

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ СТАТЬИ

УДК 632.93 + 630*232.318 + 579.264 + 571.51

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ БИОПРЕПАРАТАМИ НА ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

И. Д. Гродницкая¹, Г. Г. Полякова¹, В. А. Сенашова¹, О. Э. Пашкеева¹,
Н. В. Пашенова¹, Г. И. Антонов¹, А. Ю. Баглаев²

¹ Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28

² Казачинское лесничество Министерства лесного хозяйства Красноярского края
663100, Красноярский край, Казачинский р-н, с. Казачинское, ул. Лыкова, 42

E-mail: igrod@ksc.krasn.ru, ggpolyakova@mail.ru, vera0612@mail.ru, koeandkoe@mail.ru,
pasnat@ksc.krasn.ru, egoan@yandex.ru, anton.baglaev.86@mail.ru

Поступила в редакцию 18.02.2021 г.

Проверка эффективности обработки семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) биопрепаратами на основе грибов рода триходерма (*Trichoderma* Pers.) для повышения качества сеянцев в мелкоделяночных опытах и производственных посевах в двух лесных питомниках Красноярского края показала, что в мелкоделяночных опытах обработка семян сосны биопрепаратами улучшала сохранность сеянцев в 12.3 (*T. harzianum* Rifai) и 16.4 раза (*T. lignorum* Tode в сочетании с *T. harzianum*) по сравнению с контролем. Все варианты обработки в разной степени улучшали морфометрические параметры сеянцев. Производственные посева в двух лесных питомниках Казачинского лесничества также показали положительный эффект влияния биопрепаратов на улучшение качества посадочного материала. Обработка семян сосны обыкновенной фунгицидом «Бункер» (перед снегованием) в лесопитомнике у с. Мокрушинское снизила эффективность биопрепарата в 1-й год исследований. Количество сеянцев в конце вегетации в опыте и контроле достоверно не различалось. На 2-й год наблюдений в опытном варианте у двухлетних сеянцев отмечали существенное увеличение их размеров (на 13 %), разветвленности и длины корневой системы (на 30 %) по сравнению с контролем. В питомнике у д. Водорезово, где фунгициды не применялись, положительное влияние биопрепарата на морфометрические параметры однолетних сеянцев проявилось уже в 1-й год. Опытные сеянцы имели большую общую длину и длину корня, более мощные стволы, глубокую и развитую корневую систему по сравнению с контрольными. Микробиологические исследования почвы лесопитомников в 2019, 2020 гг. показали, что численность грибов рода *Trichoderma*, внесенных вместе с семенами сосны, в почве опытных участков оставалась достаточно высокой на протяжении всего вегетационного периода. Разработанные биопрепараты на основе аборигенных штаммов этих грибов могут быть рекомендованы для использования их в искусственном лесоразведении для повышения качества лесопосадочного материала.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris* L., грибы рода *Trichoderma*, предпосевная обработка семян, биопрепараты, грунтовая всхожесть семян, сохранность сеянцев, морфометрические параметры сеянцев, Средняя Сибирь

DOI: 10.15372/SJFS20210301

ВВЕДЕНИЕ

Решение современных проблем рационального лесопользования тесно связано с воспроизводством высокопродуктивных лесов. Лесные пожары, вспышки массового размножения насекомых, инвазии, неконтролируемая вырубка лесов снижают лесопродукционный потенциал, увеличивают площади безлесных территорий. Из-за падения объема естественного лесовосстановления возникает необходимость своевременного качественного искусственного воспроизводства лесов для рационального и непрерывного лесопользования, сохранения равновесия в природе и биосфере в целом. Одним из критических этапов лесовосстановления является получение посадочного материала на территориях лесных питомников, где необходимо проведение систематических агротехнических мероприятий (вспашка, внесение пестицидов, возделывание монокультуры, изъятие растительности), что негативно сказывается на плодородии почв.

В системе защиты растений чаще всего используются лишь химические средства, но их применение в полной мере не решает проблему, так как общий уровень инфицированности почв остается высоким и нарастает из года в год (Соколов, 1990; Jain et al., 2005; Reglinski, Dick, 2005). Длительное использование химических препаратов неизбежно приводит к появлению резистентных форм патогенных микроорганизмов и уничтожению полезной микробиоты (Якименко, Гродницкая, 2000; Громовых и др., 2005). В почвах питомников отмечают снижение содержания питательных элементов (истощение), увеличение токсикогенности и численности фитопатогенных микроорганизмов, развитие деградиционных процессов, снижение агрохимического и биологического потенциалов (биогенности) (Громовых и др., 2002; Гродницкая, Сорокин, 2006; Фомина и др., 2006; Grodnitskaya, Sorokin, 2006; Trasar-Cepeda et al., 2008).

Для решения этих проблем актуальна детальная разработка экологических технологий, способствующих эффективному выращиванию посадочного материала для создания лесных плантаций и восстановления лесных насаждений на вырубках, а также сохранения продуктивности и биогенности используемых почв. Перспективным направлением защиты растений является использование биологических методов восстановления почв с помощью биоагентов/

биопрепаратов на основе микроорганизмов, применяемых отдельно или в сочетании со стратегиями комплексной борьбы с вредителями. Данный подход способен не только восстановить, но и существенно улучшить состояние деградированных и нарушенных почв, увеличить адаптационный потенциал растений именно на ранних этапах формирования фитоценоза, когда гибель растений наиболее высока (Соколов, 1990; Bushena et al., 1995; Jain et al., 2005; Reglinski, Dick, 2005).

Большое внимание в качестве перспективных биоагентов уделяют микромицетам рода *Trichoderma*, способным контролировать различные фитопатогены, ввиду чего применение их в защите растений от болезней оправдано (Прудникова, 2000; Громовых, 2002; Дьяков, 2003; Алимова, 2006; Кабрера Фуентес и др., 2007; Голованова, 2009). Эффективность триходермы против более чем 10 видов местных рас фитопатогенных грибов на широком спектре растений (различные сорта огурца, томата, капусты, перца и декоративных культур, зерновые и зернобобовые, а также сеянцы сосны) была продемонстрирована в опытах *in vivo* и *in vitro* Ф. К. Алимовой (2006) и Э. А. Кабрера Фуентес (2007). По данным Т. Д. Гаршиной (1991), обработка хвойных биопрепаратом «Триходермин» снижала заболеваемость сеянцев на 50 % по сравнению с контролем, а опытные растения сосны на 3–4 см были выше и лучше по другим показателям.

Несмотря на перспективность биопрепаратов на основе триходермы для выращивания лесных и сельскохозяйственных культур и многократно доказанную их эффективность, в том числе экономическую (Громовых и др., 1997; Громовых, 2002; Алимова, 2006; Гродницкая, Сорокин, 2006; Grodnitskaya, Sorokin, 2006), нормативно-правовая база регламентирует использование фунгицидов для предпосевной обработки семян, хотя известно, что химические препараты негативно влияют сначала на почву, а затем уже и на выращиваемые культуры.

Первые испытания в лесных питомниках Красноярского края (лесостепная зона) указанных биопрепаратов для повышения качества сеянцев и борьбы с почвенными фитопатогенами выполнялись на рубеже 20 и 21 вв. (1996–2003 гг.) при участии Центра защиты леса Красноярского края. Согласно проведенным исследованиям, обработка посевов сосны сибирской в Мининском питомнике биопрепаратом

«Триходермин-М» (в виде порошка) повысила число всходов на 25.6 % и выход сеянцев первого года на 35.7 % от контроля (Громовых и др., 2002; Садыкова, 2012).

Несмотря на вышеизложенное, широкого внедрения биопрепаратов в практику искусственного лесовыращивания на территории Сибири не последовало. Возможно, это связано с сокращением финансирования как лесовозобновительных работ, так и научных разработок по промышленному применению биопрепаратов для этих целей.

В течение многих лет нами неоднократно экспериментально доказывалось положительное влияние биопрепаратов на основе бактерий и грибов рода *Trichoderma* на снижение фитопатогенной нагрузки почвы и улучшение состояния сеянцев хвойных в опытном питомнике экспериментального хозяйства «Погорельский бор» ИЛ СО РАН (Гродницкая и др., 2016; Пашкеева и др., 2021). Анализ литературы и наши данные свидетельствуют о необходимости возобновить работы по внедрению в лесное хозяйство Красноярского края хорошо зарекомендовавших себя указанных биопрепаратов. Для этого необходимо исследовать эффективность препаратов в различных питомниках, отличающихся по экологическим условиям и типам почв, апробировать приемы и подходы, позволяющие развить технологию применения биопрепаратов в промышленных масштабах для повышения качества посадочного материала и оздоровления почвы питомников от фитопатогенов. В качестве объекта исследования нами была выбрана сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) – один из основных видов хвойных, культивируемых в Сибири.

