

УСТОЙЧИВОСТЬ СОРТОВ ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ К ВОЗБУДИТЕЛЮ СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЫ НА ФОНЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ИНФЕКЦИИ В НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЕ РОССИИ

STEM RUST RESISTANCE OF SPRING AND WHEAT CULTIVARS IN NATURAL INFECTION IN NONCHERNOZEM AREA OF RUSSIAN FEDERATION

Киселева М.И., Коломиец Т.М.

ФГБНУ ВНИИ Фитопатологии

143050, Россия, Большие Вяземы, ул. Институт, вл.5

E-mail: kiseleva@vniiif.ru, kolomiets@vniiif.ru

Стеблевая ржавчина является одной из наиболее опасных и разрушительных болезней на посевах пшеницы во всех ареалах возделывания данной культуры. Во всем мире результативными методами снижения вреда от *P. graminis* считаются культивирование устойчивых сортов пшеницы и обработки посевов фунгицидами. Ежегодно в ФГБНУ ВНИИФ (Большие Вяземы, Московская обл.) проводится оценка сортов яровой и озимой пшеницы из коллекции ВИР с целью выявления устойчивых форм, необходимых для предупреждения распространения стеблевой ржавчины на посевах пшеницы в центральной части РФ и рекомендации их селекционерам в качестве источников и доноров устойчивости. За период с 2016 по 2018 годы в питомнике ВНИИФ на естественном инфекционном фоне было проверено 515 сортов яровой и 250 сортов озимой пшеницы из коллекции ВИР по устойчивости к возбудителю стеблевой ржавчины. Первые признаки поражения растений *P. graminis* отмечали на растениях пшеницы, находящихся в стадии молочно-восковой спелости, причем на озимых она наступала на декаду раньше. Сорта озимой пшеницы поражались значительно сильнее, чем яровые. В конце вегетации интенсивность поражения большей части образцов озимой пшеницы составляла 80-100%, а яровой пшеницы едва достигала 25%. Устойчивость к стеблевой ржавчине проявили 8 сортов озимой пшеницы отечественной и зарубежной селекции: Танаис, Континент, Богданка, Настя (Россия), Sarlota, Venistar (Словакия), Samurai, Emmi (Германия). На сортах яровой пшеницы отмечали более слабое развитие болезни, чем на сортах озимой, что не позволило дифференцировать сорта яровой пшеницы по устойчивости. Сложившиеся погодные условия в Центральном регионе благоприятны не только для выживания гриба, но и для активного развития и размножения. Потенциально стеблевая ржавчина в нечерноземной зоне РФ остается проблемой для производителей зерна.

Ключевые слова: стеблевая ржавчина, пшеница, сорт, интенсивность поражения, устойчивость, восприимчивость.

Для цитирования: Киселева М.И., Коломиец Т.М. УСТОЙЧИВОСТЬ СОРТОВ ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ К ВОЗБУДИТЕЛЮ СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЫ НА ФОНЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ИНФЕКЦИИ В НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЕ РОССИИ. Аграрная наука. 2019; (1): 95-98.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-95-98>

Стеблевая ржавчина (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.) является одной из наиболее опасных и разрушительных болезней на посевах пшеницы во всех ареалах возделывания данной культуры [1, 2, 3, 4]. В природных условиях, благоприятных для развития *P. graminis*, гриб способен за короткое время вызывать эпифитотии со значительными потерями урожая [5, 6, 7].

Для популяций *P. graminis* характерна высокая скорость изменения вирулентности к специфическим генам устойчивости. Мутации и рекомбинации генов ви-

Киселева М.И., Коломиец Т.М.

FSBSI All-Russian Research Institute of Phytopathology

143050, Russia, Moscow region, Odintsovo district, B. Vyazemy, str. Institute, v.5

