

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

Кристина Владимировна Кукушкина

Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН», младший научный сотрудник лаборатории физиологии и биотехнологии; Красноярский государственный аграрный университет, аспирант кафедры экологии и природопользования, Красноярск, Россия, e-mail: kristina_fenix92@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

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ФОНОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ХИЩНОГО ГРИБА-НЕМАТОФАГА *ARTHROBOTRYS OLIGOSPORA* НА КОРНЕВОЙ СИСТЕМЕ ПШЕНИЦЫ

Цель исследования – оценить влияние сорта, севооборота, азотного удобрения и пестицидов на распространенность хищного гриба-нематофага *Arthrobotrys oligospora* на корнях девяти сибирских сортов яровой пшеницы *Triticum aestivum* L. (Алтайская 70, Алтайская 75, Красноярская 12, Новосибирская 15, Новосибирская 16, Новосибирская 29, Новосибирская 31, Новосибирская 41, Свирель) в Канско-Красноярской лесостепи. Распространенность *A. oligospora* статистически значимо ($p < 0,01$) зависела от сорта, схемы севооборота ($p < 0,001$), внесения удобрений ($p < 0,001$) и применения пестицидов ($p < 0,001$). Минимальная распространенность (в среднем 43,8–45,8 %) обнаружена у сортов Красноярская 12, Новосибирская 15 и Новосибирская 16. Максимальная распространенность (в среднем 61,5–66,7 %) – у сортов Свирель, Новосибирская 29 и Новосибирская 31. Пар в качестве предшественника увеличивал распространенность *A. oligospora* в 1,2–1,5 раза по сравнению с пшеницей как предшественником для всех сортов, кроме сорта Свирель. Влияние удобрения и пестицидов на распространенность *A. oligospora* зависело от схемы севооборота. Максимальная распространенность гриба (в среднем по сортам 81,5 %) наблюдалась в вариантах «пшеница как предшественник + удобрение + пестициды» и «пар как предшественник + удобрение». Минимальная распространенность (27,8 и 24,1 % в среднем по сортам) наблюдалась в вариантах «пшеница как предшественник» и «пшеница как предшественник + удобрение». Результаты исследования демонстрируют возможность обогащения микробного сообщества почвы грибом *A. oligospora*, который может служить биологическим агентом для борьбы с нематодами, паразитирующими на растениях.

Ключевые слова: хищные грибы, *Arthrobotrys oligospora*, яровая пшеница, севооборот, азотные удобрения, пестициды.

Victoria V. Keler

Krasnoyarsk State Agrarian University, associate professor at the 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 Ecological Biotechnology, candidate of biological sciences, Krasnoyarsk, Russia, e-mail: sofi-kras@mail.ru

Kristina V. Kukushkina

Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture - a separate division of the Federal Research Center "Krasnoyarsk Scientific Center SB RAS," junior researcher at the Laboratory of Physiology and Biotechnology; Krasnoyarsk State Agrarian University, post-graduate student at the Department of Ecology and Nature Management, Krasnoyarsk, Russia, e-mail: kristina_fenix92@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

CROP BACKGROUND INTENSIFICATION IMPACT ON PREDATORY NEMATODE-CAPTURING FUNGUS *ARTHROBOTRYS OLIGOSPORA* PREVALENCE IN WHEAT ROOTS

*The aim of the study is to assess the influence of the variety, crop rotation, nitrogen fertilization and pesticides on the prevalence of the predatory nematophage fungus *Arthrobotrys oligospora* on the roots of nine Siberian varieties of spring wheat *Triticum aestivum* L. (Altajskaya 70, Altajskaya 75, Krasnoyarskaya 12, Novosibirskaya 15, Novosibirskaya 16, Novosibirskaya 29, Novosibirskaya 31, Novosibirskaya 41, Svirel) in the Kansk-Krasnoyarsk forest-steppe. The prevalence of *A. oligospora* statistically significantly ($p < 0.01$) depended on the cultivar, crop rotation pattern ($p < 0.001$), fertilization ($p < 0.001$), and pesticide use ($p < 0.001$). The minimum prevalence (on average 43.8–45.8%) was found in the varieties Krasnoyarskaya 12, Novosibirskaya 15 and Novosibirskaya 16. The maximum prevalence (on average 61.5–66.7 %) was found in the varieties Svirel, Novosibirskaya 29 and Novosibirskaya 31. Fallow as a precursor increased the prevalence of *A. oligospora* by 1.2–1.5 times as compared to wheat as a precursor for all varieties, except for the Svirel variety. The effect of fertilization and pesticides on the prevalence of *A. oligospora* depended on the crop rotation pattern. The maximum prevalence of the fungus (on average for varieties 81.5%) was observed in the variants "wheat as a precursor + fertilizer + pesticides" and "fallow as a precursor + fertilizer". The minimum prevalence (27.8 and 24.1 % on average for varieties) was observed in the variants "wheat as a predecessor" and "wheat as a predecessor + fertilizer". The results of the study demonstrate the possibility of enriching the soil microbial community with the fungus *A. oligospora*, which can serve as a biological agent for the control of nematodes parasitizing plants.*

Key words: predatory fungi, *Arthrobotrys oligospora*, spring wheat, crop rotation, nitrogen fertilizer, pesticides.

