

Научная статья

УДК 630.232

DOI: 10.37482/0536-1036-2025-6-189-200

Стимулирование всхожести и энергии прорастания семян сосны обыкновенной биохимическими препаратами

А.А. Дрочкова, аспирант; ResearcherID: [H-1869-2019](https://orcid.org/0000-0003-3503-5767),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3503-5767>

Н.Р. Сунгурова[✉], д-р с.-х. наук, доц.; ResearcherID: [H-1847-2019](https://orcid.org/0000-0002-8464-4596),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8464-4596>

Д.Н. Клевцов, д-р биол. наук; ResearcherID: [A-7791-2019](https://orcid.org/0000-0001-6902157X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6902157X>

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002; n.sungurova@narfu.ru[✉], annadrochkova@gmail.com, d.klevtsov@narfu.ru

Поступила в редакцию 28.09.24 / Одобрена после рецензирования 11.12.24 / Принята к печати 13.12.24

Аннотация. В настоящее время остается актуальной задача получения высококачественного посадочного материала, применяемого при лесовосстановлении. Активации всхожести и энергии прорастания семян добиваются при помощи стимулирующих препаратов. Цель работы – изучение эффективности использования различных стимулирующих препаратов на посевные качества семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Объекты исследования – семена *Pinus sylvestris* L., замоченные в растворах препаратов с предполагаемым стимулирующим действием. Применяли препараты: технические лигносульфонаты, экстракты луба березы, фильтрат, полученный при выделении суберина из бересты, Флавобактерин, Мизорин, конденсат, образующийся при сушке пиломатериалов, пепел вулкана Эйяфьядлайёкюдль. В опытах было принято несколько временных вариантов замачивания семян: 6, 12 и 24 ч. Наибольшие всхожесть и энергию прорастания наблюдали у семян, замачивание которых проводили 24 ч. Показатели посевного материала, замоченного на 6 и 12 ч по сравнению с контрольной пробой сухих семян также увеличились. Наилучшая всхожесть была у семян, обработанных растворами нитрозированных и хлорированных лигносульфонатов с концентрацией 10 % в течение 24 ч (95 %), наибольшая энергия прорастания (86 %) – у семян, оставленных на 24 ч в экстракте фракции луба березы менее 1 мм (концентрация 1:10 000) и фильтрате от выделения суберина из бересты (концентрация 1:10 000). В контрольном варианте всхожесть семян составила 80 %.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris* L., семена сосны, стимулятор роста, посевные качества

Для цитирования: Дрочкова А.А., Сунгурова Н.Р., Клевцов Д.Н. Стимулирование всхожести и энергии прорастания семян сосны обыкновенной биохимическими препаратами // Изв. вузов. Лесн. журн. 2025. № 6. С. 189–200.

<https://doi.org/10.37482/0536-1036-2025-6-189-200>

Stimulation of Germination and Germination Energy of Scots Pine Seeds with Biochemical Preparations

Anna A. Drochkova, Postgraduate Student; ResearcherID: [H-1869-2019](#),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3503-5767>

Natal'ya R. Sungurova✉, Doctor of Agriculture, Assoc. Prof.;

ResearcherID: [H-1847-2019](#), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8464-4596>

Denis N. Klevtsov, Doctor of Biology; ResearcherID: [A-7791-2019](#),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6902157X>

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; annadrochkova@gmail.com, n.sungurova@narfu.ru✉, d.klevtsov@narfu.ru

Received on September 28, 2024 / Approved after reviewing on December 11, 2024 / Accepted on December 13, 2024

Abstract. Currently, the task of obtaining high-quality planting stock used in reforestation remains urgent. Stimulating preparations are used to activate germination and seed germination energy. The aim of the work has been to study the effectiveness of using various stimulating preparations on the sowing qualities of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds. The objects of the study have been *Pinus sylvestris* L. seeds soaked in solutions of preparations with a purported stimulating effect. The following preparations have been applied: technical lingosulfonates, birch bark extracts, filtrate obtained by separating suberin from birch bark, Flavobacterin, Mizorin, condensate formed during the drying of sawn timber, and ash from the Eyjafjallajökull Volcano. In the experiments, several time options for soaking seeds have been adopted: 6, 12 and 24 hours. The highest germination and germination energy have been observed in seeds left for 24 hours. The indicators of the seed grain soaked for 6 and 12 hours have also increased compared to the control sample of dry seeds. The best germination has been observed in seeds treated with solutions of nitrosated and chlorinated lingosulfonates at a concentration of 10 % for 24 hours (95 %), the highest germination energy (86 %) has been observed in seeds left for 24 hours in an extract of birch bast fraction less than 1 mm (concentration 1:10,000) and filtrate from the separation of suberin from birch bark (concentration 1:10,000). In the control option, the seed germination has been equal to 80 %.

