

Научная статья

УДК 57.047:58.072:630*892.1

DOI: 10.37482/0536-1036-2023-1-100-115

Всхожесть семян хвойных интродуцентов в условиях Центрального Казахстана при различной стратификации и внесении в субстрат хвойного опада

Д.Ю. Сирман, преподаватель; ResearcherID: [ABI-1493-2020](https://orcid.org/0000-0002-0702-9215),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0702-9215>

Карагандинский университет им. академика Е.А. Букетова, ул. Университетская, д. 28,
г. Караганда, Республика Казахстан; den-diatoma@mail.ru

Поступила в редакцию 03.02.21 / Одобрена после рецензирования 06.05.21 / Принята к печати 11.05.21

Аннотация. Данное исследование освещает вопросы возможного применения отходов лесного производства при проращивании семян хвойных растений в условиях засушливого климата Центрального Казахстана. Использование такого типа отходов является более доступным и экономически выгодным при выращивании сеянцев хвойных по сравнению с другими методами. Однако хвоя, имея сложный химический состав, при добавлении ее в почвенный субстрат оказывает многофакторное и неоднозначное действие на энергию прорастания, всхожесть и энергию покоя семян. Индивидуальный характер влияния хвойного опада на всхожесть семян особенно проявляется на примере *Picea purpurea* Mast., *P. asperata* Mast., *Pinus banksianau* Lamb., *P. densiflora* Siebold et Zuss., так как у них отмечена наибольшая всхожесть семян в 2 вариантах опыта – как с внесением хвои, так и без него – по сравнению с данным показателем в вариации с весенней стратификацией без внесения хвои. Кроме этого в статье рассматривается вопрос использования длительной естественной стратификации семян как альтернативного способа их посадки в условиях лесных питомников. Показано, что естественная стратификация значительно влияет на энергию покоя семян и энергию прорастания по сравнению с искусственной. При этом данные параметры по большей части коррелируют с родовой принадлежностью объектов. Так, представители родов *Picea* A.Dietr. и *Abies* Mill. имеют более высокие показатели прорастания при весенней стратификации, тогда как представители родов *Pinus* L. и *Pseudotsuga* Carr. – при естественной. Это может являться результатом эколого-биологической адаптации последних двух видов. В то же время, несмотря на достаточно убедительные данные по осенней стратификации, наилучшие показатели всхожести семян у большинства видов отмечены при весенней стратификации, включая вариацию с использованием хвойного опада. Однако введение использования данного метода, основываясь только на показателях всхожести семян, в условиях Центрального Казахстана является не совсем целесообразным, так как благоприятный период для прорастания семян в этой местности из года в год нестабильный. Таким образом, по результатам исследования сделаны выводы, что наиболее подходящим методом для проращивания семян хвойных видов, за некоторым исключением, является естественная стратификация. Применение хвойного опада незначительно влияет на показатели прорастания семян, при этом может значительно увеличивать период прорастания семян, а в отдельных случаях даже подавлять данный процесс.

© Сирман Д.Ю., 2023



Статья опубликована в открытом доступе и распространяется на условиях лицензии CC BY 4.0

Ключевые слова: *Pinaceae, Picea, Pinus, Abies, Pseudotsuga*, семена хвойных, всхожесть, энергия прорастания, энергия покоя, стратификация, хвойный опад, Центральный Казахстан

Для цитирования: Сирман Д.Ю. Всхожесть семян хвойных интродуцентов в условиях Центрального Казахстана при различной стратификации и внесении в субстрат хвойного опада // Изв. вузов. Лесн. журн. 2023. № 1. С. 100–115. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-1-100-115>

Original article

Seed Germination of Coniferous Introduced Species in the Environment of Central Kazakhstan with Various Stratification and Inclusion of Needle Litter into Substrate

Denis Yu. Sirman, Lecturer; ResearcherID: [ABI-1493-2020](https://orcid.org/0000-0002-0702-9215),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0702-9215>

Academician Y.A. Buketov Karaganda State University, University street, 28, Karaganda, 100024, Republic of Kazakhstan; den-diatoma@mail.ru

Received on February 3, 2021 / Approved after reviewing on May 6, 2021 / Accepted on May 11, 2021

