

СОРТА ПШЕНИЦЫ (*Triticum* L.) ИЗ КОЛЛЕКЦИИ GRIN (США) ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЕКЦИИ НА ДЛИТЕЛЬНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ К СЕПТОРИОЗУ

Т.М. КОЛОМИЕЦ, Л.Ф. ПАНКРАТОВА, Е.В. ПАХОЛКОВА

В настоящее время септориоз — одно из наиболее вредоносных и экономически значимых заболеваний пшеницы в зерносеющих регионах мира, особенно в странах с умеренным климатом. Потери от болезни в эпифитотийные годы могут достигать 30-40 %. В России септориоз занимает доминирующее положение в комплексе грибных болезней зерновых культур. В представленной работе мы впервые определили параметры частичной устойчивости у сортов пшеницы (род *Triticum*) из коллекции Germplasm Resources Information Network (GRIN, США) с использованием стабильных штаммов возбудителей *Septoria tritici* и *Stagonospora nodorum*. Целью наших исследований был отбор сортов пшеницы с длительной устойчивостью к септориозу на основании результатов полевых и лабораторных опытов. В инфекционном питомнике в Центральном регионе России (Московская обл., 2009-2015 годы) на искусственном фоне заражения изучали динамику развития септориоза на сортах пшеницы из коллекции GRIN. Исследовали 2117 образцов из разных генетических групп — 20 диплоидных ($2n = 14$), 409 тетраплоидных ($2n = 28$), 1688 гексаплоидных ($2n = 42$), а также 397 селекционных образцов от скрещивания *Triticum aestivum* с *Aegilotriticum* sp. Определяли площадь под кривой развития болезни, рассчитывали индекс устойчивости (ИУ). Для лабораторных исследований отбирали сорта, характеризующиеся замедленным развитием болезни в поле, то есть с высоким и средним ИУ. Растения таких сортов выращивали в камерах лаборатории искусственного климата до фазы полностью развернувшегося 3-го листа. Фрагменты листьев инокулировали изолятами *S. tritici* и *St. nodorum*, нанося каплю споровой суспензии. Сортообразцы делили на группы по продолжительности латентного периода и размеру инфекционных пятен. Среди гексаплоидных форм был отобран 191 образец *T. aestivum* subsp. *aestivum* с высоким индексом устойчивости к болезни и 1 — *T. aestivum* subsp. *spelta*; среди тетраплоидной пшеницы 8 — *T. turgidum* subsp. *durum*, 2 — *T. turgidum* subsp. *turgidum*, 3 — *T. turgidum* subsp. *dicoccon*, 3 — *T. timopheevii* subsp. *timopheevii*; среди диплоидной пшеницы 4 — *T. monococcum* subsp. *aegilopoides*. Идентифицировано 11 линий с замедленным развитием болезни, полученных от скрещивания *T. aestivum* с *Aegilotriticum* sp. Наибольшее число (34,5 %) устойчивых гексаплоидных сортов пшеницы выявили в Североамериканской эколого-географической группе у вида *T. aestivum* subsp. *aestivum* (77 сортообразцов из США и 18 — из Канады). Отобранные образцы тетраплоидной пшеницы *T. turgidum* subsp. *durum* были представлены сортами из Северной и Центральной Америки, виды *T. turgidum* subsp. *turgidum*, *T. timopheevii* subsp. *timopheevii*, *T. turgidum* subsp. *dicoccon* — образцами из Европы и Азии. Обнаружены образцы диплоидной пшеницы *T. monococcum* subsp. *aegilopoides* из Ирака и Венгрии с высоким индексом устойчивости к септориозу. Замедленным развитием болезни характеризовались также синтетические линии пшеницы из США и Мексики. Выявлены сорта пшеницы с частичной устойчивостью к болезни: 10 — к возбудителю *S. tritici*, 40 — к *St. nodorum*. Особый интерес для селекции сортов с длительной устойчивостью к септориозу представляют сортообразцы PI 494096 Tadinia, Cltr 17904 Owens, Cltr 15645 П-62-4 (США); VIR 63915 Flame (Великобритания); Cltr 14492 Azteca, PI 520555 Alondora 'S' (Мексика); PI 404115 Timson (Австралия); Cltr 11765 Chinese 166 (Германия); PI 422413 CNT 1 (Бразилия); PI 168724 Benvenuto, Cltr 15378 Piamontes, PI 344468 Piamontes Inta (Аргентина); PI 306551 № 2944 (Румыния); PI 355706 № 6925.715 (Азербайджан); PI 355560 SK 1B (Швейцария); PI 94743 № 290 (Россия).

Ключевые слова: септориоз, *Septoria tritici*, *Stagonospora nodorum*, частичная устойчивость, длительная устойчивость, *Triticum*, диплоидная, тетраплоидная и гексаплоидная пшеница, синтетические линии, коллекция Germplasm Resources Information Network (GRIN).

