

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 633.111.1:631.526.32:632.4

DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-89-94

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К БОЛЕЗНЯМ В КАЗАНСКОМ НЦ

Данил Ф. Асхадуллин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник группы селекции яровой пшеницы, trulik@ya.ru, ORCID ID: 0000-0002-2606-6735;

Дамир Ф. Асхадуллин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник группы селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-2717-7178;

Н. З. Василова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник группы селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0003-1135-486x;

М. Р. Тазутдинова¹, научный сотрудник группы селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-4753-7644;

И. И. Хусаинова¹, младший научный сотрудник группы селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-0369-6221;

Э. З. Багавиева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник группы селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0003-2659-2393;

О. А. Баранова², кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета растений к болезням, baranova_oa@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-9439-2102

¹Татарский НИИСХ – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, 420059, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, 48;

²Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, 196608, С.-Петербург, г. Пушкин, ш. Подбельского, д. 3

В Республике Татарстан в связи с благоприятными почвенно-климатическими условиями и рыночной конъюнктурой развито производство яровой пшеницы, но сборы зерна пшеницы ограничиваются рядом неблагоприятных факторов, одним из которых являются грибные болезни. В то же время прессинг патогенных грибов позволяет вести плодотворную селекционную работу в условиях Татарстана на устойчивость к болезням, чем занимается Казанский научный центр РАН. Целью исследований была оценка десяти новых сортов на устойчивость к основным грибным болезням. Изучение устойчивости к листовостебельным болезням: мучнистой росе, стеблевой ржавчине, бурой листовой ржавчине, темно-бурой листовой пятнистости проводили в условиях естественного инфекционного фона, к твердой головне – искусственного, при инокуляции семян спорами твердой головни. Исследования шли в 2017–2021 годы. Анализ на предполагаемое присутствие генов устойчивости к стеблевой ржавчине проводили методом ПЦР-анализа. В результате проведенных исследований установлено, что сорта 100 лет ТАССР, Балкыш, Хазинэ, Чистопольская, Буляк имеют комплексную устойчивость ко всем изученным болезням. Сорт Ситара имеет высокую полевую устойчивость к мучнистой росе и твердой головне. Сорт Баракат – к мучнистой росе и бурой листовой ржавчине. Сорт Надира умеренно устойчив к мучнистой росе и темно-бурой листовой пятнистости. Сорта Экада 265 и Экада 282 высокоустойчивы к местной популяции стеблевой ржавчины. Молекулярно-генетическая оценка устойчивых к стеблевой ржавчине сортов яровой мягкой пшеницы: Чистопольская, 100 лет ТАССР, Балкыш, Экада 282 на предмет идентификации эффективных Sr-генов показала, что их устойчивость, по-видимому, регулируется геном Sr31.

Ключевые слова: пшеница, болезни, мучнистая роса, ржавчина, твердая головня, устойчивость.

Для цитирования: Асхадуллин Данил Ф., Асхадуллин Дамир Ф., Василова Н. З., Тазутдинова М. Р., Хусаинова И. И., Багавиева Э. З., Баранова О. А. Реакция яровой мягкой пшеницы на возбудителей твердой головни (*Tilletia caries* и *T. laevis*) в условиях Татарстана // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 89–94. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-89-94.



ESTIMATION RESULTS OF THE SPRING BREAD WHEAT VARIETIES ON DISEASE RESISTANCE IN THE KAZAN RESEARCH CENTER

Danil F. Askhadullin¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the spring wheat breeding group, trulik@ya.ru, ORCID ID: 0000-0002-2606-6735;

Damir F. Askhadullin¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the spring wheat breeding group, ORCID ID: 0000-0002-2717-7178;

N. Z. Vasilova¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the spring wheat breeding group, ORCID ID: 0000-0003-1135-486x;

M. R. Tazutdinova¹, researcher of the spring wheat breeding group, ORCID ID: 0000-0002-4753-7644;

I. I. Khusainova¹, junior researcher of the spring wheat breeding group, ORCID ID: 0000-0002-0369-6221

E. Z. Bagavieva¹, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the spring wheat breeding group, ORCID ID: 0000-0003-2659-2393;

