

Научная статья

УДК 630\*232.318

doi: 10.34655/bgsha.2024.74.1.011

## ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДОВ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

А.Е. Осипенко<sup>1</sup>, А.С. Оплетаев<sup>2</sup>, Д.В. Гилязова<sup>3</sup>, К.А. Башегуров<sup>4</sup>, И.Е. Корчагин<sup>5</sup>

<sup>1,3,4,5</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> ООО «СИНЕРГИЯ», Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup>osipenkoae@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Полегание всходов из-за грибных фитопатогенов на семенах сосны обыкновенной наносит серьезный ущерб лесным питомникам, особенно при выращивании контейнерного посадочного материала в теплицах. Цель исследования заключается в оценке влияния фунгицидных препаратов на энергию прорастания и всхожесть семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), а также определение эффективности препаратов при борьбе с грибами родов *Alternaria* и *Fusarium*. В основу исследований положен метод влажной камеры в стерилизованных чашках Петри. Семена сосны собраны в пределах двенадцатого лесосеменного района (Свердловская и Тюменская область) в 2020-2021 годах. Семена обрабатывались четырнадцатью различными препаратами с фунгицидными свойствами. Фунгициды различались препаративной формой, концентрацией и действующим веществом. Семена протравливались путем вымачивания в препаратах на протяжении одного часа и не промывались водой после обработки. Девять из четырнадцати фунгицидов способствовали снижению доли семян, зараженных грибами из рода *Alternaria* и *Fusarium*. Доля семян, пораженных грибами, после обработки фунгицидами снизилась по сравнению с контрольными образцами в 1,4-3,5 раз. Ряд препаратов привел к снижению энергии прорастания и всхожести семян. Лучшие результаты получены при применении препаратов на основании флудиоксонила при меньшей его концентрации (25 г/л); грибов *Trichoderma harziannum* (ВИЗР-18) с комплексом метаболитов; бактерий *Bacillus subtilis* (штамм ИПМ 215). Наименее безопасными и эффективными препаратами в нашем опыте оказались флудиоксонил при высокой концентрации (75г/л) и калия перманганат 40% в сочетании с уксусной эссенцией 70%. Неудовлетворительные результаты также зафиксированы по препаратам с действующими веществами: бактерии *Bacillus subtilis* (М-22 ВИЗР) с комплексом метаболитов; споры гриба *Trichoderma viride* и бактерии *Bacillus subtilis* (КОЕ 1 млрд/г); мандипропамид (250 г/л).

**Ключевые слова:** *Pinus sylvestris*, полегание всходов, семена, энергия прорастания, всхожесть, фунгицид.

## INFLUENCE OF FUNGICIDES ON THE SOWING QUALITIES OF SEEDS OF SCOTS PINE

Alexey E. Osipenko<sup>1</sup>, Anton S. Opletaev<sup>2</sup>, Diana V. Gilyazova<sup>3</sup>,  
Konstantin A. Bashegurov<sup>4</sup>, Ivan E. Korchagin<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Ural State Forestry Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>LLC "SINERGIYA", Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup>osipenkoae@m.usfeu.ru

