

УДК 502 663.86

ИССЛЕДОВАНИЕ РОСТСТИМУЛИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ ХВОЙНЫХ

© С.В. Соболева, О.А. Есякова*, О.П. Ковылина

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, пр. им. газ. «Красноярский рабочий», 31, Красноярск, 660037, Россия, olga-la83@mail.ru

В работе рассмотрена возможность использования водных экстрактов хвойных для увеличения всхожести семян ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L) длительного хранения. Выяснили, что в древесной зелени хвойных присутствуют вещества, обладающие провитаминной и ростстимулирующей активностью, а именно каротиноиды (0.014 г/л) и фенольные соединения (2.61 г/л). В качестве сырья брали древесную зелень сосны и ели, отобранные в районе национального парка Красноярские Столбы. Экстракти готовили из древесной зелени хвойных следующим образом: высушеннную и измельченную древесную зелень сосны и ели экстрагировали трет-бутилметиловым эфиром. Экстракт обрабатывали водным раствором щелочного агента, затем отделяли водно-щелочной раствор. В качестве контроля брали дистиллированную воду. Для эксперимента использовали семена сосны обыкновенной и ели сибирской, заготовленные с 2017 по 2021 г. Семена проращивали в чашках Петри, в качестве подстилки использовали фильтровальную бумагу. Учет проростков проводили согласно действующему ГОСТу на 7, 10 день соответственно. Всхожесть определяли на 15 день для семян сосны и на 20 день для семян ели. На 100 шт. семян брали следующие концентрации экстракта водного раствора, мл экстракта на 1 л: 0.25 : 1; 0.5 : 1; 0.10 : 1; 0.05 : 1; 0.025 : 1. Выяснили, что с увеличением срока хранения всхожесть семян падает, а наибольшая всхожесть семян наблюдается при использовании экстракта с концентрацией экстрактивных веществ (0.05 : 1) и семян 2020 и 2021 гг. сбора.

Ключевые слова: ростстимулирующая активность, водные экстракти хвойных, *Picea obovata* Ledeb, *Pinus sylvestris* L.

Для цитирования: Соболева С.В., Есякова О.А., Ковылина О.П. Исследование ростстимулирующей активности водных экстрактов древесной зелени хвойных // Химия растительного сырья. 2025. №1. С. 393–399. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250113434>.

Введение

Отходы лесозаготовок – это древесные остатки, образующиеся при валке деревьев. К ним относятся вершины, сучья, ветви, немерные отрезки и обломки хлыстов, кора, хвоя, листья, опилки. По характеру биомассы эти древесные остатки подразделяют на отходы из элементов кроны (отходы кроны) и отходы из стволовой древесины (древесная масса отходов). Все эти отходы могут быть полезно использованы в различных отраслях промышленности. Поэтому разработка инновационных технологий по комплексной переработке древесины на стадии лесозаготовок является актуальной темой [1, 2].

Не менее ценным отходом лесосечных отходов является древесная зелень и хвоя [3]. В хвое содержатся дубильные вещества, эфирное масло, составными частями которого являются альфа- и бета-пинен, лимонен, борнеол, борнилацетат, кадинен, карен, терpineол, церратендиол, а также смоляные кислоты; алкалоиды, смолы, жиры, крахмал, каротин, сахара, горько-пряные вещества, минеральные соли (особенно железа), витамины К, Е, С. Ряд авторов изучали проблему повышения всхожести семян хвойных с использованием различных стимуляторов роста. Так, сотрудниками В.Н. Усовым и Б.Н. Попковым были проведены опыты по изучению влияния эпина на проращивание семян и рост сеянцев сосны густоцветной и Банкса [4]. Среди регуляторов роста растений есть группа препаратов, действующим веществом которых являются тритерпеновые кислоты, получаемые из хвои пихты сибирской. Обзор таких стимуляторов приведен в работах В.А. Ралдугина и А.В. Кучина [5–7]. Одна из таких разработок – биопрепараты Вэрва и Вэрва-

* Автор, с которым следует вести переписку.