O. A. Baranova², Candidate of Biological Sciences, leading researcher of the laboratory for plant disease immunity, baranova_oa@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-9439-2102

1 Tatar RIA, a separate structural subdivision of the FRC KazRC RAS,
420059, Kazan, Orenburgsky Trakt Str., 48;
2 All-Russian Research Institute of Plant Protection,
196608, St. Petersburg, Pushkin, Podbelsky Av., 3

In the Republic of Tatarstan, due to favorable soil-climatic and market conditions, spring wheat production is developed, but wheat grain yields are limited by a number of unfavorable factors, one of which is a spread of fungal diseases. At the same time, the pressure of pathogenic fungi makes it possible to carry out fruitful breeding work in Tatarstan on resistance to diseases, which is one of the main activity of the Kazan Research Center of the RAS. The purpose of the current study was to estimate ten new varieties for resistance to major fungal diseases. The study on resistance to leafy diseases, such as powdery mildew, stem rust, brown leaf rust, dark brown leaf blotch was carried out at a natural infectious background, to kernel smut on an artificial infectious background inoculating seeds with spores of kernel smut. The study was carried out between the years of 2017 and 2021. The analysis for the possible presence of stem rust resistance genes was performed by a PCR analysis. As a result of the study, there was found out that the varieties 'Sto let TASSR', 'Balkysh', 'Khazine', 'Chistopolskaya', 'Bulyak' had a complex resistance to all studied diseases. The variety 'Sitara' had a strong field resistance to powdery mildew and kernel smut. The variety 'Barakat' had a strong field resistance to powdery mildew and leaf rust. The variety 'Nadira' was moderately resistant to powdery mildew and dark brown leaf spot. The varieties 'Ekada 265' and 'Ekada 282' were highly resistant to local stem rust populations. The molecular genetic estimation of the stem rust resistant varieties of spring bread wheat 'Chistopolskaya', 'Sto let TASSR', 'Balkysh', 'Ekada 282' for the identification of effective Sr-genes has shown that their resistance is apparently regulated by the Sr31 gene.

Keywords: wheat, diseases, powdery mildew, rust, kernel smut, resistance.

Введение. Пшеница занимает доминирующее положение среди зерновых культур в России, ее посевные площади в 2020 г. составляли 29,44 млн га (61,5% от посевной площади всех зерновых и зернобобовых культур). На озимую пшеницу приходилось 57,4% (16,91 млн га) всех посевов пшеницы, на яровую – 42,6% (12,53 млн га) (Агапкин и Махотин, 2021). Яровая пшеница – традиционная культура для Среднего Поволжья, где сосредоточено около 8% посевной площади от общероссийской. Яровая мягкая пшеница в данной местности имеет высокий биоклиматический потенциал, но ограничивается рядом биотических и абиотических факторов, одним из которых являются патогенные грибы. Потери урожая пшеницы от грибных болезней в условиях Поволжья составляют около 12% (Лебедев и др., 2009). Одним из методов борьбы с болезнями является внедрение в производство устойчивых сортов, данный прием неоспоримо имеет экономическую выгоду и экологическую безопасность.

Республика Татарстан расположена в северной части Средневолжского региона. В связи с благоприятными почвенно-климатическими условиями и рыночной конъюнктурой здесь развито производство яровой пшеницы, посевные площади под которой превышают таковые в соседних субъектах РФ и составили в 2021 г. около 448 тыс. га. Благоприятно складываются и условия для развития грибных болезней – в последнее десятилетие в Татарстане наблюдались массовые вспышки стеблевой ржавчины, мучнистой росы, бурой ржавчины, темно-бурой листовой пятнистости и др. (Асхадуллин и др., 2019). В то же время данные условия (прессинг патогенных грибов) позволяют вести плодотворную селекционную работу с яровой мягкой пшеницей на иммунитет. В Татарстане селекцией яровой пшеницы занимается Казанский научный центр РАН (ФИЦ КазНЦ РАН), за последние годы создана серия сортов, имеющих перспективу широкого вне-