Цель исследований – оценка эффективности предпосевной обработки семян сосны обыкновенной биопрепаратами на основе грибов рода *Trichoderma* в повышении качества лесопосадочного материала – сосновых сеянцев. Для этого в мелкоделяночных опытах и производственных посевах (в лесопитомниках Красноярского края) сравнивали всхожесть и сохранность сеянцев сосны, их размеры в двух вариантах опыта: без обработки семян биопрепаратами (контроль) и с обработкой (опыт).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Характеристика семенного материала.

Все исследования проведены с семенами сосны обыкновенной, предоставленными Казачинским лесничеством (табл. 1).

Семена сосны, использованные в посадках 2020 г., прошли повторную проверку: согласно предоставленному Удостоверению о качестве семян № 24/10725 образцы/семена поступили на анализ 02.12.19 г.

Приготовление суспензий биопрепаратов для предпосевной обработки семян. Для приготовления суспензий биопрепаратов из коллекции музея лаборатории микробиологии и экологической биотехнологии ИЛ СО РАН были взяты сибирские изоляты грибов рода *Trichoderma*: *T. harzianum* Rifai. (= *T. viride* Pers.), *T. longibrachiatum* Rifai., выделенные в разное время из почв лесных питомников Красноярского края и Хакасии. Предпосевная обработка водными суспензиями этих грибов ранее позволила получить в 2–2.5 раза больше здоровых проростков хвойных, чем в контроле (обработка водой) (Кондакова, Гродницкая, 2018).

Таблица 1. Характеристика семян сосны обыкновенной, использованных в экспериментальных посевах, согласно удостоверению о качестве семян*

Показатель	Время проведения экспериментов	
	2018, 2019 гг.	2020 г.
Время сбора	Февраль, март 2017 г.	Январь – март 2012 г.
Место сбора	Казачинское лесничество, Галанинское участковое	Казачинское лесничество, Кемское участковое
Категория	Нормальные	Нормальные
Чистота семян, %	98.8	98.9
Масса 1000 семян, г	6.51	5.72
Всхожесть за 15 дней, %	98	96
Энергия прорастания за 7 дней, %	96	95
Класс качества	I	I

* Удостоверения о качестве семян выданы отделом Красноярской лесосеменной станции филиала ФБУ «Рослесозащита» – Центр защиты леса Красноярского края.

Для получения конидиальной массы, отобранные микромицеты культивировали на агаризованном неохмеленном пивном сусле (4° по Баллингу при комнатной температуре ($22\text{--}23^\circ\text{C}$) до их активного спороношения.

В мелкоделяночных опытах для предпосевной обработки семян сосны обыкновенной биопрепараты на основе грибов *Trichoderma harzianum*, *T. lignorum* и *T. longibrachiatum* готовили в виде водных суспензий (титр $10^7\text{--}10^8$ спор мл^{-1}). В каждую посевную строку вносили по 150 шт. семян. Перед обработкой микроорганизмами семена замачивали в 0.05%-м растворе KMnO_4 на 2.5 ч, высушивали (Новосельцева, Смирнов, 1983), затем замачивали в водных суспензиях микроорганизмов (на 5 ч). В качестве контроля семена сосны замачивали на то же время в водопроводной воде.

Для производственных посевов в 2019, 2020 гг. были отобраны наиболее эффективные варианты биопрепаратов – смесь грибов *T. harzianum* + *T. lignorum* (2019 г.) и *T. harzianum* (2020 г.). Биопрепараты для предпосевной обработки семян готовили в виде водных суспензий (титр $10^8\text{--}10^9$ спор мл^{-1}).

В 2019 г. семена сосны обыкновенной перед снегованием предварительно обработали фунгицидом – препаратом «Бункер» (действующее вещество – тебуконазол). В 2020 г. обработка фунгицидами не применялась, после снегования все семена замачивали в 0.05 %-м растворе KMnO_4 на 2.5 ч и высушивали. Затем половину семян (опыт) помещали на 3 ч в водные суспензии биопрепаратов, вторую половину (контроль) замачивали в водопроводной воде на то же время. После обработки семена подсушивали в токе теплого воздуха до сыпучего состояния. Организация работ исключала возможность заражения спорами триходермы семян из контрольной партии.

Мелкоделяночные опыты на территории Института леса СО РАН (участок посевной). Посев семян сосны обыкновенной проводили в июне 2018 г. на приготовленные опытные участки (50×50 см) в посевном отделении ИЛ СО РАН (рис. 1).

Почва определена как дерново-карбонатная слабощелочная супесчаная (Лоскутов, 1991). Опыты заложены в трехкратной повторности в зависимости от предпосевной обработки семян в следующих вариантах: 1 – контроль (H_2O); 2 – *T. harzianum* (Т1); 3 – *T. lignorum* (Т2); 4 – *T. longibrachiatum*



Рис. 1. Опытные участки (мелкоделяночный опыт), засеянные обработанными биопрепаратами семенами сосны обыкновенной.

(Т3); 5 – *T. harzianum* + *T. lignorum* (Т1 + Т2); 6 – *T. lignorum* + *T. longibrachiatum* (Т2 + Т3); 7 – *T. longibrachiatum* + *T. harzianum* (Т3 + Т1). Грунтовую всхожесть семян учитывали в июле 2018 г., а сохранность сеянцев – в сентябре 2018 г.

Производственные посевы семян сосны обыкновенной в лесных питомниках. Посев семян сосны обыкновенной проводили в лесных питомниках Казачинского лесничества Министерства лесного хозяйства Красноярского края, расположенных на территории Кемского сельского участкового лесничества вблизи с. Мокрушинское (площадь 1.79 га, координаты участка: $57^\circ30'47''$ с. ш., $93^\circ10'04''$ в. д., высота 147 м н. у. м.) и Кемского участкового лесничества вблизи д. Водорезово (площадь 2.28 га, координаты участка: $57^\circ34'46''$ с. ш., $93^\circ19'01''$ в. д., высота 91 м н. у. м.) (рис. 2, 3).

Почва питомников – дерново-подзолистая суглинистая (Агрехимический очерк..., 2017).

Казачинское лесничество расположено в центральной части Красноярского края на территории четырех муниципальных районов: Казачинского (97.8 %), Мотыгинского (0.1 %), Тасеевского (2.0 %) и Пировского (0.1 %) (Приказ Министерства..., 2020) в южной части подзоны средней тайги района среднетаежных освоенных лесов. Климат континентальный. Максимальные отрицательные температуры достигают



Рис. 2. Лесной питомник у с. Мокрушинское Казачинского района Красноярского края.



Рис. 3. Лесной питомник у д. Водорезово Казачинского района Красноярского края.

–40...–50 °С, положительные – 25–35 °С. Годовое количество осадков составляет 340–500 мм. В теплое время года выпадает 60 % осадков. Продолжительность вегетационного периода 145 дней, причем его начало приходится на конец апреля – начало мая, а окончание – на конец сентября – начало октября. В ноябре преобладают сильные ветры западного и юго-западного направления. Средняя высота снежного покрова 28 см. Снег появляется в первой половине октября, а сплошной покров образуется в конце октября. Промерзание почвы достигает 190 см. Первые заморозки отмечаются в конце первой декады сентября, последние – в третьей дека-

де мая – первой декаде июня (Агрохимический очерк..., 2017).

Производственные посевы семян сосны обыкновенной проведены сотрудниками Казачинского лесничества в лесопитомниках Мокрушинское – 30 мая 2019 г. и Водорезово – 25 мая 2020 г. (рис. 4).

Для посевов использовали пятирядную сеялку (СПП-5), расход семян на 1 пог. м составлял 24 г. Ширина пятистрочной грядки 120 см, между строками – 19 см (рис. 4). Посевные площади для контрольных и опытных посевов в сумме составили 0.01 га (Мокрушинское) и 0.02 га (Водорезово).



Рис. 4. Посев семян сосны обыкновенной, обработанных биопрепаратами, 30 мая 2019 г. (а); пятистрочные гряды с посевами хвойных пород в лесном питомнике у с. Мокрушинское Казачинского района Красноярского края (б).

