# АГРОНОМИЯ

**УДК 632.4** **DOI: 10.36718/1819-4036-2021-8-3-10**

**Виктория Викторовна Келер**
Красноярский государственный аграрный университет, доцент кафедры растениеводства, селекции и семеноводства, директор Института агроэкологических технологий, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Красноярск, Россия
E-mail: vica_kel@mail.ru
**Софья Владимировна Овсянкина**
Красноярский государственный аграрный университет, заведующая лабораторией сельскохозяйственной и экологической биотехнологии, кандидат биологических наук, Красноярск, Россия
E-mail: sofi-kras@mail.ru
**Денис Михайлович Щеклеин**
Красноярский государственный аграрный университет, студент 1-го курса, Красноярск, Россия
E-mail: densheklein2002@yandex.ru
**Элеонора Дмитриевна Машковская**
Красноярский государственный аграрный университет, студент 1-го курса, Красноярск, Россия
E-mail: eeshkevich@mail.ru
**Сергей Витальевич Хижняк**
Красноярский государственный аграрный университет, профессор кафедры экологии и природопользования, доктор биологических наук, профессор, Красноярск, Россия
E-mail: skhizhnyak@yandex.ru

## СОРТОВАЯ СПЕЦИФИКА ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПШЕНИЦЫ К СЕМЕННОЙ ИНФЕКЦИИ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

*Цель работы – изучить восприимчивость сортов яровой пшеницы сибирской селекции (Алтайская 70, Алтайская 75, Красноярская 12, Курагинская 2, Новосибирская 15, Новосибирская 18, Новосибирская 29, Новосибирская 31, Новосибирская 41, Свирель) к комплексу фитопатогенных грибов, вызывающих инфекцию семян в Красноярском крае. Исследуемые сорта выращивали на зерновом (пшеница) предшественнике без применения пестицидов и удобрений в Сухобузимском и Минусинском районах. Статистически значимых различий в распространенности инфекции между районами не обнаружено. Средняя распространенность семенной инфекции составила 47,0 % (48,7 % в Сухобузимском районе и 45,3 % в Минусинском районе). Выявлены статистически значимые ($p<0,001$) различия между сортами по распространенности семенной инфекции. Минимальная распространенность обнаружена у сорта Курагинская 2 (29 % в среднем по двум районам), максимальная распространенность – у сорта Алтайская 75 (66 % в среднем по двум районам). Семенная инфекция была представлена фитопатогенными грибами Fusarium spp., Bipolaris sorokiniana и Alternaria spp. (соответственно 41,8; 24,6 и 33,6 % патогенного комплекса). Статистически значимых различий в распространенности Fusarium spp. между районами не обнаружено. В отличие от Fusarium spp. преобладание Bipolaris sorokiniana и Alternaria spp. статистически значимо ($p<0,001$) зависело от района. Средняя распространенность Bipolaris sorokiniana в Минусинском*

© Келер В.В., Овсянкина С.В., Шеклеин Д.М., Машковская Э.Д., Хижняк С.В., 2021
Вестник КрасГАУ. 2021. № 8. С. 3–10.

*районе составила 16,2 против 7,0 % в Сухобузимском районе, тогда как средняя распространенность Alternaria spp. в Минусинском районе – 10,4 против 21,3 % в Сухобузимском районе. Кроме района возделывания, таксономический состав патогенного комплекса статистически значимо (p<0,001) зависел от сорта. Происхождение сорта оказало статистически значимое (p<0,001) влияние и на распространенность, и на таксономический состав возбудителей инфекции семян.*

***Ключевые слова:*** *яровая пшеница, Красноярский край, инфекция семян, Fusarium, Bipolaris, Alternaria.*

**Victoria V. Keler**
Krasnoyarsk State Agrarian University, associate professor at Department of Plant Growing, Selection and Seed Production, director of the Institute of Agro-ecological Technologies, candidate of agricultural sciences, associate professor, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: vica_kel@mail.ru
**Sofia V. Ovsyankina**
Krasnoyarsk State Agrarian University, head of the Laboratory of Agricultural and Environmental Biotechnology, Candidate of Biological Sciences, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: sofi-kras@mail.ru
**Denis M. Shcheklein**
Krasnoyarsk State Agrarian University, 1st year student, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: densheklein2002@yandex.ru
**Eleonora D. Mashkovskaya**
Krasnoyarsk State Agrarian University, 1st year student, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: eeshkevich@mail.ru
**Sergei V. Khizhnyak**
Krasnoyarsk State Agrarian University, professor at the Department of Ecology and Nature Management, doctor of biological sciences, professor, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: skhizhnyak@yandex.ru