дрения. Цель нашей работы – оценка созданных сортов на устойчивость к основным грибным болезням.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2017–2021 гг. на опытных полях Татарского НИИСХ – ФИЦ КазНЦ РАН (Лаишевский район Татарстана, Предкамская зона, в 15 км к югу от г. Казань). Почва опытного участка – серая-лесная, хорошо окультуренная, типичная для зоны. Объектами исследования были 10 сортов яровой мягкой пшеницы, созданные в последние годы: Буляк, Балкыш, Ситара, Хазинэ, Баракат, Надира, Чистопольская, 100 лет ТАССР, Экада 265, Экада 282 и стандарт для зоны – сорт Йолдыз. Изучаемые сорта высевали селекционной сеялкой ССФК-7 в оптимальные для зоны сроки – первая декада мая с нормой высева 6 млн всх. сем. / га. Повторность 4-х кратная, площадь обследуемой делянки 10 на 25 м². Во время вегетации проведена химическая прополка от сорняков.

Изучение устойчивости к листостебельным болезням проводили в условиях естественного инфекционного фона. Оценку сортов по интенсивности развития и степени устойчивости/восприимчивости к мучнистой росе (возбудитель гриба *Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *tritici* Marchal (син. *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*)) проводили по 9-балльной шкале (Saari and Prescott, 1975) (0 баллов – растения свободны от инфекции, 9 – растения высоко восприимчивые, сильное развитие болезни на всех листьях, имеется поражение колоса). Степень поражения стеблевой и бурой листовой ржавчиной – в процентах по шкале Peterson et al. (1948), тип иммунитета – на основе оригинальной шкалы Stakman and Levine, предложенной для стеблевой ржавчины в интерпретации для видов ржавчины (McIntosh et al., 1995) (9 типов). Возбудитель стеблевой ржавчины гриба *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* (Erikss. et Henning), возбудитель бурой листовой ржавчины гриба *Puccinia triticina* Erikss. (= *P. recondita* Rob. ex Desm

f. sp. tritici Erikss. et Henn.). Степень поражения темно-бурой листовой пятнистостью (возбудитель гриб *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Shoem) определяли по площади повреждения флагового листа в процентах по шкале CIMMYT в изложении Койшыбаева и Муминджанова (2016).

Степень поражения твердой головней, вызываемого двумя близкородственными грибами *Tilletia caries* (D.C.) Tul. & C. Tul. and *T. laevis* J. G. Kühn, определяли в процентах путем подсчета количества больных и здоровых колосьев на инфекционном фоне при искусственной инокуляции семян спорами твердой головни циркулирующих на яровой мягкой пшенице в Среднем Поволжье. Для группировки сортов по степени восприимчивости использовалась градационная шкала из пяти групп (от высокоустойчивые до высоковосприимчивые) (Василова и др., 2017). Посев проводили в двукратной повторности, площадь делянки 0,3 м².

Анализ на предполагаемое присутствие генов устойчивости к стеблевой ржавчине проводили методом ПЦР-анализа с использованием подобранных праймеров, иницирующих амплификацию соответствующих маркеров для Sr2 – csSr2 (Mago et al., 2011), Sr26 – Sr26#43

(Mago et al., 2005), Sr28 – wPt-7004-PCR (Rouse et al., 2012), Sr31 – Scm9 (Weng et al., 2007), Sr32 – csSr32#2 (Mago et al., 2013), Sr36 – wmc477 (Tsilo et al., 2008), Sr57/Lr34 – csLV34 (Lagudah et al., 2006).

