

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 633.111.1:631.524.86:631.523.11

DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-80-85

ПОИСК ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ К СЕПТОРИОЗУ (*ZYMOSEPTORIA TRITICI*) ПОЛЕВЫМИ И ЛАБОРАТОРНЫМИ МЕТОДАМИ

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

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;

П. И. Костылев, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, p-kostylev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;

Н. Т. Купрейшвили, техник-исследователь лаборатории маркерной селекции,
ORCID ID: 0000-0002-1726-4390

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»

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

Для создания высокоурожайных сортов озимой мягкой пшеницы необходимо обращать внимание не только на состояние агрофитоценоза, но также включать в селекционный процесс устойчивые к болезням растения. Одной из самых распространенных болезней в России, в том числе и Ростовской области, является септориоз (*Zymoseptoria tritici*). Сорта и образцы, обладающие несколькими генами устойчивости к септориозу, имеют большое значение для селекции. Исходя из этого, необходимо вести поиск устойчивого к *Zymoseptoria tritici* селекционного материала для создания новых устойчивых сортов озимой мягкой пшеницы. Цель исследования – идентифицировать устойчивые к септориозу сорта и образцы озимой мягкой пшеницы в полевых условиях с использованием ПЦР-диагностики. Исследования проводили на базе ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (ФГБНУ «АНЦ «Донской») в 2020–2022 годах. На инфекционном фоне в годы исследований были проведены полевые оценки 35 образцов по устойчивости озимой мягкой пшеницы к *Z. tritici*. Наибольшее количество устойчивых сортов озимой мягкой пшеницы к *Z. tritici* наблюдалось в 2022 г. – 5 шт. (14,4 %), это сорта Матрица, Универ, Краса Дона, Гомер (Россия), КВС-Эмиль (Германия). В 2020 г. лишь один сорт проявил устойчивость (поражение 15–20 %) – сорт Астарт (Украина). В 2021 г. было выделено три устойчивых сорта (8,6 %) – СО-911, Франция (поражение 10–15 %), КВС-Эмиль (Германия) и Батя (Россия), поражение 15–20 %. В результате скрининга 35 образцов озимой мягкой пшеницы было выявлено наличие доминантного гена устойчивости Stb4 у сортов ХЕ-9710 (Франция), Матрица, Краса Дона, Вольный Дон, Универ (ФГБНУ «АНЦ «Донской», Россия), КВС-Эмиль (KWS Lochow GmbH, Германия). В результате работы были выделены сорта Матрица, Универ, КВС-Эмиль, ХЕ-9710, которые показали себя как среднеустойчивые и стабильные по годам, устойчивость данных сортов также была подтверждена лабораторными методами. Выделенные сорта рекомендуются для дальнейшего изучения и включения в селекционный процесс.

Ключевые слова: озимая пшеница, устойчивость, восприимчивость, септориоз, stb4, ген.

Для цитирования: Кононенко О. С., Шишкин Н. В., Костылев П. И., Купрейшвили Н. Т. Поиск источников устойчивости озимой мягкой пшеницы к септориозу (*Zymoseptoria tritici*) полевыми и лабораторными методами // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 2. С. 80–85. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-80-85.



SEARCH FOR SOURCES OF WINTER COMMON WHEAT RESISTANCE TO SEPTORIA (*ZYMOSEPTORIA TRITICI*) BY FIELD AND LABORATORY METHODS

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

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;

P. I. Kostylev, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the laboratory for rice breeding and seed production, p-kostylev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;

N. T. Kupreishvili, technician researcher of the laboratory for marker breeding,
ORCID ID: 0000-0002-1726-4390

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

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

In order to develop highly productive winter common wheat varieties, it is necessary to pay attention not only to the state of the agrophytocenosis, but also to include disease-resistant plants in the breeding process. One of the most common diseases in Russia, including the Rostov region, is septoria (*Zymoseptoria tritici*). Varieties and samples with several septoria resistant genes are of great importance for breeding. Therefore, it is neces-