**Abstract.** Sprout lodging due to fungal phytopathogens on Scots pine seeds causes serious damage to forest nurseries, especially when growing containerized planting material in greenhouses. The purpose of the study was to evaluate the influence of fungicidal germicides on the germination energy and germination of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds, as well as to determine the efficiency of the fungicides to fight against fungi of *Alternaria* and *Fusarium* genera. The research was based on the moist chamber method in sterilized Petri dishes. The pine seeds were collected within the twelfth forest seed region (the Sverdlovsk and Tyumen regions) in 2020-2021. The seeds were treated with fourteen different germicides with fungicidal properties. Fungicides differed in preparative forms, concentration and active ingredient. The seeds were treated by soaking in the fungicides for one hour and were not washed with water after treatment. Nine out of fourteen fungicides contributed to a decrease in the proportion of seeds infected with fungi of *Alternaria* and *Fusarium* genera. The number of seeds affected by fungi after treatment with fungicides decreased by 1.4-3.5 times compared to control samples. A number of germicides led to a decrease in germination energy and seed germination. The best results were obtained when using germicides based on fludioxonil at a lower concentration (25 g/l), the fungi of *Trichoderma harziannum* (VIZR-18 strain) with a complex of metabolites, and the bacteria of *Bacillus subtilis* (IPM 215 strain). The least safe and effective germicides in the experiment were fludioxonil at its high concentration (75 g/l) and potassium permanganate 40% in combination with 70% vinegar essence. Unsatisfactory results also were recorded for germicides with active ingredients: bacteria of *Bacillus subtilis* (M-22 VIZR strain) with a complex of metabolites; spores of the *Trichoderma viride* fungi and *Bacillus subtilis* bacteria (1 billion CFU/g); mandipropamide (250 g/l).

**Keywords:** *Pinus sylvestris*, sprout lodging, seeds, germination energy, germination, fungicide.

**Введение.** Грибные болезни являются частой проблемой, с которой сталкиваются лесные питомники, а основным средством борьбы с ними являются фунгициды [1]. Однако повсеместное применение фунгицидов негативно сказывается на состоянии окружающей среды и приводит к развитию резистентности фитопатогенов к ним. В связи с этим на сегодняшний день многие ученые занимаются составлением стратегий борьбы с фитопатогенами, которые позволили бы сократить дозировки фунгицидов без снижения эффективности их защитного действия и при этом преодолеть резистентность фитопатогенов [2, 3]. Существует мнение о том, что резистентность – это наиболее трудно преодолимое последствие фунгицидных обработок [4].

Альтернативно и фузариоз вызываются повреждением растений микроскопическими несовершенными грибами рода *Alternaria* и *Fusarium*. Виды этих родов встречаются по всему миру [5, 6, 7]. В лесном хозяйстве РФ указанные болезни наносят значительный ущерб в питомниках [8]. Очень часто патогены обнаруживаются на семенах растений. Иногда такое заражение не сопровождается появлением каких-либо симптомов и не приводит к снижению количества семян и их качества (массы 1000 семян, всхожести). В других случаях ущерб от заражения очень значителен и приводит к снижению всхожести. Также заражение семян иногда приводит к заражению всходов и их гибели [9]. Заражение обычно происходит в лесу, и дальнейшее повреждение разви-

вается во время хранения семян. Распространению инфекции способствует наличие механических повреждений оболочек семян. Развитие грибных болезней в семенах во время хранения может происходить даже при низких температурах [10].

Все вышесказанное свидетельствует об актуальности такого направления исследований, как подбор малотоксичных фунгицидов для борьбы с грибными болезнями.

**Цель исследования** – оценка влияния фунгицидных препаратов на энергию прорастания и всхожесть семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), а также определение эффективности препаратов при борьбе с грибами родов *Alternaria* и *Fusarium*.

**Объекты и методы исследования.** Основной метод исследования: метод влажной камеры в стерилизованных чашках Петри. Семена сосны были собраны в 2020-2021 годах на территории Свердловской и Тюменской областей (12 лесосеменной район). Концентрация и способ приготовления рабочего раствора препаратов выбирались в соответствии с рекомендациями производителей фунгицидов (табл. 1). Для приготовления раство-

ров использовалась дистиллированная вода.

Семена протравливались путем вымачивания в препаратах на протяжении одного часа и не промывались водой после обработки. Затем семена при помощи пинцета помещались в чашки Петри на стерильную фильтровальную бумагу, смоченную дистиллированной водой. В каждую чашку Петри помещалось по 100 семян. Чашки Петри накрывались крышками. Все варианты опыта были заложены в четырех повторностях. Температура во влажных камерах поддерживалась на уровне 20-25°C.

