

Научная статья

УДК 632.93

DOI: 10.36718/1819-4036-2022-4-44-52

Виктория Викторовна Келер^{1✉}, Сергей Витальевич Хижняк²,
Софья Владимировна Овсянкина³, Денис Михайлович Щеклеин⁴,
Элеонора Дмитриевна Машковская⁵

^{1,2,3,4,5}Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹vica_kel@mail.ru

²skhizhnyak@yandex.ru

³sofi-kras@mail.ru

⁴densheklein2002@yandex.ru

⁵eeshkevich@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ, УДОБРЕНИЯ И ПЕСТИЦИДОВ НА РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ И ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЕМЕННОЙ ИНФЕКЦИИ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА АЛТАЙСКАЯ 75

Цель работы – изучить влияние севооборота, удобрений и пестицидов на распространённость и таксономический состав семенных фитопатогенных грибов у сорта мягкой яровой пшеницы Алтайская 75 (*Triticum aestivum* L.) в Сухобузимском и Минусинском районах Красноярского края. В отличие от общей распространённости таксономический состав возбудителей семенной инфекции статистически значимо ($p < 0,001$) различался между районами. В Сухобузимском районе большую часть патогенного комплекса представляли *Fusarium* spp. (50,4 %), тогда как *B. sorokiniana* и *Alternaria* spp. заняли 19,8 и 29,7 % патоконкомплекса. В отличие от Сухобузимского района в Минусинском районе доли *Fusarium* spp., *B. sorokiniana* и *Alternaria* spp. составили 36,3, 46,9 и 16,8 % соответственно. Использование пара в качестве предшественника не повлияло на общую распространённость инфекции семян, но статистически значимо снизило долю *Fusarium* spp. в комплексе возбудителей семенной инфекции в 1,6 раза (с 53,5 до 33,8 %) по сравнению с вариантами, где предшественником служила пшеница. Пестициды статистически значимо снизили распространённость инфекции семян ($p < 0,001$) в случае пшеницы в качестве предшественника на 32,5 процентных пункта, в то время как в случае пара в качестве предшественника снижение распространённости составило всего 4,75 процентных пункта. Действие азотных удобрений сильно зависело от предшественника и таксономии грибов. В случае *Bipolaris sorokiniana* удобрение увеличило распространённость гриба как на фоне пара, так и на фоне пшеницы в качестве предшественников. В случае *Fusarium* spp. удобрение уменьшало распространённость при использовании с пшеницей в качестве предшественника и не имело эффекта при использовании с паром в качестве предшественника.

Ключевые слова: пшеница, грибная инфекция семян, севооборот, удобрение, пестициды, *Fusarium*, *Bipolaris*, *Alternaria*

Для цитирования: Влияние предшественников, удобрения и пестицидов на распространённость и таксономический состав семенной инфекции мягкой яровой пшеницы сорта Алтайская 75 / В.В. Келер [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2022. № 4. С. 44–52. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-4-44-52.

Благодарности: 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».

Victoria Viktorovna Keler^{1✉}, Sergey Vitalievich Khizhnyak², Sofia Vladimirovna Ovsyankina³, Denis Mikhailovich Shcheklein⁴, Eleonora Dmitrievna Mashkovskaya⁵

^{1,2,3,4,5}Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹vica_kel@mail.ru

²skhizhnyak@yandex.ru

³sofi-kras@mail.ru

⁴densheklein2002@yandex.ru

⁵eeshkevich@mail.ru

PRECURSORS, FERTILIZERS AND PESTICIDES EFFECT ON THE PREVALENCE AND TAXONOMICAL COMPOSITION OF SOFT SPRING WHEAT VARIETY ALTAISKAYA 75 SEED INFECTION

