

УСТОЙЧИВОСТЬ СОРТОВ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ К БУРОЙ РЖАВЧИНЕ (*PUCCINIA TRITICINA*) И МУЧНИСТОЙ РОСЕ (*BLUMERIA GRAMINIS*) В АНЦ «ДОНСКОЙ»

Т.Г. Дерова, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, derova06@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0001-7969-054X;

Н.В. Шишкин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, nik.shishkin.1961@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3863-0297;

О.С. Кононенко, агроном лаборатории иммунитета и защиты растений, olapavlenko3008@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7012-6440;

Н.Е. Самофалова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой, ORCID ID: 0000-0002-2216-3164

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Для увеличения производства продовольственного зерна озимой твердой пшеницы, обладающего высоким качеством для производства круп и макаронных изделий, необходимо увеличение посевных площадей, для которых нужны сорта, отвечающие требованиям современного производства, – высокоурожайные, с заданными параметрами качества зерна и устойчивые к болезням. Как и у мягкой пшеницы, у твердой одними из вредоносных болезней являются бурая ржавчина и мучнистая роса. Общеизвестными методами борьбы с ними является создание устойчивых к патогенам сортов. Селекция на устойчивость этой культуры в ФГБНУ «АНЦ «Донской» проводится с середины прошлого столетия, в результате чего были выведены сорта, уровень устойчивости которых непрерывно возрастает. Так, в различные годы были созданы и высевались в производстве не поражаемые бурой ржавчиной и мучнистой росой сорта: Новинка 5, Дончанка, Донской янтарь, Терра, Агат донской, Лазурит и др. Цель исследования – поиск новых надежных источников устойчивости к данным болезням для вовлечения в селекционные программы на иммунитет. Изучение проводили на посевах инфекционных фонов в 2015–2021 гг., используя северокавказские популяции возбудителей бурой ржавчины и мучнистой росы. В процессе испытания 63 сортов озимой твердой пшеницы разного эколого-географического происхождения из межстанционного сортоиспытания выделено 26 сортов, устойчивых к мучнистой росе, 20 – к бурой ржавчине и 17 – к обоим патогенам. Среди выделенных сортов с групповой устойчивостью представители как российской селекции: Круча, Кермен, Крупинка, Добрыня и др., так и зарубежной: Акведук, Андромеда, Кассиопея, Афина, Прибуткова и др.

Ключевые слова: озимая твердая пшеница, мучнистая роса, бурая ржавчина, устойчивость, инфекционные фоны.

Для цитирования: Дерова Т.Г., Шишкин Н.В., Кононенко О.С. Устойчивость сортов озимой твердой пшеницы к бурой ржавчине (*Puccinia triticina*) и мучнистой росе (*Blumeria graminis*) в Аграрном научном центре «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14. № 2. С. 89–94. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-89-94.



BROWN RUST (*PUCCINIA TRITICINA*) AND POWDERY MILDEW (*BLUMERIA GRAMINIS*) RESISTANCE OF THE WINTER DURUM WHEAT VARIETIES AT ARC “DONSKOY”

T.G. Derova, leading researcher of the laboratory for plant immunity and protection, derova06@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0001-7969-054X;

N.V. Shishkin, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for plant immunity and protection, nik.shishkin.1961@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3863-0297;

O.S. Kononenko, agronomist of the laboratory for plant immunity and protection, olapavlenko3008@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7012-6440;

N.E. Samofalova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, samofalova.1986@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2216-3164

