



КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 631.8

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.255

**ФИТОМИНЕРАЛЬНЫЙ ГЕЛЬ ДЛЯ ИНКРУСТАЦИИ КОРНЕЙ
СЕЯНЦЕВ ЕЛИ СИБИРСКОЙ (*Picea obovata* Ledeb.)***А.Л. Воробьев*¹, *д-р биол. наук, проф.*; ORCID: [0000-0002-7767-8114](https://orcid.org/0000-0002-7767-8114)*А.А. Калачев*², *д-р с.-х. наук*; ORCID: [0000-0002-4444-0193](https://orcid.org/0000-0002-4444-0193)*С.В. Залесов*³, *д-р с.-х. наук, проф.*; ResearcherID: [H-2605-2019](https://orcid.org/H-2605-2019),
ORCID: [0000-0003-3779-410X](https://orcid.org/0000-0003-3779-410X)

¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, ул. Севастопольская, д. 16/1, г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан, 070010; e-mail: vorobyovalex@mail.ru

²Алтайский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации», ул. Островского, д. 13А, г. Риддер, Республика Казахстан, 071302; e-mail: Kalachev_75_los@mail.ru

³Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский тракт, д. 37, г. Екатеринбург, Россия, 620100; e-mail: zalesov-sv@mail.ru

В настоящее время для повышения устойчивости растений в экосистемах к действию стрессовых факторов среды обитания актуальной является разработка экологически безопасных высокоэффективных препаратов комплексного действия, обладающих ростостимулирующим, адаптогенным и фитопротекторным свойствами, используемых в том числе для повышения приживаемости саженцев хвойных деревьев. Для улучшения приживаемости саженцев и повышения их устойчивости к стрессу создан фитоминеральный гидрогель, полученный из экстракта хвои ели сибирской и активированного бентонита (кремнийсодержащего минерала). Высокая эффективность гидрогеля обеспечивается ингредиентами, входящими в его состав, и механоактивацией бентонита до образования частиц наноразмеров, при этом биологически активные вещества переходят в доступную для растений форму. Стимуляторы, полученные из хвои и активированного бентонита, проникая в растения, активизируют гены защиты и стрессоустойчивости, т. е. биологические ресурсы сеянцев, способствуют повышению их иммунитета, приживаемости посадочного материала и снижению затрат на его производство ввиду низкой себестоимости исходного сырья. Цель исследования – установление перспективности применения фитоминерального гидрогеля для инкрустации корней сеянцев ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) при создании лесных культур. Анализ результатов исследований свидетельствует о том, что приживаемость опытных образцов ели сибирской составляет 96,25 %, в контроле – 89,30 %. Прирост у контрольных сеянцев оказался меньше на 4,9 см, или на 50,0 %.

Для цитирования: Воробьев А.Л., Калачев А.А., Залесов С.В. Фитоминеральный гель для инкрустации корней сеянцев ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) // Лесн. журн. 2019. № 6. С. 255–261. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.255

Ключевые слова: сеянцы ели сибирской, фитоминеральный гидрогель, инкрустация, приживаемость.

Введение

В последние годы изучение стимуляторов роста при выращивании посадочного материала показало высокую эффективность их применения в питомниках. Причем эффект достигается независимо от способа использования – предпосевная обработка семян или внекорневая обработка сеянцев. Стимуляторы ускоряют прорастание семян, положительно влияют на развитие корневых систем и рост сеянцев, способствуют лучшему выживанию в условиях засухи и отрицательного воздействия пониженных температур. Повышается сохранность сеянцев при пересадке.

В связи с этим для увеличения устойчивости растений в экосистемах к действию стрессовых факторов среды обитания актуальной является разработка экологически безопасных высокоэффективных препаратов комплексного действия (в том числе для повышения приживаемости сеянцев хвойных видов), обладающих ростостимулирующим, адаптогенным и фитопротекторным свойствами. Поэтому в условиях обострения экологических проблем необходимо создание качественных нетоксичных регуляторов роста, прежде всего антистрессового действия [5].

Известно, что при пикировке сеянцев нарушается 25 % корней; при их пересадке в питомнике теряется около 30 % корней; а при высадке на постоянное место выращивания повреждается около 40 % корневой системы (здесь не имеется в виду пересадка растений с закрытой корневой системой, т.е. контейнерная культура), что естественно приводит к уменьшению площади питания и стрессовому состоянию растений [7].

Для улучшения приживаемости сеянцев и повышения их устойчивости к стрессу нами создан фитоминеральный гидрогель, полученный из экстракта хвои ели сибирской и активированного бентонита (кремнийсодержащего минерала). Высокая эффективность гидрогеля обеспечивается ингредиентами препарата и механоактивацией бентонита до образования наночастиц, при этом биологически активные вещества переходят в доступную для растений форму [9].