ель. Тriterпеновые кислоты, содержащиеся в препарате, способствуют активизации биологических и иммунных процессов в растениях, в том числе стимулируют всхожесть и ростстимулирующую активность семян [8]. Действующими веществами биопрепарата Вэрва-ель являются флавоноиды, которые содержатся в древесной зелени ели сибирской [9]. Подобные исследования проводились с препаратом «Эпин-Экстра» по изучению его влияния на нарастание массы проростка при проращивании семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*) [10, 11]. Наиболее подробно состав биологически активных веществ водных и водно-спиртовых экстрактов отражен в работах В.М. Ушановой и С.В. Соболевой [12–14].

Цель исследований – изучение ростстимулирующей активности водных экстрактов древесной зелени хвойных различной концентрации на всхожесть семян сосны обыкновенной и ели сибирской, а также определение состава экстрактивных веществ водных экстрактов древесной зелени хвойных.

Экспериментальная часть

В качестве сырья для приготовления хвойных водных экстрактов брали древесную зелень (в равных пропорциях сосна, пихта и ель), отобранныю в районе национального парка Красноярские Столбы. Экстракти готовили из древесной зелени хвойных следующим образом: высушивали сырье на воздухе без доступа солнечных лучей, измельчали на шнековом грануляторе до размера частиц 0.5–1 мм. Экстрагировали (этилацетат + диэтиловый эфир) при перемешивании и температуре 20–25 °C, с последующей обработкой экстракта щелочью, водный раствор отделяли от органической фазы и высушивали его до порошка [15]. Продукт настаивали в воде при перемешивании при температуре 15–25 °C, гидромодуль 1 : 10. Твердый остаток отделяют путем центрифугирования или фильтрования с последующим отжимом твердого остатка. Полученный водный настой зеленовато-коричневого цвета содержит водорастворимые натриевые соли тритерпеновых кислот в концентрации 0.6–0.8 мас.%.

Для эксперимента были использованы семена сосны обыкновенной и ели сибирской заготовки 2017, 2018, 2019, 2020 и 2021 года, предоставленные Красноярской лесосеменной станцией, характеристика семян соответствует ГОСТ 14161-86 [16]. Подготовку семян и методы их проращивания проводили по ГОСТ 13056.6-97 [17]. Подготовка семян проводилась в следующей последовательности: их помещали на сутки в водные растворы древесной зелени хвойных различной концентрации. Подготовленные к опытам семена по 100 шт. раскладывали в чашки Петри, на влажное ложе, подготовленное из фильтровальной бумаги, которую нарезали по размерам чашек Петри. Ложе для проращивания семян поддерживали во влажном состоянии, периодически смачивая фильтровальную бумагу дистиллированной водой. Температура проращивания – в пределах 22–24 °C. Учет проростков проводили согласно действующему ГОСТу на 7, 10 и 15 день. На 100 шт. семян брали следующие концентрации экстракта водного раствора, мл: 0.25 : 1; 0.5 : 1; 0.10 : 1; 0.05 : 1; 0.025 : 1. Контролем служил вариант, где семена замачивали в дистиллированной воде. Все эксперименты выполнены в трехкратной повторности. Химический состав экстрактов древесной зелени определяли методами, общепринятыми в химии древесины [18]. Результаты исследований обрабатывали статистически с помощью пакета программ Microsoft Excel с достоверностью $P \leq 0.05$ [19]. Состав водно-щелочного экстракта древесной зелени хвойных представлен в таблице 1.

Согласно проведенным исследованиям, в экстракте древесной зелени хвойных установлено содержание каротиноидов (0.84 г/л), обладающих провитаминной активностью, фенольных соединений (2.61 г/л) и натриевых солей тритерпеновых кислот (0.67 г/л), обладающих ростстимулирующей активностью. Для исследования ростстимулирующей активности подготовили пять экстрактов с различной концентрацией:

- Экстракт 1 – 0.5 мл на 1 л дистиллированной воды (0.5 : 1);
- Экстракт 2 – 0.25 мл на 1 л дистиллированной воды (0.25 : 1);
- Экстракт 3 – 0.1 мл на 1 л дистиллированной воды (0.1 : 1);
- Экстракт 4 – 0.05 мл на 1 л дистиллированной воды (0.05 : 1);
- Экстракт 5 – 0.025 на 1 л дистиллированной воды (0.025 : 1).

На 10-е сутки определяли энергию прорастания для семян ели сибирской и на 7-е сутки – для семян сосны обыкновенной по формуле [17]:

$$\mathcal{E} = \frac{A \cdot 100}{100}, \%$$

где А – количество проросших семян, шт.; 100 – количество семян в опыте.

