

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 3 (94). С. 4–11.

Forest of Russia and economy in them. 2025. № 3 (94). P. 4–11.

Научная статья

УДК 630*232.31

DOI: 10.51318/FRET.2025.94.3.001

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИНКРУСТАЦИИ СЕМЯН ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫМИ КОМПОЗИТАМИ

С. С. Лутай¹, Л. А. Старыгин², М. Ж. Дауленова³, И. С. Кочегаров⁴,
С. В. Залесов⁵

¹⁻⁵ Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Сергей Сергеевич Лутай,
sslutai@mail.ru

Аннотация. Увеличение площадей искусственного и естественного лесовосстановления и лесоразведения обуславливает необходимость в выращивании большого количества стандартного посадочного материала наиболее ценных древесных видов. Основной способ размножения хвойных видов – семенной. Однако нередко семена характеризуются низкой всхожестью, а также долгое время не выходят из состояния покоя, даже при создании оптимальных условий для прорастания, что увеличивает период выращивания сеянцев. Картина усугубляется периодичностью семенных лет, что создает опасность недостатка семян для выращивания посадочного материала и лесных культур посевом. В целях минимизации недостатка семян применяются способы стимулирования их прорастания, а также создания для каждого семени дополнительного запаса питательных веществ, что особенно важно при создании лесных культур. Нами предпринята попытка анализа влияния инкрустации (дражирования) семян рода ель (*Picea* Dietr.) на всхожесть и энергию их прорастания. Установлено, что проведение инкрустации семян органоминеральным композитом позволяет сократить расход семян на 6–12 % при выращивании одинакового количества посадочного материала. Кроме того, инкрустация обеспечивает сокращение периода прорастания семян на 2–3 недели, что особенно важно при выращивании нескольких ротаций сеянцев с закрытой корневой системой.

Ключевые слова: посадочный материал, семена, всхожесть, энергия прорастания, ель обыкновенная, ель восточная, ель сибирская

Для цитирования: Перспективность инкрустации семян органоминеральными композитами / С. С. Лутай, Л. А. Старыгин, М. Ж. Дауленова [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 3 (94). С. 4–11.

Original article

THE PROSPECTS OF SEEDS INCRUSTATION WITH ORGANOMINERAL COMPOSITES

Sergey S. Lutay¹, Lev A. Starygin², Mepzhan Z. Daulenova³,
Igor S. Kochegarov⁴, Sergey V. Zalesov⁵

¹⁻⁵ Ural State Forestry Engineering University, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Sergey S. Lutay,
sslutai@mail.ru

Abstract. The increase in the areas of artificial and natural reforestation and afforestation necessitates the cultivation of a large amount of standard planting material of the most valuable tree species. The main method of reproduction of coniferous species is seed. However, seeds are often characterized by low germination, and they do not leave the dormant state for a long time, even when optimal conditions for germination are created, which increases the period of growing seedlings. The situation is aggravated by the periodicity of seed years, which creates the risk of a shortage of seeds for growing planting material and forest crops by sowing. In order to minimize the shortage of seeds, methods are used to stimulate their germination, as well as to create an additional supply of nutrients for each seed, which is especially important when creating forest crops. We have attempted to analyze the effect of incrustation (coating) of seeds of the genus Spruce (*Picea* Dietr.) on their germination capacity and energy. It has been established that incrustation of seeds with an organomineral composite allows to reduce seed consumption by 6–12 % when growing the same amount of planting material. In addition, incrustation ensures a reduction in the seed germination period by 2–3 weeks, which is especially important when growing several rotations of seedlings with a closed root system.

Keywords: planting material, seeds, germination capacity, germination energy, Norway spruce, Oriental spruce, Siberian spruce

For citation: The prospects of seeds incrustation with organomineral composites / S. S. Lutay, L. A. Starygin, M. Z. Daulenova [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 3 (94). P. 4–11.

Введение

Увеличение площади искусственного лесовосстановления и лесоразведения вызывает рост потребности в качественном посадочном материале. При выращивании последнего необходимо учитывать, что семя – это очень сложная живая система. Не случайно качество семян в значительной степени определяет последующую жизнедеятельность развивающихся из них растений и в конечном счете именно от него зависит выход стандартного посадочного материала или жизнеспособность формирующегося подроста при посеве семян на лесокультурную площадь.