Abstract. This study observes the issues of the possible usage of wastes from timber industry in the sprouting of seeds of coniferous plants in the arid climate of Central Kazakhstan. Such treatment of coniferous seeds is easily implementable and cost-effective, compared to the other methods. However, the complex chemical composition of needle litter in the soil substrate has the multifactorial and controversial effects on such indicators as germination energy, seed germination capacity and rest energy. In addition, the article discusses the use of long-term natural seed stratification as an alternative method of planting seeds in forest nurseries. The other studies have shown that natural stratification has a more significant effect on the indicators of seed rest energy and germination energy. However, it should be said that these parameters mostly correlate with the generic assignment of the objects. Thus, representatives of the genera *Picea* and *Abies* have more significant rates of germination during spring stratification. Whereas, representatives of the genera *Pinus* and *Pseudotsuga* – with natural stratification. This may be the result of their ecological and biological adaptation. The conditions of Central Kazakhstan are characterized by a sharply continental climate, which includes not only a sharp climate change, but also a rather low snow cover and low temperatures. Under these conditions, the seeds of the genera *Pinus* and *Pseudotsuga* may have higher adaptive abilities, which may become a further subject of research. At the same time, it was determined that despite the rather convincing data obtained during autumn stratification, the highest results of seed germination in most experimental species were noted during spring stratification, including variation with the use of needle litter. Again, it is not entirely advisable to introduce the use of this method based only on the indicators of seed germination in arid conditions of Central Kazakhstan, since the favorable period for seed germination in this area is unstable from year to year. Thus, based on the results of the study, it was concluded that the most suitable method for germinating seeds of conifers, with some exceptions, is natural stratification. The use of needle litter affects insignificantly the rates of seed germination, and in some cases even suppresses this process.

Keywords: *Pinaceae, Picea, Pinus, Abies, Pseudotsuga*, coniferous seeds, seed germination, germination energy, rest energy, stratification, needle litter, Central Kazakhstan



For citation: Sirman D.Yu. Seed Germination of Coniferous Introduced Species in the Environment of Central Kazakhstan with Various Stratification and Inclusion of Needle Litter into Substrate. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2023, no. 1, pp. 100–115. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-1-100-115>

Введение

В основу большинства современных интродукционных работ положен мичуринский метод акклиматизации растений путем селекции, многолетних испытаний и отбора наиболее перспективных видов для культивирования в местных условиях [19]. С. Stasolla, E.C. Yeung [28] показали, что при прорастании семян особое воздействие на них оказывают условия окружающей среды. Также на прорастание семян хвойных лесных культур влияют плотность полога леса [25, 30], освещение на начальных стадиях прорастания [29], содержание и выработка гормонов внутри клеток [23, 27], включая успешность образования микоритического симбиоза [22]. Важными показателями развития сеянцев интродуцентов являются не только качественные показатели, такие как всхожесть семян и выживаемость полученных сеянцев в течение вегетационного периода, но и количественные биометрические показатели сеянцев в 1-й год их роста. Исследованиями установлено, что биометрические показатели сеянцев ели – диаметр у корневой шейки и высота надземной части – характеризуются широким диапазоном изменчивости [3].

Особенностью лесопитомнического хозяйства является интенсивное механическое и химическое воздействие на почву, что часто приводит к ее деградации и нарушению протекания в ней естественных процессов биологического круговорота. В результате почвы обедняются гумусом и минеральными элементами питания, ухудшаются их водно-физические, воздушные и биологические свойства, нарушается структура, как следствие, снижается продуктивность посевов и уменьшаются размеры сеянцев [12]. При этом, с точки зрения почвоведения, развитие сеянцев лимитируют всего 2 фактора: плотность сложения почвы и содержание в ней обменного калия. Влияние этих факторов отражается в наибольшей степени, когда из 3 значений, соответствующих разным слоям почвы, взято минимальное [4].

В настоящее время при выращивании сеянцев наиболее эффективным методом увеличения ростовых показателей является внесение различных типов удобрений, в особенности азотистых. Исследование влияния карбамид-формальдегидного удобрения на ростовые показатели некоторых видов хвойных выявило, что внесение данного типа удобрения увеличивает высоту сеянцев до 80–90 %, а диаметр стволика на 50–60 % [18].

