

УДК 632.938

## Стеблевая ржавчина пшеницы

**Г.В. ВОЛКОВА,**  
заведующая лабораторией  
иммунитета зерновых культур  
к грибным болезням  
Всероссийского НИИ  
биологической защиты растений  
**Е.В. СИНЯК,**  
научный сотрудник  
e-mail: volkova1@mail.kubtelecom.ru

Стеблевая ржавчина пшеницы, возбудителем которой является биотрофный гриб *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, – одно из наиболее вредоносных заболеваний злаков, так как из всех ржавчин только она вызывает гибель восприимчивого растения. Инфекция в виде уредоспор способна быстро и широко распространяться в течение одного вегетационного сезона, приводя к значительным потерям урожая зерновых. Серьезные эпифитотии ржавчины в XX веке отмечались во многих странах. К концу 1970-х годов вредоносность заболевания значительно снизилась во всем мире. Это было связано с выращиванием толерантных и устойчивых сортов пшеницы (в том числе с устойчивостью, обусловленной геном Sr31) и (в меньшей степени) с уничтожением барбариса (промежуточного хозяина) в Северной Америке и Евразии (в том числе и в бывшем СССР).

Однако в 1998–1999 гг. в Уганде (Восточная Африка) вспыхнула жесточайшая эпидемия стеблевой ржавчины пшеницы с потерями урожая до 80 %, вызванная появлением новой вредоносной расы Ug99, способной поражать неиммунное растение в любой стадии развития и приводить к его быстрой гибели [9]. Раса Ug99 к 2003 г. распространилась в большинстве районов выращивания пшеницы в Кении и Эфиопии. В 2006 и 2007 гг. она доминировала среди рас возбудителя стеблевой ржавчины пшеницы в Эфиопии,

в начале 2006 г. появилась в Судане, в октябре, ноябре – в Йемене и в течение 2007 г. смогла проникнуть в Иран [6, 7]. На полях, где не использовались фунгициды, потери достигали 100 % урожая [9].

Вредоносность Ug99 объясняется тем, что это единственная раса, которая преодолела устойчивость введенного в большинство современных высокоурожайных сортов гена Sr31, расположенного в перенесенной из ржи транслокации 1BL.1RS. Кроме вирулентности по гену Sr31, раса Ug99 также показала вирулентность по большинству генов устойчивости пшеницы (*Triticum aestivum*), что приводит к высокой восприимчивости сортов.

В настоящее время происходит активная эволюция в пределах расы Ug99 и ее потомков, что несет дополнительную опасность для производителей пшеницы [4, 5]. Учитывая высокую жизнеспособность и мобильность спор, распространение этой расы на территорию Юго-Восточной Азии, а затем Северной Америки, Центральной Азии – вопрос времени [3]. По прогнозам, инфекция будет продолжать распространяться, и вполне вероятно ее появление в Казахстане, Узбекистане, Турции, Украине [6].

Наибольшую опасность раса Ug99 будет представлять в ЮФО, в предгорьях Северного Кавказа, так как именно в этом регионе с большей вероятностью могут сложиться климатические условия, способствующие развитию эпифитотии, имеется промежуточный хозяин – барбарис и повсеместно распространены дикорастущие злаки, на которых грибок способен выживать. При благоприятных условиях возможно развитие эпифитотии со значительными потерями урожая (вплоть до 100 % на отдельных территориях). А поскольку

основной способ распространения – воздушный, то патоген способен быстро распространиться по всему ареалу выращивания пшеницы.

Поэтому стратегически важен мониторинг распространения и развития возбудителя стеблевой ржавчины, ее вирулентности, а также генетического разнообразия растения-хозяина, особенно в южных районах страны.

Учитывая важность проблемы, во Всероссийском НИИ биологической защиты растений, начиная с 2007 г., возобновлены исследования патосистемы «стеблевая ржавчина–пшеница» [8]. Во время маршрутных обследований производственных и селекционных посевов пшеницы Краснодарского и Ставропольского краев и Ростовской области патоген регулярно выявляется в ряде районов Ставрополя (Кочубеевском, Минераловодческом, Предгорном и др.) [2]. А в 2010 г. в фазе молочно-восковой спелости пшеницы он был отмечен во всех агроклиматических зонах региона (южной предгорной, западной приазовской, центральной, восточной степной и северной) с распространением до 5 %, развитием – до 2 % на отдельных сортах, что свидетельствует о расширении его ареала на юге России.