Энергия прорастания определялась на 7-й день опыта, всхожесть – на 15-й день опыта, при этом учитывались только нормально проросшие семена<sup>1</sup>. Количество семян, пораженных грибами, определялось визуально. После обнаружения конидий готовился микропрепарат, который рассматривался под микроскопом [11, 12]. Род гриба определялся под микроскопом по форме конидий. В связи с тем, что негативное влияние различных видов грибов из рода *Alternaria* и *Fusarium* на сеянцы сосны примерно одинаково, в этом исследовании видовые названия грибов не определялись.

**Таблица 1** – Характеристика фунгицидов, применявшихся для обработки семян

Код препарата	Препаративная форма	Концентрация раствора на 1 литр воды	Действующее вещество
0	Нет (контроль)	Дистиллированная вода	-
1	Концентрат суспензии	0,8 мл	Эпоксиконазол (240 г/л); ципроконазол (160 г/л)
2	Концентрат суспензии	2 мл	Флудиоксонил (25г/л)
3	Концентрат суспензии	20 мл	Флудиоксонил (75 г/л)
4	Таблетка	0,25 г	Грибы <i>Trichoderma harziannum</i> (ВИЗР -18); комплекс метаболитов
5	Концентрат эмульсии	0,2 мл	Дифеноконазол (250 г/л)

<sup>1</sup> ГОСТ 13056.6-97. Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести. М.: Издательство стандартов, 1998. 31 с.

Продолжение таблицы 1

6	Таблетка	1,25 г	Бактерии <i>Bacillus subtilis</i> (М-22 ВИЗР); комплекс метаболитов
7	Смачивающийся порошок	2 г	Бактерии <i>Bacillus subtilis</i> (штамм ИГМ 215, БА-10000 ЕД/г, титр не менее 2 млрд спор/г)
8	Смачивающийся порошок	10 г + 2 чайных ложки сахара	Споры гриба <i>Trichoderma viride</i> и бактерии <i>Bacillus subtilis</i> (КОЕ 1 млрд/г)
9	Водорастворимый концентрат	2 мл	Фитобактериомицин (БА 120 000 ЕА/мл, 32 г/л)
10	Концентрат суспензии	1,2 мл	Мандипропамид (250 г/л)
11	Смачивающийся порошок	5 г	Меди хлорокись (689 г/кг), цимоксанил (42 г/кг)
12	Порошок	1,5 г (наведение раствора за 2 часа до обработки)	Бактерии <i>Bacillus subtilis</i> (26 Д, 100 млн кл./г)
13	Порошок	5 г + 15 мл уксуса	Калия перманганат – 40%; уксусная эссенция – 70%
14	Водно-диспергируемые гранулы	0,33 г	Ципродинил (750 г/кг)

**Результаты и их обсуждение.** Результаты лабораторных испытаний приведены на рисунках 1 и 2 и в таблице 2.

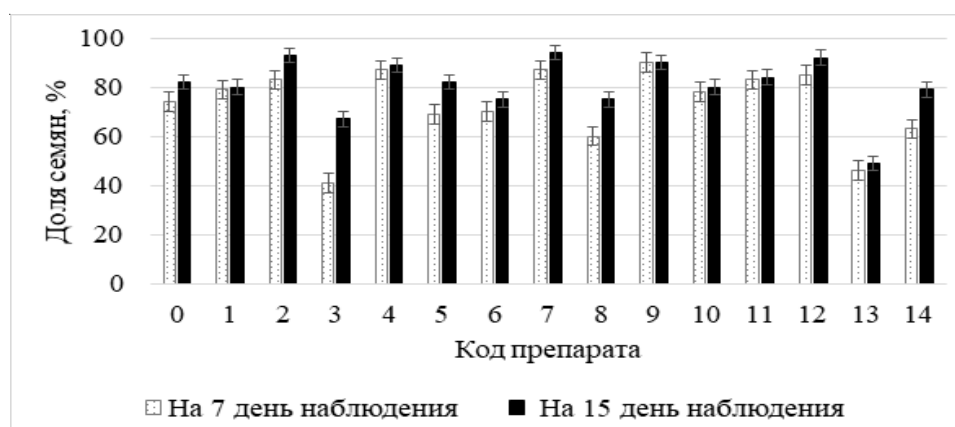


Рисунок 1. Средняя энергия прорастания (на 7-й день) и всхожесть (на 15-й день) семян