Установлено, что хвоя и молодые побеги содержат до 20 % углеводов (мономеры, димеры – сахароза и целлобиоза), полимеров (крахмал и другие водорастворимые углеводные полимеры), 10...18 % белка, 3...5 % микро- и макроэлементов, водорастворимые витамины и другие полезные для жизнедеятельности физиологически активные вещества. В процессе экстракции из древесной зелени хвои в раствор извлекаются экстрактивные вещества, в том числе природные фенольные соединения: ацетофеноны, гидроксibenзойные и гидроксикоричные кислоты, флавоноиды, стильбены. Природные фенольные соединения обладают фунгицидной, репеллентной и инсектицидной активностью по отношению к ряду вирусов, грамположительным и грамотрицательным микроорганизмам, патогенным грибам, а также ростостимулирующим действием на растения [2–4, 12, 13].

Стимуляторы, полученные из хвойных пород, проникая в растение, активизируют гены защиты и стрессоустойчивости, т. е. биологические ресурсы

растений, способствуют повышению их иммунитета, увеличивают урожайность, улучшают качества получаемой продукции [8, 11, 14].

Бентонит (монтмориллонит) – природный алюмосиликатный минерал. Кристаллическая решетка бентонита подвижна и легко поглощает токсины, яды, шлаки и другие вредные вещества. Это происходит за счет того, что межслоевое пространство этого минерала может увеличиваться в объеме в 13–15 раз. Особенностью монтмориллонита также является обволакивающее и регенерирующее действие [6]. Установлено, что он проявляет антитоксические, антисептические и бактерицидные свойства. Наружное назначение бентонита оказывает стимулирующее влияние на регенерацию тканей в месте повреждения.

Анализ химического состава показал, что бентонит характеризуется высоким (более 54 %) количеством окиси кремния и содержит в виде ионов 70 макро- и микроэлементов. Гидрофильный характер бентонитовой матрицы способствует протеканию процессов сорбции воды. Сорбированные молекулы воды всасываются клетками растений и служат катализаторами обмена веществ, происходит регуляция водного и питательного баланса растений.

Одной из важных функций активных форм кремния является стимуляция развития корневой системы. Установлено, что при улучшении кремниевого питания растений увеличивается количество корешков второго и третьего порядков. Дефицит кремниевого питания служит одним из лимитирующих факторов развития корневой системы растений. Кремний может участвовать в процессе поддержки внутреннего резерва воды, что является одним из механизмов, который позволяет растениям выживать в условиях острого недостатка влаги. Кроме того, кремний повышает уровень сопротивляемости растений любым стрессам и не оказывает токсичного влияния на них. Таким образом, основной функцией кремния в растениях может быть увеличение устойчивости их организма к неблагоприятным условиям, выражающееся в утолщении эпидермальных тканей (механическая защита), ускорении роста и развития корневой системы (физиологическая защита), связывании токсичных соединений (химическая защита) и повышении биохимической устойчивости к стрессам (биохимическая защита) [9].

Использование бентонита часто сдерживается низким качеством исходного сырья, которое необходимо подвергать обогащению. В качестве метода обогащения выбрана направленная физико-химическая модификация и активация – механоактивация. Это высокоэнергетический процесс измельчения и наноструктурирования исходных порошков в вибрационных измельчителях. Механоактивация позволяет уменьшить размеры частиц в среднем от 60 до 0,25 мкм с наличием значительной доли частиц, имеющих размеры до 50 нм [1].

Корни растений, покрытые гелем бентонита, который при внесении в почву набухает из-за сорбции почвенной влаги и превращается в рыхлую массу, быстро развиваются за счет усиленного питания микроэлементами и другими полезными веществами.

Следовательно, использование хвои и бентонита для получения фитоминерального гидрогеля позволит повысить уровень приживаемости саженцев хвойных деревьев и снизить затраты на их производство ввиду низкой себестоимости исходного сырья.

Применяют фитоминеральный гидрогель путем инкрустации корней растений. Инкрустация – технологический процесс, посредством которого на поверхность семян или корней наносится жидкий состав на основе водного раствора пленкообразователя, создающего защитную среду, которая содержит вещества, стимулирующие рост и развитие растений. Эти вещества закрепляются в оболочке на поверхности семян или корней, обеззараживают их, закрывают места микротравм, изолируют их от патогенной микрофлоры почвы, уменьшают потери биологически активных веществ.

