

Юлия Александровна Литовка^{1✉}, Антон Алексеевич Тимофеев²,
Марина Максимовна Патрушева³, Анна Александровна Леоненко⁴,
Полина Васильевна Шнайдер⁵, Наталья Валентиновна Фомина⁶,
Кирилл Константинович Шестаков⁷, Игорь Николаевич Павлов⁸

^{1,3,5,6,8}Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева,
Красноярск, Россия

^{1,2,3,4,5,6,7,8}Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия

^{1,2,3,4}ФИЦ Красноярский научный центр СО РАН, Красноярск, Россия

¹litovkajul@rambler.ru

²timofeyev95@gmail.com

³patrusheva1998@mail.ru

⁴anya_26.05.97@mail.ru

⁵PolinaM160795@mail.ru

⁶natvalf@mail.ru

⁷shestakovkk@nornik.ru

⁸forester24@mail.ru

БИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КОРНЕВЫХ ГНИЛЕЙ, ВЫЗЫВАЕМЫХ ГРИБАМИ РОДА *ARMILLARIA*

Цель исследования – оценить перспективы использования сибирских штаммов макро- и микроскопических грибов для биологического контроля корневого патогена *Armillaria borealis*, который является наиболее распространенным возбудителем корневых гнилей из комплекса *Armillaria mellea sensu lato* на территории Средней Сибири. В условиях *in vitro* показаны перспективы использования аскомицетовых (*Trichoderma asperellum*) и базидиальных (*Ganoderma lucidum*, *Fomitopsis pinicola*) грибов для ограничения роста возбудителей армилляриоза. Максимальной антифунгальной активностью обладает штамм К6-15 *T. asperellum*, быстро и эффективно ингибирующий рост *A. borealis* на агаризованной среде и растительном субстрате – до 67 и 50 % ингибирования роста соответственно. При контакте мицелия антагониста и фитопатогенов на обоих типах питательных субстратов реакция взаимодействия оценивается в 4 (антагонист обрастает колонию фитопатогена) и 5 (антагонист продолжает расти с неизменной скоростью поверх колонии фитопатогена) баллов. Штамм К6-15 также проявляет высокую микопаразитическую активность (3 балла), колонизируя 100 % площади мицелиальной пленки *A. borealis* в течение 7–8 сут культивирования. В качестве перспективных биоконтрольных агентов можно рассматривать быстрорастущие сапротрофные базидиальные грибы *G. lucidum* и *F. pinicola*. Исследуемые штаммы Fp5-15 и G15-16 способны паразитировать на мицелиальной пленке *A. borealis* (площадь обрастания 100 % в течение 12–14 сут); их антифунгальная активность максимально проявляется на растительном субстрате (52–54 % ингибирования роста фитопатогенного гриба) и превышает показатель штамма К6-15 *T. asperellum*, а реакция взаимодействия в зоне контакта с колонией фитопатогенов оценивается в 5 баллов.

Ключевые слова: биологический контроль, корневые патогены, антифунгальная активность, антагонизм, микопаразитизм, *Trichoderma*, *Ganoderma*, *Fomitopsis*

Для цитирования: Биологический контроль корневых гнилей, вызываемых грибами рода *Armillaria* / Ю.А. Литовка [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2024. № 12. С. 35–42. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-12-35-42.

Благодарности: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00052.

