

УДК 631.527:633.11:632.4

ВЛИЯНИЕ СОРТОВ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ С ГЕНОМ LR 26 НА ВИРУЛЕНТНОСТЬ ВОЗБУДИТЕЛЯ БУРОЙ РЖАВЧИНЫ В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Мешкова Л.В., Россеева Л.П., Шмакова О.А., Белан И.А.

ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», Омск, e-mail: rosseeva@anc55.ru

Буряя ржавчина – одно из распространенных аэрогенных заболеваний, паразитирующих на мягкой яровой пшенице – основной зерновой культуре Омской области. В работе показана роль сортов яровой мягкой пшеницы, устойчивость которых к возбудителю бурой ржавчины детерминирована геном Lr 26. Отмечено влияние площади посева этих сортов и погодных условий на вирулентность патогена. В исследования были вовлечены сорта селекции ФГБНУ «Омский АНЦ», устойчивые к бурой ржавчине, с геном Lr26: Мелодия, Уралосибирская, Сигма, Уралосибирская 2 и Омская 42, включенные в Госреестр РФ, и переданные на ГСИ: Тарская юбилейная, Семеновна, Омская крепость, Омская 45 и Памяти Сусякова. Анализ проводился с использованием тест-клона патогена pp26, выделенного при мониторинге природной популяции возбудителя заболевания Омской области на серии изогенных линий сорта Тетчер. Использование тест-клона подтвердило наличие гена Lr 26 в районированных сортах. Установлено, что ген Lr 26 также присутствует в перспективных сортах Тарская юбилейная, Омская крепость и Памяти Сусякова. Сорта Семеновна и Омская 45 проявляют резистентность к бурой ржавчине не только к патотипу pp26, но и к природной популяции патогена, что предполагает присутствие в них других генов устойчивости. Резкое увеличение площади посева под сортами с геном устойчивости Lr 26, начиная с 50 тыс. га в 2013 г. до 400 тыс. га в 2018 г., способствовало размножению и накоплению патотипов pp26 в популяции. Эта сопряженность подтверждается высоким и достоверным значением коэффициента корреляции ($r = 0,65$), также установлена тесная положительная связь ($r = 0,59$) между температурой и увеличением патотипов pp26 в популяции патогена.

Ключевые слова: пшеница, сорт, патоген, популяция, устойчивость, корреляция

INFLUENCE OF VARIETIES OF SOFT SPRING WHEAT WITH GENE LR 26 ON THE VIRULENCE OF THE AGENT OF BROWN RUST IN THE OMSK REGION

Meshkova L.V., Rosseeva L.P., Shmakova O.A., Belan I.A.

Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, e-mail: rosseeva@anc55.ru

Brown rust is one of the most common aerogenic diseases that parasitize spring bread wheat of the main grain crop of the Omsk region. The paper shows the role of spring bread wheat varieties, the resistance of which to the leaf rust pathogen is determined by the Lr 26 gene. The influence of the sowing area of these varieties and weather conditions on the pathogen virulence is noted. The research involved varieties of selection of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Omsk ASC» resistant to leaf rust with the gene Lr 26 – Melodiya, Uralosibirskaya, Sigma, Uralosibirskaya 2 and Omskaya 42, included in the State Register of the Russian Federation, and transferred to the GSI –Tarskaya yubileynaya, Semyonovna, Omskaya crepost, Omskaya 45 and Pamyaty Suslyakova. The analysis was carried out using a test clone of the pathogen pp26, isolated during monitoring of the natural population of the causative agent of the disease in the Omsk region on a series of isogenic lines of the Thatcher variety. The use of the test clone confirmed the presence of the Lr 26 gene in the zoned varieties, and it was found that the Lr 26 gene is also present in the promising varieties Tarskaya yubileynaya, Omskaya crepost, and Pamyaty Suslyakova. The varieties Semyonovna and Omskaya 45 show resistance to leaf rust not only to the pp26 pathotype, but also to the natural population of the pathogen, which suggests the presence of other resistance genes in them. A sharp increase in the area under crops for varieties with the resistance gene Lr 26, starting from 50 thousand hectares in 2013 to 400 thousand hectares in 2018, promoted the reproduction and accumulation of pp26 pathotypes in the population. This relationship is confirmed by a high and reliable value of the correlation coefficient ($r = 0.65$), and a close positive relationship ($r = 0.59$) was also established between temperature and an increase in pp26 pathotypes in the pathogen population.