Agricultural Research Center “Donskoy”,

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

In order to increase food grain production of winter durum wheat, which is of high quality for producing cereals and pasta, it is necessary to increase the sown areas, which require varieties that meet the requirements of modern production to develop highly productive varieties with specified grain quality parameters and resistance to diseases. Both for bread wheat and durum wheat the harmful diseases are leaf rust and powdery mildew. The generally accepted methods of fighting them is the development of pathogen resistant varieties. Breeding for the resistance of this crop

has been carried out at the FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy" since the middle of the last century, as a result of which there were developed the varieties with the constantly increasing level of resistance. Through different years, there were developed and sown the varieties 'Novinka 5', 'Donchanka', 'Donskoy yantar', 'Terra', 'Agat Donskoy', 'Lazurit' which were not infected by brown rust and powdery mildew. The purpose of the study was to identify new reliable sources of resistance to these diseases in order to use them in breeding programs for immunity. The study was carried out on infectious backgrounds in 2015–2021, using the North Caucasian populations of leaf rust and powdery mildew pathogens. In the trials there were identified 63 winter durum wheat varieties of different ecological and geographical origin from inter-station variety testing, 26 powdery mildew resistant varieties, 20 leaf rust resistant varieties and 17 varieties resistant to both pathogens. Among the identified varieties with group resistance there are both the Russian varieties 'Krucha', 'Kermen', 'Krupinka', 'Dobryana' and others, and foreign varieties 'Akveduk', 'Andromeda', 'Kassiopeya', 'Afina', Pributkova and others.

Keywords: winter durum wheat, powdery mildew, brown rust, resistance, infectious backgrounds.

Введение. Важнейшим фактором увеличения производства продовольственного зерна озимой твердой пшеницы на юге России является расширение посевных площадей под этой культурой (Самофалова и др., 2020). Для этой задачи необходимы как уже высеваемые сорта озимой твердой пшеницы, так и новые, характеризующиеся стабильным продуктивным потенциалом, высокими технологическими качествами зерна (высоконатурное, с эластичной и упругой клейковиной, повышенным содержанием белка и каротиноидов), устойчивостью и выносливостью к основным болезням (Васильчук, 2001).

Одними из основных болезней озимой твердой пшеницы (как и мягкой) являются бурая ржавчина и мучнистая роса. Бурая ржавчина (*Puccinia tritricina*) поражает в основном листья, что приводит к потере урожая до 20–30%. Мучнистая роса (*Blumeria graminis tritici*) проявляется на стеблях и листьях, иногда колосьях, причиняя ущерб урожаю до 10–15%. В годы массового развития этих болезней вредоносность значительно увеличивается (Simeone et al., 2020). Сроки первичного заражения растений патогенами и интенсивность развития заболевания при благоприятных погодных условиях прямо пропорциональны снижению урожая зерна.

В мировой селекции защита посевов от болезней осуществляется путем создания толерантных и устойчивых сортов (Mishra et al., 2015). Особенно они необходимы в использовании против болезней листовых зерновых культур, так как другие меры борьбы в этом случае непрактичны. Устойчивые сорта служат идеальным методом борьбы, сдерживающим эпифитотии, повышающим урожай и улучшающим экологическую среду в целом (Aoun et al., 2021).

Озимая твердая пшеница в Ростовской области занимает в настоящее время 10–15 тыс. га, или 0,5–0,8% от посева озимой мягкой пшеницы, что соответствует и другим регионам юга России (Самофалова и др., 2020).

Селекция этой культуры в ФГБНУ «АНЦ «Донской» начата с середины прошлого столетия, и работы по созданию устойчивых к болезням сортов проводятся непрерывно и целенаправленно многие годы.

Изучение селекционного материала при естественном развитии болезней имеет важное значение, особенно в годы массового

проявления болезней, но оценка в условиях искусственных инфекционных фонов является надежным гарантированным методом изучения устойчивости растений. Это позволяет ускорить выявление сортов с потенциальной устойчивостью или вовремя провести браковку восприимчивых.

Исходя из многолетних наблюдений, необходимо отметить, что устойчивость сортов, созданных на первых этапах селекции, с годами использования в производстве снижается, и они со временем становятся более восприимчивыми к бурой ржавчине и мучнистой росе. Для создания новых устойчивых сортов необходимо привлечение других источников и доноров с более широким диапазоном резистентности к данным болезням.

