

УСТОЙЧИВОСТЬ ОВСА ПОСЕВНОГО К ГОЛОВНЕВЫМ БОЛЕЗНЯМ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ

Н. П. Бехтольд, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории генофонда растений, Telichkinanina@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7281-9280;
Е. А. Орлова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории генофонда растений, orlova.lena10@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5084-375X
СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН,
630501, НСО, г. Новосибирск, р.п. Краснообск, С-100, зд. 21, а/я 375

Вредоносными и распространенными в условиях лесостепи Приобья являются пыльная (*Ustilago avenae* (Pers.) Jens.) и покрытая (*Ustilago kollerii* Wille) головни овса. Недобор зерна в отдельные годы может достигать 25%, а в годы эпифитотий – до 50%. Цель исследований заключалась в выявлении устойчивости сортов овса посевного к пыльной и покрытой головне в условиях лесостепи Приобья. Исследования выполнены на фитопатологическом участке лаборатории генофонда растений СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН в 2018–2021 годы. Объектами исследований служили российские сорта из мировой коллекции ВИР им. Н. И. Вавилова. Изучено 64 генотипа овса на устойчивость к местным популяциям пыльной и покрытой головни. Установлена существенная корреляция между поражением растений пыльной и покрытой головней и температурой почвы в период третья декада мая – первая декада июня ($r = 0,76$ и $r = 0,73$). Не установлено существенной зависимости поражения растений от среднесуточной температуры воздуха ($r = 0,32$ и $r = 0,48$). Определена отрицательная зависимость ($r = -0,77$ и $r = -0,71$) между проявлением болезни и количеством осадков, выпавших в период посев – всходы. Установлено, что большинство сортов восприимчивы к возбудителям. По устойчивости к головневым грибам в условиях искусственного инфекционного фона выделились сорта овса посевного: Сибирский Геркулес, Факел, Рысак и Уралец. Эти сорта характеризуются высокой урожайностью, массой 1000 зерен, устойчивостью к полеганию.

Ключевые слова: овес посевной, устойчивость, возбудитель, патоген, покрытая, пыльная головня.

Для цитирования: Бехтольд Н. П., Орлова Е. А. Устойчивость овса посевного к головневым болезням в условиях лесостепи Приобья // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 102–. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-102-101.



RESISTANCE OF OATS TO SMUT DISEASES IN THE FOREST-STEPPE OF THE PRE-OB REGION

N. P. Bekhtold, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for plant gene pool, Telichkinanina@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7281-9280;
E. A. Orlova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for plant gene pool, orlova.lena10@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5084-375X
SRIPCB, the branch of Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of RAS,
630501, Novosibirsk region, v. of Krasnoobsk, S-100 Str., building 21/375

Loose smut (*Ustilago avenae* (Pers.) Jens.) and covered smut (*Ustilago kollerii* Wille) are considered to be the most harmful and widespread in the forest-steppes of the Pre-Ob region. The poor grain yields in some years could reach up to 25%, and up to 50% in the years of epiphytoticities. The purpose of the current study was to identify the resistance of oat varieties to dusty and covered smut in the forest-steppes of the Pre-Ob region. The study was carried out at the phytopathological plot of the laboratory for plant gene pool of the SRIPCB, the branch of Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of RAS in 2018–2021. The objects of research were Russian varieties from the world collection of VIR named after V. I. Vavilov. There have been studied 64 oat genotypes for resistance to local populations of loose and covered smut. There has been established a significant correlation between plants' damage caused by loose and covered smut and soil temperature during the period 'third decade of May – the first decade of June' ($r = 0.76$ and $r = 0.73$). There was no significant correlation between plants' damage and the average daily air temperature ($r = 0.32$ and $r = 0.48$). There has been determined a negative relationship ($r = -0.77$ and $r = -0.71$) between the manifestation of the disease and the amount of precipitation during the period 'sowing-sprouts'. There has been established that most varieties are susceptible to pathogens. According to smut fungi resistance under conditions of an artificial infectious background, there have been identified such oat varieties as 'Sibirsky Gerkules', 'Fakel', 'Rysak' and 'Uralets'. These varieties are characterized by large productivity, 1000-grain weight, resistance to lodging.