sary to search for breeding material resistant to *Zymoseptoria tritici* to develop new resistant winter common wheat varieties. The purpose of the current study was to identify septoria resistant winter common wheat varieties and samples using PCR diagnostics. The study was conducted at the FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy" (FSBSI "ARC "Donskoy") in 2020–2022. Against the infectious background during the years of study, there were conducted the field estimation of 35 winter common wheat samples for *Z. tritici* resistance. The largest number of winter common wheat varieties resistant to *Z. tritici* with 14.4% damage was established in 2022, these were 5 varieties 'Matriks', 'Univer', 'Krasa Dona', 'Gomer' (Russia), 'KVS-Emil' (Germany). In 2020, only one variety 'Astarta' (Ukraine) showed resistance with 15–20 % damage. In 2021, there were identified 3 resistant varieties (8.6 %) 'SO-911' (France) with 10–15 % damage, 'KVS-Emil' (Germany) and 'Batya' (Russia) with 15–20 % damage. The screening of 35 winter common wheat samples has shown the presence of the dominant resistance gene *Stb4* in the varieties 'XE-9710' (France), 'Matriks', 'Krasa Dona', 'Volny Don', 'Univer' (FSBSI "ARC "Donskoy", Russia), 'KWS-Emil' (KWS Lochow GMBH, Germany). As a result, there have been identified the varieties 'Matriks', 'Univer', 'KVS-Emil', 'XE-9710', which showed themselves to be moderately resistant and stable over the years; the resistance of these varieties was also confirmed by laboratory methods. The identified varieties are recommended for further study and use in the breeding process.

Keywords: winter wheat, resistance, susceptibility, septoria, *stb4*, gene.

Введение. Пшеница занимает лидирующее место среди зерновых культур в Ростовской области, ее посевные площади достигают 2,5 млн/га (Подгорный и др., 2024).

Основным показателем для создания новых сортов является урожайность. Для создания высокоурожайных сортов озимой пшеницы необходимо учитывать состояние агрофитотенноза и зависимость от всех хозяйственно-биологических признаков сорта, включая устойчивость растений к болезням (Кишин и др., 2024). Одной из самых распространенных болезней в Ростовской области является септориоз, в годы эпифитотий потери урожая могут составлять 20–40 % (Бакулина и др., 2020).

Во многих селекционных учреждениях проводятся исследования, которые позволяют выявить образцы, устойчивые к различным грибным и бактериальным заболеваниям, а также изучаются показатели, способные определить качество зерна зерновых культур (Feng et al., 2016; Riaz et al., 2020).

Разработаны стратегии для получения сортов, устойчивых к грибным и бактериальным инфекциям. Они широко используются для создания сортов при помощи переноса генов устойчивости, которые были определены с применением молекулярных маркеров, от близкородственных растений, или от донора к реципиенту (Харина и Шешегова, 2021).

Сорта и образцы, обладающие несколькими генами устойчивости к септориозу, представляют большое значение для селекции. Исходя из этого, необходимо вести поиск устойчивого к *Zymoseptoria tritici* селекционного материала для создания новых устойчивых сортов озимой мягкой пшеницы.

Для создания таких сортов необходимо использование современных методов молекулярной биологии, включающих в себя применение ПЦР-диагностики.

Так, проявление устойчивости к заболеваниям, основанное на присутствии в генотипе сортов различных генов, контролирующих этот признак – как в единичном виде, так и в комплексе, – может способствовать своевременному и полноценному сбору экологически чистого урожая.

Ген *Stb4* является одним из главных генов устойчивости озимой пшеницы к септориозу. Молекулярный размер целевого ампликона (аллеля устойчивости) для маркера WMS111 составляет 210 пар нуклеотидов. Ампликон размером 150 пар нуклеотидов проявляется как у устойчивых, так и у восприимчивых генотипов (Kildea et al., 2021).

Сочетание полевых исследований с лабораторным использованием молекулярных маркеров является целесообразным и эффективным для селекции на устойчивость к вредным организмам. Цель работы – идентифицировать устойчивые к септориозу сорта и образцы озимой мягкой пшеницы в полевых условиях с использованием ПЦР-диагностики.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2020–2022 гг. на инфекционном поле лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ «АНЦ «Донской». Материалом исследования послужили 35 образцов озимой мягкой пшеницы (29 – Россия, 2 – Франция, 2 – Украина, 1 – Германия, 1 – Венгрия), восприимчивым тест-сортом выступал сорт Юмпа (Россия).