Keywords: *Pinus sylvestris* L., pine seeds, growth stimulant, sowing qualities

For citation: Drochkova A.A., Sungurova N.R., Klevtsov D.N. Stimulation of Germination and Germination Energy of Scots Pine Seeds with Biochemical Preparations. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2025, no. 6, pp. 189–200. (In Russ.).

<https://doi.org/10.37482/0536-1036-2025-6-189-200>

Введение

Проблема получения высококачественного посадочного материала для лесовосстановления остается крайне актуальной. Показатели роста сеянцев и саженцев напрямую влияют на их приживаемость и устойчивость к негативным факторам, а следовательно, на дальнейший рост и развитие деревьев. Современные подходы к лесовосстановлению направлены на ускорение выра-

щивания семян, максимальную автоматизацию этого процесса и снижение экономических затрат за счет производства более качественного посадочного материала. Существует множество решений для повышения эффективности лесовосстановления, среди которых применение ростостимулирующих веществ, способных не только положительно воздействовать на всхожесть семян и рост семян, но и значительно улучшать устойчивость деревьев к неблагоприятным внешним воздействиям [1, 2, 11, 12, 19–21]. Исследования влияния фитогормонов на растения стали основой для разработки химических препаратов в области росторегулирования, обладающих комплексным эффектом, включающим стимуляцию роста, развития и физиологических процессов. Кроме того, некоторые регуляторы роста могут повышать адаптивные способности растений в условиях стресса. Разнообразие ростостимулирующих веществ связано с их целенаправленным действием на определенные виды растений, что делает стимуляторы одной из самых динамично развивающихся групп препаратов с постоянно обновляющимся составом [16–18, 23, 24].

Цель исследования – изучить эффективность применения различного рода стимулирующих препаратов на посевные качества семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.).

Объекты и методы исследования

Работы по исследованию посевных качеств семян сосны обыкновенной проводили в лаборатории Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова. Закладывали серию опытов по проращиванию семян сосны обыкновенной 1-го класса качества, предварительно обработанных биологически активными веществами. Семена заготовлены в Архангельской области и имеют сертификат качества. Методика опытов основывалась на ГОСТ 13056.6–97 «Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести», ГОСТ 14161–86 «Семена хвойных древесных пород. Посевные качества. Технические условия» и данных «Словаря-справочника таежного лесокультурника» [14].

Выбор веществ для повышения качества семян сосны осуществлялся в соответствии с их биологически активным составом и опытом использования некоторых из них в качестве стимуляторов роста для сельскохозяйственных культур [3, 4, 6–8, 15]. Для исследования были выбраны следующие препараты: хлорированный и нитрозированный технические лигносульфонаты различной концентрации; экстракт луба березы (фракция менее и более 1 мм) концентрацией 1:100 и 1:10 000; фильтрат, полученный при выделении суберина из бересты, концентрацией 1:100 и 1:10 000; Флавобактерин; Мизорин; конденсат, образующийся при сушке пиломатериалов, без разбавления и в концентрации 1:2; пепел вулкана Эйяфьядлайёкюдль в концентрации 1:8. Пепел собран после извержения вулкана для проведения нашего эксперимента [5]. Есть сведения о том, что на юге Исландии на землях, пострадавших от извержения Эйяфьядлайёкюдля, наблюдается чрезвычайно хороший рост травянистых и зерновых культур. Вулканический пепел оказывает положительное влияние на рост растений из-за высокой концентрации питательных веществ и минералов, особенно железа. Установлено, что на поверхности свежевывавших пепловых частиц сорбируется большое количество фосфа-

тов, реже калия, которые, вероятно, и вызывают повышение урожайности, что говорит о наличии у пепла ростостимулирующих свойств [23]. Для всех веществ, которые изучены в ходе наших опытов, было определено несколько временных вариантов замачивания семян: 6, 12 и 24 ч. Проба состояла из 100 семян, обработанных исследуемым в 1 варианте препаратом. Десятикратная повторность проб в каждом варианте опыта обеспечила достоверность результатов. В качестве контроля высевались сухие семена.

Эксперименты по проращиванию семян осуществляли в климатоканнере «Фитотрон–30» (рис. 1). Прибор позволяет задавать необходимые пределы варьирования параметров в течение периода проращивания семян – температуру и освещенность. В камере предусмотрено светодиодное освещение с изменяемыми спектром и интенсивностью, дающее возможность моделировать полевые условия.