В связи с этим цель нашего исследования – поиск наиболее надежных, ценных для селекции источников устойчивости к бурой ржавчине и мучнистой росе среди нового сортимента озимой твердой пшеницы для вовлечения в селекционные программы на иммунитет.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на полевом участке лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2015–2021 годах. Объектом исследований являлись возбудители северокавказских популяций бурой ржавчины и мучнистой росы. Материалом изучения были 63 сорта межстанционного сортоиспытания (МС) озимой твердой пшеницы, полученные из различных селекционных учреждений. Нужно отметить, что количество сортов этого вида пшеницы по сравнению с мягкой пшеницей ограничено как в коллекции ВИР, так и в научных учреждениях, занимающихся селекцией этой культуры. Российский сортимент был представлен сортами из 5 учреждений, зарубежный – из двух Украины и двух Германии.

Инфекционные фоны по бурой ржавчине и мучнистой росе создавали ежегодно по методу, разработанному для листовых болезней в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Дерова, 1987). Метод разработан для засушливых погодных условий, характерных для Ростовской области, так как другие общепринятые методы здесь были малоэффективны.

Испытуемые сорта высеивали 2-рядковыми деланками длиной 1 м, которые располагались полосами. Между полосами и с торцов обсеивали смесью восприимчивых сортов, состоящей из наиболее поражаемых сортов и коллекци-

онных образцов, собранных за многие годы исследований и постоянно пополняемых новыми неустойчивыми современными сортами и селекционными образцами.

Степень поражения сортов бурой ржавчиной определяли по общеизвестной шкале Петерсона (Гультяева, Солодухина, 2008), а уровень развития мучнистой росы – по шкале ВИР (Вавилова, 1986). Инокуляцию растений бурой ржавчиной проводили в вечернее время смесью урединиоспор с мукой. Пораженные листья с обильным спороношением мучнистой

росы разбрасывали на восприимчивые сорта. Увлажнение растений проводили в момент заражения и для усиления перезаражения.

В качестве тест-сортов по восприимчивости использовались сорт Днепрена (Украина) – к бурой ржавчине, сорт Алтана (Украина) – к мучнистой росе.

В годы сильного развития болезней восприимчивые тест-сорта имели поражение бурой ржавчиной до 100%, мучнистой росой – до 3 баллов. В засушливые годы оценки их были ниже (табл. 1).

Таблица 1. Поражение восприимчивых тест-сортов озимой пшеницы при искусственном заражении болезнями, инфекционные фоны (2015–2021 гг.)
Table 1. Damage of the susceptible testing winter wheat varieties under artificial infection with diseases, infectious backgrounds (2015–2021)

Тест-сорта	Годы исследований						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
К бурой ржавчине, %	100	100	100	–	50–60	60–80	100
К мучнистой росе, балл	2–2,5	2,5	3	2,5–3	2,5–3	2,5	3

Проводилось несколько учетов проявления поражения патогенами в период вегетации, но основной оценкой является учет в период максимального проявления болезни.

Метеоусловия в годы проведения опытов различались по температурному режиму и, что наиболее важно для развития листовых болезней, влагообеспеченности. Среднегодовые показатели осадков и температуры в зоне проведения исследований составляли 582,4 мм и 9,7 °С соответственно. Во все годы (2015–2021) наблюдался повышенный температурный режим от 1,6 до 2,1 °С и снижение количества осадков от 66,6 до 128,8 мм.

Неравномерное распределение осадков в вегетационном периоде (особенно апрель, май, июнь) в отдельные годы (2018, 2020) приводило к снижению относительной влажности воздуха и сдерживанию развития болезней.

Результаты и их обсуждение. На искусственных инфекционных фонах, создаваемых в лаборатории иммунитета и защиты растений, ежегодно испытываются более 400 сортов и сортовобразцов озимой твердой пшеницы.