Введение. Гриб *Arthrobotrys oligospora* Fresen. (1850), относящийся к семейству Orbiliaceae (класс Orbiliomycetes, отдел Ascomycota), является широко известным представителем хищных грибов-нематофагов. *A. oligospora* способен к сапротрофному росту с использованием широкого спектра источников

азота (нитрит, нитрат, аммоний) и углерода (включая высокомолекулярные соединения, такие как пектин, целлюлоза и хитин), однако в условиях дефицита азота гриб формирует ловчие петли для захвата нематод, которые служат дополнительным источником азотного питания [1, 2]. Благодаря трофической стратегии *A. oli-*

gospora, данный гриб рассматривается в качестве перспективного агента для биологического контроля фитопатогенных нематод [3–8], в том числе для биологической защиты пшеницы от галловых нематод [9, 10].

В плане управления почвенными и ризосферными микробными сообществами в современной экологической и сельскохозяйственной биотехнологии существуют два альтернативных подхода. Первый подход предусматривает искусственное внесение целевых микроорганизмов в сообщество в виде биопрепарата. Второй подход предусматривает создание условий для спонтанного развития целевых микроорганизмов в сообществе агротехническими методами. На сегодняшний момент существует ограниченное число публикаций относительно влияния вида растений на численность спонтанно развивающихся в почве *A. oligospora* [11], однако данные о влиянии элементов интенсификации фонов возделывания и сортовой специфике применительно к численности *A. oligospora* на корнях зерновых культур отсутствуют. В то же время общеизвестно, что численность и качественный состав микробного сообщества в ризосфере и непосредственно на корнях растений контролируется большим числом абиотических и биотических факторов, включая наличие питательных веществ (как исходно присутствующих в почве, так и экскретируемых корнями растений, причем интенсивность экскреции зависит от физиологического состояния растений), конкуренцию между сапротрофными и фитопатогенными видами, а также широкий спектр метабиотических и мутуалистических отношений между членами сообщества. Поскольку адекватные модели, позволяющие прогнозировать влияние сортовой специфики и агротехнических приемов на состав микробного сообщества в ризосфере и на корнях растений отсутствуют, это влияние применительно к каждому виду микроорганизмов необходимо изучать экспериментально.

Цель исследования: изучение влияния предшественника, удобрения и средств защиты растений на распространенность *A. oligospora*

на корнях пшеницы в почвенно-климатических условиях Канско-Красноярской лесостепи.

Задачи исследования: изучение распространенности *A. oligospora* на корнях пшеницы в Канско-Красноярской лесостепи; сравнение разных сортов пшеницы по распространенности *A. oligospora*; изучение влияния предшественника, азотного удобрения и средств защиты растений (СЗР) на распространенность *A. oligospora*.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования являлись 9 сортов мягкой яровой пшеницы, допущенных к возделыванию на территории Красноярского края: 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; Алтайская 70, Алтайская 75 селекции ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий» (ФАНЦА), г. Барнаул, Алтайский край. Предшественниками служили чистый пар и зерновые (яровая пшеница). Влияние предшественника, удобрения и СЗР изучали по схеме полного факторного эксперимента в учебном хозяйстве «Миндерлинское» п. Борск Сухобузимского района. Всего было 8 вариантов (паровой предшественник; паровой предшественник + СЗР; паровой предшественник + удобрение; паровой предшественник + удобрение + СЗР; зерновой предшественник; зерновой предшественник + СЗР; зерновой предшественник + удобрение; зерновой предшественник + удобрение + СЗР), методика проведения опытов изложена в [12]. С учетом того, что, по данным агрохимического анализа, лимитирующим элементом в почвах региона является азот (что справедливо как для растений, так и для почвенных микроорганизмов), в качестве удобрения применяли аммиачную селитру (34,4 %) на программируемую урожай-

ность 50 ц/га. Применявшиеся в эксперименте средства защиты растений теоретически позволяли снизить конкуренцию между фитопатогенными грибами и *A. oligospora* на стадии колонизации этим грибом отмерших корней пшеницы.

Корни пшеницы для анализа на присутствие *A. oligospora* отбирали в конце вегетации на стадии уборки урожая. В этот период *A. oligospora*, в соответствии со своими биологическими особенностями, колонизует отмершие растительные остатки и формирует основную массу конидий, сохраняющихся в почве до следующей вегетации. В каждом варианте были проанализированы корни 12 случайным образом отобранных растений, общее число проанализированных корней составило 864 шт.