Yulia Alexandrovna Litovka^{1✉}, **Anton Alekseevich Timofeev**², **Marina Maksimovna Patrusheva**³, **Anna Alexandrovna Leonenko**⁴, **Polina Vasilevna Schneider**⁵, **Natalia Valentinovna Fomina**⁶, **Kirill Konstantinovich Shestakov**⁷, **Igor Nikolaevich Pavlov**⁸

^{1,3,5,6,8}Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

^{1,2,3,4,5,6,7,8}V.N. Sukachev Institute of Forestry SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

^{1,2,3,4}FRC Krasnoyarsk Scientific Center SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

¹litovkajul@rambler.ru

²timofeyev95@gmail.com

³patrusheva1998@mail.ru

⁴anya_26.05.97@mail.ru

⁵PolinaM160795@mail.ru

⁶natvalf@mail.ru

⁷shestakovkk@nornik.ru

⁸forester24@mail.ru

BIOLOGICAL CONTROL OF ROOT ROT CAUSED BY *ARMILLARIA* FUNGI

*The aim of the study is to evaluate the prospects for using Siberian strains of macro- and microscopic fungi for biological control of the root pathogen *Armillaria borealis*, which is the most common causative agent of root rot from the *Armillaria mellea sensu lato* complex in Central Siberia. In vitro, the prospects for using ascomycete (*Trichoderma asperellum*) and basidiomycete (*Ganoderma lucidum*, *Fomitopsis pinicola*) fungi to limit the growth of *armillaria* pathogens were demonstrated. The K6-15 *T. asperellum* strain has the maximum antifungal activity, quickly and effectively inhibiting the growth of *A. borealis* on agar medium and plant substrate – up to 67 and 50 % growth inhibition, respectively. When the mycelium of the antagonist and phytopathogens comes into contact on both types of nutrient substrates, the interaction reaction is assessed at 4 (the antagonist grows around the colony of the phytopathogen) and 5 (the antagonist continues to grow at an unchanged rate over the colony of the phytopathogen) points. Strain K6-15 also exhibits high mycoparasitic activity (3 points), colonizing 100 % of the area of the mycelial film of *A. borealis* within 7–8 days of cultivation. Fast-growing saprotrophic basidiomycetes *G. lucidum* and *F. pinicola* can be considered as promising biocontrol agents. The studied strains Fp5-15 and G15-16 are capable of parasitizing on the mycelial film of *A. borealis* (fouling area of 100 % within 12–14 days); their antifungal activity is maximal on the plant substrate (52–54 % inhibition of the growth of the phytopathogenic fungus) and exceeds the indicator of strain K6-15 *T. asperellum*, and the reaction of interaction in the contact zone with the colony of phytopathogens is estimated at 5 points.*

Keywords: biological control, root pathogens, antifungal activity, antagonism, mycoparasitism, *Trichoderma*, *Ganoderma*, *Fomitopsis*

For citation: Biological control of root rot caused by *Armillaria* fungi / Y.A. Litovka [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2024;(12): 35–42 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-12-35-42.

Acknowledgments: the study was supported by the Russian Science Foundation grant № 23-26-00052.

Введение. Базидиальные грибы из комплекса *Armillaria mellea sensu lato* объединяют свыше 40 видов фитопатогенных грибов, которые являются возбудителем армилляриоза у более чем 230 видов растений-хозяев, в том числе древесных пород, сельскохозяйственных и цветочных культур. Инфицирование растения начинается с корня и распространяется в нижнюю часть ствола. Вследствие отмирания коры и за-

болони по коррозионному типу разрушаются глубокие слои древесины вплоть до распадаения ее на отдельные волокна. Характерные признаки поражения – формирование под корой белого веера мицелия, наличие сети наружных темных ризоморфов и образование базидиом. Наиболее подвержены инфицированию молодые культуры, а также насаждения, ослабленные в результате воздействия неблагоприятных фак-

торов [1, 2]. Наиболее значимым фактором патогенности грибов рода *Armillaria* является синтез мультиферментного комплекса, что позволяет им эффективно биодеструктировать лигнито- и целлюлолитические составляющие растительной биомассы. Кроме того, грибы этой группы синтезируют ариловые эфиры [1, 3], которые способны не только ингибировать клетки растения-хозяина, но и способствуют сохранению мицелия фитопатогена внутри корней, предотвращая их колонизацию конкурентными сапрофитными грибами, в том числе дереворазрушающими.