Проращивание проводили на фильтровальных кружках, наложенных на фланелевые подкладки с пришитыми фитильками. Фильтровальные кружки и тканевые подкладки намачивали дистиллированной водой непосредственно перед раскладкой семян. Температура воды и ложа 22 ± 2 °C оставалась неизменной и поддерживалась на протяжении всего проращивания семян.



Рис. 1. Заложение эксперимента по проращиванию семян сосны обыкновенной в климатоканнере «Фитотрон–30»

Fig. 1. Setting up an experiment on the germination of Scots pine seeds in the «Phytotron–30» climate chamber

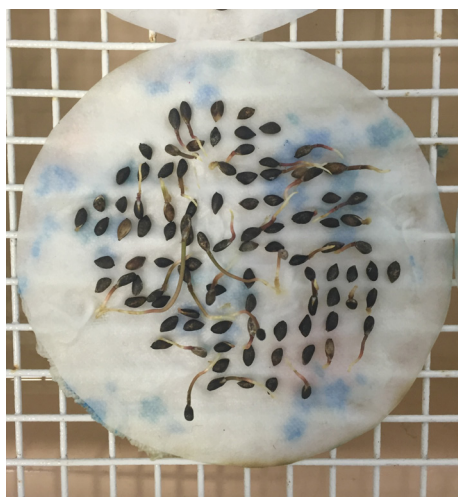
Семена на ложе раскладывали посредством пинцета, не допуская их соприкосновения. Проросшие семена учитывали на 5, 7, 10 и 15-й дни. Первым днем проращивания считали день, следующий за датой раскладки, а окончанием – последние сутки наблюдения за всхожестью семян. Проводя учет проростков, с ложа удаляли нормально проросшие и загнившие семена, заносили данные в карточку анализа отдельно по каждой пробе: количество семян – нормально проросших, загнивших и оставленных на ложе непроросших семян. При раскладке и перед выемкой семян с каждого ложа кончик пинцета протирали ватным тампоном, смоченным в спирте.

К нормально проросшим относятся семена, развившие здоровые корешки длиной не менее длины семени (рис. 2). К непроросшим – семена, которые не проросли в установленный для определения их всхожести срок. К загнившим – семена с мягким разложившимся эндоспермом, с загнившим зародышем, с частично или полностью загнившим корешком.

После окончания проращивания определяли входящие в число основных показатели качества семян сосны обыкновенной – энергию прорастания и всхожесть.

Рис. 2. Прорастание семян
Pinus sylvestris L.

Fig. 2. The germination
of *Pinus sylvestris* L. seeds



Результаты исследования и их обсуждение

Согласно положениям ГОСТ 14161–86 всхожесть семян сосны обыкновенной 1-го класса качества для 1-й зоны заготовки семян (в нее входит Архангельская область) должна составлять 80 %.

Результаты опытов показали наибольшие всхожесть и энергию прорастания у семян, замачивание которых проводили на максимальный из установленных период – 24 ч. Это объясняется строением семян *Pinus sylvestris* L. Пропускная способность оболочки семени за 24 ч замачивания в использованных растворах увеличивалась по сравнению с пропускной способностью при замачивании семян в тех же растворах на 6 и 12 ч. В то же время всхожесть и энергия прорастания замоченных на 6 и 12 ч семян по сравнению с контрольной пробой тоже увеличивались.

Из групп семян, замоченных на 6, 12 и 24 ч, наилучшие показатели всхожести были у семян, обработанных растворами нитрозированных и хлорированных лигносульфонатов с концентрацией 10 % в течение 24 ч (рис. 3). Их средняя всхожесть составила 95 %. Наименьший показатель зафиксирован при замачивании на 6 ч. Самая низкая средняя всхожесть в опыте составила 82 % – для растворов нитрозированных и хлорированных лигносульфонатов (20 и 30 %), экстракта фракции луба березы (1:100), фильтрата от выделения суберина из бересты (1:100), конденсата (1:2). Всхожесть семян в контрольных вариантах в среднем равнялась 80 %.

Наибольшая энергия прорастания (рис. 4) отмечена у семян, замоченных на 24 ч в растворах экстракта фракции луба березы менее 1 мм и фильтрата от выделения суберина из бересты, а именно 86 %. Наименьший показатель характерен для семян, замоченных на 6 ч в растворах нитрозированных (20 %) и хлорированных лигносульфатов (20 и 30 %), экстрактов фракции луба березы (1:10 000), фильтрата от выделения суберина из бересты (1:10 000) и конденсата (1:2). Их средняя энергия прорастания составила 72 %.

