

Защита растений

УДК 633.111"321":575.222.73:631.524.86

ВЕРОЯТНАЯ УГРОЗА РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАСЫ Ug99 *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* ПШЕНИЦЫ НА ЮГО-ВОСТОКЕ РОССИИ

С.Н.Сибикеев, доктор биологических наук, Т.С.Маркелова, доктор сельскохозяйственных наук,
Э.А.Баукенова, А.Е.Дружин, кандидаты сельскохозяйственных наук

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока, 410010, Саратов
E-mail: sibikeev_sergey@mail.ru

В 2013 и 2014 гг. на полях яровой мягкой пшеницы в Саратовской области в условиях эпифитотий стеблевой ржавчины (возбудитель – грибок *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) была выявлена раса Ug99, вирулентная к гену устойчивости *Sr31*, и собран ее инокулюм. В марте-апреле 2015 г. в климатической камере при искусственном заражении набора линий мягкой пшеницы подтверждена вирулентность собранного инокулюма к гену *Sr31* и выделены четыре монопустульных клона. С использованием выделенных монопустульных клонов *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* проведена оценка на устойчивость четырех линий яровой мягкой пшеницы с новыми комбинациями *Sr*-генов.

THE LIKELY THREAT OF THE SPREAD OF RACE Ug99 *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* ON WHEAT IN SOUTH-EASTERN RUSSIA

Sibikeev S.N., Markelova T.S., Baukenova E.A., Druzhin A.E.

In 2013 and 2014 on the fields of spring bread wheat in Saratov region of Russia in the conditions of stem rust epiphytotic, the causative fungus *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, was identified race Ug99, a virulent to resistance gene *Sr31* and the inoculum was collected. In the conditions of the climatic chamber in March-April 2015 at artificial infection by collected inoculum of the set of bread wheat lines the virulence to the gene *Sr31* was confirmed and four monopustular clones were allocated. Using monopustular clones of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, was evaluated for resistance to four lines of spring bread wheat with novel combinations of *Sr* genes.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* раса Ug99, *Sr*-гены, интрогрессивные линии, устойчивость к Ug99

Key words: spring bread wheat, *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* race Ug99, *Sr*-genes, introgressive lines, resistance to Ug99

Заболевание мягкой пшеницы стеблевой ржавчиной, вызываемое грибом *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, – одно из самых вредоносных и опасных. Последние 40 лет в мировом производстве пшеницы эпифитотии этого гриба удавалось сдерживать благодаря генетической защите и в первую очередь гена *Sr31*, что, однако, и создало пандемическую ситуацию. С возникновением в 1999 г. в Уганде расы Ug99, или ТТКСК по североамериканской номенклатуре [1], пандемия стеблевой ржавчины охватила уже множество стран, как Африки, так и Ближнего Востока [2]. Кроме того, эта раса эволюционирует в сторону большей вирулентности. В настоящее время известно об 11 линиях (патотипах) внутри расы Ug99 *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* (Rust Tracker, 2015) [3]. В целом в 2006 г. был преодолен ранее устойчивый к ней ген *Sr24* [4], возникла раса Ug99 + *Sr24* (ТТКСТ), в 2007 г. – ген *Sr36*, в результате появилась раса Ug99 + *Sr36* (ТТТСК) [5], в 2014 г. – ген *SrTmp*, при этом были идентифицированы два патотипа: ТТКТТ- вирулентность к *Sr31*, *Sr24*, *SrTmp* и ТТКТК- вирулентность к *Sr31*, *SrTmp* [3], и этот процесс продолжается. Расширение распространения патотипов расы Ug99 как на север, северо-восток, так и на юг и юго-запад продолжается и в настоящее вре-

мя. В 2007 г. патотипы расы Ug99 обнаружены в Южно-Африканской Республике, где продолжился их эволюционный процесс, а также патотипы расы Ug99 – в Иране, на год раньше – в Йемене [6]. В 2014 г. выявлен патотип ТТКСК расы Ug99 в Египте [3]. Для России сложилась реальная угроза заноса патотипов расы Ug99 из двух районов на северо-западе Ирана [6]. Тем более что движение воздушных масс из этих мест, согласно HYSPLIT model [6], с января по июль возможно не только в западном, но и в северном, северо-восточном и восточном направлении. Вероятен занос инокулюма с расой Ug99 на территорию России через Кавказ или Каспийское море, минуя территорию Кавказа [6]. Ранее на основании движения воздушных масс [7] было предсказано появление расы Ug99 в Египте [6], что и произошло в 2014 г. [3].