The aim of the paper is to study the effect of crop rotation, fertilizers and pesticides on the prevalence and taxonomic composition of seed phytopathogenic fungi in the soft spring wheat variety Altaiskaya 75 (*Triticum aestivum* L.) in the Sukhobuzimo and Minusinsk Districts of the Krasnoyarsk Region. In contrast to the general prevalence, the taxonomic composition of the causative agents of the seed infection differed statistically significantly ($p < 0.001$) between the districts. In the Sukhobuzimo District, most of the pathogenic complex was represented by *Fusarium* spp. (50.4 %), while *B. sorokiniana* and *Alternaria* spp. occupied 19.8 and 29.7 % of the pathocomplex. In contrast to the Sukhobuzimo District, in the Minusinsk District, the proportions of *Fusarium* spp., *B. sorokiniana*, and *Alternaria* spp. amounted to 36.3, 46.9 and 16.8 %, respectively. The use of fallow as a precursor did not affect the overall prevalence of seed infection, but statistically significantly reduced the proportion of *Fusarium* spp. in the complex of causative agents of seed infection by 1.6 times (from 53.5 to 33.8 %) compared with the variants where wheat served as a precursor. Pesticides significantly reduced the prevalence of seed infection ($p < 0.001$) with wheat as the precursor by 32.5 percentage points, while with fallow as the precursor, the reduction in prevalence was only 4.75 percentage points. The action of nitrogen fertilizers strongly depended on the precursor and taxonomy of fungi. In the case of *Bipolaris sorokiniana*, the fertilizer increased the prevalence of the fungus in both fallow and wheat backgrounds as precursors. In the case of *Fusarium* spp. the fertilizer reduced prevalence when used with wheat as a precursor and had no effect when used with fallow as a precursor.

Keywords: wheat, fungal seed infection, crop rotation, fertilizer, pesticides, *Fusarium*, *Bipolaris*, *Alternaria*

For citation: Precursors, fertilizers and pesticides effect on the prevalence and taxonomical composition of soft spring wheat variety Altaiskaya 75 seed infection / V.V. Keler [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2022;(4): 44–52. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-4-44-52.

Acknowledgments: the work has been carried out with the financial support of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation within the framework of the topic "Development of a complex biological product to protect wheat from *Fusarium* and improve the supply of wheat with nitrogen in Siberia".

Введение. Среди возбудителей семенной инфекции пшеницы в Красноярском крае наибольшую угрозу представляют грибы р.р. *Fusarium*, *Bipolaris* и *Alternaria* [1], хотя в плане восприимчивости к представителям р.р. *Fusarium* и *Alternaria* отмечается определенная сортовая специфика [2]. Фитопатогенные грибы р.р. *Fusarium*, *Bipolaris* и *Alternaria* не только снижают посевные качества зерна, но и (в случае заражения зерна представителями р.р. *Fusarium* и *Alternaria*) ухудшают потребительские качества урожая из-за накопления опасных для человека

и сельскохозяйственных животных микотоксинов. Такие токсины *Alternaria* spp., как тенуазоновая кислота, альтернариол и монометиловый эфир альтернариола, могут быть тератогенны, токсичны для эмбрионов, а также вызывать гематологические заболевания [3]. При этом общее число потенциально токсичных метаболитов грибов р. *Alternaria* насчитывает порядка 30 соединений [4]. Поражающие злаки представители р. *Fusarium* продуцируют такие микотоксины, как токсин Т-2, диацетоксисцирпенол, дезоксиниваленол, фузаренон Х, ниваленол, зеа-

раленон, фузониин В1 и ряд других [5]. Даже в небольших количествах токсины грибов р. *Fusarium* способны повышать восприимчивость сельскохозяйственных животных и человека к целому ряду инфекционных и паразитарных заболеваний [6]. В более высоких концентрациях эти токсины могут вызывать острые и хронические микотоксикозы, связанные с их нейротоксическим, цитотоксическим, тератогенным, иммуносупрессивным действием, а также с негативным воздействием на кроветворную, репродуктивную и ряд других систем [7].

Наиболее распространенным способом борьбы с фитопатогенными грибами р.р. *Fusarium*, *Bipolaris* и *Alternaria* является предпосевное протравливание зерна фунгицидами [8]. Однако в последние десятилетия наблюдается повсеместное распространение резистентных к фунгицидам штаммов фитопатогенных грибов [9]. Это делает актуальным поиск альтернативных методов борьбы с возбудителями семенной инфекции, в том числе разработки подходов, сочетающих применение пестицидов с агротехническими приемами [10].

Цель исследований – изучение влияния предшественника, удобрения и средств защиты растений на распространенность семенной инфекции мягкой яровой пшеницы сорта Алтайская 75 в условиях Красноярского края.

Задачи: анализ влияния предшественника, удобрения и средств защиты растений (СЗР) на общую зараженность зерна пшеницы сорта Алтайская 75 фитопатогенными грибами р. *Fusa-*

rium, *Bipolaris* и *Alternaria*; анализ влияния предшественника, удобрения и СЗР на соотношение грибов р.р. *Fusarium*, *Bipolaris* и *Alternaria* в патогенном комплексе; выбор агротехнических приемов, позволяющих минимизировать распространенность грибов р.р. *Fusarium*, *Bipolaris* и *Alternaria* в семенах пшеницы сорта Алтайская 75.