Септориоз — одно из самых опасных и экономически значимых заболеваний на посевах зерновых культур в большинстве регионов с умеренным климатом (1, 2). Наибольшая вредоносность болезни отмечена во Франции, Великобритании, Германии, Польше, Бельгии, Чехии, Нидерландах, в странах Скандинавии (Норвегия, Швеция, Финляндия), Литве и Латвии (3-7). Случаи поражения септориозом зафиксированы в Северной Африке (Тунис, Алжир, Марокко, Эфиопия) и в Австралии, на Северном Кавказе (Грузия), в Северной (США, Канада) и Южной Амери-

ке (Мексика, Аргентина) (8-15). В России септориоз занимает доминирующее положение в комплексе грибных патологий на посевах пшеницы. Наибольшую опасность болезнь представляет в Центральном, Южном, Северо-Кавказском, Северо-Западном, Приволжском и Сибирском федеральных округах (16-18). В годы эпифитотий потери урожая от этого заболевания могут составлять от 20 до 40 % (19-23). Септориоз снижает фотосинтетическую активность растений и вызывает недоразвитость колосьев. Уменьшается ассимиляционная поверхность листьев, наблюдаются усыхание, излом стеблей (в результате сильного поражения узлов), преждевременное созревание и недобор зерна. При сильном поражении посевов септориоз может быть причиной пустоколосости и гибели отдельных растений. При более позднем появлении болезни снижение урожая зерна обычно не превышает 5-7 % (24-26). Возбудители септориоза способны поражать все надземные органы растений. В литературе встречается до 16 названий видов этого гриба, однако существует много разногласий в их таксономии. Наиболее известны на сегодняшний день три вида: *Septoria tritici* Rob. et Desm.; *Stagonospora nodorum* (Berk.) Castellani and E. G. Germano и *Stagonospora avenae* Bissett f. sp. *triticea* T. Johnson (25).

Селекция пшеницы на устойчивость к септориозу в нашей стране практически не проводится, несмотря на то, что это заболевание начало прогрессировать в России с начала 1970-х годов и в настоящее время распространено почти во всех регионах возделывания яровой и озимой пшеницы. Для создания устойчивых сортов необходимы доноры — источники генов резистентности, поиск которых можно осуществлять только среди сортообразцов мировых коллекций. Наиболее длительную защиту от септориоза обеспечивают сорта с частичной устойчивостью, характеризующиеся замедленным развитием болезни в полевых условиях, способные снизить возможность возникновения эпифитотий и увеличить продолжительность сохранения устойчивости у сорта (25, 27).

В представленной работе мы впервые определили параметры частичной устойчивости у сортов пшеницы из коллекции Germplasm Resources Information Network (GRIN, США) с использованием стабильных штаммов возбудителей *Septoria tritici* и *Stagonospora nodorum*.

Целью исследований был отбор сортов пшеницы с длительной устойчивостью к септориозу по результатам полевых и лабораторных тестов.

Методика. Динамику развития септориоза у образцов пшеницы (род *Triticum*) из коллекции GRIN (Germplasm Resources Information Network, США) изучали в 2009-2015 годах в инфекционном питомнике в Центральном регионе России (Московская обл., Одинцовский р-н, опытные поля Всероссийского НИИ фитопатологии — ВНИИФ) на искусственном фоне. Исследовали 2117 образцов пшеницы из разных генетических групп, в том числе 20 диплоидных ($2n = 14$), 409 тетраплоидных ($2n = 28$), 1688 гексаплоидных ($2n = 42$), а также 397 селекционных образцов от скрещивания *Triticum aestivum* с *Aegilotriticum* sp.

Площадь под кривой развития болезни (ПКРБ) определяли по методу D.A. Johnson с соавт. (28) на основании результатов 5 и более учетов интенсивности поражения растений септориозом в период вегетации:

$$S = 1/2 (x_1 + x_2)(t_2 - t_1) + \dots + (x_{n-1} + x_n)(t_n - t_{n-1}),$$

где S — ПКРБ; n — число учетов; x_1, x_2, \dots, x_n — степень развития болезни на момент соответственно 1-го, 2-го и последнего учета, %; $(t_2 - t_1)$ — время между 2-м и 1-м учетом, сут; $(t_n - t_{n-1})$ — время между последним и предпоследним учетом, сут.

Индекс устойчивости (ИУ) рассчитывали по формуле, предложен-

ной А.А. Макаровым с соавт. (29), как соотношение ПКРБ у тестируемого сорта и восприимчивого контроля: $IУ = \frac{ПКРБ_c}{ПКРБ_k}$. По величине ИУ сорта были условно разделены на 4 группы: с высоким (0,10-0,35), средним (0,36-0,65), низким (0,66-0,80) ИУ и с высокой восприимчивостью ($IУ > 0,81$). Для лабораторных исследований отбирали сорта, характеризующиеся замедленным развитием болезни в поле, то есть с высоким и средним ИУ.

Показатели количественной устойчивости (латентный период и размер инфекционных пятен) к возбудителю *Septoria tritici* изучали у 39 образцов, к *Stagonospora nodorum* — у 60 образцов пшеницы. В качестве контроля использовали восприимчивый сорт Приокская. Штаммы возбудителей были получены из Государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов и сортов растений-идентификаторов патогенных штаммов микроорганизмов (ВНИИФ).

