

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ НА СОСТАВ ФИТОПАТОГЕНОВ ПШЕНИЦЫ ПРИ ХРАНЕНИИ ЗЕРНА

Сурначева В.В., Казанцев М.П., Коробейников А.С., ✉ Ашмарина Л.Ф.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: alf8@yandex.ru

Высокая влажность, низкая температура и болезнетворные микроорганизмы способны значительно снизить качество семян зерновых культур при их хранении. Изучено влияние температуры и влажности на поражаемость семян пшеницы фитопатогенами при хранении. Выявлено снижение зараженности семенного материала всеми видами грибов в теплом складе при 14%-й влажности. При повышении влажности до 20% происходило увеличение общей зараженности. Показана зависимость поражаемости всходов зерновых культур от условий хранения семян. При теплом режиме хранения семян при нормальной влажности (14%) выявлен наиболее высокий индекс развития болезней – в 2,9 раза выше по сравнению с холодным режимом хранения, но с аналогичной влажностью. Аналогичные данные получены и при определении распространенности корневой гнили. Наибольший показатель распространенности болезни отмечен у растений, высеянных семенами, хранящимися при влажности 20% в теплом складе, что в 1,5 раза выше по сравнению с семенами, высеянными при стандартной влажности (14%). При холодном хранении семян распространенность корневой гнили при высокой влажности (20%) составила 63% – на 7% выше, чем при стандартной (14%). При повышенной влажности (20%) как в теплом, так и в холодном складе распространенность корневой гнили выше, чем при стандартной влажности. Отмечено, что при теплом режиме хранения семян при влажности 20% органотропная специализация характеризуется приуроченностью патогенов ко всем органам растения.

Ключевые слова: яровая пшеница, режим хранения, фитопатогены, зараженность, семена, всхожесть, развитие болезни

EFFECT OF TEMPERATURE AND HUMIDITY ON THE COMPOSITION OF WHEAT PHYTOPATHOGENS DURING GRAIN STORAGE

Surnacheva V.V., Kazancev M.P., Korobejnikov A.S., ✉ Ashmarina L.F.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: alf8@yandex.ru

High humidity, low temperature and pathogens can significantly reduce the quality of cereal crop seeds during storage. The effect of temperature and humidity on the infestation of wheat seeds by phytopathogens during storage was studied. A decrease in infestation of seed material with all types of fungi in a warm warehouse at 14% humidity was found. When humidity increased to 20%, there was an increase in total infestation. The dependence of seedling infestation on seed storage conditions is shown. Warm storage mode of seed storage at normal humidity (14%) revealed the highest index of disease development – 2.9 times higher compared to cold storage mode, but with similar humidity. Similar data were obtained when determining the prevalence of root rot. The highest incidence of the disease was noted in plants sown with seeds stored at 20% humidity in a warm warehouse, which is 1.5 times higher compared to the seeds sown at standard humidity (14%). When seeds were stored cold, the prevalence of root rot at high humidity (20%) was 63% – 7% higher than at standard humidity (14%). At higher humidity (20%) in both warm and cold storage, the prevalence of root rot is higher than at standard humidity. It was noted that under warm seed storage conditions at 20% moisture content, organotropic specialization is characterized by allocation of pathogens in all plant organs.

Keywords: spring wheat, storage mode, phytopathogens, infestation, seeds, germination, disease development

Для цитирования: Сурначева В.В., Казанцев М.П., Коробейников А.С., Ашмарина Л.Ф. Влияние температуры и влажности на состав фитопатогенов пшеницы при хранении зерна // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 49–55. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-6>

For citation: Surnacheva V.V., Kazancev M.P., Korobejnikov A.S., Ashmarina L.F. Effect of temperature and humidity on the composition of wheat phytopathogens during grain storage. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 49–55. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-6>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время семена сельскохозяйственных культур в условиях Западной Сибири поражаются целым комплексом возбудителей болезней [1–3]. Это приводит к ряду негативных факторов: снижению посевных качеств, всхожести, энергии прорастания и др. [4–6]. Под действием микроорганизмов изменяются основные показатели свежести зерна: цвет, блеск, запах и вкус [6–9]. Микотоксины – продукты жизнедеятельности плесеней – чрезвычайно токсичны для животных и человека. Обнаружено более 200 токсических веществ, выделяемых плесневыми грибами: афлатоксины, охратоксины, патулин, зеаралапон и другие, среди которых в виду особой токсичности и канцерогенности наибольшую опасность представляют афлатоксины, выделяемые *A. flavus* [10].