Keywords: wheat, variety, pathogen, population, resistance, correlation

В России в 2019 г. посевные площади пшеницы яровой составляли 12 268 тыс. га [1]. В Омской области посевы пшеницы в 2020 г. занимали свыше 1300 тыс. га, что составило около 70% от посева зерновых культур, однако большинство высеваемых сортов поражались ржавчинными заболеваниями.

Проведенный в 1970-х гг. учет распространения возбудителя бурой ржавчины пшеницы показал, что в этот период массовое проявление заболевания в Омской области наблюдалось 1–3 раза в десятилетие. В дальнейшем наметилась устойчивая

тенденция проявления заболевания, что привело в 1990-х гг. к умеренному и сильному развитию патогена, а с 2001 г. заболевание регистрируется ежегодно. Эпифитотии болезни наблюдались в 2005, 2007, 2008, 2013–2015, 2018 и 2019 гг. Исследования показали, что на юге Западной Сибири сильное развитие ржавчины (поражение сортов до 70% до 100%) происходило в 12 из 15 сезонов, т.е. частота вспышек болезни существенно возросла [2].

При массовом проявлении и распространении листостебельных заболеваний

недобор зерна пшеницы может составлять 40% и более при отрицательном влиянии на качество получаемой продукции [3, 4].

Известно, что проявление и эпифитотии грибковых заболеваний на растениях-хозяевах обуславливаются сочетанием ряда факторов, в том числе высокой долей восприимчивых сортов в посевах и возделыванием на значительных площадях генетически однородных по устойчивости к возбудителям заболеваний и погодным условиям сортов.

Цель исследования – уточнить наличие в районированных и перспективных сортах пшеницы селекции ФГБНУ «Омский АНЦ» эффективного гена устойчивости к бурой ржавчине Lr 26 с использованием тест-клонов патогена и показать влияние генотипа растения-хозяина и погодных условий на популяцию возбудителя заболевания.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования служили устойчивые к бурой ржавчине сорта мягкой яровой пшеницы селекции ФГБНУ «Омский АНЦ», включенные в Государственный реестр РФ и допущенные к выращиванию в Омской области, и сорта, находящиеся на Государственном сортоиспытании РФ (ГСИ). Из группы среднеранних сортов изучались: Семеновна (включен в Госреестр Республики Казахстан) и Тарская юбилейная; из среднеспелых: Омская 38, Омская 44, Сигма, Омская 45, Омская крепость и из среднепоздних: Омская 37, Мелодия, Уралосибирская, Уралосибирская 2, Омская 42, Памяти Суслыкова. В перечисленных сортах исходя из их родословных возможно присутствие гена устойчивости к бурой ржавчине Lr 26.

Для анализа сортов на наличие гена устойчивости Lr26 были использованы тест-клоны бурой ржавчины, различающиеся по поражению изогенной линии Lr26, и размноженная природная популяция возбудителя заболевания. Тест-клоны были выделены при мониторинге природной популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы Омской области на наборе изогенных линий сорта Thatcher с генами устойчивости: Lr 1, 2a, 2b, 2c, 3a, 3bg, 3ka, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 36, 38, 45, 47 по методике отсеченных листьев в светокультуре с использованием раствора бензимидазола [5]. Размножали тест-клоны и популяцию гриба на универсально восприимчивом сорте Саратовская 29, он же – индикатор восприимчивости, а индикатор устойчивости – изогенная линия Th Lr 26.

Инокулом собирали в динамике в течение вегетационного периода на восприимчивых сортах: Памяти Азиева, Омская 36, Омская 28 и иных, а с 2012 г. при проявлении заболевания – и на сортах с геном устойчивости Lr 26: Мелодия, Уралосибирская и Сигма.

