

Иммунологическая реакция озимого и ярового ячменя на головневые заболевания

Е. С. Дорошенко[✉], Н. В. Шишкин, О. С. Кононенко

Аграрный научный центр «Донской», зерноград, Россия

[✉]E-mail: katyalevchenko1@mail.ru

Аннотация. Цель данной работы заключалась в проведении качественной оценки иммунологической реакции растений ячменя в период молочно-восковой спелости на наиболее распространенные головневые заболевания: пыльную и каменную головню; в выявлении образцов, обладающих высокой и практической устойчивостью к патогенам для включения их в селекционный процесс. **Методы** создания качественного инфекционного фона и проведения заражения растений патогенами при проведении исследования применялись согласно рекомендациям ФГБНУ ВИЗР. Инокуляция пыльной головней проводилась в период цветения с помощью вакуум-прибора. Заражение спорами каменной головни проводили на посевном материале. Объектом исследования являлись образцы озимого и ярового ячменя селекции АНЦ «Донской», а также других селекционных учреждений страны и зарубежья. Исследование проводилось в 2022–2024 годы в условиях искусственного инфекционного фона на изолированном инфекционном участке лаборатории иммунитета и защиты растений АНЦ «Донской». **Результаты.** За годы проведения исследования выделили перспективные по устойчивости к каменной и пыльной головне селекционные линии Центра среди озимого (Паллидум 2100, Параллелум 2120, Параллелум 2136, Параллелум 2146, Параллелум 2149, Параллелум 2156) и ярового ячменя (Зерноградский 1955, Зерноградский 1917, Зерноградский 1918, Зерноградский 1942). Выделили сорта отечественной и зарубежной селекции, показавшие устойчивость к комплексу головневых заболеваний. Среди озимых форм это Купец, Эспада, Ваня (РФ), Достойный и Академичный (Украина) и др. Среди яровых ячменей выделились сорта отечественной селекции Таловский 9, Икорец, Тамлык, Эней, Яровит, Булат, Скиф, Магнит и др. Сорта ячменя селекции АНЦ «Донской», внесенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ и допущенные к использованию в производстве, за годы проведения исследования имели поражение патогенами меньше восприимчивых сортов дифференциаторов. Для использования в неблагоприятных по эпифитотийной обстановке регионах рекомендовано протравливание семян перед посевом.

Ключевые слова: озимый ячмень, яровой ячмень, патоген, устойчивость, поражение, проявление, пыльная головня, каменная головня

Благодарности. Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России № 0505-2022-0003.

Для цитирования: Дорошенко Е. С., Шишкин Н. В., Кононенко О. С. Иммунологическая реакция озимого и ярового ячменя на головневые заболевания // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 08. С. 1164–1176. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1164-1176>.

Дата поступления статьи: 05.02.2025, **дата рецензирования:** 17.03.2025, **дата принятия:** 07.05.2025.

Immunological response of winter and spring barley to smut diseases

E. S. Doroshenko[✉], N. V. Shishkin, O. S. Kononenko

Agricultural Research Center “Donskoy”, Zernograd, Russia

[✉]E-mail: katyalevchenko1@mail.ru

Abstract. The purpose of the current study was to conduct a qualitative estimation of the immunological response of barley during their milky-waxy stage of ripeness to such common smut diseases as loose smut and covered smut; to identify samples with high and practical resistance to pathogens to introduce them into the breeding process. **The methods** for developing a high-quality infectious background and infecting plants with pathogens during the study were those recommended by the FSBSI VIZR. Inoculation with loose smut was carried out during the flowering period using a vacuum device. Infection with covered smut spores was carried out on seed material. The objects of the study were winter and spring barley samples bred by the Center, as well as other domestic and foreign breeding institutions. The study was conducted in years of 2022–2024 at the artificial infectious background in an isolated infectious plot of the laboratory for plant immunity and protection of the ARC “Donskoy”. **Results.** Over the years of study, there have been identified the promising breeding lines of the Center with high resistance to loose and covered smut among winter (Pallidum 2100, Parallelum 2120, Parallelum 2136, Parallelum 2146, Parallelum 2149, Parallelum 2156) and spring barley (Zernogradsky 1955, Zernogradskiy 1917, Zernogradskiy 1918, Zernogradskiy 1942). There have been identified the varieties of domestic and foreign breeding that demonstrated resistance to a complex of smut diseases. Among winter forms, they were Kupets, Espada, Vanya (RF), Dostoinnyy and Akademichnyy (Ukraine), etc. Among spring barley, there have been identified such varieties of domestic breeding as Talovskiy 9, Ikorets, Tamlyk, Eney, Yarovit, Bulat, Skif, Magnit, etc. The barley varieties developed by the ARC “Donskoy”, included in the State List of Breeding Achievements of the RF and approved for use in production over the years of the study, were less damaged by pathogens than susceptible variety differentiators. There has been recommended seed treatment before sowing for the unfavorable epiphytotic regions.

Keywords: winter barley, spring barley, pathogen, resistance, damage, manifestation, loose smut, covered smut

Acknowledgments. The study was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of Russia No. 0505-2022-0003.

For citation: Doroshenko E. S., Shishkin N. V., Kononenko O. S. Immunological response of winter and spring barley to smut diseases. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (08): 1164–1176. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1164-1176>. (In Russ.)

Date of paper submission: 05.02.2025, **date of review:** 17.03.2025, **date of acceptance:** 07.05.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

На территории Российской Федерации возделывается два основных вида ячменя: озимый и яровой. Несмотря на то что озимые сорта более урожайные, их удельный вес ежегодно составляет не более 10–15 % от общего количества площадей, отведенных под ячмень. А доля яровых форм устойчиво находится на уровне 85–90 % от всех посевов [1]. В последнее время отмечается рост спроса на озимый ячмень, за последние 10 лет посевная площадь под которым варьировала в пределах от 292,0 до 758,5 тыс. га. При этом средняя урожайность составляет 3,8 т/га. Посевные площади ярового ячменя в период 2016–2019 гг. варьировали от 315,12 до 406,41 тыс. га, что составило от 6,7 до 8,9 % всей площади пашни Ростовской области. Средняя урожайность при этом за представленные годы составила 2,3 т/га, варьи-

руя от 1,7 т/га до 2,8 т/га [2]. Посевы ячменя сосредоточены преимущественно в благоприятных субъектах Российской Федерации, а именно в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах [3].

Ростовская область входит в Южный федеральный округ (ЮФО) – один из основных зернопроизводящих регионов РФ. Под ячмень здесь отводятся наибольшие площади посева зернофуражных культур. На долю ЮФО приходится 12–15 % общероссийского производства ячменя [4].

Для климатических особенностей области характерны резкие колебания. В последние годы отмечаются перепады температуры, чередование обильных осадков и засух. В весенне-летний период характерна пониженная атмосферная влажность воздуха. Данные факторы приводят к скачкообразному развитию в естественных условиях наиболее распространенных и вредоносных болезней [5; 6].