Из собранных образцов уредоспор гриба выделены и проанализированы на 38 моногенных сортах и линиях монопустьевые изоляты *P. graminis*. Изучение вирулентности популяции возбудителя стеблевой ржавчины в регионе показало отсутствие в ней изолятов с генами вирулентности rr: 8a, 9e, 11, 13, 20, 21, 25, 26, 27, 30, 31, 32, 33, 35, 37. С частотой до 5 % встречаются изоляты с генами r24 и rWLD. Это означает, что комплементарные гены устойчивости Sr (8a, 9e, 11, 13, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 30, 31, 32, 33, 35, 37, WLD) способны обеспечить надежную защиту растения-хозяина на начальной стадии его развития. Изоляты с генами вирулентности, свойственными угандийской расе, пока отсутствуют.

Многолетние непрерывные исследования позволяют выявить тенденции и закономерности изменений генотипического состава возбудителей болезней. Изучение генетической структуры возбудителя стеблевой ржавчины за 2008–2010 гг. свидетельствует о ее относительной стабильности на Северном Кавказе.

Мы проследили, как менялась внутрипопуляционная структура гриба за последние 20 лет [1]. Установлено снижение частоты изолятов с генами *pp*: 5, 7a, 9b; увеличение частоты *p25*; элиминация изолятов с *pp*-генами: 8, 9c, 9g, 11, 13, 16, 22, 24, 29, 30, 35. Но отмечено и сходство по проценту встречаемости изолятов с такими генами, как *pp*: 6, 9d, 14, 15, 17, 21, 26, 27, 31, 32, 33, 36, 37.

Изменение генофонда ржавчинного гриба во времени и пространстве определяется многими причинами, среди которых наиболее существенную роль играет давление отбора, в процессе которого накапливаются клоны, адаптированные к условиям региона. Представленность того или иного клона на сорте зависит от взаимодействия генотипа фитопатогена с генотипом растения-хозяина, причем генотип сорта хозяина является определяющим фактором.

Крайне важно выявление степени восприимчивости культивируемых в регионе сортов. Для этого оценивали тип реакции растений в баллах, степень поражения в процентах, площадь под кривой развития болезни в условных единицах и снижение массы 1000 зерен в процентах. Результаты иммунологической характеристики 55 сортов озимой пшеницы по отношению к северокавказской популяции *P. graminis* показали, что устойчивость проявили 24 % изученных сортов, среднюю восприимчивость – 13 и восприимчивость – 63 % сортов, что свидетельствует о высокой доле восприимчивых к патогену сортов озимой пшеницы, высеваемых на юге России. В течение трех лет изучения

проявляли устойчивость сорта Батяко, Вита, Виза, Восторг, Зарница, Зимтра, Краснодарская 99, Ласточка, Нота, Ростислав, Терра, Фортуна, Файл, что крайне важно учитывать как при селекции ржавчиноустойчивых сортов, так и при их территориальном размещении.

При определении устойчивости к возбудителю стеблевой ржавчины носителей известных генов *Sr* установлено, что во взрослом состоянии устойчивость растений к северокавказской популяции гриба обеспечивают гены *Sr*: 5, 9e, 11, 13, 25, 31, 35, WLD, а в онтогенезе *Sr*: 9e, 11, 13, 25, 31, 35, WLD, которые и рекомендуются для использования в селекции на устойчивость к *P. graminis* f. sp. *tritici* на юге России, но с учетом их ротации, подкрепления генами неспецифической устойчивости, а также возможности заноса инфекции с сопредельных территорий.

Следует отметить, что ген *Sr31* сохраняет эффективность на юге России (вирулентные к нему изоляты пока не зарегистрированы).

