

Корончатая ржавчина овса: роль сорта, погоды и уровня минерального питания в условиях Западной Сибири

Д. И. Еремин¹✉, Д. В. Еремина²

¹ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, п. Московский, Тюменская область, Россия

² Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

✉ E-mail: soil-tyumen@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования – оценка факторов, влияющих на поражаемость овса корончатой ржавчиной. **Материалы и методы.** Работу выполняли в 2020–2021 гг. на опытном поле, расположенном в северной лесостепи Зауралья. Объектом исследования были три сорта тюменской селекции: Талисман, Отрада и Фома, которые высевали на разных агрофонах, обеспечивающих формирование урожайности от 3,0 до 6,0 т/га зерна. Определяли длину вегетации овса при разном уровне минерального питания, степень развития болезни и ее распространенность в посевах. Погодные условия в годы исследований отличались от среднемноголетних данных: 2020 г. был жаркий и умеренно сухой; 2021 г. – аномально жаркий и засушливый; 2022 г. – умеренно жаркий, влажный. **Результаты.** Экспериментальным путем доказали, что внесение удобрений в дозах $N_{150}P_{60}$ и $N_{200}P_{80}$ увеличивает вегетацию овса на 18–21-й день за счет затягивания второй половины вегетации. Это приводит к повышению степени поражаемости и распространенности корончатой ржавчины. Наиболее устойчивым оказался сорт Фома, у которого рассматриваемые показатели были почти в два раза ниже относительно сортов Талисман и Отрада. Установлено, что степень развития болезни на 27 % зависит от сорта, на 21 % – от дозы минеральных удобрений и на 35 % – от погодных условий вегетации. Распространенность корончатой ржавчины в посевах овса преимущественно зависит от сорта и минеральных удобрений – степень влияния данных факторов 43 и 35 % соответственно. **Научная новизна.** Впервые была изучена и определена роль каждого фактора на поражаемость современных сортов овса корончатой ржавчиной. Установлена корреляционная связь между уровнем минерального питания и степенью развития болезни. **Рекомендации.** Для снижения риска поражения корончатой ржавчиной посевов овса в условиях Северного Зауралья рекомендуется использовать сорт Фома с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность не более 5,0 т/га зерна ($N_{150}P_{60}$).

Ключевые слова: *Puccinia coronata* (Corda), степень поражения, эпифитотия, минеральные удобрения, генотипы, вегетация овса, защита растений

Благодарности. Работа выполнена по госзаданию № FWRZ-2024-0004 и при поддержке Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня.

Для цитирования: Еремин Д. И., Еремина Д. В. Корончатая ржавчина овса: роль сорта, погоды и уровня минерального питания в условиях Западной Сибири // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 06. С. 732–741. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-732-741>.

Дата поступления статьи: 14.01.2024, **дата рецензирования:** 30.01.2024, **дата принятия:** 20.02.2024.

Crown rust of oats: the role of variety, weather and the level of mineral nutrition in the conditions of Western Siberia

D. I. Eremin¹✉, D. V. Eremina²

¹Scientific Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals – branch of the Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, village Moskovskiy, Tyumen region, Russia

²State Agrarian University of the Northern Urals, Tyumen, Russia

✉E-mail: soil-tyumen@yandex.ru

Abstract. The purpose of this study is to assess the factors influencing the incidence of crown rust in oats. **Materials and methods.** The work was carried out in 2020–2021 at an experimental field located in the northern forest-steppe of the Trans-Urals. The object of the study were three cultivars of Tyumen breeding: Talisman, Otrada and Foma, which were sown on different agricultural grounds, ensuring the formation of yields from 3.0 to 6.0 t/ha of grain. The length of oat vegetation was determined at different levels of mineral nutrition; the degree of disease development and its prevalence in crops. Weather conditions in the years of research differed from the average long-term data: 2020 was hot and moderately dry; 2021 was abnormally hot and arid; 2022 was moderately hot and humid. **Results.** It has been experimentally proved that the application of fertilizers in doses $N_{150}P_{60}$ and $N_{200}P_{80}$ increases the vegetation of oats by 18–21 days due to the prolongation of the second half of the growing season. This leads to an increase in the incidence and prevalence of crown rust. The Foma variety turned out to be the most stable, in which the considered indicators were almost two times lower relative to the Talisman and Otrada cultivars. It was found that the degree of disease development depends on the variety by 27 %; by 21 % on the dose of mineral fertilizers and by 35 % on the weather conditions of the growing season. The prevalence of crown rust in oat crops mainly depends on the variety and mineral fertilizers – the degree of influence of these factors is 43 and 35 %, respectively. **Scientific novelty.** For the first time, the role of each factor on the susceptibility of modern varieties of oats to crown rust was studied and determined. A correlation has been established between the level of mineral nutrition and the degree of development of the disease. **Recommendations.** To reduce the risk of crown rust damage to oat crops in the conditions of the Northern Urals, it is recommended to use the Foma variety with the introduction of mineral fertilizers for a planned yield of no more than 5.0 t/ha of grain ($N_{150}P_{60}$).

Keywords: *Puccinia coronata* (Corda), degree of lesion, epiphytotics, mineral fertilizers, genotypes, vegetation of oats, plant protection

Acknowledgments. The study was carried out according to state task No. FWRZ-2024-0004 and with the support of the world-class West Siberian Interregional Scientific and Educational Center.

For citation: Eremin D. I., Eremina D. V. Crown rust of oats: the role of variety, weather and the level of mineral nutrition in the conditions of Western Siberia. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (06): 732–741. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-732-741>. (In Russ.)

Date of paper submission: 14.01.2024, **date of review:** 30.01.2024, **date of acceptance:** 20.02.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Для сельскохозяйственных предприятий, находящихся в умеренных и северных широтах, овес является одной из стратегических культур. Его универсальность в отношении кормовой базы давно доказана как наукой, так и практикой. Овес повсеместно выращивают на зеленую массу, сено, сенаж, а также как зернофуражную культуру [1]. В последнее время существует устойчивая тенденция спроса на него для крупяного производства. Поэтому в России и зарубежных странах спрос на качественное зерно овса ежегодно только растет [2].