## VARIETAL SPECIFICITY OF WHEAT SUSCEPTIBILITY TO SEED INFECTION IN KRASNOYARSK REGION

*The aim of the work is to study the susceptibility of Siberian spring wheat varieties (Altayskaya 70, Altayskaya 75, Krasnoyarskaya 12, Kuraginskaya 2, Novosibirskaya 15, Novosibirskaya 18, Novosibirskaya 29, Novosibirskaya 31, Novosibirskaya 41, Svirel) to a complex of phytopathogenic fungi that cause seed infection in the Krasnoyarsk Region. The studied varieties were grown on a grain (wheat) predecessor without the use of pesticides and fertilizers in the Sukhobuzimsky and Minusinsky Districts. There were no statistically significant differences in the prevalence of infection between regions. The average prevalence of seed infection was 47.0 % (48.7 % in the Sukhobuzimsky District and 45.3 % in the Minusinsky District). Statistically significant (p<0.001) differences between cultivars in the prevalence of seed infection were revealed. The minimum prevalence was found in the Kuraginskaya 2 variety (29 % on average in two districts), the maximum prevalence in the Altayskaya 75 variety (66 % in the two districts on average). Seed infection was represented by phytopathogenic fungi Fusarium spp., Bipolaris sorokiniana and Alternaria spp. (respectively 41.8; 24.6 and 33.6 % of the pathogenic complex). No statistically significant differences in the prevalence of Fusarium spp. between the districts were found. In contrast with Fusarium spp., the prevalence of Bipolaris sorokiniana and Alternaria spp. statistically significantly (p<0.001) depended on the district. Average prevalence of Bipolaris sorokiniana in the Minusinsky District was 16.2 % vs 7.0 % in the Sukhobuzimsky District whereas average prevalence of Alternaria spp. in the Minusinsky District was 10.4 % vs 21.3% in the Sukhobuzimsky District. Besides of the district, taxonomic composition of the pathogenic complex statistically significantly (p<0.001) depended on the variety. The origin of the variety had a statistically significant (p<0.001) effect both on the prevalence and on the taxonomic composition of seed infection.*

***Keywords****: spring wheat, Krasnoyarsk Region, seed-borne fungi, Fusarium, Bipolaris, Alternaria.*

**Введение.** При возделывании пшеницы одной из ключевых проблем является происходящее в процессе вегетации заражение семенного материала фитопатогенными грибами. В Красноярском крае среди возбудителей семенной инфекции пшеницы наиболее распространены грибы р.р. *Fusarium*, *Bipolaris* и *Alternaria* [1, 2]. При заражении данными грибами происходит значительное снижение посевных качеств семян, а в случае заражения зерна представителями р.р. *Fusarium* и *Alternaria* – снижение и потребительских свойств урожая из-за накопления в зерне целого комплекса опасных для человека и животных микотоксинов, представляющих угрозу для животных и человека [3–7].

Одним из ключевых компонентов интегрированной защиты растений от болезней является возделывание сортов, обладающих пониженной восприимчивостью к возбудителям заболеваний [8, 9]. Однако данные о восприимчивости современных сортов сибирской селекции к возбудителям семенной инфекции на территории Красноярского края носят крайне ограниченный и фрагментарный характер [10].

**Цель исследования.** Изучение восприимчивости сортов мягкой яровой пшеницы *Triticum aestivum* L., допущенных к возделыванию на территории Красноярского края, к актуальным для региона возбудителям семенной инфекции.

**Задачи исследования:** изучение распространенности и таксономического состава возбудителей семенной инфекции в разных зонах Красноярского края; изучение сортовой специфики применительно к распространенности семенной инфекции, составу возбудителей.