Растения отобранных сортов выращивали в камерах лаборатории искусственного климата до фазы полностью развернувшегося 3-го листа. Лист разрезали на фрагменты длиной 9-10 см и раскладывали в поддоны на фильтровальную бумагу, смоченную водным раствором бензимидазола (0,4 г/л). Фрагменты листьев инокулировали, нанося на каждый каплю споровой суспензии одного из изолятов *S. tritici* (В-35/ЧИ1, 5/23, 5/8, 5/9; 10^7 спор/мл) или *St. nodorum* (Р-8, В-81, В-28/КГ₃, Налт-1; 10^6 спор/мл). Повторность для сочетания сорт—патотип 10-кратная.

По продолжительности латентного периода и размеру инфекционных пятен сортообразцы условно разделили на группы: I — с мелкими инфекционными пятнами и длительным латентным периодом; II — с мелкими инфекционными пятнами и коротким латентным периодом; III — с крупными инфекционными пятнами и длительным латентным периодом; IV — с крупными инфекционными пятнами и коротким латентным периодом. К сортам с длительным латентным периодом относили те, у которых для *S. tritici* и *St. nodorum* он составлял или превышал соответственно 15 и 5 сут, с коротким — был менее 15 и 5 сут. При площади пятен $< 20 \text{ мм}^2$ их считали мелкими, $> 20 \text{ мм}^2$ — крупными.

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа в программе, разработанной во ВНИИФ (версия 1.02.1995, ЭКЗ. № 006). В таблицах представлены средние и НСР₉₅.

Результаты. По данным многолетних исследований были выявлены сорта пшеницы и гибридные формы от скрещивания *T. aestivum* с *Aegilotriticum* sp. с разной скоростью развития септориоза. Наиболее длительную защиту обеспечивали сорта с высоким индексом устойчивости (то есть с частичной устойчивостью к болезни), характеризующиеся замедленным развитием септориоза в полевых условиях.

Отбор сортов пшеницы с высоким ИУ из разных генетических групп проводили с учетом их происхождения. В результате изученные образцы были отнесены к 10 эколого-географическим группам согласно классификации Н.И. Вавилова (30, 31).

Максимальное число образцов (85,7 %) с высоким индексом устойчивости идентифицировали среди сортов *T. aestivum* subsp. *aestivum* (табл. 1).

Большинство (34,5 %) изученных гексаплоидных сортов пшеницы, проявивших устойчивость, происходили из Североамериканской эколого-географической группы (вид *T. aestivum* subsp. *aestivum*): высокий ИУ имели 77 сортообразцов из США и 18 — из Канады (см. табл. 1). В основном это были селекционные образцы, а также сорта Chaparral, Minipro, Anderson (США) и Agatha (Канада). Особый интерес представляли

сорта Anderson и Agatha, у которых высокий ИУ к септориозу регистрировали в течение 3 лет исследований и более.

1. Сортообразцы пшеницы из коллекции Germplasm Resources Information Network (GRIN, США) с высоким индексом устойчивости к септориозу (инфекционный питомник, Центральный регион России, Московская обл., 2009-2015 годы)