Прорастание семян – наиболее важный и сложный процесс. Он характеризуется интенсивным

обменом веществ. Запасенные растением в семенах питательные вещества претерпевают значительные изменения, превращаются в жизненно необходимые соединения, обеспечивающие рост зародыша и прежде всего первичного корешка. Однако семена нередко находятся в состоянии покоя и не реагируют даже на создание оптимальных для их прорастания экологических условий. Кроме того, всхожесть семян существенно варьируется по времени. При этом задержка в прорастании части семян приводит к увеличению периода выращивания стандартного посадочного материала, что особенно важно при выращивании сеянцев с закрытой корневой системой (ЗКС).

В лесном хозяйстве повышенный интерес вызывает выращивание посадочного материала хвойных видов. Поэтому учеными разрабатываются способы увеличения всхожести и энергии прорастания семян путем использования различных видов стимуляторов как синтетического, так и растительного происхождения (Кульнев, Соколова, 1997; Лутай, Воробьев, 2013; Применение..., 2017; Воробьев и др., 2019; Егорова, 2019; Острошенко В.Ю., Острошенко Л.Ю., 2020). Кроме того, совершенствуются технологии выращивания посадочного материала (Опыт..., 2017; Рекультивация..., 2018; Рахимжанов, Залесов, 2019).

Экспериментально доказано, что в результате обработки семян биологически активными веществами (БАВ), в том числе стимуляторами роста, происходит активизация биологических процессов, повышается активность фитогормонов, активизируется синтез ДНК и РНК, деятельность ферментов, что приводит к стимуляции деления, роста и дифференциации клеток, т. е. процессов, лежащих в основе морфогенеза (Меледина, 1996).

В настоящее время разработано много стимуляторов роста для растений, но не все они дают хорошие результаты (Development..., 2014). Особо следует отметить, что большинство БАВ в низких и очень низких концентрациях играют роль стимуляторов роста, способствуют повышению иммунитета. В высоких концентрациях те же препараты оказывают действие, угнетающее физиологические процессы в растении (Смирнов, 1997; Alipina et al., 2014).

Выпускаемые на современном уровне препараты для предпосевной обработки семян содержат пленкообразующие компоненты, что обеспечивает хорошую прилипаемость препарата к семенам, при этом происходит инкрустация семян – покрытие их пленкой, закрывающей доступ почвенным микроорганизмам к семенам в местах повреждения защитной оболочки. Инкрустация – это гарантирующий фактор повышения защищенности семян от возбудителей бактериальных, грибных и вирусных заболеваний, имеющих в почве, на семенах или внутри них, от вредителей, находящихся в почвенном субстрате, а также обеспечивающий стимулирование ростовых процессов.

Цель, объекты и методика исследований

Цель работы – установление влияния инкрустации семян рода ель (*Picea* Dictr.) на всхожесть и энергию их прорастания.

Объектом исследований служили семена первого класса качества ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karst.), ели восточной (*P. orientalis* (L.) peterm.), ели сибирской (*P. obovate* Ledeb.). У всех трех видов ели отбирались по сто семян с разделением на две части. Пятьдесят семян использовались для инкрустации, а другие 50 служили контролем.

Инкрустация семян производилась нанобиокомпозитом (органоминеральным композитом). Исходным сырьем для получения последнего служили: биогумус, изготовленный на биогазовой установке, бентониты Таганского месторождения (Республика Казахстан), экстракт хвои ели сибирской и янтарная кислота.

Биогумус производился путем микробиологической биоконверсии (ускоренной биологической ферментации) отходов животноводства и растениеводства. После прохождения ферментации он не содержит ни патогенной микрофлоры, ни семян сорных растений. В силу своих особенностей биогумус может заменить минеральные азотно-фосфорные и калийные удобрения.

Особо следует отметить, что в биогумусе, помимо гормонов, витаминов, аминокислот, присутствуют куминовые кислоты, содержание которых варьируется от 13 до 28 %. Они повышают сопротивляемость растений к неблагоприятным условиям внешней среды, включая недостаток влаги, высокие и низкие температуры, токсичные вещества. Гуминовые кислоты способствуют ускорению роста и развития растений, что особенно важно в условиях короткого вегетационного периода.

Бентонит – это минеральное образование, относящееся к классу алюмосиликатов, имеющее высокую дисперсность, т. е. обладающее размером кристаллов на уровне менее 1 мкм. Гидрофильный характер бентонитовой матрицы способствует протеканию процессов сорбции воды. Сорбированные молекулы воды всасываются белками клетки и служат катализатором для интенсификации обмена веществ. Происходит регуляция водного

и питательного баланса растений органическими удобрениями.