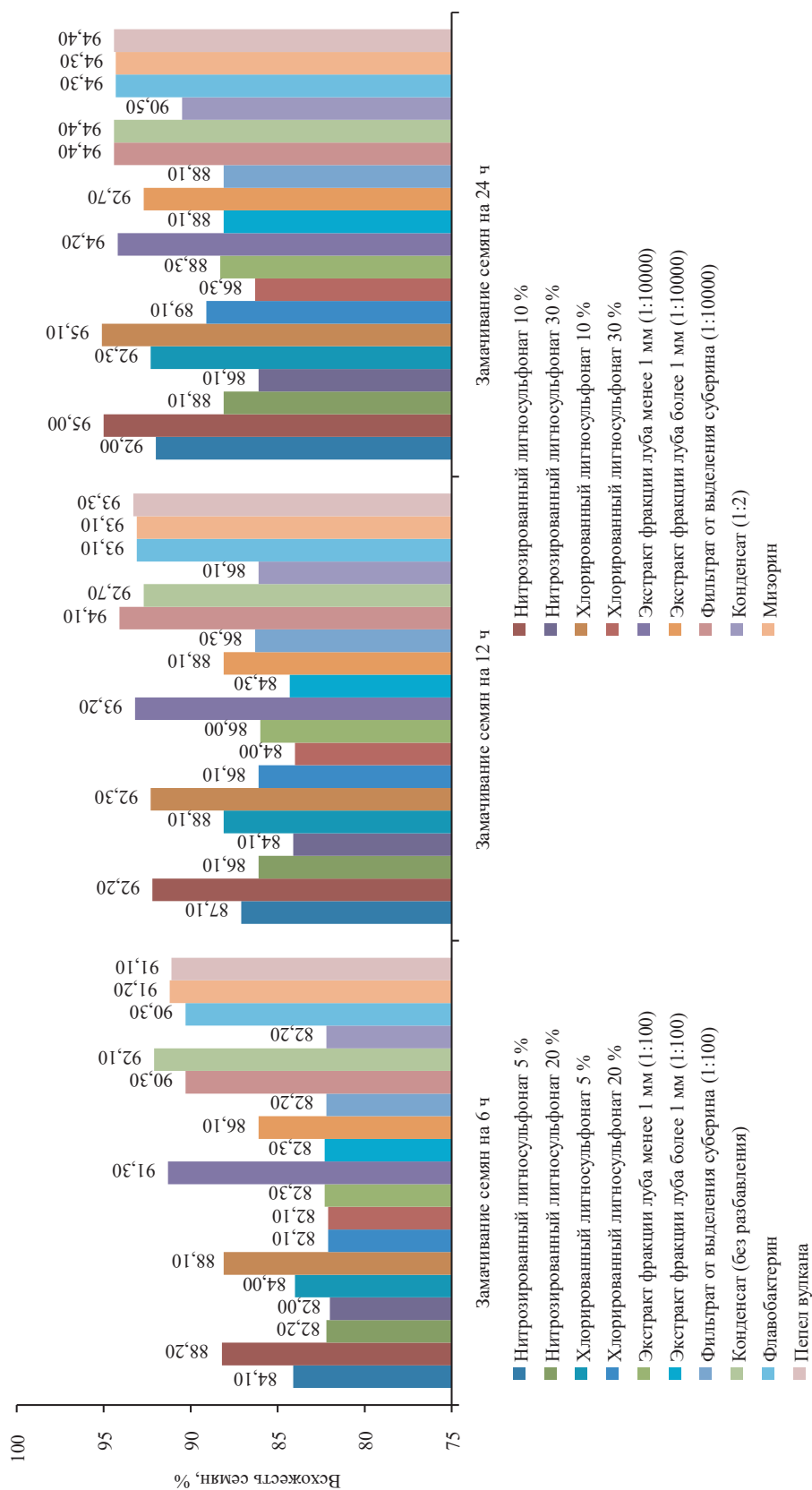


Рис. 3. Средняя всхожесть семян, замоченных в растворах препаратов на 6, 12 и 24 ч

Fig. 3. The average germination of seeds soaked in solutions of preparations for 6, 12 and 24 hours