В настоящее время проблема борьбы с армилляриозом весьма актуальна в связи с серьезными экономическими потерями, которые гриб способен нанести хозяйственно значимым древесным и кустарничковым растениям. Физические методы ограничения развития патогена (выкорчевывание и сжигание зараженных растений, перепахивание почвы), как правило, малоэффективны, поскольку гриб способен распространяться на дальние расстояния за счет спор и ризоморфов. Перспективным способом ограничения грибов рода *Armillaria* может стать применение быстрорастущих биоконтрольных микроорганизмов, устойчивых к арильным эфирам и способных колонизировать ризоморфы, мицелий и базидиомы фитопатогена. Исследования ряда авторов показывают, что этим критериям отвечают грибы рода *Trichoderma*: они способны замедлять рост колоний и образование ризоморф *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink; проявляют эффективность против возбудителя на корнях цитрусовых растений. С использованием сканирующей электронной микроскопии исследованы механизмы микопаразитизма отдельных штаммов *Trichoderma* в отношении *Armillaria gallica* Mart. – проникновение, скручивание и дезинтеграция содержимого ризоморфов [1, 4, 5]. С учетом перспектив биоконтроля видов *Armillaria in vitro* с помощью антагонистов и микопаразитов необходимы поиск эффективных бесконтрольных агентов и понимание механизмов взаимодействия в системе патоген – антагонист – почвенная микробиота для разработки эффективных биофунгицидов и их испытаний в полевых условиях.

Цель исследования – оценить перспективы использования сибирских штаммов макро- и микроскопических грибов для биологического контроля корневого патогена *Armillaria borealis*, который является наиболее распространенным

возбудителем корневых гнилей из комплекса *Armillaria mellea sensu lato* на территории Средней Сибири [6].

Задачи: отобрать штаммы макро- и микроскопических грибов, перспективных для биоконтроля *A. borealis*; исследовать их гиперпаразитическую и антифунгальную активность на агаризованной среде и растительном субстрате; выявить проявление микопаразитизма в отношении возбудителя армилляриоза.

Объекты и методы. Объектами исследования служили четыре штамма фитопатогенного гриба *A. borealis*. В качестве потенциальных биоконтрольных агентов использовали микро- и макроскопические грибы, при отборе которых руководствовались анализом литературных данных и собственными исследованиями. Штаммы базидиомицетов Fp5-15 *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst. и GI5-16 *Ganoderma lucidum* (Fr.) P. Karst. не проявляют фитопатогенность, при этом являются быстрорастущими *in vitro* и могут составить конкуренцию *Armillaria* при колонизации растительных субстратов. Штаммы были изолированы в чистую культуру из соответствующих базидиом, произраставших на деревьях: *Larix sibirica* L. (лесной массив на территории Емельяновского района Красноярского края) – при выделении *F. pinicola* и *Acacia* Mill. (парковая зона г. Сухум, Абхазия) – при выделении *G. lucidum*. Штамм K6-15 *Trichoderma asperellum* Samuels в ранее проведенном исследовании [7] зарекомендовал себя перспективным антагонистом в отношении фитопатогенных микромицетов рода *Fusarium*. Штамм Ab-17 *Fusarium sp.* был выделен с поверхности плодового тела *A. borealis*, что свидетельствует о проявлении микопаразитизма. Все штаммы хранятся в коллекции чистых культур лаборатории лесных культур, микологии и фитопатологии Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН.