Так, в различные годы созданы и рекомендованы в производство сорта, проявляющие как восприимчивость, так и высокую устойчивость к этим патогенам (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика сортов озимой твердой пшеницы на устойчивость к бурой ржавчине и мучнистой росе, инфекционные фоны (1978–2021 гг.)
Table 2. Characteristics of the winter durum wheat varieties on leaf rust and powdery mildew resistance, infectious backgrounds (1978–2021)

Сорт	Годы изучения на инфекционных фонах	Год включения в Госреестр	Бурая ржавчина, оценки min...max, %	Мучнистая роса, оценки min...max, балл
Новинка 2	1978–2017	1971	30–40...50–60*	1,5...2,5
Новинка 3	1983–2011	1982	40–50...60–80	2...2,5
Новинка 4	1986–2021	1993	5–10...30–40	1...1,5
Новинка 5	1991–2018	1994	10–15...50–60	1,5...2,5
Дончанка	1993–2021	1995	15–20...50–60	01...1
Донской янтарь	1991–2021	1997	5–10...30–40	01–1...1,5
Жемчужина Дона	1993–2020	2003	10–15...20–30	01...1,5–2
Топаз	1997–2020	2005	0–5...15–20	01–1...1,5
Гелиос	1997–2017	2006	5–10...20–30	01...2,5
Терра	2000–2021	2007	0–5...10–15	01...1
Аксинит	2000–2021	2008	0–5...10–15	01...1,5
Курант	2004–2021	2009	0–5...5–10	01...1–1,5
Амазонка	2004–2021	2009	0–5...10–15	01...1
Агат донской	2006–2021	2012	5–10...15–20	01...01–1
Кристелла	2006–2021	2013	5–10...15–20	1...1,5
Лазурит	2007–2021	2014	0–5...10–15	01...01–1
Оникс	2008–2021	2015	0–5...5–10	01...1
Диона	2008–2021	2016	5–10...10–15	01...1
Днепрена (восприимчивый к бурой ржавчине)	2015–2021	–	50–60...100	–
Алтана (восприимчивый к мучнистой росе)	2015–2021	–	–	2,5...3

*Минимальное и максимальное поражение сорта в испытываемые годы, отличные по климатическим условиям.

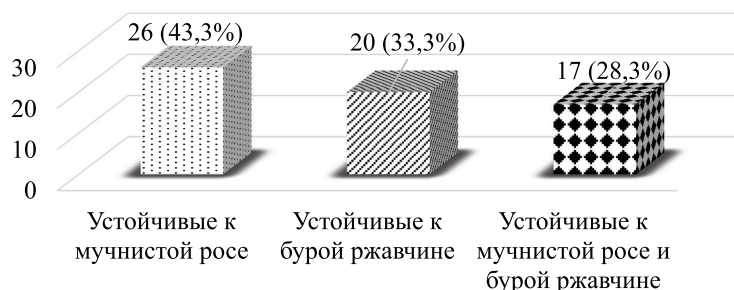
За годы исследования одновременно с ростом продуктивности и качественными показателями макарон селективируемых сортов изучалась их устойчивость к возбудителям бурой ржавчины и мучнистой росы.

Приведена последовательность повышения устойчивости сортов озимой твердой пшеницы за годы исследований. В различные годы для поэтапного формирования устойчивости созданных сортов к бурой ржавчине привлекались сорта озимой твердой пшеницы из мировой коллекции ВИР: Харьковская 1, Кристалл 2, Коралл одесский, Дельта одесская и др. Источниками и донорами устойчивости к мучнистой росе были также сорта украинской селекции: Парус, Айсберг одесский, Алый парус, Жемчужина одесская, Белый парус и др. Использование ступенчатых скрещиваний в сочетании с индивидуальным отбором позволило селекционерам ФГБНУ «АНЦ «Донской» постепенно создавать собственный исходный материал, устойчивый к болезням, который сохранялся и широко применялся в дальнейших

селекционных программах (Самофалова и др., 2015).