По многолетним наблюдениям и исследованиям среди заболеваний колоса на ячмене чаще встречаются пыльная головня (возбудитель – *Ustilago nuda* (Jens.) Kell. et Sw.) и каменная головня (возбудитель – гриб *Ustilago hordei* (Pers.) Lagerh). Явные потери при развитии этих заболеваний связаны с разрушением колоса растения и нарушением нормального течения биохимических процессов растительной клетки, вызванных развитием патогенов [7].

От некоторых вредных организмов можно потерять 25–30 % урожая, а от пыльной головни 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. 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 [8].

Возбудитель каменной головни *Ustilago hordei* (Pers.) Kell. Et Swing. заражает растения в период прорастания семян за счет спор, присутствующих на семенных оболочках. При интенсивном поражении каменной головней возможны уменьшение количества взшедших растений, продуктивности кустистости, числа зерен в колосе, снижение массы 1000 зерен и ухудшение технологических показателей качества. Одновременно может повышаться восприимчивость сортов к другим грибным болезням – карликовой ржавчине и мучнистой росе [9].

Для контроля проявления и вредоносности распространенных вредных организмов разработан комплекс агротехнических приемов и используется широкая линейка химических средств защиты. Однако использование генетически устойчивых и толерантных сортов является наиболее безопасным, экологическим и экономически выгодным методом [10].

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 [11].

В современных направлениях селекции актуальной остается адресность. В нынешних условиях не-

обходимо создавать системы сортов. Они должны быть дифференцированы для климатических условий, а также адаптированы к экологическим вызовам в форме быстро изменяющихся рас патогенов. Выбранные сорта должны быть хорошо адаптированы к условиям конкретного региона [12].

Исходя из описанного 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 [13].

Цель исследования – выявление среди изучаемых сортов и линий озимого и ярового ячменя высоко- и практически устойчивых к пыльной и каменной головне образцов для дальнейшей селекционной работы.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проведены в период 2022–2024 годов на изолированном инфекционном стационарном участке лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ «АНЦ „Донской“». Объектом исследования послужили образцы озимого и ярового ячменя местной селекции, а также полученные из ФГБНУ ФИЦ ВИГРР им. Вавилова, ФГБНУ НЦЗ ИМ. П. П. Лукьяненко, ФГБНУ Северо-Кавказский ФНАЦ и учреждений других стран (Украина, Беларусь, Германия, Голландия, Чехия, Дания и др.). Количество изучаемых образцов варьировало по годам. Так, по устойчивости к каменной головне в 2022 году было изучено 244 образца озимого и 196 ярового ячменя, в 2023 – 102 и 82 соответственно, а в 2024 – 84 и 91 образец соответственно. В питомнике пыльной головни в 2022 году изучались 202 образца озимого ячменя и 113 ярового, в 2023 году – 85 и 84, соответственно, в 2024 году объем составил 83 и 82 образца соответственно.

Образцы высевались ярусами, делянки длиной 1 погонный м, в ярусе длиной 15 метров, предшественник – черный пар. Площадь делянки составляла 0,7 м² в одной повторности в питомнике пыльной головни и в двух повторностях для каменной головни. В питомнике через каждые 20 делянок изучаемых сортов располагался контроль по восприимчивости: к пыльной головне – Одесский 100, Параллелум 1815; к каменной головне – Одесский 100, Параллелум 1697.

При оценке устойчивости к пыльной головне растения инокулировали споровой популяцией патогена вакуум-прибором по методике В. И. Кривченко. Так как возбудитель данного заболевания развивается по двухлетнему циклу, в первый год в фазу цветения сорта-дифференциаторы инокулировали споровой суспензией патогена. Зараженные колосья этикетировали и убрали в фазу полной спелости. В следующем году инфицированные семена высевали на фитопатологическом участке.

Подсчет больных и здоровых колосьев проводили в фазу молочной спелости. Заражение семян каменной головней проводили с использованием разработанной в ВИР жидкой питательной среды, содержащей 6-процентный раствор пивного сусла, 0,2 % агар-агара и 1 % декстрина.

Изучаемые образцы семян чмenea помещали в пробирки, установленные в штативы, по 100 зерен в двух повторностях. Заливали в пробирки подготовленную смесь головневых спор и питательной среды, выдерживали в течение 15 минут, энергично встряхивали через каждые 5 минут. Высев заспоренных каменной головней образцов проводили в конце оптимальных сроков двухрядковыми деланками длиной 1 м.

При тестировании сортов определяли количество больных и здоровых растений. При иммунологической характеристике сорта использовали максимальный показатель из полученных данных.

Классификацию типа устойчивости у образцов проводили согласно методикам ВИР (2008) и ВИЗР (2010), используемым в большинстве научных учреждений (таблица 1)

В 2022 году выпали обильные осадки в марте и апреле. Повышенные температуры воздуха и засуха июня неблагоприятно отразились на растениях и патогене соответственно [14] (таблица 2).

Весной 2023 года лимитирующие осадки, превышающие среднемноголетние показатели, были в апреле (+45,3 мм) и мае (+64,7 мм). При этом температурный режим был выше, либо на уровне многолетних значений.

Условия 2024 года характеризовались сильным недобором количества осадков, повышенными показателями по температуре. Такие условия отрицательно повлияли на развитие растений ячменя.

Результаты (Results)

В питомнике пыльной головни на изучении в 2022 году находилось 202 образца озимого ячменя. Максимальное проявление патогена 34,9 % отмечено у сорта Carpage (Франция). Без признаков поражения колоса выделено 37 образцов (18,2 % изученных образцов): Параллелум 2019, Купец, Тимофей (РФ), Вутан (Франция), Метелица (Украина) и др. Наибольшее количество образцов (101, или 49,5 %) относилось к практически устойчивым, проявление патогена не превышало 5 % пораженных колосьев на деланке: Фокс 1, Нутанс 1895, Жигули, Гранд (РФ), 524/34 (Украина) и др. Слабовосприимчивых образцов с проявлением патогена до 25 % отмечено 58: Премьер, Прикумский 85, Факир (РФ), Изгрев (Болгария), Azurel (Франция), и др. Среднюю восприимчивость к патогену с поражением до 50 % проявили 6 образцов: Параллелум 1767 х Эспада, Паттерн, Рандеву, Безостый 1954 (РФ), Carpage (Франция) и 75777/75 (Украина) (рис. 1).

По устойчивости к пыльной головне в 2023 году было оценено 85 образцов, из них выделено 18 об-

разцов без признаков поражения патогеном (20 %): Параллелум 1958 × Паллидум 1899, Параллелум 2131, Квант, Самсон (РФ) и др. Большая часть изучаемых образцов (50 шт., или 47 %) относилась к практически устойчивым с поражением до 5 % колосьев на деланке: Параллелум 1957 × Wintwalt, Параллелум 2084, Параллелум 2086 (РФ), Галактион (Франция) и др. К слабовосприимчивым отнесено 15 сортов и линий (17,6 %): Державный, Паллидум 2100, Огоньковский, Хутороки (РФ) др. Средневосприимчивых в отчетном году выявлено 2 сорта: Ханелоре (28,9 % поражения) и линия Фокс 1 × Паллидум 1952 (25,3 % поражения). Сильновосприимчивых к патогену образцов не выявлено.