Объекты и результаты. Объектом исследования являлся районированный в Красноярском крае сорт мягкой яровой пшеницы Алтайская 75 селекции ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий» (ФАНЦА, г. Барнаул, Алтайский край). Сорт среднеспелый, вегетационный период – 79–95 дней, относится к разновидности лютесценс, включен в Госреестр по Западно-Сибирскому и Восточно-Сибирскому регионам.

Полевой опыт проводили параллельно в учебном хозяйстве «Миндерлинское» п. Борск (Красноярская лесостепь, Сухобузимский район Красноярского края) и в ГСУ п. Большая Ничка (Минусинская лесостепь, Минусинский район Красноярского края) в 2020 г. по схеме, представленной в таблице.

В качестве удобрения использовали аммиачную селитру (34,4 %) на программируемую урожайность 50 ц/га. Комплекс средств защиты растений был представлен препаратами ВиалТрасТ, Паллас45, ЗенонАэро, Цунами. Кроме этого, в вариантах с СЗР применяли Ультрамаг Профи с целью снижения стресса, вызванного применением пестицидов [11].

Схема эксперимента

Предшественник	Удобрение	Средства защиты растений
Зерновой	Аммиачная селитра	Есть
Зерновой	Аммиачная селитра	Нет
Зерновой	Нет	Есть
Зерновой	Нет	Нет
Пар	Аммиачная селитра	Есть
Пар	Аммиачная селитра	Нет
Пар	Нет	Есть
Пар	Нет	Нет

Зараженность семян определяли биологическим методом с использованием рулонных культур согласно ГОСТ 12044-93 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями». Возбудителей

грибной инфекции идентифицировали по конидиальному спороношению с использованием микроскопа Микмед-6 вар. 3.

Статистическую обработку проводили с использованием точного F-теста для таблиц 2×2 и

критерия хи-квадрат. Для выявления эффектов факторов «Место выращивания», «Предшественник», «Удобрение» и «СЗР», а также эффектов взаимодействия проводили объединение данных по соответствующим вариантам.

Средняя по районам и вариантам распространенность семенной инфекции у изучаемого

сорта составила 44,2 %, статистически значимых различий по распространенности между районами не выявлено (рис. 1).

Однако таксономический состав зерновой инфекции в Сухобузимском и Минусинском районах различался в высшей степени ($p < 0,001$) значимо.

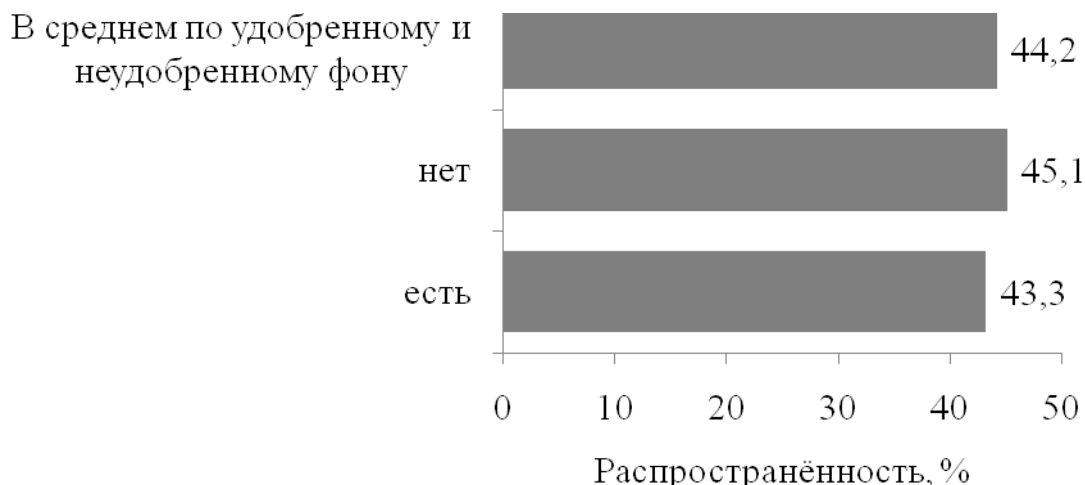


Рис. 1. Распространённость семенной инфекции у сорта Алтайская 75 (в среднем по вариантам опыта), %

Если в Сухобузимском районе в патоконплексе преобладали грибы р. *Fusarium* (50,4 % от общего числа изолятов), то в Минусинском районе среди возбудителей семенной инфекции преобладал *B. sorokiniana* (46,9 % патоконплекса) (рис. 2).