Таким образом, появление расы Ug99 *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* на территории Нижнего Поволжья России высоко вероятно. Целью настоящей работы было обоснование возможного проявления этой расы на территории Нижнего Поволжья, в частности в Саратовской области. Кроме того, исследовали инокулюм расы *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* Ug99 и определяли генетические источники устойчивости к данному патогену.

Методика. Изучаемый материал включал австралийский набор 22 линий яровой мягкой пшеницы с различными *Sr*-генами и их комбинациями, предоставленный доктором R.A.McIntosh (Plant Breeding Institute Cobbitty, Australia). Дополнительно были включены: линия, несущая *Sr30*; сорта: Л503 (*Sr25*), Тулайковская 10 (*Sr?*), Фаворит (*Sr?*) и почти изогенные линии: сорта Л503 – Л503 *Lr19+26* с *Sr25+Sr31*, сорта Добрыня – Добрыня *Lr19+24* с *Sr25 + Sr24* и Добрыня *Lr19+37* с *Sr25 + Sr38*. В качестве восприимчивых контролей использовали сорта яровой мягкой пшеницы Саратовская 68 (без *Sr*-генов), Прохоровка, несущая транслокацию 1BL-1RS с блоком генов *Lr26/Sr31/Yr9/Pm8* [8]. Кроме того высевали почти изогенную линию сорта Thatcher с генами *Lr26/Sr31/Yr9/Pm8*, у которой ржаная транслокация 1BL-1RS была подтверждена наличием характерного глиадинового блока *Sec1*. Сорта-контроли высевали двухрядковыми деланками длиной 1,2 м в 4-кратной повторности в фитопитомниках, расположенных в окрестностях Саратова, а также на территории юго-запада Саратовской области, на границе с Волгоградской областью в 2013 и 2014 гг. Эпифитотии стеблевой ржавчины наблюдали в оба года исследований, их оценивали как средние по степени развития. Тип реакции на патоген и степень поражения растений определяли в первой декаде августа по шкале Stakman E.G. et al. [9]. Инокулюм *Puccinia graminis*, собранный с сорта Прохоровка, изучали в апреле-мае 2014 и 2015 гг. в климатической камере Growth Chamber Model LGC-4201E в оптимальных для развития патогена условиях при искусственной инокуляции. При этом в 2014 г. был выделен один, а в 2015 г. – три монопустульных изолята из инокулюма, собранного с листьев сорта Прохоровка. Споровым материалом каждого монопустульного изолята инокулировали все сорта и линии яровой мягкой пшеницы с различными *Sr*-генами и их комбинациями. Сорта и линии высевали в отдельные сосуды с почвой из расчета 24 зерна/сосуд. Тип реакции растения-хозяина на внедрение патогена оценивали через 10-12 дней после инокуляции.

Результаты и обсуждение. В годы исследований (2013 и 2014) наблюдали средние по силе развития эпифитотии *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, то

есть поражение растений пшеницы достигало 30-40 %. Однако следует отметить, что такое развитие стеблевой ржавчины наблюдали только в фитопитомнике на юго-западе Саратовской области. В 2013 г. в окрестностях Саратова эпифитотию оценивали как слабую (среднее поражение – 5-10 %), а в 2014 г. – как среднюю. При этом обнаружено поражение сорта Прохоровка и почти изогенной линии сорта Thatcher с генами *Lr26/Sr31/Yr9/Pm8* (носители гена *Sr31*): тип реакции 3, степень поражения – 10-15 %, при этом у сорта Саратовская 68 (без *Sr*-генов) был тип реакции 3, степень поражения – 50 %. Таким образом, выявлена реакция восприимчивости у сорта и

Тип реакции (IT) линий яровой мягкой пшеницы с различными *Sr*-генами и их комбинациями на заражение *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*