Главная составляющая бентонитовой глины – монтмариллонит, который представляет собой слоистый силикат, обладающий уникальными свойствами: адсорбционными, ионообменными, каталитическими, детоксикационными, дезинфицирующими и пролонгирующими. У него сильно выражена способность набухать в воде за счет поступления молекул воды в межслоевое пространство. Предполагаемый механизм воздействия бентонита на скорость прорастания семян заключается в улучшении водного режима (поглощение глиной избытка воды, которая становится прочно связанной и остается доступной для растений при отсутствии осадков или полива). Кроме того, бентонит способствует снабжению прорастающих семян необходимыми биогенными элементами.

В хвое ели сибирской содержится калий, кальций, фосфор, натрий, марганец, железо, кремний, медь, цинк, кобальт. При этом кобальта, железа и марганца в хвое содержится больше, чем в бобовых травах. Кроме того, хвоя служит источником витаминов Е, К, С, Р, В и каротина.

Янтарная кислота (этан-1,2-дикарбоновая кислота), бесцветные кристаллы, растворимые в спирте, в эфире и воде. Янтарная кислота является регулятором роста растений, стрессовым адаптогеном, умеренным активатором роста, улучшителем усвояемости растением питательных элементов из почвы.

Для приготовления нанобиокомпозита смесь бентонита, биогумуса, экстракта хвои и янтарной кислоты подвергали механохимическому воздействию в кавитационном диспергаторе с получением целевого продукта темно-коричневого цвета гелеобразной консистенции.

Инкрустация семян производилась путем нанесения нанобиокомпозита на отобранные для опыта семена. Затем обработанные семена подсушивались путем активной вентиляции воздуха в течение суток до образования на поверхности полупроницаемой оболочки, содержащей сбалансированный комплекс макро- и микроэлементов, а также регуляторов роста, закрепленных структурной сеткой.

Результаты и их обсуждение

Исследования показали, что инкрустация семян всех трех видов ели оказала положительное влияние на их всхожесть и энергию прорастания (таблица).

Материалы таблицы наглядно свидетельствуют, что максимальный эффект достигается при обработке семян ели обыкновенной. При всхожести семян контрольной партии 86 % всхожесть инкрустированных семян достигает 98 %. Другими словами, при выращивании единого количества сеянцев расход семян при их инкрустации сокращается на 12 %, что является несомненным показателем высокой эффективности проведения инкрустации.

Применение нанобиокомпозита для инкрустации семян ели восточной обеспечило увеличение их всхожести с 88 до 94 %, т. е. на 6 %, а семян ели сибирской – с 84 % на контроле до 90 % в опытном варианте, т. е. также на 6 %. При этом всхожесть семян в контрольных вариантах разных видов ели варьировалась от 84 % у ели сибирской до 88 % у ели восточной. Всхожесть контрольной партии семян ели обыкновенной занимала промежуточное значение 86 %. Таким образом, различия в показателе всхожести контрольных партий семян ели исследуемых видов составляли 4 %.

