

СЕЛЕКЦИЯ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К СЕПТОРИОЗУ

SOFT SPRING WHEAT BREEDING FOR SEPTORIOSIS RESISTANCE

Новохатин В.В.¹, Драгавцев В.А.², Шеломенцева Т.В.¹

¹ Тюменский Научный Центр СО РАН

625501, Россия, Тюмень

E-mail: Natalya_sharapov@bk.ru

² ФГБНУ Агрофизический институт

195220, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: dravial@mail.ru

Novokhatin V.V.¹, Dragavtsev V.A.², Shelomentseva T.V.¹

¹ Tyumen Scientific Center of Siberian Branch of RAS

625501, Tyumen, Russia

E-mail: Natalya_sharapov@bk.ru

² Agrophysical Research Institute

195220, Saint-Petersburg 14, Grazhdanskiy pr., Russia

E-mail: dravial@mail.ru

Септориоз является одним из основных патогенов, наносящих большой вред производству зерна пшеницы в Северном Зауралье, где в годы эпифитотий он снижает абсолютную массу зерна (массу 1000 зёрен) — на 28–46% и урожайность до 50% и выше. Самым результативным методом борьбы с патогеном является создание сортов мягкой яровой пшеницы с горизонтальными устойчивостью и выносливостью к патогену. Цель исследований: изучить расширенный набор сортообразцов различного эколого-географического происхождения и выявить хорошо адаптированные к местным условиям урожайные генотипы, с комплексом хозяйственно ценных признаков. В искусственно созданных провокационных условиях и в годы эпифитотий септориоза, оценить генотипы на устойчивость к патогену, выделить иммунные формы и рекомендовать их в качестве источников для создания устойчивых и выносливых к септориозу сортов. Путём накопления аддитивных компонент горизонтального иммунитета создать устойчивые и выносливые к патогену генотипы. В задачи исследования входило обнаружение морфологических признаков, оказывающих противодействие заражению спорами септориоза; создание и оценка устойчивых к патогену генотипов. Исследования проводили в 2015–2018 годах на базе НИИСХ Северного Зауралья — филиала Тюменского НЦ СО РАН. Материал исследования — 420 сортообразцов коллекции ВИРА различного эколого-географического происхождения и 220 линий конкурсного сортоиспытания местной селекции. В качестве инокуляма использована местная популяция септориоза. В результате исследований выявлено, что горизонтальная устойчивость обусловлена гладкой, эластичной кутикулой и утолщённым эпидермисом, что характерно для устойчивых сортообразцов: к-64893, 64891, к-64895 (Китай), к-64980 и к-64976 (Канада), что типично и для выносливых: к-65813 (Китай), к-66031, к-66032, К-66033 (Швейцария). У созданных в местных условиях генотипов горизонтальная устойчивость к септориозу зависит от степени и качества опушения листьев и влагалищ, сильного воскового налёта на стеблях, листьях, колосьях, и утолщённого эпидермиса, что характерно для устойчивых линий: Гренада, Лутесценс 463 СП-2/15, Эритроспермум 314 СП-2/15 и Эритроспермум 405 СП-2/15 и пяти выносливых, в том числе сорта Атланта-1. Сорт Гренада зарегистрирован Госкомиссией с 2019 года по 9 региону РФ, Атланта-1 с 2018 года изучается в Госсортоиспытании.

Ключевые слова: яровая пшеница, сорт, иммунитет, септориоз, вегетация, масса 1000 зерен, урожайность.

Для цитирования: Новохатин В.В., Драгавцев В.А., Шеломенцева Т.В. СЕЛЕКЦИЯ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К СЕПТОРИОЗУ. *Аграрная наука*. 2019; (1): 27–32.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-27-32>