Сорт, линия	<i>Sr</i> - гены	Монопустульные изоляты с сорта Прохоровка (<i>Sr31</i>)			
		29.05.2014	15.04.2015		
		1	1	2	3
Reliance	5, 16, 18, 19, 20	3	3	3	3
Marquis	7b, 18, 19, 20	3	3	3	3
Acme	9g+	3	3	3	3
Emmer	9e	3	3	3	3
McMurachy	6	3	3	3	3
W2402	7b, 9b	3	3	3	3
Renown	7b, 17, 2, 9d	3	3	3	3
Mentana	8a	3	3	3	3
Norka	15	3	3	3	2, 3
Satu	Satu	0; 1	0; 1, 2	0; 1, 2	0; 2
Combx	5b, 7b, 9b	3	3	3	3
Kite	26	3	3	3	3
Banks	5, 8a, 9b, 12	3	3	3	3
Mendos	11, 17, 36, 7a	3	3	0; 2, 3	0; 2
Makoon	9b	3	3	3	3
Sr35	35		3	3	3
W3534	22	3	3	3	3
Trident	38	0;	0; 1	0;	0; 1
Spica	7b, 17	3	2, 3	3	3
Agent	24	0; 1	0; 1, 2	0; 1, 2	0; 1
Yalta	11	3	3	3	3
TD	36	3	0; 1, 2	0; 2, 3	0; 2
Cook	5, 6, 8a, 36	3	3	3	3
Spica	7b, 17	3	3	3	3
Egret	9b, 12, 8a	3	3	3	3
TAF 2	Agi	3	3	3	
Sr30	30		3	3	3
Л503	25	0;	0; 1, 2, 3	3	0;
Л503 <i>Lr19+26</i>	25, 31		0;	0;	0;
Добр <i>Lr19+24</i>	25, 24		2, 3	0;	0;
Добр <i>Lr19+37</i>	25, 38		0;	0; 1	0;
Фаворит	?	0; 3	0; 1	0; 2	0; 2
Тулайковская 10	?	0;	0;	0;	0;
Прохоровка	31	3	3	3	3
TcLr26/Sr31	31	3	3	3	3

линии, несущих ген *Sr31*. Поражение гена *Sr31* отмечено в оба года исследований.

Результаты оценки типа реакции растений пшеницы на внедрение патогена представлены в таблице. Очевидно, что все монопустульные изоляты, выделенные из инокулюма, собранного с сорта Прохоровка, поражали и этот сорт, и линию сорта Thatcher с генами *Lr26/Sr31/Yr9/Pm8*. Таким образом, подтверждено наличие патотипов *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, вирулентных к гену *Sr31*. Все четыре монопустульных изолята с сорта Прохоровка оказались вирулентными к большинству *Sr*-генов и их комбинаций (81,5 %) в австралийском наборе линий. Авирулентными были лишь *Sr*-гены – *Sr24*, *Sr38*, *SrSatu*.

Интересный тип реакции проявился на сорте TD (*Sr36*). Из четырех изолятов два проявили авирулентность, один – смешанный тип реакции и один оказался вирулентным к *Sr36*. Сходно отреагировал сорт Mendos (*Sr7a, 11, 17, 36*): из четырех изолятов авирулентным был один, один – со смешанным типом реакции и два – вирулентные к этой комбинации *Sr*-генов. Однако сорт Cook (*Sr5, 6, 8a, 36*) поражался всеми монопустульными изолятами, выделенными из инокулюма, собранного с сорта Прохоровка. Из дополнительного набора сортов и линий оказались авирулентными ко всем изолятам *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* линии с комбинациями генов *Sr25+31* и *Sr25+38*, а также сорта Тулайковская 10 и Фаворит, у которого на одном изоляте наблюдали гетерогенную реакцию. Сорт Л503, несущий ген *Sr25*, имел авирулентный тип реакции к двум патотипам, к одному – вирулентный и к одному – смешанный.

Таким образом, выявлено наличие расы Ug99 *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* на территории Саратовской области, расположенной в Нижнем Поволжье России. Причем поскольку все четыре монопустульных изолята, выделенных из инокулюма, собранного с сорта Прохоровка, проявили разные типы реакции на одинаковый набор линий с *Sr*-генами и их комбинациями, можно утверждать, что в данной популяции присутствует несколько линий расы Ug99.