Эколого-географическая группа	Страна	Число сортов	Название
<i>Triticum aestivum</i> subsp. <i>aestivum</i> (2n = 42)			
Североамериканская	США	77	N No. 1226; N No. 1121; N No. 1265; Rival; N 1827; II-36-67; 1415 A-1-1-1-1; Ns. 3880.227; Ns. 3880.127; II-52-238; ND 364; Chaparral; II-56-10; II-54-89; II-54-102; II-54-1; II-58-51; II-60-115; II-59-11; II-62-51; II-62-48; II-62-15; II-62-69; II-62-65; II-62-76; II-62-77; II-62-79; II-62-75; II-62-82; II-62-81; II-62-83; II-62-84; II-62-25; II-54-79; II-62-49; II-62-32; II-62-31; II-60-222; II-61-1; II-61-15; II-62-71; II-60-220; II-60-218; II-62-72; II-62-35; II-62-20; II-54-46; II-56-32; II-56-29; II-56-33; II-58-15; II-58-57; II-58-14; II-56-12-7; II-60-100; II-60-46; II-60-126; II-60-130; II-52-324; CI 15756; ND 466-2; ND 468; Frohberg 12-107; MN 6796; MN 6864; MN 6955S; MN 6983S; MN 7570; ND 573; ND 599; MN 7444; MN 7533; ND 617; Minnpro; Cltr 15645; Anderson; WA 6101
	Канада	18	RL 988; RL 2520; RL 4137; Agatha; RL 4110; RL 4151; RL 4170; RL 4203; RL 4204; 60 GRR 92; Q 254-43; Q 2331-34; RL 6003; RL 6005; RL 6008; RL 6009; RL 6010, P8917-B4D4
Центральноамериканская	Мексика	36	CI 2817; II-1776-2C; II-3962-2H-2Y-3C-1Y; VI-136-49-6H-1R; Huamantla Rojo; II-7242-5C-1H-2R-1M; II-7232-17R-1M-1B-2M; II-7527-5M-2R-5M-1R; II-7740-26-2H-1R-4M; II-8192-2R-2M-1R-4M; II-8495-4Y-9C-2Y-2C-1Y-2C-1Y; II-8523-11M-1R-4M; 8738-4R-5M-1R-1M-1R; P-9897-8T-2B-1T-1B; P-9916-9T-1B-2T-1B; P-11380-1B-7T-1B; P-11380-1B-7T-1B; II-11996-4R-5M-1R; JARAL 66; Bajio; Potam 70; II-19008-52M-6Y-3M-3Y-2C; II-19005-23M-3Y-3M-2Y-2C; II-19865-58M-100Y-104C; II-19021-4M-3Y-102M-2C; II-19008-83M-4R-4C-2Y-4C; D 19329-28M-11Y; Alondra 'S'; Cocora-Que F75; Mor 'S'; SWM 4127-1Y-1M-4Y-2M-1Y-OM; Bobwhite 'S'; Veery No. 3; Bobwhite 'S'; Alondra 'S'; II-1462-2C-2C-15C
	Бразилия	8	BH 941; CNT 1; Trareano; 16-52-2, BH 2845; Itapeva; Colotano; 266/51
Южноамериканская	Аргентина	18	Americano; IF 1054; Klein H211-t-1422; Benvenuto Inca; Benvenuto 3085; La Prevision 25; 38 M.A.; Klein Lucero; Piamontes; D.I.V. 6656; I-1055; Magnif 142; Piamontes Inta; Klein Impacto; Vivela Mar; Taganrog Buck Balcarse; Mole II; 1352
	Перу	3	Mult 757; Mult 760; Mult 764
Западноевропейская	Германия	1	Chinese 166
	Бельгия	1	ALBA
	Македония	1	I/24
	Чехословакия	2	Dobrovicka Drogerowa B I 32; Stupicka Bastard
	Болгария	2	Bogdan, Experiment station no.85
	Португалия	3	Richelle Blanche Hative; Portugues; WS-9
Восточноазиатская	Китай	13	3867; CI 8328; Chiu mai; 7045; 7049; 848; 7177; 7227; 7329; I13; 357; ST-56; Daqingshan No. 4
Средиземноморская	Турция	1	1403
Юго-Западноазиатская	Иран	1	158e
	Афганистан	2	BlackShanazi; Sirhosha
Южноазиатская	Непал	1	57-336
Австралийская	Австралия	2	AB 21/10-1-1-2; Timson
Африканская	Эфиопия	1	ELS 6404-26
Всего		191	
<i>Triticum aestivum</i> subsp. <i>spelta</i> (2n = 42)			
Западноевропейская	Испания	1	69Z6.886
<i>Triticum turgidum</i> subsp. <i>durum</i> (2n = 28)			
Североамериканская	США	1	ND 63-36
	Канада	1	UM 6001
Центральноамериканская	Мексика	6	RF 427-19; RF 427-30; Scoter 'S'; Gambridge 010, Pinguno 'S'; Pinguno

	<i>Triticum turgidum</i> subsp. <i>turgidum</i> (2n = 28)		
Юго-Западноазиатская	Армения	1	37
Западноевропейская	Португалия	1	Rubiao
	<i>Triticum turgidum</i> subsp. <i>dicoccon</i> (2n = 28)		
Западноевропейская	Италия	1	Paganuzzi
	Испания	1	103
	Швейцария	1	Subletschchumicum
	<i>Triticum timopheevii</i> subsp. <i>timopheevii</i> (2n = 28)		
Юго-Западноазиатская	Грузия	1	WIR 38555
Западноевропейская	Венгрия	1	01.01.2004
Средиземноморская	Израиль	1	Kurazim
	<i>Triticum monococcum</i> subsp. <i>aegilopoides</i> (2n = 14)		
Юго-Западноазиатская	Ирак	3	G2292, G2706, G2885
Западноевропейская	Венгрия	1	1-1-1752
	<i>Triticum aestivum</i> × <i>Aegilotriticum</i> sp.		
Североамериканская	США	2	SW34
Центральноамериканская	Мексика	9	BW27722; BW27723; BW27777; BW27778; BW27779; BW27830; BW27985; BW28153; BW28154
Всего		223	

Центральноамериканскую группу сформировали сортообразцы из Мексики и Бразилии. Среди мексиканских образцов мы отобрали 36 с высоким ИУ. У образцов из Бразилии ВН 941, CNT 1, Trareano, 16-52-2, ВН 2845 замедленное развитие болезни отмечали на протяжении многолетних исследований. Среди 54 изученных образцов из Южной Америки были выявлены 18 сортов с высоким ИУ из Аргентины и 3 линии из Перу. В странах Западной Европы обнаружено 10 аналогичных сортообразцов, в Восточноазиатской эколого-географической группе — 13 образцов из Китая (см. табл. 1).

Средиземноморская, Юго-Западноазиатская, Южноазиатская, Австралийская и Африканская эколого-географические группы оказались представлены небольшим числом сортов *T. aestivum* subsp. *aestivum*. Однако среди них удалось обнаружить образцы с высокой частичной устойчивостью к болезни: образец 1403 из Турции, 158e из Ирана, Black Shanazi и Sirhosha из Афганистана, 57-336 из Непала, АВ 21/10-1-1-2 и Timson из Австралии, ELS 6404-26 из Эфиопии. В генетической группе гексаплоидной пшеницы был отобран образец 69Z6.886 из Испании, отнесенный к разновидности *T. aestivum* subsp. *spelta* (см. табл. 1).

Среди сортообразцов тетраплоидной пшеницы *T. turgidum* subsp. *durum* мы выявили 16 с высоким ИУ (в основном из Северной и Центральной Америки). В группе *turgidum* subsp. *turgidum* выделились 2 образца, из форм *T. timopheevii* subsp. *timopheevii* — 3, *T. turgidum* subsp. *dicoccon* — также 3 образца из Европы (см. табл. 1).