Обработка посевного материала различными веществами в целях его защиты от болезней и вредителей – один из наиболее целенаправленных, экономичных и экологических мероприятий по защите растений [11]. Химические протравители, которые достаточно эффективно обеззараживают семена, имеют ряд негативных свойств: высокую стоимость обработки и связанные с их применением экологические риски [12].

Один из эффективных способов оздоровления семенного материала – оптимизация условий хранения с соблюдением необходимых уровней температуры и влажности воздуха в складских помещениях.

Цель исследования – изучить влияние температуры и влажности на поражаемость семян пшеницы фитопатогенами при хранении.

Задачи исследований:

- определить влияние факторов температуры и влажности на общую зараженность семян пшеницы комплексом фитопатогенов;
- выявить степень влияния температуры, влажности и поражаемости семян пшеницы на полевую всхожесть;
- определить степень влияния условий хранения зерна на поражаемость всходов в полевых условиях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на научно-экспериментальной базе Сибирского научно-исследовательского института кормов СФНЦА РАН. Оценку влияния различных факторов (температура, влажность) на зараженность семян пшеницы осуществляли в лабораторном опыте. Цель опыта – выявить степень влияния температуры, влажности и поражаемости семян пшеницы на полевую всхожесть.

Семена пшеницы закладывали на хранение в естественных условиях, предварительно помещая в тару для хранения (мешки). Отбор семян для контроля их фитосанитарного состояния и изменения посевных качеств проводили через каждые 30 дней хранения¹. Наряду с этим отобраны образцы для определения исходной зараженности семян. Микологический анализ семян проведен по общепринятому методу, который основан на создании оптимальных условий, стимулирующих рост и развитие возбудителей бо-

¹ГОСТ Р 52325–2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортные и посевные качества. М.: Стандартинформ, 2006.

лезней с целью получения спороношения². Для изучения состава микофлоры семена (по 10 шт.) помещали на подготовленную стерильную агаризованную среду Чапека с целью изучения зараженности семян фитопатогенами ($n = 50$). Наблюдения и учеты осуществляли через 7–14 дней. Для этого каждую колонию грибов просматривали под микроскопом и рассчитывали процент заражения семян микроорганизмами. Видовую идентификацию грибов осуществляли по определителям^{3, 4} [13]. Для более детального определения колонии отщипывали на агаризованную среду в пробирки для последующей идентификации видов.

Оценку влияния условий хранения семян пшеницы на пораженность растений корневой гнилью проводили в полевых условиях в микрополевым опыте [10]. Повторность опыта трехкратная. Отбор образцов на пораженность корневой гнилью осуществляли в фазу кущения зерновых культур по общепринятым методикам. Для этого все растения отмывали под проточной водой и проводили глазомерный анализ. В течение вегетации проводили в динамике учет листостебельных инфекций на зерновых культурах. Математическую обработку осуществляли, используя программу Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Перед закладкой опыта проведена фитозэкспертиза семян яровой пшеницы на их исходную зараженность (см. таблицу).

При 20%-й влажности семян отмечена тенденция к более высокому их инфицированию

фитопатогенными грибами родов *Alternaria*, *Fusarium* и *Bipolaris*, хотя это статистически недостоверно. Сопутствующие грибы, представленные видами родов *Aspergillus* и *Mucor*, имели невысокий уровень заселенности (до 6%).

Далее семена с разной влажностью были заложены на хранение при различных режимах температуры (теплый и холодный склад).

Проведенные исследования на 136-й день эксперимента показали, что наибольшая зараженность фитопатогенами установлена при хранении зерна при влажности 20% как при холодном, так и при теплом режимах хранения (см. рис. 1). Уровень инфицирования одним из основных возбудителей корневой гнили грибом *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker превышал порог вредоносности (ПВ 15%) и составлял соответственно 16 и 32%. Представленность видов рода *Fusarium* была в этих образцах значительной и достигала соответственно 52 и 26%, видов рода *Alternaria* – 76 и 68%.

Наибольшая суммарная зараженность возбудителями корневой гнили оказалась в образцах зерна пшеницы, хранившихся при повышенной влажности холодного (194%) и теплого хранения (178%) (см. рис. 2). Банальная микофлора, представленная видами рода *Penicillium* и *Aspergillus*, также была выше при влажности 20%.