ДНК выделяли из 5-дневных проростков растений пшеницы CTAB методом (Murray and Thompson, 1980). Амплификацию проводили на амплификаторах C1000 Thermal Cycler (BioRad). Разделение продуктов амплификации проводили методом электрофореза в 2%-х агарозных и 8%-х полиакриламидных гелях, окрашенных бромистым этидием, при напряженности 100 V в течение 3 ч в 0,5xTBE буфере. В качестве маркеров молекулярных весов использовали GeneRulerTM 50 и 100 bp DNA Ladder фирмы «Fermentas». Визуализацию продуктов амплификации осуществляли с помощью геледокументирующей системы ChemiDoc XRS+ (Bio-Rad). Наличие или отсутствие искомого Sr гена определяли по наличию/отсутствию соответствующего диагностического фрагмента.

Погодные условия за годы испытаний различались по гидротермическим условиям, наиболее влагообеспеченным был период вегетации 2017 г., наименее – 2021 г. (табл. 1).

Таблица 1. Гидротермические коэффициенты за период май-июль
Table 1. Hydrothermal coefficients in the period from May to July

Показатель	Годы				
	2017	2018	2019	2020	2021
ГТК май-июнь	1,42	0,40	0,81	1,11	0,27
ГТК июль	1,61	0,55	1,32	0,48	0,46

Результаты и их обсуждение. В настоящей работе нами рассмотрены основные заболевания яровой мягкой пшеницы, распространенные на территории Татарстана и непосредственно влияющие на производство этой культуры, а также те, которые становятся угрозами.

Ежегодно в посевах пшеницы регистрируется мучнистая роса. Наибольшая интенсивность развития болезни наблюдалась в 2017, 2019 и 2020 годах. Первые симптомы болезни отмечаются уже в фазу кущения, пик развития приходится на фазу колошения (табл. 2)

Таблица 2. Интенсивность развития мучнистой росы в фазу колошения, балл (2017–2021 гг.)
Table 2. Intensity of powdery mildew development in the head growth period, points (2017–2021)

№ п/п	Сорт	min	max	Me*	Год максимального поражения	Степень устойчивости/восприимчивости
1	Ситара	0	1	0	2020	Устойчивый (R)
2	Баракат	1	1	1	–	
3	Балкыш	1	3	3	2020	
4	100 лет ТАССР	1	4	2	2020	
5	Хазинэ	3	4	3	2020	
6	Надира	3	5	4	2017	Умеренно-устойчивый (MR)
7	Чистопольская	3	4	4	2017, 2018, 2020	
8	Буляк	3	5	4	2019	
9	Экада 265	3	8	5	2020	Умеренно-восприимчивый (MS)
10	Йолдыз, st	5	8	6	2017	
11	Экада 282	4	8	7	2019, 2020	Восприимчивый (S)
12	Казахстанская раннеспелая (вк)	4	9	8	2017	Восприимчивый (S)

* Me – медиана; (вк) – восприимчивый контроль.

По значению медианы (усредненные данные) сорта Ситара, Баракат, Балкыш, 100 лет

ТАССР, Хазинэ относятся к устойчивым, у сортов Ситара и Баракат отмечались лишь еди-

нические локальные поражения только на самых нижних листьях. Восприимчивым к местной популяции мучнистой росы является сорт Экада 282, причем в 2019 и 2020 гг. у данного сорта отмечалось значительное поражение нижних и средних листьев, в верхней трети растения умеренная инфекция.

Вторыми по частоте возникновения на посевах пшеницы болезнями в наших условиях являются стеблевая и бурая листовая ржавчины.

За последние пять лет сильное развитие стеблевой ржавчины отмечалось в 2019 и 2020 годах. Симптомы болезни обнаруживаются поздно, в начале фазы налива зерна, массовое развитие отмечается в фазу молочной спелости. Симптомы бурой листовой ржавчины появляются раньше, чем стеблевой, в фазу колошения. Сильное развитие бурой листовой ржавчины отмечалось в 2017–2019 гг., испытание в эти годы позволило дифференцировать сорта по устойчивости (табл. 3).