Образцы озимой мягкой пшеницы из России были предоставлены четырьмя Федеральными государственными бюджетными научными учреждениями. Основная доля образцов – 72 % (21 шт.) – предоставлена Аграрным научным центром «Донской» (ФГБНУ «АНЦ «Донской»), 14 % (4 шт.) – Национальным центром зерна имени П.П. Лукьяненко (ФГБНУ «НЦ им. П.П. Лукьяненко»), по два сорта – Северо-Кавказским федеральным научным аграрным центром (ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ») и Федеральным ростовским научным центром (ФГБНУ «ФРАНЦ») (рис. 1).

Посев на инфекционном поле проводили ручными сажалками на однорядковых делянках, длина которых составляла 1 пог. м, норма высева семян – 60 шт./пог. м в оптимальные для южной зоны сроки посева.

Объектами исследования стали северокавказская популяция септориоза (*Zymoseptoria tritici* Roberge ex Desm.) и ген устойчивости к септориозу *Stb4*.

Материал для заражения, инфицированный спорами септориоза, собирали весной на рас-

тениях озимой мягкой пшеницы. Из собранного и подсушенного материала готовили водную суспензию спор (концентрация 107 спор/мл), после чего проводили опрыскивание де-

нок. Учет септориоза выполняли по методике Г. В. Пыжиковой, шкала оценок представлена в таблице 1 (Коломиец и др., 2017; Пыжикова и др., 1988).

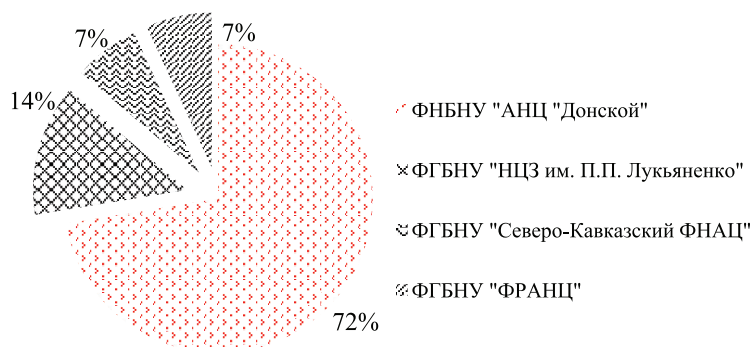


Рис. 1. Распределение образцов озимой мягкой пшеницы по учреждениям России
Fig. 1. Distribution of winter common wheat samples among Russian institutions

Таблица 1. Шкала оценок устойчивости сортов озимой мягкой пшеницы к септориозу. Инфекционные фоны (2020–2022 гг.)

Table 1. Scale for estimating winter common wheat varieties' resistance to septoria. Infection backgrounds (2020–2022)

Устойчивые (У)	0–20 %
Среднеустойчивые (СУ)	20–30 %
Средневосприимчивые (СВ)	30–50 %
Восприимчивые (В)	Свыше 50–100 %

Ген Stb4 локализован на хромосоме 7D в 0,7 сМ от локуса Xgwm111. Источником этого гена устойчивости является сорт Tadinia. Для определения данного гена устойчивости использовали SSR-маркер WMS111 (праймеры: F 5' – TCT GTA GGC TCT CTC CGA CTG – 3'; R 5' – ACC TGA TCA GAT CCC ACT CG – 3') (Adhikari et al., 2004).

Условия ПЦР и состав реакционной смеси для амплификации образцов озимой пшеницы при идентификации генов устойчивости к септориозу:

– условия ПЦР – 94 °C – 3 мин, 44 цикла (94 °C – 1 мин, 55 °C – 1 мин, 72 °C – 2 мин), 72 °C – 7 мин;

– состав реакционной смеси – 25 мкл реакционной смеси: геномная ДНК – 2 мкл; 10хPCR буфер – 2,5 мкл; MgCl₂ (25mM) – 2 мкл; смесь dNTPs (20mM) – 1,25 мкл; по 2 мкл каждого праймера (10 pmol); Taq-полимераза (5 U) – 0,2 мкл; деионизированная вода – 13,05 мкл (Adhikari et al., 2004).

Погодные условия за годы исследований в период вегетации озимой пшеницы значительно различались по степени влияния на степень поражения септориозом.

Весна 2020 г. характеризовалась теплой погодой и значительным недобором осадков в первые два месяца. За весну выпало 98,1 мм, что меньше среднемесячной нормы на 32,9 мм. Среднесуточная температура воздуха за весну находилась на одном уровне со среднемесячными показателями. В мае наблюдалось

хорошее проявление септориоза, поражение восприимчивого тест-сорта в этот период достигало 60–80 %. В первом месяце лета наблюдалась жаркая и сухая погода, что впоследствии привело к приостановлению болезни.