E-mail: kiseleva@vniiif.ru, kolomiets@ivanov.ru

Stem rust is one of the most harmful and destructive diseases of wheat in all areas of this crop cultivation. Effective methods to reduce the disease progress are the cultivation of resistant wheat cultivars and fungicide treatments. Annually in ARRIP infection nursery (Bolshie Vyazemy, Moscow Region) the spring and winter wheat cultivars of VIR collection there were evaluated for stem rust resistance to prevent the fungi spread on wheat crops in Russian Federation and recommend them to breeders as sources and donors of sustainability. During the period 2015-2018 there were tested 515 spring and 250 winter wheat cultivars of VIR collection for stem rust resistance in the natural infectious background. Stem rust signs were the first observed in the wheat milky-wax stage. Winter wheat cultivars were affected by stem rust more than spring. At the end of the plant vegetation the intensities of disease severity a lot of winter wheat samples were revealed 80-100%, but the spring wheat barely was reached 25%. There only 8 winter wheat cultivars domestic and foreign selection were displayed resistance to stem rust. They were Tanais, Continent, Bogdanka, Nastya (Russia), Sarlota, Venistar (Slovakia), Samurai, Emmi (Germany). Disease was progressed more poorly in the spring wheat cultivars than in the winter wheat cultivars because we couldn't clear evaluate spring wheat cultivars for stem rust resistance. The prevailing modern weather in the Central region is favorable not only for the survival of the fungus, but also for active development and reproduction. Potentially stem rust in the Nonchernozem area of the Russian Federation remains a problem for grain producers.

Key words: stem rust, wheat, cultivar, intensity of disease severity, resistance, susceptibility.

For citation: Kiseleva M.I., Kolomiet T.M. STEM RUST RESISTANCE OF SPRING AND WHEAT CULTIVARS IN NATURAL INFECTION IN NONCHERNOZEM AREA OF RUSSIAN FEDERATION. Agrarian science. 2019; (1): 95-98. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-95-98>

рулентности, непрерывно происходящие в популяциях гриба, приводят к появлению новых рас. По данным Roelfs (2012), возникновение разнообразных физиологических рас *P. graminis* происходит за счет мутаций [5, 8]. Многие авторы указывают на то, что появление новых вирулентных рас в популяциях патогена отмечается значительно чаще, чем у других видов ржавчина грибов [9].

В связи с этим, сообщения о появлении в 1998 году в Уганде новой расы стеблевой ржавчины Ug99 (TTKSK),

вирулентной к существующему набору Sr-генов, позволили рассматривать ее как глобальную угрозу производству пшеницы (9, 10). В последующие 20 лет раса распространилась от Восточной и Южной Африки до Ближнего Востока и Азии, принося опустошительные эпифитотии стеблевой ржавчины пшеницы [9, 11, 12, 13].

В настоящее время результативными методами снижения вреда от стеблевой ржавчины пшеницы являются культивирование устойчивых сортов и обработки посевов фунгицидами [4, 14]. Любые карантинные мероприятия лишь сдерживают развитие болезни, так как не предотвращают появление новых комбинаций вирулентности гриба [5]. Большое значение для снижения уровня эпифитотийности гриба имеет борьба с промежуточным хозяином патогена — барбарисом (*Berberis vulgaris*) и другими видами родов *Berberis*, *Mahonia*, *Mahoberberis*, которые являются основным «плацдармом» для появления новых комбинаций генов вирулентности, приводящих к появлению рас *P. graminis*, вирулентных к устойчивым сортам пшеницы [8, 15, 16].

Ежегодно в ФГБНУ ВНИИФ (Большие Вяземы, Московская обл.) проводится оценка сортов яровой и озимой пшеницы из коллекции ВИР с целью выявления форм, устойчивых к популяции возбудителя стеблевой ржавчины на посевах пшеницы в центральной части РФ, и рекомендации их селекционерам в качестве источников и доноров устойчивости. Создание таких сортов позволит в ближайшем будущем повысить конкурентоспособность отечественных производителей зерна за счет повышения урожайности экологически чистого производства.

Методика

В 2015–2018 годах в питомнике ФГБНУ ВНИИ Фитопатологии (Большие Вяземы Московской обл.) изучалась устойчивость к популяции *P. graminis* 515 сортов яровой и 250 сортов озимой пшеницы (*Triticum aestivum*) из коллекции ВИР. Посев озимых сортов пшеницы проводили в первой-второй декадах сентября, яровой — в первой декаде мая. Каждый образец высевали в метровые делянки с нормой высева 70 зерен в рядке.

Устойчивость сортов к *P. graminis* изучали на естественном инфекционном фоне. Стандартом по восприимчивости к болезни и накопителем инфекции в питомнике служила линия яровой пшеницы Хакасская, семенами которой весной обсевали опытные делянки.

После появления первых признаков болезни наблюдения за развитием гриба на восприимчивом сорте в поле проводили через каждые 5–7 дней. При каждом учете интенсивность поражения стеблевой ржавчиной оценивали не менее чем на 50–100 растениях каждого сорта.