Таблица 3. Реакция сортов яровой мягкой пшеницы на местную популяцию видов ржавчины *Puccinia graminis* и *tritricina*
Table 3. Response of the spring bread wheat varieties to local populations of rust species *Puccinia graminis* and *tritricina*

№ п/п	Сорт	<i>Puccinia graminis</i> , %		<i>Puccinia tritricina</i> , тип иммунитета/%		
		2019 г.	2020 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
1	Буляк	10	5	2/3	;/0	;/0
2	Балкыш	0	5	2/30	2/2	2/3
3	Ситара	40	70	2/70	2/20	3/70
4	Хазинэ	0	5	0	0	0
5	Баракат	20	25	3/30	2/3	0
6	Надира	30	30	2/40	3/50	3/50
7	Чистопольская	0	2	2/10	2/20	0
8	100 лет ТАССР	0	0	0	2/2	0
9	Экада 265	3	0	0	0	0
10	Экада 282	2	5	2/10	0	0
11	Йолдыз, st	30	30	2/15	;/0	2/3
12	Хаят (вк)	30	65	3/30	3/50	3/60

Высокоустойчивыми к местной популяции стеблевой ржавчины являются сорта Балкыш, Хазинэ, Чистопольская, 100 лет ТАССР, Экада 265, Экада 282. При этом полевая устойчивость сортов Хазинэ и Экада 265 связана, вероятно, с «уходом от болезни», так как данным сортам свойственно быстрое усыхание вегетативной массы в процессе налива зерна. Сорта Ситара, Баракат, Надира и стандарт Йолдыз восприимчивы к стеблевой ржавчине.

Высокую полевую устойчивость к бурой ржавчине имеют сорта Буляк, Балкыш, Баракат, Чистопольская, 100 лет ТАССР, Экада 282, Йолдыз. Симптомы болезни у сортов Хазинэ и Экада 265 не отмечалось. Высокий уровень поражения отмечался только у сортов Ситара и Надира.

На основе анализа родословных сорта Буляк, Балкыш, Чистопольская, 100 лет ТАССР, Экада 282 могут нести ген устойчивости Lr26, но на основании наблюдения за тестерной линией RL6078 (Thatcher-Lr26) сам ген Lr26 неэффективен в наших условиях, т.е. защита обеспечивается либо другим геном, либо эффектом совместного действия двух генов, один из которых Lr26. Устойчивость сорта Хазинэ, вероятно, обеспечивает эффективный ген Lr19, на его наличие косвенно указывает повышенное содержание каротиноидов в зерне.

Молекулярно-генетическая оценка устойчивых сортов яровой мягкой пшеницы на предмет идентификации эффективных Sr-генов показала, что их устойчивость, по-видимому, регулируется геном Sr31 (табл. 4).

Таблица 4. Молекулярно-генетическая оценка сортов яровой пшеницы по генам устойчивости к стеблевой ржавчине
Table 4. Molecular genetic estimation of the spring wheat varieties according to stem rust resistance genes

№ п/п	Сорт	Sr31	Sr28	Sr57	Sr2	Sr26	Sr32	Sr36	Sr38
1	Чистопольская	+	+	+	—	—	—	—	—
2	Балкыш	+	—	—	—	—	—	—	—
3	100 лет ТАССР	+	+	—	—	—	—	—	—
5	Экада 282	+	—	+	—	—	—	—	—

* + наличие гена; — отсутствие гена.

Гены Sr2, Sr26, Sr32, Sr36, Sr38 в устойчивых сортах обнаружены не были. Однородность

генетики устойчивости к стеблевой ржавчине новых сортов создает проблемы при воз-

никновении более агрессивных рас *P. graminis* в будущем.

Маркер Scm9 на ген Sr31 идентифицирует ржаную транслокацию 1RS.1BL, несущую кроме данного гена и ген Lr26, что еще раз подтверждает наличие его в сортах Чистопольская, Балкыш, 100 лет ТАССР, Экада 282.

Болезнь пшеницы темно-бурая листовая пятнистость не характерна для нашей зоны, но в отдельные годы возможно ее сильное развитие, что отмечалось в 2017 году. Все сорта были восприимчивы к данному заболеванию в условиях 2017 года. Максимальное поражение отмечалось у сорта Баракат – 70%. Умеренное развитие болезни отмечалось в 2019 г., у сорта Баракат также отмечалось максимальное развитие болезни – 15%, симптомов болезни на флаговом листе не наблюдалось у сортов Буляк, Ситара, Балкыш и Надира.