Показатели температурного режима весны 2021 г. были выше среднемесячных данных. Осадки также превышали средние многолетние показатели по месяцам в 2–3 раза (в марте – 83,2 мм, апреле – 95,7 мм, мае – 65,0 мм, июне – 103,9 мм, тогда как среднемесячные показатели, составляли 37,0; 42,7; 51,3; и 71,3 мм соответственно). Восприимчивый тест-сорт имел высокое поражение патогеном (60–80 %).

Весна 2022 г. характеризовалась обильными осадками (125,5 % от нормы), превышающими среднемесячные значения. Температурный же режим находился в пределах среднемесячных показателей. Такие погодные условия способствовали развитию септориоза на озимой мягкой пшенице. Восприимчивый тест-сорт в 2022 г. имел максимальное поражение (100 %) по изученным годам.

Результаты и их обсуждение. По результатам полевых оценок было определено, что большая часть сортов по годам относилась к средневосприимчивой группе. Это сорта Танаис, Амбар, Регион 161, Армада, Юка, Губернатор Дона (Россия) и Чорнява (Украина). В 2020 г. процент средневосприимчивых сортов составил 45,7, в 2021-м – 54,3, в 2022-м – 40,0 (данные представлены на рис. 2).

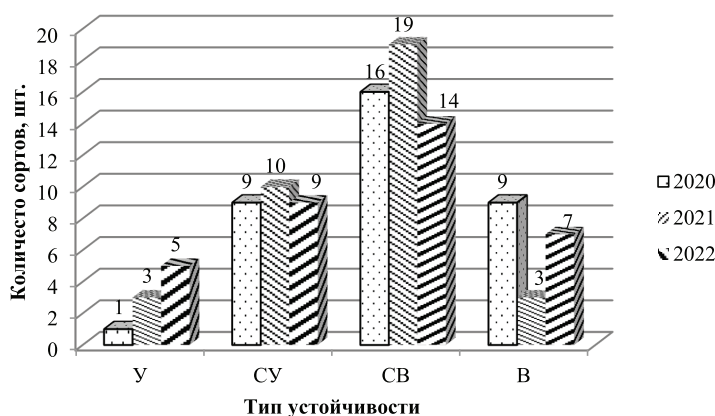


Рис. 2. Распределение образцов по типу устойчивости к септориозу (2020–2022 гг.)

Fig. 2. Distribution of samples according to a septoria resistance type (2020–2022)

Наибольшее количество устойчивых сортов озимой мягкой пшеницы к *Z. tritici* наблюдалось в 2022 г. – 5 шт. (14,4 %), это сорта Матрица, Универ, Краса Дона, Гомер (Россия), КВС-Эмиль (Германия). В 2020 г. лишь один сорт проявил устойчивость (поражение 15–20 %) – сорт Астарта (Украина). В 2021 г. было выделено 3 устойчивых сорта (8,6 %) – СО-911, Франция (поражение 10–15 %), КВС-Эмиль, Германия и Батя, Россия (поражение 15–20 %).

Сортов озимой пшеницы, проявивших восприимчивость по годам, нами было отмечено: в 2020 г. – 9 (25,7 %), среди них сорта Донская степь, Краса Дона (Россия), MV-15-04 (Венгрия) и др. (поражение 50–60 %), максимальное поражение (60–80 %) было у сорта Акапелла (Россия); в 2021 г. – 3 (8,6 %), это сорта Подарок Крыму, Вольница, Акапелла (Россия) (пора-

жение 50–60 %); в 2022 г. – 7 (20 %), это сорта Полина, Вольный Дон (Россия), Чорнява (Украина) и др. (поражение 50–60 %).

В результате скрининга нами было выявлено 6 сортов озимой пшеницы с функциональным аллелем гена устойчивости *Stb4* к септориозу из 35 изученных – ХЕ-9710 – дорожка на электрофореграмме №2 (Франция), Матрица – дорожка №5, Краса Дона – дорожка № 12, Вольный Дон – дорожка № 15, Универ – дорожка № 18 (ФГБНУ «АНЦ «Донской», Россия), КВС-Эмиль – дорожка № 10 (KWS Lochow GmbH, Германия) (рис. 3). Это 17 % сортов от общего количества изученных. Основная масса сортов и образцов озимой пшеницы обладала рецессивными аллелями гена устойчивости *Stb4* – 85,7 %.