В последние годы селекционерами отдела озимой пшеницы ФГБНУ «АНЦ «Донской» созданы и переданы в Госсортоиспытание РФ ряд новых высокопродуктивных сортов с улучшенными хозяйственными признаками растений и технологическими свойствами зерна. К ним относятся сорта озимой твердой пшеницы с устойчивостью к изученным болезням: Эйрена (включен в Госреестр – 2017), Яхонт (2018), Юбилярка (2019), Янтарина (2020), Улада (2021), Динас (2022), Лакомка (2022) и др.

В результате иммунологической оценки 63 сортов озимой твердой пшеницы было выявлено 20 сортов, или 33,3%, проявивших устойчивость к бурой ржавчине. Это сорта, которые в очень благоприятные для развития болезни годы имели оценку 10–15%, иногда 20%, в остальные годы их поражение не превышало 5% или фиксировались единичные пустулы (следы) (см. рисунок).



Доля устойчивых к болезням сортов озимой твердой пшеницы при искусственном заражении (2015–2021 гг.)
Proportion of the disease resistant winter durum wheat varieties under artificial infection (2015–2021)

Необходимо отметить, что озимая твердая пшеница по качественному проявлению бурой ржавчины обычно имеет устойчивый тип реакции – 1–2, т.е., согласно шкале, это мелкие и очень мелкие пустулы с некрозами. В 70–90-е годы прошлого столетия для большей части сортов, создаваемых в то время, характерен данный тип реакции на внедрение патогена. В связи с тем, что для повышения морозостойкости и других полезных признаков в программах по скрещиванию селекционеры стали привлекать сорта озимой мягкой пшеницы (Мудрова и др., 2001), у современных сортов озимой твердой пшеницы наблюдаются устойчивые, восприимчивые (3) и смешанные типы реакции на одном растении или сорте. Пораженность сорта до 20% мелкими пустулами с некрозами классифицировалась как устойчивость.

Высокой устойчивостью к бурой ржавчине характеризуются сорта отечественной селекции: Одари, Синьора (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»), Живица (ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»); зарубежной: Золотое руно (Украина, СГИ), Харьковская 32 (Украина, Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН) и др.

На устойчивость к мучнистой росе сорта испытывали на инфекционном фоне от 2 до 7 лет. В благоприятные для проявления мучнистой росы годы незначительная часть сортов имела оценку до 1 или 1,5 балла, но в основном поражение составляло 01 балла или единичные пятна в нижнем ярусе (оценка «следы»). Устойчивость к этому патогену проявили 26 сортов, или 43,3%, из них из России: Прикумчанка (01...1), Цитрина (01...1) (ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»), Соло (сл...1), Круча (01...1–1,5) (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»), Белгородская янтарная (01...1) (ФГБНУ «Белгородский ФАНО РАН») и сорта Украины: Алый парус (01...1–1,5), Дельта одесская (сл...01–1), Партенит (01...1) (СГИ), Титан (01...1–1,5) (Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН).

Несомненный интерес в качестве источников для селекции представляют сорта с групповой устойчивостью к двум возбудителям листовых болезней. Таковых из 63 изученных выявлено 17. Часть этих сортов длительное время находится в распоряжении селекционеров, которые широко используют их в гибридизации. Это сорта, которые находятся в изучении с 2015 г.: Тур, Атолл, Архипелаг, Кермен, Круча и др. (табл. 3).