Анализ линейных эффектов показал, что предшественник оказывает слабое и статистически незначимое влияние на распространённость инфекции семян у изучаемого сорта (рис. 3).

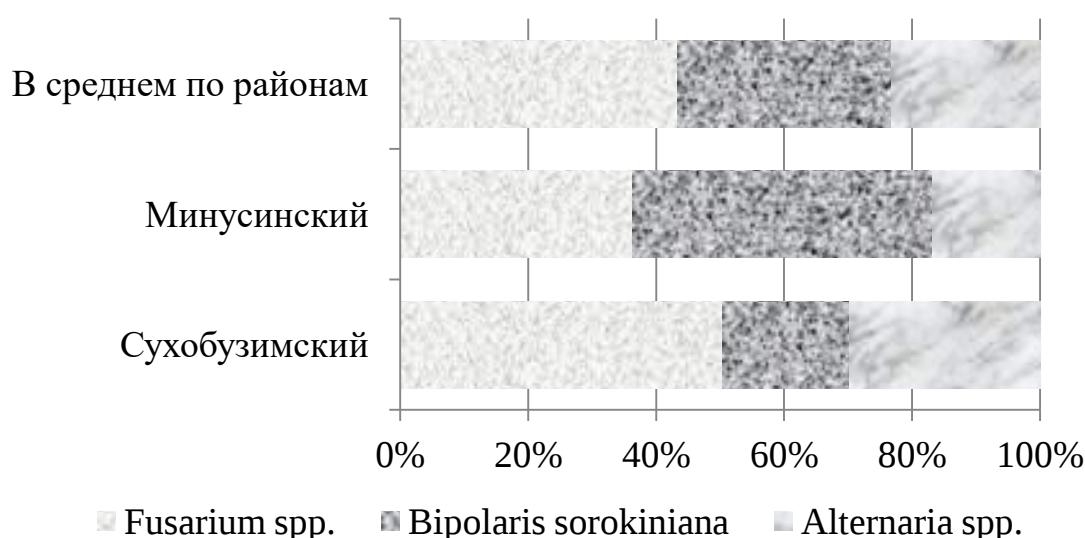


Рис. 2. Таксономический состав семенной инфекции у сорта Алтайская 75 (в среднем по вариантам опыта, в % от числа выделенных изолятов) в Сухобузимском и Минусинском районах