Тип реакции растения-хозяина на внедрение патогена определяли по международной шкале, где 0, 1, 2 – устойчивость (R), 3, 4 – восприимчивость (S), X – гетерогенность.

Анализ природной популяции бурой ржавчины и оценка устойчивости сортов в ювенильной фазе проводились с использованием камеры искусственного климата Биотрон-8 при температуре 19–20 °C и 16-часовом освещении с интенсивностью 10 тыс. люкс.

Исследования проводились в течение 12 лет начиная с 2009 г. За эти годы наблюдались резкие колебания температуры, а площадь посева яровой мягкой пшеницы под сортами с геном Lr 26 увеличилась практически в 8 раз.

Математико-статистическая обработка полученных данных осуществлялась с использованием пакета программ STATISTICA 10.0.

Результаты исследования и их обсуждение

В Государственный реестр РФ по Западносибирскому региону на 2021 г. внесено 103 сорта яровой мягкой пшеницы, из них в Омской области допущено к выращиванию 42 сорта, из которых около 60% созданы в ФГБНУ «Омский АНЦ» [6, 7]. Большинство выращиваемых в области сортов проявляют восприимчивость к бурой ржавчине, не поражаются или задерживают развитие патогена 11 сортов, устойчивость которых обусловлена генами Lr 9, Lr 26 или комбинацией генов Lr19 + 26 (табл. 1).

В Омской области к 2007 г. площадь посева генетически однородных по устойчивости к бурой ржавчине сортов, включенных в ГР РФ: Терция, Соната, Тулеевская и Дуэт – достигла 164 тыс. га, что способствовало появлению в популяции гриба патотипа pp9, вирулентного к гену резистентности растения-хозяина Lr 9, и привело к потере устойчивости сортов с этим геном в Омской и Челябинской областях в 2007 г. [8]. Многолетние исследования челябинской популяции также указывают на высокие темпы изменчивости патогена в регионе [9].

Таблица 1

Характеристика сортов мягкой яровой пшеницы по генам устойчивости к возбудителю бурой ржавчины

Сорт	Год включения в ГР РФ	Оригинатор	Lr гены
Омская 37	2009	ФГБНУ «Омский АНЦ»	19 + 26
Омская 38	2010	-//-	19 + 26
Мелодия	2014	-//-	26
Омская 42	2019	-//-	26
Омская 44	2021	-//-	19 + 26
Сигма	2016	ФГБНУ «Омский АНЦ», ФИЦ ИЦиГ СО РАН	26
Уралосибирская	2012	ФГБНУ «Омский АНЦ», ООО Агрокомплекс «Кургансемена»	26
Уралосибирская 2	2019	ФГБНУ «Омский АНЦ», ООО Агрокомплекс «Кургансемена», ФИЦ ИЦиГ СО РАН	26
Элемент 22	2017	ФГБОУ ВО Омский ГАУ, ООО «АПК Титан»	26
ОмГАУ 100	2020	ФГБОУ ВО Омский ГАУ, ООО «Суперэлита»	26 + 10
Дуэт	2003	ФГБНУ ЧелНИИСХ, ФГБОУ ВО Омский ГАУ	9

На замену и в дополнение к сортам с геном устойчивости Lr 9 в Омской области начали возделываться сорта Омская 37 (2009 г.) и Омская 38 (2010 г.), имеющие в своих геномах не только пшенично-ржаную 1RS.1BL, но и пшенично-пырейную транслокацию 7DL–7Ai. Эти сорта характеризуются наличием комплекса генов устойчивости к бурой ржавчине Lr19 + Lr26, а также проявляют устойчивость к наиболее вредоносной и агрессивной расе стеблевой ржавчины Ug99 [10].