Septoria is one of the main pathogens that cause great harm to the production of wheat in the Northern Trans-Urals, where during epiphytotic years it reduces the absolute mass of the grain (mass 1000 grain) by 28–46% and the yield to 50% or more. The most effective method to combat the pathogen is the creation of varieties of soft spring wheat with horizontal resistance and hardiness to the pathogen. The purpose of the research: — to study an extended set of variety samples of various ecological and geographical origin and to identify yield genotypes well adapted to local conditions, with a complex of economically valuable traits. In artificially created provocative conditions and in the years of epiphytotics of septoria, evaluate genotypes for resistance to the pathogen, isolate immune forms and recommend them as sources for creating varieties resistant and hardiness to septorios. By accumulating additive components of horizontal immunity, create genotypes that are resistant and hardiness to the pathogen. The tasks of the study included the detection of morphological traits that counteract infection with spores of Septoria; creation and evaluation of pathogen-resistant genotypes. Studies were conducted in 2015–2018. on the basis of the Research Institute of Agriculture of Northern Trans-Ural — a branch of the Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of RAS. The research material is 420 variety samples of the VIR collection of various ecological and geographical origin and 220 lines of competitive variety testing of local breeding. The local population of septoria was used as inoculum. As a result of research, it was revealed that horizontal stability is due to a smooth, elastic cuticle and thickened epidermis, which is typical for resistant varieties: k-64893, 64891, k-64895 (China), k-64980 and k-64976 (Canada), which is typical and for the hardiness: K-65813 (China), K-66031, K-66032, K-66033 (Switzerland). In genotypes created locally, horizontal resistance to septoria is depends on the degree and quality of pubescence of leaves and vaginas, strong wax coating on stems, leaves, ears, and thickened epidermis, which is characteristic of stable lines: Grenada, Lutescens 463 SP-2/15, Erythrospermum 314 SP-2/15 and Erythrospermum 405 SP-2/15 and five hardiness, including variety Atlanta-1. The variety Grenada is registered by the State Commission of varieties testing from 2019 to 9 regions (Ural) of the Russian Federation, Atlanta-1 since 2018 is studied in the State Commission.

Key words: spring wheat, varieties, immunity, septoria fungus, vegetation, 1000 grains weight, yield.

For citation: Novokhatin V.V., Dragavtsev V.A., Shelomentseva T.V. SOFT SPRING WHEAT BREEDING FOR SEPTORIOSIS RESISTANCE. *Agrarian science*. 2019; (1): 27–32. (In Russ.) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-27-32>

Септориоз является опасным заболеванием пшеницы. Его вредоносность отмечается в регионах умеренного климата — скандинавских странах [1, 2], центральных районах России, в Восточной и Западной Сибири [3, 4]. В годы эпифитотий вредоносность септориоза составляет 20–40% потери урожая [5]. В Северном Зауралье недобор зерна пшеницы, в последние годы, из-за септориоза, превышает 50%. При этом патоген поражает не только листовую аппарат, но и колос и особенно стебель — аналогично стеблевой ржавчине [6]. В литературе описаны 16 видов септориоза, из которых наиболее известны три: *Septoria tritici*, *Stagonospora nodorum* и *Stagonospora avena*. Из них первые два имеют широкое распространение [7]. При этом, доминирующим видом в септориозном комплексе является *Septoria tritici*. Устойчивость к патогену может быть как количественной (горизонтальной), так и специфической (вертикальной) [8,4]. По мнению ряда авторов [7], селекция на устойчивость к септориозу в России практически не ведётся.

Н.И. Вавилов [9,10] трактовал иммунитет как проявление приспособительных свойств организмов и указывал, что иммунитет растений определяется тремя категориями: наследственными особенностями сорта, избирательной специализацией паразитов и условиями внешней среды. Закономерности распространения иммунитета сопряжены с географическими зонами, родами и видами растений. Поэтому, основываясь на законе гомологических рядов, Н.И. Вавилова [11] и данных о генезисе культуры можно планировать вовлечение тех или иных образцов в создание исходного материала для получения трансгрессий с проявлением признака превышающим пределы норм реакции у родительских форм [12].

Известно, что абсолютного иммунитета (полной устойчивости) к септориозу не существует [4], так как некрозы (пикниды) присутствуют всегда [13, 14]. Поэтому основное внимание должно уделяться горизонтальной устойчивости, в основе возникновения которой лежит накопление в одном сорте аддитивных компонент устойчивости, действующих против экстремальных форм патогена — генетический гомеостаз устойчивости [15].

