

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 633.161:632.484.11 (470.61)

DOI: 10.31367/2079-8725-2024-94-5-108-112

ОЦЕНКА ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ПЫЛЬНОЙ ГОЛОВНЕ

Е. С. Дорошенко, младший научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, katyalevchenko1@mail.ru; ORCID ID: 0000-0002-6015-5616;

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

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

3447740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Для получения качественных семян и высоких урожаев сельскохозяйственных культур важно сохранить посевы до момента уборки. Заболевания колоса вредят наибольшим образом, поражая наиболее ценную часть растений. Исследуемый возбудитель пыльной головни – *Ustilago nuda* (C. N. Jensen) Rostr. уничтожает колос полностью, оставляя лишь пылящую массу черного цвета. Культура озимый ячмень востребована в производстве на всей территории страны, особенно в южных регионах. Селекция сортов на устойчивость к данному патогену актуальна и в настоящее время. В статье представлены результаты иммунологической характеристики сортов озимого ячменя, проходящих конкурсное и межстанционное сортоиспытание. Целью исследования являлось выявление стабильно устойчивых и резистентных к исследуемому патогену сортов озимого ячменя. Исследование проводили в период 2021–2023 гг. на инфекционном участке ФГБНУ «АНЦ «Донской» с использованием принудительного заражения в период цветения. Отмечены сорта и линии селекции Центра, проявившие высокую и практическую устойчивость к патогену. Максимальное количество (102 образца) выявлено в условиях 2021 г., в 2022 г. – 78 образцов и в 2021 г. – только 71 образец. В исследуемом материале не отмечено высоко восприимчивых образцов. Максимальное поражение составляло 34,9 % у сорта Caprice в условиях засушливого 2022 года. Дана характеристика сортам, проявившим высокую устойчивость за все годы исследования: Тимофей, Степ, Маруся, Квант, Фокс 1, Мастер, Самсон, Спринтер, Достойный, Эспада, Онега. Также отмечены линии селекции Центра, проявившие высокую устойчивость к патогену: Параллелум 2019, Нутанс 2137, Параллелум 2149, Параллелум 2136, Параллелум 2110, Параллелум 2131.

Ключевые слова: озимый ячмень, устойчивость, толерантность, патоген, пыльная головня.

Для цитирования: Дорошенко Е. С., Шишкин Н. В. Оценка озимого ячменя на устойчивость к пыльной головне // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 5. С. 108–112. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-94-5-108-112.



ESTIMATION OF WINTER BARLEY FOR LOOSE SMUT RESISTANCE

E. S. Doroshenko, junior researcher of the laboratory for plant immunity and protection, katyalevchenko1@mail.ru; ORCID ID: 0000-0002-6015-5616;

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

FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”,

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

In order to obtain high-quality seeds and high yields of agricultural crops, it is important to preserve crops until harvesting. Ear diseases cause the greatest harm, affecting the most valuable part of the plant. The studied causative agent of loose smut *Ustilago nuda* (C. N. Jensen) Rostr. destroys the ear completely, leaving only a black dusty mass. Winter barley is of great demand in production throughout the country, especially in the southern regions. Breeding varieties for resistance to this pathogen is still relevant today. The current paper has presented the results of the immunological characteristics of winter barley varieties undergoing competitive and inter-station variety testing. The purpose of the study was to identify winter barley varieties that were stably tolerant and resistant to the pathogen. The study was conducted at the infection plot of the FSBSI “ARC “Donskoy” in the period 2021–2023 using forced infection during the flowering period. There have been identified the varieties and lines of the ARC that demonstrated high and practical resistance to the pathogen. There has been identified a maximum number (102 samples) under the conditions of 2023, 78 samples under the conditions of 2022, and only 71 under the conditions of 2021. There were no highly susceptible samples in the studied material. The maximum damage was 34.9 % for the variety ‘Caprice’ under the arid conditions of 2022. There has been given characteristics of the varieties that have shown high resistance over all the years of the study, such as ‘Timofey’, ‘Step’, ‘Marusya’, ‘Kvant’, ‘Foks 1’, ‘Master’, ‘Samson’, ‘Sprinter’, ‘Dostoyny’, ‘Espada’, ‘Onega’. There has been noted that the breeding lines of the ARC ‘Parallelum 2019’, ‘Nutans 2137’, ‘Parallelum 2149’, ‘Parallelum 2136’, ‘Parallelum 2110’, ‘Parallelum 2131’ have shown high resistance to the pathogen.