Проявление пыльной головни в 2024 году на озимом ячмене было меньше, чем в предыдущие годы. Из 83 изученных образцов у 51 образца не отмечено проявления патогена (61,4 % исследуемого материала): Параллелум 2015, Параллелум 2019, Степ, Параллелум 2139, Параллелум 2141 (РФ) и др. До 5 % проявления патогена отмечено у 24 образцов (28,9 % исследуемого материала): Маруся × Ерема, Параллелум 2050, Параллелум 2051 (РФ) и др. До 25 % пораженных колосьев на деланке отмечено у 9 селекционных образцов (6 % от изученного материала): Виват × Параллелум 1991 (7,3 %), Тимофей × Willis (7,5 %), Паллидум 1899 × Параллелум 1981 (7,6 %), Параллелум 1983 × Параллелум 1967 (7,7 %), Безостый 2074 (9,4 %), (4,8 %): Паллидум 1899 × Параллелум 1991 (11,2 %), Параллелум 2049 (11,2 %), Ерема × Тимофей (16,2 %), Виват × Параллелум 1991 (18,9 %). Средневосприимчивых и сильновосприимчивых образцов не выявлено.

Проявление каменной головни на озимом ячмене в 2022 году варьировало от 0 % у 29 образцов, до максимума в 72 % пораженных растений на деланке у селекционного образца Фокс 1 × (Параллелум 1898 × Параллелум 1821). Всего на изучении находились 244 образца озимого ячменя. Образцы без признаков проявления патогена составили 11,8 % исследуемого материала (29 образцов): Параллелум 2047, Параллелум 2048, Параллелум 2049, Параллелум 2051, Купец (РФ), Академичный (Украина), Хоббит (Швейцария), Oribi, Baraka (Франция), Окал (Чехия), Cotanici, Rocca, Уши, Tokio, NVW 36/72, KWS-Casino, Corona (Германия) и др. Практически устойчивых образцов выделено 77 образцов (31,5 % от исследуемых): Паллидум 2058, Квант, Паллидум 1899 (РФ) и др. Большинство образцов (117) имели слабую восприимчивость к патогену (48 % исследуемых): Параллелум 2108, Аванс, Рандеву (РФ), Andrea, Etinsel (Германия) и др. Средневосприимчивыми (поражение до 50 % колосьев на деланке) в условиях данного года были 19 образцов (7,8 % от изученных): Параллелум 1959 × Паллидум 1970, Параллелум 2118, Параллелум 2115, Прикумский 85 (РФ), KWS-2-234 (Германия) и др. (рис. 2).

Таблица 1

Шкала оценки устойчивости ячменя к основным головневым болезням

Балл	Пыльная головня	Каменная головня
0	Высокоустойчивые образцы: без поражения	Высокоустойчивые образцы: без поражения
1	Практически устойчивые: поражение не более 5 %	Практически устойчивые: поражение не более 5 %
2	Слабовосприимчивые: поражение не превышает 25 %	Слабовосприимчивые: поражение не превышает 20 %
3	Средневосприимчивые: поражение не превышает 50 %	Средневосприимчивые: поражение не превышает 40 %
4	Сильновосприимчивые: поражение более 50 %	Сильновосприимчивые: поражение более 40 %

Table 1

Rating scale of barley resistance to major smut diseases

Point	Loose smut	Covered smut
0	Highly resistant samples: no damage	Highly resistant samples: no damage
1	Practically resistant: not more than 5 % of damage	Practically resistant: not more than 5 % of damage
2	Weakly susceptible: not more than 25 % of damage	Weakly susceptible: not more than 20 % of damage
3	Moderately susceptible: not more than 50 % of damage	Moderately susceptible: not more than 40 % of damage
4	Highly susceptible: more than 50 % of damage	Highly susceptible: more than 40 % of damage

Таблица 2

Лимитирующие факторы развития патогена в период с марта по июнь, 2021–2024 гг.

Месяц	Среднегодовое	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Среднемесячное количество осадков, мм				
Март	37,0	67,4	36	8,7
Апрель	42,7	65,9	88	13
Май	51,3	31,13	116	22
Июнь	71,3	9,57	37	13
Среднемесячная температура воздуха, °C				
Март	2,0	1	7,4	5
Апрель	10,7	12,6	11,5	16,5
Май	16,5	14,8	16	15,6
Июнь	20,5	23,2	20,5	24,7

Table 2

Factors, limiting pathogen development from March to June, 2021–2024

Month	Average long-term	2022	2023	2024
Average monthly precipitation, mm				
March	37.0	67.4	36	8.7
April	42.7	65.9	88	13
May	51.3	31.13	116	22
June	71.3	9.57	37	13
Average monthly air temperature, °C				
March	2.0	1	7.4	5
April	10.7	12.6	11.5	16.5
May	16.5	14.8	16	15.6
June	20.5	23.2	20.5	24.7

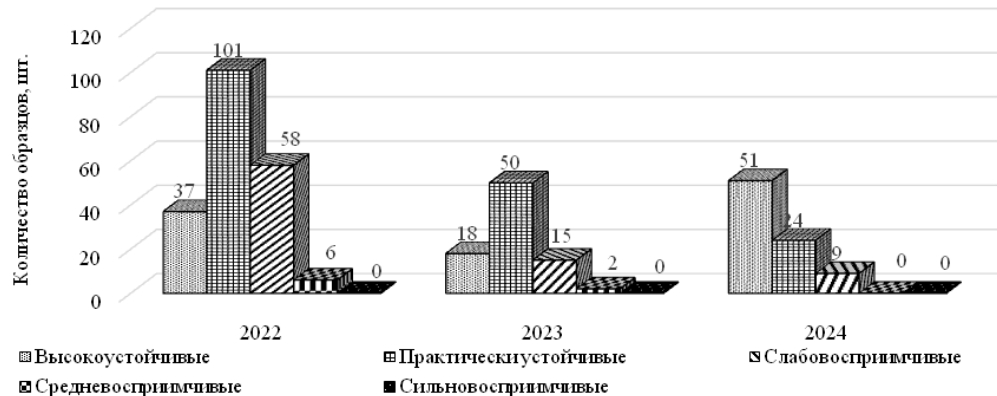


Рис. 1. Распределение изучаемых образцов озимого ячменя по поражению пыльной головней в годы проведения исследования