Бентонитовый гидрогель удерживает почвенную влагу даже в период сильной засухи, постепенно отдавая ее корневой системе растений. Поскольку растения находятся в комфортных условиях, у них повышается устойчивость к заболеваниям. Это позволяет либо отказаться от средств химической защиты, либо значительно снизить их применение.

Объекты и методы исследования

Нами предложен способ получения фитоминерального гидрогеля для повышения приживаемости сеянцев, включающий водную экстракцию хвои ели сибирской, смешивание полученного экстракта с активированным бентонитом и последующую механохимическую обработку смеси. Продукт после механохимического преобразования можно использовать в качестве готовой формы фитоминерального стимулятора [10].

Предложенный способ реализуется следующим образом. Для получения экстракта хвою ели сибирской выдерживают при температуре 3...4 °С в течение 10 сут, промывают водой, измельчают до 2...3 мм, смешивают с дистиллированной водой в соотношении 1 : 10, смесь кипятят 60 мин и фильтруют через ватно-марлевый фильтр. Бентонит просушивают 10 мин для удаления свободной воды при температуре 120...130 °С и проводят механохимическую активацию на вибромельнице ВМ-0,6 в течение 20 мин. Затем активированный бентонит смешивают с экстрактом хвои в соотношении 1 : 10, смесь подвергают обработке на вибромельнице в течение 5 мин и получают готовый препарат гелеобразной консистенции с запахом хвои.

Активность стимулятора изучали, определяя его влияния на приживаемость 3-летних сеянцев ели сибирской в лесных культурах, созданных в 2016 г. Объект исследований – лесной фонд коммунального государственного учреждения «Черемшанское лесное хозяйство», расположенный в Западно-Алтайской лесорастительной провинции на территории Северного низкогорно-среднегорного лесорастительного района пихтовых лесов. Почвы на участках под лесные культуры – горно-дерновые среднепрофильные среднесуглинистые, способ ее обработки – бульдозерные площадки, способ посадки – ручной, под меч Колесова. Размещение сеянцев 1,3×1,3 м. Перед посадкой корни сеянцев окунали в фитоминеральный гель на 3...5 с и слегка подсушили. Контролем служили сеянцы ели без использования стимулятора.

Результаты исследования и их обсуждение

По окончании эксперимента проведен сравнительный анализ приживаемости сеянцев по некоторым биометрическим показателям. В таблице представлены результаты применения фитоминерального стимулятора на сеянцах ели сибирской.

Приживаемость сеянцев ели сибирской

Показатель	Значение показателя для сеянцев				
	обработанных фитоминеральным гидрогелем				необработанных (контроль)
<i>В момент посадки</i>					
Количество сеянцев, повторность/шт.	1/26	2/20	3/20	4/24	614
Средняя высота, см	15,4±1,52	16,2±1,49	15,8±2,01	15,9±1,36	14,5±2,04
<i>По итогам осенней инвентаризации</i>					
Приживаемость: шт./%	26/100	19/95	18/90	24/100	548/89,3
Средняя высота, см	25,4±1,35	26,5±1,42	25,7±1,02	24,9±0,29	19,4±1,04
Прирост, см	10,0	10,3	9,9	9	4,9

Данные опыта, полученные в 4-кратной повторности и представленные в таблице, свидетельствуют о том, что приживаемость опытных образцов составляет 96,25 %, в контроле – 89,30 %, средняя высота растений, обработанных фитоминеральным гелем, – (25,6±0,29) см, необработанных – (19,4±1,04) см. Прирост у контрольных сеянцев оказался меньше на 4,9 см, или на 50,0 %.

Заключение

Проведенные исследования показали эффективность использования фитоминерального гидрогеля для обработки сеянцев ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) при создании лесных культур. Основные преимущества применения фитоминерального гидрогеля:

стимулятор имеет низкую себестоимость и экологически безопасен, так как его получают из природных субстанций без применения дорогостоящих и вредных органических растворителей, производство безотходное;

высокая эффективность предлагаемого стимулятора обеспечивается спектром компонентов препарата и механоактивацией бентонита (до образования наночастиц), при этом биологически активные вещества переходят в доступную для растений форму;

стимулятор перспективен для использования в лесокультурном производстве, так как имеет антистрессовую активность в неблагоприятных гидро-термических и эдафических условиях; гидрофильный характер бентонитовой матрицы способствует протеканию процессов сорбции воды, а сорбированные молекулы воды всасываются растительными клетками и служат катализаторами для интенсификации обмена веществ.