Keywords: oats, resistance, pathogen, covered smut, loose smut.

Введение. Овес посевной является одной из важных и распространенных сельскохозяйственных культур мира. Данная культура универсальна как по широте распространения, так и по использованию. Он выращивается во всех зерносеющих областях России (Николаев и др., 2019; Зобнина и др., 2022). Высокий уровень

производства овса посевного определяется его разносторонним использованием (производство крупы, муки, на корм животным).

Новосибирская область занимает второе место (после Алтайского края) среди крупнейших производителей овса в Сибирском федеральном округе. Одним из факторов, снижаю-

щих получение стабильного урожая с высоким качеством зерна овса посевного, являются болезни (Свиркова и др., 2016; Zhuikova et al., 2021). Наиболее вредоносными и распространенными в условиях лесостепи Приобья являются пыльная (*Ustilago avenae* (Pers.) Jens.) и покрытая (*Ustilago kolleri* Wille) головня овса. Недобор зерна от данных возбудителей может достигать 20–25%, а в годы эпифитотий – 50% (Menzies et al., 2019; Мешкова и др., 2020).

Пыльную и покрытую головню овса отмечают ежегодно, при этом большинство возделываемых сортов в той или иной степени поражается патогеном, зерно становится непригодным как для продовольственных, так и для фуражных целей (Жуйкова и др., 2020; Hu et al., 2018). Головневые грибы поражают са-

мую главную часть растения – метелку. В связи с этим урожай от больных растений уничтожается целиком или сильно снижается (Бехтольд и др., 2020). Возбудитель *Ustilago avenae* разрушает метелку полностью во время выметывания овса. Отдельные колоски почти целиком превращаются в пылящую споровую массу черного цвета (Brodführer et al., 2022). Симптомы возбудителя *Ustilago kolleri* заметны с начала выхода метелок из влагалища, образуются недоразвитые метелки. Различие между возбудителями заключается в том, что покрытая головня не разрушает метелку полностью, колосковые чешуйки остаются целыми или частично разрушаются и прикрывают споровую массу (рис. 1, 2).



Рис. 1. Пыльная головня овса (*Ustilago avenae*)
Fig. 1. Loose smut of oats (*Ustilago avenae*)



Рис. 2. Покрытая головня овса (*Ustilago kolleri*)
Fig. 2. Covered smut of oats (*Ustilago kolleri*)

Экологически выгодной и перспективной селекционной работой в повышении урожайности остается выведение и использование устойчивых к головневым болезням высокопродуктивных сортов. Исследования в этом направлении были и остаются актуальными (Мешкова и др., 2020).

Цель исследования – выявить источники устойчивости овса к пыльной и покрытой головне в условиях лесостепи Приобья.

Материалы и методы исследований. Исследования выполнены на фитопатологическом участке лаборатории генофонда растений СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН в 2018–2021 годы. Объектами исследований служили российские сорта из мировой коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова. За 2018–2021 гг. изучено 64 генотипа овса на устойчивость к местным популяциям пыльной и покрытой головни.

Для инокулирования семян овса возбудителями использовали методические рекомен-

дации под ред. Бахарева Ж. А и Христова Ю. А. (2003). Заражение семян проводили за месяц до посева. Сорт-индикатором служил сорт Ровесник селекции СибНИИРС, сильно восприимчивый к двум патогенам. Посев проводили в оптимальные для культуры сроки (первая декада мая). Опыты размещали по пару. Обработка почвы – зяблевая вспашка, ранневесенняя культивация, предпосевное внесение удобрений. Посев овса проводили кассетной сеялкой СКС-6 – 10, каждого сорта высевали не менее 100 инфицированных зерен в трехкратном повторении. Температуру почвы измеряли в посевах овса на глубине 0–5, 5–10 см. Наблюдения за температурой почвы проводили измерителями-регистраторами (логгерами) температуры EClerk-M-RHT с интервалом 3 ч.