В качестве контроля использовали дистиллированную воду. Эти данные приведены на рисунках 1 и 2.

Всхожесть семян определяли согласно ГОСТ 13056.97: для сосны обыкновенной на 15 день, ели сибирской – на 20 день. В качестве контроля использовали дистиллированную воду. Данные по всхожести семян сосны обыкновенной и ели сибирской приведены в таблице 2 и 3.

Обсуждение результатов

Согласно проведенным исследованиям, выяснили, что энергия прорастания семян сосны обыкновенной и ели сибирской разного года сбора зависит от срока хранения семян и концентрации экстрактов древесной зелени хвойных, используемых в качестве ростстимулирующей добавки к ним. Согласно представленным данным (рис. 1 и 2), можно наблюдать тенденцию увеличения энергии прорастания для семян ели сибирской и сосны обыкновенной на 15–20% для семян 2020 года сбора (срок хранения – 1–2 года) с использованием концентрации раствора 0.05 : 1. Дальнейшее использование более разбавленных растворов не дает ощутимого результата и не приводит к увеличению энергии прорастания семян.

Таблица 1. Составэкстракта древесной зелени хвойных, г/л на а.с.м.

Наименование	Содержание, г/л
Углеводы	0.19
Каротиноиды	0.84
Жирные кислоты и их производные	0.67
Дитерпеноиды	0.38
Фенольные соединения	2.61
Лигнноподобные вещества	10.89
Минеральные вещества	2.21
Всего	17.79

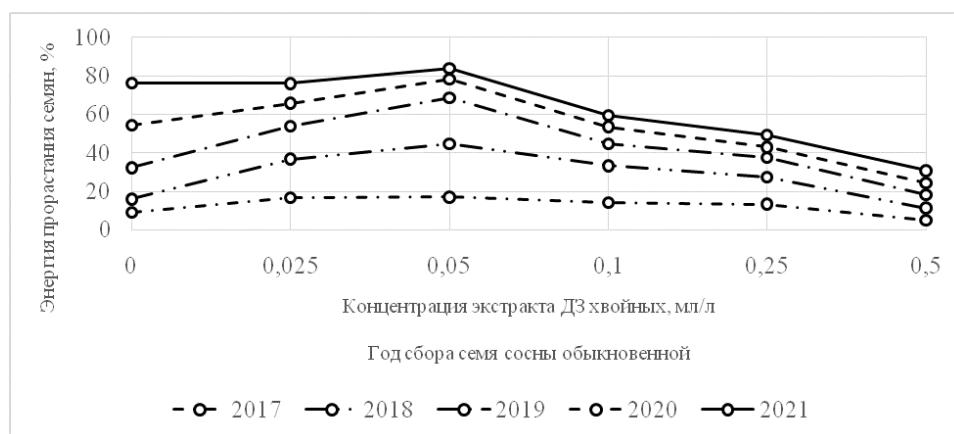


Рис. 1. Зависимость энергии прорастания семян сосны обыкновенной разного года сбора на 7-е сутки от концентрации экстракта древесной зелени хвойных, %

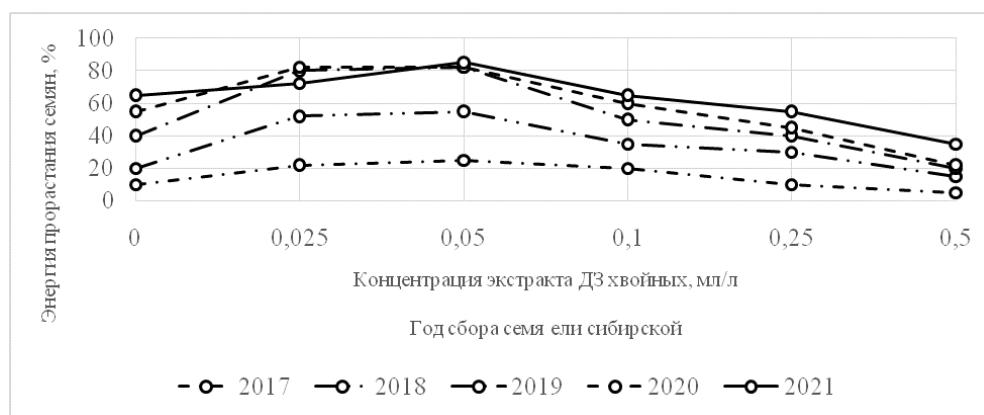


Рис. 2. Зависимость энергии прорастания семян ели сибирской разного года сбора на 10-е сутки от концентрации экстракта древесной зелени хвойных, %