Регистрация параметров семян. Регистрировали густоту семян (число на единице площади либо количество (в процентах) от высевных семян) и размеры. Густота семян, измеренная при первом учете (через 1–1.5 мес после посева), характеризовала грунтовую всхожесть, густота при более поздних учетах – сохранность семян.

Для учета густоты семян сосны в лесопитомниках на гряде закладывали не менее 50 пробных площадок в каждом варианте (контроль и опыт). Одна пробная площадка представляла собой строку длиной 10 см. Поскольку на гряде высевают 5 строк, чтобы рассчитать количество всходов на 1 пог. м гряды, число семян, учтенное на одной пробной площадке, следует умножить на коэффициент 50.

Для морфометрических анализов семена отбирали с комом земли (20–50 шт. в каждом варианте опыта), чтобы не повредить корневую систему. В лабораторных условиях семена освобождали от земли и измеряли всю их длину (от основания верхушечной почки до кончика корня), а также длину надземной части, корня, мотовки, стволика без хвои.

Посевы 2019 г. в питомнике около с. Мокрушинское учитывали в 2019 и в 2020 гг. Сеянцы сосны посева 2020 г. в питомнике около д. Водорезово были учтены только в течение одного вегетационного сезона. В последующие годы планируется продолжение учета семян в обоих питомниках до их изъятия.

Выделение микровицетов рода *Trichoderma* из почвы питомников. Почву для микробиологических анализов отбирали с посевных гряд с глубины 0–10 см. Объединенный образец

составляли из точечных проб (не менее пяти), взятых через равные промежутки вдоль гряды (Белоусова, 2016). Из смешанного образца выделяли всех представителей. Исследований по разделению аборигенных и внесенных видов триходермы не проводили. Выводы о сохранности внесенных грибов делали на основании сравнения количественных показателей триходермы в опыте и контроле. Численность грибов определяли на сусло-агаре (СА), подкисленном перед розливом молочной кислотой (из расчета 4 мл л⁻¹). Посев почвенной суспензии (0.05 мл) проводили на следующий день после отбора образцов, из разведений 1 : 10³ на поверхность питательных сред в чашках Петри в трехкратной повторности (Нетрусов и др., 2005). Засеянные чашки Петри инкубировали при температуре 27–28 °С. Подсчет численности колоний грибов проводили на 4–7-е сутки. Число колониеобразующих единиц (КОЕ) высчитывали по формуле

$$M = a \times 10^n / V,$$

где M – число клеток в 1 мл; a – среднее число колоний, выросшее при высеве из данного разведения; 10^n – коэффициент разведения; V – объем суспензии (мл), взятый для посева (Пименова и др., 1995).

Данные количественного учета пересчитывали на 1 г сухой почвы (Асеева и др., 1991). Грибы идентифицировали по культуральным и морфологическим характеристикам (Barnet, Hunter, 1998).

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакетов программ Statistica 11 и Excel 2013.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние биопрепаратов на грунтовую всхожесть семян, сохранность и качество сеянцев в мелкоделяночном опыте. В июле 2018 г. оценивали влияние биопрепаратов на грунтовую всхожесть семян, сохранность и морфометрические показатели сеянцев в конце вегетации. Наилучшие результаты получены в вариантах *T. harzianum* (T1), *T. harzianum* + *T. lignorum* (T1 + T2) и *T. lignorum* + *T. longibrachiatum* (T2 + T3). Во всех вариантах обработки количество взошедших семян превышало контроль в 1.5 (T3) – 7.2 (T1 + T2) раза (рис. 5). К концу вегетации (сентябрь) сохранность обработанных биопрепаратами сеянцев была выше по сравнению с контролем (в 1.7–16.4 раза). Лучшую сохранность сеянцев среди вариантов показали обработки T1 и T1 + T2 (в 12.3 и 16.4 раза больше, чем в контроле соответственно) (рис. 5).

В конце вегетационного периода (октябрь 2018 г.) у сеянцев сосны обыкновенной, взятых с каждого варианта опыта (по 10 шт.), измеряли морфометрические параметры. Во всех вариантах обработки отмечена тенденция к увеличению массы сеянцев, длины мутовки и диаметра корневой шейки (табл. 2). В сравнении с контролем корневая система у обработанных сеянцев была более разветвлена. Подобные результаты влияния триходермы на морфометрические параметры сеянцев и саженцев хвойных отмечены в исследованиях Т. Д. Гаршиной (1991), G. Romego и соавт. (2008), Т. И. Головановой (2009). Нашими более ранними исследованиями также показано, что интродукция в почвы питомников *T. viride* и биопрепарата «Триходермин» (предоставлен сотрудниками Красноярского госуниверситета), методом полива (в виде водных суспензий) или сухой обработки семян спорами позволила получить увеличение выхо-

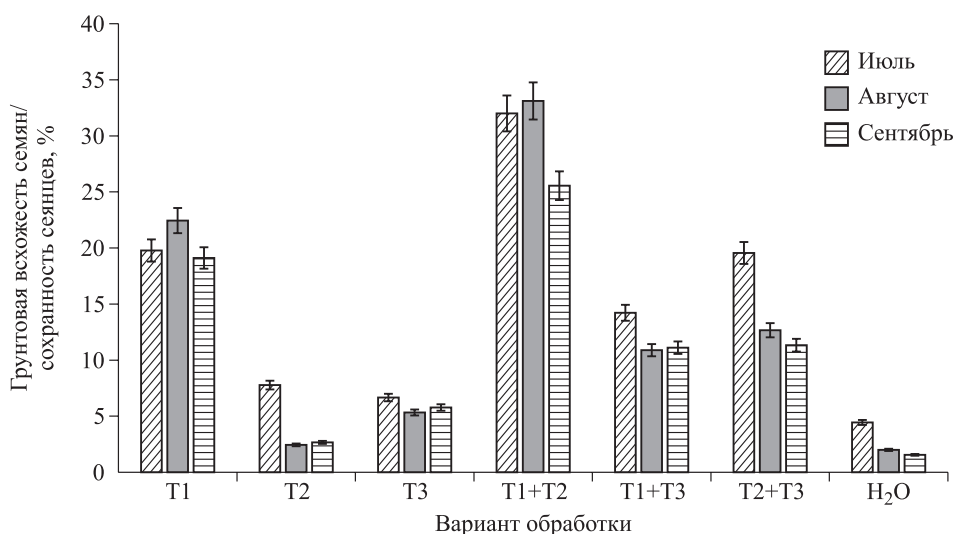


Рис. 5. Грунтовая всхожесть семян и сохранность сеянцев сосны обыкновенной в течение вегетационного сезона 2018 г.

Здесь и на рис. 6, 8 и 9 отрезками на столбцах показана ошибка среднего.

Таблица 2. Морфометрические параметры сеянцев сосны обыкновенной ($n = 10$)

Варианты обработки	Масса, г	Длина, см			Диаметр корневой шейки, мм
		мутовки	корня	стебля	
Контроль	0.08 ± 0.05	2.00 ± 0.24	3.60 ± 0.32	2.78 ± 0.29	0.54 ± 0.12
<i>T. harzianum</i> (T1)	0.10 ± 0.05	2,12 ± 0.24	6.62 ± 0.39	3.00 ± 0.28	0.62 ± 0.13
<i>T. lignorum</i> (T2)	0.10 ± 0.05	2.22 ± 0.25	3.25 ± 0.30	2.67 ± 0.27	0.70 ± 0.14
<i>T. longibrachiatum</i> (T3)	0.12 ± 0.06	2.20 ± 0.25	6.93 ± 0.44	3.07 ± 0.29	0.61 ± 0.13
<i>T. harzianum</i> + <i>T. lignorum</i> (T1 + T2)	0.09 ± 0.05	2.07 ± 0.24	3.88 ± 0.33	2.45 ± 0.26	0.64 ± 0.13
<i>T. lignorum</i> + <i>T. longibrachiatum</i> (T2 + T3)	0.19 ± 0.07	2.80 ± 0.28	4.47 ± 0.35	2.57 ± 0.27	0.65 ± 0.13
<i>T. longibrachiatum</i> + <i>T. harzianum</i> (T1 + T3)	0.15 ± 0.06	2.47 ± 0.26	5.42 ± 0.39	2.97 ± 0.29	0.68 ± 0.14

Примечание. Жирным шрифтом выделены значения, достоверно отличающиеся от контроля ($p < 0.05$ по t -критерию).