Твердая головня пшеницы приводит к существенному снижению урожайности и порче товарного качества зерна. В настоящее время не имеет широкого распространения в производственных посевах, но может быстро прогрессировать в хозяйствах, не использующих химические протравители семян. Благоприятный инфекционный фон для изучения степени поражения твердой головней в полевых условиях во многом зависит от благоприятных температур для прорастания спор. Такие условия наблюдались в 2017, 2018 и 2020 годах. На инфекционном фоне, при искусственной инокуляции семян спорами твер-

дой головни слабовосприимчивыми были сорта Ситара, 100 лет ТАССР – степень поражения 5% и Хазинэ – 11%, средневосприимчивыми Надира и Балкыш – степень поражения 23 и 24% соответственно, а также Баракат и Чистопольская – 30%. Сильновосприимчивы к твердой головне сорта Буляк и Йолдыз – степень поражения 52 и 53% соответственно. Сорта Экада 282 и Экада 265 не испытывали во все годы, но их реакция на *T. caries* и *T. levis* схожа с сортом Чистопольская.

Выводы. Устойчивым к мучнистой росе является большинство сортов, умеренно-восприимчивым – сорт Экада 265, восприимчивым – Экада 282. Устойчивыми на естественном инфекционном фоне к специализированным видам ржавчинных грибов также является большинство сортов, восприимчивы к местной популяции стеблевой ржавчины сорта Ситара, Баракат и Надира, к бурой листовой ржавчине – сорта Ситара и Надира. Устойчивость к стеблевой ржавчине сортов Чистопольская, Балкыш, 100 лет ТАССР и Экада 282, по-видимому, обусловлена геном Sr31. Все сорта восприимчивы к темно-бурой листовой пятнистости, менее остальных поражаются сорта Буляк, Ситара, Балкыш и Надира. Минимальная степень поражения твердой головней отмечена у сортов Ситара и 100 лет ТАССР. Комплексную устойчивость к изученным болезням имеют сорта 100 лет ТАССР, Балкыш, Хазинэ, Чистопольская, Буляк.

Статья подготовлена в рамках государственного задания FMEG-2022-0006.