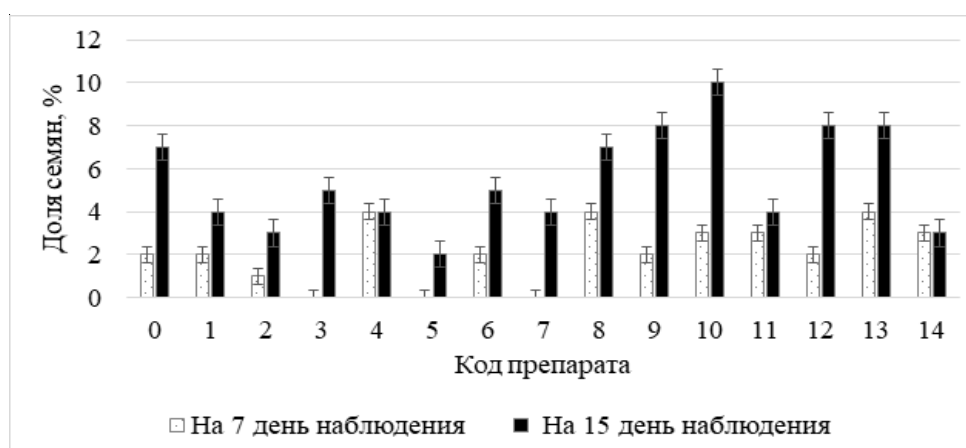


Рисунок 2. Средние значения доли семян, пораженных грибами

**Таблица 2** – Сравнение средних значений посевных качеств семян, обработанных фунгицидами, с контрольными образцами, %

Код препарата	На 7-й день наблюдения		На 15-й день наблюдения	
	энергия прорастания семян	доля пораженных грибами семян	всхожесть семян	доля пораженных грибами семян
1	5	0	-2	-3
2	9	-1	11	-4
3	-33	-2	-15	-2
4	13	2	7	-3
5	-5	-2	0	-5
6	-4	0	-7	-2
7	13	-2	12	-3
8	-14	2	-7	0
9	16	0	8	1
10	4	1	-2	3
11	9	1	2	-3
12	11	0	10	1
13	-28	2	-33	1
14	-11	1	-3	-4

Девять из четырнадцати фунгицидов поспособствовали снижению доли семян, зараженных грибами из рода *Alternaria* и *Fusarium*. Доля семян, пораженных грибами, после обработки фунгицидами снизилась по сравнению с контрольными образцами в 1,4-3,5 раз. Наиболее эффективным средством борьбы является препарат под номером 5 на основе дифеноконазола. Возможно, в данном случае сыграла роль препаративная форма данного фунгицида (концентрат эмульсии). Также хорошие результаты показали препараты под номерами 2 и 14. В них действующее вещество – флудиоксонил и ципродинил. Примечательно, что препарат под номером 3 с концентрацией флудиоксонила в 30 раз больше, чем в препарате под номером 2, не показал лучших результатов по воздействию на грибы, однако значительно снизил всхожесть семян сосны.

Пять из четырнадцати препаратов не оказали фунгицидного действия на исследуемые патогены. Среди препаратов, не оказавших эффекта, три биопрепарата (на основе бактерий рода *Bacillus* и грибов рода *Trichoderma*) и препараты с дей-

ствующим веществом мандипропамид и калия перманганат в сочетании с уксусом. Касательно мандипропамида известно, что его рекомендуют к применению при фитофторозе и действие его основано на проникновении в растения через листья. Последнее объясняет отсутствие положительного эффекта в нашем опыте.