Развитие *P. graminis* описывали по модифицированной шкале Cobb (Peterson et al., 1948) (17). Тип реакции растений определяли по шкале Roelfs et al. (1992) (16), где OR — иммунный; TR — почти иммунный тип: пустулы не развиваются, но заметны пятна, связанные с реакцией сверхчувствительности; R — устойчивый тип: мелкие пустулы, окруженные некротической зоной (1 балл, поражение до 5%); MR — умеренно устойчивый тип: пустулы небольших размеров, окруженных хлорозом или некротической каймой (2 балла, поражение до 25%); MS — умеренно восприимчивый тип: пустулы средней величины, некроз отсутствует, но могут развиваться зоны хлороза (3 балла, поражение до 40%); S — восприимчивый тип реакции: пустулы крупные, часто сливающиеся (4 балла, поражение более 60%).

Оценки интенсивности поражения растений пшеницы возбудителем стеблевой ржавчины прекращали при усыхании листовых пластинок, что часто совпадало с фазой созревания растений — третьей декадой июля — первой — второй декадами августа.

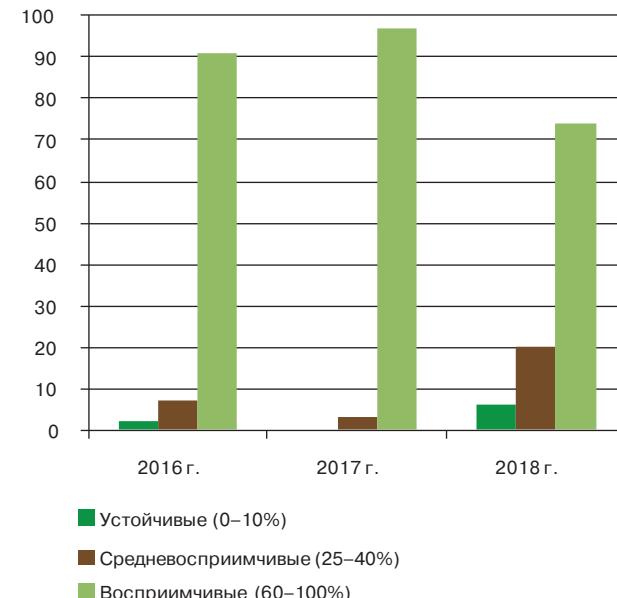
Результаты

В 2016–2018 годах первые признаки поражения возбудителем стеблевой ржавчины отмечали на растениях пшеницы, находящихся в стадии молочно-восковой спелости. Как правило, этой стадии растения озимой пшеницы достигали в конце первой декады июля, яровой — позже на декаду. При дальнейших двух-трех учетах наблюдался рост развития болезни на сортах пшеницы. В более поздние сроки учеты поражения становились нецелесообразными из-за созревания зерна и усыхания листовых пластинок и стеблей, что отмечалось в конце июля для озимых, в первой половине августа — для яровых.

Интенсивность поражения образцов озимой и яровой пшеницы также была неодинаковой: сорта озимой пшеницы поражались значительно сильнее, чем яровые. В конце вегетации интенсивность поражения большей части образцов озимой пшеницы составляла 80–100%, а яровой пшеницы едва достигала 25%. В целом, за три года из 250 сортов озимой пшеницы 209, или 83,6%, проявили высокую восприимчивость к болезни. Как показано на рис. 1, доля устойчивых к стеблевой ржавчине сортов озимой пшеницы была низкой и колебалась от 1 до 6%. В то же время количество восприимчивых сортов по годам изменялось от 74,1 до 98%.

Степень поражения коллекционных образцов пшеницы возбудителем стеблевой ржавчины зависела от их устойчивости. Независимо от этого на динамику развития *P. graminis* на сортах пшеницы с частичной устойчивостью и восприимчивых большое влияние оказывали, складывающиеся в период вегетации, погодные условия. Так, по данным 2018 года, в мае-июле в Московской области стояла благоприятная для развития гриба погода: высокий температурный фон с небольшим количеством дней с осадками. Средние температуры июля превышали среднемноголетние значения на 3 °C. Все

Рис. 1. Суммарная характеристика 250 сортов озимой пшеницы из коллекции ВИР по устойчивости к популяции стеблевой ржавчины



это позволило определить устойчивость 96 сортов озимой пшеницы при последовательных полевых оценках по показателю интенсивность поражения (табл. 1). Сравнение показателей интенсивности развития болезни на растениях позволило разделить их на три группы: устойчивые (6,3%), средневосприимчивые (19,7%) и восприимчивые (74,0%).

За период с 2016 по 2018 годы из 250 сортов озимой пшеницы коллекции ВИР устойчивость к стеблевой ржавчине проявили 8 сортов отечественной и зарубежной селекции. Интенсивность поражения составила 0–10% (табл. 2).