Таблица 2. Всхожесть семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*) на 100 шт. на 15-е сутки, с учетом невсхожих и загнивших семян, %

Год сбора	Контроль	Концентрация растворов, мл/л				
		Экстракт №1 (0.5 : 1)	Экстракт №2 (0.25 : 1)	Экстракт №3 (0.1 : 1)	Экстракт №4 (0.05 : 1)	Экстракт №5 (0.025 : 1)
2017	10.0±0.6	6.0±0.4	10.0±0.8	15.0±0.7	17.0±0.5	12.0±0.6
2018	19.5±0.8	19.3±0.9	10.1±0.5	16.6±0.6	19.6±0.9	15.3±0.8
2019	45.3±0.9	39.4±0.6	41.5±0.7	46.1±0.5	56.6±0.4	40.5±1.3
2020	52.5±0.4	42.1±0.5	45.3±0.6	52.5±0.9	65.5±0.5	55.4±0.9
2021	78.5±1.0	58.2±1.2	65.5±0.9	79.4±0.8	88.5±0.6	68.2±0.9

Таблица 3. Всхожесть семян ели сибирской (*Picea obovata Ledeb*) на 100 шт. на 20-е сутки, с учетом невсхожих и загнивших семян, %

Год сбора	Контроль	Концентрация растворов, мл/л				
		Экстракт №1 (0.5 : 1)	Экстракт №2 (0.25 : 1)	Экстракт №3 (0.1 : 1)	Экстракт №4 (0.05 : 1)	Экстракт №5 (0.025 : 1)
2017	8.0±0.4	8.5±0.4	12.0±0.3	16.0±0.5	17.0±0.5	15.0±0.3
2018	15.0±0.5	10.0±0.3	11.0±0.5	17.0±0.1	18.0±0.5	16.0±0.3
2019	34.0±0.3	34.5±0.4	35.0±0.6	36.0±0.3	45.0±0.5	31.0±0.1
2020	45.0±0.5	15.9±0.1	15.0±0.2	42.0±0.7	58.0±0.4	25.0±0.2
2021	69.0±0.5	50.0±0.4	52.0±0.5	73.0±0.5	82.0±0.2	62.0±0.5

Выяснили, что максимальная всхожесть семян сосны и ели наблюдается при использовании экстракта хвойных №4 (0.05 : 1). Она выше по сравнению с контролем на 10% для семян 2021 года сбора (1 год хранения); на 13% – для семян 2020 года (2 года хранения); на 11.3% – для семян 2019 года (3 года хранения); на 2–3% – для семян 2018 и 2017 года (4–5 лет хранения). Эти данные приведены в таблице 2 и 3, тенденция по всхожести семян сосны обыкновенной и ели сибирской незначительно отличаются с преобладанием темпов всхожести для семян сосны обыкновенной на 15-е сутки с учетом невсхожих и загнивших семян, и составляет от 52.5 до 88.5% для семян срока хранения от 1 до 2 лет. С более длительным сроком хранения семена практически теряют свои качества по всхожести и энергии прорастания, %: от 10 до 56.5 для сосны и от 8 до 45 – для ели (табл. 2 и 3).

Результаты эксперимента по проращиванию семян сосны обыкновенной на 15 день и ели сибирской на 20 день представлены на рисунке 3.



Рис. 3. Всходы семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*) (а) на 15 сутки и ели сибирской (*Picea obovata Ledeb*) (б) на 20 сутки