Биология овса специфична и достаточно сильно отличается от таковой у пшеницы и ячменя. Основные его площади находятся в зоне умеренных широт, где достаточное количество влаги, длинный световой день и температура воздуха в период вегетации не выше 25 °С. Вместе с тем овес способен мириться с дефицитом питательных веществ, засолением и повышенным содержанием подвижного алюминия в почве, который обуславливает ее кислотность [3–5]. Однако нужно отметить, что овес очень хорошо реагирует на уровень минерального питания [6]. Эффективность поглощения пита-

тельных веществ из почвы на 15–20 % выше, чем у пшеницы и ячменя [7]. В отдельные влажные и умеренно-теплые годы овес способен наращивать зеленую массу на 50–70 % больше, чем обычно, затягивая вегетационный период до середины октября. В условиях Сибири это крайне опасно – есть риск попасть под осенние заморозки и получить некачественное зерно.

Умеренный климат, где выращивают овес, также благоприятен и для развития болезней овса, которые в отдельные годы способны полностью поражать посевы. Наиболее опасна корончатая ржавчина, возбудителем которой является *Puccinia coronata* (Corda). Как отмечают фитопатологи, корончатую ржавчину можно найти в любом регионе, где выращивают овес. Возбудитель быстро развивается при умеренной температуре с максимумом до +25 °С и обильными ночными росами. При сравнении биологии возбудителя и климатической характеристики вегетационного периода в Сибири становится ясно, что овес всегда находится под угрозой поражения корончатой ржавчиной. Особенно это актуально, если взять во внимание, что в Сибири повсеместно растут растения, которые играют роль промежуточного хозяина: крушина ломкая (*Frangula alnus* Mill.), облепиха (*Hippophae* L.), барбарис (*Berberis vulgaris* L.). Также поражает многолетние злаковые растения: ежу сборную (*Dactylis glomerata* L.), овсяницу (*Festuca pratensis* Huds.), тимофеевку луговую (*Phleum pratense* L.) [8]. Помимо этого, споры корончатой ржавчины достаточно далеко разносятся ветром, поэтому какие-либо мероприятия по изоляции посевов практически бесполезны.

Особую роль в увеличении степени поражения овса играют безотвальные и минимальные системы обработки почвы, когда солома и стерня остаются на поверхности почвы. Весной незапаханные остатки становятся источником раннего заражения овса корончатой ржавчиной.

Вредоносность данной болезни выражается в поражении фотосинтетического аппарата во время налива зерна. Это приводит к формированию мелкого и щуплого зерна с высокой степенью пленчатости, которое характеризуется низкими кормовыми достоинствами и непригодно для крупяного производства [9]. Также появились данные о том, что плодовые тела гриба *Puccinia coronata* (Corda) могут стать источником поражения другими грибами, вызывающими накопление микотоксинов [10].

Также отмечается проблема усиления поражения овса корончатой ржавчиной на полях с высоким уровнем агрофона. Минеральные удобрения стимулируют развитие надземной массы овса на 30–200 % относительно естественного агрофона. Листовой аппарат представляет сильно разросшуюся паренхимную ткань, которая способствует быстрому проникновению возбудителя корончатой

ржавчины. Следует учитывать, что разрастание листьев овса, а также вторичное кущение приводят к нарушению движения воздуха в приземном слое. Это также создает благоприятные условия для развития корончатой ржавчины.

Существуют два радикальных способа борьбы с корончатой ржавчиной. Общепринятый – обработка фунгицидами. Однако этот способ, как показала мировая практика, малоэффективен по причине проявления болезни в момент налива зерна, когда опрыскивание технологически затруднено или невозможно [11]. Также болезнь проявляется внезапно, поскольку начальный этап заражения практически незаметен. Второй способ – более прогрессивный и обусловлен созданием новых сортов с генами устойчивости к корончатой ржавчине. В настоящее время известны 14 высокоэффективных генов: Pc38, Pc39, Pc45, Pc48, Pc50, Pc53, Pc58, Pc68, Pc71, Pc85, Pc91, Pc92, Pc94, Pc98, которые способны защитить овес от основных вирулентных штаммов корончатой ржавчины [12]. Однако создание устойчивых сортов требует внедрения в селекционный процесс сельскохозяйственной биотехнологии и генетики [13].

Для снижения вредоносности корончатой ржавчины овса можно использовать элементы агротехники, к примеру, научно обоснованный подход к разработке системы удобрений, обеспечивающей стабильное снижение степени поражения данной болезнью в условиях Северного Зауралья.

Целью работы является изучение степени влияния генетических, агротехнологических и абиотических факторов на развитие корончатой ржавчины в условиях Зауралья.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили на стационаре кафедры почвоведения и агрохимии, который является составной частью опытного поля Государственного аграрного университета Северного Зауралья. Стационар расположен вблизи д. Утешево Тюменского района. По природно-климатическому районированию территория относится к северной лесостепи Зауралья. Почва – чернозем выщелоченный, маломощный, тяжелосуглинистый. Мощность пахотного горизонта составляет 32 см. По агрофизическим, физико-химическим и водно-физическим свойствам почва стационара является типичной для данного подтипа в Западной Сибири. Обеспеченность нитратным азотом низкая; подвижным фосфором – средняя. По содержанию подвижного калия опытный участок относится к категории почв с повышенной обеспеченностью.