В связи с недостаточным количеством традиционных органических удобрений и высокой стоимостью минеральных становится актуальной разработка технологий производства местных удобрений из доступного органического сырья и нетрадиционных удобрений, а также их использование в лесном хозяйстве [13]. Основным субстратом для выращивания сеянцев в теплицах служит фрезерный торф, но могут также использоваться отходы лесоперерабатывающей промышленности – компостированный гидролизный лигнин, компостируемая кора хвойных пород и смеси компостируемой коры с торфом (обычно 50 % торфа, 50 % компоста) [8]. Обработка сеянцев лиственницы европейской и

ели колючей в условиях закрытого грунта оксидантом торфа существенно увеличивает их биометрические и весовые показатели. Сеянцы лиственницы, обработанные оксидантом торфа, имели корневые шейки в 1,7 раза и накопление фитомассы в 5 раз выше по сравнению с контрольным вариантом [16].

Одним из новых экологичных способов получения сеянцев является добавление древесных остатков, которые увеличивают сохранность проростков при их прорастании [26], при этом генотипы семян значительно коррелируют с физико-химическими свойствами материнской почвы [24]. Еще более перспективным может стать использование нетрадиционных удобрений в совокупности с введением биоактивизирующих добавок. Так, применение подобных добавок на стадии созревания компостной смеси в Мушмаринском лесном питомнике достоверно повысило содержание нитратного азота лишь при внесении нетрадиционного органического удобрения, полученного при помощи активаторов разложения стерни и активаторов почвенной микрофлоры [9].

Разработка системы мер по интенсификации выращивания посадочного материала хвойных пород с использованием в качестве органических удобрений компостов на основе древесной коры является важным звеном в повышении выхода стандартного посадочного материала. Ряд ученых на протяжении последних 10-летий отмечают целесообразность совместного применения в лесных питомниках минеральных и органических удобрений в виде компостов. Компостирование органических отходов является распространенным способом получения высокоэффективных органических удобрений. Дополнительный экономический эффект при этом дает утилизация большого количества отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности [11, 17, 31].

Цель исследования – изучение возможности добавления хвойного опада в почвенный субстрат и влияния длительности и типа стратификации для повышения всхожести семян и получения хвойных сеянцев с закрытой корневой системой при их интродукции в сухие аридные условия Центрального Казахстана.

Объекты и методы исследования

Исследования влияния хвойного опада на всхожесть семян проводились на базе учебно-опытного участка дендропитомника Биолого-географического факультета Карагандинского университета им. Е.А. Букетова в 2017–2018 г. Объектом исследования стали семена 24 видов хвойных растений семейства *Pinaceae* (Lindl.), относящихся к 4 родовым таксономическим группам: 12 видов рода *Pinus* A.Dietr., 2 – *Abies* Mill., 9 – *Pinus* L., 1 – *Pseudotsuga* Carr. Семена получены в сентябре по обмену между Московским лесным питомником и Биолого-географическим факультетом Карагандинского университета.

Масса 1000 семян определялась согласно ГОСТ 13056.4–67 с расчетом среднего отклонения каждой пробы. Влажность устанавливалась при помощи анализатора ОНАУС MB23 и методик, рекомендуемых к данному анализатору (табл. 1).

В рамках исследования использовались 3 вариации:

Контроль 1 – осенний посев в субстрат без использования хвои, с естественной стратификацией;

Контроль 2 – весенний посев в субстрат без использования хвои, с искусственной стратификацией;

Опытная – весенний посев в субстрат с добавлением хвои, с искусственной стратификацией.

Таблица 1

**Масса и влажность 1000 семян видов семейства *Pinaceae* Lindl.
Weight and moisture content of 1000 seeds of *Pinaceae* Lindl.**