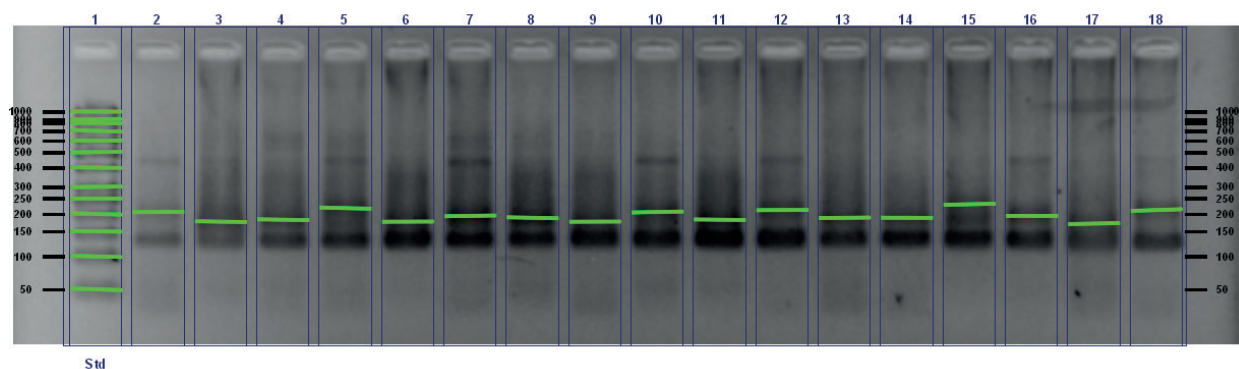


Рис. 3. Идентификация гена *Stb4* с использованием молекулярного маркера WMS111:

1 – маркер молекулярного веса Thermo Scientific GeneRuler 50+ bp (100–1000 п.н.); 2 – ХЕ-9710 (Франция); 3 – MV-15-04 (Венгрия); 4 – 595/13; 5 – Матрица; 6 – Зерноградка 11; 7 – Премьера (Россия); 8 – СО-911 (Франция); 9 – Губернатор Дона (Россия); 10 – КВС-Эмиль (Германия); 11 – Золотой колос; 12 – Краса Дона; 13 – Юбилей Дона; 14 – Рубин Дона; 15 – Вольный Дон; 16 – Вольница; 17 – Подарок Крыму; 18 – Универ (Россия)

Fig. 3. Identification of the gene *Stb4* with the use of the molecular marker WMS111:

1 – Molecular weight marker Thermo Scientific GeneRuler 50+ bp (100–1000 p.n.); 2 – ХЕ-9710 (France); 3 – MV-15-04 (Hungary); 4 – 595/13; 5 – Матрикс; 6 – Zernogradka 11; 7 – Premiera (Russia); 8 – СО-911 (France); 9 – Gubernator Dona (Russia); 10 – KVS-Emil (Germany); 11 – Zolotoy kolos; 12 – Krasa Dona; 13 – Yubiley Dona; 14 – Rubin Dona; 15 – Volny Don; 16 – Volnitsa; 17 – Podarok Krymu; 18 – Univer (Russia)

Проанализировав данные, полученные в полевых и лабораторных условиях, была составлена таблица выделившихся сортов (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика выделенных сортов и образцов озимой мягкой пшеницы по устойчивости к септориозу (2020–2022 гг.)
Table 2. Characteristics of the identified of winter common wheat varieties and samples according to septoria resistance (2020–2022)

Сорт	Страна происхождения	Год			Stb4
		2020	2021	2022	
Восприимчивый тест-сорт Юмпа	Россия	60–80	60–80	80–100	–
Матрица	Россия	20–30	20–30	15–20	+
Универ	Россия	20–30	20–30	10–15	+
Краса Дона	Россия	30–40	30–40	15–20	+
Вольный Дон	Россия	40–50	40–50	40–50	+
595/13	Россия	20–30	20–30	20–30	–
Шеф	Россия	20–30	30–40	20–30	–
Золотой колос	Россия	20–30	20–30	20–30	–
СО-911	Франция	20–30	10–15	20–30	–
Астарт	Украина	15–20	20–30	20–30	–
КВС-Эмиль	Германия	20–30	15–20	15–20	+
ХЕ-9710	Франция	20–30	40–50	20–30	+