Погодные условия в годы исследований отличались от среднеежегодных показателей [14]. В 2020 году посев овса проводили 20 мая при дефиците продуктивной влаги в пахотном слое и отсутствии осадков на протяжении всего мая. В начале

вегетации (июнь) погода стояла жаркая, но периодически проходили дожди, обеспечивающие посе́вы влагой. В июле установилась сухая и жаркая погода, которая не оказала негативного влияния на развитие овса. Уборочные работы вели в оптимальных условиях. Вегетационный период 2021 года был аномально сухим и жарким. На протяжении первой половины вегетации отмечались атмосферная и почвенная засухи. Всходы были неравномерными и очень длительными. Со второй половины вегетации прошли дожди, но жаркая погода сохранялась. Это способствовало вторичному кущению и появлению подгона, который препятствовал уборочным работам. Уборка овса была растянута из-за подгона, который не вызревал вплоть до октября. В 2022 году весна была теплой и дождливой. Всходы были дружными и ровными. В течение лета периодически шли дожди, а температура была в пределах оптимума (+22...+25 °C). Во время налива и созревания зерна установилась жаркая и сухая погода, которая благоприятно отразилась на уборке овса.

Опыт закладывали по следующей схеме:

1. Контроль (удобрения не вносили). Урожайность овса и предшественника (яровая пшеница) формировалась за счет естественных запасов азота.

2. Низкий уровень минерального питания, достаточный для формирования урожайности; 3,0 т/га зерна – доза удобрений $N_{60}P_{20}$ кг/га в действующем веществе.

3. Средний – вносимая доза $N_{90}P_{40}$ на планируемую урожайность – 4,0 т/га зерна.

4. Высокий уровень минерального питания; доза $N_{150}P_{60}$ кг/га для обеспечения получения урожайности, составляет 5,0 т/га.

5. Очень высокий уровень ($N_{200}P_{80}$ кг/га) – максимальный в опыте. Рассчитан на получение урожайности 6,0 т/га зерна.

Во всех вариантах не использовали калийные удобрения по причине достаточного количества почвенных запасов подвижного калия. Расчет удобрений вели с учетом фактических запасов питательных веществ в почве и общего их выноса биомассой овса. Площадь делянки – 100 м² с размерами сторон 4 × 25 м. Размещение последовательное. Делянки фиксированы в пространстве и во времени. Опыт закладывали в четырехкратной повторности. Аналогичным способом удобрения рассчитывали для предшественника овса (яровую пшеницу). Внесение удобрений осуществлялось путем врезания сеялкой СКП-2,1 на глубину 10–12 см во время предпосевной культивации.

В опыте высевали три современных сорта овса Тюменской селекции: Талисман; Отрада и Фома. Они относятся к разновидности *Mutica*. Подробная их характеристика дана в ранее опубликованных ра-

ботах А. В. Любимовой и М. Н. Фоминой [15–17]. По заявлению автора этих сортов М. Н. Фоминой, они являются среднеустойчивыми к комплексу болезней, в том числе и к корончатой ржавчине.

В ходе вегетации овса еженедельно осуществляли фенологические наблюдения и фиксировали проявление болезней, акцентируя внимание на корончатой ржавчине. Определение степени развития и распространенности болезни проводили согласно Методическим указаниям по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса, разработанным ГНУ ВИР Россельхозакадемии [18]. По этой же методике была изучена фенология овса в опыте. Статистическую обработку и дисперсионный анализ провели с использованием Microsoft Excel.

Результаты (Results)

Фенологические наблюдения показали, что в среднем за годы исследований (2020–2022) при отсутствии удобрений изучаемые сорта овса достоверно отличались продолжительностью вегетационного периода – от 69 (Фома) до 77 (Талисман) суток (рис. 1). Отличия были как в первой половине вегетации (всходы – цветение), так и второй (цветение – полная спелость). Внесение минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{20}$ и $N_{90}P_{40}$ кг/га не оказало влияния на вегетацию овса – разница между контролем и вариантами была недостоверна.

С дальнейшим повышением уровня минерального питания вегетационный период овса начал удлиняться. Так, на варианте, где вносили удобрения в дозе $N_{150}P_{60}$ кг/га период от всходов до полного созревания, у сорта Талисман увеличился с 77 до 85 суток – разница была достоверна ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$ при $p = 5\%$). Также удлинение вегетации было зафиксировано у сорта Фома – с 69 до 79 суток. Однако сорт Отрада не имел достоверной разницы относительно контроля, что делает его наиболее ценным для Западной Сибири. Удлинение вегетационного периода сортов Талисман и Фома произошло за счет межфазных периодов: кущение – выход в трубку и восковая – полная спелость зерна.

В варианте с максимальным уровнем минерального питания ($N_{200}P_{80}$) вегетационный период всех сортов увеличился до 90 суток (Фома), 92 и 93 суток – Отрада и Талисман соответственно. Разница относительно контроля составила 16 суток у сорта Талисман; 18 суток у Отрады и 21 сутки у Фомы. Удлинение вегетационного периода на максимальном агрофоне происходило в основном за счет второй половины вегетации. В условиях Зауралья это приведет к вспышке корончатой ржавчины, которая преимущественно развивается в период налива и созревания зерна. Это подтверждается и нашими полевыми наблюдениями: во все годы исследования корончатая ржавчина появлялась на более молодых стеблях овса (подгоне).