Уборку зараженного материала выполняли вручную. Для характеристики устойчивости сортов использовали метод учета по стеблям (подсчитывали количество больных и здоровых

растений и высчитывали процент поражения от общего числа), регистрирующий действительную реакцию растений на внедрение паразита (особенно у слабовосприимчивых образцов).

Устойчивость сортов к патогенам классифицировали по максимальному проценту поражения за ряд лет. Степень поражения определяли по шкале ВИР (Бахарева и др., 2003):

0 – высокая устойчивость, поражение отсутствует;

1 – практическая устойчивость, поражение не превышает 5%;

2 – слабая восприимчивость, поражение не превышает 25%;

3 – средняя восприимчивость, поражение не превышает 50%;

4 – сильная восприимчивость, поражение более 50%.

Математическая обработка данных проведена с помощью пакета прикладных программ СНЕДЕКОР 5. Устойчивость образцов к полеганию определяли по общепринятым методикам.

Результаты и их обсуждение. Развитие головневых болезней и их жизнеспособность во многом зависят как от устойчивости сорта, так и от условий окружающей среды.

Температура почвы оказывает существенное влияние на инокуляцию проростков в период прорастания и начала развития растений овса. Возбудители *Ustilago avenae* и *Ustilago kollerii* лучше развиваются при температуре почвы 10–25 °С. В условиях резко континенталь-

ного климата лесостепи Приобья наблюдаются колебания режимов температур (заморозки в мае) и влажности. В наших исследованиях установлена существенная корреляция между поражением растений пыльной и покрытой головней и температурой почвы в период третьей декады мая – первая декада июня ($r = 0,76$ и $r = 0,73$). Не установлено существенной зависимости поражения растений от среднесуточной температуры воздуха ($r = 0,32$ и $r = 0,48$). Определена отрицательная зависимость ($r = -0,77$ и $r = -0,71$) между проявлением болезни и количеством осадков, выпавших в период посев – всходы.

Условия периода от посева до окончательной оценки генотипов овса на устойчивость к головневым болезням изменялись в годы исследований от прохладных с избыточным увлажнением в 2018 г. (ГТК = 2,6) до слабо засушливых с оптимальным увлажнением в 2021 г. (ГТК = 1,2). В 2019 и 2020 гг. гидротермический коэффициент составил 1,5 для каждого года.

В 2018 г. в связи с низкими температурами воздуха и большим количеством осадков в период посев – всходы инфекционной нагрузки практически не было. Поражение восприимчивого сорта индикатора составило 9,7%, остальные генотипы оказались устойчивыми.

В результате исследования было установлено, что большинство сортов восприимчивы к возбудителям *Ustilago avenae* и *Ustilago kollerii* (рис. 3).

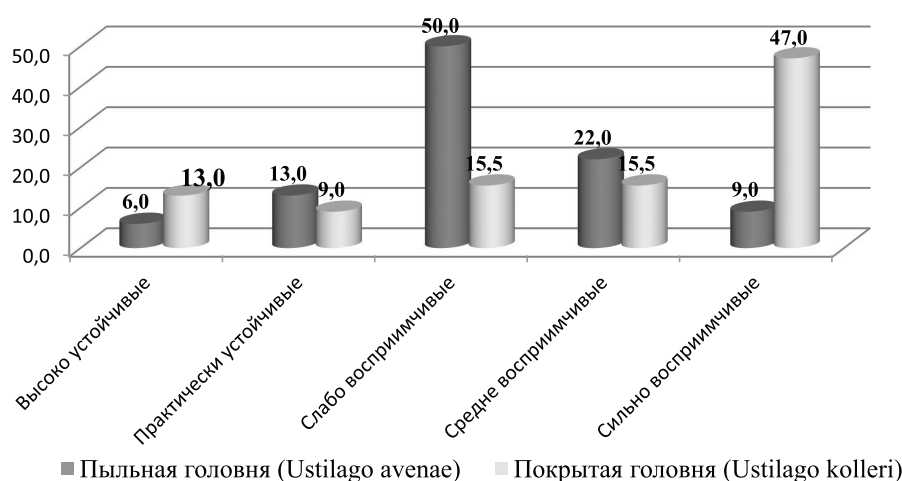


Рис. 3. Распределение сортов овса по устойчивости к пыльной и покрытой головне (искусственный инфекционный фон, 2018–2021 гг.)

