Кукушкина К.В., Овсянкина С.В., Келер В.В., Хижняк С.В.
 Таксономический состав и распространённость фитопатогенных грибов
 на корнях мягкой яровой пшеницы в Канско-Красноярской лесостепи

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
 =====

УДК 632.4

**Таксономический состав и распространённость фитопатогенных грибов
 на корнях мягкой яровой пшеницы в Канско-Красноярской лесостепи**

Кукушкина К.В.^{1,2}, Овсянкина С.В.¹, Келер В.В.¹, Хижняк С.В.¹

¹*Государственный аграрный университет*

²*Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*

Аннотация

На примере девяти сортов сибирской селекции (Алтайская 70, Алтайская 75, Красноярская 12, Новосибирская 15, Новосибирская 16, Новосибирская 29, Новосибирская 31, Новосибирская 41, Свирель) изучен таксономический состав и распространённость фитопатогенных грибов на корнях мягкой яровой пшеницы *Triticum aestivum* L. в Канско-Красноярской лесостепи на фоне зернового предшественника и на фоне пара. Распространённость грибной корневой инфекции в среднем по сортам и вариантам предшественника составила 24%. У растений, выращенных на зерновом предшественнике, распространённость была статистически значимо ($p < 0,05$) выше, чем у растений, выращенных на паровом предшественнике (27,3 против 20,6 %). Между сортами выявлены статистически значимые ($p < 0,05$) различия по распространённости инфекции корней. Максимальная распространённость (соответственно, 33,3 и 32,3 %) в среднем по зерновому предшественнику и пару отмечена для сортов Свирель и Алтайская 75, минимальная (16,7%) – для сортов Новосибирская 16 и Алтайская 70. Комплекс фитопатогенных грибов на корнях представлен *Fusarium* spp., *Bipolaris sorokiniana* и *Alternaria* spp. (соответственно, 31,4, 44,9 и 23,7% патогенного комплекса в среднем по сортам и вариантам). Состав возбудителей статистически значимо ($p < 0,01$) зависел от предшественника. На фоне зернового предшественника отмечено увеличение доли *Alternaria* spp. и снижение доли *Fusarium* spp. и *Bipolaris sorokiniana* в патокмплексе.

Между сортами новосибирской, красноярской и алтайской селекции не выявлено различий по распространённости и составу возбудителей корневой инфекции.

Кукушкина К.В., Овсянкина С.В., Келер В.В., Хижняк С.В.
 Таксономический состав и распространённость фитопатогенных грибов
 на корнях мягкой яровой пшеницы в Канско-Красноярской лесостепи

 Электронный научно-производственный журнал
 «АгроЭкоИнфо»
 =====

Ключевые слова: ЯРОВАЯ ПШЕНИЦА, КОРНЕВАЯ ГНИЛЬ, КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ, *FUSARIUM SPP.*, *BIPOLARIS SOROKINIANA*, *ALTERNARIA SPP*

Введение

Корневая гниль является одним из наиболее распространённых и вредоносных заболеваний пшеницы во всех регионах, где возделывается эта культура [1]. Поражение пшеницы корневой гнилью ведёт к серьёзным экономическим последствиям: от снижения урожая на 10-50 % до массовой гибели растений на ранних стадиях вегетации [2]. Основными возбудителями корневой гнили являются фитопатогенные грибы р.р. *Bipolaris* (в первую очередь, *B. sorokiniana*), *Fusarium* (отдел Ascomycota) [3-5], *Rhizoctonia* (отд. Basidiomycota) [6, 7], а также грибоподобные протисты р. *Pythium* (отдел Oomycota) [8-11]. В Восточной Сибири в качестве возбудителей корневой гнили отмечены также грибы р. *Alternaria* (отдел Ascomycota) [12]. При этом грибы р.р. *Bipolaris*, *Fusarium* и *Alternaria*, развиваясь на вегетативных органах поражённого растения, способны впоследствии заражать зерно урожая благодаря переносимым ветром конидиям. Следует отметить, что заражение зерна грибами р.р. *Fusarium* и *Alternaria* может приводить к накоплению целого комплекса опасных для человека и животных микотоксинов [13-16]. Для разработки мероприятий по защите пшеницы от корневой гнили необходимо знать таксономический состав и распространённость возбудителей данного заболевания в конкретном регионе.