Выделение *A. oligospora* из корней проводили методом влажной камеры при температуре 24–26 °С, идентификацию гриба осуществляли по культурально-морфологическим признакам и характеру конидиального спороношения, с подтверждением идентификации по способности изолятов формировать ловчие петли в присутствии нематод (рис. 1, 2). Распространенность *A. oligospora* вычисляли как отношение числа образцов корней, из которых был выделен данный гриб, к общему числу корней в пробе, выраженное в процентах. Сравнение образцов по распространенности *A. oligospora* выполняли по критерию χ^2 (в случае множественного сравнения) и точным F-тестом для таблиц 2×2 (в случае парного сравнения).

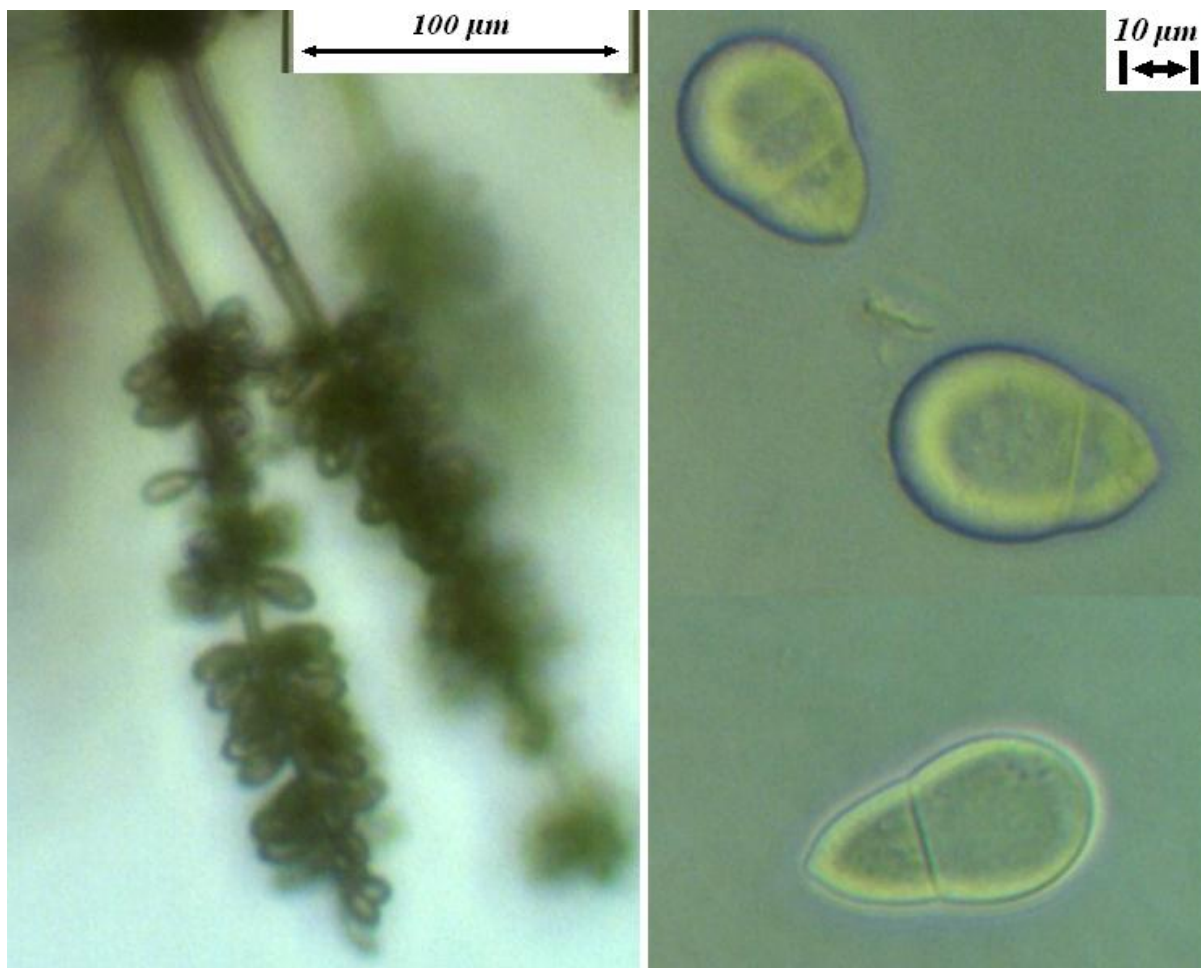


Рис. 1. Конидиеносцы *A. oligospora* на корнях пшеницы (слева) и конидии *A. oligospora* (справа)