Fig. 3. Distribution of the oat varieties according to covered and loose smut resistance (artificial infectious background, 2018–2021)

Доля иммунных сортов к пыльной головне составила 6,0%, устойчивых – 13,0%, к покрытой головне – 13,0 и 9,0% соответственно. К возбудителю *U. avenae* в изученном генофонде преобладали слабовосприимчивые и средневосприимчивые генотипы, на долю которых приходилось 50,0% и 22,0%. Со слабой степенью поражения к пыльной головне за годы исследований выделились сорта Тюменской

селекции – Малыш (2,1–9,1%) и Отрада (2,6–9,8%), Новосибирской – Сиг (2,9–9,1%), Новосибирский 5 (0–4,2%). Среди сортов Омской селекции устойчивость к возбудителю подтверждают Факел (0–0,6%), Сибирский Геркулес (0%) и Тарский голозерный (0–1,1%). Сорта Уральского региона и Алтайского края в основном оказались средневосприимчивыми.

У 9,0% генотипов была сильная степень поражения фитопатогеном. Сорт Ужурский (г. Новосибирск) поражался до 77,9%, Конкур (г. Самара) – до 76,9%, у сорта Алдан (г. Кемерово) степень поражения – до 71,8% в годы исследований.

При поражении возбудителем *U. kollerii* наблюдалась иная тенденция. Значительная группа (более 50%) представлена средне и сильно восприимчивыми сортами. Доля высоко устойчивых форм составила 13%. Это такие сорта, как Сибирский Геркулес, Факел и Тарский голозерный (г. Омск), Рысак (г. Самара), Уралец (г. Екатеринбург). Со слабой степенью устойчивости к патогену (от 3,1 до 18,9) выделились сорта Новосибирский 5, Сиг (г. Новосибирск), Орфей (Алтайский край), Алдан, Тайдон и Креол (г. Кемерово). Степень поражения у сортов Пегас, Корифей, Чемал (Алтайский край), Краснообский, Ровесник, Новосибирский 88 (г. Новосибирск), Тубинский (г. Красноярск) варьировала от 42,0 до 91,9%.

Наибольший интерес представляют сорта, показавшие высокую устойчивость к двум патогенам во все годы исследований (табл. 1). Это Сибирский Геркулес, Факел (г. Омск), Рысак (г. Самара) и Уралец (г. Екатеринбург).

Таблица 1. Сорта овса, выделенные по устойчивости к пыльной и покрытой головне (инфекционный фон, 2019–2021 гг.)
Table 1. The oat varieties distinguished by loose and covered smut resistance (infectious background, 2019–2021)

Сорт	Оригинатор	Максимальный процент поражения	
		<i>U. avenae</i>	<i>U. kollerii</i>
Ровесник (стандарт восприимчивости)	ФГБНУ ФИЦ ИЦиГ СО РАН, г.Новосибирск	34,9	51,4
Новосибирский 5		4,2	51,4
Сибирский Геркулес	ФГБНУ Омский АНЦ, г. Омск	0	5,1
Факел		0,6	0
Рысак	ФГБНУ Самарский ФИЦ, г. Самара	0,9	0
Уралец	ФГБНУ Уральский ФАНИЦ Уо РАН, г. Екатеринбург	0	0,5

Наибольший интерес для селекции представляют сорта с комплексной устойчивостью

к головневым болезням, обладающие высокими хозяйственными признаками (табл. 2).

Таблица 2. Хозяйственная характеристика сортов овса с комплексной устойчивостью к пыльной и покрытой головне (инфекционный фон, 2019–2021 гг.)
Table 2. Economic characteristics of the oat varieties with complex loose and covered smut resistance (infectious background, 2019–2021)

Сорт	Устойчивость к полеганию, балл	Высота растений, см	Масса 1000 зерен, г	Продуктивная кустистость	Урожайность с зараженных растений (min...max), г/м ²
Ровесник, ст.	9	92	35,5	1,8	231...658
Новосибирский 5	9	97	31,5	1,7	322...677
Сибирский Геркулес	5	110	37,4	2,3	543...799
Факел	9	100	29,4	2,3	786...879
Рысак	9	93	38,5	2,1	347...625
Уралец	9	90	27,4	2,2	311...789
НСР ₀₅	–	3,82	2,17	0,27	–

Высокой урожайностью, устойчивостью к полеганию и болезням выделяются сорта Факел и Уралец. Сорт Сибирский Геркулес уступает сорту стандарту по устойчивости к полеганию, но превышает по урожайности. Рысак отличается устойчивостью к болезням, полеганию, крупностью зерна превышает сорт Ровесник, урожайность на уровне стандарта.