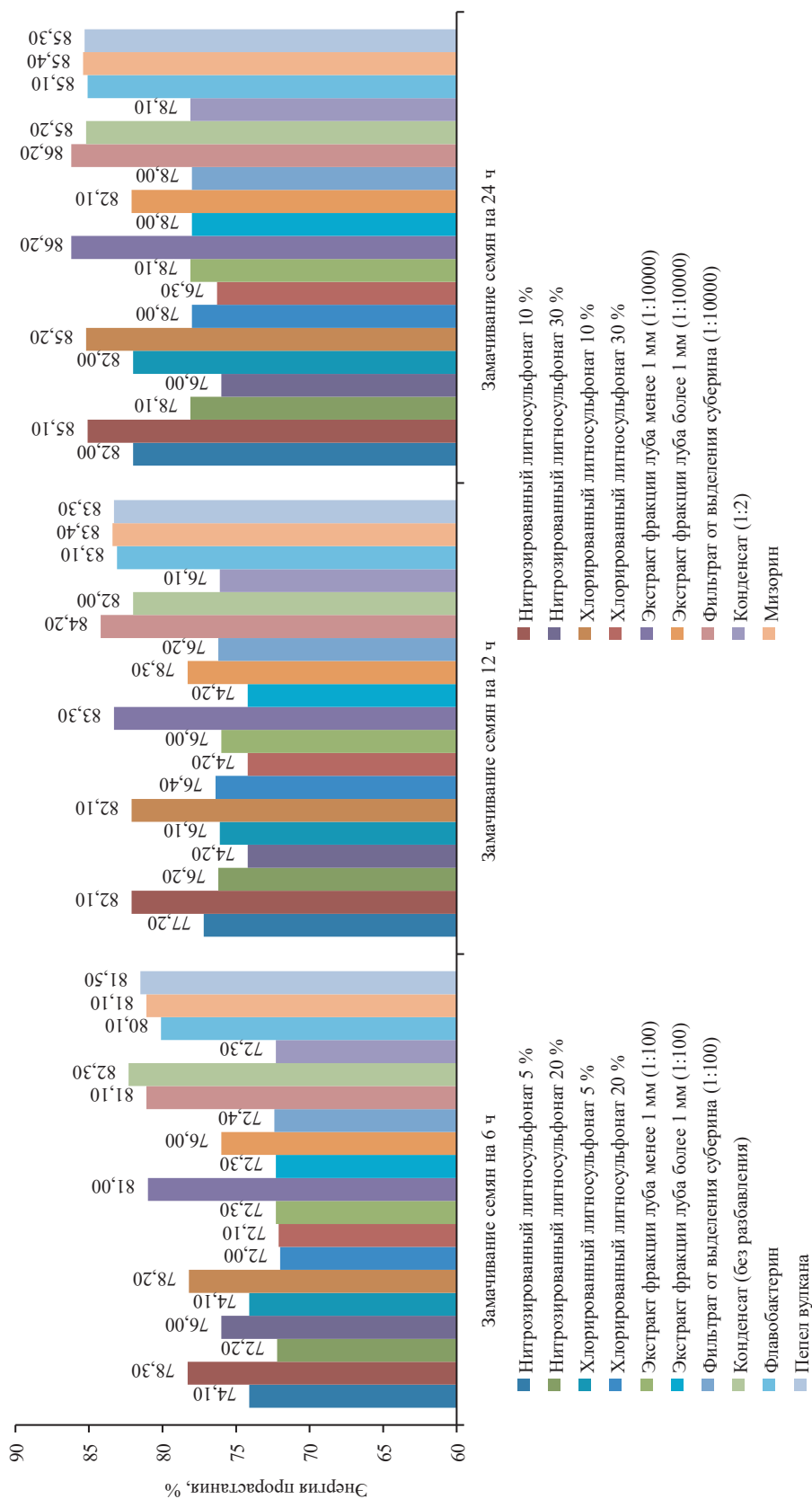


Рис. 4. Средняя энергия прорастания семян, замоченных в растворах препаратов на 6, 12 и 24 ч

Fig. 4. The average germination energy of seeds soaked in solutions of preparations for 6, 12 and 24 hours

Концентрация растворов для замачивания семян повлияла на их всхожесть и энергию прорастания. Так, наилучшая всхожесть семян в группе лигносульфонатов зафиксирована для растворов с концентрацией 10 %, в группе экстрактов фракции луба березы – для растворов с концентрацией 1:10 000 (растворы экстрактов фракции луба березы менее 1 мм), в группе фильтратов от выделения суберина из бересты – для растворов с концентрацией 1:10 000, в группе растворов конденсата – для неразбавленного варианта. Аналогичные высокие показатели получены по энергии прорастания семян, замоченных в растворах этих же концентраций. Для группы растворов технических лигносульфонатов наибольшие энергия прорастания и всхожесть семян были у препаратов с низкими концентрациями (5 и 10 %). Эффективность слабоконцентрированных лигносульфонатов является еще одним преимуществом использования растворов в качестве ростостимуляторов. Минимальный расход препаратов позволит значительно снизить стоимость закупки предполагаемого стимулятора роста. Результаты нашего исследования подтверждаются и данными других ученых [9, 10, 13, 22, 25, 26].