**Объекты и методы исследования.** Объектом исследования служило зерно 9 сортов пшеницы: Красноярская 12, Курагинская 2, Свирель (селекция ФГБНУ «Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» (КрасНИИСХ ФИЦ КНЦ СО РАН), г. Красноярск, Красноярский край); Новосибирская 15, Новосибирская 18, Новосибирская 29, Новосибирская 31, Новосибирская 41 (селекция ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ ИЦиГ СО РАН), г. Новосибирск, Новосибирская область); Алтайская 70, Алтайская 75 (селекция ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий» (ФАНЦА), г. Барнаул, Алтайский край), полученное на ГСУ п. Большая Ничка (Минусинский район, Минусинская лесостепь) и в учебном хозяйстве «Миндерлинское» п. Борск (Сухобузимский район, Красноярско-Канская лесостепь) в 2019 г. Для увеличения инфекционной нагрузки все сорта возделывались на зерновом предшественнике. Зараженность семян, отобранных во время хранения, определяли в 2021 г. методом рулонной культуры согласно ГОСТ 12044-93 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями», по 100 семян в каждом образце. Идентификацию возбудителей проводили по конидиальному спороношению методом светопольной микроскопии. Сравнение образцов по распространенности инфекции проводили с помощью точного F-теста для таблиц 2×2 либо (в случае множественного сравнения) критерия $\chi 2$.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Средняя распространенность семенной инфекции составила 47,0 % (48,7 % в Сухобузимском районе и 45,3 % в Минусинском районе). Статистически значимых различий в распространенности инфекции семян между районами не обнаружено, однако выявлены в высшей степени значимые ($p<0,001$) различия по данному показателю между сортами. Минимальная распространенность в среднем по двум районам отмечена у сорта Курагинская 2 (29 %), максимальная – у сорта Алтайская 75 (66 %) (рис. 1).

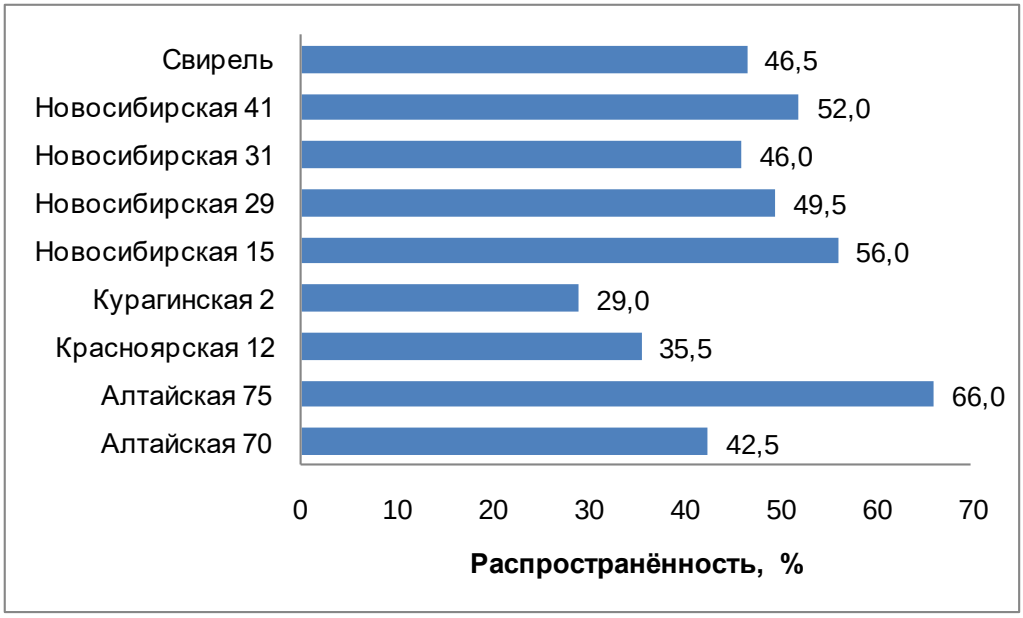


*Рис. 1. Распространенность инфекции семян исследуемых сортов (усредненные данные по районам)*

Возбудители семенной инфекции представлены *Fusarium* spp., *Bipolaris sorokiniana* и *Alternaria* spp., на долю которых приходится соответственно 41,8; 24,6 и 33,6 % от общего числа выделенных из семян грибных изолятов. Однако состав патогенного комплекса зависит от района возделывания. В то время как средняя распространенность *Fusarium spp.* в разных районах статистически значимо не различалась (19,0 % в Минусинском районе и 20,6 % в Сухобузимском районе), распространенность *B. sorokiniana* и *Alternaria* spp. статистически значимо ($p<0,001$) зависела от района возделывания. Так, средняя распространенность *B. sorokiniana* в Минусинском районе составила 16,2 против 7,0 % в Сухобузимском районе, а средняя распространенность *Alternaria* spp. в Минусинском районе – 10,4 против 21,3 % в Сухобузимском районе, что существенно сказалось на структуре патогенного комплекса (рис. 2).