В 2012 г. включен в Госреестр РФ и допущен для выращивания в Омской области сорт Уралосибирская, а в 2014 г. – сорт Мелодия с геном устойчивости к бурой ржавчине Lr26. Сорта Сигма и Уралосибирская 2 включены в Госреестр РФ в 2016 и 2019 гг. соответственно. Эти сорта созданы в результате скрещивания аллоплазматических линий мягкой пшеницы, несущих цитоплазму *Hordeum vulgare* с линией Com 37 (CIMMYT), источником пшенично-ржаной транслокации 1RS.1BL с комплексом генов (Lr26/Sr31/Yr9/ Pm8). Они характеризуются наличием гена резистентности к бурой ржавчине Lr26, устойчивостью к стрессам, высокой урожайностью и хорошим качеством зерна.

Наличие в сортах генов расоспецифической устойчивости можно определять гибридологическим анализом, молекулярным маркированием и с помощью метода фитопатологического тестирования. Наиболее доступный и быстрый метод определения наличия Lr-генов устойчивости у растения-

хозяина – тест-метод, основанный на использовании патотипов гриба, различающихся по генам вирулентности [11].

Анализ российских сортов мягкой пшеницы, выращиваемых в Омской области, по наличию генов устойчивости к возбудителю бурой ржавчины, проведенный Е.И. Гулятьевой с помощью фитопатологического и молекулярного скрининга, показал, что в основном они защищены генами Lr9 и Lr19. В сорте Дуэт (Lr9), а в сортах Омская 37 и Омская 38 присутствует комбинация генов Lr19 и Lr26 [12].

С целью подтверждения наличия гена резистентности Lr26 в сортах ФГБНУ «Омский АНЦ» к бурой ржавчине было использовано два биотипа, различающихся по поражению изогенной линии Lr26. Эти биотипы были отобраны при мониторинге спорообразцов природной популяции бурой ржавчины пшеницы на наборе изогенных линий. Формула вирулентности биотипа № 1: R 9, 19, 26, 28, 29, 45, 47/ S 1, 2a, 2b, 2c, 3a, 3bg, 3ka, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 36, 38, а биотипа № 2: R 9, 19, 28, 29, 45, 47, остальные линии поразились (S). Применение этих биотипов позволило выявить сорта, в генотипе которых присутствует ген Lr 26 (табл. 2).

Как видно из табл. 2, независимо от группы спелости устойчивость большинства сортов, включенных в Госреестр РФ, и резистентность перспективных сортов Тарская юбилейная, Омская крепость и Памяти Суслыкова обусловлены широко распространенным геном Lr 26.

Таблица 2

Оценка перспективных для Омской области сортов мягкой яровой пшеницы по специфической устойчивости к ржавчине (интактные растения), 2021 г.

№ п/п	Сорт	Наличие генов устойчивости	Поражение бурой ржавчиной		
			Популяция	Патотип P 26*	Патотип pp 26*
Среднеранние сорта					
1	Тарская юбилейная**	Lr10, Lr26	S	R	S
2	Семеновна	Lr26+	R	R	R
Среднепоздние сорта					
3	Омская 38	Lr19, Lr26	R	R	R
4	Сигма	Lr26	S	R	S
5	Омская 44	Lr26	S	R	S
6	Омская крепость**	Lr26	S	R	S
7	Омская 45**	Lr19, Lr26	R	R	R
Среднепоздние сорта					
8	Мелодия	Lr26	S	R	S
9	Омская 42	Lr26	S	R	S
10	Уралосибирская	Lr26	S	R	S
11	Уралосибирская 2	Lr26	S	R	S
12	Памяти Сулякова**	Lr26	S	R	S
St S***	Саратовская 29	–	S	S	S
St R***	Изогенная линия Lr26	Lr26	S	R	S

* Патотип P26, в отличие от патотипа pp26, не поражает изогенную линию с геном Lr 26.