| Вид | Масса, г | Влажность, % |
|--|------------|--------------|
| <i>Picea jezoensis</i> (Siebold & Zucc.) | 1,83±0,09 | 4,7 |
| <i>P. orientalis</i> (L.) | 7,24±0,12 | 2,4 |
| <i>P. smithiana</i> (Wall.) | 13,48±0,22 | 4,4 |
| <i>P. glauca</i> (Moench) Voss | 2,48±0,04 | 3,2 |
| <i>P. koyamai</i> Shiras. | 5,24±0,19 | 3,2 |
| <i>P. pungens</i> Engelm. | 2,86±0,15 | 2,5 |
| <i>P. purpurea</i> Mast. | 3,94±0,57 | 4,8 |
| <i>P. omorika</i> (Panic) | 2,78±0,12 | 4,4 |
| <i>P. sitchénsis</i> (Bong.) | 2,29±0,02 | 7,6 |
| <i>P. asperata</i> Mast. | 3,64±0,68 | 3,9 |
| <i>P. schrenkiána</i> Fisch. & C.A.Mey. | 7,35±0,09 | 5,6 |
| <i>P. engelmannii</i> (Parry ex Engelm.) | 3,92±0,85 | 6,1 |
| <i>Ábies sachalinensis</i> (F.Schmidt) | 8,23±0,73 | 5,0 |
| <i>A. balsamea</i> (L.) | 8,63±0,42 | 5,1 |
| <i>Pinus nigra</i> J.F.Arnold | 3,27±0,24 | 4,0 |
| <i>P. banksiana</i> Lamb. | 4,23±0,35 | 4,3 |
| <i>P. stróbus</i> L. | 20,05±0,24 | 3,0 |
| <i>P. wallichiana</i> A.B.Jacks. | 5,34±0,42 | 4,5 |
| <i>P. mugo</i> Turra | 11,71±0,11 | 3,2 |
| <i>P. densiflóra</i> Siebold et Zucc. | 12,93±0,15 | 4,0 |
| <i>P. ponderósa</i> Douglas | 63,48±5,24 | 3,2 |
| <i>P. aristata</i> Engelm. | 5,24±0,63 | 3,7 |
| <i>P. contorta</i> Douglas | 6,89±0,49 | 2,8 |
| <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) | 7,12±0,10 | 3,8 |

После взвешивания семена вариаций Контроль 2 и Опытная закладывались на хранение в бумажные пакеты. Хранение семян осуществлялось при температуре 15 °С в течение 7 мес. Перед посевом семена этих вариаций были подвергнуты холодной стратификации во влажном песке в течение 1 мес. при температуре 4 °С (холодильная камера) [15]. Семена вариации Контроль 1 оставались на осеннюю стратификацию в стратификационной яме глубиной 45 см. Дно ямы было засыпано крупным гравием, а сверху накладывались щиты из OSB. Сверху яма накрывалась травяным опадом для защиты семян от сильных морозов.

Для опытов использовались пластиковые ящики размером 55×14×15 см без дренажа. В качестве субстрата взята почвенная смесь из грунта испытательного участка и опилок в соотношении 3:1. В начале опыта проведен анализ почвы на базе Испытательной лаборатории «ЭкоНус» (г. Караганда). Используемую почву можно охарактеризовать как малогумусную, нейтральную, с низким содержанием токсичных соединений солей.

Результаты анализа химического состава 100 г грунта следующие:

| | |
|--|-----------------------|
| Гидрокарбонат-ион..... | 52/0,85 мг/мг-экв |
| Ca(HCO ₃) ₂ | 0,75 мг-экв |
| Mg(HCO ₃) ₂ | 0,1 мг-экв |
| NaHCO ₃ | — |
| Сульфат-ион..... | 22/0,46 мг/мг-экв |
| CaSO ₄ | — |
| MgSO ₄ | — |
| Na ₂ SO ₄ | 0,46 мг-экв |
| Хлорид-ион..... | 1/0,03 мг/мг-экв |
| CaCl ₂ | — |
| MgCl ₂ | 0,3 мг-экв |
| NaCl..... | — |
| Нитрат-ион..... | 1,2/0,01 мг/мг-экв |
| Mg(NO ₃) ₂ | — |
| NaNO ₃ | 0,1 мг-экв |
| Кальций-ион..... | 15/0,75 мг/мг-экв |
| Магний-ион..... | 2/0,13 мг/мг-экв |
| Натрий-ион..... | 11/0,47 мг/мг-экв |
| Соли..... | 0,104 % |
| Растворимость..... | 52 мг/дм ³ |
| Гумус..... | 1,67 % |
| pH..... | 7,58 |

В ящики с опытными семенами на поверхность почвенной смеси вносился хвойный опад *P. obovata* (Ledeb.). Верхний слой хвойного опада толщиной не более 0,5 см, возрастом не старше 1 года, не имеющий следов гниения, собирался в искусственных посадках *P. obovata* (Ledeb.) в октябре 2017 г. в 3,5 км к северу от пос. Катарколь (Акмолинская область), в государственном национальном природном парке «Бурабай». Хранение хвойного опада осуществлялось в матерчатом мешке объемом 5 л при температуре 22–24 °С. В ящики опад вносился в виде цельной хвои в объеме 1,3 г/ящик, или 17 г/м². В ящики с контрольными семенами хвойный опад не добавлялся.