Согласно проведенным исследованиям, установлено, что общая динамика увеличения длины проростков по отношению к контролю наблюдается при их проращивании с использованием слабоконцентрированных растворов древесной зелени хвойных от 0.1 до 0.05 мл/л воды и составляет от 8 до 17% по отношению к контролю. Дальнейшее уменьшение концентрации не приводит к увеличению длины проростков и ее снижение нецелесообразно. По-видимому, это связано с уменьшением концентрации биологически активных веществ, в частности натриевых солей тритерпеновых кислот (0.67 г/л) и фенольных соединений (2.61 г/л), обладающих ростстимулирующей активностью. Важная функция фенольных соединений заключается в регуляции уровня окислительных процессов, на которые они могут влиять, выступая в качестве анти- или прооксидантов в ферментативных и неферментативных реакциях. Они способны при вступлении в реакцию с АФК образовывать либо молекулярные продукты, либо радикалы с меньшей реакционной способностью. В частности, изофлавоны могут проявлять ростстимулирующие свойства при определенных условиях и концентрациях в растворе. При использовании более концентрированных растворов (0.5 : 1) и (0.25 : 1) мл/л увеличения ростстимулирующей активности не наблюдается. Для детального изучения механизма воздействия стимулятора роста на всхожесть семян сосны и ели необходимо провести дополнительные исследования.

Выходы

1. Согласно проведенным исследованиям, выяснили, что энергия прорастания семян сосны обыкновенной и ели сибирской разного года сбора зависит от срока хранения семян и концентрации экстрактов древесной зелени хвойных, используемых в качестве ростстимулирующей добавки к ним.
2. Установили, что концентрированные экстракты древесной зелени оказывают ингибирующее действие на всхожесть семян сосны обыкновенной (экстракты №№ 1–3) по отношению к контролю, а также с увеличением срока хранения всхожесть семян падает как в контрольном, так и в опытном образце.
3. Выяснено, что наибольшая всхожесть семян наблюдается при использовании экстракта №5 с концентрацией экстрактивных веществ (0.05 : 1) мл/л. Дальнейшее уменьшение концентрации раствора до экстракта №4 (0.025 : 1) мл/л не дает положительного эффекта, поэтому применение его нецелесообразно.
4. В результате изучения химического состава водно-щелочных растворов древесной зелени хвойных пород предложена технология проращивания семян ели сибирской и сосны обыкновенной с использованием разбавленных водных экстрактов древесной зелени хвойных (0.05 : 1) мл/л для увеличения всхожести семян сосны и ели длительного хранения.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Хартанович Е.А., Зеленская Т.В. Состояние и использование лесосырьевой базы Красноярского края как предпосылки формирования кластера по переработке отходов лесного комплекса // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. №11-3. С. 548–553. <https://doi.org/10.17513/vaael.1461>.
2. Распоряжение Правительства Красноярского края от 06.05.2020 г. №271-р «Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса Красноярского края до 2030 года».
3. ГОСТ 21769-84. Древесная зелень. Технические условия. М., 1984. 7 с.
4. Усов В.Н., Попков Б.В. Влияние стимулятора роста «Эпин» на прорастание семян и рост сеянцев сосны густоцветковой и Банкса // К 50-летию кафедры лесоводства Института лесного и лесопаркового хозяйства ФГОУ ВПО «Приморская ГСХА». Юбилейный сборник научных трудов. Уссурийск, 2010. С. 180–185.
5. Ралдугин В.А. Тriterpenoиды пихты и высокоэффективный регулятор роста растений на их основе // Российский химический журнал. 2004. Т. 86, №3. С. 84–88.

6. Патент №2298327 (РФ). Регулятор роста растений с фунгицидным действием Вэрва / А.В. Кучин, Т.В. Хуршкайнер, В.А. Кучин, Н.Н. Скрипова. – 10.05.2007.
7. Андреева Е.М., Стеценко С.К., Кучин А.В. и др. Влияние стимуляторов роста природного происхождения на проростки хвойных пород // Лесотехнический журнал. 2016. №3. С. 10–18.
8. Патент №2303589 (РФ). Способ получения биологически активной суммы тритерпеновых кислот / К.Г. Королев, О.И. Ломовский. – 2006.
9. Вакуленко В.В. Регуляторы роста // Защита и карантин растений. 2004. №1. С. 24–46.
10. Острошенко В.В., Острошенко Л.Ю., Ключников Д.А. и др. Влияние стимуляторов роста на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. Т. 17, №6. С. 242–247.
11. Кириенко М.А., Гончарова И.А. Влияние концентрации стимуляторов роста нагрунтовую всхожесть семян и сохранность сеянцев главных лесообразующих видов Средней Сибири // Сибирский лесной журнал. 2016. №1. С. 39–45. <https://doi.org/10.15372/SJFS20160104>.
12. Ушанова В.М. Комплексная переработка древесной зелени и коры пихты сибирской с получением продуктов, обладающих биологической активностью: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Красноярск, 2012. 34 с.
13. Ушанова В.М. Переработка древесной зелени и коры пихты сибирской с получением биологически активных продуктов // Хвойные бореальной зоны. 2013. №1-2. С. 138–142.
14. Соболева С.В., Воронин В.М., Есякова О.А. Содержание биологически активных веществ водно-этанольных экстрактов из коры осины и изучение их рострегулирующей активности // Химия растительного сырья. 2020. №1. С. 373–380. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020014442>.
15. Патент №2108803 (РФ). Способ получения биологически активной суммы тритерпеновых кислот / В.А. Ралдугин, А.Г. Друганов, В.П. Климов, А.Н. Шубин, В.М. Чекуров. – 20.04.1998.
16. ГОСТ 14161-86. Семена хвойных древесных пород. Технические условия. М., 1986. 8 с.
17. ГОСТ 13056.6-97. Семена деревьев и кустарников метод определения всхожести. Минск, 1998. 38 с.
18. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы: учебное пособие. М., 1991. 320 с.
19. Мойзес Б.Б., Плотникова И.В., Редько Л.А. Статистические методы контроля качества и обработка экспериментальных данных: учебное пособие для вузов. М., 2022. 119 с.