да жизнеспособных семян, снижение гибели семян и проростков, улучшение морфометрических характеристик семян в среднем в 1.5–3.4 раза по сравнению с контролем (Якименко, Гродницкая, 2000; Гродницкая, Сорокин, 2006; Yakimenko, Grodnitskaya, 2000; Grodnitskaya, Sorokin, 2006).

Ежемесячный подсчет численности грибов рода *Trichoderma* в почве под посевами показал снижение (от первоначального внесения к концу вегетации) *T. harzianum* и *T. lignorum* в 6 раз (до 16.8 млн КОЕ/г почвы), в то время как численность *T. longibrachiatum* на экспериментальных участках увеличилась в 2 раза (до 214.5 млн КОЕ/г почвы). В целом численность популяций триходермы на опытных участках оставалась достаточно высокой, чтобы препятствовать развитию других грибов, в том числе и фитопатогенных.

Влияние биопрепаратов на грунтовую всхожесть семян, сохранность и качество семян в производственных посевах В питомнике у с. Мокрушинское, где перед снегованием проведена обработка семян сосны обыкновенной фунгицидом «Бункер», а перед посевом семян еще и биопрепаратом (на основе *T. harzianum* + *T. lignorum*), в первый вегета-

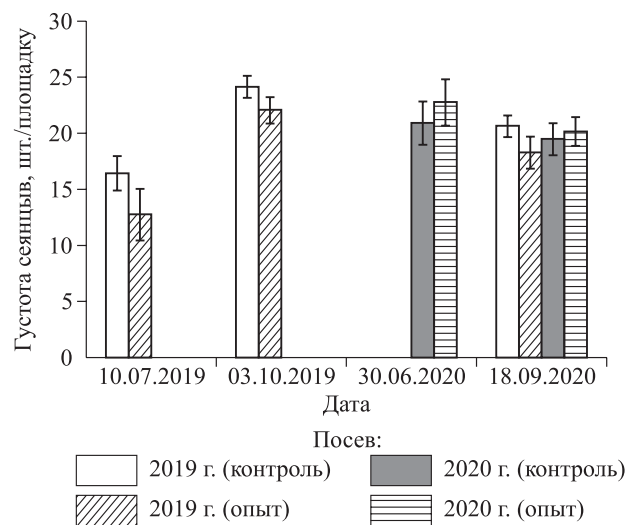


Рис. 6. Густота (численность) сеянцев сосны обыкновенной в лесных питомниках у с. Мокрушинское (посев 2019 г. с использованием фунгицида) и д. Водорезово (посев 2020 г. без применения фунгицида) в Казачинском районе Красноярского края в 2019, 2020 гг.

ционный сезон (2019 г.) густота всходов сосны достоверно (на 5%-м уровне значимости) не различалась в контроле и опыте при различных способах учета. Кроме того, в опытном варианте выявлена тенденция к снижению густоты сеянцев по сравнению с контролем (рис. 6, табл. 3).

Таблица 3. Параметры сеянцев сосны обыкновенной ($\bar{x} \pm \sigma$, объем выборки $n \geq 50$) в лесных питомниках у с. Мокрушинское и д. Водорезово Казачинского района Красноярского края при различной схеме предпосевной обработки семян

Дата учета	Вариант опыта	Густота, шт./ПП	Длина, мм		
			сеянца	корня	надземной части (высота сеянца)
Посев семян 30.05.2019 в лесном питомнике у с. Мокрушинское с предварительной обработкой биопрепаратами «Бункер» и <i>T. harzianum</i> + <i>T. lignorum</i>					
10.07.2019	К	16.4 ± 1.6 (100)	77.1 ± 1.9 (100)	26.3 ± 1.6 (100)	50.8 ± 1.6 (100)
	О	12.8 ± 2.3 (78)	78.8 ± 3.1 (102)	27.8 ± 2.8 (106)	51.0 ± 1.5 (100)
03.10.2019	К	19.5 ± 0.9 (100)	130.1 ± 3.7 (100)	61.3 ± 3.4 (100)	68.8 ± 1.8 (100)
	О	18.5 ± 1.0 (95)	114.2 ± 4.5 (88*)	51.7 ± 3.1 (84*)	62.5 ± 2.1 (91*)
30.06.2020	К	Не измеряли	132.4 ± 3.6 (100)	69.2 ± 2.3 (100)	63.1 ± 2.5 (100)
	О	»	127.8 ± 5.7 (97)	60.8 ± 4.1 (88)	37.1 ± 2.7 (106)
18.09.2020	К	20.6 ± 0.9 (100)	171.8 ± 4.9 (100)	92.5 ± 3.4 (100)	79.2 ± 2.4 (100)
	О	18.3 ± 1.4 (89)	194.4 ± 4.2 (113*)	129.1 ± 4.2 (140*)	65.3 ± 1.2 (82*)
Посев семян 25.05.2020 в лесном питомнике у д. Водорезово с предварительной обработкой $KMnO_4$ и биопрепаратом <i>T. harzianum</i>					
30.06.2020	К	20.9 ± 2.0 (100)	83.6 ± 1.8 (100)	34.1 ± 1.2 (100)	49.5 ± 1.1 (100)
	О	22.8 ± 2.0 (109)	102.2 ± 3.7 (122*)	55.9 ± 4.1 (164*)	46.3 ± 1.0 (94*)
18.09.2020	К	19.5 ± 1.5 (100)	135.8 ± 3.7 (100)	82.1 ± 3.4 (100)	53.7 ± 1.0 (100)
	О	21.0 ± 1.3 (107)	141.1 ± 2.9 (104)	92.4 ± 2.7 (113*)	48.7 ± 1.0 (91*)

Примечание. К (контроль) – семена без обработки биопрепаратами; О (опыт) – с обработкой биопрепаратами; ПП – пробная площадь (одна строка на грядке длиной 10 см).

* Достоверные различия между контролем и опытом ($p < 0.05$ по *t*-критерию). В скобках указано соотношение контроля и опыта (%).

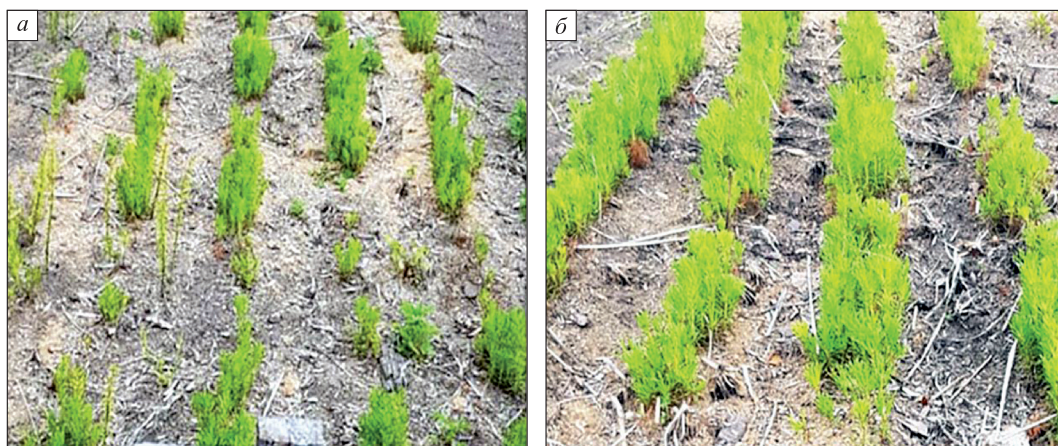


Рис. 7. Внешний вид сеянцев сосны обыкновенной второго года вегетации в лесном питомнике у с. Мокрушинское: контрольный вариант без обработки семян биопрепаратом (а) и опытный с обработкой 30 июня 2020 г. (б).

Это позволяет сделать вывод о том, что фунгицид «Бункер» ингибировал действие биопрепарата, вследствие чего снизились грунтовая всхожесть и сохранность сеянцев (рис. 6). Однако на 2-й год вегетации (у двухлетних сеянцев) отмечали существенное увеличение размеров сеянцев и корня в опытном варианте по сравнению с контрольными параметрами ($p < 0.05$ по t -критерию) (табл. 3, рис. 7, 8).