Практическая значимость заключается в том, что предлагаемый фитоминеральный гидрогель повышает приживаемость сеянцев ели сибирской до 12,9 %, прирост опытных сеянцев увеличивается на 7,5...50,0 % в сравнении с контролем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Аввакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов. Новосибирск: Наука, 1986. 305 с. [Avvakumov E.G. *Mechanical Methods for Activation of Chemical Processes*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1986. 305 p.]
2. Артемкина Н.А., Роцин В.И. Экстрактивные вещества хвои и побегов ели европейской *Picea abies* (L.) Karst . 1. Фенольные соединения, их выделение и иден-

тификация // Растительные ресурсы. 2004. Т. 40, вып. 3. С. 77–86. [Artemkina N.A., Roshchin V.I. Extractive Substances from Needles and Shoots of *Picea abies* (L.) Karst. 1. Phenolic Compounds, Their Isolation and Identification. *Rastitelnye Resursy*, 2004, vol. 40, iss. 3, pp. 77–86].

3. Баюнова Е.А., Анашенков С.Ю., Короткий В.П., Роцин В.И. Липофильные соединения «Хвойно-энергетической добавки» из древесной зелени сосны для рационов сельскохозяйственных животных // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). 2015. № 3(12). С. 144–147. [Bayunova E.A., Anashenkov S.Yu., Korotkiy V.P., Roshchin V.I. Lipophilic Compounds of “Coniferous-Energy Additive” from Pine Wood Greenery for Diets of Farm Animals. *Evraziyskiy Soyuz Uchenykh* [Eurasian Union of Scientists], 2015, no. 3(12), pp. 144–147].

4. Васильев С.Н., Роцин В.И., Фелеке С. Экстрактивные вещества древесной зелени *Picea abies* (L.) Karst // Растительные ресурсы. 1996. Т. 32, вып. 1–2. С. 151–175. [Vasil'yev S.N., Roshchin V.I., Feleke S. Extractive Substances from the Wood Greenery of *Picea Abies* (L.) Karst. *Rastitelnye Resursy*, 1996, vol. 32, iss. 1-2, pp. 151–175].

5. Воробьев А.Л., Алипина К.Б., Лутай С.С. Применение органо-минеральных нанобиокомпозитов для инкрустации семян // Стратегия территориального инновационного развития региона «Золотое кольцо Алтая»: архитектурно-строительная отрасль: материалы междунар науч.-практ. конф., 27–28 нояб. Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2012. С. 189–191. [Vorobyov A.L., Alipina K.B., Lutay S.S. The Use of Organic Nanobiocomposites for Seed Incrustation. *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Strategy for the Territorial Innovation Development of the Altai Golden Ring Region: Architectural and Construction Industry”*, November 27–28, 2012. Ust-Kamenogorsk, VKGTU Publ., 2012, pp. 189–191].

6. Жолобова И.С., Борисенко В.В. Бентониты в ветеринарии: краткий обзор современного состояния и перспективы развития // Молодой ученый. 2016. № 13(117). С. 929–935. [Zholobova I.S., Borisenko V.V. Bentonites in Veterinary Medicine: A Brief Overview of the Current State and Prospects of Development. *Molodoy uchenyy*, 2016, no. 13(117), pp. 929–935].

7. Комарова Е. Агротехника хвойных растений // ЛПХ. [Komarova E. Agricultural engineering of Coniferous Plants. *Agricultural Web Portal for Owners of Private Subsidiary Farms LPKh*]. Режим доступа: <https://hozyaistvo.com/articles/153-agrotehnika-hvoynyh-rastenii.html> (дата обращения: 05.10.2017).

8. Ларионов Г.И., Стребков В.Н., Кулемин С.В. Новые препараты: пшенице поможет хвоя // Сельскохозяйственные вести. 2002. № 1. С. 14–15. [Larionov G.I., Strebkov V.N., Kulemin S.V. New Drugs: Needles will Help Wheat. *Sel'skokhozyaystvennyye vesti*, 2002, no. 1, pp. 14–15].

9. Матыченков В.В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва–растение: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Пушино, 2008. 32 с. [Matychenkov V.V. *The Role of Mobile Silicon Compounds in Plants and Soil – Plant System*: Dr. Biol. Sci. Diss. Abs. Pushchino, 2008. 32 p.].

10. Патент на полезную модель 2058. РК. Способ получения фитоминерального гидрогеля для повышения приживаемости саженцев хвойных деревьев: опубл. 20.06.2016, бюл. № 8 / Воробьев А.Л., Калачев А.А., Данилов М.С., Лутай С.С., Оканов К.С. [Vorobyov A.L., Kalachev A.A., Danilov M.S., Lutay S.S., Okanov K.S. *A Method for Producing Phytomineral Hydrogel to Increase the Survival Rate of Coniferous Seedlings*. Useful Model Patent no. 2058. RK. 2016].