Выводы. В результате исследований было установлено, что большинство сортов восприимчивы к возбудителям *Ustilago avenae* и *Ustilago kollerii*. По устойчивости к головне-

вым грибам в условиях искусственного инфекционного фона выделились генотипы овса посевного: Сибирский Геркулес, Факел, Рысак и Уралец. Эти сорта характеризуются высокой урожайностью, массой 1000 зерен, устойчивостью к полеганию и могут быть рекомендованы для вовлечения в селекционный процесс по Западно-Сибирскому региону. Установлена существенная корреляция между поражением растений пыльной и покрытой головней и температурой почвы ($r = 0,76$ и $r = 0,73$).

Работа поддержана бюджетным проектом ИЦиГ СО РАН № FWN-2022-0018.

Библиографические ссылки

1. Бехтольд Н. П., Орлова Е. А., Костикова И. В. Изучение сортообразцов овса на устойчивость к возбудителю *Ustilago Kollerii* в условиях лесостепи Приобья // Исследования и разработки ученых и студентов для АПК Сибири, Казахстана и Узбекистана. Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Достижения и задачи селекции, генетики и семеноводства сельскохозяйственных культур в Сибири на современном этапе» и IX региональной научно-практической конференции «Актуальные направления сельскохозяйственной науки в работах молодых ученых». Барнаул: ООО «АЗБУКА», 2020. С. 13–18.
2. Жуйкова О. А., Градобоева Т. П., Баталова Г. А. Эффективность инфекционных фонов при оценке овса на устойчивость к грибным болезням // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 3. С. 10–13. DOI: 10.31857/S250026720030035.
3. Зобнина И. В., Корелина В. А., Батакова О. Б. Направления и краткие итоги изучения коллекции овса посевного ярового в условиях Северного региона // Аграрный научный журнал. 2022. № 4. С. 18–22. DOI: 10.28983/asj.y2022i4pp18-22.
4. Мешкова Л. В., Николаев П. Н., Васюкевич С. В., Сабаяева О. Б., Пяткова О. В. Иммунологические исследования 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.
5. Николаев П. Н., Анисков Н. И., Юсова О. А., Сафонова И. В. Адаптивность урожайности овса в условиях Омского прииртышья // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. Т. 179, № 4. С. 28–38. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-28-38.
6. Свиркова С. В., Старцев А. А., Заушинцева А. В. Болезни овса в Западной Сибири и генетические источники устойчивости // Краткие сообщения, известия ТСХА. 2016. Вып. 1. С. 108–114.
7. Brodführer S., Schmehe B., Gabriel D., Janowski D., & Herrmann, M. H. Effects of varying levels of cleistogamy on natural smut infection in oats // Crop Science, 2022, № 62, P. 704–712. DOI: 10.1002/csc2.20688.
8. Hu J., Yang J. Y., Li J. et al. First report of *Ustilago avenae* causing loose smut of oat (*Avena sativa*) in Shandong China. Plant Pathol 100, 123, 2018. DOI: 10.1007/s42161-018-0016-z.
9. Zhuikova O. A., Sheshhegova T. K. and Batalova G. A. Bioresources of Oats for Use in Selection for Phytoimmunity to Fungal Diseases in Kirov Oblast // Russian Agricultural Sciences. 2021. № 5. P. 461–465. DOI: 10.3103/S1068367421050189.
10. Menzies J. G., Turkington T. K., Knox R. E. Testing for resistance to smut diseases of barley, oats and wheat in western Canada // Canadian Journal of Plant Pathology. 2019. 31:3. P. 265–279. DOI: 10.1080/07060660909507601.