Таблица 3. Сорта озимой твердой пшеницы с групповой устойчивостью, инфекционные фоны (2015–2021 гг.)
Table 3. Winter durum wheat varieties with group resistance, infectious backgrounds (2015–2021)

Сорт	Происхождение	Годы испытаний	Бурая ржавчина, % (min...max)	Мучнистая роса, балл (min...max)
Тур	Украина	2015–2021	Сл*...5–10	01...1,5
Атолл	Украина	2015–2021	0–5...10–15	01...1
Дельфин	Украина	2015–2021	Сл...15–20	Сл...1,5
Посейдон	Украина	2015–2021	Сл...10–15	01...1,5
Каравелла	Украина	2015–2021	0–5...15–20	01...1,5
Акведук	Украина	2017–2021	5–10...15–20	01–1...1,5
Архипелаг	Украина	2015–2021	0–5...15–20	01...1,5
Лагуна	Украина	2015–2021	Сл...10–15	Сл...1,5
Континент	Украина	2015–2021	Сл...5–10	01...1,5
Бурштин	Украина	2015–2021	0–5...20–30	Сл...1,5
Кассиопея	Украина	2018–2021	0–5...15–20	01...1,5
Добряна	Украина	2019–2021	Сл...0–5	01...1
Крупинка	Россия	2015–2021	Сл...10–15	01...1,5
Кермен	Россия	2015–2021	Сл...10–15	01...01–1
Круча	Россия	2015–2021	0–5...20–30	01...1–1,5
Афина	Украина	2017–2021	Сл...10–15	Сл...1
Прибуткова	Украина	2018–2021	Сл...10–15	01...1,5
Восприимчивый сорт	–	2015–2021	50–60...100	2,5...3,5

*Сл – следы, единичные пустулы или инфекционные пятна.

Выявленный устойчивый материал востребован селекционерами при создании сортов озимой твердой пшеницы, устойчивых и толерантных к мучнистой росе и бурой ржавчине.

Выводы. Установлено при передаче сортов озимой твердой пшеницы донскими селекционерами в Госсортоиспытание, что уровень устойчивости к болезням за последние 40–50 лет непрерывно возрастает. Созданные в последние годы сорта обладают высокой

устойчивостью к двум болезням. Из 63 изученных сортов МС 26 проявили устойчивость к мучнистой росе, 20 – к бурой ржавчине и 17 – к обоим патогенам. Лучшими источниками по групповой устойчивости к болезням являются сорта: Тур, Атолл, Дельфин, Кассиопея, Добряна, Афина, Прибуткова (Украина), Круча (Россия) и др. Выделенные источники устойчивости рекомендуются для дальнейшего использования в селекции озимой твердой пшеницы.

Библиографические ссылки

1. Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы. Саратов, 2001. 124 с.
2. Гуляева Е.И., Солодухина О.В. Ржавчинные болезни зерновых культур // Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. Под. ред. Е.Е. Радченко. М.: Россельхозакадемия, 2008. С. 5–30.
3. Мудрова А.А., Костин В.В. Селекция озимой твердой пшеницы на адаптивность и изменение сортов в результате селекционной работы // В кн. «Пшеница и тритикале». Краснодар: «Советская Кубань», 2001. С. 118–134.
4. Самофалова Н.Е., Иличкина Н.П., Дубинина О.А., Макарова Т.С., Костыленко О.А., Каменева А.С., Дерова Т.Г., Кравченко Н.С. История развития селекционных работ по созданию озимой твердой пшеницы: итоги, проблемы, перспективы // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6(72). С. 10–18. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-10-18.
5. Самофалова Н.Е., Иличкина Н.П., Лещенко М.А., Дубинина О.А., Кравченко Н.С., Дерова Т.Г. Состояние и задачи селекции твердой озимой пшеницы в изменяющихся условиях климата // Аграрный вестник Урала. 2015. № 12(142). С. 18–23.
6. Mishra A.N., Shirsekar G.S., Yadav S., Kaushal K., Dubey V.G., Sai Prasad S.V. Sources of resistance to Indian pathotypes of *Puccinia graminis tritici* and *P. triticea* in durum wheat // Plant Breeding. 2015. V. 134(5). P. 508–513. DOI: 10.1111/pbr.12295.
7. Simeone R., Piarulli L., Nigro D., Signorile M.A., Blanco E., Mangini G., Blanco A. Mapping Powdery Mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) Resistance in Wild and Cultivated Tetraploid Wheats // International Journal of Molecular Sciences. 2020. V. 21(21). P. 7910. DOI:10.3390/ijms21217910.
8. Aoun M., Rouse M.N., Kolmer J.A., Kumar A., Elias E.M. Genome-Wide Association Studies Reveal All-Stage Rust Resistance Loci in Elite Durum Wheat Genotypes // Frontiers in Plant Science. 2021. V. 12. P. 1–20. DOI: 10.3389/fpls.2021.640739.