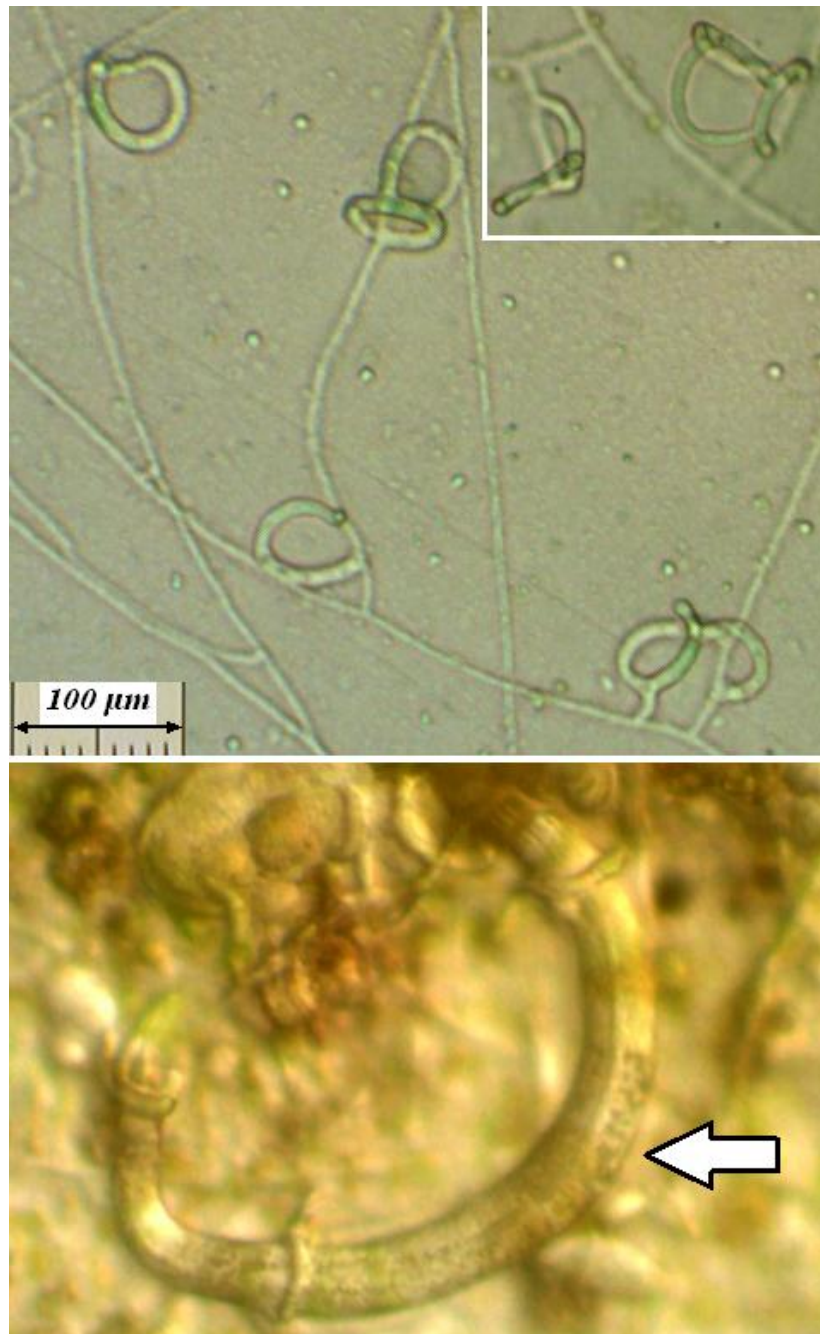


Рис. 2. Ловчие петли *A. oligospora*, выделенного из корней пшеницы (стрелкой показана пойманная нематода)

Результаты исследования и их обсуждение. Средняя распространенность *A. oligospora* на корнях пшеницы составила 53,9 %. Между сортами выявлены статистически значимые ($p < 0,01$) различия по распространенности исследуемого микромицета. Минимальная распространенность (43,8–45,8 % в среднем по вариантам) отмечена для сортов Красноярская 12, Новосибирская 15 и Новосибирская 16. Максимальная распространенность (61,5–66,7 % в

среднем по вариантам) наблюдалась у сортов Свирель, Новосибирская 29 и Новосибирская 31.

Предшественник оказал в высшей степени значимое ($p < 0,001$) влияние на распространенность *A. oligospora*. Если на зерновом предшественнике распространенность в среднем по сортам составила 44,9 %, то на паровом предшественнике этот показатель был равен 63,0 %. Существенное превышение распространенности *A. oligospora* на корнях растений, выращен-

ных на паровом предшественнике, над распространённостью на корнях растений, выращенных на зерновом предшественнике, наблюда-

лось у всех сортов, за исключением сорта Свирель (рис. 3).