Литературные данные свидетельствуют [5, 8, 9], что при более высокой влажности численность фитопатогенов возрастает, поскольку создаются более благоприятные условия для их развития. Это согласуется с

Исходная заселенность семян пшеницы грибами перед закладкой лабораторного опыта
Initial infestation of wheat seeds with fungi before the laboratory experiment

Среднее число колоний грибов в чашках Петри*				
<i>Alternaria</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Bipolaris</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Mucor</i>
Влажность 14%				
6,8 ± 1,1	3 ± 1,22	1,4 ± 0,89	0,4 ± 0,89	0,6 ± 0,89
Влажность 20%				
8,6 ± 1,14	5,2 ± 1,79	4,8 ± 1,3	0	0

*Различие по U-критерию Манна – Уитни ($p < 0,05$) по сравнению с контролем.

²Наумов Н.А. Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию. М.; Л.: Сельхозгиз, 1951. 137 с.

³Билай В.И. Фузариоз. Киев: Наукова думка, 1977. 442 с.

⁴Пидопличко Н.М. Грибы-паразиты культурных растений: Определитель в 3-х томах. Киев: Наукова думка, 1977. Т. 1.

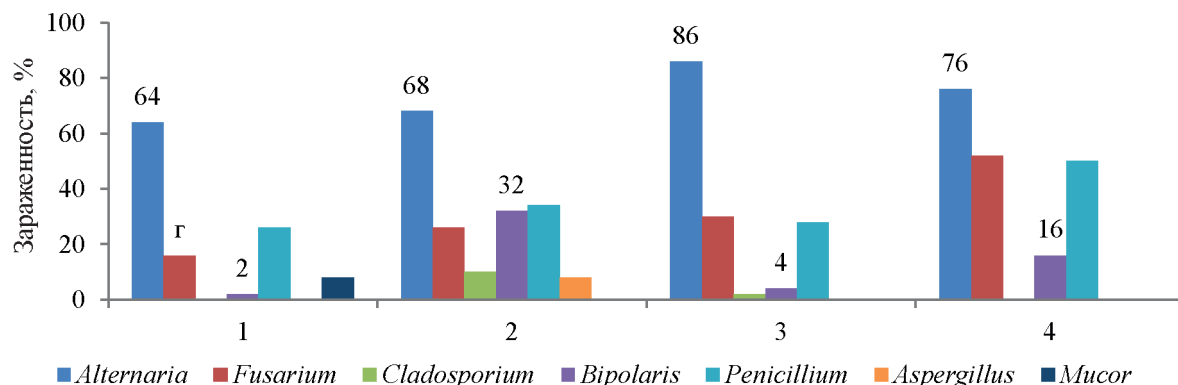


Рис. 1. Зараженность семян пшеницы:

г – значимость различия по тесту Данна ($p < 0,05$) по сравнению с соответствующим вариантом; здесь и на рис. 2–4: 1 – влажность 14%, теплый склад; 2 – влажность 20%, теплый склад; 3 – влажность 14%, холодный склад; 4 – влажность 20%, холодный склад

Fig. 1. Infestation of wheat seeds;

г - significance of the difference by Dunn's test ($p < 0.05$) compared to the corresponding variant; here and in Figs. 2–4: 1 – 14% moisture content, warm storage; 2 – 20% moisture content, warm storage; 3 – 14% moisture content, cold storage; 4 – 20% moisture content, cold storage

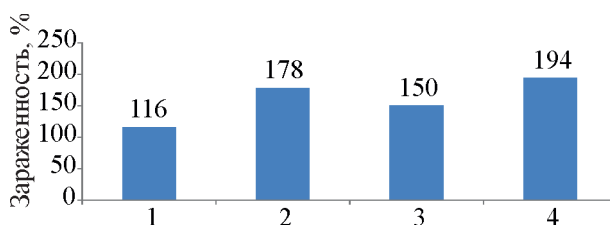


Рис. 2. Сумма зараженности пшеницы фитопатогенными грибами рода *Fusarium*, *Alternaria*, *Bipolaris*

Fig. 2. Sum of infestation of wheat by phytopathogenic fungi of *Fusarium*, *Alternaria*, *Bipolaris* genera

полученными нами результатами. При более высокой влажности (20%) уровень зараженности семян пшеницы представителями родов *Alternaria*, *Fusarium*, *Bipolaris* был выше, чем при влажности 14%.