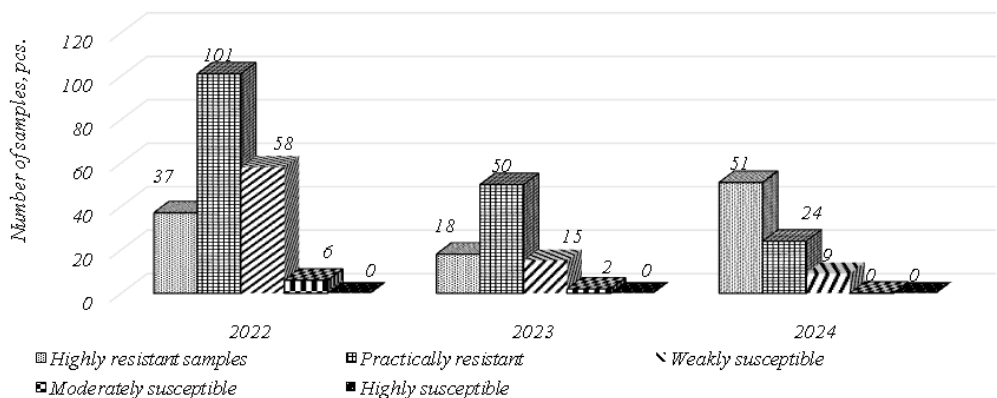


Fig. 1. Distribution of studied winter barley samples according to loose smut damage in the years of study

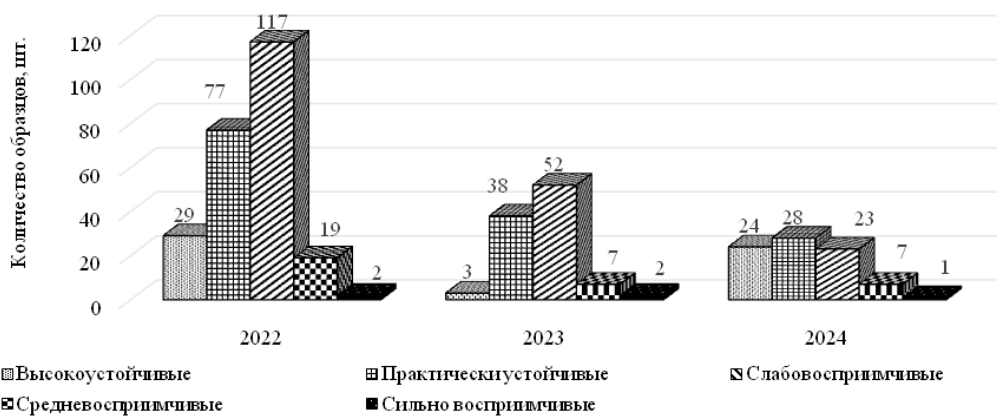


Рис. 2. Распределение изучаемых образцов озимого ячменя по поражению каменной головней в годы проведения исследования

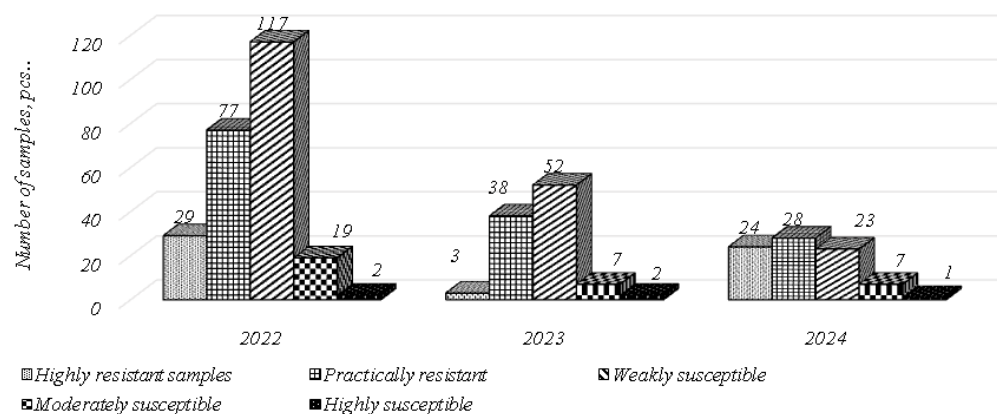


Fig. 2. Distribution of studied winter barley samples according to covered smut damage in the years of study

В 2023 году на устойчивость к каменной головне в изучении находились 102 образца озимого ячменя. Поражение патогеном варьировало от 0 % у 3 выделенных высокоустойчивых сортов (Академичный, Параллелум 2017 и Маруся × Ерема) до 60,7 % у сорта Спринтер (РФ). Практически устойчивые 38 образцов (с проявлением патогена до 5 % растений на делянке) составили 37,2 % от всех исследуемых образцов: Параллелум 2152, Explorer 6, Параллелум 2126 и др. Слабовосприимчивыми (до 20 % поражения патогеном) являются 52 образца, 50,9 %: Параллелум 2136, Параллелум. 2015, Трудивник и др. Средневосприимчивыми с поражением до 40 % растений на делянке являлись 7 (6,8 %) изученных образцов: Виват × Паралелум 1991, Виват × Паралелум 1991, Параллелум 2131, Паллидум 2163, Паллидум 2058, Державный (РФ) и Explorer 2 (Германия). Поражение патогеном более 40 % колосьев на делянке у двух сильновосприимчивых образцов: указанный ранее сорт Спринтер (РФ) с максимальным развитием патогена и сорт Posaune (Англия, 49,5 % поражения).

За 2024 год была проведена оценка 83 образцов озимого ячменя на устойчивость к каменной головне. Без проявления патогена были отмечены 24 исследуемых образца (28,9 % всего материала): Каррера, Параллелум 2226, Паллидум 2210 (РФ), Достойный (Украина) и др. До 5 % проявления патогена на делянке отмечено у 28 практически устойчивых образцов (33,7 % от исследуемых): Паллидум 2213, Безостый, Параллелум 2225, Параллелум 2084 (РФ) и др. До 20 % больных колосьев на делянке выявлено у 23 слабовосприимчивых образцов (27,7 % изученного материала): Паллидум 2100, Параллелум 2197, Юрий (РФ), Explorer 3/2 (Германия) и др. У 7 образцов (8,5 % материала) проявление патогена превышало 20 %: Параллелум 2191 (23,7 %), Паллидум 2100 (25 %), Параллелум 2223 (26,5 %), Безостый 2074 (26,8 %), Спринтер (37 %) (РФ), Explorer 4 (21,7 %) (Германия). Максимальное развитие патогена отмечено у линии Параллелум 2128: 48,3 % пораженных колосьев на делянке.

Таблица 3
Характеристика некоторых выделившихся по устойчивости к комплексу головневых патогенов сортов озимого ячменя, 2022–2024 гг.