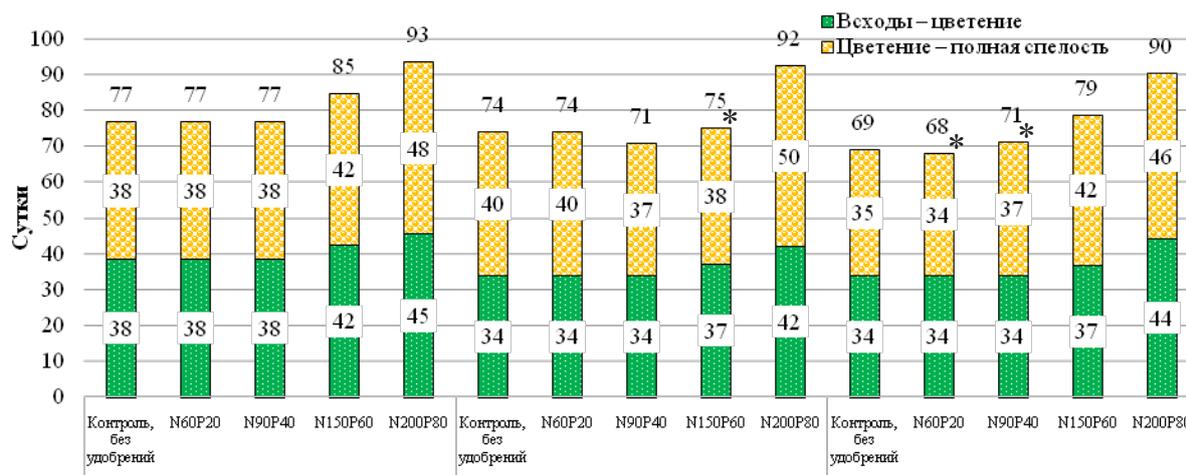


Рис. 1. Продолжительность вегетации сортов овса при внесении возрастающих доз минеральных удобрений, 2020–2022 гг., сутки

Примечание: цифры сверху – количество суток от всходов до полной спелости; * разница между вариантом и контролем недостоверна ($F_{факт.} < F_{теор.}$ при $p = 5\%$)

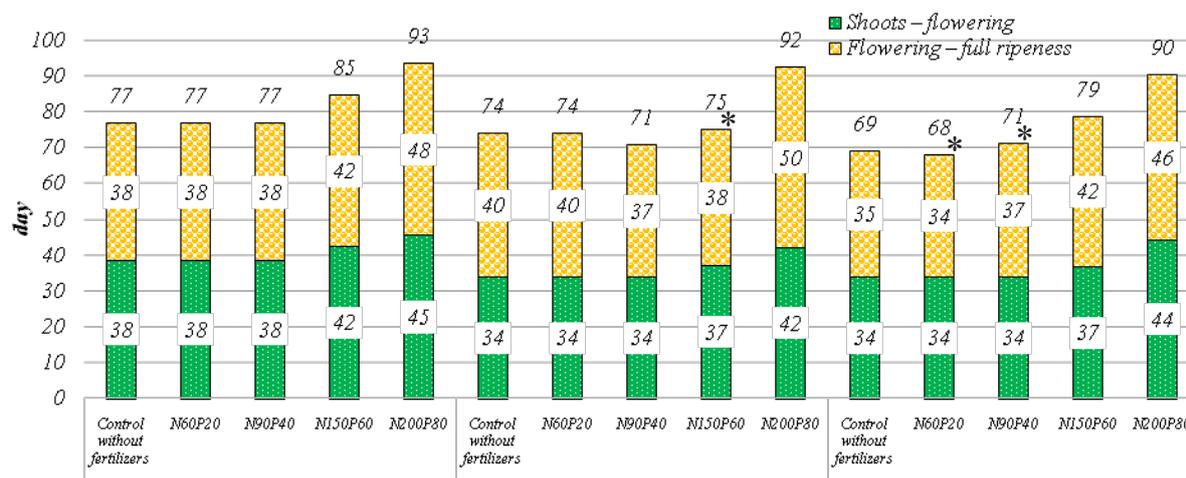


Fig. 1. Duration of growing season of oat varieties when applying increasing doses of mineral fertilizers, 2020–2022, days

Note: numbers on top – number of days from germination to full ripeness;

* the difference between the variant and the control is unreliable ($F_{факт.} < F_{теор.}$ $p = 5\%$)

Таким образом, было установлено, что с повышением уровня минерального питания на планируемую урожайность до 4,0 т/га вегетационный период не изменяется, при дальнейшем увеличении доз удобрений овес затягивает вторую половину вегетации. В условиях Северного Зауралья это может спровоцировать развитие в посевах корончатой ржавчины, поскольку именно с июля по сентябрь устанавливается благоприятная для развития болезни погода.

Развитие болезни показывает степень поражения отдельных элементов растения. В случае с корончатой ржавчиной определяют процент площади поврежденной поверхности листа. Из рис. 2 можно сделать выводы, что развитие болезни на сортах Отрада и Талисман при отсутствии удобрений в максимальной степени зависит от погодных условий. Варьирование значений происходило в диапа-

зоне: для Отрады – 3–15 %; Талисмана – 9–37 %. Фома в минимальной степени поражался корончатой ржавчиной (4–9 %). Внесение удобрений в дозе $N_{60}P_{20}$ кг/га оказало влияние на развитие болезни на сорте Талисман – площадь пораженной листовой поверхности в 2020 году составила 19 %, что в два раза больше контроля. В 2021 году интенсивность поражения листовой поверхности у Талисмана оставалась прежней – 19 %. Сорта Отрада и Фома в эти годы поражались корончатой ржавчиной в минимальной степени: 5–8 и 2–3 % соответственно. Однако наиболее важным оказался 2022 год, который характеризовался достаточным увлажнением. Во второй половине вегетации было зафиксировано резкое повышение интенсивности поражения корончатой ржавчиной: Талисман – 26 %; Отрада – 18 %. Поражение сорта Фома в 2022 году было минимальным (10 %) по сравнению с другими сортами.