** Сорта находятся на ГСИ РФ.

*** Стандарт восприимчивости (S) и устойчивости (R).

Таблица 3

Динамика патотипа pp26 в природной популяции бурой ржавчины Омской области, %

Σ клонов	Год											
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Всего	391	283	195	254	322	362	337	289	232	241	204	111
pp26, %	15,9	24,4	33,9	34,6	39,1	33,2	43,0	36,0	33,2	32,4	69,6	85,6

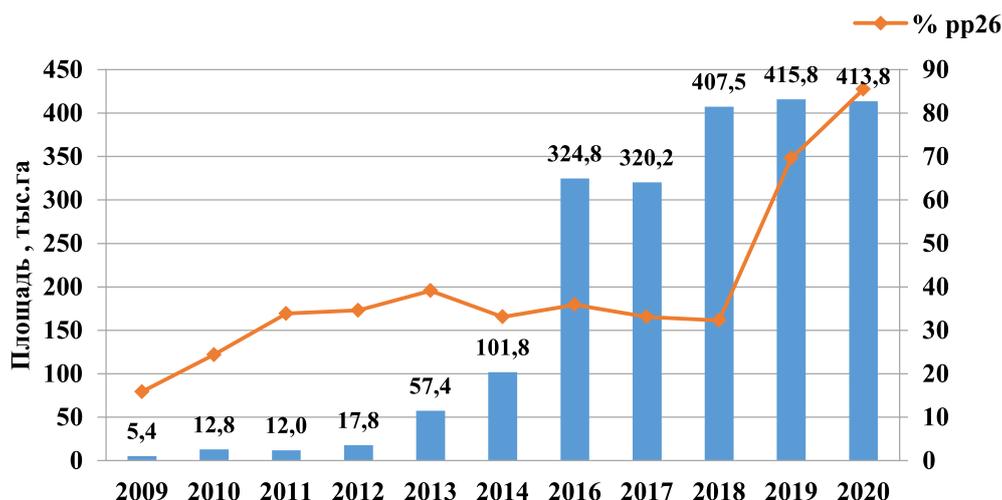
Сорта Семеновна и Омская 45 проявляют резистентность к бурой ржавчине не только к патотипу pp26, но и к природной популяции патогена, аналогично сортам Омская 37 и Омская 38, что предполагает в них присутствие других высокоэффективных генов устойчивости или комбинации Lr 26 с другими генами.

Выращивание большого количества сортов, устойчивость которых базируется на использовании одного гена устойчивости, и увеличение посевных площадей под ними приводят к изменениям в структуре популяции возбудителя заболевания. Мониторинг вирулентности природной популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы за период 2009–2020 гг. показал резкие изменения в структуре популяции патогена, особенно за последние 2 года (2019 г. и 2020 г.). Так, до 2018 г. процент патотипов pp26 в среднем практически был в 2 раза меньше (табл. 3).

Значительное увеличение площади посева под сортами с геном устойчиво-

сти Lr 26, начиная с 50 тыс. га в 2013 г. до 400 тыс. га в 2018 г., способствовало накоплению и размножению патотипов патогена pp26 (рисунок).

Представленные на графике данные показывают, что в 2009 и 2010 гг. процент вирулентных биотипов pp26 не превышал 25%, а максимальная площадь сортов с геном Lr26 составляла 12,7 тыс. га. В последующие годы площадь под сортами с этим геном увеличивалась, однако число вирулентных биотипов pp26 в среднем возросло лишь на 5% и составило 30% от популяции патогена. Возможно, это было обусловлено тем, что в эти годы на площади свыше 300 тыс. га выращивались сорта, устойчивость которых к бурой ржавчине обеспечивал ген Lr 9, но они отличались восприимчивостью к стеблевой ржавчине (Дуэт, Соната, Терция и др.). Начиная с 2015 г. площадь их посева в области резко уменьшилась из-за массового распространения стеблевой ржавчины на пшенице [13].



Динамика патотипа возбудителя бурой ржавчины пшеницы pp26 и площадь посева сортов с геном устойчивости Lr 26

Площадь под сортами, устойчивость которых к бурой ржавчине контролируется геном Lr 26 (Мелодия, Уралосибирская, Сигма и др.) или комплексом генов Lr 19 + Lr 26 (Омская 38, Омская 37 и др.), задерживающих развитие стеблевой ржавчины, существенно увеличилась и к 2020 г. составила 413,8 тыс. га. Это привело к увеличению до 80% частоты патотипов, вирулентных к Lr 26.