Сорт/образец	Происхождение	Пыльная головня, %			Каменная головня, %		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024
Восприимчивый	РФ	26	28,9	18,9	72	60,7	48,3
Паллидум 2100	РФ	0,6	0	0,6	2	11,3	25
Параллелум 2120	РФ	0	0,5	0	0	0	0
Параллелум 2136	РФ	0	0,5	0	2,1	9,4	0
Параллелум 2146	РФ	1,3	1	0	0,9	3	0
Параллелум 2156	РФ	0,8	0	0	1,3	2,1	2,2
Параллелум 2149	РФ	0	0,2	0	0	0	0
Параллелум 2141	РФ	0,2	0,1	0	0	0	0
Эспада	РФ	4,4	0	1,2	4,6	4,8	4,7
Вася	РФ	0,6	2,1	1	0,5	1	0
Купец	РФ	0	0	0,1	0	2,8	0
Достойный	Украина	0,3	0	0	0,5	1,8	2
Академичный	Украина	0	1,3	0,9	0	0	0

Table 3
Characteristics of some winter barley varieties identified according to resistance to a complex of smut pathogens, 2022–2024

Variety/sample	Origin	Loose smut, %			Covered smut, %		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024
Vospriimchivyy	RF	26	28.9	18.9	72	60.7	48.3
Pallidum 2100	RF	0.6	0	0.6	2	11.3	25
Parallelum 2120	RF	0	0.5	0	0	0	0
Parallelum 2136	RF	0	0.5	0	2.1	9.4	0
Parallelum 2146	RF	1.3	1	0	0.9	3	0
Parallelum 2156	RF	0.8	0	0	1.3	2.1	2.2
Parallelum 2149	RF	0	0.2	0	0	0	0
Parallelum 2141	RF	0.2	0.1	0	0	0	0
Espada	RF	4.4	0	1.2	4.6	4.8	4.7
Vasya	RF	0.6	2.1	1	0.5	1	0
Kupets	RF	0	0	0.1	0	2.8	0
Dostoynyy	Ukraine	0.3	0	0	0.5	1.8	2
Akademichnyy	Ukraine	0	1.3	0.9	0	0	0

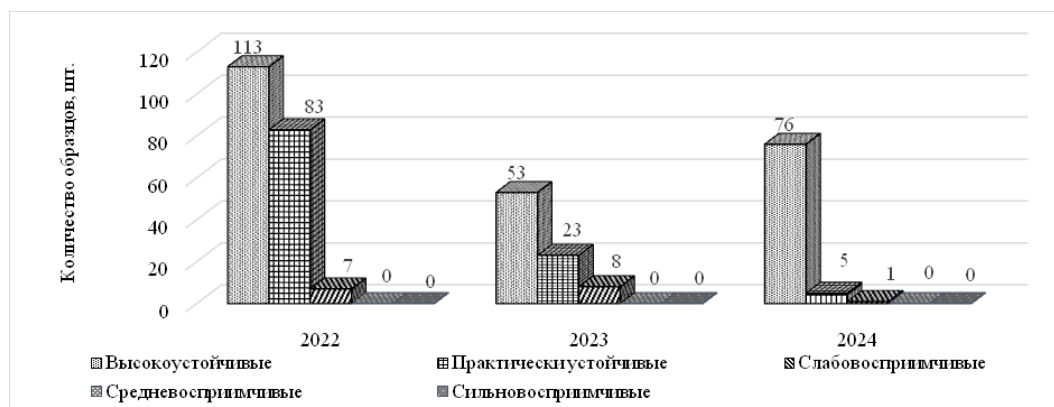


Рис. 3. Распределение изучаемых образцов ярового ячменя по поражению пыльной головней в годы проведения исследования



Fig. 3. Distribution of studied spring barley samples according to loose smut damage in the years of study

По результатам проведенных исследований выделены образцы озимого ячменя, проявившие комплексную устойчивость к изучаемым головневым патогенам. Линии селекции Центра Параллелум 2120, Параллелум 2149, Параллелум 2141 и сорта Купец (РФ), Достойный и Академичный (Украина) имели наименьшее поражение в различные годы (таблица 3).

В 2022 году поражение пыльной головней ярового ячменя варьировало от 0 % у 113 высокоустойчивых образцов (Грис, Федос, Зерноградский 1723, Зерноградский 1726 (РФ), Чарльз (Франция), Scarlett (Германия) др.), до 5–8 % у сортов Эльф, Леон, Зерноградский 1798, Зерноградский 1865, Зерноградский 1758 (РФ) и Бадьорий (Беларусь). Остальные 83 образца поражались патогеном до 5 % (Призер, Формат, Зерноградский 1796, Дончак, Зерноградский 1628, Зерноградский 1827 (РФ), Липень (Беларусь), Pioneer (Франция)) (рис. 3).

В 2023 году на изучении по устойчивости к пыльной головне находились 84 образца ярового ячменя. Без признаков проявления патогена выделены 53 образца: Аркан, Зерноградский 1866, Зерноградский 1867 (РФ) и др. Проявление патогена до 5 % колосьев на делянке выявлено у 23 образцов: Зерноградский 1666 × Грейс, Зерноградский 1678 × Щедрый (РФ) и др. До 25 % пораженных растений на делянке отмечено у 8 образцов: Зерноградский

1636 × Галактика, Зерноградский 1636 × Галактика, Зерноградский 1652 × Ратник и др.

В 2024 году развитие пыльной головни в питомнике ярового ячменя было самым слабым за годы изучения. У 76 образцов из 82 изученных не отмечено проявление патогена (92,7 % исследуемых образцов): Азимут, Аркан, Зерноградский 1755, Зерноградский 1801 и др. До 5 % проявления патогена отмечено у 5 образцов (6 %): Зерноградский 1666 × Грейс (0,5 %), Зерноградский 1666 × Грейс (0,6 %), Зерноградский 1890 (2,5 %), Леон × NB-Owa (2,5 %) и Зерноградский 1636 × Грис (4 %). Только один исследуемый образец имел поражение патогеном больше 5 %: Зерноградский 1652 × [(Пр. 9 × Гетьман) × (Леон × Olga (629-1))] – 8,5 %.

Высокую устойчивость к каменной головне в 2022 году проявили 115 из 196 исследуемых образцов (58,7 % исследуемых образцов): Зерноградский 1801, Леон, Формат, Магнит, Кумир (РФ), Margret, Грейс, Pioneer (Франция) и др. До 5 % колосьев на делянке отмечено у 76 практически устойчивых образцов (38,7 % изученного материала): Зерноградский 1724, Зерноградский 1636 × Новик, Степ, Зерноградский 1866, Маруся (РФ), Dolly (Канада), Ditta (Чехия) и др. Слабую восприимчивость показали сорта: Зерноградский 1670, Зерноградский 1861, Respect (Франция). Средневосприимчивым был сорт 1057-1923 (Германия, 26,6 %), сильно восприимчивым Оленек (РФ, 36,8 %) (рис. 4).

