lr10, Lr28, Lr29, Lr34, Lr39, Lr50 к-24/20989. Устойчивость короткостебельных образцов линии СИМ79/279 и к-24/20989 наследуется по типу эпистаза и комплементарного взаимодействия генов. Гены устойчивости к листовой ржавчине СИМ79/279 аллельны высокоэффективным тестерным генам Lr1, Lr10, Lr26, Lr28, Lr29, Lr34, Lr39, Lr50, а линия к-24/20989 – Lr1, Lr9, Lr10, Lr28, Lr29, Lr39, Lr50 сорта Thatcher.

Ключевые слова: пшеница, листовая ржавчина, тестер, аллель, ген, идентификация.

А.А. Токубаева, К.К. Шулембаева

Жұмсақ бидай линияларында қоңыр тат ауруына төзімді гендерді идентификациялау

Қысқасабақты линияларының СИМ79/279 және к-24/20989 төзімділігі эпистаз және комплементарлы гендердің әсер ету типі бойынша тұқымқуалайды. СИМ79/279 линиясының қоңыр татқа төзімді гендері Thatcher сортының эффективтілігі жоғары тестерлі гендеріне, Lr1, Lr10, Lr26, Lr28, Lr29, Lr34, Lr35, Lr39, Lr50 аллельді, ал к-24/20989 линиясы – Lr1, Lr9, Lr10, Lr28, Lr29, Lr34, Lr39, Lr50 аллельді.

Түйін сөздер: бидай, қоңыр тат, тестер, аллель, ген, идентификация.

A.A. Tokubaeva, K.K. Shulembaeva

Identification of genes resistance to leaf rust in lines of common wheat

Resistance of short stature sample line SIM79/279 and k-24/20989 inherited by the type of epistasis and complementary interaction of genes. Genes resistance to leaf rust SIM79/279 allelic to highly effective tester genes, Lr1, Lr10, Lr26, Lr28, Lr29, Lr34, Lr35, Lr39, Lr50 and line k-24/20989 – Lr1, Lr9, Lr10, Lr28, Lr29, Lr34, Lr39, Lr50 of variety Thatcher.

Keywords: wheat, leaf rust, tester, allele, gen, identification

Бурая или листовая ржавчина (возбудитель *Puccinia triticina* Erikss, syn.: *P. recondita* Roberge: Desm. f. sp. *Triticis* Erikss) – одна из наиболее распространенных и вредоносных болезней мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. Ежегодные потери урожая пшеницы от поражения листовой ржавчиной в Казахстане достигают 3,5% и 4,5%, в случае, когда эпидемия развивается рано и инфекция сохраняется до полного созревания пшеницы, потери возрастают до 40-60% урожая [1-4]. Наиболее экономически выгодным и экологически безопасным методом борьбы с листовой ржавчиной является возде-

ливание устойчивых сортов. Создание такого рода сортов на первом этапе включает поиск доноров эффективных генов устойчивости к болезни. Большинство из них не эффективны против «современной» популяции листовой ржавчины. Высокоэффективными генами устойчивости взрослых растений в фазе флаг листа в условиях юго-востока Казахстана являются *Lr9*, *Lr19*, *Lr23*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr28*, и *Lr29* [5-8]. При этом ген *Lr19* уже потерял свою эффективность в Поволжье и Волго-Вятском регионе, отмечено появление клонов патогена, вирулентных к гену *Lr24* в Поволжье, сообщается о потере эффективности

гена *Lr9* в Западной Сибири и на Урале [5-8].

В этой связи особое внимание должно быть уделено поиску доноров эффективных генов возрастной устойчивости (adult resistance). В генофонде местной селекции сосредоточено большое количество образцов мягкой пшеницы, устойчивых к болезни в фазе флаг-листа. Эти образцы идентифицированы достаточно давно и могут быть восприимчивы из-за изменения расовой структуры популяций *P. triticina* за последние годы. Одним из возможных путей поиска источников возрастной устойчивости рассматривается изучение коллекции местных пшениц.

Данная работа рассматривает возможности выявления разнообразия мягкой пшеницы по эффективной возрастной устойчивости к листовой ржавчине и изучения аллельности их генов с широко используемыми *Lr* генами изогенных линий сорта *Thatcher*.

Материалы и методы

Объекты исследования: Устойчивые к листовой ржавчине короткостебельные линии генофонда местной селекции СИМ79/279, к-24/20989 и 13 тестерных изогенных линий (*Lr1*, *Lr9*, *Lr10*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr34*, *Lr35*, *Lr37*, *Lr39*, *Lr50*) сорта *Thatcher* и гибриды F_1 и F_2 .