Пределы варьирования количества загнивших семян в опытных вариантах составляли 0–1 %. Контрольный вариант показал 15 % загнивших семян. Это свидетельствует о возможном наличии у используемых препаратов антибактериальных, фунгипротекторных и иммуномоделирующих свойств.

Взаимозависимость энергии прорастания и всхожести семян сосны обыкновенной была определена в ходе корреляционного анализа (см. таблицу). Энергия прорастания имела высокую по шкале Чеддока тесноту связи со всхожестью семян у большинства вариантов. Однако чаще парные линейные коэффициенты корреляции Пирсона при сопоставлении оценок 2 исследуемых признаков демонстрировали преимущественно заметную тесноту связи по указанной шкале. Примером может служить корреляция в вариантах с высокой концентрацией испытуемых веществ и средним временем замачивания.

Корреляция энергии прорастания и всхожести семян сосны обыкновенной, обработанных раствором лигносульфоната натрия 5 % и без обработки
The correlation of germination energy and germination of Scots pine seeds treated with 5 % sodium lingsulfonate solution and without treatment

Продолжительность замачивания, ч	Коэффициент корреляции Пирсона	Основная ошибка коэффициента корреляции	Критерий достоверности коэффициента корреляции
Без замачивания	0,22	0,03	406,00
6	0,22	0,03	135,55
12	0,88	0,02	303,73
24	0,15	0,04	235,64

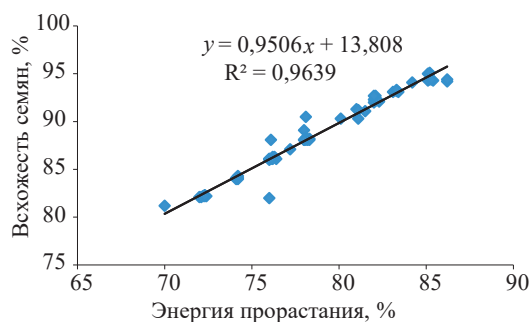
Некоторые варианты проявили слабую тесноту связи, при этом она была как отрицательной, так и положительной. Все представленные корреляции статистически надежны, что обусловлено достаточным для сложившегося уровня изменчивости признаков числом наблюдений и учетов (рис. 5).

Энергия прорастания и всхожесть семян имеют надежную взаимосвязь, которая описывалась уравнениями вида $y = ax + b$. Зависимость одного показателя

теля качества от другого также надежна (при условии, что $R^2 > 0,5$ или $R^2 \approx 0,5$, $y = 0,9506x + 13,808$; $R^2 = 0,9639$).

Рис. 5. Корреляция энергии прорастания и всхожести семян сосны обыкновенной, обработанных используемыми в исследовании препаратами

Fig. 5. The correlation of germination energy and germination of Scots pine seeds treated with the preparations used in the study



Закключение

Исследуемые препараты повышали всхожесть и энергию прорастания семян сосны обыкновенной. Наилучшие показатели были отмечены у семян, предварительно замоченных в 5%- и 10%-х растворах технических лигносульфонатов в течение 24 ч. Технические лигносульфонаты, экстракты луба березы, фильтрат, полученный при выделении суберина из бересты, Флавобактерин, Мизорин, конденсат, образующийся при сушке пиломатериалов, пепел вулкана Эйяфьядлайёкюдль можно рекомендовать для стимулирования всхожести и энергии прорастания семян сосны обыкновенной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Бабич Н.А., Барабин А.И., Тутыгин Г.С. Состояние и проблемы лесовосстановления на Европейском Севере // Сб. науч. тр. Архангельск. 1999. С. 4–12.

Babich N.A., Barabin A.I., Tutygin G.S. The State and Problems of Reforestation in the European North. *Collection of Scientific Papers*. Arkhangelsk, 1999, pp. 4–12. (In Russ.).

2. Беляев В.В. Состояние и основные направления повышения эффективности лесовосстановления на Европейском Севере России // Вестн. Поморск. ун-та. 2001. Вып. 2. С. 45–50.

Belyaev V.V. The State and Main Directions for Increasing the Efficiency of Reforestation in the European North of Russia. *Vestnik Pomorskogo Universiteta* = Vestnik of Pomor University, 2001, iss. 2, pp. 45–50. (In Russ.).

3. Дроchkova А.А. Анализ влияния лигносульфонатов на всхожесть и энергию прорастания семян *Pinus sylvestris* L. // Папанинские чтения: ст. участников Междунар. молодеж. науч. конф. Архангельск: Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. 2017. С. 52–55.

Drochkova A.A. Analysis of the Effect of Lignosulfonates on the Germination and Germination Energy of *Pinus sylvestris* L. Seeds. *Papaninskie chteniya* = The Papanin Readings: Articles by Participants of the International Youth Scientific Conference. Arkhangelsk, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov Publ., 2017, pp. 52–55. (In Russ.).