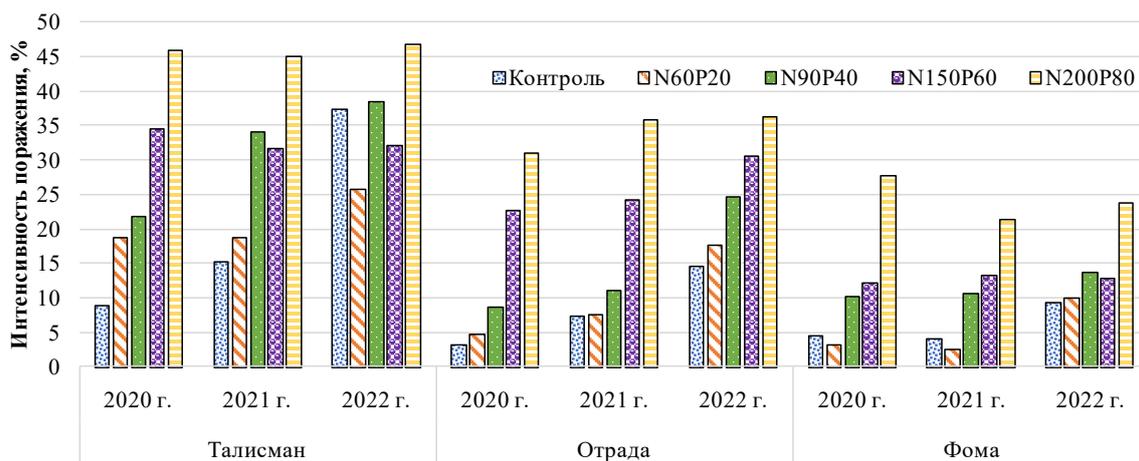


Рис. 2. Влияние минеральных удобрений на развитие корончатой ржавчины в посевах овса Тюменской селекции, 2020–2022 гг., %

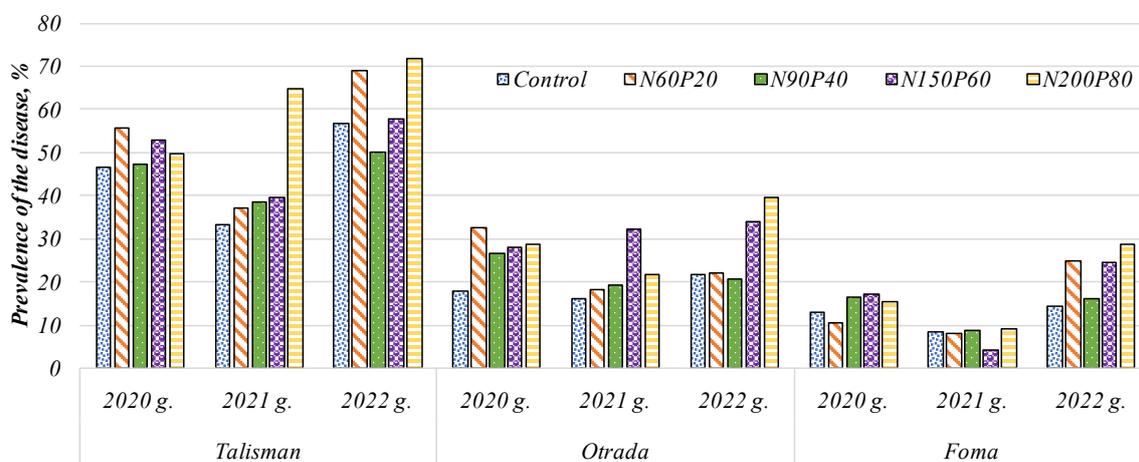


Fig. 2. The influence of mineral fertilizers on the development of crown rust in oat crops of the Tyumen selection, 2020–2022, %

В варианте со средним уровнем минерального питания ($N_{90}P_{40}$) отмечалось достоверное увеличение степени поражения овса корончатой ржавчиной. Так, у сорта Талисман она была от 22 % (2020 г.) до 38 % (2022 г.). У Отрады степень поражения была минимальной только в 2020 и 2021 годах, которые были сухими. В 2022 году, который отличался более высокой степенью увлажнения и не столь высокой температурой вегетационного периода, степень поражения составила 25 %. Сорт Фома выделился среди сортов тем, что интенсивность поражения его листовой поверхности составила 10–14 % во все годы исследований.

Наиболее интересными оказались варианты с внесением удобрений в дозах $N_{150}P_{60}$ и $N_{200}P_{80}$ кг/га, рассчитанных на получение планируемой урожайности 5,0 и 6,0 т/га зерна овса. Интенсивность поражения корончатой ржавчиной сорта Талисман была одинаковой в годы исследований: 32–35 и 45–47 % соответственно. Сорт Отрада был поражен корончатой ржавчиной в меньшей степени, чем Талисман, и сохранялась тенденция снижения интенсивности поражения в сухие годы

(2020 и 2021). В 2022 году данный показатель увеличился до 31 %, что ставит его на один уровень с Талисманом. На максимальном агрофоне ($N_{200}P_{80}$) болезнь проявляется в большей степени (31–36 %).

Удобрения стимулировали развитие корончатой ржавчины и на сорте Фома. Однако необходимо отметить меньшую степень поражения листовой поверхности: 21–28 % на варианте с максимальной насыщенностью удобрениями.

Таким образом, в ходе полевых исследований было установлено, что сорта овса Тюменской селекции по-разному реагируют на интенсивность поражения корончатой ржавчины. Наименее подверженным оказался сорт Фома, который на всех уровнях агрофона показал минимальную степень поражения этой болезнью.

Дисперсионный анализ показал, что развитие корончатой ржавчины зависит от сорта (фактор А) на 27 %; погодных условий (фактор В) – на 21 % и уровня минерального питания (фактор С) – на 35 %. Сортная реакция на погодные условия и удобрения (взаимодействие факторов АВ; АС) составила 11 и 14 % соответственно.