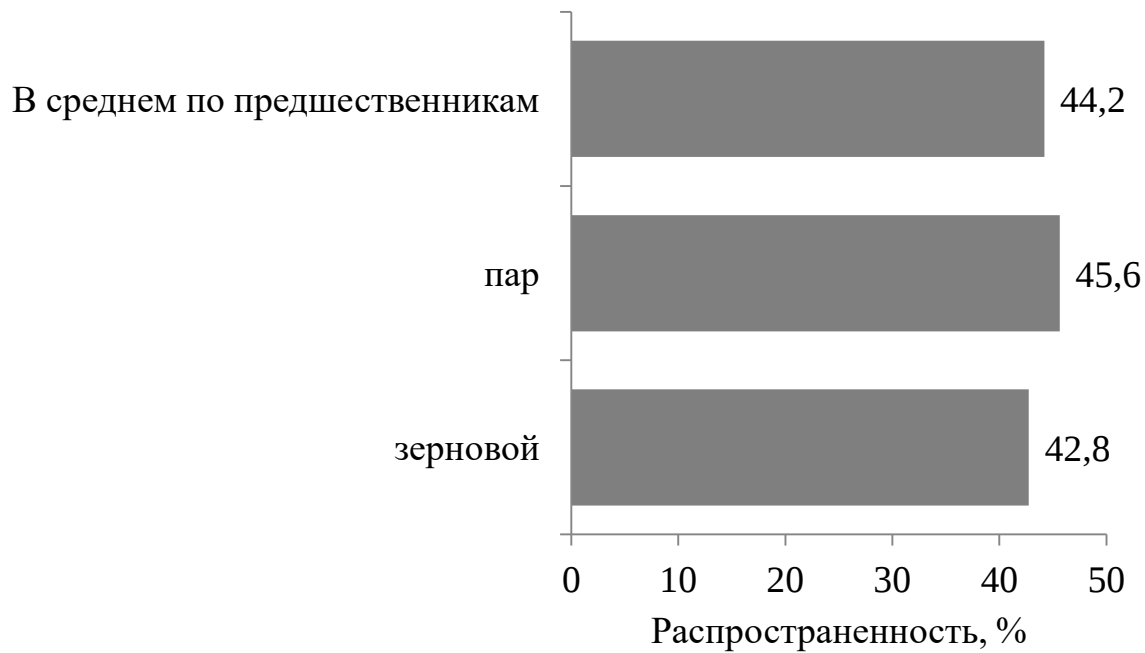


Рис. 3. Распространенность семенной инфекции у сорта Алтайская 75 в зависимости от предшественника, %

В то же время таксономический состав семенной инфекции в высшей степени значимо ($p < 0,001$) зависел от предшественника. Если на паровом фоне на долю *Fusarium* spp., *B. Sorokiniana* и *Alternaria* spp. пришлось соответственно 33,8; 43,9 и 22,3 % выделенных изолятов, то на фоне зернового предшественника эти показатели составили 53,5; 22,4 и 24,1 % (рис. 4).

В то же время таксономический состав семенной инфекции в высшей степени значимо ($p < 0,001$) зависел от предшественника. Если на паровом фоне на долю *Fusarium* spp., *B. Sorokiniana* и *Alternaria* spp. пришлось соответственно 33,8; 43,9 и 22,3 % выделенных изолятов, то на фоне зернового предшественника эти показатели составили 53,5; 22,4 и 24,1 % (рис. 4).

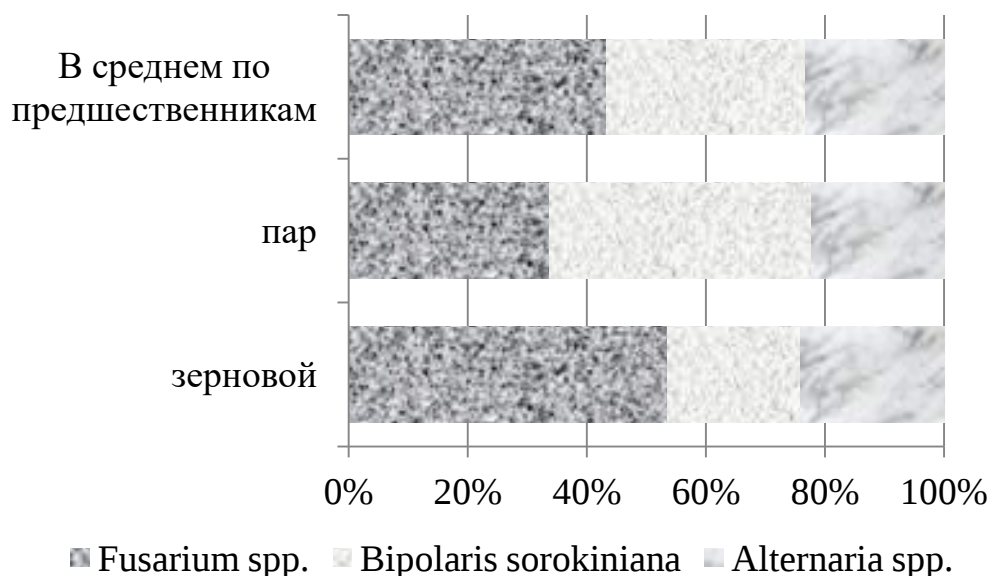


Рис. 4. Таксономический состав семенной инфекции у сорта Алтайская 75 в зависимости от предшественника, %

Эффект СЗР, выразившийся в снижении распространённости инфекции семян, проявился как на зерновом, так и на паровом предшественнике (рис. 5).

Эффект СЗР, выразившийся в снижении распространённости инфекции семян, проявился как на зерновом, так и на паровом предшественнике (рис. 5).