Ген устойчивости к септориозу Stb4 идентифицирован у 6 сортов озимой мягкой пшеницы, из них только 4 сорта имели полевые оценки, характеризующие данные сорта как устойчивые и среднеустойчивые. Это может свидетельствовать о наличии в данных сортах других генов устойчивости к септориозу. Выделенные сорта озимой мягкой пшеницы, которые несут данный ген устойчивости к *Zymoseptoria tritici*, можно рекомендовать для дальнейшего использования в скрещивании как родительские формы в селекционной практике на устойчивость к септориозу для пирамидирования генов устойчивости.

Также были выделены сорта озимой пшеницы Шеф, Золотой колос, СО-911, Астарт и линия (595/13), в которых не был обнаружен доминантный ген устойчивости Stb4 к септори-

озу, но они проявили себя по годам как среднеустойчивые к данному патогену и их также можно рекомендовать в селекционные программы по иммунитету.

Выводы. В результате работы были выделены сорта Матрица, Универ (Россия), КВС-Эмиль (Германия), ХЕ-9710 (Франция), которые показали себя как среднеустойчивые и стабильные по годам, устойчивость данных сортов также была подтверждена лабораторными методами. Выделившиеся сорта рекомендуются для дальнейшего изучения и включения в селекционный процесс.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России № 0706-2019-0003 и № 0505-2022-0003.

Библиографический список

1. Бакулина А. В., Харина А. В., Широких А. А. Септориоз листьев и колоса пшеницы: генетический контроль устойчивости хозяина (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 2. С. 26–35. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-2-026-035
2. Кирил А. В., Марченко Д. М., Иванисов М. М., Рыбась И. А., Зеленская Г. М. Формирование урожайности и элементов структуры сортов озимой мягкой пшеницы по предшественнику горох в условиях ФГБНУ «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 3. С. 33–39. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-92-3-33-39
3. Коломиец Т. М., Пахолкова Е. В., Дубовая Л. П. Отбор исходного материала для создания сортов пшеницы с длительной устойчивостью к септориозу. Методические рекомендации. М.: Печатный город, 2017. 56 с.
4. Подгорный С. В., Скрипка О. В., Самофалов А. П. Селекция сортов озимой мягкой пшеницы интенсивного типа в АНЦ «Донской». В книге: Аграрная наука в обеспечении продовольственной безопасности и развитии сельских территорий // Сборник материалов V международной научно-практической конференции. Луганск, 2024. С. 36–39.
5. Пыжикова Г. В., Санин С. С., Санина А. А. Диагностика, учет и защитные мероприятия против септориоза пшеницы. Рекомендации. М.: Агропромиздат, 1988. 55 с.
6. Харина А. В., Шешегова Т. К. Поиск устойчивого к септориозу исходного материала яровой мягкой пшеницы и анализ наследования признака // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22(2). С. 212–222. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.2.212-222
7. Adhikari T. B., Cavaletto J. R., Dubcovsky J., Gieco J. O., Schlatter A. R., Goodwin S. B. Molecular mapping of the Stb4 gene for resistance to Septoria tritici blotch in wheat // Phytopathology. 2004. Vol. 94(11). P. 1198–1206. DOI: 10.1094/phyto.2004.94.11.1198
8. Feng Y., Zhao Y., Wang K., Li Y. C., Wang X., Yin J. Identification of vernalization responsive genes in the winter wheat cultivar Jing841 by transcriptome sequencing // Journal of Genetics. 2016. Vol. 95(4), P. 957–964. DOI: 10.1007/s12041-016-0724-0
9. Kildea S., Sheppard L., Cucak M., Hutton F. Detection of virulence to septoria tritici blotch (STB) resistance conferred by the winter wheat cultivar Cougar in the Irish Zymoseptoria tritici population and potential implications for STB control // Plant Pathology. 2021. Vol. 1–11, DOI: 10.1111/ppa.13432

10. Riaz A., KockAppelgren P., Hehir J. G., Kang J., Meade F., Cockram J., Byrne S. Genetic Analysis Using a Multi-Parent Wheat Population Identifies Novel Sources of Septoria Tritici Blotch Resistance // *Genes*. 2020. Vol. 11(8), Article number: 887. DOI: 10.3390/genes11080887