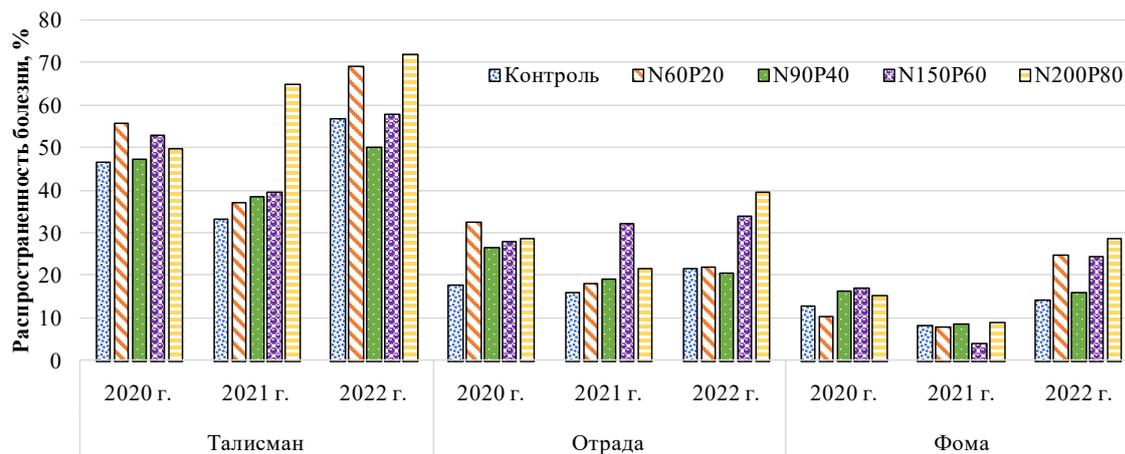


Рис. 3. Распространенность корончатой ржавчины в посевах овса, 2020–2022 гг., %

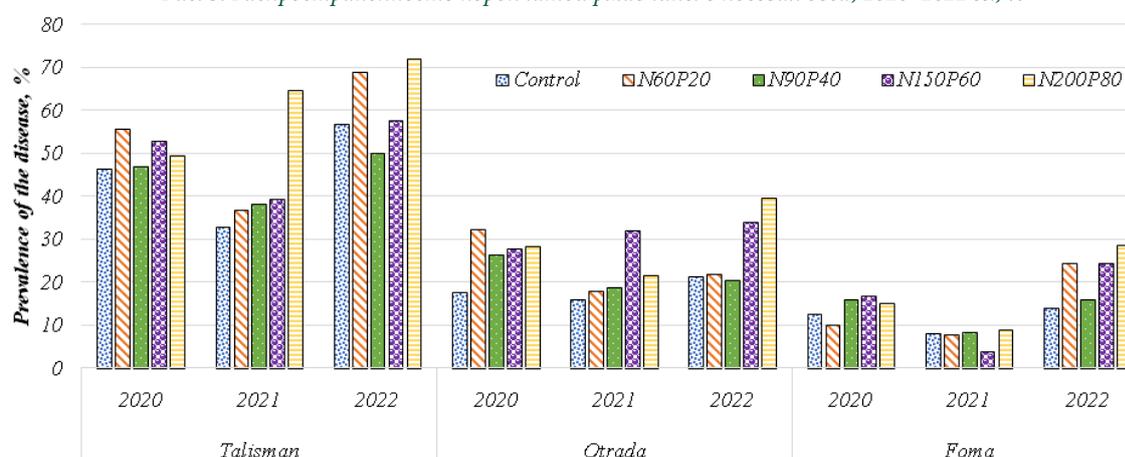


Fig. 3. Prevalence of crown rust in oat crops, 2020–2022, %

Расчет силы влияния на степень развития корончатой ржавчины показал, что для эффективной борьбы с болезнью требуется использование устойчивых сортов и оптимизация уровня минерального питания.

Как показали трехгодичные исследования, распространенность корончатой ржавчины в посевах овса также зависела от погодных условий, сорта и уровня минерального питания. Так, при отсутствии удобрений в максимальной степени распространенность болезни отмечалась у сорта Талисман – от 33 до 57 %, тогда как в тех же условиях на сорте Фома данный показатель был значительно меньше – от 8 до 14 % (рис. 3). Сорт Отрада занимал промежуточное положение. Внесение удобрений в дозе $N_{60}P_{20}$ достоверно повлияло на распространенность корончатой ржавчины в 2020 году у сортов Талисман (56 %) и Отрада (32 %). Аналогичное увеличение распространенности было зафиксировано на сорте Фома в 2022 году. Наиболее интересными оказались данные с варианта, где был средний уровень минерального питания ($N_{90}P_{40}$). Распространенность корончатой ржавчины не увеличивалась относительно контроля.

Среди сортов выделяется Фома, распространенность корончатой ржавчины у которого была ми-

нимальна как при разных погодных условиях, так и при внесении возрастающих доз минеральных удобрений. Поэтому его можно рекомендовать для выращивания в Северном Зауралье, а также как перспективную родительскую форму при создании устойчивых к корончатой ржавчине сортов.

Дисперсионный анализ показал, что распространенность болезни на 43 % зависит от сорта; на 24 % от погодных условий и на 16 % от уровня минерального питания. Среди факторов взаимодействия достоверными оказались только сочетания АВ и АС – 15 и 8 % соответственно. Остальные сочетания не имели достоверного влияния ($F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$, при $p = 5 \%$).

Расчет корреляции выявил положительную связь между степенью поражения и количеством суток второй половины вегетации ($r = 0,6$). Аналогичное значение коэффициента корреляции было у пары «степень поражения – вегетационный период овса». Однако распространение болезни имело слабую положительную связь ($r = 0,2$) с периодом второй половины вегетации. Корреляция между распространением корончатой ржавчины и вегетационного периода составляла 0,5 ед., что соответствовало средней степени зависимости.

Устойчивость овса к корончатой ржавчине при внесении возрастающих доз минеральных удобрений, 2020–2023 гг., баллы

Сорт	Уровень минерального питания				
	Контроль	N ₆₀ P ₂₀	N ₉₀ P ₄₀	N ₁₅₀ P ₆₀	N ₂₀₀ P ₈₀
Талисман	5	5	3	3	3
Отрада	5	5	5	3	3
Фома	5	7	5	5	5

Table 1

Resistance of oats to crown rust when applying increasing doses of mineral fertilizers, 2020–2023, points

Cultivar	The level of mineral nutrition				
	Control	N ₆₀ P ₂₀	N ₉₀ P ₄₀	N ₁₅₀ P ₆₀	N ₂₀₀ P ₈₀
Talisman	5	5	3	3	3
Otrada	5	5	5	3	3
Foma	5	7	5	5	5

Также была установлена положительная связь между степенью развития болезни и ее распространением в посевах – коэффициент корреляции составил 0,7 ед., что соответствует тесной связи.