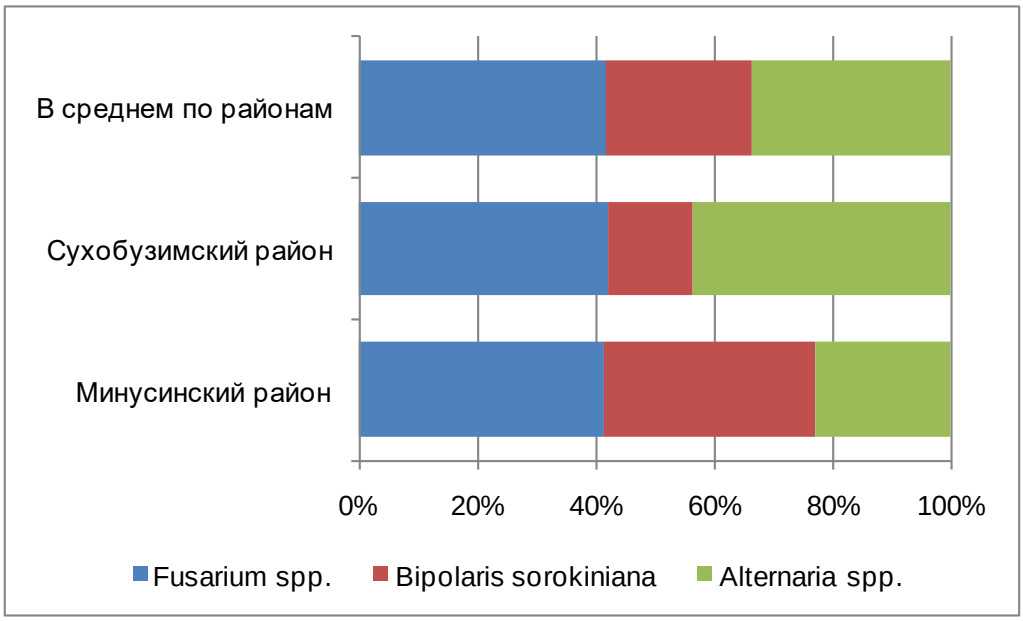


*Рис. 2. Состав семенной инфекции в зависимости от района (усредненные данные по сортам, в % от общего числа выделенных изолятов)*