К сортам с высоким индексом устойчивости к септориозу были отнесены 4 образца диплоидной пшеницы *T. monococcum* subsp. *aegilopoides* из Ирака и Венгрии. Замедленным развитием болезни характеризовались также синтетические линии пшеницы из США и Мексики (см. табл. 1).

При оценке количественной устойчивости сортов пшеницы к возбудителям септориоза *S. tritici* и *St. nodorum* образцы были разделены на четыре группы. Наибольший интерес для селекции представляют сорта I группы, у которых замедленное развитие болезни обусловлено увеличением продолжительности латентного периода и уменьшения размера инфекционных пятен по сравнению с таковыми у восприимчивого контроля. Среди изученных образцов из коллекции GRIN мы не обнаружили сортов, принадлежащих к I группе по устойчивости к *S. tritici*. В I группу по устойчивости к *St. nodorum* были включены 13 сортов (табл. 2).

У сортов из II группы развитие инфекции замедлялось за счет уменьшения размера инфекционных пятен. Во II группу по устойчивости

к *S. tritici* входили 8 сортов, по устойчивости к *St. nodorum* — тоже 8 сортов из коллекции GRIN (см. табл. 2, 3).

2. Сортообразцы пшеницы из коллекции Germplasm Resources Information Network (GRIN, США) с частичной устойчивостью к *Stagonospora nodorum*

№ по каталогу GRIN	Сорт	Происхождение	Размер пятен, мм ²	Латентный период, сут
I группа				
PI 520555	Alondora 'S'	Мексика	18,32	7,00
PI 422413	CNT 1	Бразилия	13,86	6,50
VIR 63915	Flame	Великобритания	15,72	6,50
PI 404115	Timson	Австралия	12,03	6,25
PI 494096	Tadinia	США	13,35	6,25
PI 168724	Benvenuto	Аргентина	11,60	5,50
PI 306551	2944	Румыния	13,30	5,50
PI 355706	69Z5.715	Азербайджан	13,70	5,50
Cltr 15645	II-62-4	США	16,56	5,50
PI 344468	Piamontes Inta	Аргентина	16,88	5,50
Cltr 17904	Owens	США	17,13	5,50
PI 355560	SK 1B	Швейцария	10,60	5,30
PI 94743	290	Россия	12,15	5,25
II группа				
PI 190974	Aristato Blanco	Италия	11,00	4,50
PI 191353	Novokrymka 204	Украина	15,20	4,50
PI 341803	WIR43065	Франция	15,50	4,50
PI 345242	241-VII/4	Македония	12,90	4,30
PI 300991	Kurazim	Израиль	13,40	4,30
PI 427867	G2697	Ирак	12,83	4,25
PI 418584	WIR 38555	Грузия	18,40	4,00
PI 290518	01.01.2004	Венгрия	19,13	4,00
III группа				
Cltr 12536	Anderson	США	33,50	7,30
VIR 64130	Warigal Dagger	Австралия	36,50	7,30
PI 168725	Benvenuto 3085	Аргентина	48,00	7,30
PI 338913	Azteca	Мексика	66,40	7,30
PI 168724	Benvenuto INCA	Аргентина	56,50	6,80
PI 278222	Gambridge Rivet	Великобритания	29,00	6,50
PI 604225	KS96WGRC40	США	29,10	6,30
Cltr 13113	Kansas № 26365	США	42,20	6,30
Cltr 15378	Piamontes	Аргентина	24,58	6,25
Cltr 14465	Kansas № 594-2	США	34,00	6,00
Cltr 14492	Azteca	Мексика	22,16	6,00
PI 214401	Veranopolis	Бразилия	33,67	6,00
PI 520552	Bobwhite 'S'	Мексика	28,66	5,50
Cltr 12053	Cadet	США	30,58	5,50
PI 422273	Alondra 'S'	Мексика	24,28	5,50
Cltr 11765	Chinese 166	Германия	39,28	5,50
PI 348702	69Z6.886	Испания	26,68	5,00
PI 479692	K-20	ЮАР	35,00	5,00
Cltr 64135	IW 562	Австралия	52,00	5,00
НСП ₉₅			13,86	0,92

Примечание. Результаты лабораторного тестирования; описание групп см. в разделе «Методика».

3. Сортообразцы пшеницы из коллекции Germplasm Resources Information Network (GRIN, США) с частичной устойчивостью к *Septoria tritici*

№ по каталогу GRIN	Сорт	Происхождение	Размер пятен, мм ²	Латентный период, сут
II группа				
Cltr 15378	Piamontes	Аргентина	20,00	14,50
PI 433753	Gambridge 010	Мексика	16,60	8,00
PI 648860	BW 28154	Мексика	18,30	8,00
PI 191204	Rubiao	Португалия	13,50	7,75
Cltr 11765	Chinese 166	Германия	11,50	7,25
PI 189631	Trareano	Бразилия	12,90	7,75
PI 352061	Klein Inpacto	Аргентина	15,00	7,25
PI 422413	CNT 1	Бразилия	14,00	7,00
III группа				
PI 338913	Azteca	Мексика	25,00	15,00
PI 520555	Alondora 'S'	Мексика	36,30	15,00
НСП ₉₅			21,10	1,94

Примечание. Результаты лабораторного тестирования; описание групп см. в разделе «Методика».