11. Egorova A.V., Chernobrovkina N.P., Robonen E.V. Effects of Application of a Conifer-Derived Chemical on the Growth and Elemental Composition of *Pinus Sylvestris* L. Seedlings in a Forest Nursery. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya* [Chemistry of plant raw material], 2017, no. 2, pp. 171–180. DOI: [10.14258/jcprm.2017021720](https://doi.org/10.14258/jcprm.2017021720)

12. Little C.H.A., Savidge R.A. The Role of Plant Growth Regulators in Forest Tree Cambial Growth. *Plant Growth Regulators*, 1987, vol. 6, iss. 1–2, pp. 137–169. DOI: [10.1007/BF00043953](https://doi.org/10.1007/BF00043953)

13. Roshchin V.I., Nagibina N.Yu., Kurts L. Amounts of the Major Compounds in Needles of *Pinus Sylvestris* from Various Growth Sites. *Chemistry of Natural Compounds*, 1990, vol. 26, iss. 2, pp. 228–229. DOI: [10.1007/BF00607558](https://doi.org/10.1007/BF00607558)

14. Xu Y., Zhang Y., Li Y., Li G., Liu D., Zhao M., Cai N. Growth Promotion of Yunnan Pine Early Seedlings in Response to Foliar Application of IAA and IBA. *International Journal of Molecular Sciences*, 2012, vol. 13, iss. 5, pp. 6507–6520. DOI: [10.3390/ijms13056507](https://doi.org/10.3390/ijms13056507)

PHYTOMINERAL GEL FOR SEEDLING ROOTS INCRUSTATION OF SIBERIAN SPRUCE (*Picea obovata* Ledeb.)

A.L. Vorobyov¹, Doctor of Biology, Prof.; ORCID: [0000-0002-7767-8114](https://orcid.org/0000-0002-7767-8114)

A.A. Kalachev², Doctor of Agriculture; ORCID: [0000-0002-4444-0193](https://orcid.org/0000-0002-4444-0193)

S.V. Zalesov³, Doctor of Agriculture, Prof.; ResearcherID: [H-2605-2019](https://orcid.org/H-2605-2019), ORCID: [0000-0003-3779-410X](https://orcid.org/0000-0003-3779-410X)

¹D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University, ul. Sevastopol'skaya, 16/1, Ust-Kamenogorsk, 070010, Republic of Kazakhstan; e-mail: vorobyovalex@mail.ru

²Altai Branch of Kazakh Scientific Research Institute of Forestry, ul. Ostrovskogo, 13A, Ridder, 071302, Republic of Kazakhstan; e-mail: Kalachev_75_los@mail.ru

³Ural State Forest Engineering University, ul. Sibirskiy trakt, 37, Yekaterinburg, 620100, Russian Federation; e-mail: zalesov-sv@mail.ru

Currently, in order to increase the resistance of plants in ecosystems to the action of stress factors of the habitat, development of environmentally safe and highly effective drugs of complex action with growth-stimulating, adaptogenic and phytoprotective properties, and applicable for the increase of survival rate of coniferous seedlings, is urgent. A phytomineral hydrogel derived from Siberian spruce needles extract and activated bentonite (a siliceous mineral) was created to improve the survival rate and resistance to stress of seedlings. High efficiency of the hydrogel is provided by the ingredients of its composition and mechanical activation of bentonite before the nanoparticles formation, while bioactive substances pass into the plant-available form. Stimulants derived from needles and activated bentonite, penetrating into a plant, activate the genes of protection and stress resistance, that is, the biological resources of seedlings boost their immunity and survival rate of planting material, and reduce its production cost due to the low cost of raw materials. The research purpose was to establish the prospects for the use of phytomineral hydrogel for incrustation of Siberian spruce (*Picea obovata* Ledeb.) seedling roots in forest plantations development. The analysis of the research results shows that the survival rate of experimental samples of Siberian spruce is 96.25 %, in the control sample – 89.30 %. The growth of the control seedlings was 4.9 cm or 50.0 % less.

For citation: Vorobyov A.L., Kalachev A.A., Zalesov S.V. Phytomineral Gel for Seedling Roots Incrustation of Siberian Spruce (*Picea obovata* Ledeb.). *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2019, no. 6, pp. 255–261. DOI: [10.17238/issn0536-1036.2019.6.255](https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.6.255)

Keywords: Siberian spruce seedlings, phytomineral hydrogel, incrustation, survival rate.

Поступила 19.11.18 / Received on November 19, 2018