Исследование фунгицидных свойств биоконтрольных штаммов в отношении *A. borealis* определяли методом встречных культур на суловом агаре и растительном субстрате (опилки березы, опилки пихты, хвоя пихты в соотношении 1:1:1) в течение 14 и 21 сут соответственно при 24 °С. Рассчитывали радиальную скорость роста [8] фитопатогена при совместном культивировании с антагонистом и в монокультуре, а также антифунгальную активность биоконтрольных штаммов [9]. Типы взаимоотношений между грибами описывали по шкале Джонсона и Карла в модификации Ф.К. Алимовой [10]. Выяв-

ление микопаразитической активности проводили на мицелиальных пленках фитопатогенов, которые получали на жидкой среде Норкранс при 24 °С в течение 21–28 сут. Степень проявления микопаразитизма оценивали по площади колонизации пленки антагонистом в баллах: 0 баллов – рост антагониста отсутствует; 1 балл – обрастание 30 % площади пленки; 2 балла – обрастание 60 % площади; 3 балла – обрастание более 90 % площади.

Результаты и их обсуждение. Установлено, что максимальные показатели фунгицидной активности характерны для штамма K6-15 *T. asperellum*. При совместном культивировании грибов *Trichoderma* и *Armillaria* интенсивность ингибирования фитопатогена нарастала при увеличении продолжительности культивирования; максимальное снижение скорости роста *A. borealis* в 1,7–3 раза отмечено на 14-е сут (табл. 1); в дальнейшем ингибирующее действие оставалось на стабильном уровне. Антифунгальная активность штамма K6-15 *T. asperellum* варьировала от 41 до 67 %, что достаточно эффективно и сопоставимо с литературными данными.

На растительном субстрате выявлена аналогичная тенденция. При совместном культивиро-

вании средняя скорость роста *A. borealis* уменьшалась в 1,4–2 раза по сравнению с монокультурой; максимальное снижение скорости роста фитопатогенных грибов в 2 раза отмечено на 14-е и 21-е сут. Антифунгальная активность штамма K6-15 *T. asperellum* была ниже по сравнению с агаризованной средой и варьировала от 29 до 50 %.

У штамма K6-15 *T. asperellum* выявлена высокая степень гиперпаразитизма при оценке типов взаимоотношений в паре антагонист – фитопатоген при их непосредственном контакте. На обоих типах питательных субстратов установлено, что через семь суток культивирования реакция взаимодействия оценивается в 4 балла (антагонист обрастает колонию фитопатогена) либо 5 баллов (антагонист продолжает расти с неизменной скоростью поверх колонии фитопатогена). Спустя 14 суток зафиксирована реакция в 5 баллов в отношении всех исследуемых штаммов *A. borealis*.

Аналогичные типы взаимоотношений и динамика их проявления обнаружены под действием других биоконтрольных агентов (рис. 1).

Таблица 1

Радиальная скорость роста (мм/сут) *Armillaria borealis* в монокультуре и при сокультивировании с *Trichoderma asperellum* на суловом агаре и растительном субстрате

Штамм	Продолжительность культивирования, сут		
	7	14	21
Д48/14	$\frac{0,5 \pm 0,03^*}{0,1 \pm 0,02}$	$\frac{0,5 \pm 0,02}{0,2 \pm 0,04}$	$\frac{0,5 \pm 0,05}{0,2 \pm 0,03}$
Д48/14 + <i>Trichoderma</i>	–**	$\frac{0,3 \pm 0,02}{0,1 \pm 0,04}$	$\frac{0,3 \pm 0,01}{0,1 \pm 0,02}$
111	$\frac{0,5 \pm 0,06}{0,1 \pm 0,01}$	$\frac{0,7 \pm 0,03}{0,2 \pm 0,02}$	$\frac{0,7 \pm 0,01}{0,2 \pm 0,02}$
111 + <i>Trichoderma</i>	–	$\frac{0,3 \pm 0,01}{0,1 \pm 0,01}$	$\frac{0,3 \pm 0,03}{0,1 \pm 0,04}$
206г	$\frac{0,3 \pm 0,02}{0,1 \pm 0,01}$	$\frac{0,3 \pm 0,01}{0,1 \pm 0,01}$	$\frac{0,3 \pm 0,02}{0,1 \pm 0,01}$
206г + <i>Trichoderma</i>	–	$\frac{0,1 \pm 0,03}{0,07 \pm 0,01}$	$\frac{0,1 \pm 0,02}{0,05 \pm 0,02}$
74г	$\frac{0,2 \pm 0,01}{0,0 \pm 0,00}$	$\frac{0,3 \pm 0,01}{0,1 \pm 0,02}$	$\frac{0,3 \pm 0,03}{0,1 \pm 0,01}$
74г + <i>Trichoderma</i>	–	$\frac{0,1 \pm 0,01}{0,07 \pm 0,01}$	$\frac{0,1 \pm 0,02}{0,05 \pm 0,04}$