Пшеница является основной сельскохозяйственной культурой в Красноярском крае, занимающей по состоянию на 2020 г. [17], по сведениям Единой межведомственной информационно-статистической системы, свыше 40% посевных площадей [18]. По урожайности этой культуры Красноярский край лидирует среди сибирских регионов и не только полностью обеспечивает себя зерном, но и экспортирует зерно пшеницы за пределы Российской Федерации. Так, по данным Информационного портала «Экспортёры России» [19], в 2020 г. Красноярский край экспортировал 122,3 тыс. тонн зерна пшеницы, среди импортёров фигурируют Китай, Монголия, Казахстан, Киргизия и Азербайджан.

В то же время актуальные данные по распространённости и таксономическому составу возбудителей корневой гнили пшеницы в Красноярском крае отсутствуют. Имеющиеся публикации либо датируются 70-ми, 80-ми годами 20 века, либо относятся только к одной группе возбудителей: грибам р. *Fusarium* [20-22]. Настоящая работа

Кукушкина К.В., Овсянкина С.В., Келер В.В., Хижняк С.В.
 Таксономический состав и распространённость фитопатогенных грибов
 на корнях мягкой яровой пшеницы в Канско-Красноярской лесостепи

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

призвана восполнить пробел в знаниях о таксономическом составе и распространённости возбудителей корневой гнили пшеницы в Красноярском крае.

Материалы и методы

Для выделения грибов использовали образцы корней пшеницы, выращенной на базе учебно-научного комплекса (УНПК) «Борский» (56°26'15" с. ш. 92°54'11" в. д.) ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ. Опытно-производственная база расположена в Сухобузимском районе Красноярского края, в Канско-Красноярской лесостепи. Преобладающей почвой в хозяйстве является комплекс чернозёмов выщелоченных мало-, среднесиловых тяжелосуглинистого гранулометрического состава. В исследование было включено 9 сортов: Алтайская 70, Алтайская 75 селекции ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий» (ФАНЦА), г. Барнаул, Алтайский край; Красноярская 12, Свирель селекции ФГБНУ «Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» (КрасНИИСХ ФИЦ КНЦ СО РАН), г. Красноярск, Красноярский край; Новосибирская 15, Новосибирская 16, Новосибирская 29, Новосибирская 31, Новосибирская 41 селекции ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ ИЦиГ СО РАН), г. Новосибирск, Новосибирская область. Каждый сорт возделывался в двух вариантах: на фоне зернового предшественника (яровая пшеница) и на фоне пара. Отбор корней для анализа проводили в конце вегетации непосредственно перед уборкой урожая, в каждом варианте было отобрано по 48 образцов корней.

Выделение фитопатогенных грибов из корней проводили методом влажной камеры при температуре 24-26 °С, идентификацию возбудителей осуществляли по культурально-морфологическим признакам и характеру конидиального спороношения. Распространённость фитопатогенных грибов вычисляли как выраженное в процентах отношение числа образцов корней, из которых были выявлены соответствующие представители, к общему числу корней в пробе.

Сравнение образцов по распространённости инфекции выполняли по критерию χ^2 (в случае множественного сравнения) и точным F-тестом для таблиц 2x2 (в случае парного сравнения). Сравнение групп сортов по комплексу показателей проводили с помощью дискриминантного анализа.

Кукушкина К.В., Овсянкина С.В., Келер В.В., Хижняк С.В.
 Таксономический состав и распространённость фитопатогенных грибов
 на корнях мягкой яровой пшеницы в Канско-Красноярской лесостепи

 Электронный научно-производственный журнал
 «АгроЭкоИнфо»
 =====

Результаты и их обсуждение

Установлено, что комплекс фитопатогенных грибов на корнях исследуемых сортов пшеницы представлен *Fusarium* spp., *Bipolaris sorokiniana* и *Alternaria* spp. В целом по набору изученных образцов в патогенном комплексе преобладали представители *Bipolaris sorokiniana*, на втором месте по встречаемости были представители р. *Fusarium*, на третьем – представители р. *Alternaria*. Фактор «предшественник» оказал статистически значимое ($p < 0,01$) влияние на таксономический состав патогенного комплекса корней. В среднем по сортам это проявилось в снижении доли *Fusarium* spp. и *Bipolaris sorokiniana* на зерновом предшественнике за счёт увеличения доли *Alternaria* spp. (рис. 1).