Умеренной восприимчивостью к болезни (интенсивность поражения 25–40%) обладали 30 сортов РФ, Украины, Словакии, США и Канады. Все остальные сорта озимой пшеницы, как из РФ, так и зарубежных стран проявили восприимчивость к местной популяции *P. graminis* (интенсивность поражения 60–100%).

Что касается сортов яровой пшеницы, то на них во все годы испытаний (2016–2018 гг.) отмечали более слабое развитие болезни, чем на сортах озимой пшеницы. Гриб выявлен практически на всех сортах яровой пшеницы коллекции ВИР, но при этом интенсивность поражения на них не превышала 10–25%. Четкой дифференциации сортов яровой пшеницы по устойчивости к стеблевой ржавчине не установлено. Ежегодные наблюдения показывают, что *P. graminis* появляется на посевах яровой пшеницы к концу вегетации и существенного ущерба урожаю не наносит. Вероятно, для получения результатов с высокими показателями интенсивности поражения, позволяющими дифференцировать сорта яровой пшеницы по устойчивости к стеблевой ржавчине, необходим более поздний посев опытных растений.

Наблюдения за ряд последних лет показали, что на посевах озимой пшеницы отмечается более раннее появление болезни. Скорее всего, это вызвано инфекцией, сохранившейся на диких злаковых, поскольку посев озимых по озимым проводится на одном и том же месте питомника в течение 6 лет.

Из-за климатических изменений, результатами которых стали нарушения сезонных колебаний погоды и преобладающих ветров, возросла вероятность заноса воздушными потоками из других районов мира в Россию инфекционного материала с высокой вирулентностью, способного сохраняться, накапливаться и паразитировать на культурных и диких озимых и яровых злаковых. Объективные погодные условия, сложивши-

Таблица 1.

Количество образцов озимой пшеницы из коллекции ВИР в группах, различающихся по устойчивости к популяции возбудителя стеблевой ржавчины (питомник ФГБНУ ВНИИФ, 2018 год)

Происхождение проверяемых образцов пшеницы	Всего образцов (ед)	Тип устойчивости образцов (ед.), выявленный по интенсивности поражения (%)		
		Устойчивые (0–10%)	Средневосприимчивые (25–40%)	Восприимчивые (60–100%)
Московская обл.	6	0	1	5
Ростовская обл.	11	2	3	6
Саратовская обл.	5	0	0	5
Ставропольский кр	5	1	0	4
Всего по РФ (ед):	27	3	4	20
Всего по РФ (%):	100	11,1	14,8	74,1
Украина	26	1	9	16
Словакия	16	2	4	10
Германия	4	0	0	4
США	11	0	1	10
Канада	9	0	1	8
Казахстан	3	0	0	3
Всего по зарубежным странам (ед):	69	3	15	31
Всего по зарубежным странам (%):	100	4,3	21,7	73,9
Всего по коллекции (ед):	96	6	19	71
Всего по коллекции (%):	100	6,3	19,7	74,0

Таблица 2.

Образцы озимой мягкой пшеницы коллекции ВИР, проявившие устойчивость и частичную устойчивость к стеблевой ржавчине в инфекционном питомнике ВНИИФ (Московская обл., 2016–2018 гг.)

№ кат. ВИР	Разновидность	Сорт	Происхождение	Интенс. пораж., %
65385	var.lutescens	Танаис	Ростовская обл.	0
65384	var.lutescens	Континент	Ростовская обл.	10
65675	var.lutescens	Настя	Ставропольский кр.	0
65931	lutescens	Sarlota	Словакия	10
65934	lutescens	Venistar	Словакия	10
65078	erythrospermum	Богданка	Белгородская обл.	0
65328	lutescens	Samurai	Германия	0
65330	lutescens	Emmit	Германия	0

ется в Центральном регионе, благоприятны не только для выживания гриба, но и для его активного развития и размножения. Потенциально стеблевая ржавчина в Нечерноземной полосе остается проблемой для производителей зерна. В связи с этим сведения об устойчивости образцов пшеницы из коллекции ВИР позволяют скорректировать направления генетической защиты, целенаправленно привлекать в селекцию новые доноры и источники устойчивости и на их основе создавать новые сорта, которые могут стать существенным звеном в системе защиты этой культуры от стеблевой ржавчины.