Семена в ящиках высевались по 50 семян в ряд в 4-кратной повторности. Сверху семена накрывались слоем древесной стружки толщиной 1,5–2 см. Грунтом семена не накрывались. После посева ящики с семенами помещались в солнцезащитную загородку без дополнительного укрытия. Полив семян осуществлялся ежедневно в вечернее время при помощи лейки с нормой полива 9 л/м². Полив сеянцев в июне–июле производился 1 раз в 2 дня с нормой полива 15 л/м². В дни с температурой воздуха выше +30 °С – ежедневно без нормирования воды. В августе–сентябре – 1 раз в 3 дня без нормирования воды [7].

Климат в районе исследования резко континентальный. В период наблюдения средняя дневная температура была на 1,9 °С ниже средней дневной температуры за последние 10 лет. Средняя минимальная температура – на 3,8 °С выше средней минимальной за последние 10 лет. Данные для сравнения взяты в Карагандинском филиале Казгидромета. Преобладали юго-западные и северо-западные ветра, которые составили 60 % от общего распределения направ-

лений ветра по розе ветров. Климатические показатели для района исследования за весь период его проведения следующие:

| | |
|-----------------------------------|-----------------|
| Средняя дневная температура | 18,2±6,1 °С |
| Максимальная температура | 31,0 °С |
| Средняя ночная температура | 10,8±3,7 °С |
| Минимальная температура..... | 2,0 °С |
| Средняя влажность | 59,6±16,0 % |
| Облачность | 3,35±2,96 балла |
| УФ-индекс | 3,21±1,66 |
| Количество дождливых дней | 7 |
| Осадки | 195 мм |

Влияние изучаемых факторов оценивалось по 3 критериям: энергии прорастания, всхожести и энергии покоя семян. Энергия прорастания семян определялась на 20-е сут. после посева, всхожесть и энергию покоя – на 30-е сут. Всхожесть и энергия прорастания семян устанавливались согласно пункту 5 подпункту 5.4.5 ГОСТ 50617–93. Энергия покоя семян находилась по формуле

$$P = \frac{a_1 t_1 + a_2 t_2 + \dots + a_n t_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n},$$

где t_1, t_2, \dots, t_n – дни от начала проращивания семян; a_1, a_2, \dots, a_n – число семян, проросших в соответствующие дни [2].

Статистическая обработка результатов проводилась по методикам Н.Л. Удальцовой и Г.Ф. Лакина [6, 14] с применением программного пакета Microsoft Excel 2010. Расчет достоверности разницы показателей осуществлялся с использованием коэффициента Стьюдента и ошибки средней величины по таблице Н.А. Плохинского. Корреляционный анализ значений высоты проростков и длины хвои выполнялся с применением коэффициента корреляции Пирсона.

Результаты исследования и их обсуждение

Датой начала наблюдения за прорастанием семян вариации Контроль 1 стало 11 мая 2018 г., когда впервые средняя дневная температура составила +15 °С, т. е. достигла наиболее благоприятного для прорастания семян значения [1, 21]. Вариация Контроль 1 была введена в эксперимент в целях получения контрольного показателя влияния естественной стратификации семян по сравнению с искусственной, которая рекомендуется во всех лесопитомниках [7, 20].

Сопоставление энергии прорастания семян показало, что наибольшее количество видов, у которых были зарегистрированы прорастания семян, относится к вариации Контроль 1 – 21 вид (87,5 %). В вариациях Контроль 2 и Опытная было отмечено одинаковое количество видов с проросшими семенами – 16 видов (66,6 %). Однако в этих вариациях только в 3 случаях наблюдаются наибольшие показатели энергии прорастания (*Picea smithiana* (Wall.), *P. orientalis* (L.), *P. pungens* Engelm.). У 15 видов из 24 (62,5 %), для которых хотя бы в 2 вариациях были зафиксированы прорастания, наибольшая относительная энергия прорастания наблюдалась в вариации Контроль 1 (табл. 2).