4. Дроchkova А.А. Анализ воздействия конденсата, образующегося при сушке пиломатериалов, на всхожесть и энергию прорастания семян *Pinus sylvestris* L. // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы XVIII Междунар. науч.-техн. конф. Вологда: Вологодск. гос. ун-т. 2020. С. 31–32.

Drochkova A.A. Analysis of the effects of condensate formed during drying of lumber on germination and germination energy of *Pinus sylvestris* L. seeds. *Aktu-*

al'nye problemy razvitiya lesnogo kompleksa: Proceedings of the XVIII International Scientific and Technical Conference. Vologda, Vologda State University Publ., 2020, pp. 31–32. (In Russ.).

5. Дрочкова А.А. Анализ влияния пепла вулкана Эйяфьядлайёкюдль на основные показатели качества семян *Pinus sylvestris* L. // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. ст. XLIV Междунар. науч.-практ. конф. Пенза: Наука и Просвещение, 2021. С. 137–139.

Drochkova A.A. Analysis of the Influence of Eyjafjallajökull Volcano Ash on the Main Quality Indicators of *Pinus sylvestris* L. Seeds. *Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii*: Collection of Articles of the XLIV International Scientific and Practical Conference. Penza, Nauka i prosveshchenie Publ., 2021, pp. 137–139. (In Russ.).

6. Дрочкова А.А. Влияние времени замачивания семян сосны обыкновенной на их показатели качества // Фундаментальная и прикладная наука: актуальные вопросы теории и практики: сб. ст. III Междунар. науч.-практ. конф. Пенза: Наука и Просвещение, 2023. С. 99–101.

Drochkova A.A. The Influence of Soaking Time of Scots Pine Seeds on Their Quality Indicators. *Fundamental'naya i prikladnaya nauka: aktual'nye voprosy teorii i praktiki*: Collection of Articles of the III International Scientific and Practical Conference. Penza, Nauka i prosveshchenie Publ., 2023, pp. 99–101. (In Russ.).

7. Егорова А.А., Бабич Н.А. Влияние «Флавобактерина» на всхожесть и энергию прорастания семян сосны обыкновенной // Экологические проблемы Арктики и северных территорий: межвуз. сб. науч. тр. Вып. 15. Архангельск: Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. 2012. С. 89–91.

Egorova A.A., Babich N.A. The Effect of “Flavobacterin” on the Germination and Germination Energy of Scots Pine Seeds. *Ekologicheskije problemy Arktiki i severnykh territorij*: Interuniversity Collection of Scientific Papers, iss. 15. Arkhangel'sk, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov Publ., 2012, pp. 89–91. (In Russ.).

8. Кунавин А.А., Кутакова Н.А., Дрочкова А.А., Бадогина А.И. Измерение ростостимулирующих свойств экстрактов луба березовой коры // Актуальные проблемы метрологического обеспечения научно-практической деятельности: материалы Всерос. науч.-техн. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов. Архангельск: Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова, 2016. С. 70–74.

Kunavin A.A., Kutakova N.A., Drochkova A.A., Badogina A.I. Measurement of Growth-Stimulating Properties of Birch Bark Bast Extracts. *Aktual'nye problemy metrologicheskogo obespecheniya nauchno-prakticheskoy deyatel'nosti*: Proceedings of the All-Russian Scientific and Technical Conference of Young Scientists, Postgraduate Students and Students. Arkhangel'sk, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov Publ., 2016, pp. 70–74. (In Russ.).

9. Острошенко В.Ю., Острошенко Л.Ю. Влияние стимуляторов на всхожесть семян и рост сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Изв. вузов. Лесн. журн. 2023. № 4. С. 93–104.

Ostroshenko V.Yu., Ostroshenko L.Yu. Influence of Growth Stimulants on Seed Germination and Seedlings Growth of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.). *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2023, no. 4, pp. 93–104. (In Russ.).

<https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-4-93-104>

10. Пентелькин С.К. Итоги изучения стимуляторов роста и полимеров в лесном хозяйстве за последние 20 лет // Лесохоз. информ. 2003. № 10. С. 34–53.

Pentelkin S.K. Results of the Study of Growth Stimulants and Polymers in Forestry over the Past 20 Years. *Lesokhozyajstvennaya informatsiya* = Forestry Information, 2003, no. 10, pp. 34–53. (In Russ.).

11. Родин А.Р., Попова Н.Я. Перспективы использования экологически чистых препаратов в лесных питомниках // Изв. вузов. Лесн. журн. 1991. № 6. С. 3–7.