References

1. Bekhtol'd N. P., Orlova E. A., Kostikova I. V. Izuchenie sortoobraztsov ovsa na ustoichivost' k vozбудителю *Ustilago Kollerii* v usloviyakh lesostepi Priob'ya [The study of oat varieties for resistance to the pathogen *Ustilago Kollerii* in the conditions of the forest-steppe of the Pre-Ob region] // Issledovaniya i razrabotki uchenykh i studentov dlya APK Sibiri, Kazakhstana i Uzbekistana. Sbornik materialov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Dostizheniya i zadachi seleksii, genetiki i semenovodstva sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v Sibiri na sovremennom etape, i IX regional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Aktual'nye napravleniya sel'skokhozyaistvennoi nauki v rabotakh molodykh uchenykh» Barnaul: ООО «АЗБУКА», 2020. С. 13–18.
2. Zhuikova O. A., Gradoboeva T. P., Batalova G. A. Effektivnost' infektsionnykh fonov pri otsenke ovsa na ustoichivost' k gribnym boleznyam [Efficiency of infectious backgrounds in evaluating oats for resistance to fungal diseases] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2020. №3. С. 10–13. DOI: 10.31857/S250026720030035.
3. Zobnina I. V., Korelina V. A., Batakova O. B. Napravleniya i kratkie itogi izucheniya kollektsii ovsa posevnogo yarovogo v usloviyakh Severnogo regiona [Directions and brief results of the study of the collection of spring oats in the conditions of the Northern region] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2022. № 4. С. 18–22. DOI: 10.28983/asj.y2022i4pp18-22.
4. Meshkova L. V., Nikolaev P. N., Vasyukevich S. V., Sabaeva O. B., Pyatkova O. V. Immunologicheskie issledovaniya yachmenya i ovsa po ustoichivosti k prirodnym populyatsiyam glavnykh zabolevaniy [Immunological study of barley and oats on resistance to natural populations of smut diseases] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. Vol. 34. № 10. С. 43–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11006.
5. Nikolaev P. N., Anis'kov N. I., Yusova O. A., Safonova I. V. Adaptivnost' urozhainosti ovsa v usloviyakh Omskogo priirtysh'ya [Adaptability of oat productivity in the conditions of the Omsk Pre-Irtysh region] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii. 2019. Vol. 179, № 4. С. 28–38. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-28-38.
6. Svirskaya S. V., Startsev A. A., Zaushintsena A. V. Bolezni ovsa v Zapadnoi Sibiri i geneticheskie istochniki ustoichivosti [Oat diseases in Western Siberia and genetic sources of resistance] // Kратkie soobshcheniya, izvestiya TSKhA. 2016. Vypusk 1. С. 108–114.
7. Brodführer S., Schmehe B., Gabriel D., Janowski D., & Herrmann, M. H. Effects of varying levels of cleistogamy on natural smut infection in oats // Crop Science. 2022, 62, P. 704–712. DOI: 10.1002/csc2.20688.
8. Hu J., Yang J. Y., Li J. et al. First report of *Ustilago avenae* causing loose smut of oat (*Avena sativa*) in Shandong China. Plant Pathol 100, 123, 2018. DOI: 10.1007/s42161-018-0016-z.
9. Zhuikova O. A., Sheshhegova T. K., Batalova G. A. Bioresources of Oats for Use in Selection for Phytoimmunity to Fungal Diseases in Kirov Oblast // Russian Agricultural Sciences. 2021. № 5. P. 461–465. DOI: 10.3103/S1068367421050189.

10. Menzies J.G., Turkington T.K., Knox R.E. Testing for resistance to smut diseases of barley, oats and wheat in western Canada // Canadian Journal of Plant Pathology, 2019, 31:3, P. 265–279. DOI: 10.1080/07060660909507601.

Поступила: 01.03.22; доработана после рецензирования: 19.05.22; принята к публикации: 7.06.22.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Бехтольд Н.П., Орлова Е.А. – подготовка опыта, выполнение полевых опытов, сбор данных, их интерпретация; Бехтольд Н.П. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.