В настоящее время нами активизирована работа по изучению генетики устойчивости растения-хозяина к *P. graminis*, в том числе и современными молекулярно-генетическими методами, а также поиску источников устойчивости. Из коллекционных сортообразцов ВИР озимой и яровой мягкой пшеницы, прошедших 3 года испытаний, устойчивость к возбудителю стеблевой ржавчины проявили 28 образцов озимой и 11 – яровой мягкой пшеницы. Из редких видов устойчивы к патогену *T. dicoccum* – 33 образца, *T. monococcum* – 10, *T. timopheevii* – 26, *T. persicum* – 1, *T. macha* – 1, *T. spelta* – 1, *T. urartu* – 9, *T. araraticum* – 26 и *Ae. tauschii* – 12, которые предложены для использования в селекции на устойчивость к патогену.

Для ограничения распространения и развития возбудителя стеблевой ржавчины и его агрессивных рас, таких как Ug99, необходимы:

постоянный мониторинг распространения и развития возбудителя

стеблевой ржавчины пшеницы на территории России;

мониторинг расового и фенотипического состава популяции гриба как классическими фитопатологическими, так и современными молекулярно-генетическими методами;

усиление селекции сортов пшеницы на устойчивость к *P. graminis* и ее расе Ug99 как классическими генетическими, так и современными молекулярными с помощью маркеров (marker assisted selection – MAS) методами;

активное введение в сельскохозяйственное производство устойчивых и толерантных к патогену сортов пшеницы;

поиск эффективных генов и источников устойчивости среди диких форм, поскольку среди мягкой пшеницы ресурс практически исчерпан;

усиление сотрудничества генетиков, иммунологов-фитопатологов и селекционеров.

Поддержано грантом Российского фонда фундаментальных исследований и администрации Краснодарского края №09-04-96549

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анпилогова Л.К., Алексеева Т.П., Левашова Г.И., Ваганова О.Ф. Эффективные гены устойчивости взрослых растений пшеницы к бурой, стеблевой, желтой ржавчине, мучнистой росе и их использование в селекции на Северном Кавказе / Региональные рекомендации «Производство экологически безопасной продукции растениеводства», Пушкино, 1995, вып. 1, с. 79–100.
2. Волкова Г.В., Синяк Е.В., Балапанов И.М. Стеблевая ржавчина пшеницы на Северном Кавказе: распространение, внутрипопуляционная структура и изменчивость по вирулентности // Наука Кубани, 2010, № 2, с. 38–41.
3. CIMMYT: the International Maize and Wheat Improvement Center (in Spanish: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT) – www.cimmyt.org 29.05.09 г.
4. Jin Y., Szabo L., Pretorius Z.A. Virulence variation within the Ug99 lineage. Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Wheat Genetics Symposium, Brisbane, Australia. 2008b.
5. Jin Y., Szabo J., Pretorius Z.A., Singh R.P., Fetch T. Detection of virulence to *Sr24*

within race TTKS of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* // Plant Dis., 2008 c, v. 92, p. 923–926.

6. Nazari K., Yahyaoui A.H., Singhhh R., Fetch T., Hodson D., Park R. Using trap plot outputs to protect wheat from rust / Proceedings of Technical Workshop BRGI, Mexico, March 17–20, 2009b.

7. Nazari K., Mafi M., Yahyaoui A., Singh R. P., Park R.F. Detection of wheat stem rust (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) race TTKSK (Ug99) in Iran // Plant Dis, 2009a, v. 93, № 3, p. 317.

8. Volkova G., Nadykta V., Anpilogova L., Kovalenko L., Sinyak E. Population Structure of Wheat Disease Pathogens Causing Epiphytotic in Southern Russia / Abstracts of Proceedings. Technical Workshop BRGI, Mexico, March 17–20, 2009, p. 6.

9. Wanyera R., Kinyua M.G., Jin Y., Singhhh R. The spread of stem rust caused by *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, with virulence on Sr31 in wheat in Eastern Africa // Plant Dis, 2006, v. 90, p. 113.

**Аннотация.** Показана вредоносность возбудителя стеблевой ржавчины пшеницы и его расы Ug99. Установлены распространение и развитие патогена на юге России. Изучена вирулентность северокавказской популяции *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* и тенденции ее изменения за последние 20 лет. Установлена высокая степень восприимчивости высеваемых в регионе сортов озимой пшеницы. Определена эффективность известных генов устойчивости к *P. graminis*. Предложены подходы для ограничения распространения патогена.