В растения пикноспоры септориоза проникают как через устьица, так и, в основном, через эпидермис, распространяясь по межклетникам. Гифы эцидоспор инвазируют паренхимную ткань, скапливаясь в воздушных карманах устьиц, где на них образуются пикниды, которые закупоривают проводящие сосуды и сосулисто-волокнуистые пучки стебля [15, 16]. Истинная горизонтальная устойчивость к септориозу, как и к другим грибным заболеваниям, главным образом обусловлена неспецифическими механизмами, сдерживающими как эктофитную, так и эндофитную стадии развития патогена. Это — анатомо-морфологические особенности листа пшеницы (плотность и толщина кутикулы, опушенность листьев и стеблей (густота, структура и высота ворса) строение, размеры и количество устьиц на единицу площади листа, каплеудерживающая способность листьев и т.п.). Эти механизмы сдерживают эктофитную стадию развития гриба. Существуют и неспецифические элементы, препятствующие развитию эндофитной стадии. Их действие проявляется в уменьшении спороношения патогена.

Таким образом, горизонтальная устойчивость есть следствие совместного действия многих факторов (не обязательно аддитивных), каждый из которых контролируется своей генетической системой. Одни из этих

факторов могут быть олигогенами (майор-генами Г. Менделя), другие — могут быть полигенными. В целом горизонтальная устойчивость определяется многими генами разных генетических систем и должна рассматриваться как количественный признак. Имеющимся на сегодня методами каждый из этих генов в отдельности не может быть выявлен. Поэтому для характеристики популяции по степени горизонтальной устойчивости нельзя использовать ни гистограммы расщеплений по Г. Менделю, ни частоты генов. Единственный путь — это применение обычных статистических параметров: средней величины, дисперсии и среднего квадратического отклонения [17].

При заражении в опушении листьев и стебля накапливается большое количество спор (заспоренье), что снижает количество инфекционного начала, а плотный, утолщённый эпидермис препятствует прорастанию спор [16]. Сильный кутикулярный восковой налёт обеспечивает растениям засухоустойчивость [18,19]; устойчивость к намоканию колоса и прорастанию на корню [20], а также ограничивает прорастание спор грибов.

Для создания устойчивых к патогену сортов необходимы источники генов резистентности, которые можно выявить в коллекции ВИРа и среди местного селекционного материала, изучаемого в провокационных условиях и в годы эпифитотий патогена. Считается, что длительную защиту от септориоза обеспечивают сорта с частичной устойчивостью, за счёт более длинного латентного периода [15] и замедленного развития болезни [21,22]. В биологическом отношении снижение поражения грибом возможно за счёт механизма, позволяющего избежать заражения — ускоренного прохождения формирования и налива зерна, что характерно для скороспелых и раннеспелых сортов [23].

В представленной работе мы впервые выделили из коллекции ВИРа и из селекционных питомников сорта мягкой яровой пшеницы с горизонтальной устойчивостью к септориозу и дали характеристику созданным сортам и генотипам устойчивым к данному фитопатогену.

Результаты исследований

Развитию септориоза благоприятствует чередование тёплых, влажных дневных условий и прохладных ночных, что характерно для второй половины вегетации яровой пшеницы в Северном Зауралье. Это благоприятствует проявлению эпифитотий патогена, которые особенно проявились в 2015, 2017, 2018 годах.

Из изученных 420 сортообразцов коллекции ВИРа, различного эколого-географического происхождения, по устойчивости к септориозу, выделилось 9 (табл. 1), которые по периоду вегетации относятся, в основном, к раннеспелой группе и характеризуются хорошей устойчивостью к полеганию. Отличительная их особенность в том (первый тип), что они имеют неопушённые листья, гладкую кутикулу и плотный эпидермис, ограничивающие прорастание спор септориоза. Среди них хорошо выраженную горизонтальную (полевую) устойчивость показывают швейцарские сорта: Molera (к-66033), Toronit (к-66032) и Greina (к-66031). При этом, у первого она выражена лучше (0/0). В эту же группу входит и китайский сорт Jin Mai 71 (к-65813) (1/10). У других выделенных сортообразцов отмечена стабильно проявляющаяся по годам выносливость к патогену (2/20) — PS-87 (к-64893), PS-90 (к-64891), PS-136 (к-64895) (Китай), AC Corinne (к-64980) и CDC Merlin (к-64976) (Канада).