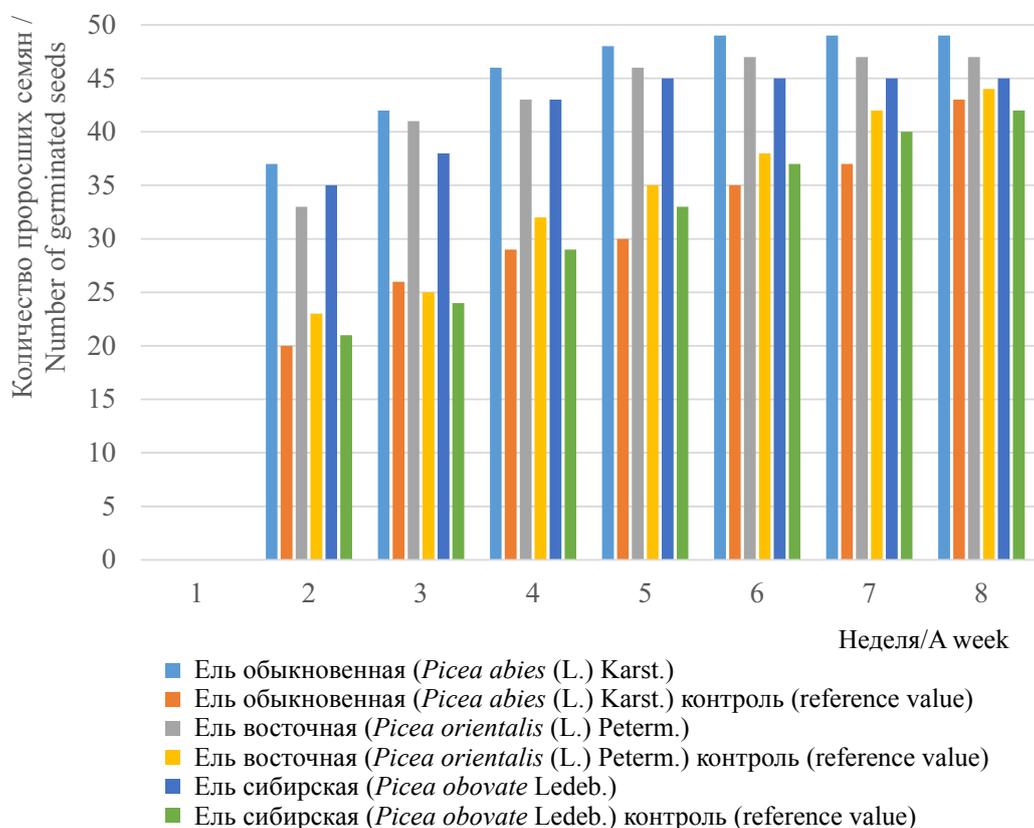
Всхожесть инкрустированных семян максимальная у ели обыкновенной – 98 %, затем следует ель восточная, имеющая всхожесть 94 %, и минимальной всхожестью характеризуется ель сибирская – 90 %. Таким образом, различия во всхожести инкрустированных семян составляют 8 % при положительном влиянии инкрустации семян всех трех видов.

Помимо всхожести семян, важное значение имеет энергия их прорастания. Исследования показали, что период прорастания семян ели всех исследуемых видов составляет 8 недель. При этом через две недели всхожесть семян в контрольных вариантах варьируется от 40 до 46 %. Инкрустация семян существенно сокращает срок их прорастания (рисунок).

Материалы рисунка свидетельствуют, что обработка семян нанобиокомпозитами сокращает срок прорастания семян ели обыкновенной и ели восточной до 6 недель, а ели сибирской – до 5 недель.

Всхожесть семян рода ель (*Picea A. Dietr.*) при обработке (инкрустации)
их нанобиокомпозитами, шт./%
Germination of seeds of the genus Spruce (*Picea A. Dietr.*) during processing (incrustation)
with nanobiocomposites, pcs./%

Вариант Option	Период с момента посева, недель/% Period from the moment of sowing, weeks/%							Высеяно семян, шт./% Seeds sown, pcs./%
	2	3	4	5	6	7	8	
Ель обыкновенная (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.)								
Опыт Experience	$\frac{37}{74}$	$\frac{42}{84}$	$\frac{46}{92}$	$\frac{48}{96}$	$\frac{49}{98}$	$\frac{49}{98}$	$\frac{49}{98}$	$\frac{50}{100}$
Контроль Reference value	$\frac{20}{40}$	$\frac{26}{52}$	$\frac{29}{58}$	$\frac{30}{60}$	$\frac{35}{70}$	$\frac{37}{74}$	$\frac{43}{86}$	$\frac{50}{100}$
Ель восточная (<i>Picea orientalis</i> (L.) Peterm.)								
Опыт Experience	$\frac{33}{66}$	$\frac{41}{82}$	$\frac{43}{86}$	$\frac{46}{92}$	$\frac{47}{94}$	$\frac{47}{94}$	$\frac{47}{94}$	$\frac{50}{100}$
Контроль Reference value	$\frac{23}{46}$	$\frac{25}{50}$	$\frac{32}{64}$	$\frac{35}{70}$	$\frac{38}{76}$	$\frac{42}{84}$	$\frac{44}{88}$	$\frac{50}{100}$
Ель сибирская (<i>Picea obovate</i> Ledeb.)								
Опыт Experience	$\frac{35}{70}$	$\frac{38}{76}$	$\frac{43}{86}$	$\frac{45}{90}$	$\frac{45}{90}$	$\frac{45}{90}$	$\frac{45}{90}$	$\frac{50}{100}$
Контроль Reference value	$\frac{21}{42}$	$\frac{24}{48}$	$\frac{29}{58}$	$\frac{33}{66}$	$\frac{37}{74}$	$\frac{40}{80}$	$\frac{42}{84}$	$\frac{50}{100}$



Результаты влияния нанобиокомпозитов на всхожесть семян ели
The results of the influence of nanobiocomposites on the germination of spruce seeds

Указанное имеет очень большое значение, особенно при выращивании нескольких ротаций сеянцев с ЗКС, а также при выращивании посадочного материала в регионах с коротким вегетационным периодом.