Распространённость грибной корневой инфекции в среднем по сортам и вариантам предшественника составила 24%. У растений, выращенных на зерновом предшественнике, распространённость была статистически значимо ($p < 0,05$) выше, чем у растений, выращенных на паровом предшественнике (27,3 против 20,6 %) (рис. 2).

Рис. 1. Таксономический состав фитопатогенных грибов на корнях пшеницы в среднем по сортам (в % от выделенных изолятов)

Кукушкина К.В., Овсянкина С.В., Келер В.В., Хижняк С.В.
 Таксономический состав и распространённость фитопатогенных грибов
 на корнях мягкой яровой пшеницы в Канско-Красноярской лесостепи

 Электронный научно-производственный журнал
 «АгроЭкоИнфо»
 =====

Рис. 2. Распространённость грибной инфекции на корнях пшеницы в среднем по сортам

Между сортами выявлены статистически значимые различия ($p < 0,05$) по распространённости инфекции корней. Максимальная распространённость (соответственно, 33,3 и 32,3 %) в среднем по зерновому предшественнику и пару отмечена для сортов Свирель и Алтайская 75, минимальная (16,7%) – для сортов Новосибирская 16 и Алтайская 70 (рис. 3). Дополнительный анализ показал, что между регионом происхождения сорта и распространённостью грибной инфекции корней статистически значимая связь отсутствует.

Несмотря на то, что в целом по сортам отмечено статистически значимое снижение распространённости инфекции корней на паровом предшественнике в сравнении с зерновым, это явление отмечено не для всех сортов. У трёх сортов из девяти распространённость инфекции на фоне пара была выше, чем на зерновом предшественнике (рис. 4).

Как снижение, так и увеличение распространённости инфекции корней на фоне пара в сравнении с зерновым предшественником произошли, главным образом, за счёт изменения распространённости *B. sorokiniana* и *Alternaria* spp (рис. 5).

Кукушкина К.В., Овсянкина С.В., Келер В.В., Хижняк С.В.
 Таксономический состав и распространённость фитопатогенных грибов
 на корнях мягкой яровой пшеницы в Канско-Красноярской лесостепи

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Рис. 3. Распространённость грибной инфекции на корнях пшеницы разных сортов в среднем по зерновому предшественнику и по пару

Рис. 4. Распространённость грибной инфекции на корнях пшеницы разных сортов в зависимости от предшественника

Кукушкина К.В., Овсянкина С.В., Келер В.В., Хижняк С.В.
 Таксономический состав и распространённость фитопатогенных грибов
 на корнях мягкой яровой пшеницы в Канско-Красноярской лесостепи

 Электронный научно-производственный журнал
 «АгроЭкоИнфо»
 =====

Рис. 5. Распространённость (%) фитопатогенных грибов на корнях пшеницы на фоне пара и на фоне зернового предшественника

Примечание: группа 1 – сорта, показавшие более высокую распространённость инфекции на зерновом предшественнике; группа 2 – сорта, показавшие более высокую распространённость инфекции на фоне пара

Между сортами селекции ФИЦ ИЦиГ СО РАН, КрасНИИСХ ФИЦ КНЦ СО РАН и ФАНЦА не выявлено статистически значимых различий ни по распространённости, ни по таксономическому составу возбудителей корневой гнили.

Несмотря на некоторую разницу между указанными группами сортов по данным показателям (рис. 6, 7), различия были статистически незначимыми.

Дискриминантный анализ по комплексу показателей таксономического состава и распространённости на разных предшественниках также не выявил различий между сортами селекции ФИЦ ИЦиГ СО РАН, КрасНИИСХ ФИЦ КНЦ СО РАН и ФАНЦА. Выделенные и идентифицированные патогены будут храниться в коллекциях чистых культур микромицетов Красноярского ГАУ и Красноярского НИИСХ.