Библиографические ссылки

1. Агапкин А. М., Махотина И. А. К вопросу о состоянии российского зернового рынка // Международная торговля и торговая политика. 2021. Т. 7. № 3(27). С. 133–148. <http://dx.doi.org/10.21686/2410-7395-2021-3-133-148>.
2. Асхадуллин Данил Ф., Асхадуллин Дамир Ф., Василова Н. З., Хусаинова И. И., Тазутдинова М. Р. Сорт в системе защиты яровой пшеницы от листостебельных болезней // Вестник Казанского ГАУ. 2019. № 3(54). С. 10–14. https://doi.org/10.12737/article_5db8423bb4f997.64890554.
3. Василова Н. З., Асхадуллин Данил Ф., Асхадуллин Дамир Ф., Зайцева Т. В., Багавиева Э. З., Тазутдинова М. Р., Хусаинова И. И., Насихова Г. Р. Восприимчивость яровой мягкой пшеницы к татарстанской популяции твердой головни // Зерновое хозяйство России. 2017. № 5(53). С. 8–11.
4. Лебедев В. Б., Юсупов Д. А., Михайлин Н. В., Кудимова Л. М., Назарова Л. Н., Минаева Е. М. Мониторинг грибных болезней пшеницы и их вредоносность в условиях Поволжья // Защита и карантин растений. 2009. № 12. С. 35–37.
5. Lagudah E. S., McFadden H., Singh R. P., Huerta-Espino J., Bariana H. S., Spielmeier W. Molecular genetic characterization of the Lr34/Yr18 slow rusting resistance gene region in wheat // Theoretical and Applied Genetics. 2006. Vol. 114. P. 21–30. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0406-z>.
6. Mago R., Bariana H. S., Dundas E. I., Spielmeier W., Lawrence G. J., Pryor A. J., Ellis J. G. Development of PCR markers for the selection of wheat stem rust resistance genes Sr24 and Sr26 in diverse wheat germplasm // Theoretical and Applied Genetics. 2005. Vol. 111, № 3. P. 496–504. <https://doi.org/10.1007/s00122-005-2039-z>.
7. Mago R., Brown-Guedira G., Dreisigacker S., Breen J., Jin Y., Singh R., Appels R., Lagudah E. S., Ellis J., Spielmeier W. An accurate DNA marker assay for stem rust resistance gene Sr2 in wheat // Theoretical and Applied Genetics. 2011. Vol. 122. P. 735–744. <https://doi.org/10.1007/s00122-010-1482-7>.
8. Mago R., Verlin D., Zhang P., Bansal U., Bariana H., Jin Y., Ellis J., Hoxha S., Dundas I. Development of wheat – *Aegilops speltoides* recombinants and simple PCR-based markers for Sr32 and a new stem rust resistance gene on the 2S#1 chromosome // Theoretical and Applied Genetics. 2013. Vol. 126. P. 2943–2955. <https://doi.org/10.1007/s00122-013-2184-8>.
9. McIntosh R. A., Wellings C. R., Park R. F. Wheat rusts: an atlas of resistance genes. East Melbourne, Australia: CSIRO. 1995. 208 p.
10. Murray M. G., Thompson W. F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. Nucleic Acids Res. 1980. P. 4321–4325. <https://doi.org/10.1093/nar/8.19.4321>.
11. Peterson R. F., Campbell A. B., Hannah A. E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // Canadian Journal of Research. 1948. Vol. 26, № 5. P. 496–500. <https://doi.org/10.1139/cjr48c-033>.

12. Rouse M.N., Nava I.C., Chao S., Anderson J.A., Jin Y. Identification of markers linked to the race Ug99 effective stem rust resistance gene Sr28 in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Theoretical and Applied Genetics. 2012. Vol. 125, № 5. P. 877–885. <https://doi.org/10.1007/s00122-012-1879-6>.
13. Saari E.E., Prescott J.M. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases // Plant disease reporter. 1975. № 59. P. 377–380.
14. Tsilo T.J., Anderson J.A., Jin Y. Diagnostic microsatellite markers for detection of stem rust resistance gene Sr36 in diverse genetic backgrounds of wheat // Crop Science. 2008. Vol. 48, № 1. P. 253–261. <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.04.0204>.
15. Weng Y., Azhaguvel P., Devkota R.N., Rudd J.C. PCR-based markers for detection of different sources of 1AL.1RS and 1BL.1RS wheat – rye translocations in wheat background // Plant Breeding. 2007. Vol. 126. Iss. 5. P. 482–486. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2007.01331.x>.