Неожиданным было поражение гена *Sr25*, который эффективен на территории Африки и Ближнего Востока, а также устойчивость гена *Sr38*, который был восприимчив на этой же территории [10]. Тем не менее известно, что с 2010 г. на территории

Ирана (вероятное место заноса инокулюма в Россию) размножается сорт Misr 1, содержащий гены *Sr2 + Sr25* [11], следовательно, можно ожидать преодоление комбинации этих *Sr*-генов и возникновение нового патотипа патогена. Кроме того, в Египте для реализации в других странах с 2010 г. проводят размножение сортов Misr 1 и Misr 2 с комбинацией генов *Sr2 + Sr25*, то есть данные сорта также используют в коммерческих целях [6]. Эффект устойчивости гена *Sr38* необъясним, тем более, что он оказался эффективным как в одиночестве, так и в комбинации с *Sr25*. В настоящее время продолжаются исследования по выявлению и изучению расы Ug99 *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* на территории Саратовской области.

Литература. 1. Roelfs A.P., Martens J.W. An international system of nomenclature for *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* // Phytopathology. – 1988. – V. 78. – P. 526-533. 2. Singh R.P., Huerta-Espino J.H., Jin Y., Herrera-Foessel S., Njau P., Wanyera R., Ward R.W. Current resistance sources and breeding strategies to mitigate Ug99 threat // Proceedings of the 11th International Wheat Genetics Symposium, Brisbane, QLD, Australia, 2008. 003. 3. Pathotype Tracker – Where is Ug99? Status Summary: Ug99 Lineage – April 2015 // Rust Tracker.org. A Global Wheat Rust Monitoring System. http://rusttracker.cimmyt.org/?page_id=22. 4. Jin Y., Szabo L.J., Pretorius Z.A. Virulence variation within the Ug99 lineage // Proceedings of the 11th International Wheat Genetics Symposium, Brisbane, QLD, Australia, 2008. 002. 5. Park R.F., Bariana H.S. Status of Ug99 resistance in current Australian wheat cultivars and breeding materials // Proceedings of the 11th International Wheat Genetics Symposium, Brisbane, QLD, Australia, 2008. 007. 6. Singh Ravi P., Hodson David P., Huerta-Espino Julio, Jin Yue, Bhavani Sridhar, Njau Peter, Herrera-Foessel Sybil, Singh Pawan K., Singh Sukhwinder, and Govindan Velu. The emergence of Ug99 races of the stem rust fungus is a threat to world wheat production // Annu. Rev. Phytopathol. – 2011. – V. 49. – P. 465-481. 7. Draxler R.R., and Rolph G.D. “HYSPLIT-Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model”, 2013. <http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>. 8. Гуляева Е.И., Канюка И.А., Алпатьева Н.В., Баранова О.А., Дмитриев А.П., Павлюшин В.А. Молекулярные подходы в идентификации генов устойчивости к бурой ржавчине у российских сортов пшеницы // Доклады Россельхозакадемии. – 2009. – № 5. – С. 23-26. 9. Stakman E.G., Stewart D.M., Loegering W.Q. Identification of physiologic races of *Puccinia graminis* var. *tritici* // USDA – ARS Bull. E – 617 Rev. Ed US. Gq Print. Office Washington, DC, 1962. 10. Ug99 race group effective *Sr* genes // Rust Tracker.org. A Global Wheat Rust Monitoring System. http://rusttracker.cimmyt.org/?page_id=6745. 11. Joshi A.K., Azab M., Mosaad M., Osmanzai M., Gelalcha S., Bedada G., Bhatta M.R., Hakim A., Malaker P.K., Haque M.E., Tiwari T.P., Majid A., M. Kamali R.J., Bishaw Z., Singh R.P., Payne T., Braun H.J. Delivering rust resistant wheat to farmers: A step towards increased food security // BGRI 2010 Technical Workshop. Oral Presentations Full Papers and Abstracts. St.-Petersburg, Russia, 2010. – С. 226-239.