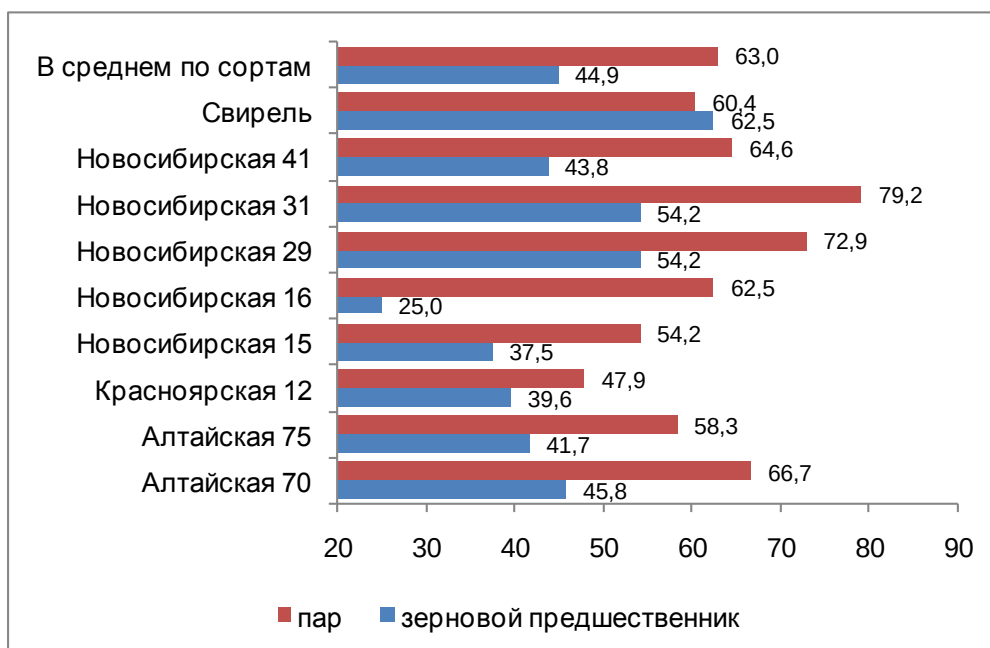


Рис. 3. Распространённость *A. oligospora* на корнях на паровом и зерновом предшественниках (усреднение по удобрению и СЗР), %

Удобрение также оказало в высшей степени значимое ($p < 0,001$) влияние на распространённость *A. oligospora* на корнях исследуемых сортов. Распространённость на удобренном фоне в среднем по сортам составила 63,9 про-

тив 44,0 % на удобренном, причем стимулирующий эффект удобрения на распространённость *A. oligospora* был отмечен у всех сортов (рис. 4).

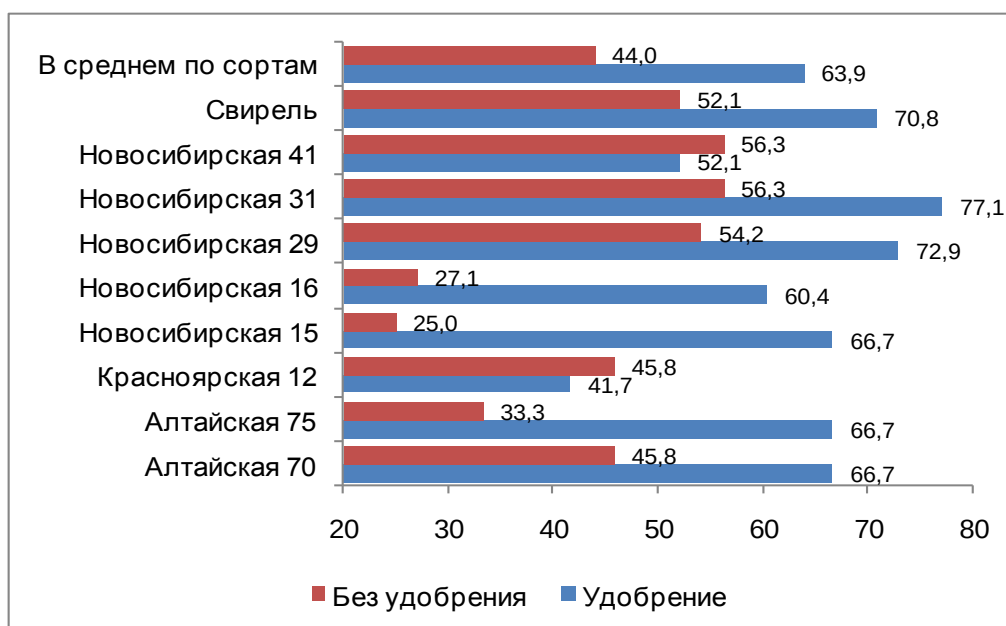


Рис. 4. Распространённость *A. oligospora* на корнях на удобренном и удобренном фоне (усреднение по предшественнику и СЗР), %

Достаточно неожиданным оказался тот факт, что применение СЗР, в состав которых входили фунгициды (см. [12]), также оказало в высшей степени статистически значимое ($p < 0,001$) стимулирующее действие на распространенность *A. oligospora* на корнях, повысив данный показатель в 1,21–2,50 раза. Исключение составил сорт Свирель, у которого распространен-

ность *A. oligospora* на фоне применения СЗР, напротив, упала в 1,45 раза (рис. 5).