Таким образом, можно констатировать, что комплекс возбудителей корневой гнили пшеницы в Канско-Красноярской лесостепи представлен *B. sorokiniana*, *Fusarium* spp. и

Кукушкина К.В., Овсянкина С.В., Келер В.В., Хижняк С.В.
 Таксономический состав и распространённость фитопатогенных грибов
 на корнях мягкой яровой пшеницы в Канско-Красноярской лесостепи

 Электронный научно-производственный журнал
 «АгроЭкоИнфо»
 =====

Alternaria spp. В сравнении с предыдущими исследованиями [23, 24], следует отметить существенное возрастание роли грибов р. *Fusarium* и *Alternaria* в патогенном комплексе.

Рис. 6. Распространённость инфекции корней у сортов селекции ФИЦ ИЦиГ СО РАН (Н), КрасНИИСХ ФИЦ КНЦ СО РАН (К) и ФАНЦА (А) в среднем по предшественникам

Рис. 7. Таксономический состав фитопатогенных грибов на корнях пшеницы у сортов селекции ФИЦ ИЦиГ СО РАН (Н), КрасНИИСХ ФИЦ КНЦ СО РАН (К) и ФАНЦА (А) в среднем по предшественникам (в % от выделенных изолятов)

Кукушкина К.В., Овсянкина С.В., Келер В.В., Хижняк С.В.
 Таксономический состав и распространённость фитопатогенных грибов
 на корнях мягкой яровой пшеницы в Канско-Красноярской лесостепи

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
 =====

Это можно объяснить произошедшими климатическими изменениями, в результате которых режим температуры и влажности стал благоприятным для развития данных фитопатогенов. Тем не менее, *B. sorokiniana*, отмеченный в предыдущих исследованиях в качестве основного возбудителя корневых гнилей зерновых культур в регионе, продолжает составлять преобладающую долю (40-50 %) в патогенном комплексе. Наличие статистически значимых различий между сортами по распространённости корневой инфекции позволяет рассматривать сорта с минимальным поражением корней в качестве источника выносливости к корневой гнили в регионе.

Список использованной литературы

1. Сидоров А.А. Корневые гнили зерновых культур (Этиология, патогенез, сортоустойчивость, защита от болезни): автореф. дис. канд. биолог. наук. – Москва, 2003. – 36 с.
2. Keler V.V., Martynova O.V., Ovchinnikova T.G. Pesticid effect on the quantity and quantity of gluten in spring wheat // 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. - 52036.
3. Литовка Ю.А. Эколого-биологические особенности и биоконтроль грибов рода *Fusarium*, распространенных в наземных экосистемах средней Сибири: автореф. дис. канд. биолог. наук. – Томск, 2019. – 53 с.
4. Торопова Е.Ю., Казакова О.А., Воробьева И.Г., Селюк М.П. Фузариозные корневые гнили зерновых культур в Западной Сибири и Зауралье // Защита и карантин растений. – 2013. – №9. – С. 23-26.
5. Al-Sadi Abdullah M. Bipolaris sorokiniana-Induced Black Point, Common Root Rot, and Spot Blotch Diseases of Wheat: A Review // Front. Cell. Infect. Microbiol. 11 March 2021. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.584899>.
6. Okubara Patricia A., Li Chunqin, Schroeder Kurtis L., Schemacher Richard T., and Lawrence Nathan P. Improved extraction of Rhizoctonia and Pythium DNA from wheat roots and soil samples using pressure cycling technology // Can. J. Plant Pathol. – 2007. – 29. – P. 304-310.
7. Rovira Albert. Ecology, epidemiology and control of take-all, Rhizoctonia bare patch and cereal cyst nematode in wheat // Australasian Plant Pathology. 1990. Vol. 19 (4). P. 101-111 Acharya Krishnendu, Dutta Arun Kumar, Pradhan Prakash. Bipolaris sorokiniana (Sacc.) Shoem.: The most destructive wheat fungal pathogen in the warmer areas // Australian Journal of

Кукушкина К.В., Овсянкина С.В., Келер В.В., Хижняк С.В.
 Таксономический состав и распространенность фитопатогенных грибов
 на корнях мягкой яровой пшеницы в Канско-Красноярской лесостепи

 Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
 =====

Crop Science. – January 2011. – 5(9). – P. 1064-1071.

8. Dada T.E. Epidemiology of Wheat Rhizoctonia // International Journal of Scientific and Research Publications. – May 2017. – Volume 7. – Issue 5463. – P. 463-474. ISSN 2250-3153. <http://www.ijsrp.org/>.