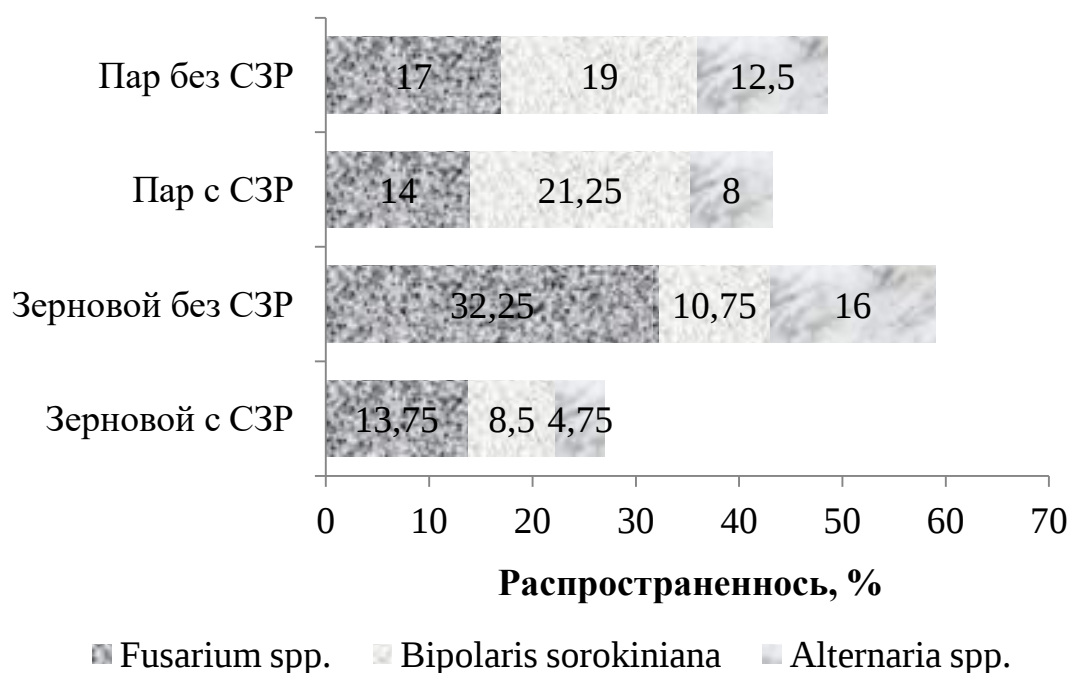


Рис. 5. Распространенность и таксономический состав семенной инфекции у сорта Алтайская 75 в зависимости от предшественника и СЗР, %

Однако на зерновом предшественнике снижение распространенности было сильнее (32,5 процентных пункта, значимость эффекта $p < 0,001$), чем на паровом (4,75 процентных пункта, значимость эффекта не доказана). Как отмечалось выше, на зерновом фоне в патологическом комплексе преобладают грибы р. *Fusarium*.

Можно предположить, что различия на применение СЗР на зерновом и на паровом предшественниках обусловлены именно различиями в структуре комплексов возбудителей, в первую очередь – высокой абсолютной долей *Fusarium* spp. в патокмплексе на зерновом предшественнике.

Так, на зерновом предшественнике без применения СЗР средняя распространенность *Fusarium* spp. была 32,25 %. При применении СЗР этот показатель упал на 18,5 процентных пункта, то есть до уровня, характерного для парового предшественника с СЗР. Дополнительное падение распространенности на зерновом предшественнике при применении СЗР обусловили грибы р. *Alternaria*. В свою очередь, *B.*

sorokiniana, занимавший первое место на паровом предшественнике, практически не прореагировал на применение СЗР.

Эффект удобрения на распространенность инфекции был неоднозначным. В среднем по районам удобрение не оказало статистически значимого влияния на распространенность инфекции. В разных вариантах опыта действие удобрения варьировало от статистически значимого ($p < 0,05$) повышения распространенности с 39,0 до 47,5 % (Минусинская лесостепь, зерновой предшественник) до двукратного падения распространенности с 56,5 до 28 % (Красноярская лесостепь, зерновой предшественник). При использовании парового предшественника статистически значимого влияния удобрения на распространенность семенной инфекции не выявлено.

Среди изменений состава семенной инфекции при применении удобрения следует отметить возрастание распространенности *B. Sorokiniana* при применении удобрения как на паровом предшественнике, так и на зерновом (рис. 6).