Анализ с учетом взаимодействия факторов показал, что стимулирующий эффект СЗР на распространенность *A. oligospora* главным образом проявляется на зерновом предшественнике, а стимулирующий эффект удобрения – на паровом (рис. 6).

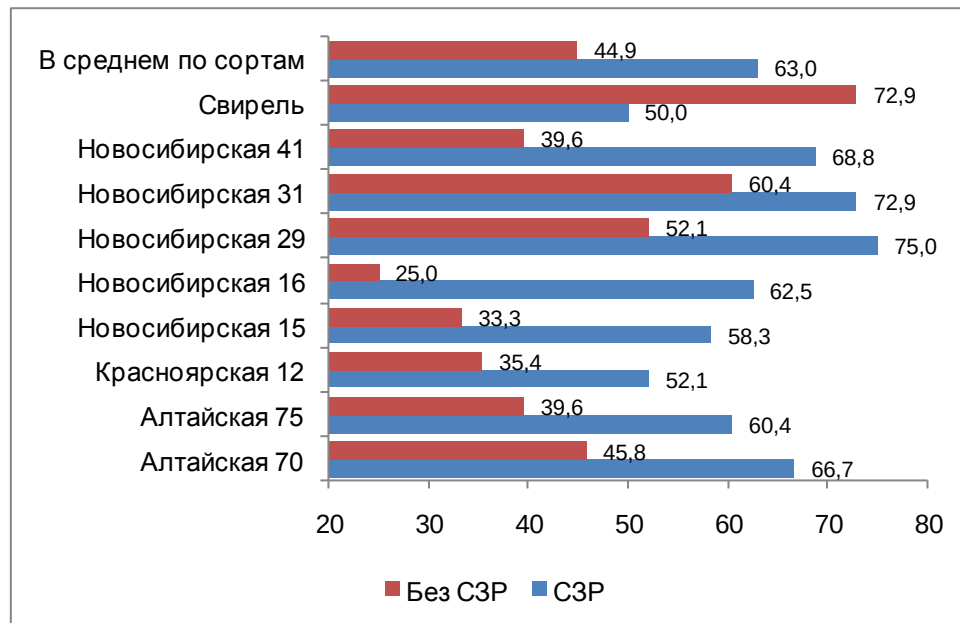


Рис. 5. Распространенность *A. oligospora* на корнях на фоне применения СЗР и без СЗР (усреднение по предшественнику и удобрению), %

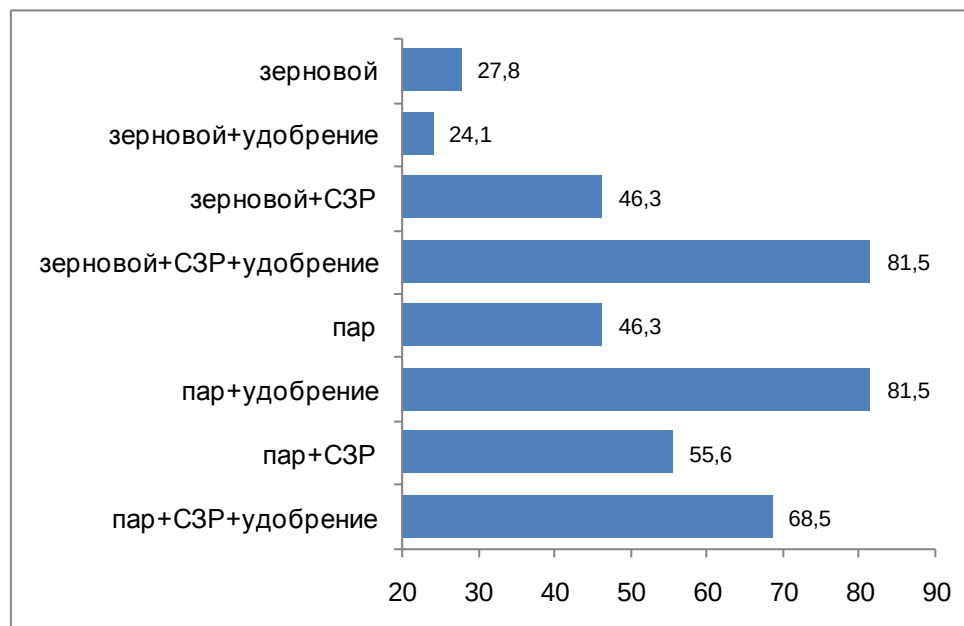


Рис. 6. Влияние предшественника, удобрения и СЗР на распространенность *A. oligospora* на корнях (усреднение по сортам), %