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

- Bhattacharya S. Deadly new wheat disease threatens Europe's crops. *Nature*. 2017; 542:145–146. DOI 10.1038/nature.2017.21424.
- Mert Z., Karakaya A., Dusunceli F., Akan K., Cetin L. Determination of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* races of wheat in Turkey. *Turk. J. Agric. For.* 2012; 36:107–120. DOI 10.3906/tar-1010-1278.
- Park R.F. Stem rust of wheat in Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*. 2007, 58: 558–566.
- Shamanin V., Salina E., Wanyera R., Zelenskiy Y., Olivera P., Mor-gounov A.I. Genetic diversity of spring wheat from Kazakhstan and Russia for resistance to stem rust Ug99. *Euphytica*. 2016; 212(2): 287–296. DOI 10.1007/s10681-016-1769-0.
- Roelfs A.P., Singh R.P., Saari E.E. Rust diseases of wheat: concepts and methods of disease management. CIMMYT, Mexico. Aydo du and Boyraz/Akdeniz Univ. *Ziraat Fak. Derg.* 2012, 25(1): 23–28.
- Kleinhofs A., Robert B., Jayaveeramuthu N., Ling Z., Aghafakhr M., Arnis D., Nils R., Brian J.S. Barley stem rust resistance genes, structure and function. *The Plant Genome*. 2009, 2: 109–120.
- Leonard K.J., Szabo L.J. Rust of small grains and grasses caused by *Puccinia graminis*. *Molecular Plant Pathology*. 2005, 6 : 99 -111.
- Roelfs, A.P., R.P. Singh, and E.E. Saari. *Rust Diseases of Wheat: Concepts and methods of disease management*. Mexico, D.F.: CIMMYT. 1992, 81p
- Singh R.P., Hodson D.P., Huerta-Espino J., Jin Y., Bhavani S., Njau P., Herrera-Foessel S.A., Singh P.K., Singh S., Govindan V. The emergence of Ug99 races of the stem rust fungus is a threat to world wheat production. *Annu. Rev. Phytopathol.* 2011; 49:465–481. DOI 10.1146/annurev-phyto-072910-095423.
- Xu S.S., Jin Y., Klindworth D.L., Wang R.R.C., Cai X. Evaluation and characterization of seedling resistances to stem rust ug99 races in wheat-alien species derivatives. *Crop Science*. 2009, 49 : 2 167– 2175
- Pretorius Z.A., Bender C.M., Visser B., Terefe T. First report of a Puc-cinia graminis f. sp. *tritici* race virulent to the Sr24 and Sr31 wheat stem rust resistance genes in South Africa. *Plant Dis.* 2010; 94:784. DOI 10.1094/PDIS-94-6-0784C.
- Jin Y, Szabo L.J. Detection of virulences to resistance gene Sr24 within race TTKS of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*. *Plant Disease*. 2008, 92: 923–926.
- 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. 2009; doi: 10.1094/pdis-93-3-0317b.
- Лапочкина И.Ф., Баранова О.А., Шаманин В.П., Волкова Г.В., Гайнуллин Н.Р., Анисимова А.В., Галингер Д.Н., Лазарева Е.Н., Гладкова Е.В., Ваганова О.Ф. Создание исходного материала яровой мягкой пшеницы для селекции на устойчивость к стеблевой ржавчине (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici*), в том числе и к race UG99, в России. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2016;20(3):320–328. DOI 10.18699/VJ16.167. [Lapochkina I.F., Baranova O.A., Shamanin V.P., Volkova G.V., Gainullin N.R., Anisimova A.V., Galinger D.N., Lazareva E.N., Gladkova E.V., Vaganova O.F. The development of initial material of spring common wheat for breeding for resistance to stem rust (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici*), including the Ug99 race, in Russia. *Russ. J. Genet.: Appl. Res.* 2017; 7(3):308–317. DOI 10.1134/S207905971703008X.]
- Jin Y. Role of *Berberis* spp. as alternate hosts in generating new races of *Puccinia graminis* and *P. striiformis*. *Euphytica*. 2011; 179:105–108. DOI 10.1007/s10681-010-0328-3.
- Keet J.-H., Cindi D.D., du Preez P. J. Assessing the invasiveness of *Berberis aristata* and *B. julianae* (Berberidaceae) in South Africa: Management options and legal recommendations. *S. Afr. J. Bot.* 2016; 105:288–298. DOI 10.1016/j.sajb.2016.04.012
- Peterson, R.F., A.B. Campbell, and A.E. Hannah. Adiagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals. *Can. J. Res. Sect.* 1948, C26:496–500.

ОБ АВТОРАХ:

Киселева М.И., кандидат биологических наук
Коломиец Т.М., кандидат биологических наук

ABOUT THE AUTHORS:

Kiseleva M.I., Candidate of Biological Sciences
Kolomiets T.M., Candidate of Biological Sciences