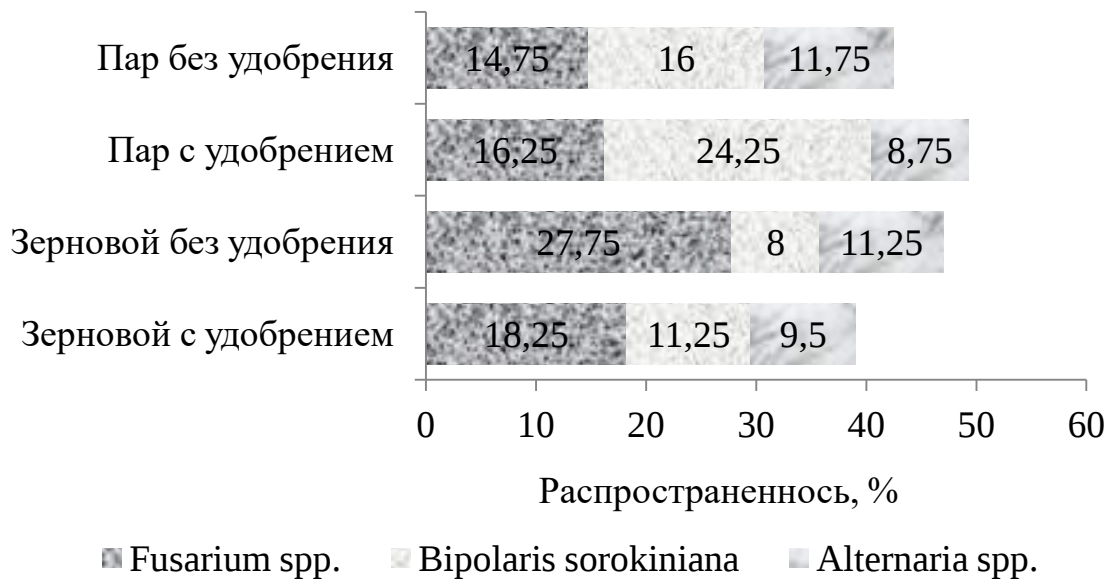


Рис. 6. Распространенность и таксономический состав семенной инфекции у сорта Алтайская 75 в зависимости от предшественника и удобрения, %

Заключение. Изучение влияния предшественника, удобрения и средств защиты растений на распространенность семенной инфекции мягкой яровой пшеницы сорта Алтайская 75 в условиях Красноярского края показало, что все эти факторы оказывают статистически значимое воздействие на распространенность и/или таксономический состав возбудителей. Минимальная распространенность инфекции отмечена на зерновом предшественнике в Минусинской лесостепи на фоне применения СЗР, без удобрения и с удобрением (соответственно 18 и 19 %). Максимальная распространенность семенной инфекции отмечена также на зерновом предшественнике: в Минусинской лесостепи (на фоне отсутствия СЗР, без удобрения и с удобрением, соответственно 60 и 76 %), также в Красноярской лесостепи (77 %, без удобрения и без СЗР). Анализ таксономического состава возбудителей показал, что инфекция семян исследуемого сорта представлена фитопатогенными грибами *Fusarium* spp., *Bipolaris sorokiniana* и *Alternaria* spp. Зерновой предшественник более чем в 2 раза повышает распространенность *Fusarium* spp. и почти в 2 раза снижает распространенность *B. sorokiniana*. Применение СЗР существенно снижает распространенность представителей р.р. *Fusarium* и *Alternaria*, однако практически не влияет на распространенность *B. sorokiniana*.

Список источников

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(97). С. 88–92.
3. Ганнибал Ф.Б. Токсигенность и патогенность грибов рода *Alternaria* для злаков // Лаборатория микологии и фитопатологии им. А.А. Ячевского ВИЗР. История и современность. СПб., 2007. С. 82–93.
4. Lee H.B., Patriarca A., Magan N. *Alternaria* in Food: Ecophysiology, Mycotoxin Production and Toxicology // Mycobiology. 2015. № 43 (2). P. 93–106.
5. Bottalico A. *Fusarium* diseases of cereals: species complex and related mycotoxin profiles // Journal of Plant Pathology. 1998. № 80(2). P. 85–103.
6. Antonissen G., Martel A., Pasmans F., Ducatelle R., Verbrugghe E., Vandenbroucke V., Shaoji L., Haesebrouck F., Van Immerseel F., Croubels S. The impact of *Fusarium* mycotoxins on human and animal host suscep-