Для выяснения влияния режимов хранения семян на развитие болезней пшеницы проведен микрополевой опыт. Изучаемые семена были высеяны в поле. В фазу полного кущения растения проанализированы на интенсивность развития и распространенности корневой гнили на различных подземных органах яровой пшеницы (см. рис. 3, 4).

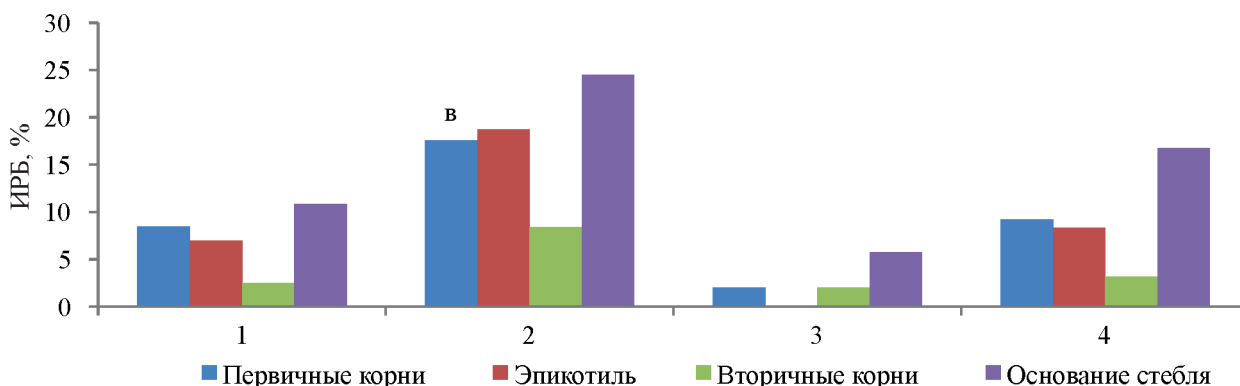


Рис. 3. Индексы развития корневой гнили пшеницы:

в – значимость различия по тесту Данна ($p < 0,1$) по сравнению с соответствующим вариантом

Fig. 3. Indices of wheat root rot development;

в – significance of Dunn's test difference ($p < 0.1$) compared to the corresponding variant

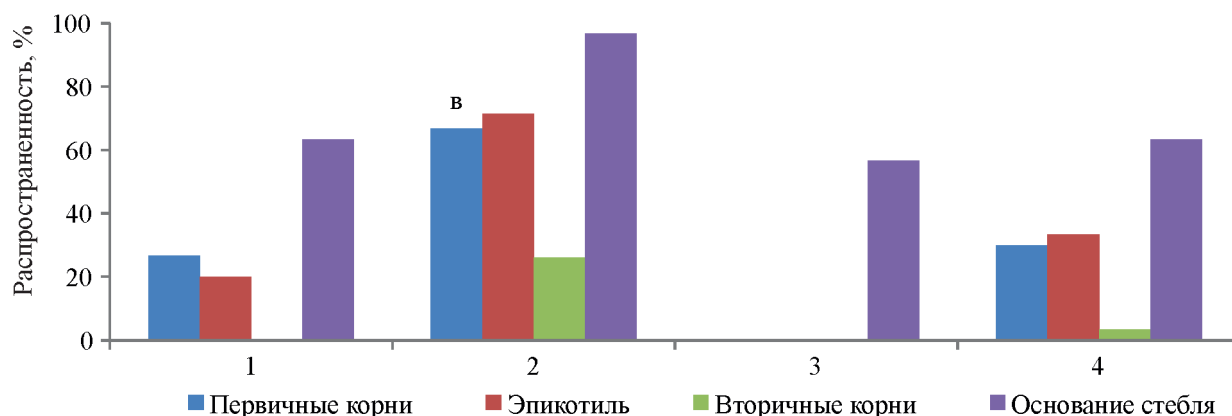


Рис. 4. Распространенность корневой гнили пшеницы;

в – значимость различия по тесту Данна ($p < 0,1$) по сравнению с соответствующим вариантом

Fig. 4. Prevalence of wheat root rot;

в - significance of Dunn's test difference ($p < 0,1$) compared to the corresponding variant

Выявлено, что развитие болезни было наибольшим при посеве семян пшеницы, хранящихся при повышенной влажности (20%), по сравнению с вариантами, где посев произведен семенами, хранящимися при стандартной влажности (14%). Уровень развития корневой гнили в целом был невысоким, лишь в варианте с влажностью 20% при теплом хранении он превышал порог вредности (ПВ 15%). В среднем по растению он составил 17,3%, что в 2,4 раза выше по сравнению с вариантом с влажностью 14% при теплом хранении. Следовательно, фактор влажности способствует более значительному развитию возбудителей болезни. Это подтверждает и тот факт, что при такой же влажности (20%) и холодном хранении индекс развития болезни был выше соответственно в 3,8 раза по сравнению с вариантами с аналогичным температурным режимом хранения, но при стандартной влажности (14%).