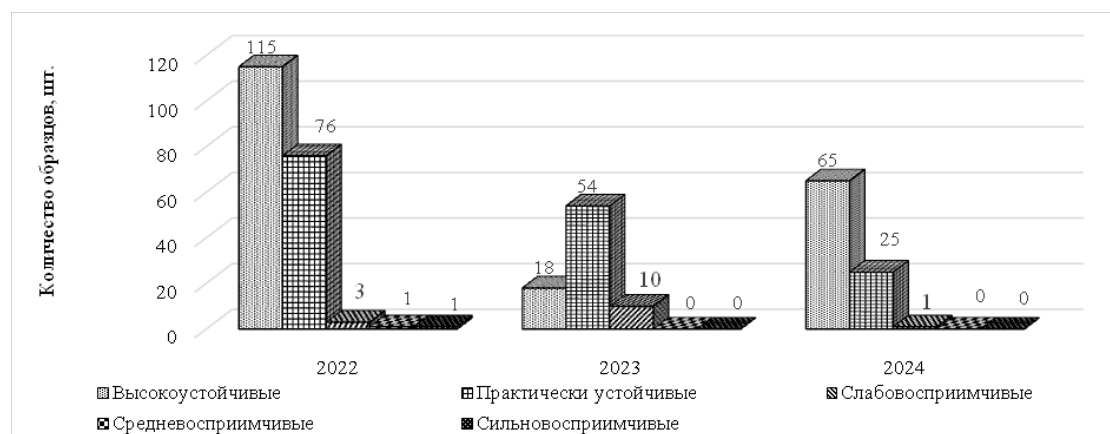


Рис. 4. Распределение изучаемых образцов ярового ячменя по поражению каменной головней в годы проведения исследования

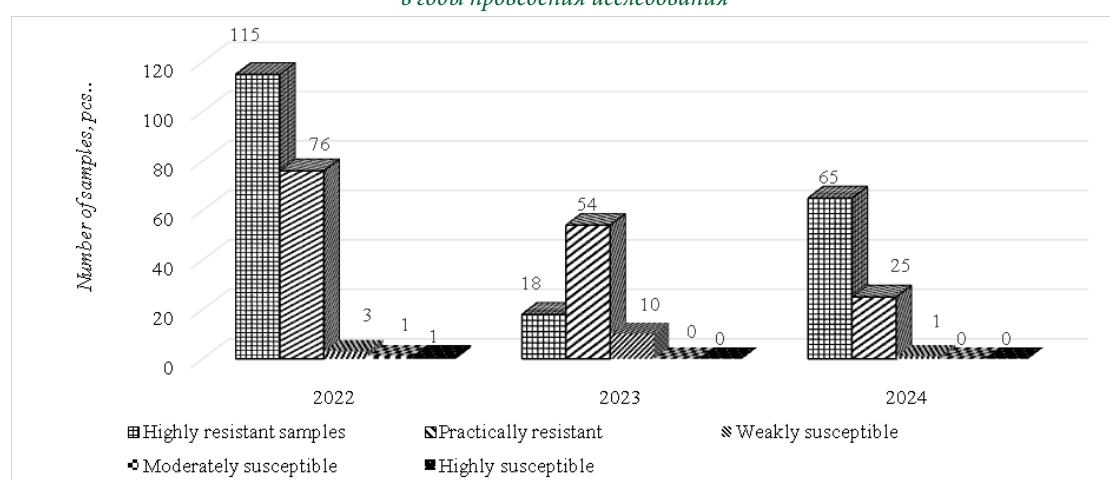


Fig. 4. Distribution of studied spring barley samples according to covered smut damage in the years of study

В 2023 году в изучении находились 82 образца ярового ячменя. Без признаков поражения патогеном выявлено 18 образцов: Зерноградский 1666 × Грейс, Ратник, Икорец (РФ) и др. До 5 % поражения отмечено у 54 образцов: Щедрый × Командир, Степняк, Зерноградский 1879 (РФ) и др. До 20 % поражение отмечено у 10 образцов: Ярунчик, Богатырь, Зерноградский 1801 (РФ) и др.

Всего на изучении в условиях 2024 года находился 91 образец ярового ячменя. Поражение каменной головней варьировало от 0 % у 65 высокоустойчивых сортов (Зерноградский 1861, Зерноградский 1890, Яровит (РФ) и др.) до 6,6 % у сорта Азимут (РФ). Остальные изученные образцы (25 шт.) имели до 5 % пораженных колосьев на делянке: Зерноградский 1937, Зерноградский 1962, Грис, Федос (РФ) и др.

Ежегодно развитие головневых заболеваний на яровом ячмене значительно меньше, чем на озимом [15]. За годы проведения исследования выделены сорта и линии ярового ячменя, проявившие практическую устойчивость к комплексу головневых патогенов. Линии селекции Центра Зерноградский 1917, Зерноградский 1918 и сорт Таловский 9 (РФ) не имели поражения пыльной и каменной головней в годы проведения исследования. (таблица 4).

Сорта ячменя (*Hordeum vulgare* L.) селекции АНЦ «Донской», внесенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ, допущенные к использованию в производстве в годы исследования имели меньшее поражение головневыми заболеваниями, чем восприимчивые тест-сорта. Среди сортов двуручек сорт Маруся имел наименьшее поражение головневыми заболеваниями (до 3 % растений на делянке). Сорт Степ имел проявление патогенов до 5 %. У сорта Тимофей развитие патогенов не превышало 10 %. Наибольшее распространение патогена отмечено на сорте Виват, при различных гидротермических условиях оно варьировало от 1,9 до 23,4 % пораженных растений на делянке [16] (таблица 5).

По озимому ячменю наилучшие показатели устойчивости к патогенам выявлены у сорта Фокс 1, за все годы исследования до 3 % колосьев на делянке. Ранее районированные сорта Ерема и Жигули имели немного большее поражение, от 0 до 12,2 % по годам.

Среди районированных сортов ярового ячменя развитие патогенов варьировало от 0 до 11,6 % (каменная головня на сорте Леон в 2023 году). Приазовский 9, Ратник, Щедрый, Новик, Грис, Формат и Азимут поражаются менее чем на 5 %.

Несмотря на ежегодную работу по выделению устойчивого исходного материала, необходимо соблюдать и агротехнологические мероприятия, поскольку расовый состав всех видов головки быстро меняется. Исходя из вышеуказанных данных представленным сортам озимого и ярового ячменя рекомендуется протравливание семян перед посевом [17]. Это наиболее экономически выгодное мероприятие в системе защиты будущего урожая, особенно в районах с неблагоприятной эпифитотийной обстановкой головневых заболеваний.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенное нами исследование включало в себя качественную иммунологическую оценку образцов ячменя. Выделены перспективные по устойчивости к каменной и пыльной головне селекционные линии Центра среди озимого (Паллидум 2100, Параллелум 2120, Параллелум 2136, Параллелум 2146, Параллелум 2156, Параллелум 2149) и яро-

вого ячменя (Зерноградский 1955, Зерноградский 1917, Зерноградский 1918, Зерноградский 1942). Выделены сорта отечественной и зарубежной селекции, показавшие комплексную резистентность к головневым заболеваниям. Среди озимых форм это сорта Купец, Достойный, Академичный, Эспада, Вася и др. Среди яровых: Таловский 9, Икорец, Тамлык, Эней, Яровит, Булат, Скиф, Магнит и др.

Все выделенные источники резистентности к пыльной и каменной головне позволяют селекционерам путем целенаправленного их использования в селекционном процессе создавать перспективный материал ячменя с высокой и практической устойчивостью к изученным патогенам.