Теоретический анализ полученных результатов затрудняется уже упоминавшимся отсутствием надежных моделей взаимодействия в системе растение – сапротрофная и фитопатогенная микрофлора – *A. oligospora*. Можно предположить, что различия в распространенности *A. oligospora* на корнях разных сортов пшеницы связаны с сортовой спецификой количественного и качественного состава корневых выделений. Стимулирующий эффект азотного удобрения на распространенность *A. oligospora*, вероятно, связан со снятием характерного для местных почв лимитирования по азоту. Поскольку пищевая стратегия данного гриба предусматривает использование разнообразных форм азота, включая минеральные формы, внесение азотного удобрения при избытке углерода в виде растительных остатков должно приводить к увеличению его численности и способности к колонизации отмерших частей растений. В качестве альтернативного объяснения можно предположить увеличение потока корневых выделений за счет улучшения физиологического состояния растений на фоне применения удобрений, что также стимулирует развитие *A. oligospora*. Достаточно неожиданное повышение распространенности *A. oligospora* в вариантах с СЗР можно объяснить снижением конкуренции со стороны фитопатогенных грибов р.р. *Fusarium*, *Bipolaris* и *Alternaria*, колонизирующих корни еще на ранних стадиях вегетации. Увеличение распространенности *A. oligospora* на фоне пара в сравнении с зерновым предшественником также можно объяснить снижением конкуренции со стороны упомянутых фитопатогенных грибов благодаря уменьшению пула конидий представителей р.р. *Fusarium*, *Bipolaris* и *Alternaria* в почве.

Выводы. Проведенное исследование показало возможность управления распространенностью хищного гриба-нематофага *A. oligospora* в почвенно-климатических условиях Канско-Красноярской лесостепи при возделывании пшеницы как путем подбора сорта, так и посредством применения элементов интенсификации фона возделывания. Максимальное различие по распространенности *A. oligospora* между сортами в среднем по вариантам составило 1,5 раза (66,7 % у сорта Новосибирская 31 против 43,8 % у сортов Красноярская 12 и Ново-

сибирская 16). Использование парового предшественника при отсутствии СЗР и удобрений повышает распространенность в среднем по сортам в 1,7 раза. И СЗР, и удобрение статистически значимо повышают распространенность *A. oligospora* на корнях пшеницы, однако эффекты зависят как от сорта, так и от предшественника. Наибольшее увеличение распространенности в среднем по сортам за счет подбора предшественника и применения элементов интенсификации составило 3,4 раза (с 24,1 до 81,5%). С учетом того, что *A. oligospora* рассматривается как перспективный биологический агент для борьбы с фитопатогенными нематодами, данные результаты могут представлять интерес с точки зрения увеличения численности *A. oligospora* в почве за счет применения агротехнических приемов.

Литература

1. Domsch K., Gams W., Traute-Heid A. Compendium of soil fungi. New York: Academic Press (London) LTD, 1980. P. 60–63.
2. Xue-Mei Niu, Ke-Qin Zang. *Arthrobotrys oligospora*: a model organism for understanding the interaction between fungi and nematodes // Mycology. 2011. Vol. 2. № 2. P. 59–78. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21501203.2011.562559>.
3. Singh U.B., Sahu A., Sahu N., Singh R.K., Renu S., Singh D.P., Manna M.C., Sarma B.K., Singh H.B., Singh K.P. *Arthrobotrys oligospora* – mediated biological control of diseases of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) caused by *Meloidogyne incognita* and *Rhizoctonia solani* // Journal of Applied Microbiology. 2012. № 114. P. 196–208. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22963133>.
4. Singh U.B., Sahu A., Singh R.K., Singh D.P., Meena K.K., Srivastava J.S., Renu, Mannab M.C. Evaluation of biocontrol potential of *Arthrobotrys oligospora* against *Meloidogyne graminicola* and *Rhizoctonia solani* in Rice (*Oryza sativa* L.) // Biological control. 2012. Vol. 60. № 3. P. 262–270. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049964411002921>.
5. Hastuti L.D.S., Faull J. Wheat bran soil inoculant of sumateran nematode-trapping fungi as