В 2020 г. в питомнике у д. Водорезово при обработке семян $KMnO_4$ и биопрепаратом (без применения фунгицида) улучшение качества

сеянцев было отмечено уже при первом учете. Так, первичный учет густоты всходов сосны показал, что количество сеянцев в опыте выше, чем в контроле. Причем, данный показатель превышал аналогичный за 2019 г. в Мокрушинском питомнике в 1.5 раза ($p < 0.05$ по t -критерию) (см. рис. 6, табл. 3). В питомнике у д. Водорезово у однолетних сеянцев в опыте внешний вид и морфологические показатели – длина от основания верхушечной почки до кончика корня и корневая система – были существенно лучше, чем в контроле (табл. 3, рис. 8, 9).

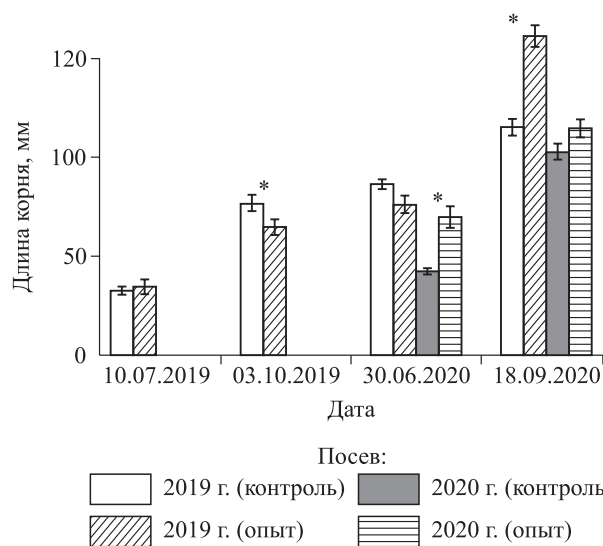


Рис. 8. Длина главного корня сеянцев сосны обыкновенной (от корневой шейки до кончика корня) в лесных питомниках у с. Мокрушинское (посев 2019 г. с использованием фунгицида) и д. Водорезово (посев 2020 г. без применения фунгицида) в Казачинском районе Красноярского края.

* Достоверные различия в опытном и контрольном вариантах ($p < 0.05$ по t -критерию).

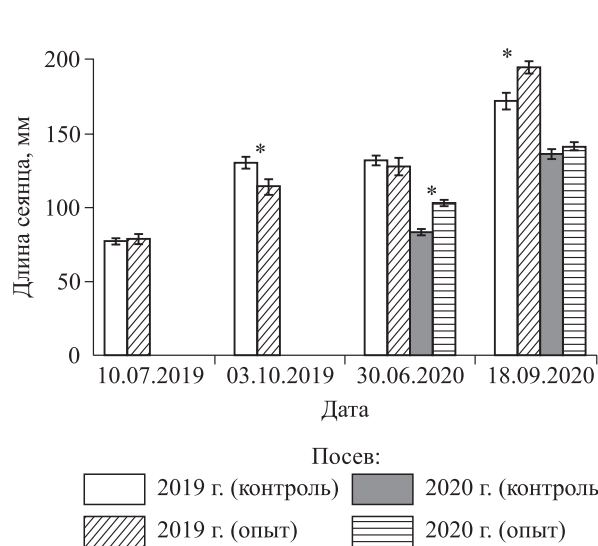


Рис. 9. Общая длина сеянцев сосны обыкновенной (от основания верхушечной почки до кончика корня) в лесных питомниках у с. Мокрушинское (посев 2019 г. с использованием фунгицида) и д. Водорезово (посев 2020 г. без применения фунгицида) в Казачинском районе Красноярского края.

* Достоверные различия в опытном и контрольном вариантах ($p < 0.05$ по t -критерию).

У опытных сеянцев размер и разветвленность корневой системы были больше, чем у контрольных ($p < 0.05$).

В результате проделанных работ установлено, что при применении фунгицида «Бункер» у сеянцев сосны в опыте проявилась тенденция к снижению их числа по сравнению с контролем. В случае отказа от обработки семян фунгицидами и применения только биопрепарата выявлена тенденция к увеличению сохранности сеянцев и улучшению их морфометрических показателей по сравнению с контролем. Полученные нами данные могут свидетельствовать о нецелесообразности совместного применения фунгицидов и биопрепаратов, что согласуется с исследованиями многих авторов. Так, показано, что при внесении некоторых фунгицидов ингибируется рост *T. viridae* (Nirwan et al., 2019), а при внесении в почву таких часто применяемых в лесном и сельском хозяйстве фунгицидов, как фундазол, 3-ТМТД, 4-Байлетон происходит подавление роста мицелия и жизнеспособности спор грибов рода триходерма (Шилкина, 2004).

Внесение биопрепаратов на основе триходермы в почву питомников вместе с семенами сосны обыкновенной увеличивало общую численность этих грибов. В 1-й год внесения (2019 г.) в лесопитомнике у с. Мокрушинское в почве под посевами сосны численность триходермы в июле в контроле составляла 0.17, в опыте – 0.44×10^5 КОЕ спор $г^{-1}$ почвы (в 2.6 раз превышало контроль), в октябре – в контроле – 0.28, в опыте – 0.67×10^5 КОЕ спор $г^{-1}$ (в 2.4 раза выше контроля). На 2-й год наблюдений численность триходермы снизилась от первоначального внесения, в июне она составляла 0.19×10^5 КОЕ спор $г^{-1}$ почвы в опыте, что в 4.4 раза превышало фоновый показатель. В лесопитомнике у д. Водорезово подсчет численности грибов в почве под сеянцами сосны обыкновенной к концу 1-го года вегетации показал снижение таковой (от первоначального внесения) на 34 %. В конце вегетационного сезона (сентябрь) опытные значения данного показателя превышали контрольные в 1.5 раза (в опыте – 0.23, в контроле – 0.15×10^5 КОЕ спор $г^{-1}$). Подобные результаты по сохранности триходермы получены в исследованиях М. Oskiera с соавт. (2017), где отмечено, что даже через два года после применения биопрепаратов грибы рода *Trichoderma* сохранялись в почве на уровне 10^5 КОЕ $г^{-1}$ сухой почвы (Oskiera et al., 2017).

Таким образом, результаты, полученные в питомнике у с. Мокрушинское, показали, что обра-

ботка семян фунгицидом «Бункер» способна до некоторой степени ингибировать положительное влияние биопрепарата на всхожесть семян и выход сеянцев сосны обыкновенной в первый год посева. Однако на 2-й год вегетации у сеянцев в опытном варианте отмечали увеличение как корневой системы, так и общего размера по сравнению с контрольными параметрами.

В питомнике у д. Водорезово (посев 2020 г.), где для предпосевного обеззараживания семян вместо фунгицида использовали $KMnO_4$, положительное влияние биопрепарата на размер сеянцев (длина от основания верхушечной почки до кончика корня) и степень развития их корневой системы проявилось у сеянцев уже в первый сезон вегетации. Сеянцы в опытном варианте имели большую длину, более мощные стволы и длину корня, глубокую и хорошо развитую корневую систему по сравнению с контрольными. Исследования почвы двух лесных питомников в 2019, 2020 гг. показали, что численность грибов рода *Trichoderma* на опытных участках оставалась достаточно высокой и во второй сезон вегетации, что способствовало повышению качества посадочного материала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданные в лаборатории микробиологии и экологической биотехнологии ИЛ СО РАН биопрепараты (на основе грибов рода *Trichoderma*) для оптимизации лесовыращивания в искусственных фитоценозах подтвердили свою эффективность в условиях лесных питомников Казачинского лесничества Красноярского края. Предпосевная обработка семян сосны обыкновенной биопрепаратами (в виде водных суспензий) способствовала повышению грунтовой всхожести семян и увеличению выхода посадочного материала, а также положительно сказалась на качестве сеянцев как в мелкоделяночных опытах, так и в производственных посевах. Внесение в почвенный микробиоценоз питомников триходермы вместе с семенами сосны обыкновенной способствовало защите сеянцев от фитопатогенов и улучшению их морфометрических показателей. Результаты свидетельствуют о том, что разработанные биопрепараты могут быть рекомендованы при искусственном лесоразведении для получения качественного посадочного материала.