Несмотря на относительно однозначные результаты по энергии прорастания, сопоставление результатов влияния хвойного опада на всхожесть семян показало изменение тенденции отзывчивости семян к изучаемому фактору.

Таблица 2

Энергия прорастания семян хвойных (%)
Germination energy of coniferous seeds, %

| Вид | Контроль 1 | Контроль 2 | Опытная вариация |
|--|------------|------------|------------------|
| <i>Picea jezoensis</i> (Siebold & Zucc.) | 18,3 | 20,8 | 9,8 |
| <i>P. orientalis</i> (L.) | 0 | 14,0 | 3,3 |
| <i>P. smithiana</i> (Wall.) | 0 | 1,3 | 4,3 |
| <i>P. glauca</i> (Moench) Voss | 26,6 | 21,0 | 10,3 |
| <i>P. koyamai</i> Shiras. | 12,5 | 10,8 | 8,0 |
| <i>P. pungens</i> Engelm. | 9,0 | 24,0 | 15,0 |
| <i>P. purpurea</i> Mast. | 18,3 | 5,3 | 16,0 |
| <i>P. omorika</i> (Pancic) | 24,1 | 9,3 | 3,8 |
| <i>P. sitchénsis</i> (Bong.) | 25,0 | 11,3 | 3,5 |
| <i>P. asperata</i> Mast. | 10,0 | 0 | 9,5 |
| <i>P. schrenkiána</i> Fisch. & C.A.Mey. | 9,2 | 8,0 | 0 |
| <i>P. engelmannii</i> (Parry ex Engelm.) | 0,8 | 0 | 0 |
| <i>Ábies sachalinensis</i> (F.Schmidt) | 3,3 | 0 | 0 |
| <i>A. balsamea</i> (L.) | 8,3 | 0 | 0 |
| <i>Pinus nigra</i> J.F.Arnold | 18,3 | 13,5 | 7,8 |
| <i>P. banksiana</i> Lamb. | 42,5 | 12,0 | 25,5 |
| <i>P. stróbus</i> L. | 10,0 | 0 | 0 |
| <i>P. wallichiana</i> A.B.Jacks. | 10,0 | 0 | 0 |
| <i>P. mugo</i> Turra | 45,0 | 16,7 | 30,8 |
| <i>P. densiflóra</i> Siebold et Zucc. | 27,5 | 6,0 | 23,5 |
| <i>P. ponderósa</i> Douglas | 0 | 0 | 0 |
| <i>P. aristata</i> Engelm. | 36,6 | 8,0 | 10,0 |
| <i>P. contorta</i> Douglas | 45,0 | 25,8 | 36,0 |
| <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) | 25,8 | 11,8 | 0 |

Так, для 6 видов с наилучшей энергией прорастания в вариации Контроль 1 наибольшая всхожесть семян была отмечена в Опытной вариации. У 3 видов наилучшая всхожесть зафиксирована в вариации Контроль 2. Данная тенденция прослеживается для представителей рода *Picea* A.Dietr. У представителей рода *Pinus* L. наибольшие показатели всхожести семян отмечены в вариации Контроль 1. Таким образом, исследование выявило, что добавление в почву хвойного опада относительно положительно влияет на всхожесть семян, в особенности на представителей рода *Picea* A.Dietr.

В опытной вариации у 18 видов (75,0 %) отмечено прорастание семян, что сопоставимо с количеством видов, у которых наблюдалось прорастание семян при осенней стратификации (20 видов – 83,3 %). В вариациях Контроль 1 и Опытная количество видов с всхожестью семян выше 50 % относительно одинаково: 8 видов (33,3 %) для вариации Контроль 1 и 6 видов (25,0 %) для вариации Опытная (табл. 3).