При теплом режиме хранения семян при нормальной влажности (14%) выявлен наиболее высокий индекс развития болезней – в 2,9 раза выше по сравнению с холодным режимом хранения, но с аналогичной влажностью. Это свидетельствует о том, что теплый режим хранения более благоприятен для развития возбудителей болезней, в частности корневой гнили.

Аналогичные данные получены и при определении распространенности корневой

гнили. Наибольший показатель распространенности болезни отмечен у растений, высеянных семенами, хранящимися при влажности 20% в теплом складе, что в 1,5 раза выше по сравнению с растениями из семян, хранившихся при стандартной влажности (14%). При холодном хранении семян распространенность корневой гнили при высокой влажности (20%) составила 63% – на 7% выше, чем при стандартной влажности (14%). Основное заражение отмечено у основания стебля. При хранении семян в холодном складе при стандартной влажности (14%) остальные органы растений были слабо поражены корневой гнилью.

Полученные данные свидетельствуют, что при повышенной влажности (20%) как в теплом, так и в холодном складе распространенность корневой гнили выше, чем при стандартной влажности. Следует отметить, что при теплом режиме хранения семян при влажности 20% органотропная специализация характеризуется приуроченностью патогенов ко всем органам растения.

ВЫВОДЫ

1. Выявлена сниженная зараженность семенного материала зерновых культур всеми видами грибов в теплом и холодном складе при влажности 14%. Наибольшие значения общей зараженности отмечены при влажности 20% в теплом складе,

что свидетельствует о значимости фактора влажности и температуры хранения для развития микофлоры.

2. Показана зависимость поражаемости всходов пшеницы от условий хранения зерна. Наименьшие значения распространенности и развития корневой гнили пшеницы выявлены на всходах, полученных из семян, хранившихся при нормальной влажности (14%) в холодном складе. Таким образом, для поражаемости всходов одним из значимых факторов выступает температура хранения и влажность семенного материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ашмарина Л.Ф., Ермохина А.И., Галактионова Т.А. Структура комплекса микромицетов семян кормовых культур в условиях лесостепи Западной Сибири // Вестник НГАУ. 2018. № 3. С. 44–52.
2. Ашмарина Л.Ф., Агаркова З.В., Коняева Н.М., Горобей И.М., Давыдова Н.В. Фитосанитарная ситуация в агроценозах кормовых культур в лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2015. № 2. С. 47–50.
3. Ашмарина Л.Ф., Горобей И.М., Коняева Н.М., Агаркова З.В. Атлас болезней кормовых культур в Западной Сибири: монография. Новосибирск: СО РАСХН, 2010. 173 с.
4. Семенов А.Я., Потлайчук В.И. Болезни семян полевых культур: монография. Л.: Колос, 1982. 128 с.
5. Niaz I., Dawar S., Sitara U. Effect of different moisture and storage temperature on seed borne mycoflora of maize // Pakistan Journal of Botany. 2011. N 43. P. 2639–2643.
6. Wang L. Guo Y., He X. Effects of deterioration and mildewing on the quality of wheat seeds with different moisture contents during storage // RSC Advances. 2020. N 10. P. 14581–14594.
7. Mahjabin Bilal S., Abidi A.B. Physiological and biochemical changes during seed deterioration: A review // International Journal of Recent Scientific Research. 2015. N 6 (4). P. 3416–3422.
8. Robertson D.W., Lute A.M., Gardner R. Effect of relative humidity on viability, moisture content and respiration of wheat, oats and barley in storage // Journal of Agricultural Research. 2021. N 59. P. 281–291.
9. Suma A., Sreenivasan K., Singh A. Role of relative humidity in processing and storage

of seeds and assessment of variability in storage behavior in Brassica spp. and Eruca sativa Hindawi Publishing Corporation // The Scientific World Journal. 2013. P. 9–19. DOI: 10.1155/2013/504141.