Работа выполнена в рамках базового проекта ФИЦ КНЦ РАН ИЛ СО РАН № 0287-2021-0011

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ
(REFERENCES)

- Агрохимический очерк и рекомендации по поддержанию и повышению плодородия и продуктивности почв лесного питомника Казачинского лесничества*. Красноярск: Центр защиты леса Красноярского края, 2017. 85 с. [*Agrokhimicheskiy ocherk i rekomendatsii po podderzhaniiyu i povysheniyu plodorodiya i produktivnosti pochv lesnogo pitomnika Kazachinskogo lesnichestva* (Agrochemical outline and recommendations for maintaining and improving of the soils fertility and productivity in the forest nursery of Kazachinsky Forestry District). Krasnoyarsk: Tsentz zashchity lesa Krasnoyarskogo kraya (Forest Protection Center of Krasnoyarsk Krai), 2017. 85 p. (in Russian)].
- Алимова Ф. К.* Некоторые вопросы применения препаратов на основе грибов рода *Trichoderma* в сельском хозяйстве // АГРО XXI. 2006. № 4–6. С. 18–21 [*Alimova F. K.* Nekotorye voprosy primeniya preparatov na osnove gribov roda *Trichoderma* v selskom khozyaystve (Some questions of the use of preparations based on the *Trichoderma* fungi in agriculture) // АГРО XXI. 2006. N. 4–6. P. 18–21 (in Russian)].
- Асеева И. В., Бабьева И. П., Бызов Б. А., Гузев В. С., Добровольская Т. Г., Звягинцев Д. Г., Зенова Г. М., Кожевникова П. А., Кураков А. В., Лысак Л. В., Марфенина О. Е., Мирчинк Т. Г., Полянская Л. М., Паников Н. С., Скворцова И. Н., Степанов А. Л., Умаров М. М.* Методы почвенной микробиологии и биохимии: учеб. пособие / под ред. Д. Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с. [*Aseeva I. V., Babeyeva I. P., Byzov B. A., Guzev V. S., Dobrovolskaya T. G., Zvyagintsev D. G., Zenova G. M., Kozhevin P. A., Kurakov A. V., Lysak L. V., Marfenina O. E., Mirchink T. G., Polyanskaya L. M., Panikov N. S., Skvortsova I. N., Stepanov A. L., Umarov M. M.* Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimii (Methods of soil microbiology and biochemistry) / D. G. Zvyagintsev (Ed.). Moscow: Izd-vo MGU (Moscow St. Univ. Publ.), 1991. 304 p. (in Russian)].
- Белюсова Е. Н.* Инструментальные методы исследований почв и растений. Красноярск: КрасГАУ, 2016. 128 с. [*Belousova E. N.* Instrumentalnye metody issledovaniy pochv i rasteniy (Instrumental methods of soil and plant studies). Krasnoyarsk: Krasnoyarsk St. Agr. Univ., 2016. 128 p. (in Russian)]. http://www.kgau.ru/distance/2013/a2/011/00b_soderz.html
- Гаршина Т. Д.* Защита сеянцев хвойных от полегания в питомниках // Лесн. хоз-во. 1991. № 9. С. 53–54 [*Garshina T. D.* Zashchita seyantsev khvoynykh ot poleganiya v pitomnikakh (Protection of coniferous seedlings from lodging in nurseries) // Lesn. khoz-vo (Forestry). 1991. N. 9. P. 53–54 (in Russian)].
- Голованова Т. И.* Свет и микроорганизмы-антагонисты в регуляции ростовых процессов растений: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.12. Красноярск: Сиб. фед. ун-т., 2009. 37 с. [*Golovanova T. I.* Svet i mikroorganizmy antagonisty v regulyatsii rostovykh protsessov rasteniy: avtoref. ... dis. d-ra biol. nauk (Light and microorganisms antagonists in the regulation of plant growth processes: dr. biol. sci. (DSc) thesis). Krasnoyarsk: Sib. Fed. Univ., 2009. 37 p. (in Russian)].
- Гродницкая И. Д., Кондакова О. Э., Терещенко Н. Н.* Влияние микробов-антагонистов на биогенность почвы и сохранность сеянцев хвойных в искусственных фитоценозах // Сиб. лесн. журн. 2016. № 6. С. 13–25 [*Grodnitskaya I. D., Kondakova O. E., Tereshchenko N. N.* Vliyaniye mikrobov-antagonistov na biogennost pochvy i sokhrannost seyantsev khvoynykh v iskusstvennykh fitotsenozakh (The influence of microbial antagonists on the soil biogenic and the coniferous seedlings safety in artificial phytocenoses) // Sib. lesn. zhurn. (Sib. J. For. Sci.). 2016. N. 6. P. 13–25 (in Russian with English abstract)].
- Гродницкая И. Д., Сорокин Н. Д.* Использование микромицетов *Trichoderma* в биоремедиации почв лесопитомников // Изв. РАН. Сер. биол. 2006. № 4. С. 491–495 [*Grodnitskaya I. D., Sorokin N. D.* Ispolzovanie mikromitsetov *Trichoderma* v bioremediatsii pochv lesopitomnikov (Use of micromycetes *Trichoderma* for soil bioremediation in tree nurseries) // Izv. RAN. Ser. boil. (Proc. Rus. Acad. Sci. Ser. Biol.). 2006. N. 4. P. 491–495 (in Russian with English abstract)].
- Громовых Т. И.* Фитопатогенные микромицеты сеянцев хвойных в Средней Сибири: видовой состав, экология, биологический контроль: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.24. М.: Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, 2002. 37 с. [*Gromovykh T. I.* Fitopatogennye mikromitsety seyantsev khvoynykh v Sredney Sibiri: vidovoy sostav, ekologiya, biologicheskiy kontrol: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk (Phytopathogenic micromycetes of coniferous seedlings in Central Siberia: species composition, ecology, biological control: dr. biol. sci. (DSc) thesis). Moscow: Mosk. gos. un-t im. M. V. Lomonosova (Lomonosov Moscow St. Univ.), 2002. 37 p. (in Russian)].
- Громовых Т. И., Гукасян В. М., Малиновский А. Л., Тюльпанова В. А., Голованова Т. И.* Использование микробного антагонизма в борьбе с инфекционным полеганием сеянцев хвойных // Сиб. экол. журн. 1997. Т. 4. № 5. С. 501–504 [*Gromovykh T. I., Gukasyan V. M., Malinovskiy A. L., Tyul'panova V. A., Golovanova T. I.* Ispolzovanie mikrobnogo antagonizma v borbe s infektsionnym poleganiem seyantsev khvoynykh (Use of microbial antagonism in the fight against infectious lodging of coniferous seedlings) // Sib. ekol. zhurn. (Sib. J. Ecol.). 1997. V. 4. N. 5. P. 501–504 (in Russian with English abstract)].
- Громовых Т. И., Литовка Ю. А., Андреева О. Н., Прудникова С. В., Корянова Т. А.* Возбудители фузариоза в питомниках Красноярского края // Лесоведение. 2002. № 6. С. 68–71 [*Gromovykh T. I., Litovka Yu. A., Andreeva O. N., Prudnikova S. V., Koryanova T. A.* Vozbuditeli fuzarioza v pitomnikakh Krasnoyarskogo kraya (Fusarium causative agents in nurseries of Krasnoyarsk Krai) // Lesovedenie (For. Sci.). 2002. N. 6. P. 68–71 (in Russian with English abstract)].
- Громовых Т. И., Литовка Ю. А., Андреева О. Н.* Биологический контроль болезней сеянцев хвойных в лесных питомниках Средней Сибири. Красноярск: СибГТУ, 2005. 264 с. [*Gromovykh T. I., Litovka Yu. A., Andreeva O. N.* Biologicheskiy kontrol bolezney seyantsev khvoynykh v lesnykh pitomnikakh Sredney Sibiri (Biological control of coniferous seedlings diseases in forest nurseries of Central Siberia). Krasnoyarsk: SibGTU (Sib. St. Univ. Technol.), 2005. 264 p. (in Russian)].