Сравниваемые сорта — стандарты: раннеспелая — Ирень и среднеспелая — Омская 36 в таких же условиях сильно поражались патогеном — 4/80. Следует отметить, что поражение септориозом проходит во второй половине вегетации, поэтому у поражаемых генотипов озерненность колоса практически не снижается, но на фоне высокой патогенной нагрузки — при искусственном заражении и при эпифитотиях — сильно снижается абсолютная масса зерна, из-за отрицательной корреляции между степенью поражения септориозом и массой 1000 зёрен $r = -0,465...-0,563$. При этом варьирование массы 1000 зёрен довольно значительно — $V = 13,7-17,2\%$). Основной стандарт Омская 36 в 2017 году снизила массу 1000 зёрен, по отношению к выносливым к патогену сортам, — на 28–46%, а по сравнению с устойчивой Molera (K-66033) — на 50%. Несколько меньше это проявилось в 2015 и, особенно, 2018 году, когда из-за климатических условий (дожди, прохладная погода), массовое развитие септориоза проходило на 10 суток позже — во время налива зерна. Снижение абсолютной массы зерна привело к сильному снижению урожайности. У выделенных по комплексу признаков 56 сортообразцов она сильно варьировала $V = 29,1-34,5\%$. Зарегистрированные сорта сформировали небольшую урожайность: Омская 36 — 242–269 г/м² и Ирень — 233–305 г/м². Средняя урожайность, за два последних года, охватывающая весь набор генотипов (табл. 1), показывает, что она у стандартов — 256–260 г/м², а у сортов выносливых к патогену, в основном, 350–376 г/м², что на 90–116 г/м² (35–44%) выше, чем у стандартных сортов. Сорта с горизонтальной устойчивостью более урожайные (396–559 г/м²) — в среднем 424–478 г/м², это на 74–102 г/м² (21–27%) выше предыдущих сортов и на 168–209 г/м² (65–77%) больше стандартов.

В связи с высокой вирулентностью септориоза и большого вреда, наносимого им производственным посевам пшеницы в Северном Зауралье, селекционная работа здесь направлена на создание устойчивых и выносливых к патогену сортов. В связи с этим весь исходный и созданный селекционный материал (по питомникам) оценивается при высокой патогенной нагрузке септориоза в естественных условиях (эпифитотии) и при искусственном заражении генотипов старших питомников. Это позволило создать ряд выносливых к патогену гибридных комбинаций, из которых выделены трансгрессии — генотипы с горизонтальной устойчивостью к септориозу. Из изученных в последние годы (4–5 лет) 220 линий в конкурсном сортоиспытании — 2 из них: Гренада, Лютесценс 463 СП-2/15 и пшеницевидные яровые тритикале: Эритроспермум 314 СП-2/15 и Эритроспермум 405 СП-2/15 стабильно выделяются высокой горизонтальной устойчивостью, и пять линий: Атланта-1, Лютесценс 480 КП-1/15, Лютесценс 36 КСИ/11, Лютесценс 189 КП-2/14, Лютесценс 186 КП-2/14 — выносливостью (1/10–2/20) к патогену (табл. 2). Сорта стандарты: раннеспелая — Новосибирская 31 и среднеспелая Омская 36 сильно поражаются септориозом — 3/60–4/80. Отличительная особенность генотипов с горизонтальной устойчивостью к патогену (второй тип) — очень сильный восковой налёт на растениях (стебель, листья, колос), создающий серо-голубой фон посевов, наличие удлинённого, густого опушения листьев и их влагалищ и плотного, утолщённого эпидермиса. Листья у данных генотипов не поникающие, что благоприятствует ассимиляционным процессам при густом фитоценозе (интенсивная система земледелия). Следует подчеркнуть, что родительские сорта Гренады — Казахстанская раннеспелая и Тулунская

Таблица 1.