Методы исследования: гибридологический и генетический анализ. Устойчивость растений к листовой ржавчине оценивали по международной шкале Майнса и Джексона [9].

Результаты и их обсуждение

Генетический анализ устойчивости к листовой ржавчине растений у гибридов F_1 , полученных от скрещивания СИМ79/279 и к-24/20989 с 13 (*Lr9*, *Lr10*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr34*, *Lr34*, *Lr35*, *Lr37*, *Lr39*, *Lr50*) изогенными линиями *Lr* генов сорта *Thatcher*, все растения оказались устойчивыми к листовой ржавчине. В ходе оценки материала удалось обнаружить реакцию сверхчувствительности типа «0», «1» и «2» балла. Это говорит о доминантном характере наследования изучаемого признака.

В результате анализа популяции гибридов F_2 (таблица 1), полученных от самоопыления гибридов F_1 , все растения расщеплялись на устойчивые и восприимчивые растения, соответствующие ди- и моногенному наследованию. Исключение составили гибриды, полученные от скрещивания изогенных линий *Lr1*, *Lr10*, *Lr26*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr34*, *Lr35*, *Lr39*, *Lr50* с короткостебельными образцами СИМ79/279, где отсутствовало расщепление на устойчивые и восприимчивые растения.

Таблица 1 – Расщепление гибридов F_2 по устойчивости к листовой ржавчине от скрещивания линии СИМ79/279 с изогенными линиями сорта *Thatcher*

Комбинации скрещивания	Число растен. F_2	Соотношение устойчивых растений к восприимчивым		Значение χ
		Фактическое	Теоретическое	
СИМ79/279 x <i>Lr1</i>	140	140	0	0
<i>Lr9</i>	133	98:35	3:1	0,12
<i>Lr10</i>	121	121	0	0
<i>Lr19</i>	134	102:32	13:3	2,34
<i>Lr24</i>	133	78:55	9:7	0,31
<i>Lr26</i>	144	144	0	0
<i>Lr28</i>	136	136	0	0
<i>Lr29</i>	203	203	0	0
<i>Lr34</i>	147	147	0	0
<i>Lr35</i>	158	158	0	0
<i>Lr37</i>	149	125:24	13:3	0,68
<i>Lr39</i>	140	140	0	0
<i>Lr50</i>	133	133	0	0

Отсюда можно заключить, что гены устойчивости к листовой ржавчине короткостебельной линии СИМ79/279 аллельны высокоэффективным тестерным генам *Lr1*, *Lr10*, *Lr26*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr34*, *Lr35*, *Lr39*, *Lr50*.

В результате анализа популяции гибридов F_2 , полученных от самоопыления гибридов F_1 (к-24/20989 х 13 изогенных линий сорта Thatcher) все растения так же, как в предыдущем опыте расщеплялись на устойчивые и восприимчивые растения, соответствующие ди- и моногенному наследованию (таблица 2).

При этом фактические значения расщепления устойчивых и восприимчивых растений у гибридов с *Lr19*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr35*, *Lr37* соответствовали моногенному наследованию и эпистатическому взаимодействию генов, кроме комбинации гибридов, полученных с участием доноров устойчивости: *Lr1*, *Lr9*, *Lr10*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr34*, *Lr39*, *Lr50*, где отсутствовало расщепление.

Гены устойчивости к листовой ржавчине короткостебельной линии СИМ79/279 не аллельны высокоэффективным тестерным генам *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr37*, а у линии к-24/20989 не аллельны генам *Lr19*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr35*, *Lr37*. При этом фактические значения расщепления устойчивых и восприимчивых растений у этих гибридов соответствовало эпистатическому и комплементарному

взаимодействию генов, кроме комбинации СИМ79/279 х *Lr9* и к-24/20989 х *Lr26*, где значения хи-квадрат (χ^2) соответствовали моногенному наследованию признака.

Таким образом, тип устойчивости к 56 расе листовой ржавчины линии СИМ79/279 и к-24/20989 показали "0" баллов. Причем обе иммунные линии оказались гетерозиготными по нескольким генам устойчивости.

Использование комплексных методов: метод тестирования на аллельность генов и молекулярного маркирования признаков позволило нам провести глубокий генетический анализ доноров устойчивости к листовой ржавчине линий СИМ79/279 и к-24/20989.

В результате анализа популяции гибридов F_2 , полученных от самоопыления гибридов F_1 все растения расщеплялись на устойчивые и восприимчивые, соответствующие ди- и моногенному наследованию, кроме гибридов, полученных от скрещивания изогенных линий *Lr1*, *Lr10*, *Lr26*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr34*, *Lr35*, *Lr39*, *Lr50* с короткостебельным образцом СИМ79/279 и *Lr1*, *Lr9*, *Lr10*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr34*, *Lr39*, *Lr50* с к-24/20989.