Keywords: winter barley, resistance, tolerance, pathogen, loose smut.

Введение. В структуре посевных площадей зерновых и зернобобовых культур Ростовской области ячмень неизменно занимает второе

место после озимой пшеницы. Он является основной зернофуражной культурой региона. Особенность озимого ячменя как культу-

ры – это большой потенциал продуктивности. Использование зимне-весеннего запаса влаги и экономное ее расходование для формирования урожайности позволяет превзойти яровой ячмень по рентабельности (Doroshenko et al., 2021).

На территории Ростовской области последние годы проявляется потепление климата. Это позволяет значительно расширить географию посевов сортов местной селекции. Так, если еще 30–40 лет назад озимый ячмень возделывали в основном на юге страны, то сейчас сорта вносятся в Госреестр по шестому, седьмому и восьмому регионам РФ (Северо-Кавказский, Средневолжский и Нижневолжский) (Филиппов и др., 2021).

Значительный вред стеблестую, а соответственно, и урожаю, наносят болезни и вредители сельскохозяйственных культур. От некоторых вредных организмов можно потерять 25–30 % урожая, а от пыльной головки ежегодные потери составляют порядка 10–15 %. Заражение посевного материала данным патогеном происходит на полях в период цветения. Заболевание имеет высокую вредоносность уже при низком начальном уровне зараженности семян. Экономические потери, вызванные пыльной головней при уровне заражения 1–2 %, приводят к снижению прибыли на 5–20 %. Вред, причиненный растению, отображается не только в прямых потерях урожая, но и в значительном снижении качества полученных семян. За счет летучести спор патоген получил очень широкое географическое распространение (Левитин и др., 2019). Ни зараженные семена, ни развивающиеся растения не проявляют каких-либо явных или однозначных макроскопических симптомов. Пыльную головню легко распознать только при появлении колоса, поскольку колос или его часть замещаются массой черных спор гриба.

Для ограничения численности и вредоносности распространенных вредных организмов разработан комплекс агротехнических приемов и используется широкая линейка химических средств защиты (Семенова и др., 2021). Однако использование генетически устойчивых и толерантных сортов является наиболее безопасным, экологическим и экономически выгодным методом.

С одной стороны, этот метод является основой интегрированных систем защиты растений, а с другой – использование устойчивых сортов позволяет прогнозировать потери от вредных

объектов и определять потребность в проведении защитных мероприятий, снижать кратность химических обработок и норму расхода препаратов, изменять сроки обработки посевов (Мешкова и др., 2020).

Адресность является основой современной стратегии селекции сельскохозяйственных культур. Необходимо создавать системы сортов, дифференцированных как климатически, так и экологически, которые будут хорошо адаптированы к условиям конкретного региона (Shishkin et al., 2021; Дорошенко и Шишкин, 2022).

Исходя из этого, анализ первичного материала для селекции должен быть полным и разносторонним, а осуществлять его необходимо в условиях региона планируемого районирования, в том числе фитосанитарных. Только так можно будет оценить взаимодействие всех факторов, влияющих на получение качественного и высокого урожая (Косолапов и др., 2021; Дорошенко и Шишкин, 2021).

Целью работы являлось выявление среди изучаемых сортов и линий озимого ячменя высоко и практически устойчивых образцов для дальнейшей селекционной работы.

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в период 2021–2023 гг. на инфекционном стационарном участке лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ АНЦ «Донской».