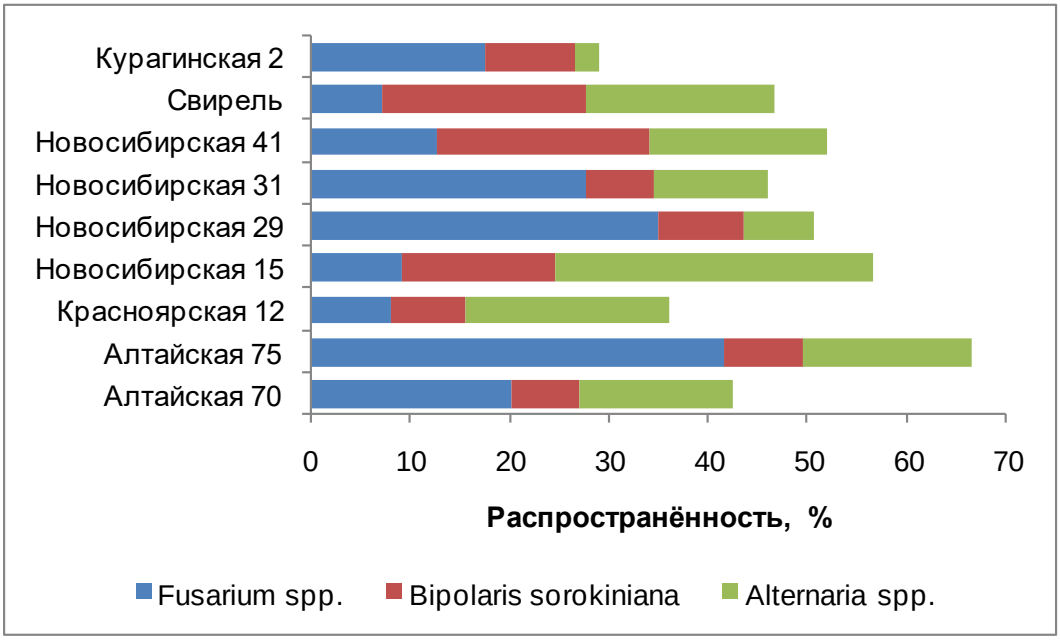


*Рис. 3. Распространенность возбудителей семенной инфекции у разных сортов (усредненные данные по районам)*

Выявлена в высшей степени значимая ($p<0,001$) сортовая специфика в распространенности возбудителей *Fusarium* spp., *B. sorokiniana* и *Alternaria* spp. (рис. 3). Это привело к существенным различиям в составе патогенного комплекса у разных сортов. Так, например, у сортов Алтайская 75, Новосибирская 29, Новосибирская 31 и Курагинская 2 в патокомплексе существенно преобладают грибы р. *Fusarium*, в то время как у сортов Новосибирская 15 и Красноярская 12 наблюдается преобладание *Alternaria* spp., а у сортов Новосибирская 41 и Свирель – преобладание *B. sorokiniana*.

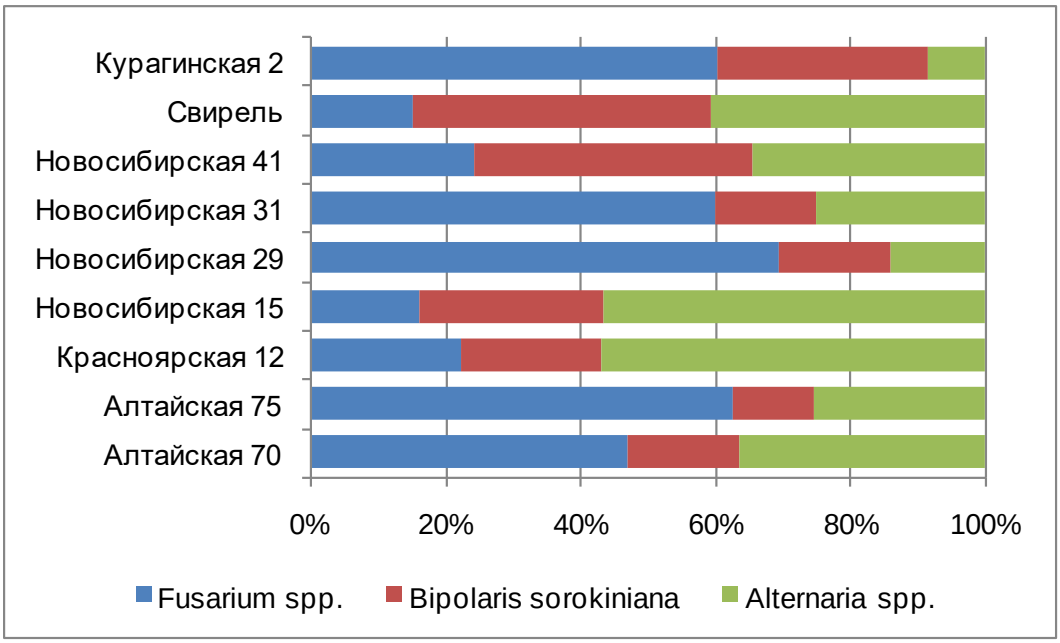


*Рис. 4. Состав патогенного комплекса семян у разных сортов пшеницы (усредненные данные по районам)*

Географическое происхождение сорта оказало в высшей степени значимое (p<0,001) влияние как на распространенность семенной инфекции, так и на таксономический состав возбудителей. У сортов селекции КрасНИИСХ (Красноярский край) средняя распространенность семенной инфекции составила 37,0 против 50, 9% у сортов селекции ИЦиГ СО РАН (Новосибирская область) и 54,3 % у сортов ФАНЦА (Алтайский край). Это обусловлено пониженной распространенностью грибов р. *Fusarium* у сортов красноярской селекции (рис. 5, 6).