*В числителе значения радиальной скорости роста на суловом агаре, в знаменателе – на растительном субстрате.

**Показатель отсутствует, так как культуру антагониста подсевали только на 7-е сут из-за низкой скорости роста фитопатогена *in vitro*.

Наличие и степень проявления микопаразитизма у исследуемых биоконтрольных грибов устанавливали по времени и интенсивности колонизации мицелиальной пленки фитопатогена (рис. 2, табл. 2). Установлено, что все штаммы способны к прямому паразитированию на мицелии *A. borealis*; микопаразитическая активность максимально проявлялась в течение 7–14 сут в зависимости от биоконтрольного агента. Для базидиомицетов *G. lucidum* и *F. pinicola* максимальное проявление микопаразитизма в 3 бал-

ла (площадь обрастания 90–100 %) отмечено на 12–14-е сут; при этом грибы формировали более плотный воздушный мицелий. Для штамма G15-16 *G. lucidum* отмечено быстрое формирование базидиомы на мицелии фитопатогена (рис. 2, А), что *in vitro* наблюдается достаточно редко. У аскомицетов *T. asperellum* и *Fusarium* sp. микопаразитическая активность проявлялась быстрее по сравнению с базидиальными грибами, с максимумом на 7–10-е сут.

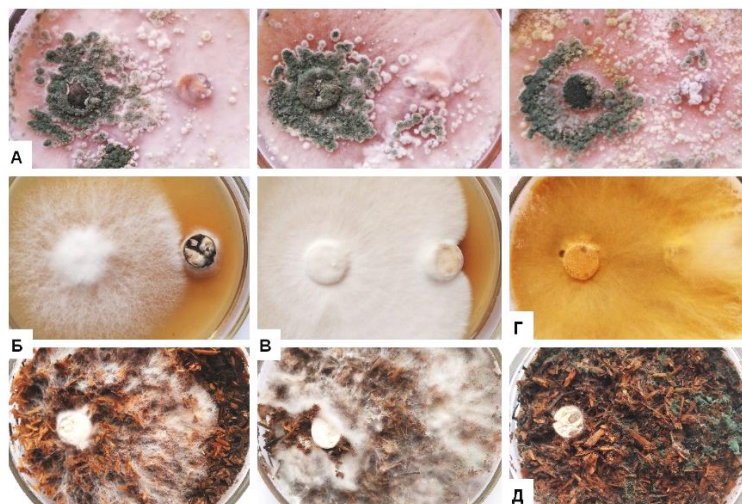


Рис. 1. Колонизация колонии *Armillaria borealis* (справа) биоконтрольными штаммами (слева): А – динамика нарастания *T. asperellum* на колонию фитопатогена в течение 7 сут на сусловом агаре; Б, В – *G. lucidum* и *F. pinicola* на сусловом агаре (вверху) и растительном субстрате (внизу) соответственно; Г – *Fusarium* sp. на сусловом агаре; Д – *T. asperellum* на растительном субстрате