References

1. Agapkin A.M., Makhotina I.A. K voprosu o sostoyanii rossiiskogo zernovogo rynka [To the question of the state of the Russian grain market] // Mezhdunarodnaya trgovlya i trgovaya politika. 2021. T.7, № 3(27). S. 133–148. <http://dx.doi.org/10.21686/2410-7395-2021-3-133-148>.
2. Askhadullin Danil F., Askhadullin Damir F., Vasilova N.Z., Khusainova I.I., Tazutdinova M.R. Sort v sisteme zashchity yarovoi pshenitsy ot listostebel'nykh boleznei [A variety in the system of protection of spring wheat from leaf diseases] // Vestnik Kazanskogo GAU. 2019. № 3(54). S. 10–14. https://doi.org/10.12737/article_5db8423bb4f997.64890554.
3. Vasilova N.Z., Askhadullin Danil F., Askhadullin Damir F., Zaitseva T.V., Bagavieva E.Z., Tazutdinova M.R., Khusainova I.I., Nasikhova G.R. Vospriimchivost' yarovoi myagkoi pshenitsy k tatarstanskoi populyatsii tverdoi golovni [Susceptibility of spring bread wheat to the Tatarstan population of kernel smut] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2017. № 5(53). S. 8–11.
4. Lebedev V.B., Yusupov D.A., Mikhailin N.V., Kudimova L.M., Nazarova L.N., Minaeva E.M. Monitoring gribnykh boleznei pshenitsy i ikh vredonosnost' v usloviyakh Povolzh'ya [Monitoring of fungal wheat diseases and their harmfulness in the Volga region] // Zashchita i karantin rastenii. 2009. № 12. S. 35–37.
5. Lagudah E.S., McFadden H., Singh R.P., Huerta-Espino J., Bariana H.S., Spielmeyer W. Molecular genetic characterization of the Lr34/Yr18 slow rusting resistance gene region in wheat // Theoretical and Applied Genetics. 2006. Vol. 114. P. 21–30. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0406-z>.
6. Mago R., Bariana H.S., Dundas E.I., Spielmeyer W., Lawrence G.J., Pryor A.J., Ellis J.G. Development of PCR markers for the selection of wheat stem rust resistance genes Sr24 and Sr26 in diverse wheat germplasm // Theoretical and Applied Genetics. 2005. Vol. 111, № 3. P. 496–504. <https://doi.org/10.1007/s00122-005-2039-z>.
7. Mago R., Brown-Guedira G., Dreisigacker S., Breen J., Jin Y., Singh R., Appels R., Lagudah E.S., Ellis J., Spielmeyer W. An accurate DNA marker assay for stem rust resistance gene Sr2 in wheat // Theoretical and Applied Genetics. 2011. Vol. 122. P. 735–744. <https://doi.org/10.1007/s00122-010-1482-7>.
8. Mago R., Verlin D., Zhang P., Bansal U., Bariana H., Jin Y., Ellis J., Hoxha S., Dundas I. Development of wheat – Aegilops speltoides recombinants and simple PCR-based markers for Sr32 and a new stem rust resistance gene on the 2S#1 chromosome // Theoretical and Applied Genetics. 2013. Vol. 126. P. 2943–2955. <https://doi.org/10.1007/s00122-013-2184-8>.
9. McIntosh R.A., Wellings C.R., Park R.F. Wheat rusts: an atlas of resistance genes. East Melbourne, Australia: CSIRO. 1995. 208 p.
10. Murray M.G., Thompson W.F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. Nucleic Acids Res. 1980. P.4321–4325. <https://doi.org/10.1093/nar/8.19.4321>.
11. Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // Canadian Journal of Research. 1948. Vol. 26, № 5. P. 496–500. <https://doi.org/10.1139/cjr48c-033>.
12. Rouse M.N., Nava I.C., Chao S., Anderson J.A., Jin Y. Identification of markers linked to the race Ug99 effective stem rust resistance gene Sr28 in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Theoretical and Applied Genetics. 2012. Vol. 125, № 5. P. 877–885. <https://doi.org/10.1007/s00122-012-1879-6>.
13. Saari E.E., Prescott J.M. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases // Plant disease reporter. 1975. № 59. P. 377–380.
14. Tsilo T.J., Anderson J.A., Jin Y. Diagnostic microsatellite markers for detection of stem rust resistance gene Sr36 in diverse genetic backgrounds of wheat // Crop Science. 2008. Vol. 48, № 1. P. 253–261. <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.04.0204>.
15. Weng Y., Azhaguvel P., Devkota R.N., Rudd J.C. PCR-based markers for detection of different sources of 1AL.1RS and 1BL.1RS wheat – rye translocations in wheat background // Plant Breeding. 2007. Vol. 126. Iss. 5. P.482–486. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2007.01331.x>.

Поступила: 28.12.21; доработана после рецензирования: 01.02.22; принята к публикации: 13.05.22.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Асхадуллин Данил Ф., Асхадуллин Дамир Ф. – сбор и анализ данных, их интерпретация, подготовка рукописи; Василова Н.З. – руководство селекционными исследованиями; Багавиева Э.З., Тазутдинова М.Р., Хусаинова И.И. – подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных; Баранова О.А. – молекулярно-генетическая оценка сортов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.