Ряд препаратов (№ 1, 3, 6, 8, 10, 13, 14) оказали негативное действие на энергию прорастания и всхожесть семян сосны. Для этих препаратов можно порекомендовать снизить концентрацию раствора и провести повторные лабораторные исследования.

По нашим данным, самыми безопасными препаратами для обработки семян сосны оказались препараты под номером 2, 4, 7, 9, 12. Действующие вещества данных препаратов: флудиоксонил (при низкой концентрации), гриб *Trichoderma harziannum* (ВИЗР-18) с комплексом метаболитов, бактерии *Bacillus subtilis* и фитобактериомицин.

Следует отметить, что препараты на основе бактерий рода *Bacillus* и грибов рода *Trichoderma* в почвенных условиях могут показать лучший эффект, чем в ла-

бораторных условиях. В публикациях других исследователей отмечается их положительный эффект, поскольку они способны ускорять разложение органических веществ в почве, повышать доступность питательных веществ для растений за счет фиксации азота, мобилизации фосфора и образования биологически активных веществ [13, 14, 15, 16]. Поэтому в дальнейших исследованиях мы планируем изучить действие этих препаратов в условиях открытого и закрытого грунта.

Имеются сведения, что препарат флудиоксонил приводит только к замедлению роста возбудителя, но не к его гибели. Последнее объясняется устойчивостью фитопатогенов к этому фунгициду [17; 18].

Данные проведенного эксперимента показывают, что часовое воздействие фунгицидов не может на 100% защитить семена от грибов рода *Alternaria* и *Fusarium*, однако это один из наиболее эффективных способов обеззараживания семенного материала. При защите семян хвойных деревьев наиболее целесообразно бороться с фитопатогенами на семенах на этапе предпосевной обработки [19, 20]. Применение фунгицидов после посева менее эффективно и требует расхода большего количества средств защиты растений, что увеличивает пестицидную нагрузку лесного питомника на окружающую среду, поскольку всегда существует риск попадания фунгицидов в дренаж. Также обработка химикатами после посева снижает эффективность полезных грибов, которые вступают в симбиоз с корнями хвойных расте-

ний, именно поэтому очень важно сеять стерильные семена в питомниках.

Дальнейшее направление исследований может заключаться в изучении влияния фунгицидов на всхожесть семян различных древесных пород в условиях открытого и закрытого грунта, а также изучения влияния различных концентраций препаратов и способов обработки семян.

**Выводы.** 1. Девять из четырнадцати испытуемых препаратов способствовали снижению доли семян сосны, зараженных грибами родов *Alternaria* и *Fusarium*. Шесть препаратов привели к снижению энергии прорастания. Семь препаратов снизили всхожесть семян по сравнению с контролем.

2. По совокупности двух факторов (эффективность и безопасность) лучшие результаты получены при применении препаратов на основании флудиоксонила (25г/л); грибов *Trichoderma harziannum* (ВИЗР-18) с комплексом метаболитов; бактерий *Bacillus subtilis* (штамм ИПМ 215, БА-10000 ЕД/г, титр не менее 2 млрд спор/г).

3. Наименее безопасными и эффективными препаратами в нашем опыте оказались флудиоксонил (75г/л) и калия перманганат 40% в сочетании с уксусной эссенцией 70%. Также неудовлетворительные результаты зафиксированы по препаратам с действующими веществами: бактерии *Bacillus subtilis* (М-22 ВИЗР) с комплексом метаболитов; споры гриба *Trichoderma viride* и бактерии *Bacillus subtilis* (КОЕ 1 млрд/г); мандипропамид (250 г/л).