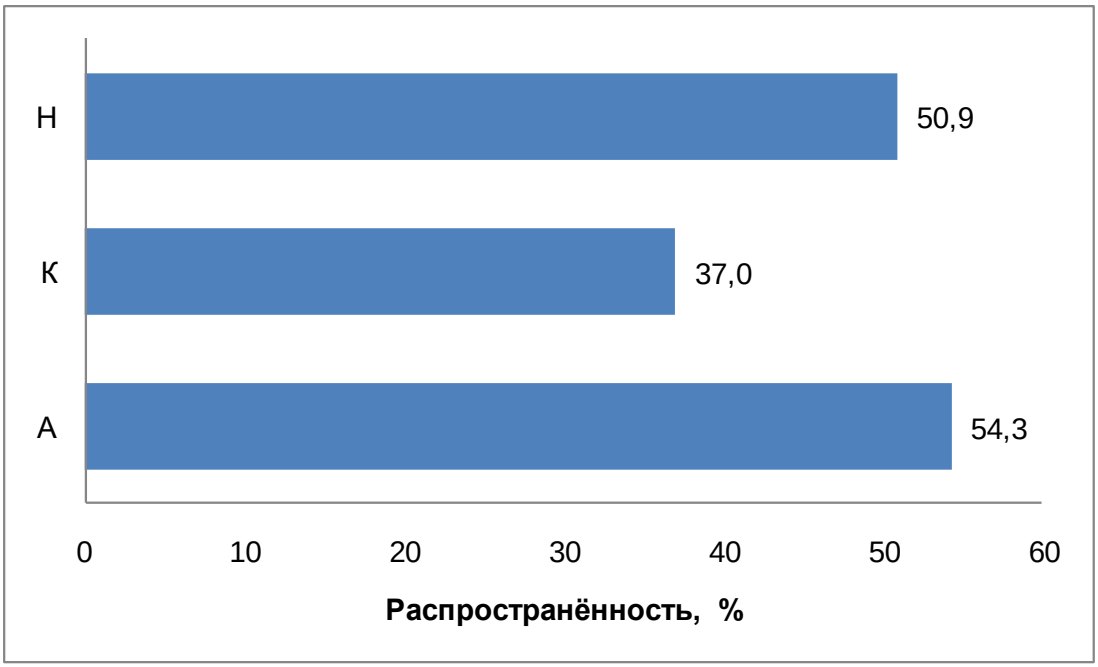


*Рис. 5. Распространенность инфекции семян у сортов селекции ФИЦ ИЦиГ СО РАН (Н), КрасНИИСХ ФИЦ КНЦ СО РАН (К) и ФАНЦА (А) в среднем по сортам и районам*