Выводы

1. Инкрустация семян ели обыкновенной, ели восточной и ели сибирской оказывает положительное влияние на всхожесть семян и энергию их прорастания.

2. Для инкрустации можно рекомендовать нанобиокомпозит, создаваемый на основе биогумуса,

бентонита, экстракта хвои ели сибирской и янтарной кислоты.

3. Простота приготовления нанобиокомпозита и его применения позволяет надеяться на его широкое использование.

4. Инкрустация позволяет сократить расход семян на 6–12 %, а также период выращивания посадочного материала только за счет сокращения периода прорастания семян на 2–3 недели.

5. Учитывая высокий эффект от применения инкрустации семян, исследования в данном направлении следует продолжать.

Список источников

- Воробьев А. П., Калачев А. А., Залесов С. В. Фитоминеральный гель для инкрустации корней сеянцев ели сибирской (*Picea obovate* Ledeb.) // Лесной журнал. 2019. № 6. С. 255–261. DOI: 10.17238/issn0536.2019.6.255
- Егорова А. В. Влияние экстрактов из древесной зелени и водопроводного осадка в качестве компонента субстрата на всхожесть семян и рост сеянцев сосны обыкновенной : дис. ... канд. с.-х. наук / Егорова А. В. Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2019. 125 с.
- Кульнев А. И., Соколова Е. А. Многоцелевые стимуляторы защитных реакций, роста и развития растений (на примере препарата иммуноцитопит). Пущино : ВНИИЛМ, 1997. 100 с.
- Лутай С. С., Воробьев А. Л. Влияние фиторегулятора природного происхождения на всхожесть, динамику роста и развития садово-парковых культур // Вестник ВКГТУ им. Серикбаева. 2013. № 1(59). С. 72–76.
- Меледина Л. А. Зависимость роста культур ели от вида и возраста посадочного материала // Интенсификация выращивания лесопосадочного материала. Йошкар-Ола : ПавГТУ, 1996. С. 206–207.
- Опыт создания лесных культур на солонцах хорошей лесопригодности / С. В. Залесов, О. В. Толкач, И. А. Фрейберг [и др.] // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21, № 9. С. 42–47.
- Острошенко В. Ю., Острошенко Л. Ю. Эффективность применения стимуляторов роста при выращивании сеянцев пихты цельнолистной (*Abies holophylla* Maxim.) // Успехи современного естествознания. 2020. № 4. С. 41–47.
- Применение фиторегуляторов роста природного происхождения для повышения всхожести семян ели сибирской / С. С. Лутай, Г. А. Жаурбаева, А. Л. Воробьев [и др.] // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. 2017. № 3 (77). С. 50–55.
- Рахимжанов А. Н., Залесов С. В. Использование смеси мелиорантов при выращивании посадочного материала *Ribes aureum* Pursh в степной зоне Северного Казахстана (на примере лесного питомника «Ак кайын») // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 4–1(82). С. 130–135.
- Рекультивация нарушенных земель на месторождении тантал-бериллия / С. В. Залесов, Е. С. Залесова, Ю. В. Зарипов [и др.] // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22, № 12. С. 63–67.
- Смирнов Н. А. Выращивание посадочного материала хвойных пород с применением прогрессивных технологий // Лесохозяйственная информация. 1997. № 2. С. 23–28.

Alipina K. B., Lutay S. S., Vorobyov A. L. Increases of germination of fir-tree seeds with using of modern innovative techniques // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Green Economy – the future of mankind”. Shchuchinsk : Kazniilkha, 2014. Part III. C. 5–14.

Development of the organomineral nanobiocomposites for incrustation of seeds of crops / *S. S. Lutay, A. L. Vorobyov, K. B. Alipina, A. J. Lutay* // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Green Economy – the future of mankind”. Shchuchinsk : Kazniilkha, 2014. Part III. P. 169–178.