Таким образом, с увеличением площади посева под сортами, в генотипе которых имеется ген Lr 26, увеличивается и процент патотипов, вирулентных к этому гену. Эта сопряженность подтверждается высоким значением коэффициента корреляции ($r = 0,65$). Также установлено, что в зависимости от погодных условий года наблюдается вариабельность патотипов pp26 в структуре популяций во время развития патогена бурой ржавчины (III декада июля – II декада августа). Расчет коэффициента корреляции показал, что с повышением температуры в период массового развития заболевания (I и II декады августа) увеличивается и процент патотипов pp26 в популяции патогена ($r = 0,63$). Корреляции значимы на уровне $p < 0,05$.

Заключение

По результатам фитопатологической оценки сортов, включенных в Госреестр РФ и допущенных для выращивания в Омской области, с использованием тест-клонов выявлены сорта, устойчивость которых обусловлена наличием отдельных эффек-

тивных генов резистентности или их комплексом как к природной популяции бурой ржавчины, так и к отдельным патотипам.

Расширение посевных площадей под сортами с однотипной генетической основой по устойчивости привело к элиминации части патотипов из популяции и изменению ее состава.

Повышение температуры в период массового развития заболевания также способствовало изменению в составе популяции бурой ржавчины пшеницы в сторону увеличения процента патотипов pp26.

Для стабилизации фитопатологической обстановки в регионе необходимо ограничить распространение сортов, устойчивость которых детерминирована геном Lr 26, и создавать сорта с другими эффективными генами резистентности, а также комплексом генов.

Список литературы / References

1. Посевная компания 2020/21 в РФ по областям [Электронный ресурс]. URL: <https://zerno.ru/node/11379> (дата обращения: 7.09.2021).

Sowing company 2020/21 in the Russian Federation by regions [Electronic resource]. URL: <https://zerno.ru/node/11379> (date of access: 7.09.2021) (in Russian).

2. Плотникова Л.Я., Мешкова Л.В., Гулыгаева Е.И., Митрофанова О.П., Лапочкина И.Ф. Тенденция преодоления устойчивости к бурой ржавчине интрогрессивных линий мягкой пшеницы с генетическим материалом *Aegilops speltoides* Tausch. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(5). С. 560–567. DOI: 10.18699/VJ18.395.

Plotnikova L.Ya., Meshkova L.V., Gulygaeva E.I., Mitrofanova O.P., Lapochkina I.F. The tendency of overcoming the resistance to leaf rust of introgression lines of common wheat with genetic material *Aegilops speltoides* Tausch. // Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii. 2018. № 22 (5). P. 560–567. DOI: 10.18699 / VJ18.395. (in Russian).