References

1. Bakulina A. V., Kharina A. V., Shirokikh A. A. Septorioz list'ev i kolosa pshenitsy: geneticheskii kontrol' ustoichivosti khozyaina (obzor) [Wheat leaf and ear blotch: genetic control of host resistance (review)] // *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2020. № 2. S. 26–35. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-2-026-035
2. Kirin A. V., Marchenko D. M., Ivanisov M. M., Rybas' I. A., Zelenskaya G. M. Formirovanie urozhainosti i elementov struktury sortov ozimoi myagkoi pshenitsy po predshestvenniku gorokh v usloviyakh FGBNU «ANTs «Donskoi» [Formation of yield and its structural elements of winter common wheat varieties sown after peas in the conditions of the FSBSI «ARC «Donskoy»] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2024. T. 16, № 3. S. 33–39. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-92-3-33-39
3. Kolomiets T. M., Pakholkova E. V., Dubovaya L. P. Otbor iskhodnogo materiala dlya sozdaniya sortov pshenitsy s dlitel'noi ustoichivost'yu k septoriozu [Selection of source material for developing wheat varieties with long-term resistance to blotch]. *Metodicheskie rekomendatsii*. M.: Pechatnyi gorod, 2017. 56 s.
4. Podgornyi S. V., Skripka O. V., Samofalov A. P. Seleksiya sortov ozimoi myagkoi pshenitsy intensivnogo tipa v ANTs «Donskoi». V knige: *Agrarnaya nauka v obespechenii prodovol'stvennoi bezopasnosti i razvitii sel'skikh territorii* [Breeding of winter common wheat varieties of intensive type in the ARC «Donskoy»] // *Sbornik materialov V mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Lugansk, 2024. S. 36–39.
5. Pyzhikova G. V., Sanin S. S., Sanina A. A. Diagnostika, uchet i zashchitnye meropriyatiya protiv septorioza pshenitsy [Diagnostics, recording and protective measures against wheat leaf blotch]. *Rekomendatsii*. M.: Agropromizdat, 1988. 55 s.
6. Kharina A. V., Sheshhegova T. K. Poisk ustoichivogo k septoriozu iskhodnogo materiala yarovoi myagkoi pshenitsy i analiz nasledovaniya priznaka [Search for initial material of spring common wheat resistant to blotch and analysis of inheritance of the trait] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2021. № 22(2). S. 212–222. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.2.212-222
7. Adhikari T. B., Cavaletto J. R., Dubcovsky J., Gieco J. O., Schlatter A. R., Goodwin S. B. Molecular mapping of the Stb4 gene for resistance to Septoria tritici blotch in wheat // *Phytopathology*. 2004. Vol. 94(11). P. 1198–1206. DOI: 10.1094/phyto.2004.94.11.1198
8. Feng Y., Zhao Y., Wang K., Li Y. C., Wang X., Yin J. Identification of vernalization responsive genes in the winter wheat cultivar Jing841 by transcriptome sequencing // *Journal of Genetics*. 2016. Vol. 95(4), P. 957–964. DOI: 10.1007/s12041-016-0724-0
9. Kildea S., Sheppard L., Cucak M., Hutton F. Detection of virulence to septoria tritici blotch (STB) resistance conferred by the winter wheat cultivar Cougar in the Irish Zymoseptoria tritici population and potential implications for STB control // *Plant Pathology*. 2021. Vol. 1–11, DOI: 10.1111/ppa.13432
10. Riaz A., KockAppelgren P., Hehir J. G., Kang J., Meade F., Cockram J., Byrne S. Genetic Analysis Using a Multi-Parent Wheat Population Identifies Novel Sources of Septoria Tritici Blotch Resistance // *Genes*. 2020. Vol. 11(8), Article number: 887. DOI: 10.3390/genes11080887

Поступила: 22.01.25; доработана после рецензирования: 05.03.25; принята к публикации: 06.03.25.

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. Кононенко О. С. – концептуализация и проектирование исследования, закладка опыта, фенологические наблюдения, выполнение лабораторных опытов; Кононенко О. С., Шишкин Н. В. – анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Костылев П. И. – критический анализ текста; Купрейшвили Н. Т. – выполнение лабораторных опытов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.