**Ключевые слова.** Стеблевая ржавчина пшеницы, угандийская раса, вирулентность, устойчивость сортов, эффективные гены устойчивости.

**Abstract.** The injuriousness of wheat stem rust pathogen (of its race Ug99) is shown. The pathogen spread and development in the south of Russia has been determined. The virulence of North Caucasian population *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* and its changeability tendencies for last 20 years have been studied. The high susceptibility level of winter wheat cultivars cultivated in the region has been determined. The effectiveness of known resistance genes to *P. graminis* has been described. The approaches for the pathogen spread restriction have been suggested.

**Keywords.** Wheat stem rust, Ugandan race, virulence, cultivar resistance, effective resistance genes.

УДК 633.11.321:632.51

## Сорная растительность в посевах яровой пшеницы сухостепной зоны Бурятии

**Б.Б. ЦЫБИКОВ,**  
заведующий кафедрой  
Бурятской государственной  
сельскохозяйственной академии  
**А.П. БАТУДАЕВ,**  
профессор  
**В.А. СОБОЛЕВ,**  
ведущий агроном филиала  
ФГБУ «Россельхозцентр»  
по Республике Бурятия  
e-mail: 180376@mail.ru

Изучением видового состава сорных растений на территории Бурятии в разное время занимались З.В. Фомина [5], А.М. Филатов [3, 4], Г.О. Мупкина [1], А.Д. Николаев, П.М. Николаев, Г.У. Челпанов [2]. В исследованиях, проведенных А.М. Филатовым [4], наиболее часто встречаемыми видами сорняков были двудольные, а позднее в исследованиях Б.Б. Цыбикова, А.П. Батудаева, В.Б. Бохиева [6] показано доминирование уже однодольных сорных растений.

По данным филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Республике Бурятия, в 2009–2010 гг. большинство посевов сельскохозяйственных культур было засорено в разной степени сорняками из различных биологических групп. В районах, относящихся к сухостепной зоне, зерновые культуры в фазе кущения были засорены гречишкой вьюнковой с численностью 1–15 шт/м<sup>2</sup>, марью белой – 16–50 шт/м<sup>2</sup>, просом сорным – 16–100 шт/м<sup>2</sup> и более, пылью обыкновенной – 6–15 шт/м<sup>2</sup>, пыреем ползучим – до 5 шт/м<sup>2</sup>. Общая засоренность составляла 100 шт/м<sup>2</sup> и более.

На зерновых культурах в степной зоне произрастала гречишка вьюнковая, марь белая, просо сорное, щетинник зеленый, пырей ползучий с численностью 6–15 шт/м<sup>2</sup>, осот полевой – до 5 шт/м<sup>2</sup> и более, коноп-

ля сорная, гречиха татарская, пыль обыкновенная – до 5 шт/м<sup>2</sup>.

Сорная растительность в лесостепной зоне представлена теми же видами, что и в степной, но в данной зоне значительное распространение получили овсюг обыкновенный, сурепка обыкновенная, аистник цыкутовый, хвощ полевой.

Без систематической борьбы с сорной растительностью вырастить высокий урожай зерновых культур невозможно. Относительно короткий вегетационный период обуславливает в республике ранний сев зерновых культур (I–II декады мая), а в этих условиях предпосевная обработка значительного очищения поля от сорной растительности не обеспечивает. К моменту появления всходов яровых зерновых культур в массе появляются сорные растения. После всходов боронование посевов при низкой полевой всхожести (55–65%) достаточно проблематично. При позднем сроке сева засоренность к началу появления всходов зерновых несколько ниже, но уже к фазе кущения сорные растения доминируют в агрофитоценозе. Необходима химическая прополка, которая ежегодно проводится на площади лишь около 45 тыс. га.

В 2009–2010 гг. кафедрой общего земледелия Бурятской ГСХА проведено обследование сорняков в посевах яровой пшеницы в сухостепной зоне Иволгинского района. Годы обследований характеризовались как острозасушливые. Погодные условия оказали влияние на формирование сорного компонента пшенично-агрофитоценоза, который в фазе кущения яровой пшеницы был представлен лишь гречишкой вьюнковой, марью белой и просом сорным. Доминировало просо сорное – 58%, на долю гречишки вьюнковой и мари