К III группе принадлежали сортообразцы, обеспечивающие замедленное развитие болезни за счет более длительного латентного периода. По устойчивости к *S. tritici* к ним относились сорта Azteca и Alondora 'S', по устойчивости к *St. nodorum* — 19 сортов (см. табл. 2). В IV группу входили восприимчивые сорта пшеницы, у которых латентный период и размер инфекционных пятен оказались сопоставимы с аналогичными показателями у восприимчивого контроля или превышали их. К этим образцам были отнесены 30 форм, которые в полевых тестах проявили слабое поражение возбудителем *S. tritici*, и 20 — *St. nodorum*.

Таким образом, в результате многолетних исследований образцов из коллекции GRIN (Germplasm Resources Information Network, США) были отобраны сорта пшеницы, обеспечивающие частичную устойчивость растений к септориозу за счет увеличения продолжительности латентного периода и уменьшения размера инфекционных пятен, а также способные ограничивать эпифитотийное развитие болезни. К ним относятся 10 сортов с частичной устойчивостью к возбудителю *Septoria tritici* и 40 сортов — к *Stagonospora nodorum*. Наибольшую ценность для селекции сортов с длительной устойчивостью к септориозу представляют сортообразцы Tadinia (PI 494096), Owens (Cltr 17904), II-62-4 (Cltr 15645) из США, Flame (VIR 63915) из Великобритании, Azteca (Cltr 14492), Alondora 'S' (PI 520555) из Мексики, Timson (PI 404115) из Австралии, Chinese 166 (Cltr 11765) из Германии, CNT 1 (PI 422413) из Бразилии, Benvenuto (PI 168724), Piamontes (Cltr 15378), Piamontes Inta (PI 344468) из Аргентины, 2944 (PI 306551) из Румынии, 69Z5.715 (PI 355706) из Азербайджана, SK 1B (PI 355560) из Швейцарии и 290 (PI 94743) из России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ponomarenko A., Goodwin S.B., Kema G. Septoria tritici blotch (STB). The Plant Health Instructor, 2011 (doi: 10.1094/PHI-I-2011-0407-01).
2. Brown J.K.M., Arraiano L.S. Association genetics of resistance to *Septoria tritici* blotch in north-west European wheat cultivars and breeding lines, and implications for resistance breeding. 8th International Symposium on Mycosphaerella and Stagonospora diseases of Cereals. Book of Abstracts. Mexico city, Mexico, 2011: 48.
3. Wiik L. Control of fungal diseases in winter wheat. Evaluation of long-term field research in southern Sweden. Acta Universitatis agriculturae Sueciae, 2009, 97: 3-45.
4. Suffert F., Sache I., Lannou C. Assessment of quantitative traits of aggressiveness in *Mycosphaerella graminicola* on adult wheat plants. Plant Pathol., 2013: 62: 1330-1341 (doi: 10.1111/ppa.12050).
5. Jørgensen L.N., Hovmøller M.S., Hansen J.G., Lassen P., Clark B., Bayles R., Rodemann B., Flath K., Jahn M., Goral T., Czembor J.J., Cheyron P., Maumene C., De Pope C., Ban R., Cordsen Nielsen G., Berg G. IPM strategies and their dilemmas including an introduction to www.eurowheat.org. Journal of Integrative Agriculture, 2014, 13: 265-281 (doi: 10.1016/S2095-3119(13)60646-2).
6. Arraiano L.S., Kirby J., Brown J.K.M. Cytogenetic analysis of the susceptibility of the wheat line Hobbit sib (Dwarf A) to *Septoria tritici* blotch. Theor. Appl. Genet., 2007, 116(1): 113-122 (doi: 10.1007/s00122-007-0651-9).
7. Arraiano L.S., Braiding P.A., Debryver F., Brown J.K.M. Resistance of wheat to septoria tritici blotch (*Mycosphaerella graminicola*) and associations with ideotype and the 1BL-1RS translocation. Plant Pathol., 2006, 55: 54-61 (doi: 10.1111/j.1365-3059.2005.01319.x).
8. McDonald M.C., McDonald B.A., Solomon P.S. Recent advances in the *Zymoseptoria tritici*—wheat interaction: insights from pathogenomics. Front. Plant Sci., 2015, 6: 102 (doi: 10.3389/fpls.2015.00102).
9. Raman H., Milgate A. Molecular breeding for *Septoria tritici* blotch resistance in wheat. Cereal Res. Commun., 2012, 40(4): 451-466 (doi: 10.1556/CRC.40.2012.4.1).
10. Takele A., Lencho A., Getaneh W/Ab, Hailu E., Kassa B. Status of wheat Septoria leaf blotch (*Septaria tritici* Roberge in Desmaz) in South West and Western Shewa Zones of Oromiya Regional State, Ethiopia. Research in Plant Sciences, 2015, 3(3): 43-48.
11. Simon M.R., Cordo C.A., Castillo N.S., Struik P.C., Borner A. Population