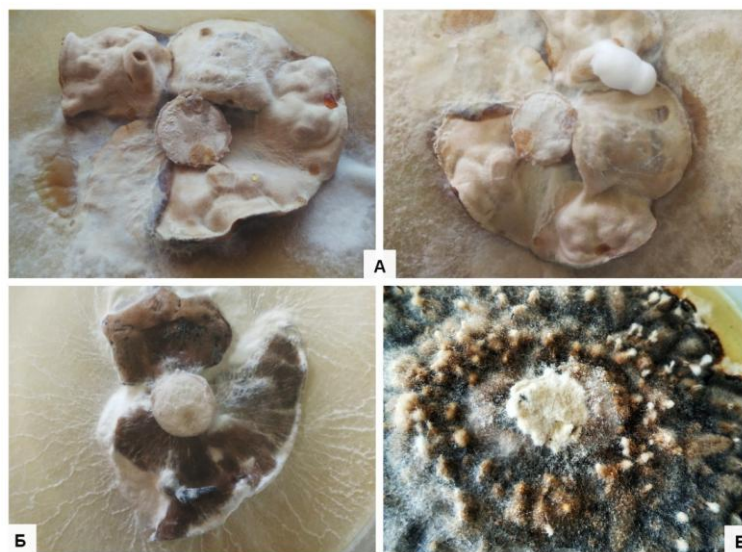


Рис. 2. Микопаразитирование биоконтрольных штаммов на мицелиальной пленке *Armillaria borealis*: А – динамика обрастания мицелия фитопатогена штаммом *G. lucidum* с формированием базидиомы (справа); Б, В – обрастание пленки штаммами *F. pinicola* и *Fusarium* sp. соответственно

В таблице 2 представлены максимальные показатели фунгицидной активности исследуемых штаммов грибов против возбудителей армилляриоза по совокупности проведенных исследований. Для штамма К6-15 *T. asperellum* характерно проявление выраженной фунгицидной активности по всем показателям в наименьшие сроки по сравнению с другими культурами грибов, что, несомненно, подтверждает

его высокий биоконтрольный потенциал. Однако базидиальные грибы *G. lucidum* и *F. pinicola* демонстрировали даже более высокие показатели антифунгальной активности на растительном субстрате, проявляя при этом высокую степень микопаразитизма на мицелии фитопатогенов, что позволяет рассматривать их как не менее перспективные организмы для биоконтроля армилляриоза.

Таблица 2

**Антифунгальный потенциал исследуемых микро-и макромицетов
в отношении штаммов *Armillaria borealis***

Штамм, вид	Антифунгальная активность			Микопаразитическая активность		
	Ингибирование роста, %		Время достижения максимума, сут	Балл	Площадь обрастания, %	Время достижения максимума, сут
	словесный агар	растительный субстрат				
К6-15 <i>Trichoderma asperellum</i>	67	50	14 / 21*	3	100	7–8
Г15-16 <i>Ganoderma lucidum</i>	44	52	16 / 22	3	90–100	12–14
Фр5-15 <i>Fomitopsis pinicola</i>	46	54	15 / 20	3	90–95	12–13
Аб-17 <i>Fusarium sp.</i>	33	30	14 / 24	3	95–100	9–10

*Показатель на словесном агаре / показатель на растительном субстрате.

Заключение. В условиях *in vitro* показаны перспективы использования аскомицетовых и базидиальных грибов для биоконтроля возбудителя армилляриоза *A. boreales*. Максимальной антифунгальной и микопаразитической активностью характеризуется штамм К6-15 *T. asperellum*, быстро и достаточно эффективно ограничивающий рост патогена на агаризованной среде и растительном субстрате (67 и 50 % ингибирования роста соответственно), а также быстро колонизирующий мицелиальную пленку *A. boreales* (100 % поражения в течение 7 сут). В качестве перспективных биоконтрольных агентов можно рассматривать быстрорастущие штаммы сапротрофных базидиомицетов *G. Lucidum* и *F. pinicola* с высокой микопаразитической активностью, антифунгальная активность которых максимально проявляется непосредственно на растительном субстрате (до 52–54 %).