Поступила в редакцию 17 августа 2023 г.

После переработки 4 февраля 2025 г.

Принята к публикации 5 февраля 2025 г.

Soboleva S.V., Esyakova O.A.*; Kovylina O.P. INVESTIGATION OF THE GROWTH-STIMULATING ACTIVITY OF AQUEOUS EXTRACTS OF CONIFEROUS WOODY GREENS

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsky Rabochy av., 31, Krasnoyarsk, 660037, Russia, olga-la83@mail.ru

The paper considers the possibility of using water extracts of conifers to increase the germination of seeds of Siberian spruce (*Picea obovata* Ledeb) and Scots pine (*Pepys sylvestris* L.) for long-term storage. It was found out that in the woody greenery of conifers there are substances with provitamin and growth-stimulating activity, namely carotenoids (0.014 g/l) and phenolic compounds (2.61 g/l). As raw materials, pine and spruce tree greens were taken, selected in the area of the Krasnoyarsk Pillars National Park. Extracts were prepared from coniferous tree greens as follows: dried and crushed pine and spruce tree greens were extracted with tert-butylmethyl ether. The extract was treated with an aqueous solution of an alkaline agent, then an aqueous-alkaline solution was separated. Distilled water was taken as a control. For the experiment, seeds of scots pine and Siberian spruce harvested from 2017 to 2021 were used. The seeds were germinated in Petri dishes, filter paper was used as a litter. The seedlings were accounted for according to the current GOST on day 7, 10, respectively. Germination was determined on day 15 for pine seeds and on day 20 for spruce seeds. Per 100 pcs. the following concentrations of the extract of an aqueous solution were taken from the seeds, ml of extract per 1 liter: 0.25 : 1; 0.5 : 1; 0.10 : 1; 0.05 : 1; 0.025 : 1. It was found out that with an increase in the shelf life, the germination of seeds decreases, and the greatest germination of seeds is observed when using an extract with a concentration of extractive substances (0.05 : 1) and seeds of 2020 and 2021 collection years.

Keywords: growth-stimulating activity, aqueous extracts of conifers, *Picea obovata* Ledeb, *Pepys sylvestris* L.

For citing: Soboleva S.V., Esyakova O.A., Kovylina O.P. Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya, 2025, no. 1, pp. 393–399. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250113434>.

* Corresponding author.