- structure of *Mycosphaerella graminicola* and location of genes for resistance to the pathogen: Recent advances in Argentina. International Journal of Agronomy, 2012, 2012: Article ID 680275, (doi: 10.1155/2012/680275).
12. Said A. Epidemics of *Septoria tritici* blotch and its development over time on bread wheat in Haddiya-Kambata Area of Southern Ethiopia. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare, 2016, 6(1): 47-57.
 13. Singh P.K., Duveiller E., Singh R.P., Singh S., Herrera-Foessel S.A., Huerta-Espino J., Manes Y., Bonnett D., Dreisigasker S. Characterization of CIMMYT germplasm for resistance to Septoria diseases of wheat. 8th International Symposium on Mycosphaerella and Stagonospora diseases of Cereals. Book of Abstracts. Mexico city, Mexico, 2011: 55.
 14. Simon M.R., Perello A.E., Cordo C.A., Larran S., van der Putten P.E.L., Struik P.C. Association between *Septoria tritici* blotch, plant height, and heading date in wheat. Agron. J., 2005, 97(4): 1072-1081 (doi: 10.2134/agronj2004.0126).
 15. Zhang X., Haley S.D., Jin Y. Inheritance of *Septoria tritici* blotch resistance in winter wheat. Crop Sci., 2001, 41: 323-326 (doi: 10.2135/cropsci2001.412323x).
 16. Санин С.С., Санина А.А. Септориоз пшеницы. Диагностика, фитосанитарные наблюдения, управление защитой растений. М., 2013.
 17. Санин С.С., Санина А.А., Мотовилин А.А., Пахолкова Е.В., Корнева Л.Г., Жохова Т.П., Полякова Т.М. Защита пшеницы от септориоза. Защита и карантин растений, 2012, 4: 61-82.
 18. Пахолкова Е.В., Сальникова Н.Н., Куркова Н.А. Генетическая структура региональных популяций *Mycosphaerella graminicola* (*Septoria tritici*) — возбудителя септориоза пшеницы (*Triticum aestivum* L.). Сельскохозяйственная биология, 2016, 51(5): 722-730 (doi: 10.15389/agrobiology.2016.5.722rus).
 19. Коломиец Т.М., Панкратова Л.Ф., Скатенок О.О., Пахолкова Е.В. Создание генбанка источников устойчивости сортов пшеницы к септориозу. Защита и карантин растений, 2015, 7: 44-46.
 20. Пахолкова Е.В., Сальникова Н.Н., Акимова Е.А., Санина А.А. Особенности распространения возбудителей септориоза на посевах пшеницы в РФ. Мат. III Международного микологического форума «Современная микология в России», т. 5. М., 2015: 107-108.
 21. Пахолкова Е.В. Скорость развития листостебельных инфекций зерновых культур. Защита и карантин растений, 2015, 3: 39-40.
 22. Зеленева Ю.В. Методические подходы к выявлению источников устойчивости пшеницы к возбудителю *Septoria tritici*. Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки, 2008, 13(5): 333-337.
 23. Санин С.С., Назарова Л.Н. Фитосанитарная обстановка на посевах пшеницы в Российской Федерации (1991-2008 гг.). Защита и карантин растений, 2010, 2: 70-80.
 24. Кочоров, А.С., Сагитов А.О., Аубакирова А.Т. Динамика и прогноз развития септориоза пшеницы на востоке Казахстана. Защита и карантин растений, 2013, 9: 44-45.
 25. Коломиец Т.М., Пахолкова Е.В., Дубовая Л.П. Отбор исходного материала для создания сортов пшеницы с длительной устойчивостью к септориозу. Методические указания. М., 2017.
 26. Giligan C.A. Sustainable agriculture and plant diseases: An epidemiological perspective. Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences, 2008, 363(1492): 741-59 (doi: 10.1098/rstb.2007.2181).
 27. Vockus W.W., De Wolf E.D., Gill B.S., Jardine D.J., Stack J.P., Bowden R.L., Fritz A.K., Martin T.J. Historical durability of resistance to wheat diseases in Kansas. Plant Health Progress, 2011, August: 2 August 2011 (doi: 10.1094/PHP-2011-0802-01-RV).
 28. Johnson D.A., Wilcoxson R.D. A table of areas under disease progress curves. Texas Agric. Exp. Stn. Tech. Bull., 1981, 1337: 2-10.
 29. Макаров А.А., Стрижекозин Ю.А., Соломатин Д.А., Демичева Т.А., Кухтина А.В. Количественная классификация сортов пшеницы по степени раснеспецифической устойчивости к бурой ржавчине. В сб.: Иммуитет сельскохозяйственных культур к возбудителям грибных болезней. М., 1991: 105-110.
 30. Вавилов Н.И. Учение об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям. Т. 1. Л., 1967.
 31. Вавилов Н.И. Происхождение и география культурных растений. Л., 1987.