9. James Cook R., Schillinger William F., Christensen Neil W. Rhizoctonia root rot and take-all of wheat in diverse direct-seed spring cropping systems // Canadian Journal of Plant Pathology. – September 2002. – 24(3). – P. 349-358. DOI: 10.1080/07060660209507020.

10. Lemańczyk Grzegorz. Effects of farming system, chemical control, fertilizer and sowing density on sharp eyespot and Rhizoctonia spp. in winter wheat // Journal of Plant Protection Research. – 2012. – 52(4). – P. 381–396. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10045-012-0063-y>.

11. Mavrodi Olga V., Walter Nathalie, Elateek Sawsan, Taylor Christopher G., Okubara Patricia A. Suppression of Rhizoctonia and Pythium root rot of wheat by new strains of Pseudomonas // Biological Control. – August 2012. – Volume 62. – Issue 2. – P. 93-102. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.03.013>.

12. Ганнибал Ф.Б. Токсигенность и патогенность грибов рода Alternaria для злаков // Лаборатория микологии и фитопатологии им. А.А.Ячевского ВИЗР. История и современность. Под ред. А.П.Дмитриева. – СПб. – 2007. – С. 82–93.

13. 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 (2). – P. 430–452.

14. Bottalico A. Fusarium diseases of cereals: species complex and related mycotoxin profiles // Europe Journal of Plant Pathology. – 1998. – 80 (2). – P. 85-103.

15. Duveiller E., García Altamirano I. Pathogenicity of Bipolaris sorokiniana isolates from wheat roots, leaves and grains in Mexico. Plant Pathology. – 2000. – 49. – P. 235–242.

16. Lee H B, Patriarca A and Magan N Alternaria in Food: Ecophysiology, Mycotoxin Production and Toxicology Mycobiology. – 2015. – 43 (2). – P. 93-106.

17. Keler V.V., Martynova O.V., Shram N.V. Dynamic of particle size formation in wheat grain in dependence on pesticides and nutrition background // 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. 52021.

18. ЕМИСС Государственная статистика. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31328>.

19. Единый информационный портал «Экспортеры России» URL: <http://www.rusexporter.ru/news/detail/11751/> (08.12.2020).

Кукушкина К.В., Овсянкина С.В., Келер В.В., Хижняк С.В.
 Таксономический состав и распространенность фитопатогенных грибов
 на корнях мягкой яровой пшеницы в Канско-Красноярской лесостепи

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

20. Ji F., He D., Olaniran A. O., Mokoena M. P., Jianhong Xu and Jianrong Shi Occurrence, toxicity, production and detection of Fusarium mycotoxin: a review // Food Prod Process and Nutr. – 1 (6). DOI: [10.1186/s43014-019-0007-2](https://doi.org/10.1186/s43014-019-0007-2).

21. Kazan Kemal, Gardiner Donald M. Fusarium crown rot caused by Fusarium pseudograminearum in cereal crops: recent progress and future prospects// Molecular Plant Pathology. – November 2017. <https://doi.org/10.1111/mpp.12639>.

22. Scherm Barbara, Balmas Virgilio, Spanu Francesca, Pani Giovanna. Fusarium culmorum: Causal agent of foot and root rot and head blight on wheat // Molecular Plant Pathology. – December 2012. – 14 (4). DOI: 10.1111/mpp.12011.

23. Чулкина В.А. Корневые гнили хлебных злаков в Сибири. – Новосибирск: Западно-Сибирское кн. изд-во, 1973. – 106 с.

24. Чулкина В.А., Ашмарина Л.Ф. Состав и соотношение главных возбудителей корневой гнили яровой пшеницы в Западной Сибири // Применение удобрений и защита растений от вредителей и болезней в Западной Сибири. – Новосибирск: Западно-Сибирское кн. изд-во. – 1976. – Вып. 1. – С. 115–123.

Цитирование:

Кукушкина К.В., Овсянкина С.В., Келер В.В., Хижняк С.В. Таксономический состав и распространенность фитопатогенных грибов на корнях мягкой яровой пшеницы в Канско-Красноярской лесостепи [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №2. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/2/st_222.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20212222>.