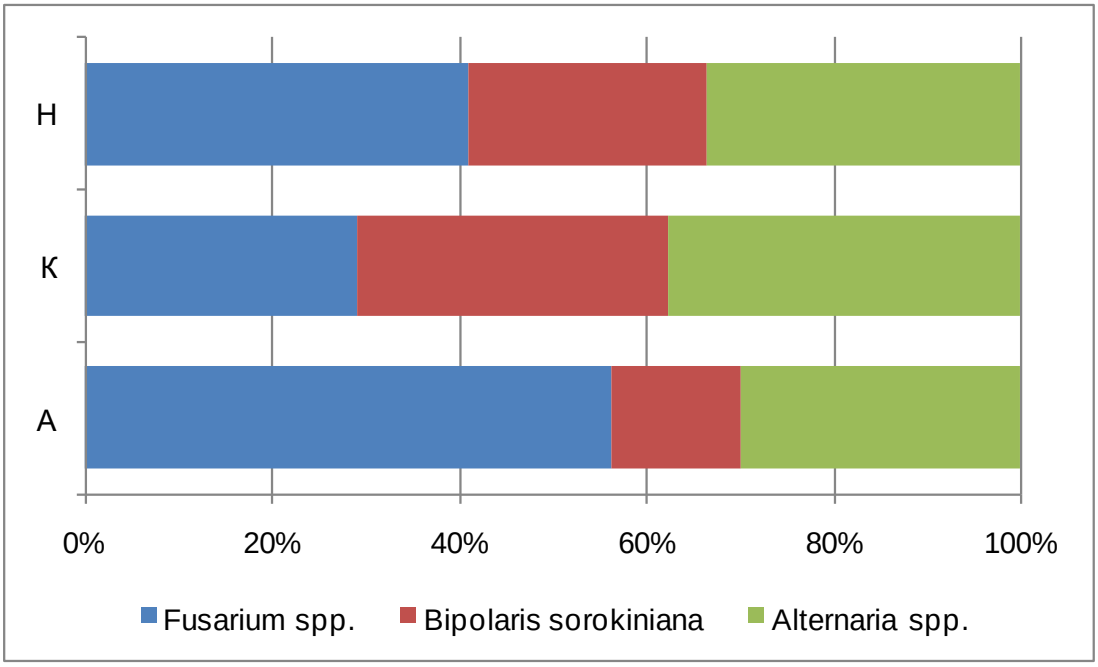


*Рис. 6. Состав патогенного комплекса семян у сортов селекции ФИЦ ИЦиГ СО РАН (Н), КрасНИИСХ ФИЦ КНЦ СО РАН (К) и ФАНЦА (А) в среднем по сортам и районам*

Так, если средняя распространенность *Fusarium* spp. в семенах у сортов новосибирской и алтайской селекции составила 21,0 и 30,8 %, то у сортов красноярской селекции этот показатель был равен 10,8 %. В то же время для сортов алтайской селекции была характерна статистически значимая ($p<0,001$) пониженная распространенность *B. sorokiniana* (7,5 против 12,3 % у сортов красноярской селекции и 13,1 % у сортов новосибирской селекции). Статистически значимых различий между распространенностью *Alternaria* spp. в семенах сортов красноярской, новосибирской и алтайской селекции не выявлено.

**Заключение.** Проведенные исследования подтвердили, что семенная инфекция мягкой яровой пшеницы в Красноярском крае представлена грибами *Fusarium* spp., *B. sorokiniana* и *Alternaria* spp. с преобладанием *Fusarium* spp. Структура патогенного комплекса статистически значимо зависит от района возделывания пшеницы. В Красноярско-Канской лесостепи отмечена повышенная распространенность *Alternaria* spp. и пониженная распространенность *B. Sorokiniana* в сравнении с Минусинской лесостепью. Между сортами пшеницы, допущенными к возделыванию в регионе, выявлены в высшей степени значимые различия как по распространенности, так и по таксономическому составу семенной инфекции. Наименее восприимчивыми к семенной инфекции, обусловленной *Fusarium* spp., оказались сорта красноярской селекции. Минимальная распространенность семенной инфекции в среднем по районам отмечена у сортов Курагинская 2 и Красноярская 12, максимальная – у сорта Алтайская 75. При проведении селекции на выносливость к фузариозу семян в качестве доноров резистентности можно рекомендовать сорта Свирель, Красноярская 12 и Новосибирская 15.

## Литература


1. *Хижняк С.В., Мучкина Е.Я., Машанов А.И.* Состав микроскопических грибов, влияющих на качество и экологическую безопасность зерна пшеницы в ОПХ «Курагинское» Красноярского края // Вестник КрасГАУ. 2012. № 1. С. 106–109.
2. *Хижняк С.В., Мучкина Е.Я.* Сортовая специфика восприимчивости яровой пшеницы к токсикогенным грибам, влияющим на качество и экологическую безопасность зерна // Вестник КрасГАУ. 2014. № 10. С. 88–92.
3. *Ганнибал Ф.Б.* Токсигенность и патогенность грибов рода Alternaria для злаков // История и современность / под ред. *А.П. Дмитриева*. СПб., 2007. С. 82–93.
4. *Antonissen G., Martel A., Pasmans F., Ducatelle R., Verbrugghe E., Vandenbroucke V., Li S., Haesebrouck F., Van Immerseel F.* and *Croubels S.* The impact of Fusarium mycotoxins on human and animal host susceptibility to infectious diseases // Toxins. 2014. № 6. P. 430–452.
5. *Lee H., Patriarca A.* and *Magan N.* Alternaria in Food: Ecophysiology, Mycotoxin Production and Toxicology // Mycobiology. 2015. № 43. P. 93–106.
6. *Bottalico A.* Fusarium diseases of cereals: species complex and related mycotoxin profiles // Europe Journal of Plant Pathology. 1998. № 80. P. 85–103.
7. *Ji F., He D., Olaniran A., Mokoena M., Jianhong X.* and *Jianrong Sh.* Occurrence, toxicity, production and detection of Fusarium mycotoxin: a review // Food Prod Process and Nutr. 2019. №1. DOI:10.1186/s43014-019-0007-2.
8. *Keler V.V., Khizhnyak S.V., Eskova E.N.* Effects of crop rotation, pesticides and fertilizers on wheat seed contamination with seed-borne fusarium pathogens // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 72005.
9. *Kukushkina K.V., Keler V.V., Eskova E.N., Muchkina E.Ya., Khizhnyak S.V.* Thiabendazole vs difenoconazole in chemical control of seed-borne toxigenic fungi affecting wheat quality // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 82096.
10. *Кукушкина К.В., Овсянкина С.В., Келер В.В.* и др. Сравнительная эффективность фун-