ФГБНУ Всероссийский НИИ фитопатологии,
143050 Россия, Московская обл., Одинцовский р-н,
пос. Большие Вяземы, ул. Институт, вл. 5,
e-mail: lomil@yandex.ru, kolomiets@vniif.ru

Поступила в редакцию
16 июня 2016 года

WHEAT (*Triticum* L.) CULTIVARS FROM GRIN COLLECTION (USA) SELECTED FOR DURABLE RESISTANCE TO *Septoria tritici* AND *Stagonospora nodorum* BLOTCH

T.M. Kolomiets, L.F. Pankratova, E.V. Pakholkova

All-Russian Research Institute of Phytopathology, Federal Agency of Scientific Organizations, 5, ul. Institute, pos. Bol'shie Vyazemy, Odintsovskii Region, Moscow Province, 143050 Russia, e-mail lomil@yandex.ru, kolomiets@vniif.ru

ORCID:

Kolomiets T.M. orcid.org/0000-0002-1897-2380

Pankratova L.F. orcid.org/0000-0001-7472-1079

The authors declare no conflict of interests

Received June 16, 2016

doi: 10.15389/agrobiol.2017.3.561eng

Abstract

Septoria tritici blotch (STB) or *Stagonospora nodorum* blotch (SNB) are among the most harmful and economically significant diseases of wheat in the grain growing regions of the world, especially in the countries with a temperate climate. In epiphytotic years the losses from the disease can reach 30–40 %. In Russia the diseases holds a dominant position in a pathogenic complex of fungus diseases of grain crops. In this paper we first determined the parameters of partial resistance in the cultivars of wheat (genus *Triticum*) from the collection of the Germplasm Resources Information Network (GRIN, USA) using the stable strains of *Septoria tritici* and *Stagonospora nodorum* pathogens. The aim of our study was to select wheat varieties with long-term resistance to blotch based on field and laboratory tests. A long-term study (2009–2015) of the disease development on the wheat cultivars from GRIN Collection were conducted at artificial infection in infection nursery (Central region of Russia, Moscow Province). The samples studied belonged to various genetic groups. A total of 20 samples were diploids ($2n = 14$), 409 samples were tetraploids ($2n = 28$), 1688 samples were hexaploids ($2n = 42$), and also 397 lines derived from crossing of *Triticum aestivum* with *Aegilotruncum* were tested. The area under disease progress curve was determined, and the index of resistance (IR) was calculated. The cultivars, that characterized by slow development of the disease in the field, i.e. with high- and middle IR, were selected for laboratory studies. The plants were grown in artificial climate chambers till the 3rd leaf fully unfolded. Pieces of leaves were inoculated by a drop of spore suspension of *S. tritici* (4 isolates) or *St. nodorum* (4 isolates), 10 replications per each variety-to-pathotype combination. The samples were grouped according to the latent period length and size of infectious spots. As a result, 191 samples of *T. aestivum* subsp. *aestivum* and a sample of *T. aestivum* subsp. *spelta* with a high index of resistance to the disease were selected among hexaploid wheat; 16 samples were found in tetraploid wheat, including 8 samples of *T. turgidum* subsp. *durum*, 2 samples of *T. turgidum* subsp. *turgidum*, 3 samples of *T. turgidum* subsp. *dicoccon*, 3 samples of *T. timopheevii* subsp. *timopheevii*; and 4 samples were selected from diploid wheat *T. monococcum* subsp. *aegilopoides*. Eleven lines derived from crossing of *T. aestivum* and *Aegilotruncum* sp. showed the slowed-down in the disease development. The selected hexaploid wheat cultivars were mostly from North American ecology-geographical group of *T. aestivum* subsp. *aestivum*, including 77 cultivars from the USA and 18 — from Canada (34.5 % in total). Selected tetraploid wheat samples of *T. turgidum* subsp. *durum* were from North and Central America, and those of *T. turgidum* subsp. *turgidum*, *T. timopheevii* subsp. *timopheevii* and *T. turgidum* subsp. *dicoccon* from Europe and Asia. The samples from Iraq and Hungary with a high index of blotch resistance were found among diploid wheat *T. monococcum* subsp. *aegilopoides*. The synthetic lines of wheat from the USA and Mexico were also characterized by a slowed-down development of the disease. Thus the wheat cultivars with partial resistance have been revealed, including 10 cultivars with partial resistance to *Septoria tritici* blotch and 40 cultivars — to *Stagonospora nodorum* blotch. The accessions PI 494096 Tadinia, Cltr 17904 Owens, Cltr 15645 II-62-4 (USA), VIR 63915 Flame (England), Cltr 14492 Azteca, PI 520555 Alondora 'S' (Mexico), PI 404115 Timson (Australia), Cltr 11765 Chinese 166 (Germany), PI 422413 CNT 1 (Brazil), PI 168724 Benvenuto, Cltr 15378 Piamontes, PI 344468 Piamontes Inta (Argentina), PI 306551 2944 (Romania), PI 355706 69Z5.715 (Azerbaijan), PI 355560 SK 1B (Switzerland), PI 94743 290 (Russia) are of special interest for breeding as a source of long term resistance.

Keywords: *Septoria tritici* blotch, STB, *Stagonospora nodorum* blotch, SNB, partial resistance, long-term resistance, *Triticum* L., diploid, tetraploid and hexaploid wheat, synthetic lines, the Germplasm Resources Information Network (GRIN) Collection.

Научные собрания

4th WATER RESEARCH CONFERENCE: THE ROLE OF WATER TECHNOLOGY INNOVATION IN THE BLUE ECONOMY

(10–13 September 2017, Crowne Plaza Kitchener-Waterloo)

Information: <https://www.elsevier.com/events/conferences/water-research-conference>