В ходе фенологических наблюдений была определена степень устойчивости изучаемых сортов при разных уровнях минерального питания к корончатой ржавчине (таблица 1). На естественном агрофоне все сорта характеризовались средней устойчивостью (5 баллов). Внесение возрастающих доз минеральных удобрений показало различную сортовую реакцию. Сорт Талисман при внесении N₉₀P₄₀ и выше стал менее устойчив к корончатой ржавчине – балл устойчивости уменьшился с 5 до 3. Средняя устойчивость Отрады сохранялась при дозах N₆₀P₂₀ и N₉₀P₄₀ кг/га. При дальнейшем повышении уровня минерального питания сорт характеризовался слабой устойчивостью (3 балла). В условиях Зауралья наиболее устойчивым оказался сорт Фома, который на низком агрофоне даже повысил устойчивость к корончатой ржавчине до 7 баллов. На высоком и очень высоком агрофонах устойчивость Фомы была средней и соответствовала контролю.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В условиях Северного Зауралья возрастающие дозы минеральных удобрений? вплоть до N₂₀₀P₈₀ кг/га действующего вещества, приводят к увеличению вегетационного периода овса на 18–21 день за счет удлинения второй половины вегетации. Это повышает степень развития и распространенность корончатой ржавчины в посевах овса. Установлено, что степень развития болезни зависит на 27 % от генотипа овса; на 21 % – от уровня минерального питания и на 35 % – от погодных условий. Распространенность корончатой ржавчины в посевах на 43 % зависит от сорта и на 35 % от минеральных удобрений. В ходе трехлетних испытаний выявлено, что сорта Талисман и Отрада не являются высокоустойчивыми к корончатой ржавчине. Избежать поражения болезнью возможно лишь при сокращении их периода вегетации. Поэтому при высоких рисках заражения корончатой ржавчиной лучше планировать урожайность до 4,0 т/га или использовать сорт Фома, который обладает средней устойчивостью при любых дозах удобрений. Рекомендуется изучить наличие генов устойчивости к корончатой ржавчине у сорта Фома и использовать его в качестве материнской формы в селекционном процессе с донорами генов устойчивости.

Библиографический список

1. Любимова А. В., Иваненко А. С. Овес в Тюменской области. Тюмень: Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, 2021. 172 с.
2. Белкина Р. И. О пищевой ценности зерна овса и продуктов его переработки // Агропродовольственная политика России. 2022. № 1. С. 2–5.
3. Еремин Д. И., Савельева Ю. В. К вопросу о сортовой устойчивости овса к токсическому действию алюминия на ранних этапах онтогенеза // Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 2 (46). С. 25–33.
4. Еремин Д. И., Менщикова А. А., Сергеева Т. Е., Касторнова М. Г. Устойчивость сортов овса краснодарской селекции к солевому стрессу на начальном этапе онтогенеза // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 8. С. 14–19. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_8_14.
5. Loskutov I. G., Butris V., Kosareva I. A., et al. Aluminum tolerance and micronutrient content in the grain of oat cultivars with different levels of breeding improvement from the VIR collection // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2022. Vol. 183, No. 3. Pp. 96–110. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-96-110.

6. Моисеева М. Н. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна овса в Северном Зауралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 35–38.
7. Каренгина Л. Б., Байкин Ю. Л., Кандаков Н. В. Влияние гумата калия различной концентрации на эффективность минеральных удобрений при выращивании овса // Аграрный вестник Урала. 2019. № 3 (182). С. 12–16. DOI: 10.32417/article_5ce3f80b1904b4.41851727.
8. Моисеева М. Н. Основные болезни овса в Западной Сибири // Мир Инноваций. 2020. № 3. С. 42–46.
9. Любимова А. В., Еремин Д. И. Сортовые особенности фотосинтетической активности овса посевного Тюменской селекции при внесении минеральных удобрений // Аграрный вестник Урала. 2021. № 12 (215). С. 59–76. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-59-76.
10. Орина А. С., Гаврилова О. П., Гагкаева Т. Ю., Гогина Н. Н. Контаминация зерна в Западной Сибири грибами *Alternaria* и их микотоксинами // Вестник защиты растений. 2021. Т. 104, № 3. С. 153–162. DOI: 10.31993/2308-6459-2021-104-3-15019.
11. May W. E., Ames N., Irvine R. B., Kutcher H. R., Lafond G. P., Shirtliffe S. J. Are fungicide applications to control crown rust of oat beneficial? // Canadian Journal of Plant Science. 2014. Vol. 94, No. 5. Pp. 911–922. DOI: 10.4141/cjps2013-333.
12. Бакулина А. В., Новоселова Н. В., Савинцева Л. С., Баталова Г. А. ДНК-маркеры в селекции овса на устойчивость к корончатой ржавчине (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183, № 1. С. 224–235. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-224-235.
13. Усенко С. В., Усенко В. И., Гаркуша А. А. [и др.] Отзывчивость овса на удобрения в зависимости от обработки почвы и уровня защиты культур полевого севооборота в лесостепи Алтайского Приобья // Земледелие. 2020. № 1. С. 44–48. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10112.
14. Кочнева Д. А., Любимова А. В., Еремин Д. И. Сортовая реакция овса Тюменской селекции на контрастные погодные условия Северного Зауралья // Проблемы селекции: тезисы докладов международной научной конференции. Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2022. С. 35.
15. Фомина М. Н., Тоболова Г. В., Остапенко А. В. Использование метода электрофореза проламинов в первичном семеноводстве на примере сорта овса Отрада // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 12. С. 14–16.
16. Любимова А. В., Еремин Д. И. Изучение генетического разнообразия сортов овса сибирской селекции по авенин-кодирующим локусам // Агропродовольственная политика России. 2017. № 9 (69). С. 70–74.
17. Фомина М. Н., Иванова Ю. С., Брагин Н. А., Брагина М. В. Качество зерна перспективных линий овса на заключительном этапе селекционного процесса в условиях Северного Зауралья // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 3. С. 34–38. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_3_34.
18. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. 4-е издание, дополненное и переработанное. Санкт-Петербург: Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова, 2012. 63 с.
19. Егоров Е. А., Шадрина Ж. А., Кочьян Г. А. [и др.] Актуальные направления повышения эффективности промышленного плодородия // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2018. № 1. С. 28–32.