References

Alipina K. B., Lutay S. S., Vorobyov A. L. Increases of germination of fir-tree seeds with using of modern innovative techniques // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Green Economy – the future of mankind”. Shchuchinsk : Kazniilkha, 2014. Part III. C. 5–14.

Development of the organomineral nanobiocomposites for incrustation of seeds of crops / *S. S. Lutay, A. L. Vorobyov, K. B. Alipina, A. J. Lutay* // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Green Economy – the future of mankind”. Shchuchinsk : Kazniilkha, 2014. Part III. P. 169–178.

Egorova A. V. Influence of extracts from woody greenery and tap sediment as a component of the substrate on seed germination and growth of seedlings of Scots pine : dis. ... Candidate of Agricultural Sciences / *Egorova A. V.* Petrozavodsk : Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2019. 125 p.

Kulnev A. I., Sokolova E. A. Multipurpose stimulants of protective reactions, plant growth and development (using the example of the drug immunocytophyte). Pushchino : VNIILM, 1997. 100 p.

Lutay S. S., Vorobyov A. L. The influence of a phyto regulator of natural origin on germination, growth dynamics and development of horticultural crops. Vestnik VKGTU im. Serikbayeva. 2013. № 1 (59). P. 72–76. (In Russ.)

Meledina L. A. The dependence of the growth of spruce crops on the type and age of the planting material // Intensification of the cultivation of forest planting material. Yoshkar-Ola : PavSTU, 1996. P. 206–207. (In Russ.)

Ostroshenko V. Yu., Ostroshenko L. Yu. The effectiveness of growth stimulants in the cultivation of needle fir seedlings (*Abies holophylla* Maxim.) // Successes of modern natural Science. 2020. № 4. P. 41–47. (In Russ.)

Rakhimzhanov A. N., Zalesov S. V. The use of a mixture of ameliorants in the cultivation of *Ribes aureum* Pursh planting material in the steppe zone of Northern Kazakhstan (using the example of the Ak Kayyn forest nursery) // International Scientific Research Journal. 2019. № 4–1 (82). P. 130–135. (In Russ.)

Recultivation of disturbed lands at the tantalum-beryllium deposit / *S. V. Zalesov, E. S. Zalesova, Yu. V. Zaripov* [et al.] // Ecology and Industry of Russia. 2018. Vol. 22, № 12. P. 63–67. (In Russ.)

Smirnov N. A. Cultivation of coniferous plant material using advanced technologies // Forestry information. 1997. № 2. P. 23–28. (In Russ.)

The experience of creating forest crops on salt marshes of good forest suitability / *S. V. Zalesov, O. V. Tolkach, I. A. Freiberg* [et al.] // Ecology and Industry of Russia. 2017. Vol. 21, № 9. P. 42–47. (In Russ.)

The use of growth phyto regulators of natural origin to increase the germination of Siberian spruce seeds / *S. S. Lutay, G. A. Zhairbaeva, A. L. Vorobyov* [et al.] // Bulletin of the D. Serikbaev EKSTU. 2017. № 3 (77). P. 50–55. (In Russ.)

Vorobyov A. P., Kalachev A. A., Zalesov S. V. Phytomineral gel for roots incrustation of Siberian spruce seedlings (*Picea obovate* Ledeb.) // Lesnoy zhurnal. 2019. № 6. P. 255–261. DOI: 10.17238/issn 0536.2019.6.255 (In Russ.)

Информация об авторах

С. С. Лутай – аспирант,

sslutai@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2238-9083>

Л. А. Старыгин – соискатель,

starygin@inbox.ru, <https://orsid.org/0009-0009-6394-4117>

М. Ж. Дауленова – аспирант,

sslutai@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-0640-5089>

И. С. Кочегаров – аспирант,

Garit_0188@mail.ru

С. В. Залесов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

zalesovsv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3779-410X>

Information about the authors

S. S. Lutay – postgraduate student,

sslutai@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2238-9083>

L. A. Starygin – the applicant,

starygin@inbox.ru, <https://orsid.org/0009-0009-6394-4117>

M. Z. Daulenova – postgraduate student,

sslutai@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-0640-5089>

I. S. Kochegarov – postgraduate student,

Garit_0188@mail.ru

S. V. Zalesov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,

zalesovsv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3779-410X>

Статья поступила в редакцию 20.03.2025; принята к публикации 24.04.2025.

The article was submitted 20.03.2025; accepted for publication 24.04.2025.