References

1. Khartanovich Ye.A., Zelenskaya T.V. *Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava*, 2020, no. 11-3, pp. 548–553. <https://doi.org/10.17513/vaael.1461>. (in Russ.).
2. *Rasporyazheniye Pravitel'stva Krasnoyarskogo kraya ot 06.05.2020 g. №271-r «Ob utverzhdenii Strategii razvitiya lesnogo kompleksa Krasnoyarskogo kraya do 2030 goda»*. [Order of the Government of Krasnoyarsk Krai dated 06.05.2020 No. 271-r "On approval of the Strategy for the development of the forest complex of Krasnoyarsk Krai until 2030"]. (in Russ.).
3. *GOST 21769-84. Drevesnaya zelen'. Tekhnicheskiye usloviya*. [GOST 21769-84. Wood greenery. Technical conditions]. Moscow, 1984, 7 p. (in Russ.).
4. Usov V.N., Popkov B.V. *K 50-letiyu kafedry lesovedstva Instituta lesnogo i lesoparkovogo khozyaystva FGOU VPO «Primorskaya GSKHA»*. Yubileynyj sbornik nauchnykh trudov. [To the 50th anniversary of the Department of Forestry of the Institute of Forestry and Forest Park Management of the Primorskaya State Agricultural Academy. Anniversary collection of scientific papers]. Ussuriysk, 2010, pp. 180–185. (in Russ.).
5. Raldugin V.A. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal*, 2004, vol. 86, no. 3, pp. 84–88. (in Russ.).
6. Patent 2298327 (RU). 10.05.2007. (in Russ.).
7. Andreyeva Ye.M., Stetsenko S.K., Kuchin A.V. i dr. *Lesotekhnicheskiy zhurnal*, 2016, no. 3, pp. 10–18. (in Russ.).
8. Patent 2303589 (RU). 2006. (in Russ.).
9. Vakulenko V.V. *Zashchita i karantin rasteniy*, 2004, no. 1, pp. 24–46. (in Russ.).
10. Ostroshenko V.V., Ostroshenko L.Yu., Klyuchnikov D.A. i dr. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2015, vol. 17, no. 6, pp. 242–247. (in Russ.).
11. Kiriyenko M.A., Goncharova I.A. *Sibirskiy lesnoy zhurnal*, 2016, no. 1, pp. 39–45. <https://doi.org/10.15372/SJFS20160104>. (in Russ.).
12. Ushanova V.M. *Kompleksnaya pererabotka drevesnoy zeleni i kory pikhty sibirskoy s polucheniem produktov, obladayushchikh biologicheskoy aktivnostyu: avtoref. dis. ... dokt. tekhn. nauk.* [Complex processing of wood greenery and bark of Siberian fir with obtaining products with biological activity: author's abstract. dis. ... doctor of technical sciences]. Krasnoyarsk, 2012, 34 p. (in Russ.).
13. Ushanova V.M. *Khvoynyye boreal'noy zony*, 2013, no. 1-2, pp. 138–142. (in Russ.).
14. Soboleva S.V., Voronin V.M., Yesyakova O.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 373–380. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020014442>. (in Russ.).
15. Patent 2108803 (RU). 20.04.1998. (in Russ.).
16. *GOST 14161-86. Semena khvoynykh drevesnykh porod. Tekhnicheskiye usloviya*. [GOST 14161-86. Seeds of coniferous tree species. Technical conditions]. Moscow, 1986, 8 p. (in Russ.).
17. *GOST 13056.6-97. Semena derev'yev i kustarnikov metod opredeleniya vskhozhesti*. [GOST 13056.6-97. Seeds of trees and shrubs. Method for determining germination]. Minsk, 1998, 38 p. (in Russ.).
18. Obolenskaya A.V., Yel'nitskaya Z.P., Leonovich A.A. *Laboratornyye raboty po khimii drevesiny i tsellulozy: uchebnoye posobiye*. [Laboratory work on the chemistry of wood and cellulose: a tutorial]. Moscow, 1991, 320 p. (in Russ.).
19. Moyzes B.B., Plotnikova I.V., Red'ko L.A. *Statisticheskiye metody kontrolya kachestva i obrabotka eksperimental'nykh dannykh: uchebnoye posobiye dlya vuzov*. [Statistical methods of quality control and processing of experimental data: a textbook for universities]. Moscow, 2022, 119 p. (in Russ.).

*Received August 17, 2023**Revised February 4, 2025**Accepted February 5, 2025***Сведения об авторах**

Соболева Светлана Витальевна – кандидат технических наук, доцент, swet.soboleva2011@yandex.ru

Есякова Ольга Александровна – кандидат биологических наук, доцент, olga-la83@mail.ru

Ковылина Ольга Павловна – кандидат биологических наук, доцент, ak_747@mail.ru

Information about authors

Soboleva Svetlana Vitalievna – candidate of technical sciences, associate professor, swet.soboleva2011@yandex.ru

Esyakova Olga Aleksandrovna – candidate of biological sciences, associate professor, olga-la83@mail.ru

Kovylina Olga Pavlovna – candidate of biological sciences, associate professor, ak_747@mail.ru