References

1. Vasil'chuk N.S. Seleksiya yarovoi tvrdoj pshenitsy [Spring durum wheat breeding]. Saratov, 2001. 124 s.

2. Gul'tyaeva E.I., Solodukhina O.V. Rzhavchinnye bolezni zernovykh kul'tur [Rust diseases of grain crops // The study of grain crop genetic resources for resistance to harmful organisms] // *Izuchenie geneticheskikh resursov zernovykh kul'tur po ustoichivosti k vrednym organizmam*. Pod. red. E.E. Radchenko. M.: Rossel'khozakademiya, 2008. S. 5–30.

4. Mudrova A.A., Kostin V.V. Seleksiya ozimoi tverdoi pshenitsy na adaptivnost' i izmenenie sortov v rezul'tate selektsionnoi raboty [Winter durum wheat breeding on adaptability and variety change as a result of breeding work] // *V kn. «Pshenitsa i tritikale»*. Krasnodar: «Sovetskaya Kuban'», 2001. S. 118–134.

5. Samofalova N.E., Ilichkina N.P., Dubinina O.A., Makarova T.S., Kostylenko O.A., Kameneva A.S., Derova T.G., Kravchenko N.S. Istoriya razvitiya selektsionnykh rabot po sozdaniyu ozimoi tverdoi pshenitsy: itogi, problemy, perspektivy [The history of the breeding work on winter durum wheat development: results, problems, prospects] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2020. № 6(72). S. 10–18. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-10-18.

6. Samofalova N.E., Ilichkina N.P., Leshchenko M.A., Dubinina O.A., Kravchenko N.S., Derova T.G. Sostoyanie i zadachi selektsii tverdoi ozimoi pshenitsy v izmenyayushchikhsya usloviyakh klimata [State and issues of winter durum wheat breeding under changing climate conditions] // *Agrarnyi vestnik Urala*. 2015. № 12(142). S. 18–23.

7. Mishra A.N., Shirsekar G.S., Yadav S., Kaushal K., Dubey V.G., Sai Prasad S.V. Sources of resistance to Indian pathotypes of *Puccinia graminis tritici* and *P. triticea* in durum wheat // *Plant Breeding*. 2015. V. 134(5). P. 508–513. DOI: 10.1111/pbr.12295.

8. Simeone R., Piarulli L., Nigro D., Signorile M.A., Blanco E., Mangini G., Blanco A. Mapping Powdery Mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) Resistance in Wild and Cultivated Tetraploid Wheats // *International Journal of Molecular Sciences*. 2020. V. 21(21). P. 7910. DOI: 10.3390/ijms21217910.

9. Aoun M., Rouse M.N., Kolmer J.A., Kumar A., Elias E.M. Genome-Wide Association Studies Reveal All-Stage Rust Resistance Loci in Elite Durum Wheat Genotypes // *Frontiers in Plant Science*. 2021. V. 12. P. 1–20. DOI: 10.3389/fpls.2021.640739.

Поступила: 07.02.22; доработана после рецензирования: 24.03.22; принята к публикации: 25.03.22.

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. Дерова Т.Г., Шишкин Н.В., Самофалова Н.Е. – концептуализация исследования; Дерова Т.Г., Кононенко О.С. – подготовка опыта; Шишкин Н.В., Дерова Т.Г. – выполнение полевых / лабораторных опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация; Дерова Т.Г., Кононенко О.С., Самофалова Н.Е. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.