Сортам озимого и ярового ячменя селекции АНЦ «Донской», внесенным в Государственный реестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию в производстве рекомендуется протравливание семян перед посевом.

Таблица 4
Характеристика некоторых выделившихся по устойчивости к комплексу головневых патогенов сортов ярового ячменя, 2022–2024 гг.

Сорт/образец	Происхождение	Пыльная головня, %			Каменная головня, %		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024
Восприимчивый		7,5	11	8,5	36,8	11,6	6,6
Зерноградский 1955	РФ	0	0,3	0	0	0	0
Зерноградский 1917	РФ	0	0	0	0	0	0
Зерноградский 1918	РФ	0	0	0	0	0	0
Зерноградский 1942	РФ	0	0,4	0	0	0	0
Таловский 9	РФ	0	0	0	0	0	0
Икорец	РФ	0,5	2	0	0,3	0,1	0
Тамлык	РФ	0	0,5	0	0	0,3	0
Эней	Украина	0,6	3,8	0	0,5	0	0
Яровит	РФ	0,8	0	0	0,1	0	0
Булат	РФ	0	0	0	0	0	0
Скиф	РФ	0,1	0	0	0,2	0	0
Магнит	РФ	0	1,1	0	0	0	0

Table 4
Characteristics of some spring barley varieties distinguished by resistance to a complex of smut pathogens, 2022–2024

Variety/sample	Origin	Loose smut, %			Covered smut, %		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024
Vospriimchivyy		7.5	11	8.5	36.8	11.6	6.6
Zernogradskiy 1955	RF	0	0.3	0	0	0	0
Zernogradskiy 1917	RF	0	0	0	0	0	0
Zernogradskiy 1918	RF	0	0	0	0	0	0
Zernogradskiy 1942	RF	0	0.4	0	0	0	0
Talovskiy 9	RF	0	0	0	0	0	0
Ikorets	RF	0.5	2	0	0.3	0.1	0
Tamlyk	RF	0	0.5	0	0	0.3	0
Eney	Ukraine	0.6	3.8	0	0.5	0	0
Yarovit	RF	0.8	0	0	0.1	0	0
Bulat	RF	0	0	0	0	0	0
Skif	RF	0.1	0	0	0.2	0	0
Magnit	RF	0	1.1	0	0	0	0

Таблица 5
Характеристика сортов ячменя селекции АНЦ «Донской»,
внесенных в Государственный реестр селекционных достижений РФ
и допущенных к использованию в производстве, 2022–2024 гг.

Сорт/образец	Год включения в реестр	Пыльная головня, %			Каменная головня, %		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024
Ячмень двуручка							
Восприимчивый		7,5	11	8,5	36,8	11,6	36,6
Тимофей	2012	0	0,5	0	5,4	2	6,7
Виват	2018	1,9	10,6	5	23,4	2,6	20,9
Маруся	2020	1,9	2,8	0	2	2,6	2,5
Степ	2024	2,1	4,9	0	4,1	3,3	4,2
Ячмень озимый							
Жигули	2008	1,8	4,4	3	5,5	4	5
Ерема	2015	3,6	12,2	0	10	6	3,5
Фокс 1	2019	0,4	2,5	0,3	2	2,6	1,5
Ячмень яровой							
Восприимчивый		8	12	8,5	36,8	21,3	6,6
Приазовский 9	2000	0	1,9	0	0	0	0
Ратник	2004	0	0	0	2,9	0	0
Щедрый	2011	1,5	1,5	0	0	1,5	2,5
Новик	2012	0	2,6	0	2	2,6	0
Леон	2012	6	10,6	0	0	11,6	0
Грис	2016	4,7	1,7	0	1,7	1,7	2,5
Федос	2019	1,3	4,7	0	5,8	4,7	2,5
Формат	2020	2,6	1,3	0	0	1,3	1,2
Азимут	2022	0,9	4,5	0	4,8	1,3	6,6

Table 5
Characteristics of barley varieties developed by the ARC “Donskoy”
and approved for use in production, 2022–2024

Variety/sample	The year of register	Loose smut, %			Covered smut, %		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024
Facultative barley							
Vospriimchivyy		7.5	11	8.5	36.8	11.6	36.6
Timofey	2012	0	0.5	0	5.4	2	6.7
Vivat	2018	1.9	10.6	5	23.4	2.6	20.9
Marusya	2020	1.9	2.8	0	2	2.6	2.5
Step	2024	2.1	4.9	0	4.1	3.3	4.2
Winter barley							
Zhiguli	2008	1.8	4.4	3	5.5	4	5
Erema	2015	3.6	12.2	0	10	6	3.5
Foks 1	2019	0.4	2.5	0.3	2	2.6	1.5
Spring barley							
Vospriimchivyy		8	12	8.5	36.8	21.3	6.6
Preazovskiy 9	2000	0	1.9	0	0	0	0
Ratnik	2004	0	0	0	2.9	0	0
Shchedryy	2011	1.5	1.5	0	0	1.5	2.5
Novik	2012	0	2.6	0	2	2.6	0
Leon	2012	6	10.6	0	0	11.6	0
Gris	2016	4.7	1.7	0	1.7	1.7	2.5
Fedos	2019	1.3	4.7	0	5.8	4.7	2.5
Format	2020	2.6	1.3	0	0	1.3	1.2
Azimut	2022	0.9	4.5	0	4.8	1.3	6.6