10. Farag R.S. Effects of fungal infection and agrochemicals on the chemical composition of some seeds and aflatoxin production (a review) // Bulletin of Faculty of Agriculture, Cairo University. 1990. N 41 (1). P. 43–61.
11. Долженко В.И., Сухорученко Г.И., Лантмиев А.Б. Развитие химического метода защиты растений в России // Защита и карантин растений. 2021. № 4. С. 3–15.
12. Санин С.С., Карлова Л.В., Кащеев А.В., Корнева Л.Г. Экономические и агроэкологические аспекты химической защиты зерновых культур от вредных организмов // Защита и карантин растений. 2021. № 5. С. 3–13.
13. Хохряков М.К., Доброзракова Т.Л., Степанов К.М., Летова М.Ф. Определитель болезней растений: монография. СПб.: Лань, 2003. 592 с.

REFERENCES

1. Ashmarina L.F., Ermokhina A.I., Galaktionova T.A. Structure of micromycete complex of feed crops in the forest-steppe of Western Siberia. *Vestnik NGAU = Bulletin of NSAU*, 2018, no. 3, pp. 44–52. (In Russian).
2. Ashmarina L.F., Agarkova Z.V., Konyaeva N.M., Gorobei I.M., Davydova N.V. Phytosanitary situation in fodder crops agroecosystems in forest-steppe of Western Siberia. *Zemledelie = Zemledelie*, 2015, no. 2, pp. 47–50. (In Russian).
3. Ashmarina L.F., Gorobei I.M., Konyaeva N.M., Agarkova Z.V. *Atlas of forage crop diseases in Western Siberia*. Novosibirsk, SO RASKhN Publ., 2010, 173 p. (In Russian).
4. Semenov A.Ya., Potlaichuk V.I. *Field crop seed diseases*. Leningrad, Kolos Publ., 1982, 128 p. (In Russian).
5. Niaz I., Dawar S., Sitara U. Effect of different moisture and storage temperature on seed borne mycoflora of maize. *Pakistan Journal of Botany*, 2011, no. 43, pp. 2639–2643.
6. Wang L. Guo Y., He X. Effects of deterioration and mildewing on the quality of wheat seeds with different moisture contents during storage. *RSC Advances*, 2020, no. 10, pp. 14581–14594.
7. Mahjabin Bilal S., Abidi A.B. Physiological and biochemical changes during seed deterioration

- tion: A review. *International Journal of Recent Scientific Research*, 2015, no. 6 (4), pp. 3416–3422.
8. Robertson D.W., Lute A.M., Gardner R. Effect of relative humidity on viability, moisture content and respiration of wheat, oats and barley in storage. *Journal of Agricultural Research*, 2021, no. 59, pp. 281–291.
 9. Suma A., Sreenivasan K., Singh A. Role of relative humidity in processing and storage of seeds and assessment of variability in storage behavior in Brassica spp. and Eruca sativa Hindawi Publishing Corporation. *The Scientific World Journal*, 2013, pp. 9–19. DOI: 10.1155/2013/504141.
 10. Farag R.S. Effects of fungal infection and agrochemicals on the chemical composition of some seeds and aflatoxin production (a review). *Bulletin of Faculty of Agriculture, Cairo University*, 1990, no 41 (1), pp. 43–61.
 11. Dolzhenko V.I., Sukhoruchenko G.I., Lapatiev A.B. Development of chemical method of plant protection in Russia. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2021, no. 4, pp. 3–15. (In Russian).
 12. Sanin S.S., Karlova L.V., Kashcheev A.V.? Korneva L.G. Economic and agro-ecological aspects of chemical control of cereals from pests. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2021, no.5, pp. 3–13. (In Russian).
 13. Khokhryakov M.K., Dobrozrakova T.L., Stepanov K.M., Letova M.F. *Key to Plant Diseases*. St. Petersburg, Lan' Publ., 2003, 592 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сурначева В.В., младший научный сотрудник

Казанцев М.П., лаборант-исследователь

Коробейников А.С., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

✉ **Ашмарина Л.Ф.**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник;
адрес для переписки: Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463;
e-mail: alf8@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

Victoriya V. Surnacheva, Junior Researcher

Mikhail P. Kazancev, Research Laboratory Assistant

Alexandr S. Korobejnikov, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

✉ **Ludmila F. Ashmarina**, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia; e-mail: alf8@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 28.07.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 30.09.2022
Дата публикации / Published 25.11.2022