Выделившиеся сортообразцы коллекции ВИР по устойчивости к септориозу, по годам (инфекционный фон)

№ кат. ВИР	Сорт	Страна происхождения	Период вегетации, дн.			Поражение септориозом, тип/%			Масса 1000 зёрен, г			Урожай зерна, г/м ²			
			2015	2017	2018	2015	2017	2018	2015	2017	2018	2015	2017	2018	хср.
	Ирень, ст., р.сп.	Россия	88	86	87	4/80	4/80	4/80	29,7	25,8	33,7	305	233	287	260
	Омская 36, ст., ср.сп.	Россия	91	88	90	4/80	4/20	3/60	31,0	23,4	32,4	190	242	269	256
С горизонтальной устойчивостью															
65813	Jin Mai 71	Китай	-	90	92	-	1/10	1/10	-	34,3	38,9	-	396	559	478
66031	Greina	Швейцария	-	88	90	-	2/20	1/10	-	33,5	34,4	-	442	506	474
66032	Toronit	Швейцария	-	87	89	-	1/10	1/10	-	34,1	35,4	-	401	447	424
66033	Molera	Швейцария	-	86	88	-	0/0	0/0	-	35,2	36,6	-	432	456	444
Выносливые к септориозу															
64893	PS-87	Китай	87	85	88	1/10	1/10	2/20	30,5	27,9	34,2	225	335	365	350
64891	PS-90	Китай	86	84	87	0/0	2/2	1/10	29,9	32,0	37,4	330	380	237	358
64980	AC Corinne	Канада	88	87	90	2/20	2/20	2/20	33,5	33,4	39,1	360	301	452	376
64895	PS-136	Китай	86	84	87	2/20	2/20	1/10	31,5	26,6	35,1	247	266	302	284
64976	CDC Merlin	Канада	89	86	88	2/30	2/20	1/10	31,1	33,1	34,5	240	284	433	358
	Sx								1,4	1,3	2,1	24	32	28	30
	V, %								13,4	16,7	17,2	30,2	34,5	29,1	

Ср. — среднеспелый; рсп. — раннеспелый.

Таблица 2.

Созданные генотипы с горизонтальной устойчивостью и выносливостью к септориозу, по годам (инфекционный фон)

Сорт	Происхождение	Период вегетации, дн.			Поражение септориозом, тип/%			Масса 1000 зёрен, г			Урожай зерна, г/м ²			
		2015	2017	2018	2015	2017	2018	2015	2017	2018	2015	2017	2018	хср.
Новосибирская 31, ст., рсп.	{[Тюм.80×(-Цел.20×АНК102)]×АНК102}× Sport	91	84	88	4/80	4/80	3/60	30,4	21,2	33,5	303	252	382	312
Омская 36, ст., ср.	Лют.150/86–10 × Runar	90	86	90	3/60	4/80	3/60	31,6	25,6	34,3	252	254	359	288
С горизонтальной устойчивостью														
Гренада	(Каз.ран. × Тул.12) × Тул.12	87	82	89	1/5	0/0	следы	38,0	37,8	41,7	488	470	605	521
Лют. 463 СП-2/15	Ир 892–05 × СУРЭНТА-6	-	83	86	-	0/0	1/5–10	-	38,3	43,0	-	410	492	451
Пшеницевидная тритикале														
Эр.сп. 314 СП-2/15	WTCL 83/KB35//FANAD8 × Тюм. 26	-	90	94	-	0/0	следы	-	38,2	40,2	-	712	563	638
Эр.сп. 405 СП-2/15	WTCL 83/KB35//FANAD8 × Тюм. 25	-	90	95	-	0/0	следы	-	37,6	41,0	-	701	551	626
Выносливые к патогенам														
Атланта-1	(АВИАДа × Ильинская) × 4 Ильинская	89	88	91	2/20	1/10	1/10	33,8	35,6	40,6	357	440	489	429
Лют. 480 КП-1/13	(АЕР/БИ/УЕЕ × СКЭНТ-5) × 2 СКЭНТ-5	90	89	91	2/20	1/10	2/40	40,6	38,2	41,8	385	498	509	464
Лют. 36 КСИ/11	Ир.146 × Нива 2	89	90	92	2/20	2/20	1/10	36,6	37,8	42,8	326	373	412	370
Лют. 189 КП-2/14	(МК-4352/47 × СКЭНТ-1) × 3СКЭНТ-1	-	85	90	-	1/10	1/10	-	36,8	41,4	-	471	482	476
Лют. 186 КП-2/14	(Ом.29 × СКЭНТ-3) × СКЭНТ-3	-	86	94	-	0/0	1/10	-	32,4	38,4	-	446	475	460
НСР ₀₅											0,30	0,27	0,28	0,28

Ср. — среднеспелый; рсп. — раннеспелый.