Объект исследования – сорта и линии, проходящие межстанционное и конкурсное сортоиспытания. Всего за эти годы было оценено 379 образцов исследуемых сортообразцов. Предметом исследования являлся возбудитель пыльной головки ячменя (*Ustilago nuda* (C.N. Jensen) Rostr.). В качестве восприимчивого тест-сорта взят сорт Паллидум 1679.

Возбудитель данного заболевания развивается по двухлетнему циклу. В первый год в фазу цветения проводили инокуляцию исследуемых образцов споровой популяцией патогена вакуум-прибором. Инфекционная нагрузка – 2 г спор на 1 л воды. Сбор этикированных зараженных колосков проводили в фазу полной спелости. Инфицированные семена высевали осенью на фитопатологическом участке. Подсчет больных и здоровых колосков проводили в фазу молочной спелости. Классификацию типа устойчивости у образцов проводили по модифицированной шкале СЭВ для возбудителей пыльной головки (Дорошенко и др., 2022) (табл. 1).

Таблица 1. Типы устойчивости озимого ячменя к пыльной головне
Table 1. Types of winter barley resistance to loose smut

Балл	Степень устойчивости	Проявление патогена
0	Высокоустойчивые образцы	без поражения
1	Практически устойчивые	поражение не более 5 %
2	Слабовосприимчивые	поражение 5–10 %
3	Средневосприимчивые	поражение 10–25 %
4	Восприимчивые	поражение 25–50 %
5	Сильновосприимчивые	поражение более 50 %

Распределение изучаемых сортов на группы устойчивости вели по максимальному проценту поражения за годы изучения.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный (предкавказский, карбонатный) глинистый малогумусный. Структура почвы зернисто-комковатая.

Погодные условия в годы проведения исследования складывались благоприятно для проведения заражения и дальнейшего разви-

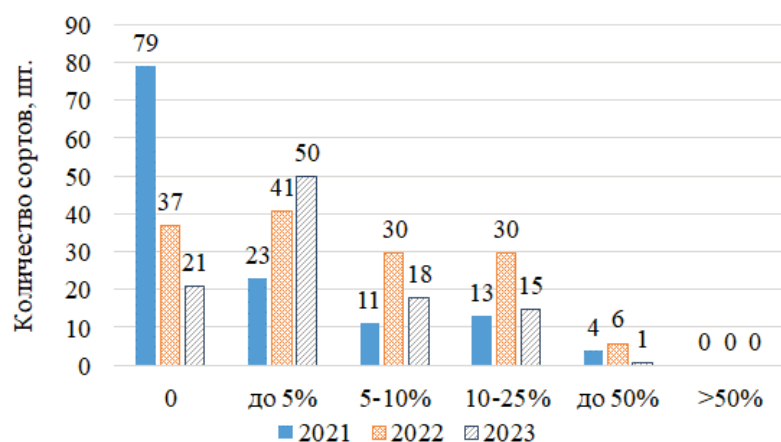
тия патогена, что позволило провести достоверную оценку. В мае при проведении заражения необходима влага. Сильно выделялись засушливые условия 2022 г.: в мае количество осадков было на 20,17 мм ниже среднемесячных показателей, в июне – на 61,73 мм. Температурный режим от 16 до 22 °С, необходимый для быстрого прорастания спор, соблюдался в течении всех трех лет (табл. 2).

Таблица 2. Погодные условия весенне-летнего периода в 2021–2023 гг.
Table 2. Weather conditions of the spring-summer period in 2021–2023

Месяц	Среднемесячные	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Среднемесячное количество осадков, мм.				
Март	37,0	83,2	67,4	36,0
Апрель	42,7	95,7	65,9	88,0
Май	51,3	65,0	31,13	116,0
Июнь	71,3	103,9	9,57	37,0
Среднемесячная температура воздуха, °С.				
Март	2,0	2,3	1,0	7,4
Апрель	10,7	10,0	12,6	11,5
Май	16,5	18,1	14,8	16,0
Июнь	20,5	21,5	23,2	20,5