Гены устойчивости к листовой ржавчине короткостебельной линии СИМ79/279 аллельны высокоэффективным тестерным генам *Lr1*, *Lr10*, *Lr26*, *Lr28*,

Таблица 2 – Расщепление гибридов F_2 по устойчивости к листовой ржавчине от скрещивания линии к-24/20989 с изогенными линиями сорта Thatcher

Комбинации скрещивания	Число растен. F_2	Соотношение устойчивых растений к восприимчивым		Значение χ
		Фактическое	Теоретическое	
к-24/20989 х <i>Lr1</i>	121	121	0	0
<i>Lr9</i>	134	134	0	0
<i>Lr10</i>	133	133	0	0
<i>Lr19</i>	144	120:24	13:3	0,41
<i>Lr24</i>	140	110:30	13:3	0,66
<i>Lr26</i>	133	98:35	3:1	0,12
<i>Lr28</i>	121	121	0	0
<i>Lr29</i>	136	136	0	0
<i>Lr34</i>	133	134	0	0
<i>Lr35</i>	144	118:26	13:3	0,04
<i>Lr37</i>	134	137:29	13:3	0,17
<i>Lr39</i>	203	203	0	0
<i>Lr50</i>	147	147	0	0

Lr29, Lr34, Lr35, Lr39, Lr50, а линии к-24/20989 Lr1, Lr9, Lr10, Lr28, Lr29, Lr34, Lr39, Lr50. При этом фактические значения расщепления устойчивых и восприимчивых растений у этих гибридов соответствовало эпистатическому и комплементарному взаимодействию генов, кроме комбинации СИМ79/279 х Lr9 и к-24/20989 х Lr26, где значения хи-квадрат

(χ^2) соответствовало моногенному наследованию признака.

Полученные данные с использованием методов тестирования согласуются с результатами исследования по молекулярному анализу выше приведенных образцов линии пшеницы. Эти данные будут опубликованы в следующей статье.

Литература

- 1 Рсалиев Ш.С., Тилеубаева Ж.С., Рсалиев А.С., Агабаева А.Ч. Отбор ценных сортов зерновых культур среди зарубежного селекционного материала (методические подходы). // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Ж.Т.Джиембаева «Современные проблемы защиты и карантина растений». – Алматы: Алейрон, 2005. – С.255-261.
- 2 Рсалиев Ш.С., Рсалиев А.С. Дифференциация патотипов стеблевой ржавчины в Казахстане. // Тезисы стендовых докладов «Вторая Центрально-Азиатская конференция по зерновым культурам». – Чолпон-Ата, 2006. – С.139-140.
- 3 Рсалиев А.С., Рсалиев Ш.С., Сарбаев А.Т. Қазақстанда аудандастырылған жене интродукциялық қатты бидай сорттарының тат т%орлеріне тұзімділігі. // Ізденістер, нетижелер. – Алматы: Агроуниверситет, 2008. – №1. – Б.75-80.
- 4 Койшибаев М. Сезонная и многолетняя динамика бурой ржавчины в Северном Казахстане. – Итоги и перспектива селекции яровой пшеницы на устойчивость к абиотическим и биотическим факторам внешней среды. – Шортанды, 2001. – С.75-84.
- 5 Тырышкин Л.Г., Зуев Е.В., Курбанова П.М., Колесова М.А. // Защита растений и карантин. – 2008. – №6. – С.39.
- 6 Тырышкин Л.Г., Колесова М.А., Курбанова П.М., Куркиев К.У., Саруханов И.Г. Генотипзависимая индукция устойчивости злаков к листовой ржавчине под действием бензимидазола // Вестник РАСХН. – 2008. – №6. – С.61-63.
- 7 Тырышкин Л.Г., Курбанова П.М. Индукция экспрессии генов устойчивости взрослых растений к листовой ржавчине у проростков пшеницы // Микология и фитопатология. – 2009. – Т.43. Вып.1. – С.75-80.
- 8 Михайлова Л.А., Гультаева Е.И., Мироненко Н.В. Методы исследований структуры популяций возбудителя бурой ржавчины пшеницы *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici*. – СПб.: РАСХН, ВНИИЗР, 2000. – С. 114-119.
- 9 Mains E. B., Jackson H. S. Physiologic specialization leaf rust of wheat p. *tritici* Erikss // Phytopathology. – 1926. – №16. – P. 89-120.