#### Список источников

1. Сенашова В.А., Шилкина Е.А., Сафронова И.Е. Фитопатогенные микромицеты, ассоциированные с хвойными растениями на территории Средней Сибири // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. № 236. С. 129-151. EDN: TXJNUS. doi: 10.21266/2079-4304.2021.236.129-151
2. Sheller M.A., Shilkina E.A., Ibe A.A., Razdorozhnaya T.Y., Sukhikh T.V. Phytopathogenic fungi in forest nurseries of Middle Siberia // iForest. 2020. Vol. 13. No. 6. Pp. 507-512. doi: 10.3832/ifor3507-013
3. Щербакова Л.А. Развитие резистентности к фунгицидам у фитопатогенных грибов и их хемосенсибилизация как способ повышения защитной эффективности триазолов и стробилуринов (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 5. С. 875-891. EDN: MLUFKS. doi: 10.15389/grobiology.2019.5.875rus
4. Corkley I., Fraaije B., Hawkins N. Fungicide resistance management: Maximizing the effective life of plant protection products // Plant Pathology. 2022. Vol. 71. Pp. 150-169. doi: 10.1111/ppa.13467

5. Kiran M., Gopakumar S., Reshmy V., Vidyasagaran K. Documentation and characterization of fungal diseases in nursery seedlings of teak (*Tectona grandis* L.f.) in Kerala, India // *Indian Phytopathology*. 2021. Vol. 74. Pp. 639–647. doi: 10.1007/s42360-021-00333-3
6. Marčiulynas A., Marčiulynienė D., Lynikienė J., Gedminas A., Vaičiukynė M., Menkis A. Fungi and oomycetes in the irrigation water of forest nurseries // *Forests*. 2020. No. 11(4). P. 459. doi: 10.3390/f11040459
7. Соколова Л.М. Системное применение иммунологической схемы при диагностике *Alternaria* sp. и *Fusarium* sp. // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2023. № 1 (66). С. 73-82. EDN: DXEJDT doi: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-73-82
8. Черкис Т.М. Результаты изучения эффективности некоторых протравителей для защиты сеянцев сосны от поражения возбудителями фузариоза // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2015. Т. 32. № 15 (212). С. 53-60. EDN: VAWHYP
9. Ekwomadu T.I., Mwanza M. Fusarium fungi pathogens, identification, adverse effects, disease management, and global food security: a review of the latest research // *Agriculture*. 2023. Vol. 13. No. 9. P. 1810. doi: 10.3390/agriculture13091810
10. Жуков А.М., Гниненко Ю.И., Жуков П.Д. Опасные малоизученные болезни хвойных пород в лесах России: изд. 2-е, испр. и доп. Пушкино: ВНИИЛМ, 2013. 128 с. EDN: QLCKSR.
11. Ганнибал Ф.Б., Орина А.С. Электронный ключ для идентификации грибов рода *Alternaria*, распространенных в России // Микология и фитопатология. 2022. Т. 56. № 6. С. 431-440. EDN: GKZIQS. doi: 10.31857/S0026364822060034
12. Sinclair J.B., Dhingra O.D. Basic plant pathology methods. Second edition. CRC press, 2017. 448 p.
13. Ferreira F.V., Musumeci M.A. Trichoderma as biological control agent: scope and prospects to improve efficacy // *World J Microbiol Biotechnol*. 2021. Vol. 37. No. 90. Pp. 1-17. doi: 10.1007/s11274-021-03058-7
14. Singh A.K., Kumar A., Singh R., Saini R., Maanju S., Leharwan M., Sehgal V., Kumar B., Dixit P.S. Revolutionary role of Trichoderma in sustainable plant health management: a review // *International Journal of Environment and Climate Change*. 2023. No. 13(11). P. 4203-4217. doi: 10.9734/ijec/2023/v13i113600.
15. Баймухамбетова А.С., Магзанова Д.К., Батаева Ю.В. Исследование фунгицидной активности изолята бактерий рода *Bacillus* на некоторые виды фитопатогенных грибов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (151). С. 82-86. EDN: YPLLUN.
16. Вибе Е.П., Меркель К.А. Опыт по применению ростовых веществ и биологических фунгицидов на распространенность полегания всходов сосны обыкновенной // Леса России и хозяйство в них. 2019. № 4 (71). С. 48-53. EDN: BWZTWP.
17. Якуба Г.В., Астапчук И.Л., Насонов А.И. Действие фунгицидов in vitro на грибы рода *Fusarium* Link, вызывающие гниль сердцевины плодов яблони // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 2 (22). С. 188-197. EDN: EUVWZA. doi: 10.33952/2542-0720-2020-2-22-188-197
18. Zhou F., Li D.X., Hu H.Y., Song Y.L., Fan Y.C., Guan Y.Y., Song P.W., Wei Q.C., Yan H.F., Li C.W. Biological characteristics and molecular mechanisms of fludioxonil resistance in *Fusarium graminearum* in China // *Plant Disease*. 2020. Vol. 104. No. 9. Pp. 2426-2433. doi: 10.1094/PDIS-01-20-0079-RE
19. Moumni M., Brodal G., Romanazzi G. Recent innovative seed treatment methods in the management of seedborne pathogens // *Food Security*. 2023. Vol. 15. Pp. 1365-1382. doi: 10.1007/s12571-023-01384-2
20. Болезни посадочного материала хвойных пород с закрытой корневой системой в постоянных питомниках Могилевской области по данным молекулярно-фитопатологического обследования / С.В. Пантелеев, О.Ю. Баранов, И.Э. Рубель [и др.] // Труды БГТУ. № 1. Лесное хозяйство. 2016. № 1(183). С. 172-176. EDN: WHDMOB.