Результаты и их обсуждение. Поражение патогеном в годы проведения исследования варьировало от 0 до 34,9 %. Сильновосприимчивых сортов с поражением более 50 % колосьев не выявлено. Поражение восприимчивого тест-сорта Паллидум 1679 в 2021 г. составило 61,7 %, в 2022 г. – 60 %, в 2023 г. – 62,3 %. Восприимчивость (от 25 до 50 % поражения) в 2021 г. показали 4 сорта: Хуторок (26,6 %), Gypsi (27 %), Безостый 1953 (32 %) и Премьер (33,9 %). В 2022 г. – 6 образ-

цов: сорта Паттерн (25,4 %), 7577/75 (26,2 %), Рандеву (29,6 %), Безостый 1954 (29,7 %), Caprice (34,9 %) и линия Параллелум 1767 × Эспада (32,1 %). В 2023 г. только один сорт – Ханелоре (28,9 %). Среднюю восприимчивость (от 10 до 25 % поражения) к патогену в 2021 г. проявили 11 образцов, в 2022 г. – 30 и в 2023 г. – 18. К слабовосприимчивым (от 5 до 10 %) отнесено в 2021 г. 11 образцов, в 2022 г. – 30, в 2023 г. – 18 (см. рисунок).



Распределение изучаемых образцов озимого ячменя по поражению пыльной головней в годы проведения исследования
Distribution of studied winter barley samples according to loose smut damage in the years of study

Для дальнейшей селекционной работы ценны высокоустойчивые и практически устойчивые образцы с проявлением поражения патогена не более 5 %. Наибольшее количество (102 сорта) таких образцов выявлено в услови-

ях 2021 г., включая сорта Ерема, Маруся, Фокс 1, Самсон, Платон, Гордей, Андрюша, Достойный, Эспада и др. В 2022 г. выявлено 78 образцов без поражения патогеном. Это такие сорта, как Тимофей, Степ, Маруся, Квант, Фокс 1,

Мастер, Самсон, Спринтер и др. В 2023 г. – 71 образец. Из них сорта Квант, Самсон, Спринтер, Достойный, Эспада, Онега, KWS-Meridian,

Explorer 5. Характеристика некоторых из них представлена в таблице 3.

Таблица 3. Характеристика выделившихся сортов озимого ячменя, устойчивых к пыльной головне, %
Table 3. Characteristics of the identified winter barley varieties resistant to loose smut, %

Сорт	Тип устойчивости	2021	2022	2023
Тимофей	практически устойчив	0	3	0,5
Степ	практически устойчив	0	2,9	4,4
Маруся	практически устойчив	0	1,9	2,8
Квант	высокоустойчив	0	1,8	0
Фокс 1	практически устойчив	1,6	0,4	0,5
Мастер	практически устойчив	1	0,6	2,3
Самсон	высокоустойчив	0	0	0
Спринтер	практически устойчив	3,6	1,9	0
Достойный	высокоустойчив	0	1,2	0
Эспада	практически устойчив	0	4,4	0
Онега	практически устойчив	1,8	4,6	0

Исходя из данных таблицы, сорт Самсон проявил высокую устойчивость к пыльной головне в условиях трех лет исследования. Сорта Квант и Достойный не имели поражения в условиях 2021 и 2023 гг., но в засушливых условиях 2022 г. поразилась менее 2 %. У остальных сортов поражение варьировало от 0 до 5 % стеблей, они направлены на дальнейшее изучение.

Среди изученных образцов в годы исследования также были выделены высокоустойчивые и практически устойчивые линии

селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». В 2021 г.: Параллелум 1947 × Параллелум 1911, Паллидум 2033, Параллелум 1947 × Фокс 1. В 2022 г.: Параллелум 1764 × Эспада, Тигр × Паллидум 1963, Параллелум 1947 × Паллидум 1813, Параллелум 1979 × Параллелум 1821, Тигр × Паллидум 1963 и др. В 2023 г.: Трудивник × Нутанс 1895, Маруся × Спринтер, Маруся × Достойный, Параллелум 1962 × Ерема, Параллелум 1958 × Паллидум 1899. Характеристика некоторых из них представлена в таблице 4.