12, — в различной степени опушённые и имеющие ограничено выраженный восковой налёт, сильно поражаются септориозом — 4/80. При этом за счёт объединения устойчивых к септориозу компонент: воскового налёта и опушения у их гибрида — сорта Гренада — проявился сильный, уплотнённый восковой налёт и густое, с удлинёнными выростами эпидермиса, опушение. Последнее значительно снижает инфекционное начало, а плотный утолщённый эпидермис и сильный восковой налёт препятствуют прорастанию спор септориоза. Это характерно и для Лютесценс 463 СП-2/15, у которого материнская форма относительно вынослива к бурой ржавчине, а отцовская — СУРЭНТА-6, поражается септориозом (3/60).

Устойчивость к патогену яровых пшеницевидных тритикале: Эритроспермум 314 СП-2/15 и Эритроспермум 405 СП-2/15 обусловлено наличием в их геноме фрагментов озимой ржи, что обеспечивает им специфическую (вертикальную) устойчивость к септориозу. Проникновению спор гриба у них препятствует сильный восковой налёт на их растениях, (плотная гладкая кутикула и утолщённый эпидермис). Благодаря защитным функциям устойчивые к септориозу линии стабильно по годам формируют крупное зерно, с массой 1000 зёрен 38–43 г, против 21,2–25,6–30,4–34,3 г у сравниваемых сортов. Благодаря этому урожайность новых ранне-

спелых, иммунных линий: Гренады и Лютесценс 463 СП-2/15 на 44–67% выше стандарта Ирень — 312 г/м². Линии пшеницевидных тритикале продуктивнее сравнимого сорта Омская 36 — 288 г/м² на 117–122% (338–350 г/м²). Из созданных с горизонтальной устойчивостью к септориозу линий в Государственное сортоиспытание был передан раннеспелый сорт Гренада, который по результатам двух лет испытания с 2019 года зарегистрирован Госкомиссией по 9 (Уральскому) региону РФ.

Созданные (5 шт.) выносливые к септориозу (1–2/0–20), среднеспелые генотипы, также характеризуются хорошим опушением листьев, но у их растений менее выражен восковой налёт. Они выделяются крупной абсолютной массой зерна — 35,6–38,2...40,6–42,8 г и формируют хорошие урожаи, в основном, превышающие на 49–65% стандартный сорт Омскую 36 — 288 г/м². Из них интенсивный, устойчивый к полеганию сорт — Атланта 1 в 2018 году передан на Государственное сортоиспытание.

Заключение

Установлено, что горизонтальная устойчивость растений к септориозу обусловлена плотным эпидермисом, гладкой, толстой эластичной кутикулой и густым опушением. При этом для условий Северного Зауралья

эффективно их сочетание, так как восковой налёт и опушение противодействуют кратковременным засухам. Кроме этого, сильный восковой налёт колоса снижает его намокание в осенний период и тем самым уменьшает предуборочное прорастание зерна в колосе. Из созданных с горизонтальной устойчивостью и выносливостью, урожайных, интенсивных линий, с комплексом хозяйственно-ценных признаков и свойств, после широкого экологического испытания, лучшие из них будут переданы на Государственное сортоиспытание. Все

они, а также выделенные по устойчивости к патогену урожайные сортообразцы коллекции ВИРа, рекомендуются в качестве источников для направленной селекционной работы по созданию иммунных к септориозу сортов яровой мягкой пшеницы. Имеющий высокую горизонтальную устойчивость к септориозу сорт Гренада зарегистрирован Госкомиссией с 2019 года по 9 (уральскому) региону РФ. Выносливая к септориозу линия — в качестве сорта Атланта 1 с 2019 года изучается в Государственном сортоиспытании.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.

2. Arrifano 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).

3. 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.

4. 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).

5. 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.

6. Новохатин В.В. Адаптивный потенциал засухоустойчивости яровой мягкой пшеницы. В сб.: Селекция сельскохозяйственных культур в условиях изменяющегося климата // Материалы международной научно-практической конференции (22–25 июля 2014 г., г. Краснообск). — Новосибирск, 2014: 186–199.