## References

1. Senashova V.A., Shilkina E.A., Safronova I.Ye. Phytopathogenic micromycetes associated with conifers in Middle Siberia. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*. 2021;236:129–151 (In Russ.). doi: 10.21266/2079-4304.2021.236.129-151
2. Sheller M.A., Shilkina E.A., Ibe A.A., Razdorozhnaya T.Y., Sukhikh T.V. Phytopathogenic fungi in forest nurseries of Middle Siberia. *iForest*. 2020;13;6:507-512. doi: 10.3832/ifor3507-013
3. Shcherbakova L.A. Fungicide resistance of plant pathogenic fungi and their chemosensitization as a tool to increase anti-disease effects of triazoles and strobilurines (revive). *Agricultural Biology*. 2019;54(5):875-891 (In Russ.). doi: 10.1111/ppa.13467
4. Corkley I., Fraaije B., Hawkins N. Fungicide resistance management: Maximizing the effective life of plant protection products. *Plant Pathology*. 2022;71:150-169.
5. Kiran M., Gopakumar S., Reshmy V., Vidyasagaran K. Documentation and characterization of fungal diseases in nursery seedlings of teak (*Tectona grandis* L.f.) in Kerala, India. *Indian Phytopathology*. 2021;74:639–647. doi: 10.1007/s42360-021-00333-3
6. Marčiulynas A., Marčiulynienė D., Lynikienė J., Gedminas A., Vaičiukynė M., Menkis A. Fungi and Oomycetes in the Irrigation Water of Forest Nurseries. *Forests*. 2020;11(4):459. doi: 10.3390/f11040459
7. Sokolova L.M. Systemic application of the immunological scheme for diagnosing *Alternaria* sp. and *Fusarium* sp. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2023;1(1):73-82 (In Russ.). doi: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-73-82