- Дьяков Ю. Т. Грибы и растения // Природа. 2003. № 5. С. 73–78 [Dyakov Yu. T. Griby i rasteniya (Mushrooms and Plants) // Priroda (Nature). 2003. N. 5. P. 73–78 (in Russian)].
- Кабрера Фуентес Э. А., Мухаметшина Р. Т., Рафаилова Э. А., Тухбатова Р. И., Тазетдинова Д. И. *Trichoderma koningii* в биологическом контроле *Fusarium oxysporum* // Микроорганизмы и биосфера: тез. докл. междунар. науч. конф. Москва, 19–20 ноября 2007 г. М., 2007. С. 48–49 [Kabrera Fuentes E. A., Mukhametshina R. T., Rafailova E. A., Tukhbatova R. I., Tazetdinova D. I. *Trichoderma koningii* v biologicheskom kontrole *Fusarium oxysporum* (*Trichoderma koningii* in biological control of *Fusarium oxysporum*) // Mikroorganizmy i biosfera: tez. dokl. mezhdunar. nauch. konf. Moskva, 19–20 noyabrya 2007 g. (Abstr. Int. Sci. Conf. «Microorganisms and the biosphere», Moscow, 19–20 Nov., 2007). Moscow, 2007. P. 48–49 (in Russian)].
- Кондакова О. Э., Гродницкая И. Д. Оценка биологической активности музейных культур микроорганизмов–антагонистов и использование их для предпосевной обработки семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) *in vitro* // Вестн. Томск. гос. ун-та. Биол. 2018. № 42. С. 54–68 [Kondakova O. E., Grodnitskaya I. D. Otsenka biologicheskoy aktivnosti muzeynykh kultur mikroorganizmov–antagonistov i ispolzovanie ikh dlya predposevnoy obrabotki semyan sosny obyknovennoy (*Pinus sylvestris* L.) *in vitro* // Vestn. Tomsk. gos. un-ta. Biol. (Bull. Tomsk St. Univ. Biol.). 2018. N. 42. P. 54–68 (in Russian with English abstract)].
- Лоскутов Р. И. Интродукция декоративных древесных растений в южной части Средней Сибири. Красноярск: ИЛиД им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1991. 189 с. [Loskutov R. I. Introduktsiya dekorativnykh drevesnykh rasteniy v yuzhnoy chasti Sredney Sibiri (Introduction of ornamental woody plants in the southern part of Central Siberia). Krasnoyarsk: ILiD SO AN SSSR (V. N. Sukachev Inst. For. & Timber Sib. Br. USSR Acad. Sci.), 1991. 189 p. (in Russian)].
- Нетрусов А. И., Егорова М. А., Захарчук Л. М., Колотилова Н. Н., Котова И. Б., Семенова Е. В., Татаринова Н. Ю., Уголькова Н. В., Цавкелова Е. А., Бобкова А. Ф., Богданов А. Г., Данилова И. В., Динариева Т. Ю., Зинченко В. В., Исмаилов А. Д., Кураков А. В., Максимов В. Н., Милько Е. С., Никитина Е. П., Рыжкова Е. П., Семенов А. М., Хомякова Д. В., Чердынцева Т. А., Юдина Т. Г. Практикум по микробиологии: учеб. пособ. для студентов вузов / под ред. А. И. Нетрусова. М.: Изд. центр «Академия», 2005. 608 с. [Netrusov A. I., Egorova M. A., Zakharchuk L. M., Kolotilova N. N., Kotova I. B., Semenova E. V., Tatarinova N. Yu., Ugolokova N. V., Tsavkelova E. A., Bobkova A. F., Bogdanov A. G., Danilova I. V., Dinarieva T. Yu., Zinchenko V. V., Ismailov A. D., Kurakov A. V., Maksimov V. N., Milko E. S., Nikitina E. P., Ryzhkova E. P., Semenov A. M., Khomyakova D. V., Cherdyntseva T. A., Yudina T. G. Praktikum po mikrobiologii: ucheb. posob. dlya studentov vuzov (Practical work on microbiology: tutorial for students of higher educ. inst.) / A. I. Netrusov (Ed.). Moscow: Izd. tsentr «Akademiya» (Publ. Center Academia), 2005. 603 p. (in Russian)].
- Новосельцева А. И., Смирнов Н. А. Справочник по лесным питомникам. М.: Лесн. пром-сть., 1983. 280 с. [Novoseltseva A. I., Smirnov N. A. Spravochnik po lesnym pitomnikom (Handbook of forest nurseries). Moscow: Lesn. prom-st. (Timber industry). 1983. 280 p. (in Russian)].
- Пашкеева О. Э., Гродницкая И. Д., Антонов Г. И., Ломовский О. И., Гайдашева И. И. Влияние обработки семян сосны обыкновенной микробными и фитопрепаратами на сохранность семян и свойства почвы в лесном питомнике // Лесоведение. 2021. № 2. С. 143–155 [Pashkeeva O. E., Grodnitskaya I. D., Antonov G. I., Lomovsky O. I., Gaydasheva I. I. Vliyaniye obrabotki semyan sosny obyknovennoy mikrobnymi i fitopreparatami na sokhrannost seyantsev i svoystva pochvy v lesnom pitomnike (The effect of treatment of Scots pine seeds by microorganisms and phytopreparations on the seedling safety and soil properties in a forest nursery // Lesovedenie (For. Sci.). 2021. N. 2. P. 143–155 (in Russian with English abstract)].
- Пименова М. Н., Гречушкина Н. Н., Азова Л. Г., Нетрусов А. И., Семенова Е. В., Колотилова Н. Н., Захарчук Л. М., Зинченко В. В., Мильникова С. И., Невелова М. В., Ботвинко И. В. Руководство к практическим занятиям по микробиологии: учеб. пособие / под ред. Н. С. Егорова. 3-е изд. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 224 с. [Pimenova M. N., Grechushkina N. N., Azova L. G., Netrusov A. I., Semenova E. V., Kolotilova N. N., Zakharchuk L. M., Zinchenko V. V., Mylnikova S. I., Nefelova M. V., Botvinko I. V. Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po mikrobiologii: Ucheb. posobie (Guide for practical studies in microbiology: Tutorial) / N. S. Egorov (Ed.). 3rd Ed. Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta (Moscow Univ. Publ.), 1995. 224 p. (in Russian)].
- Приказ Министерства лесного хозяйства Красноярского края от 28 сентября 2018 г. № 1465-од «Об утверждении лесохозяйственного регламента Казачинского лесничества» (с изменениями на 20 апреля 2020 года). Красноярск: Мин-во лесн. хоз-ва Красноярского края, 2020. 88 с. [Prikaz Ministerstva lesnogo khozyaystva Krasnoyarskogo kraya ot 28 sentyabrya 2018 g. № 1465-od «Ob utverzhdenii lesokhozyaystvennogo reglamenta Kazachinskogo lesnichestva» (s izmeneniyami na 20 aprelya 2020 goda). Krasnoyarsk: Min-vo lesn. khoz-va Krasnoyarskogo kraya, 2020. 88 s. [Prikaz Ministerstva lesnogo khozyaystva Krasnoyarskogo kraya ot 28 sentyabrya 2018 g. № 1465-od «Ob utverzhdenii lesokhozyaystvennogo reglamenta Kazachinskogo lesnichestva» (s izmeneniyami na 20 aprelya 2020 goda) (The order of the Ministry of Forestry of Krasnoyarsk Krai of 28 Sept., 2018 N. 1465-od «On approval of the forestry regulations of the Kazachinsky Forestry District» (amended as of April 20, 2020)). Krasnoyarsk: Min-vo lesn. khoz-va Krasnoyarskogo kraya (Ministry of Forestry of Krasnoyarsk Krai), 2020. 88 p. (in Russian)]. <http://docs.cntd.ru/document/550236618>
- Прудникова С. В. Эколого-биологическая роль грибов рода *Trichoderma* в различных биоценозах Средней Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2000. 19 с. [Prudnikova S. V. Ekologo-biologicheskaya rol gribov roda *Trichoderma* v razlichnykh biotsenozakh Sredney Sibiri: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk (Ecological and biological role of *Trichoderma* fungi in various biocenoses of Central Siberia: Cand. Biol. Sci. (PhD) thesis). Krasnoyarsk: IL SO RAN (V. N. Sukachev Inst. For., Rus. Acad. Sci., Sib. Br.), 2000. 19 p. (in Russian)].