Список источников

1. Baumgartner K., Martin P., Coetzee A. Secrets of the subterranean pathosystem of *Armillaria* // Molecular Plant Pathology. 2011.12(6):515-34.
2. Семенова И.Г., Соколова Э.С. Фитопатология: учебник для студентов вузов. М.: Академия, 2023. 458 с.
3. Secondary metabolites of six Siberian and Crimean *Armillaria* species and their *in vitro* phytotoxicity to pine, larch and poplar / T.V. Antipova [et al.] // iForest – Biogeosciences and Forestry. 2022. Vol. 15. Is. 1. P. 38–46.
4. Nenad K. *In vitro* interactions between *Armillaria* species and potential biocontrol fungi // Bulletin of the Faculty of Forestry. 2009. Vol. 100. P. 129–142.
5. Mohammad R., Ebrahim M. Antagonistic effects of *Trichoderma* species in biocontrol of *Armillaria mellea* in fruit trees in Iran // Journal of Plant Protection Research. 2008. Vol.48 (2). P. 213–222.
6. *Armillaria borealis* Marxm. & Korhonen: распространение, фитопатогенность и морфолого-культуральные особенности / И.Н. Павлов [et al.] // АгроЭкоИнфо. 2017. № 3. С. 18
7. Литовка Ю.А. Скрининг сибирских штаммов грибов рода *Trichoderma* – продуцентов биофунгицидов на растительных субстра-

- тах // Хвойные бореальной зоны. 2018. Т. 36, № 6. С. 574–580.
8. Бухало А.С. Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре. Киев: Наукова думка, 1983. 144 с.
 9. Badalyan S.M., Gharibyan N.G., Innocenti G. Antifungal / antagonistic activity of different *Ganoderma* collections against plant pathogenic fungi and their antagonists // Mushroom biology and mushroom products: 8th International conference. India, New Delhi. 2014.
 10. Алимova Ф.К. Биологическое разнообразие видов рода *Trichoderma* (*Fungi*, *Ascomycetes*, *Hypocreates*) и их роль в функционировании микробиоты и защите растений в агроценозах различных почвенно-климатических зон на территории Республики Татарстан: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.07. Казань. 2006. 406 с.

References

1. Baumgartner K., Martin P., Coetzee A. Secrets of the subterranean pathosystem of *Armillaria* // Molecular Plant Pathology. 2011.12(6):515-34.
2. Semenkova I.G., Sokolova E.S. Fitopatologiya: uchebnik dlya studentov vuzov. M.: Akademiya, 2023. 458 s.
3. Secondary metabolites of six Siberian and Crimean *Armillaria* species and their *in vitro* phytotoxicity to pine, larch and poplar / T.V. Antipova [et al.] // iForest – Biogeosciences and Forestry. 2022. Vol. 15. Is. 1. P. 38–46.
4. Nenad K. *In vitro* interactions between *Armillaria* species and potential biocontrol fungi // Bulletin of the Faculty of Forestry. 2009. Vol. 100. P. 129–142.
5. Mohammad R., Ebrahim M. Antagonistic effects of *Trichoderma* species in biocontrol of *Armillaria mellea* in fruit trees in Iran // Journal of Plant Protection Research. 2008. Vol.48 (2). P. 213–222.
6. *Armillaria borealis* Marxm. & Korhonen: rasprostranenie, fitopato-gennost' i morfolo-gikal'nal'nye osobennosti / I.N. Pavlov [et al.] // Agro`EkoInfo. 2017. № 3. S. 18
7. Litovka Yu.A. Skrinig sibirskih shtammov gribov roda *Trichoderma* – producentov biofungicidov na rastitel'nyh substratah // Hvojnye boreal'noj zony. 2018. Т. 36, № 6. S. 574–580.
8. Buhalo A.S. Vysshie s`edobnye bazidiomicety v poverhnostnoj i glubinnoj kul'ture. Kiev: Naukova dumka, 1983. 144 s.
9. Badalyan S.M., Gharibyan N.G., Innocenti G. Antifungal / antagonistic activity of different *Ganoderma* collections against plant pathogenic fungi and their antagonists // Mushroom biology and mushroom products: 8th International conference. India, New Delhi. 2014.
10. Alimova F.K. Biologicheskoe raznoobrazie vidov roda *Trichoderma* (*Fungi*, *Ascomycetes*, *Hypocreates*) i ih rol' v funkcionirovanii mikro-bioty i zaschite rastenij v agrocenozah razlichnyh pochvenno-klimaticheskikh zon na territorii Respubliki Tatarstan: dis. ... kand. biol. nauk: 03.00.07. Kazan'. 2006. 406 s.