Об авторах:

Дмитрий Иванович Еремин, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории геномных исследований в растениеводстве, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, п. Московский, Тюменская область, Россия; ORCID 0000-0002-3672-6060, AuthorID 318870.

E-mail: soil-tyumen@yandex.ru

Диана Васильевна Еремина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия. ORCID 0000-0003-3595-8289, AuthorID 318942.

E-mail: ereminadv@gausz.ru

References

1. Lyubimova A. V., Ivanenko A. S. *Oats in the Tyumen region*. Tyumen: Federal Research Center Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2021. 172 p. (In Russ.)
2. Belkina R. I. About the nutritional value of oats grain and its processed products. *Agro-food policy in Russia*. 2022; 1: 2–5. (In Russ.)
3. Eremin D. I., Savel'eva Yu. V. Question of variety resistance of oats to toxic effect of aluminum in early stages of ontogenesis. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2023; 2 (46): 25–33. (In Russ.)

4. Eremin D. I., Menshchikova A. A., Sergeeva T. E., Kastornova M. G. Resistance of Krasnodar oat varieties to salt stress at the initial stage of ontogenesis. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2022; 36 (8): 14–19. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_8_14. (In Russ.)
5. Loskutov I. G., Butris V., Kosareva I. A., et al. Aluminum tolerance and micronutrient content in the grain of oat cultivars with different levels of breeding improvement from the VIR collection. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2022; 183 (3): 96–110. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-96-110.
6. Moiseeva M. N. Influence of mineral fertilizers on the yield and quality of oat grain in the Northern Trans-Urals. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2021; 4 (90): 35–38. (In Russ.)
7. Karengina L. B., Baykin Yu. L., Kandakov N. V. Influence of humate of potassium of different concentration on the efficiency of mineral fertilizers when growing oat. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019; 3 (182): 12–16. DOI: 10.32417/article_5ce3f80b1904b4.41851727. (In Russ.)
8. Moiseeva M. N. Main diseases of oats in Western Siberia. *World of Innovation*. 2020; 3: 42–46. (In Russ.)
9. Lyubimova A. V., Eremin D. I. Varietal features of photosynthetic activity of Tyumen seed oats when applying mineral fertilizers. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021; 12 (215): 59–76. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-59-76. (In Russ.)
10. Orina A. S., Gavrilova O. P., Gagkaeva T. Yu., Gogina N. N. Contamination of grain in Western Siberia by *Alternaria* fungi and their mycotoxins. *Plant Protection News*. 2021; 104 (3): 153–162. DOI: 10.31993/2308-6459-2021-104-3-15019. (In Russ.)
11. May W. E., Ames N., Irvine R. B., Kutcher H. R., Lafond G. P., Shirliffe S. J. Are fungicide applications to control crown rust of oat beneficial? *Canadian Journal of Plant Science*. 2014; 94 (5): 911–922. DOI: 10.4141/cjps2013-333.
12. Bakulina A. V., Novoselova N. V., Savintseva L. S., Batalova G. A. DNA markers in oat breeding for crown rust resistance (a review). *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2022; 183 (1): 224–235. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-224-235. (In Russ.)
13. Usenko S. V., Usenko V. I., Garkusha A. A., et al. Responsiveness of oats to fertilizers depending on soil tillage and the level of plants protection of field crop rotation in the forest-steppe of the Altai Ob region. *Zemledelie*. 2020; 1: 44–48. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10112. (In Russ.)
14. Kochneva D. A., Lyubimova A. V., Eremin D. I. Varietal response of Tyumen selection oats to contrasting weather conditions of the Northern Trans-Urals. *Problems of selection: abstracts of reports of the international scientific conference*. Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, 2022. P. 35. (In Russ.)
15. Fomina M. N., Tobolova G. V., Ostapenko A. V. Usage of the method of prolamine electrophoresis in primary seed breeding by the example of Otrada oat variety. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2016; 30 (12): 14–16. (In Russ.)
16. Lyubimova A. V., Eremin D. I. Study of the genetic diversity of Siberian oat cultivars by avenin-coding loci. *Agro-Food Policy in Russia*. 2017; 9 (69): 70–74. (In Russ.)
17. Fomina M. N., Ivanova Yu. S., Bragin N. A., Bragina M. V. Grain quality of promising oat lines at the final stage of the breeding process in the conditions of the Northern Trans-Urals. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2023; 37 (3): 34–38. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_3_34. (In Russ.)
18. *Guidelines for the study and preservation of the world collection of barley and oats. 4th edition, expanded and revised*. Saint Petersburg: All-Russian Research Institute of Plant Growing named after N. I. Vavilov, 2012. 63 p. (In Russ.)
19. Egorov E. A., Shadrina Zh. A., Koch'yan G. A., et al. The main directions of improving the efficiency and competitiveness of fruit growing. *Breeding and variety cultivation of fruit and berry crops* 2018; 1: 28–32. (In Russ.)

Authors' information:

Dmitriy I. Eremin, doctor of biological sciences, associate professor, leading researcher at the laboratory of genomic research in plant breeding, Scientific Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals – branch of the Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, village Moskovskiy, Tyumen region, Russia; ORCID 0000-0002-3672-6060, AuthorID 318870. *E-mail: soil-tyumen@yandex.ru*

Diana V. Eremina, candidate of agricultural sciences, associate professor, State Agrarian University of the Northern Urals, Tyumen, Russia; ORCID 0000-0003-3595-8289, AuthorID 318942. *E-mail: ereminadv@gausz.ru*