гицидов разного химического состава в отношении грибов-возбудителей зерновой инфекции пшеницы // Научно-практические аспекты развития АПК: мат-лы нац. науч. конф. Красноярск, 2020. С. 142–143.

**References**

1. *Hizhnyak S.V., Muchkina E.Ya., Mashanov A.I.* Sostav mikroskopicheskih gribov, vliyayuschih na kachestvo i `ekologicheskuyu bezopasnost' zerna pshenicy v OPH «Kuraginskoe» Krasnoyarskogo kraya // Vestnik KrasGAU. 2012. № 1. S. 106–109.
2. *Hizhnyak S.V., Muchkina E.Ya.* Sortovaya specifika vospriimchivosti yarovoj pshenicy k toksikogennym gribam, vliyayuschim na kachestvo i `ekologicheskuyu bezopasnost' zerna // Vestnik KrasGAU. 2014. № 10. S. 88–92.
3. *Gannibal F.B.* Toksigennost' i patogennost' gribov roda Alternaria dlya zlakov // Istoriya i sovremennost' / pod red. *A.P. Dmitrieva*. SPb., 2007. S. 82–93.
4. *Antonissen G., Martel A., Pasmans F., Ducatelle R., Verbrugghe E., Vandenbroucke V., Li S., Haesebrouck F., Van Immerseel F.* and *Croubels S.* The impact of Fusarium mycotoxins on human and animal host susceptibility to infectious diseases // Toxins. 2014. № 6. P. 430–452.
5. *Lee H., Patriarca A.* and *Magan N.* Alternaria in Food: Ecophysiology, Mycotoxin Production and Toxicology // Mycobiology. 2015. № 43. P. 93–106.
6. *Bottalico A.* Fusarium diseases of cereals: species complex and related mycotoxin profiles // Europe Journal of Plant Pathology. 1998. № 80. P. 85–103.
7. *Ji F., He D., Olaniran A., Mokoena M., Jianhong X.* and *Jianrong Sh.* Occurrence, toxicity, production and detection of Fusarium mycotoxin: a review // Food Prod Process and Nutr. 2019. № 1. DOI: 10.1186/s43014-019-0007-2.
8. *Keler V.V., Khizhnyak S.V., Eskova E.N.* Effects of crop rotation, pesticides and fertilizers on wheat seed contamination with seed-borne fusarium pathogens // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. S. 72005.
9. *Kukushkina K.V., Keler V.V., Eskova E.N., Muchkina E.Ya., Khizhnyak S.V.* Thiabendazole vs difenoconazole in chemical control of seed-borne toxigenic fungi affecting wheat quality // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. S. 82096.
10. *Kukushkina K.V., Ovsyankina S.V., Keler V.V.* i dr. Sravnitel'naya `effektivnost' fungicidov raznogo himicheskogo sostava v otnoshenii gribov-vozbuditelej zernovoj infekcii pshenicy // Nauchno-prakticheskie aspekty razvitiya APK: mat-ly nac. nauch. konf. Krasnoyarsk, 2020. S. 142–143.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства сельского хозяйства Российской Федерации в рамках выполнения темы «Разработка комплексного биопрепарата для защиты пшеницы от фузариоза и улучшения обеспеченности пшеницы азотом в условиях Сибири».*