Таблица 3

Абсолютные и относительные показатели всхожести семян хвойных
Absolute and relative rates of germination of coniferous seeds

| Вид | Контроль 1 | | Контроль 2 | | Опытный вариант | |
|--|-----------------------------|------------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|------------------|
| | число взошедших семян | % всхо- жести | число взошедших семян | % всхо- жести | число взошедших семян | % всхо- жести |
| <i>Picea jezoensis</i> (Siebold & Zucc.) | 19,0±4,3 | 38,0 | 31,0±3,1 | 62,0 | 11,3±3,3 | 22,5 |
| <i>P. orientalis</i> (L.) | 0 | 0 | 21,8±1,9 | 43,5 | 5,3±0,8 | 10,5 |
| <i>P. smithiana</i> (Wall.) | 0 | 0 | 1,5±1,2 | 3,0 | 10,3±2,4 | 20,5 |
| <i>P. glauca</i> (Moench) Voss | 31,0±4,3 | 62,0 | 32,8±3,0 | 65,5 | 16,0±1,6 | 32,0 |
| <i>P. koyamai</i> Shiras. | 12,8±4,4 | 25,5 | 15,5±2,3 | 31,0 | 17,3±2,3 | 34,5 |
| <i>P. pungens</i> Engelm. | 9,8±2,5 | 19,5 | 34,8±1,9 | 69,5 | 25,0±3,5 | 50,0 |
| <i>P. purpurea</i> Mast. | 23,5±9,9 | 47,0 | 5,3±3,0 | 10,5 | 24,8±2,4 | 49,5 |
| <i>P. omorika</i> (Pancic) | 24,0±5,9 | 48,0 | 11,0±5,3 | 22,0 | 10,3±1,1 | 20,5 |
| <i>P. sitchénsis</i> (Bong.) | 25,8±6,0 | 51,5 | 14,5±5,2 | 29,0 | 9,3±2,3 | 18,5 |
| <i>P. asperata</i> Mast. | 10,0±2,1 | 20,0 | 6,0±1,6 | 12,0 | 21,0±6,0 | 42,0 |
| <i>P. schrenkiána</i> Fisch. & C.A.Mey. | 9,3±1,7 | 18,5 | 11,3±3,8 | 22,5 | 6,3±1,3 | 12,5 |
| <i>P. engelmannii</i> (Parry ex Engelm.) | 0,8±0,5 | 1,5 | 3,3±1,3 | 6,5 | 0 | 0 |
| <i>Abies sachalinensis</i> (F.Schmidt) | 3,0±0 | 6,0 | 7,5±1,7 | 15,0 | 0 | 0 |
| <i>A. balsamea</i> (L.) | 8,3±5,4 | 16,5 | 1,3±1,3 | 2,5 | 0 | 0 |
| <i>Pinus nigra</i> J.F.Arnold | 23,5±11,3 | 47,0 | 13,5±3,5 | 27,0 | 13,0±1,6 | 26,0 |
| <i>P. banksiana</i> Lamb. | 42,5±7,6 | 85,0 | 17,3±2,9 | 34,5 | 44,0±3,5 | 88,0 |
| <i>P. strobus</i> L. | 12,5±2,9 | 25,0 | 2,5±2,1 | 5,0 | 0 | 0 |
| <i>P. wallichiana</i> A.B.Jacks. | 0 | 0 | 0 | 0 | 10,0±6,2 | 200,0 |
| <i>P. mugo</i> Turra | 45,0±5,4 | 90,0 | 20,3±10,1 | 40,5 | 42,0±3,5 | 84,0 |
| <i>P. densiflora</i> Siebold et Zucc. | 27,8±11,7 | 55,5 | 6,0±3,7 | 12,0 | 35,8±5,3 | 71,5 |
| <i>P. ponderosa</i> Douglas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>P. aristata</i> Engelm. | 42,5±8,3 | 85,0 | 13,3±2,9 | 26,5 | 13,0±4,5 | 26,0 |
| <i>P. contorta</i> Douglas | 45,0±5,4 | 90,0 | 38,3±4,3 | 76,5 | 45,3±4,9 | 90,5 |
| <i>Pseudotsuga</i> <i>menziesii</i> (Mirb.) | 27,5±3,6 | 55,0 | 14,3±3,0 | 28,5 | 0 | 0 |

Наибольшее количество видов с всхожими семенами было отмечено в вариации Контроль 2 (22 вида, или 91,6 %). Однако только в 6 случаях в данной вариации выявлена наибольшая всхожесть семян среди всех исследуемых вариаций. В вариации Контроль 2 только у 3 видов всхожесть семян была выше максимальных значений энергии прорастания, зафиксированных у данных видов в вариации Контроль 1 (*Picea jezoensis* (Siebold & Zucc.), *P. glauca* (Moench), *P. schrenkiana* Fisch. & C.A. Mey.).