Статья принята к публикации 23.10.2024 / The article accepted for publication 23.10.2024.

Информация об авторах:

Юлия Александровна Литовка¹, профессор кафедры химической технологии древесины и биотехнологий Сибирского государственного университета науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева, ведущий научный сотрудник ФИЦ Красноярский научный центр СО РАН, доктор биологических наук, доцент

Антон Алексеевич Тимофеев², младший научный сотрудник ФИЦ Красноярский научный центр СО РАН, старший лаборант Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН

Марина Максимовна Патрушева³, младший научный сотрудник ФИЦ Красноярский научный центр СО РАН, старший лаборант Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, аспирант Сибирского государственного университета науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева

Анна Александровна Леоненко⁴, младший научный сотрудник ФИЦ Красноярский научный центр СО РАН, старший лаборант, аспирант Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН

Полина Васильевна Шнайдер⁵, младший научный сотрудник Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН

Наталья Валентиновна Фомина⁶, старший научный сотрудник лаборатории лесных культур, микологии и фитопатологии Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН; доцент Сибирского государственного университета науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева, кандидат биологических наук, доцент

Кирилл Константинович Шестаков⁷, аспирант Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН

Игорь Николаевич Павлов⁸, заместитель директора по научной работе Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН; заведующий кафедрой химической технологии древесины и биотехнологии Сибирского государственного университета науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева, доктор биологических наук, профессор

Information about the authors:

Yulia Alexandrovna Litovka¹, Professor Department of Chemical Technology of Wood and Biotechnology at the Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Leading Researcher at the FRC Krasnoyarsk Scientific Center of the SB RAS, Doctor of Biological Sciences, Docent

Anton Alekseevich Timofeev², Junior Researcher, FRC Krasnoyarsk Scientific Center, SB RAS, Senior Laboratory Assistant, V.N. Sukachev Institute of Forestry, SB RAS

Marina Maksimovna Patrusheva³, Junior Researcher, FRC Krasnoyarsk Scientific Center, SB RAS, Senior Laboratory Assistant, V.N. Sukachev Institute of Forestry, SB RAS, Postgraduate Student, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology

Anna Alexandrovna Leonenko⁴, Junior Researcher, FRC Krasnoyarsk Scientific Center, SB RAS, Senior Laboratory Assistant, Postgraduate Student, V.N. Sukachev Institute of Forestry, SB RAS

Polina Vasilievna Schneider⁵, Junior Researcher, V.N. Sukachev Institute of Forestry, SB RAS

Natalia Valentinovna Fomina⁶, Senior Researcher, Laboratory of Forest Crops, Mycology and Phytopathology, Sukachev Institute of Forest, SB RAS; Associate Professor, M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Candidate of Biological Sciences, Docent

Kirill Konstantinovich Shestakov⁷, Postgraduate student at the V.N. Sukachev Institute of Forestry of the SB RAS

Igor Nikolaevich Pavlov⁸, Deputy Director for Research at the V.N. Sukachev Forest Institute of the SB RAS; Head of the Department of Chemical Wood Technology and Biotechnology at the M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Doctor of Biological Sciences, Professor