7. Коломиец Т.М., Панкратова Л.Ф., Пахолкова Е.В. Сорты пшеницы (*Triticum* L.) из коллекции GRIN (СШФ) для использования в селекции на длительную устойчивость к септориозу. Сельскохозяйственная биология, 2017, 51(3): 561–569 (doi: 10.15389/agrobiology.2017.3.561rus).

8. Eriksen L. et al. Septoria tritici blotch resistance in wheat: identification and localisation with DNA markers/ Eriksen L., Borum F., Jahoor A. // Ber. über die Arbeitstagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Osterr.-Irdning, 2002.-2001: 95–100.

9. Вавилов Н.И. Иммуитет растений к инфекционным заболеваниям. Известия Петровской с.-х. академии». 1918. Вып. 1–4. 240 с.

10. Вавилов Н.И. Научные основы селекции пшеницы. М., Л.: Сельхозгиз, 1935: 246.

11. Вавилов Н.И. Теоретические основы селекции. М.: Наука, 1987: 506.

REFERENCES

1. 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.

2. Arrifano 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).

3. Sanin S.S., Sanina A.A., Motovilina A.A., Pakholkova E.V., Korneva L.G., Zhokhova, T.P., Polyakova T.M. Protecting wheat from Septoria. Plant Protection and Quarantine, 2012 (4): 61–82.

4. Pakholkova E.V., Salknikova N.N., Kurkova N.A. The genetic structure of the regional populations of *Mycosphaerella graminicola* (*Septoria tritici*), the causative agent of wheat septosis (*Triticum aestivum* L.). Agricultural Biology, 2016, 51 (5): 722–730 (doi: 10.15389 / agrobiology.2016.5.722rus).

5. Sanin S.S., Nazarova L.N. Phytosanitary situation on wheat crops in the Russian Federation (1991–2008). Plant protection and

12. Новохатин В.В. Обоснование генетического потенциала у интенсивных сортов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). /Сельскохозяйственная биология, 2016, 51(5): 627–635 (doi: 10.15389/agrobiology.2016.5.627rus).

13. Kema G.H.J., Yu D.Z., Rijkenberg F.H.J., Shaw M.W., Baayen R.P. Histology of the pathogenesis of *Mycosphaerella graminicola* in wheat. Phytopathology, 1996, 86: 777–786.

14. Somasco O.A., Quaiset C.O., Gilchrist D.G. Single-gene resistance to Septoria tritici blotch in the spring wheat cultivar 'Tadinia'. Plant Breeding, 1996, 115: 261–267 (doi: 10.1111/j.1439-0523.1996.tb00914.x).

15. Ван Дер Планк. Устойчивость растений к болезням. — М.: Колос, 1972: 253.

16. Горленко М.В. Краткий курс иммунитета растений к инфекционным болезням. — М.: «Высшая школа», 1973: 365.

17. Драгавцев В.А., Цильке Р.А., Рейтер Б.Г., Воробьев В.А., Дубровская А.Г., Коробейников Н.И., Новохатин В.В., Максименко В.П., Бабакишиев А.Г., Илющенко В.Г., Калашник Н.А., Зуйков Ю.И., Федотов А.М. Генетика признаков продуктивности яровых пшениц в Западной Сибири. Новосибирск. «Наука». Сибирское отделение. 1984. 230 с.

18. Sangam V.S., Hanchinal R.R., Chetti M.B. et al. Phenotypic stability of wheat genotypes for epicuticular wax load under heat stress environments // Crop Res. 1998. Vol.16. N2: 224–228.

19. Li Wei-Qiang, Zhang Zheng-Bin, Li Jing-Juan. Plant Epicuticular Wax and Drought Resistance as Well as Its Molecular Biology // J.Plant Physiol. molec. Biol. 2006. Vol.32. N5: 505–512.

20. King R.W., Von Wenstein-Knowles P. Epicuticular waxes and regulation of ear wetting and pre-harvest sprouting in barley and wheat // Euphytica. 2000. Vol.112. N 2: 157–166.

21. Bockus 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).

22. 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.