Библиографический список

1. Doroshenko E., Filippov Y., 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. 2021. Vol. 937. Article number 022121. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022121.
2. Черткова Н. Г., Скворцова Ю. Г., Фирсова Т. И., Филенко Г. А. Семеноводство и периоды сортосмены ярового ячменя в ФГБНУ «АНЦ „Донской“» // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4 (70). С. 61–64. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-61-64.
3. Филиппов Е. Г., Брагин Р. Н., Донцова А. А., Донцов Д. П. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов ярового ячменя // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 3 (27). С. 172–179. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-172-179.
4. Филенко Г. А., Донцова А. А., Скворцова Ю. Г. Оценка производства и мониторинг сортового состава высеванных семян озимого ячменя в Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 4. С. 60–66. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-93-4-60-66.
5. Попов А. С., Овсянникова Г. В., Сухарев А. А., Донцова А. А., Донцов Д. П., Зеленская Г. М., Фетюхин И. В., Лесных О. С. Влияние гидротермических условий на формирование урожая ячменя-двуручки сорта Маруся в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5 (77). С. 63–68. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-63-68.
6. Bailey S. L., Morier-Gxoyiya C., Swathy P. S., Saunders D. G. O. A history of strategies and a tapestry of triumphant tales in tackling plant fungal diseases // Plant Pathology. 2024. Vol. 73. Pp. 1619–1628. DOI: 10.1111/ppa.13950.
7. Косолапов В. М., Чернявских В. И., Костенко С. И. Развитие современной селекции и семеноводства кормовых культур в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. Т. 25, № 4. 2021. С. 401–407. DOI: 10.18699/VJ21.044.
8. Семенова А. Г., Анисимова А. В., Ковалева О. Н. Устойчивость к вредным организмам современных сортов ячменя // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182, № 4. С. 108–116.
9. Новикова А. А., Гречишкина О. С., Зоров А. А., Богданова О. В. Устойчивость образцов ячменя оренбургской селекции к основным заболеваниям // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 2. С. 226–238. DOI: 10.33284/2658-3135-106-2-226.
10. Плотникова Л. Я., Мешкова Л. В., Сабасева О. Б., Николаев П. Н. Резистентность к каменной головне сортов и коллекционных образцов двурядного ячменя в Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2020. № 1 (37). С. 50–60.
11. Мешкова Л. В., Николаев П. Н., Васюкевич С. В. [и др.] Иммунологическая характеристика ячменя и овса по устойчивости к природным популяциям головнёвых заболеваний // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 10. С. 43–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11006.
12. 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.
13. 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.
14. Архив погоды в Зернограде [Электронный ресурс]. URL: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Зернограде (дата обращения: 21.12.2024).
15. 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.
16. Донцова А. А., Донцов Д. П., Филиппов Е. Г. Селекция сортов двуручек ячменя в ФГБНУ АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. – 2023. Т. 15, № 5. С. 39–47. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-39-47.
17. Постовалов А. А., Суханова Ф. Эффективность предпосевной обработки семян ярового ячменя фунгицидами // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2020. № 2 (55). С. 42–49. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-42-49.

Об авторах:

Екатерина Сергеевна Дорошенко, младший научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия; ORCID 0000-0002-6015-5616, AuthorID 366429. E-mail: katyalevchenko1@mail.ru

Николай Васильевич Шишкин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия; ORCID 0000-0003-3863-0297, AuthorID 686309. E-mail: nik.shishkin.1961@mail.ru

Ольга Сергеевна Кононенко, агроном лаборатории иммунитета и защиты растений, Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия; ORCID 0000-0001-7012-6440, AuthorID 883460. E-mail: olapavlenko3008@gmail.com

References

1. Doroshenko E., Filippov Y., 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*. 2021; 937: 022121. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022121.
2. Chertkova N. G., Skvortsova Yu. G., Firsova T. I., Filenko G. A. Seed production and variety changing periods of spring barley in the FSBSI "ARC "Donskoy". *Grain Economy of Russia*. 2020; 4 (70): 61–64. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-61-64. (In Russ.)
3. Filippov E. G., Bragin R. N., Dontsova A. A., Dontsov D. P. Assessment of ecological plasticity and stability of spring barley. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2021; 3 (27): 172–179. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-172-179. (In Russ.)
4. Filenko G. A., Dontsova A. A., Skvortsova Yu. G. Estimation of production and monitoring of a varietal composition of the sown winter barley seeds in the Rostov region. *Grain Economy of Russia*. 2024; 16 (4): 60–66. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-93-4-60-66. (In Russ.)
5. Popov A. S., Ovsyannikova G. V., Sukharev A. A., Dontsova A. A., Dontsov D. P., Zelenskaya G. M., Feyukhin I. V., Lesnykh O. S. The effect of hydrothermal conditions on the formation of productivity of the facultative barley variety 'Marusya' in the southern part of the Rostov region. *Grain Economy of Russia*. 2021; 5 (77): 63–68. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-63-68. (In Russ.)
6. Bailey S. L., Morier-Gxoyiya C., Swathy P. S., Saunders D. G. O. A history of strategies and a tapestry of triumphant tales in tackling plant fungal diseases. *Plant Pathology*. 2024; 73: 1619–1628. DOI: 10.1111/ppa.13950.
7. Kosolapov V. M., Chernyavskikh V. I., Kostenko S. I. Fundamentals for forage crop breeding and seed production in Russia. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021; 25 (4): 401–407. DOI: 10.18699/VJ21.044. (In Russ.)
8. Semenova A. G., Anisimova A. V., Kovaleva O. N. Resistance of modern spring barley cultivars to harmful organisms. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2021; 182(4): 108–116. (In Russ.)
9. Novikova A. A., Grechishkina O. S., Zorov A. A., Bogdanova O. V. Resistance of barley samples of the orenburg selection to major diseases. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023; 106 (2): 226–238. DOI: 10.33284/2658-3135-106-2-226. (In Russ.)
10. Plotnikova L. Ya., Meshkova L. V., Sabaeva O. B., Nikolaev P. N. Resistance of two-row barley varieties and collection samples to covered smut in western Siberia. *Vestnik of Omsk SAU*. 2020; 1 (37): 50–60. (In Russ.)
11. Meshkova L. V., Nikolaev P. N., Vasyukevich S. V., Sabaeva O. B., Pyatkova O. V. Immunological characteristics of barley and oats for resistance to natural populations of smut diseases. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2020; 34 (10): 43–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11006. (In Russ.)
12. Doroshenko E. S., Doroshenko E. S., Shishkin N. V. Complete immunological characteristics of the collection of hull-less barley in the conditions of the southern zone. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; 08 (223): 15–26. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-223-08-15-26. (In Russ.)
13. Doroshenko E. S., Shishkin N. V. Estimation of winter barley for loose smut resistance. *Grain Economy of Russia*. 2024; 16 (5): 108–112. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-94-5-108-112. (In Russ.)
14. Weather archive in Grain city [Internet]. 2024 [cited 2024 Dec 21]. Available from: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Зернограде. (In Russ.)
15. Doroshenko E. S., Shishkin N. V. Search for loose smut resistance sources for spring barley breeding. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2021; 174: 106–112. DOI: 10.21515/1990-4665-174-011. (In Russ.)
16. Dontsova A. A., Dontsov D. P., Filippov E. G. Breeding of the facultative barley varieties at the FSBSI ARC "Donskoy". *Grain Economy of Russia*. 2023; 15 (5): 39–47. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-39-47. (In Russ.)
17. Postovalov A. A., Sukhanova S. F. Efficiency of spring barley seed pre-sowing treatment with fungicides. *Vestnik NGAU*. 2020; 2 (55): 42–49. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-42-49. (In Russ.)

Authors' information:

Ekaterina S. Doroshenko, junior researcher of the laboratory for plant immunity and protection, Agricultural Research Center "Donskoy", Zernograd, Russia; ORCID 0000-0002-6015-5616, AuthorID 366429.

E-mail: katyalevchenko1@mail.ru

Nikolay V. Shishkin, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory for plant immunity and protection, Agricultural Research Center "Donskoy", Zernograd, Russia; ORCID 0000-0003-3863-0297, AuthorID 686309. E-mail: nik.shishkin.1961@mail.ru

Olga S. Kononenko, agronomist of the laboratory for plant immunity and protection, Agricultural Research Center "Donskoy", Zernograd, Russia; ORCID 0000-0001-7012-6440, AuthorID 883460.

E-mail: olapavlenko3008@gmail.com