8. Cherkis T.M. The results of research on some fungicides effectiveness for Scotch pine seedlings protection from damping-off agents. *Scientific statements BelSU. Ser. Natures Science*. 2015;32;15(212):53-60 (In Russ.).
9. Ekwomadu T.I., Mwanza M. Fusarium fungi pathogens, identification, adverse effects, disease management, and global food security: a review of the latest research. *Agriculture*. 2023;13(9):1810. doi: 10.3390/agriculture13091810
10. Zhukov A.M., Gninenko Yu.I., Zhukov P.D. Dangerous little-studied diseases of coniferous species in the forests of Russia. Pushkino: VNIILM. 2013. 128 p. (In Russ.).
11. Gannibal Ph.B., Orina A.S. An electronic key for identification of *Alternaria* fungi common in Russia. *Mycology and phytopathology*. 2022;56(6):431-440 (In Russ.). doi: 10.31857/S0026364822060034
12. Sinclair J.B., Dhingra O.D. Basic plant pathology methods. Second edition. CRC press, 2017. 448 p.
13. Ferreira F.V., Musumeci M.A. Trichoderma as biological control agent: scope and prospects to improve efficacy. *World J Microbiol Biotechnol*. 2021;37;90:1-17.
14. Singh A.K., Kumar A., Singh R., Saini R., Maanju S., Leharwan M., Sehgal V., Kumar B., Dixit P.S. Revolutionary role of *Trichoderma* in sustainable plant health management: a review. *International Journal of Environment and Climate Change*. 2023;13(11):4203-4217. doi: 10.9734/ijecc/2023/v13i113600
15. Baymukhambetova A.S., Magzanova D.K., Bataeva Yu.V. Investigation of fungicidal activity of Bacillus bacteria isolate on some types of phytopathogenic fungi // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2017;5(151):82-86 (In Russ.).
16. Vibe E.P., Merkel K.A. Experience in the application of growth substances and biological fungicides on the prevalence of lodging of common pine seedlings. *Forests of Russia and economy in them*. 2019;4(71):48-53 (In Russ.).
17. Yakuba G.V., Astapchuk I.L., Nasonov A.I. In vitro action of fungicides on fungi of the genus *Fusarium* link causing core rot of apple-fruit. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2020;2(22):188-197 (In Russ.). doi: 10.33952/2542-0720-2020-2-22-188-197
18. Zhou F., Li D.X., Hu H.Y., Song Y.L., Fan Y.C., Guan Y.Y., Song P.W., Wei Q.C., Yan H.F., Li C.W. Biological characteristics and molecular mechanisms of fludioxonil resistance in *Fusarium graminearum* in China. *Plant Disease*. 2020;104;9:2426-2433. doi: 10.1094/PDIS-01-20-0079-RE
19. Moumni M., Brodal G., Romanazzi G. Recent innovative seed treatment methods in the management of seedborne pathogens. *Food Security*. 2023;15:1365-1382. doi: 10.1007/s12571-023-01384-2
20. Diseases of the planting material of conifers with a closed root system in permanent nurseries of the Mogilev region according to molecular phytopathological examination / S.V. Panteleev, O.Yu. Baranov, I.E. Rubel [et al.] // Proceedings of BSTU. No. 1. Forestry. 2016;1(183):172-176 (In Russ.).

#### Сведения об авторах

**Алексей Евгеньевич Осипенко** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства, osipenkoae@m.usfeu.ru;

**Антон Сергеевич Оплетев** – кандидат сельскохозяйственных наук, директор лесосеменного селекционного центра ООО «Синергия», opletsev.ekb@yandex.ru;

**Диана Вадимовна Гилязова** – магистрант, gilyazowadi@yandex.ru;

**Константин Андреевич Башегуров** – аспирант, ассистент кафедры лесоводства, bashegurovka@m.usfeu.ru;

**Иван Евгеньевич Корчагин** – аспирант, ассистент кафедры лесоводства, korchagini@m.usfeu.ru.

#### Information about the authors

**Alexsey E. Osipenko** – Candidate of Science (Agriculture), Associate Professor, Chair of Forestry, osipenkoae@m.usfeu.ru;

**Anton S. Opletsev** – Candidate of Science (Agriculture), director of the forest seed-breeding center, opletsev.ekb@yandex.ru;

**Diana V. Gilyazova** – master's degree, gilyazowadi@yandex.ru;

**Konstantin A. Bashegurov** – Postgraduate Student, Assistant, Chair of Forestry;

**Ivan E. Korchagin** – Postgraduate Student, Assistant, Chair of Forestry.

Статья поступила в редакцию 10.11.2023; одобрена после рецензирования 08.12.2023; принята к публикации 16.01.2024.

The article was submitted 10.11.2023; approved after reviewing 08.12.2023; accepted for publication 16.01.2024.