23. Пальмова У.Ф. Введение в экологию пшеницы. — М.: АН СССР, 1959: 554.

quarantine, 2010 (2): 70–80.

6. Novokhatin V.V. Adaptive potential of spring wheat drought tolerance. In Proc.: Selection of crops in a changing climate // Proceedings of the international scientific-practical conference (July 22–25, 2014, Krasnoobsk). — Novosibirsk, 2014: 186–199.

7. Kolomiets T.M., Pankratova L.F., Pakholkova E.V. Wheat varieties (*Triticum* L.) from the GRIN collection (USF) for use in breeding for long-term resistance to septorios. Agricultural Biology, 2017, 51 (3): 561–569 (doi: 10.15389 / agrobiology.2017.3.561rus).

8. Eriksen L. et al. Septoria tritici blotch resistance in wheat: identification and localisation with DNA markers/ Eriksen L., Borum F., Jahoor A. // Ber. über die Arbeitstagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Osterr.-Irdning, 2002.-2001: 95–100.

9. Vavilov N.I. Plant Immunity to Infectious Diseases. Proceedings of Petrovskaya Academy. 1918, issue 1–4. 240.

10. Vavilov N.I. Scientific basis of wheat breeding. M., L.: Selkhozgiz, 1935: 246.

11. Vavilov N.I. Theoretical bases of selection. M., 1987: 506.

12. Novokhatin V.V. Substantiation of genetic potential in intensive varieties of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). / *Agricultural Biology*, 2016, 51 (5): 627–635 (doi: 10.15389 / *agrobology*.2016.5.627rus).

13. Kema G.H.J., Yu D.Z., Rijckenberg F.H.J., Shaw M.W., Baayen R.P. Histology of the pathogenesis of *Mycosphaerella graminicola* in wheat. *Phytopathology*, 1996, 86: 777–786.

14. Somasco O.A., Quaiet C.O., Gilchrist D.G. Single-gene resistance to *Septoria tritici* blotch in the spring wheat cultivar 'Tadinia'. *Plant Breeding*, 1996, 115: 261–267 (doi: 10.1111 / j.1439–0523.1996.tb00914.x).

15. Van der Planck. Plant resistance to disease. — M.: Kolos, 1972: 253.

16. Gorlenko M.V. Short course of plant immunity to infectious diseases. — M.: "High School", 1973: 365.

17. Drahavtsev V.A., Tsilke R.A., Reiter B.G., Vorobyev V.A., Dubrovskaya A.G., Korobeinikov N.I., Novokhatin V.V., Maksimenko V.P., Babakishiyev A.G., Ilyushchenko V.G., Kalashnik N.A., Zuykov Yu.I., Fedotov A.M. Genetics of productivity signs of spring wheat in Western Siberia. Novosibirsk "The science". Siberian Branch. 1984. 230 p.

18. Sangam. V.S., Hanchinal R.R., Chetti M.B. et.al. Phenotypic stability of wheat genotypes for epicuticular wax load under heat stress environments // *Crop Res.* 1998. Vol.16. N2: 224–228.

19. Li Wei-Qiang, Zhang Zheng-Bin, Li Jing-Juan. Plant Epicuticular Wax and Drought Resistance as Well as Its Molecular Biology // *J.Plant Physiol.molec. Biol.* 2006. Vol.32. N5: 505–512.

20. King R.W., Von Wenstein-Knowles P. Epicuticular waxes and regulation of ear wetting and pre-harvest sprouting in barley and wheat // *Euphytica*. 2000. Vol.112. N2: 157–166.

21. Bockus 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).

22. Kolomiets T.M., Pakholkova E.V., Dubovaya L.P. The selection of starting material for the creation of wheat varieties with long-term resistance to *Septoria*. Methodical instructions. M., 2017.

23. Palmova U.F. Introduction to the ecology of wheat. — M.: AN SSSR, 1959: 554.

ОБ АВТОРАХ:

Новохатин В.В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Драгавцев В.А., доктор биологических наук, академик РАН

Шеломенцева Т.В., научный сотрудник

ABOUT THE AUTHORS:

Novokhatin V.V., Candidate of Agricultural Sciences, senior Researcher,

Dragavtsev V.A., Doctor of Biological Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences,

Shelomentseva T.V., Researcher