Таблица 4. Характеристика выделившихся селекционных линий озимого ячменя
Table 4. Characteristics of the identified winter barley breeding lines

Селекционная линия	Тип устойчивости	2021	2022	2023
Параллелум 2019	Высокоустойчив	0	2,3	0
Трудивник × Нутанс 1895	Высокоустойчив	0,2	0	0
Маруся × Спринтер	Высокоустойчив	0	0	0
Параллелум 2136	Высокоустойчив	0	0	0
Параллелум 2110	Высокоустойчив	0	0,5	0,2
Параллелум 2131	Высокоустойчив	0,3	0	0

Селекционные линии Маруся × Спринтер, Параллелум 2136 не подверглись проявлению патогена за все годы исследования. Остальные линии, представленные в таблице, поражаются менее 5 %. Все они отобраны для дальнейшего изучения на поражение пыльной головней и рекомендованы к участию в селекционных программах.

Выводы. Проведенные исследования позволили выполнить качественную иммунологическую оценку сортов и линий озимого ячменя. Сорта озимого ячменя Тимофей, Степ, Маруся, Квант, Фокс 1, Мастер, Самсон, Спринтер, Достойный, Онега и Эспада пока-

зали практическую устойчивость в условиях 2021–2023 годов. Селекционные линии Параллелум 2019, Трудивник × Нутанс 1895, Маруся × Спринтер, Параллелум 2136, Параллелум 2110 и Параллелум 2131 имеют хорошую перспективу в качестве устойчивых сортов. Все выделенные источники резистентности к пыльной головне позволят селекционерам путем целенаправленного их использования в селекционном процессе создавать перспективный материал ячменя с высокой и практической устойчивостью к изученному патогену.

Библиографические ссылки

1. Дорошенко Е. С., Дорошенко Э. С., Шишкин Н. В. Полная иммунологическая характеристика коллекции голозерного ячменя в условиях южной зоны // Аграрный вестник Урала. 2022. № 08(223). С. 15–26. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-223-08-15-26
2. Дорошенко Е. С., Шишкин Н. В. Поиск источников устойчивости к пыльной головне для селекции ярового ячменя // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 174. С. 106–112. DOI: 10.21515/1990-4665-174-011

3. Дорошенко Е. С., Шишкин Н. В. Оценка озимого ячменя на устойчивость к листовым болезням // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 103–108. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-103-108
4. Косолапов В. М., Чернявских В. И., Костенко С. И. Развитие современной селекции и семеноводства кормовых культур в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25, № 4. С. 401–407. DOI: 10.18699/VJ21.044
5. Левитин М. М., Афанасенко О. С., Гагкаева Т. Ю., Ганнибал Ф. Б., Гульяева Е. И., МIRONENKO Н. В. Популяционные исследования грибов – возбудителей болезней зерновых культур // Вестник защиты растений. 2019. № 4(102). С. 5–16. DOI: 10.31993/2308-6459-2019-4-102-5-16
6. Мешкова Л. В., Николаев П. Н., Васюкевич С. В., Сабаяева О. Б., Пяткова О. В. Иммунологическая характеристика ячменя и овса по устойчивости к природным популяциям головневых заболеваний // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 10. С. 43–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11006
7. Семенова А. Г., Анисимова А. В., Ковалева О. Н. Устойчивость к вредным организмам современных сортов ячменя // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. № 182 (4). С. 108–116. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-108-116
8. Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Донцов Д. П., Засыпкина И. М. Новый среднеранний сорт озимого ячменя Маруся // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 46–50. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-46-50
9. Doroshenko E., Filippov Ye., Dontsova A., Dontsov D. Screening of breeding material of naked barley for breeding-valuable traits in the conditions of the Rostov region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Ussurijsk, June 20–21, 2021. Ussurijsk. 2021. Article number: 022121. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022121
10. Shishkin N., Derova T., Kovalenko N., Ivanisov M., Kononenko O. Assessment of winter soft and durum wheat varieties for resistance to yellow and dark brown spots // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Ussurijsk, June 20–21, 2021. Ussurijsk. 2021. Article number: 022123. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022123