- tibility to infectious diseases // *Toxins*. 2014. № 6 (2) P. 430–452.
7. Ji F., He D., Olaniran A.O., Mokoena M.P., Xu J., Shi J. Occurrence, toxicity, production and detection of *Fusarium mycotoxin*: a review // *Food Production, Processing and Nutrition*. 2019. № 1 (6). DOI: 10.1186/s43014-019-0007-2.
8. Mancini V., Romannazzi G. Seed treatments to control seed-borne fungal pathogens of vegetable crops // *Pest Management Science*. 2014. № 70. P. 860–868.
9. Deising H.B., Reimann S., Pascholati S.F. Mechanisms and significance of fungicide resistance // *Brazilian Journal of Microbiology*. 2008. № 39(2). P. 286–295.
10. Hollomon D.W. Fungicide resistance: facing the challenge – a review // *Plant Protect. Sci*. 2015. № 51. P. 170–176.
11. Келер В.В., Хижняк С.В. Аспекты повышения продуктивности и рентабельности производства зерна яровой пшеницы в Красноярском крае // *Вестник КрасГАУ*. 2019. № 6 (147). С. 28–34.
4. Lee H.B., Patriarca A., Magan N. *Alternaria* in Food: Ecophysiology, Mycotoxin Production and Toxicology // *Mycobiology*. 2015. № 43 (2). P. 93–106.
5. Bottalico A. *Fusarium* diseases of cereals: species complex and related mycotoxin profiles // *Journal of Plant Pathology*. 1998. № 80 (2). P. 85–103.
6. Antonissen G., Martel A., Pasmans F., Ducatelle R., Verbrugghe E., Vandenbroucke V., Shaoji L., Haesebrouck F., Van Immerseel F., Croubels S. The impact of *Fusarium mycotoxins* on human and animal host susceptibility to infectious diseases // *Toxins*. 2014. № 6 (2). P. 430–452.
7. Ji F., He D., Olaniran A.O., Mokoena M.P., Xu J., Shi J. Occurrence, toxicity, production and detection of *Fusarium mycotoxin*: a review // *Food Production, Processing and Nutrition*. 2019. № 1 (6). DOI: 10.1186/s43014-019-0007-2.
8. Mancini V., Romannazzi G. Seed treatments to control seed-borne fungal pathogens of vegetable crops // *Pest Management Science*. 2014. № 70. P. 860–868.
9. Deising H.B., Reimann S., Pascholati S.F. Mechanisms and significance of fungicide resistance // *Brazilian Journal of Microbiology*. 2008. № 39(2). P. 286–295.
10. Hollomon D.W. Fungicide resistance: facing the challenge – a review // *Plant Protect. Sci*. 2015. № 51. P. 170–176.
11. Келер В.В., Хижняк С.В. Аспекты повышения продуктивности и рентабельности производства зерна яровой пшеницы в Красноярском крае // *Вестник КрасГАУ*. 2019. № 6 (147). С. 28–34.

References

1. Hizhnyak S.V., Muchkina E.Ya., Mashanov A.I. Sostav mikroskopicheskikh 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(97). S. 88–92.
3. Gannibal F.B. Toksigennost' i patogenost' gribov roda *Alternaria* dlya zlakov // *Laboratoriya mikologii i fitopatologii im. A.A. Yachevskogo VIZR. Istoriya i sovremennost'*. SPb., 2007. S. 82–93.

Статья принята к публикации 07.02.2022 / The article accepted for publication 07.02.2022.

Информация об авторах:

Виктория Викторовна Келер, доцент кафедры растениеводства, селекции и семеноводства, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Сергей Витальевич Хижняк, профессор кафедры экологии и природопользования, доктор биологических наук, профессор

Софья Владимировна Овсянкина, заведующая лабораторией сельскохозяйственной и экологической биотехнологии, кандидат биологических наук

Денис Михайлович Щеклеин, студент 1-го курса

Элеонора Дмитриевна Машковская, студент 1-го курса

Information about the authors:

Victoria Viktorovna Keler, Associate Professor at the Department of Crop Production, Breeding and Seed Production, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Sergey Vitalievich Khizhnyak, Professor at the Department of Ecology and Nature Management, Doctor of Biological Sciences, Professor

Sofia Vladimirovna Ovsyankina, Head of the Laboratory of Agricultural and Environmental Biotechnology, Candidate of Biological Sciences

Denis Mikhailovich Shcheklein, 1st Year Student

Eleonora Dmitrievna Mashkovskaya, 1st Year Student