- biocontrol agents of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on deli tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) // Earth and Environmental Science. 2018. № 130. P. 1–12. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/130/1/012009/pdf>.
6. Moosavi M.R., Zare R. Fungi as Biological Control Agents of Plant-Parasitic Nematodes // Plant Defence: Biological Control. 2020. P. 333–338. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-51034-3_14.
 7. Jamshidnejad V., Sahebani N., Etebarian H. Potential biocontrol activity of *Arthrobotrys oligospora* and *Trichoderma harzianum* BI against *Meloidogyne javanica* on tomato in the greenhouse and laboratory studies // Archives of Phytopathology and Plant Protection. 2013. Vol. 46. № 13. P. 1632–1640. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03235408.2013.778476?journalCode=gapp20>.
 8. Мигунова В.Д., Бутенко О.К., Шестеперов А.А. Влияние мицелиального и конидиального препаратов хищного гриба *Arthrobotrys oligospora* на зараженность растений картофеля золотистой картофельной нематодой *Globodera rostochiensis* // Российский паразитологический журнал. 2008. № 1. С. 93–98. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliya-nie-mitselialnogo-i-konidialnogo-preparatov-hischnogo-griba-arthrobotrys-oligospora-na-zarazhennost-rasteniy-kartofelya>.
 9. Wasmi A.F., Salim H.A., Subba R.K., Abed M.S., Higginbottom S. (2014). Effect of two bioagents against root knot nematode *Meloidogyne graminicola* (Golden and Brichfield, 1965) in Wheat // European academic research. 2014. Vol. II, Issue 3. P. 4553–4561.
 10. Salim H.A., Subba R.K., Wasmi A.F., Abed M.S. Eco-friendly management of root knot nematode *M. graminicola* (Golden and Brichfield, 1965) with two indigenous fungal bio-agents in Wheat // European academic research. 2014. Vol. II, Issue 3. P. 4279–4287.
 11. Persmark L., Jansson H.B. Nematophagous fungi in the rhizosphere of agricultural crops // FEMS Microbiology Ecology. 1997. Vol. 22, Issue 4. P. 303–312.
 12. 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. Domsch K., Gams W., Traute-Heid A. Compendium of soil fungi. New York: Academic Press (London) LTD, 1980. P. 60–63.
2. Xue-Mei Niu, Ke-Qin Zang. *Arthrobotrys oligospora*: a model organism for understanding the interaction between fungi and nematodes // Mycology. 2011. Vol. 2. № 2. P. 59–78. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21501203.2011.562559>.
3. Singh U.B., Sahu A., Sahu N., Singh R.K., Renu S., Singh D.P., Manna M.C., Sarma B.K., Singh H.B., Singh K.P. *Arthrobotrys oligospora* – mediated biological control of diseases of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) caused by *Meloidogyne incognita* and *Rhizoctonia solani* // Journal of Applied Microbiology. 2012. № 114. P. 196–208. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22963133>.
4. Singh U.B., Sahu A., Singh R.K., Singh D.P., Meena K.K., Srivastava J.S., Re-nu, Mannab M.C. Evaluation of biocontrol potential of *Arthrobotrys oligospora* against *Meloidogyne graminicola* and *Rhizoctonia solani* in Rice (*Oryza sativa* L.) // Biological control. 2012. Vol. 60. № 3. P. 262–270. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049964411002921>.
5. Hastuti L.D.S., Faull J. Wheat bran soil inoculant of sumateran nematode-trapping fungi as biocontrol agents of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on deli tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) // Earth and Environmental Science. 2018. № 130. P. 1–12. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/130/1/012009/pdf>.
6. Moosavi M.R., Zare R. Fungi as Biological Control Agents of Plant-Parasitic Nematodes // Plant Defence: Biological Control. 2020. P. 333–338. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-51034-3_14.
7. Jamshidnejad V., Sahebani N., Etebarian H. Potential biocontrol activity of *Arthrobotrys oligospora* and *Trichoderma harzianum* BI against *Meloidogyne javanica* on tomato in the greenhouse and laboratory studies // Ar-

- chives of Phyto-pathology and Plant Protection. 2013. Vol. 46. № 13. P. 1632–1640. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03235408.2013.778476?journalCode=gapp20>.
8. Migunova V.D., Butenko O.K., Shesteporov A.A. Vliyanie mitselial'nogo i konidial'nogo preparatov khishchnogo griba *Arthrobotrys oligospora* na zarazhennost' rastenii kartofelya zolotistoi kartofel'noi nematodoi *Globodera rostochiensis* // Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal. 2008. № 1. S. 93–98. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-mitselialnogo-i-konidialnogo-preparatov-hishchnogo-griba-arthrobotrys-oligospora-na-zarazhennost-rasteniy-kartofelya>.
 9. Wasmi A.F., Salim H.A., Subba R.K., Abed M.S., Higginbottom S. (2014). Effect of two bio-agents against root knot nematode *Meloidogyne graminicola* (Golden and Brichfield, 1965) in Wheat // European academic research. 2014. Vol. II, Issue 3. P. 4553–4561.
 10. Salim H.A., Subba R.K., Wasmi A.F., Abed M.S. Eco-friendly management of root knot nematode *M. graminicola* (Golden and Brichfield, 1965) with two indigenous fungal bio-agents in Wheat // European academic research. 2014. Vol. II, Issue 3. P. 4279–4287.
 11. Persmark L., Jansson H.B. Nematophagous fungi in the rhizosphere of agricultural crops // FEMS Microbiology Ecology. 1997. Vol. 22, Issue 4. P. 303–312.
 12. Keler V.V., Khizhnyak S.V. Aspekty povysheniya produktivnosti i rentabel'nosti proizvodstva zerna yarovoi pshenitsy v Krasnoyarskom krae // Vestnik KraSGAU. 2019. № 6 (147). S. 28–34.
- 