References

1. Doroshenko E. S., Doroshenko E. S., Shishkin N. V. Polnaya immunologicheskaya kharakteristika kolleksii golozernogo yachmenya v usloviyakh yuzhnoi zony [Complete immunological characteristics of the collection of hulled barley in the southern area] // Agrarnyi vestnik Urala. 2022. № 08(223). S. 15–26. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-223-08-15-26
2. Doroshenko E. S., Shishkin N. V. Poisk istochnikov ustoichivosti k pyl'noi glavne dlya selektsii yarovogo yachmenya [Search for sources of resistance to loose smut for spring barley breeding] // Politematicheskii setevoy elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 174. S. 106–112. DOI: 10.21515/1990-4665-174-011
3. Doroshenko E. C., Shishkin N. V. Otsenka ozimogo yachmenya na ustoichivost' k listovym boleznyam [Estimation of winter barley for resistance to leaf diseases] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. Т. 14, № 6. С. 103–108. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-103-108
4. Kosolapov V. M., Chernyavskikh V. I., Kostenko S. I. Razvitie sovremennoi selektsii i semenovodstva kormovykh kul'tur v Rossii [Development of modern breeding and seed production of forage crops in Russia] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2021. Т. 25, № 4. С. 401–407. DOI: 10.18699/VJ21.044
5. Levitin M. M., Afanasenko O. S., Gagkaeva T. Yu., Gannibal F. B., Gul'tyaeva E. I., Mironenko N. V. Populyatsionnye issledovaniya gribov – vzbuditelei boleznei zernovykh kul'tur [Population study of fungi as grain crop pathogens] // Vestnik zashchity rastenii. 2019. № 4(102). С. 5–16. DOI: 10.31993/2308-6459-2019-4-102-5-16
6. Meshkova L. V., Nikolaev P. N., Vasyukevich S. V., Sabaeva O. B., Pyatkova O. V. Immunologicheskaya kharakteristika yachmenya i ovsa po ustoichivosti k prirodnym populyatsiyam glavnevykh zabolevani [Immunological characteristics of barley and oats for resistance to natural populations of smut diseases] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. Т. 34, № 10. С. 43–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11006
7. Semenova A. G., Anisimova A. V., Kovaleva O. N. Ustoichivost' k vrednym organizmam sovremennykh sortov yachmenya [Modern barley varieties' resistance to pests] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2021. № 182(4). С. 108–116. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-108-116
8. Filippov E. G., Dontsova A. A., Dontsov D. P., Zasypkina I. M. Novyi srednerannii sort ozimogo yachmenya Marusya [The new middle-early winter barley variety 'Marusya'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 3(75). С. 46–50. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-46-50
9. Doroshenko E., Filippov Ye., Dontsova A., Dontsov D. Screening of breeding material of naked barley for breeding-valuable traits in the conditions of the Rostov region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Ussurijsk, 20–21 iyunya 2021 goda. Ussurijsk, 2021. Article number: 022121. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022121
10. Shishkin N., Derova T., Kovalenko N., Ivanisov M., Kononenko O. Assessment of winter soft and durum wheat varieties for resistance to yellow and dark brown spots // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Ussurijsk, 20–21 iyunya 2021 goda. Ussurijsk, 2021. Article number: 022123. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022123

Поступила: 01.08.24; доработана после рецензирования: 10.09.24; принята к публикации: 10.09.24.

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. Шишкин Н. В. – концептуализация исследования; Дорошенко Е. С. – подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.