- Садыкова В. С. Экология грибов рода *Trichoderma* (Pers: Fr.) бассейна реки Енисей, их биологические свойства и практическое использование: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.12, 03.01.06. М.: Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, 2012. 46 с. [Sadykova V. S. Ekologiya gribov roda *Trichoderma* (Pers: Fr.) basseyna reki Enisey, ikh biologicheskie svoystva i prakticheskoe ispolzovanie: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk (Ecology of *Trichoderma* (Pers: Fr.) fungi of the Yenisei River basin, their biological properties and practical use: Dr. Biol. Sci. (DSc) thesis). Moscow: Mosk. gos. un-t im. M. V. Lomonosova (Lomonosov Moscow St. Univ.), 2012. 46 p. (in Russian)].
- Соколов М. С. Состояние, проблемы перспективы применения экологически безопасных пестицидов в растениеводстве // Агрохимия. 1990, № 10. С. 124–145. [Sokolov M. S. Sostoyaniye, problemy perspektivy primeneniya ekologicheski bezopasnykh pestitsidov v rasteniyevodstve (State, problems of prospects for the use of environmentally friendly pesticides in crop production) // Agrokimiya (Agrochemistry). 1990, N 10. P. 124–136 (in Russian)].
- Фомина Н. В., Демиденко Г. А., Сорокин Н. Д. Эколого-микробиологический мониторинг почвы лесного питомника Красноярского края // Вестн. КрасГАУ. 2006. № 10. С. 146–152 [Fomina N. V., Demidenko G. A., Sorokin N. D. Ekologo-mikrobiologicheskii monitoring pochvy lesnogo pitomnika Krasnoyarskogo kraya (Ecological and microbiological monitoring of the forest nursery soil of Krasnoyarsk Krai) // Vestn. KrasGAU (Bull. Krasnoyarsk St. Agr. Univ.). 2006. N. 10. P. 146–152 (in Russian with English abstract)].
- Шилкина Е. А. Эколого-биологическое обоснование использования фунгицидов в защите сеянцев *Pinus sylvestris* L. от фитопатогенных микромицетов: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16, 03.00.07. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2004. 18 с. [Shilkina E. A. Ekologo-biologicheskoe obosnovanie ispol'zovaniya fungitsidov v zashchite seyantsev *Pinus sylvestris* L. ot fitopatogennykh mikromitsetov: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk (Ecological and biological substantiation of the use of fungicides in the protection of *Pinus sylvestris* L. seedlings from phytopathogenic micromycetes: Cand. Biol. Sci. (PhD) thesis). Krasnoyarsk: IL SO RAN (V. N. Sukachev Inst. For. Rus. Acad. Sci., Sib. Br.), 2004. 18 p. (in Russian)].
- Якименко Е. Е., Гродницкая И. Д. Влияние грибов рода *Trichoderma* на почвенные микромицеты, вызывающие инфекционное полегание сеянцев хвойных в лесных питомниках Сибири // Микробиология. 2000. Т. 69. № 6. С. 850–854 [Yakimenko E. E., Grodnitskaya I. D. Vliyanie gribov roda *Trichoderma* na pochvennye mikromitsety, vyzyvayushchie infektsionnoe poleganie seyantsev khvoynykh v lesnykh pitomnikakh Sibiri (Effect of *Trichoderma* fungi on the soil micromycetes that cause infectious conifer seedling lodging in Siberian tree nurseries) // Mikrobiologiya (Microbiology). 2000. V. 69. N 6. P. 850–854 (in Russian with English abstract)].
- Barnet H. L., Hunter B. B. Illustrated genera of imperfect fungi. 4th Ed. St. Paul, Minnesota: APS Press, 1998. 218 p.
- Buschena C. A., Ocamb C. M., O'Brien J. Biological control of *Fusarium* diseases of conifer seedlings // Nat. Nursery Proc. Northeastern For. Nursery Ass. Conf. Mitchell, IN, 1995. 5 p.
- Grodnitskaya I. D., Sorokin N. D. Use of micromycetes *Trichoderma* for soil bioremediation in tree nurseries // Biol. Bul. Bull. 2006. V. 33. Iss. 4. P. 400–403 (Original Rus. Text © I. D. Grodnitskaya, N. D. Sorokin, 2006, publ. in Izv. RAN. Ser. Biol. 2006. N. 4. P. 491–495).
- Jain R. K., Kapur M., Labana S., Lal B., Sarma P. M., Bhattacharya D., Thakur I. S. Microbial diversity: Application of microorganisms for the biodegradation of xenobiotics // Current Sci. 2005. V. 89. N. 1. P. 101–112.
- Oskiera M., Szczech M., Stepowska A., Smolinska U., Bartoszewski G. Monitoring of *Trichoderma* species in agricultural soil in response to application of biopreparations // Biol. Control. 2017. V. 113. P. 65–72.
- Nirwan B., Singh S., Bhatnagar Sh., Sharma N. Integrated disease management approach for some rhizospheric pathogens of arid region // Plant Arch. 2019. V. 19. N. 1. P. 167–170.
- Reglinski T., Dick M. Biocontrol of forest nursery pathogens // New Zeland J. For. 2005. V. 50 (3). P. 19–26.
- Romero G., Crosara A., Baraibar A. *Trichoderma harzianum* un biocontrol y biopromotor en vivero de especies forestales // Ciencia e Investigación Forestal. 2008. V. 14 (2). P. 335–345.
- Trasar-Cepeda C., Leirós M. C., Gil-Sotres F. Hydrolytic enzyme activities in agricultural and forest soils. Some implications for their use as indicators of soil quality // Soil Biol. Biochem. 2008. V. 40. Iss. 9. P. 2146–2155.
- Yakimenko E. E., Grodnitskaya I. D. Effect of *Trichoderma* fungi on the soil Micromycetes that cause infectious conifer seedling lodging in Siberian tree nurseries // Microbiology. 2000. V. 69. Iss. 6. P. 726–729 (Original Rus. Text © E. E. Yakimenko, I. D. Grodnitskaya, 2000, publ. in Mikrobiologiya. 2000. V. 69. N. 6. P. 850–854).

TREATMENT OF SCOTS PINE SEEDS BY BIOLOGICAL PREPARATIONS AS A WAY OF IMPROVING THE PLANTING MATERIAL QUALITY IN FOREST NURSERIES OF KRASNOYARSK KRAI

I. D. Grodnitskaya¹, G. G. Polyakova¹, V. A. Senashova¹, O. E. Pashkeeva¹,
N. V. Pashenova¹, G. I. Antonov¹, A. Yu. Baglaev²

¹ V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Science, Siberian Branch
Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation

² Kazachinsky Forestry District, Ministry of Forestry of Krasnoyarsk Krai
Lykova str., 42, Kazachinskoe, Kazachinsky Region, Krasnoyarsk Krai, 663100 Russian Federation

E-mail: igrod@ksc.krasn.ru, ggpolyakova@mail.ru, vera0612@mail.ru, koeandkoe@mail.ru, pasnat@ksc.krasn.ru, egoan@yandex.ru, anton.baglaev.86@mail.ru

The effectiveness of treating Scots pine *Pinus sylvestris* L. seeds by biological preparations based on *Trichoderma* Pers. fungi to improve the quality of the seedlings was tested in small-plot experiments and by sowing on the industrial scale in two forest nurseries of Krasnoyarsk Krai. It was found that in the small-plot experiments, the treatment of pine seeds with biological preparations improved the safety of seedlings by 12.3 times (*T. harzianum*) and 16.4 times (*T. lignorum* (Tode) Harz + *T. harzianum*) as compared to the control. All the treatment options improved morphometric parameters of the seedlings to varying degrees. Sowing on the industrial scale in two forest nurseries of the Kazachinsky Forestry District also showed a positive effect of the influence of biological products in improving the quality of planting material. The application of the «Bunker» preparation before the storage of the Scots pine seeds in snow in the forest nursery near the village of Mokrushinskoe reduced the effectiveness of the biological preparations in the first year of research. The number of seedlings at the end of the growing season in the experimental and control variants did not differ significantly. In the second year of observations in the experimental variant two-year-old seedlings were characterized by the significant increase in their sizes (by 13 %), branching and length of the root system (by 30 %) as compared to the control. In the nursery near the Vodorezovo village, where fungicides were not used, the positive effect of the biological preparations on the morphometric parameters of one-year seedlings was evident already in the first year. The experimental seedlings had stronger trunks and developed root systems, including a greater total root length as compared to the control. Microbiological studies of the forest nursery soils in 2019–2020 showed that the number of *Trichoderma* fungi, introduced together with the pine seeds, remained quite high throughout the growing season in the experimental plot soil. The developed biological preparations based on native strains of *Trichoderma* fungi can be recommended for the application in artificial reforestation in order to improve the quality of forest planting material.

Keywords: *Pinus sylvestris* L., *Trichoderma* fungi, pre-sowing seed treatment, biological preparations, soil seed germination, seedling safety, morphometric parameters of seedlings, Central Siberia.

How to cite: Grodnitskaya I. D., Polyakova G. G., Senashova V. A., Pashkeeva O. E., Pashenova N. V., Antonov G. I., Baglaev A. Yu. Treatment of Scots pine seeds by biological preparations as a way of improving the planting material quality in forest nurseries of Krasnoyarsk Krai // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2021. N. 3. P. 3–16 (in Russian with English abstract and references).