Rodin A.R., Popova N.Ya. Prospects for the Use of Environmentally Friendly Preparations in Forest Nurseries. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 1991, no. 6, pp. 3–7. (In Russ.).

12. Родин А.Р., Попова Н.Я., Кандыба Е.В. Высокоэффективные препараты для питомников // Лесн. хоз-во. 1997. № 1. С. 28–30.

Rodin A.R., Popova N.Ya., Kandyba E.V. Highly Effective Preparations for Nurseries. *Lesnoe khozyajstvo*, 1997, no. 1, pp. 28–30. (In Russ.).

13. Рунова Е.М., Денисенко А.В. Влияние ростогенерирующих препаратов на показатели прорастания семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Актуал. проблемы лесн. комплекса. 2024. № 65. С. 125–128.

Runova E.M., Denisenko A.V. The Influence of Growth-Promoting Preparations on the Germination Rates of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Seeds. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2024, no. 65, pp. 125–128. (In Russ.).

14. Словарь-справочник таежного лесокультурника: справочн. изд. Архангельск: АГТУ, 2005. 252 с.

Dictionary and Reference Book of the Taiga Forestry Specialist: Reference Book. Arkhangelsk, Arkhangelsk State Technical University Publ., 2005. 252 p. (In Russ.).

15. Сунгурова Н.Р., Дрочкова А.А., Гаевский Н.П., Волыхина Н.В., Бабич Н.А. Конденсат сушки древесины как активатор энергии прорастания и всхожести семян сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. // Лесн. вестн. 2022. Т. 26, № 4. С. 39–45.

Sungurova N.R., Drochkova A.A., Gayevskiy N.P., Volykhina N.V., Babich N.A. Wood Drying Condensate as *Pinus sylvestris* L. Seeds Germination Activator. *Lesnoy vestnik* = Forestry Bulletin, 2022, vol. 26, no. 4, pp. 39–45. (In Russ.).

<https://doi.org/10.18698/2542-1468-2022-4-39-45>

16. Тюкавина О.Н., Демина Н.А. Биологически активные препараты для стимуляции роста сеянцев хвойных // Вестн. Бурятск. гос. с.-х. акад. им. В.Р. Филиппова. 2023. № 1(70). С. 122–133.

Tyukavina O.N., Demina N.A. Biologically Active Substances for Stimulating the Growth of Coniferous Seedlings. *Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii imeni V.R. Filippova* = Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov, 2023, no. 1(70), pp. 122–133. (In Russ.).

<https://doi.org/10.34655/bgsha.2023.70.1.015>

17. Barber J.J. Recent Advances in Planting Techniques. *Forest Farmer*, 1972, vol. 32. 26 p.

18. Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W. Agricultural Uses of Plant Biostimulants. *Plant and Soil*, 2014, vol. 383, pp. 3–41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>

19. Davis A.S., Jacobs D.F. Quantifying Root System Quality of Nursery Seedlings and Relationship to Outplanting Performance. *New Forests*, 2005, vol. 30, pp. 295–311. <https://doi.org/10.1007/s11056-005-7480-y>

20. Grossnickle S.C. Why Seedlings Survive: Influence of Plant Attributes. *New Forests*, 2012, vol. 43, pp. 711–738. <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9336-6>

21. Grossnickle S.C., MacDonald J.E. Why Seedlings Grow: Influence of Plant Attributes. *New Forests*, 2018, vol. 49, pp. 1–34. <https://doi.org/10.1007/s11056-017-9606-4>

22. Hoffmann F. Untersuchungen zur Stickstoffernahrung junger Koniferen. *Archiv fur Forstwesen*, 1966, no. 10, pp. 1093–1103. (In Germ.).

23. Louder R. *Volcanic Ash May Be Helping Vegetation Growth*. Reykjavik, Grapevine Publ., 2010. 24 p.

24. Rikala R. Seedling Production for Reforestation. *Forest Regeneration in the Northern Parts of Europe*: Proceeding of the Finnish-Russian Forest Regeneration Seminar in Vuokatti, Finland, 2000, pp. 127–140.

25. Salaš P., Sasková H., Mokričková J., Litschmann T. Evaluation of Different Types of Rooting Stimulators. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 2013, vol. 60, iss. 8, pp. 217–228. <https://doi.org/10.11118/actaun201260080217>

26. Shchukin R.A., Bogdanov O.E., Zavoloka I.P., Ryazanov G.S., Kruglov N.M. Biotechnological Basis for Application of Growth Regulators for Rooting of Green Cuttings of Trees and Shrubs in a Greenhouse with a Misting System. *BIO Web of Conferences*, 2020, vol. 23, art. no. 01009. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202301009>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest