

А. Ч. Агабаева, Ш. С. Рсалиев, д.б.н.

Научно-исследовательский институт проблем
биологической безопасности

**ПАТОГЕННЫЕ СВОЙСТВА ВОЗБУДИТЕЛЯ ЛИСТОВОЙ
РЖАВЧИНЫ ПШЕНИЦЫ (*PUSSINIA TRITICIANA ERIKS.*)
В КАЗАХСТАНЕ**

В статье изложены результаты изучения патогенных свойств возбудителя листовой ржавчины пшеницы. Исследования проведены в контролируемых условиях теплицы НИИПББ. Установлено, что природная популяция листовой ржавчины состоит из сложного порядка с 8-13 генами вирулентности, также определены агрессивные патотипы KHPF, TRPG и FKLM, способные преодолевать вертикальную и горизонтальную устойчивость.

Ключевые слова: листовая ржавчина, пшеница, патоген, вирулентность, агрессивность, патотип.



Мақалада бидайдың жапырақ таты қоздырғышының патогендік қасиеттерін зерттеу нәтижелері көрсетілген. Зерттеулер БҚПҒЗИ бақылаудағы жылыжай жағдайында жүргізілді. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде жапырақ татының табиғи популяциясы 8-13 вирулентті гендерден тұратындығы, сонымен қатар өскіндік және танаптық төзімділіктерді жою қабілеті бар KHPF, TRPG, FKLM агрессивті патотиптер анықталды.

Түйінді сөздер: жапырақтаты, бидай, патоген, вируленттілік, агрессиялық, патотип.



The given paper presents the results of study of the pathogenic properties of wheat leaf rust pathogen. The study was conducted under controlled greenhouse conditions of RIBSP. The results showed that the natural population of leaf rust consists of a complex order with 8-13 virulence genes and also were defined aggressive pathotypes KHPF, TRPG and FKLM capable to overcome the vertical and horizontal stability.

Key words: leaf rust, wheat, pathogen, virulence, aggressive, pathotyp.

Листовая или бурая ржавчина является самой распространенной болезнью мягкой пшеницы в Казахстане. Возбудитель болезни - облигатный гриб *Puccinia Triticiana* Eriks. (синоним - *Puccinia recondita* Rob.ex Desm. f.sp. tritici.) [1]. Причинами массового развития этой болезни являются возделывание сортов пшеницы однотипных по устойчивости и появление новых вирулентных патотипов гриба, что неизбежно приводит к быстрой потере их иммунитета. Известно, что для снижения вредности данного гриба необходимо создание ржавчиноустойчивых сортов пшеницы. При этом эффективная значимая защита от листовой ржавчины может достигаться только при наличии и на основе достаточно полных сведений и знаний о популяции патогена [2, 3].

По литературным данным, у возбудителя листовой ржавчины пшеницы насчитывается более 200 рас (патотипов) [4], которые отличаются своей агрессивностью и вирулентностью к определенным сортам. Представленность того или иного изолята в сорте зависит от взаимодействия генотипа патогена с генотипом растения-хозяина. В этой связи возникла необходимость изучения патогенных свойств возбудителя *P.triticiana* на сортах пшеницы.

Изучение структуры популяции листовой ржавчины из различных регионов Казахстана показало, что патоген отличается значительным генетическим разнообразием и высокой вирулентностью. Проанализировано 230 монопустульных изолятов гриба, из них идентифицировано 30 патотипов, имеющих 5-13 генов вирулентности. В ходе анализа нами не выявлен изолят, вирулентный к гену Lr25, что свидетельствует о высокой эффективности. Также можно отметить эффективные гены Lr9 и Lr19 у которых число изолятов, способных преодолеть устойчивость, обусловленную этими генами, было низким. Так, коэффициенты вариации частот встречаемости изолятов, вирулентных к указанным генам, составили 13,3 и 23,3 % соответственно. Коэффициенты вариации частот встречаемости изолятов, вирулентных к остальным генам устойчивости, колебались в пределах 40,0-83,3 % (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика Lr-линии по устойчивости к изолятам листовой ржавчины пшеницы в Казахстане

Lr-линии	Частота встречаемости изолятов возбудителя листовой ржавчины			
	вирулентные, шт.	%	авирулентные, шт.	%
Lr1	25	83,3	5	16,7
Lr2a	24	80,0	6	20,0
Lr2c	24	80,0	6	20,0
Lr3	20	66,7	10	33,3
Lr3ka	22	73,3	8	26,7
Lr9	4	13,3	26	86,7
Lr11	6	20,0	24	80,0
Lr16	23	76,7	7	23,3
Lr17	25	83,3	5	16,7
Lr19	7	23,3	23	76,7
Lr20	18	63,3	12	40,0
Lr24	12	40,0	18	60,0
Lr25	0	0	30	100,0
Lr26	20	66,7	10	33,3
Lr29	21	70,0	9	30,0
Lr30	23	76,7	7	23,3
Среднее	17,2	57,3	12,8	42,7

Высокой частотой встречаемости в популяции характеризовались гены вирулентности Lr1, Lr2a, Lr2c, Lr3ka, Lr16, Lr29 (70,0-83,3%). Средней концентрацией (40,0-66,7 %) отличились гены Lr3, Lr20, Lr24 и Lr26. При исследовании влияния генотипа сортов пшеницы на структуру популяции патогенов установлено, что каждый из сортов имеет определенное специфическое давление на популяцию возбудителя.

Так, у сорта Саратовская 29 выявлены патотипы, имеющие разные вирулентные способности (ТНТК - 68,7 %; ТНРН - 60,0 %; SFPН - 55,0 %; ТНРС - 65,0 %). Приуроченность патотипов листовой ржавчины к сорту Саратовская 29 может оказать существенное влияние на развитие эпифитотии, особенно в тех ре-

гионах республики, где посевами этого сорта заняты значительные площади. Такая же тенденция наблюдается и на сорте Стекловидная 24, который считается одним из высокоурожайных сортов на юге Казахстана, где большая часть посевов доминирует в структуре зерновых культур.

Следовательно, с увеличением площадей под этим сортом возможно накопление и дальнейшее распространение патотипов TFPH, SBPC и SFHH. Кроме того, на сортовых уредообразцах найдены патотипы ТКРН (Реке, Нуреке, Э-17) и ТТРН (Караспан, Тритикале Т-10), что свидетельствует об их специализации к перспективным сортам пшеницы и тритикале. Не исключена возможность их развития и распространения на коммерческих сортах пшеницы. Патотипы SHKM (62,5 %), HGKB (37,5 %) и FQHQ (56,3 %) способствовали поражению тритикале листовой ржавчиной на юго-востоке республики с характерными особенностями к изогенным Lr-линиям, хотя, по литературным данным, пшенично-ржаной гибрид (тритикале) в отношении к листовой ржавчине показывает устойчивость. Однако в последние годы данная культура проявляет высокую чувствительность к патогену. Так, выделенные патотипы SHKM (Lr1, 2a, 2c, 16, 26, 11, 17, 30, 19, 29) и FQHQ (Lr2a, 2c, 3, 9, 3ka, 17, 30, 19, 29) обладают универсальной вирулентностью, генотипы этих патогенов содержат высокую концентрацию известных генов вирулентности, кроме гена Lr25. Патотип HGKB (Lr2a, 3, 16, 11, 17, 30), показывающий на стандартном наборе лишь отдельные восприимчивые гены устойчивости, были авирулентны к дополнительному набору Lr19, 20, 25 и 29, обладающему дифференцирующей способностью для условий Казахстана. Кроме того, в Северном Казахстане широкое распространение имеет сорняк лещица (*Isopyrum fumaroides*), который считается промежуточным хозяином данного гриба, и он может играть некоторую роль в возобновлении и изменчивости популяций. Патотип TRP/G, выделенный из указанного растения, отличается по вирулентности к изогенным линиям листовой ржавчины. Патотипы PHTB (Lr1, Lr2c, Lr3, Lr16, Lr26, Lr3ka, Lr11, Lr17, Lr30) и KHPF (Lr1, Lr2a, Lr2c, Lr3, Lr16, Lr26, Lr3ka, Lr11, Lr17, Lr30, Lr25, Lr29), входящие в состав дербенской популяции, характеризуется высокой

вирулентностью к Lr-линиям. Особенно можно отметить второй патоген, который проявил вирулентность к эффективному гену Lr25.

Таким образом, проведенный нами в последние годы мониторинг популяции гриба по признаку вирулентности, показывает значительные изменения вирулентности идентифицируемых изолятов. Простые патотипы с 1 или 2 генами вирулентности в популяции полностью отсутствуют. В основном популяцию гриба составляют патотипы с 5 и более генами. Гены вирулентности Lr1, Lr2a, Lr2c, Lr3, Lr16, Lr3ka, Lr17, Lr30, Lr29 встречаются на разных изолятах, выделенных как из коллекционных, так и из производственных посевов.

В природной популяции определились сложные патотипы с 8-13 генами вирулентности, и они отмечены как в годы эпифитотийного, так и депрессивного развития болезни. Следовательно, их распространению в природе способствует их генетическая приспособленность к сортам пшеницы и другим растениям, выраженная высокой вирулентной способностью патотипов. Редко встречающиеся патотипы, как правило, имеют низкую вирулентную способность и ее могут снизить более доминирующие патотипы в популяции, которые обладают высокими вирулентными свойствами.

Неспецифическая устойчивость считается количественным признаком, которая проявляется в уменьшении репродуктивной способности патогена, уменьшении числа пустул на единицу листовой поверхности и увеличении длительности латентного периода. Эти показатели определяют агрессивность патогена. В лабораторных условиях нами были изучены данные параметры с целью выявления конкурентоспособности полученных патотипов из природной популяции на сортах яровой и озимой пшеницы. Результаты опытов показали, что продолжительность латентного периода развития листовой ржавчины на растениях в фазе проростков составила 9-12 сут. Малым промежутком времени проявление болезни на определенном участке листа наблюдалось при заражении патогеном КНPF. Среднее значение составило 9,1 сут. (табл. 2).

Таблица 2

**Изучение латентного периода патотипов возбудителя *P.triticiana*
на сортах пшеницы**

Название сорта	Латентный период, сут.				
	ТНТК	РНТВ	КНPF	TRPG	FKLM
Акмола 2	10	12	9	9	9
Байтерек	9	10	9	9	9
Омская 29	9	10	9	9	10
Алтайская 100	10	12	9	10	9
Э-791	10	11	9	10	10
Э-809	11	12	9	10	9
Саратовская 29	11	11	9	10	11
Алмалы	10	11	10	10	9
Стекловидная 24	10	11	9	10	10
Среднее	10,0	11,1	9,1	9,7	9,6

Медленное развитие болезни на проростках характеризуется для патотипа РНТВ, где отдельные сорта (Акмола 2, Алтайская 100 и Э-809) имели более длинный период - 12 сут. На остальных образцах развитие патогена гриба (ТНТК, TRPG и FKLM) при ежедневном подсчете уредопустул отмечается незначительная разница в промежутке времени, а именно 10,0, 9,6 и 9,7 сут. соответственно.

Замедленное развитие патогена РНТВ на изучаемых сортах пшеницы привело к уменьшению числа его поколений, и спороношение гриба было слабым. При этом выход спор с листовой поверхности был минимальным 0,003-0,020 г. В этом случае патоген РНТВ считается слабоагрессивным, так как не обладает определенным комплексом свойств агрессивности. Аналогичные результаты получены при изучении патотипа ТНТК, и поэтому его также можно отнести к слабоагрессивному патогену, хотя оба патогена считаются вирулентными. Патогенность и вирулентность - это постоянные, неподверженные колебаниям свойства возбудителей болезни. Уровень же агрессивности одного и того же патогена может изменяться в зависимости от условий развития и других причин.

Таким образом, судя по результатам опыта, не всегда вирулентные патотипы обладают агрессивностью. Признак агрессивности проявляется в патотипах со средней вирулентностью КНPF, TRPG и FKLM, поскольку они обладают определенными патогенными свойствами: высокой энергией размножения (споруляцией), способностью заражать растения минимальным количеством инфекционного начала, малой продолжительностью процесса заражения и инкубационным периодом. При этом инкубационный период болезни на растениях составил 9 сут. и среднем показателе инфекции - 3,2-3,4 балла. В отдельных случаях на некоторых сортах их реакция имела 3,6-3,8 балла. Следовательно, репродуктивная способность у них выше (0,034-0,042 г), чем у патотипов ТНТК и РНТВ (0,007-0,017 г) (рис. 1).

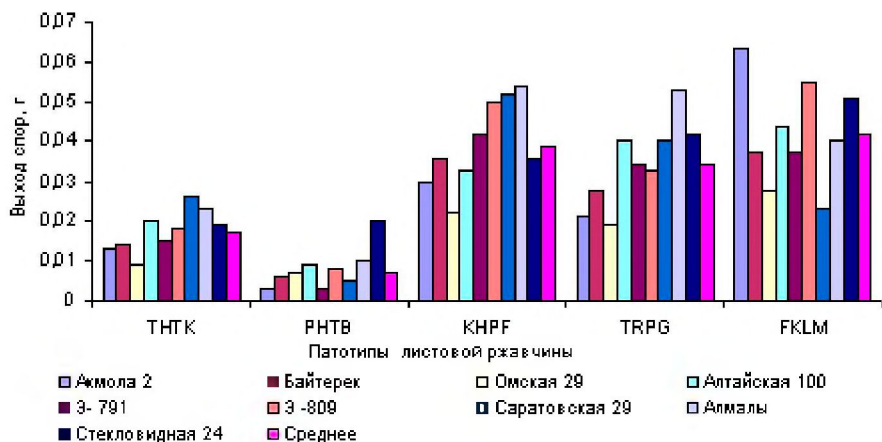


Рис. 1. Выход спор гриба с листовой поверхности на сортах пшеницы

Таким образом, патогены гриба КНPF, TRPG и FKLM можно определить как высокоагрессивные патотипы, присутствие которых в природной популяции при благоприятных погодных условиях может вызвать высокую степень развития болезни, создать эпифитотию гриба на посевах пшеницы.

Кроме того, агрессивность гриба по отношению к сортам пшеницы можно измерить таким показателем, как эффективность клонирования (ЭК). Ее определяют путем сравнения различных изолятов гриба по количеству пустул, проявившихся на единице листовой поверхности, с нанесением на нее дозированного количества спор гриба [5]. При исследовании данного показателя установлено, что ЭК на одном и том же сорте независимо от его устойчивости сильно варьирует в зависимости от используемого патотипа гриба. Например, показатели ЭК патотипов ТНТК, РНТВ, КНPF, TRPG и FKLM на проростках сорта Акмола 2 имели достоверные отличия в процентном соотношении 1,55; 0,42; 2,48; 1,93; 2,58 соответственно (рис. 2).

Аналогичные данные по признаку имели и другие исследуемые сорта. Следовательно, первые 2 патотипа являются слабоагрессивными, а 3 другие - высокоагрессивными, что подтверждает эффективность клонирования. При этом высокоагрессивные патотипы способны не только заразить растение малым

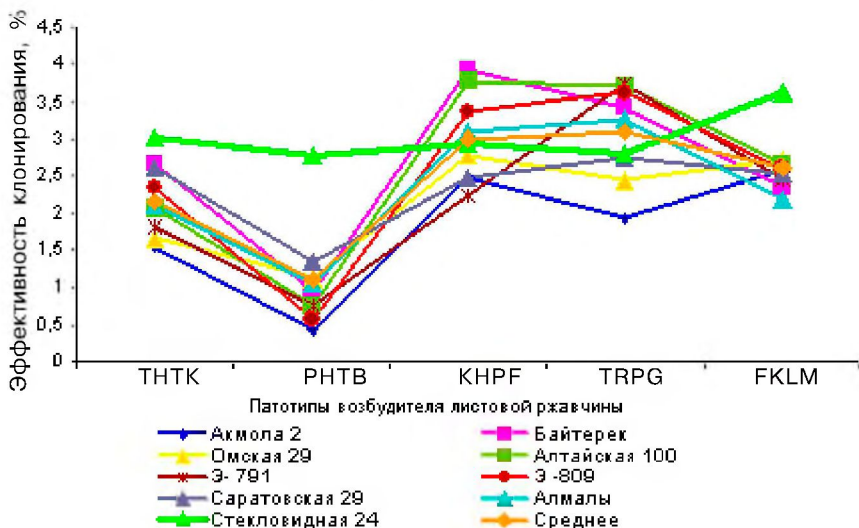


Рис. 2. Изучение свойств агрессивности листовой ржавчины на сортах пшеницы с помощью показателя эффективности клонирования

количеством спор, но и быстро осуществить заражение при коротком инкубационном периоде, образовав в течение лета несколько генераций бесполок спороношений, которые легко распространяются ветром и служат для массовых повторных заражений.

Таким образом, при изучении патогенных свойств возбудителя *P. tritici* по признаку вирулентности было выявлено, что популяция листовой ржавчины пшеницы в Казахстане состоит из патотипов с 8-13 генами вирулентности. Встречаемость изолятов к эффективным генам Lr9 и Lr19 была низкой: не обнаружено ни одного изолята к эффективному гену Lr25. Эти гены являются основными источниками защиты пшеницы от листовой ржавчины, и их можно использовать в селекции на иммунитет. Кроме того, выделенные агрессивные патотипы KHPF, TRPG и FKLM позволяют использовать в иммунологических исследованиях для отбора сортов пшеницы на устойчивость к патогену в период проростков и у взрослого растения.

Литература

1 *Кольбин Д. А., Волкова Г. В.* Сорты зарубежной селекции, как источники неспецифической устойчивости к бурой ржавчине пшеницы // Матер. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию ВНИИБЗР. - Краснодар, 2010. - С.559-562.

2 *Койшибаев М.* Болезни зерновых культур. - Алматы: Баस्ताу, 2002. - 367 с.

3 *Рсалиев Ш. С., Койшибаев М. К., Моргунов А. И., Колмер Д.* Анализ состава популяций стеблевой и листовой ржавчины пшеницы на территории Казахстана // Матер. Междунар. науч.-практ. конф. - Алматы: Алейрон, 2005. - С. 267-272.

4 *Неттевич Э. Д.* Рождение и жизнь сорта. - М.: Московский рабочий, 1978. - 175 с.

5 *Макаров А. А., Коваленко Е. Д., Соломатин Д. А., Моторина Н. М.* Методы полевой и лабораторной оценки неспецифической устойчивости растений к болезням // Матер. науч. семинара "Типы устойчивости растений к болезням". - СПб., 2003. - С. 17-24.