3. Санин С.С. Эпифитотии болезней зерновых культур: теория и практика. Избранные труды // ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии (ВНИИФ). 2012. С. 446–458.
- Sanin S.S. Epiphytotics of cereal crops diseases: theory and practice. Selected works // All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology (VNIIF). 2012. P. 446–458 (in Russian).
4. Лубнин А.Н. Селекция яровой мягкой пшеницы в Сибири. Новосибирск, 2006. 311 с.
- Lubnin A.N. Breeding of spring bread wheat in Siberia. Novosibirsk, 2006. 311 p. (in Russian).
5. Михайлова Л.А. Генетика взаимоотношений возбудителя бурой ржавчины и пшеницы. СПб., 2006. 80 с.
- Mikhailova L.A. Genetics of the relationship between the causative agent of leaf rust and wheat. SPb., 2006. 80 p. (in Russian).
6. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. М., 2021. С. 11–19. [Электронный ресурс]. URL: <https://gossortrf.ru/gossreestr/> (дата обращения: 25.09.2021).
- State Register of Breeding Achievements Permitted for Use. M., 2021. P. 11–19. [Electronic resource]. URL: <https://gossortrf.com/gossreestr/> (date of access: 25.09.2021) (in Russian).
7. Рекомендации по возделыванию сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания в Омской области за 2020 год. Омск, 2020. 72 с.
- Recommendations for the cultivation of agricultural crops and the results of variety testing in the Omsk region for 2020. Omsk, 2020. 72 p. (in Russian).
8. Мешкова Л.В., Россеева Л.П. Тенденция увеличения вирулентности возбудителя бурой ржавчины пшеницы к эффективным генам устойчивости в Омской области // Современные средства, методы и технологии защиты растений: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: НАГУ, СибНИИЗХим, 2008. С. 149–153.
- Meshkova L.V., Rosseeva L.P. The tendency of increasing the virulence of the wheat leaf rust pathogen to effective resistance genes in the Omsk region // *Sovremennyye sredstva, metody i tekhnologii zashchity rasteniy: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* Novosibirsk: NAGU, SibNIIZKhim, 2008. P. 149–153 (in Russian).
9. Гулятьева Е.И., Шрейдер Е.Р., Шайдаюк Е.Л., Бондаренко Н.П. Мониторинг вирулентности и фенотипического состава популяции *Puccinia triticina* на Южном Урале в 2018 году // Вестник защиты растений. 2019. № 2 (100). С. 28–33.
- Gulyaeva E.I., Shreyder E.R., Shaydayuk E.L., Bondarenko N.P. Monitoring of virulence and phenotypes composition of *Puccinia triticina* in Southern Ural in 2018 // *Vestnik zashchity rasteniy*. 2019. № 2 (100). P. 28–33 (in Russian).
10. Белан И.А., Россеева Л.П., Россеев В.М., Бадаева Е.Д., Зеленский Ю.И., Блохина Н.П., Шепелев С.С., Першина Л.А. Изучение хозяйственно-ценных и адаптивных признаков у линий сорта яровой мягкой пшеницы Омская 37, несущих транслокации 1RS.1BL и 7DL–7A1 // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16. № 1. С. 178–186.
- Belan I.A., Rosseeva L.P., Rosseev V.M., Badaeva E.D., Zelensky Yu.I., Blokhina N.P., Shepelev S.S., Pershina L.A. Study of economically valuable and adaptive traits in lines of spring bread wheat cultivar Omskaya 37 carrying translocations 1RS.1BL and 7DL–7A1 // *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii*. 2012. V. 16. No 1. P. 178–186 (in Russian).
11. Коваленко Е.Д., Коломиец Т.М., Киселева М.И., Жемчужина А.И., Смирнова Л.А., Щербик А.А. Методы оценки и отбора исходного материала при создании сортов пшеницы устойчивых к бурой ржавчине. Методические рекомендации ВНИИФ. М., 2012. 93 с.
- Kovalenko E.D., Kolomiets T.M., Kiseleva M.I., Zhemchuzhina A.I., Smirnova L.A., Shcherbik A.A. Methods for assessing and selecting initial material for creating wheat varieties resistant to leaf rust. Methodical recommendations of VNIIF. M., 2012. 93 p. (in Russian).
12. Гулятьева Е.И. Генетическое разнообразие российских сортов мягкой пшеницы по устойчивости к возбудителю бурой ржавчины // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. № 2. С. 29–32.
- Gulyaeva E.I. Genetic diversity of Russian bread wheat varieties for resistance to leaf rust pathogen // *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*. 2012. № 2. P. 29–32 (in Russian).
13. Россеева Л.П., Белан И.А., Мешкова Л.В., Блохина Н.П., Ложникова Л.Ф., Осадчая Т.С., Трубачеева Н.В., Першина Л.А. Селекция на устойчивость к стеблевой ржавчине яровой мягкой пшеницы в Западной Сибири // Вестник АГАУ. 2017. № 7. С. 5–12.
- Rosseeva L.P., Belan I.A., Meshkova L.V., Blokhina N.P., Lozhnikova L.F., Osadchaya T.S., Trubacheeva N.V., Pershina L.A. Breeding for resistance to stem rust of spring bread wheat in Western Siberia // *Vestnik AGAU*. 2017. № 7. P. 5–12 (in Russian).