Анализируя количество видов с показателями всхожести семян выше 80 % можно заключить, что осенняя стратификация наиболее положительно по сравнению с весенней влияет на всхожесть семян. Так, в вариации Контроль 1 количество видов с всхожестью семян выше 80 % составило 4 (16,6 %). Все данные виды были представителями рода *Pinus* L. В Опытной вариации у 3 видов выявлена всхожесть семян выше 80 %, у 1 вида данный показатель превысил 90 % (*Pinus contorta* Douglas).

Расчет достоверности разницы абсолютной всхожести семян показал, что в Опытной вариации есть только 10 случаев из 40 (25,0 %), когда всхожесть семян была достоверно выше этого показателя в других вариациях. Между вариациями Опытная и контрольными не наблюдалось достоверных различий всхожести семян. Можно сделать вывод о том, что внесение в субстрат хвойного опада имеет индивидуальное влияние на всхожесть семян (табл. 4).

Таблица 4

Достоверность разницы всхожести семян между вариантами исследования
The confidence intervals for seed germination rates between the experimental variants

| Вид | Контроль 1 и Контроль 2 | Контроль 1 и Опытная вариация | Контроль 2 и Опытная вариация |
|--|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Picea jezoensis</i> (Siebold & Zucc.) | p < 0,01 | p < 0,05 | p < 0,001 |
| <i>P. orientalis</i> (L.) | x | x | p < 0,001 |
| <i>P. smithiana</i> (Wall.) | x | x | p < 0,01 |
| <i>P. glauca</i> (Moench) Voss | -/- | p < 0,01 | p < 0,001 |
| <i>P. koyamai</i> Shiras. | -/- | -/- | -/- |
| <i>P. pungens</i> Engelm. | p < 0,001 | p < 0,001 | p < 0,01 |
| <i>P. purpurea</i> Mast. | p < 0,05 | -/- | p < 0,01 |
| <i>P. omorika</i> (Panic) | p < 0,05 | p < 0,01 | -/- |
| <i>P. sitchénsis</i> (Bong.) | p < 0,05 | p < 0,01 | -/- |
| <i>P. asperata</i> Mast. | -/- | p < 0,05 | p < 0,01 |
| <i>P. schrenkiána</i> Fisch. & C.A.Mey. | -/- | -/- | -/- |
| <i>P. engelmannii</i> (Parry ex Engelm.) | p < 0,05 | x | x |
| <i>Ábies sachalinensis</i> (F.Schmidt) | p < 0,01 | x | x |
| <i>A. balsamea</i> (L.) | -/- | x | x |
| <i>Pinus nigra</i> J.F.Arnold | -/- | -/- | -/- |
| <i>P. banksiana</i> Lamb. | p < 0,01 | -/- | p < 0,001 |
| <i>P. stróbus</i> L. | p < 0,01 | x | x |
| <i>P. wallichiana</i> A.B.Jacks. | xxx | xxx | xxx |
| <i>P. mugo</i> Turra | p < 0,01 | -/- | p < 0,05 |
| <i>P. densiflóra</i> Siebold et Zucc. | p < 0,05 | -/- | p < 0,001 |
| <i>P. ponderósa</i> Douglas | xxx | xxx | xxx |
| <i>P. aristata</i> Engelm. | p < 0,01 | p < 0,01 | -/- |
| <i>P. contorta</i> Douglas | -/- | -/- | -/- |
| <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) | p < 0,01 | x | x |

Примечание: -/- – достоверная разница показателей между вариациями отсутствует; x, xxx – уровень достоверности не рассчитывается в связи с отсутствием данных соответственно у одной из вариаций и в обеих вариациях.

Сравнивая результаты расчета достоверности разницы показателей между вариациями Контроль 1 и Контроль 2, мы установили, что осенняя стратификация имеет большее влияние на показатель всхожести семян по сравнению с весенней. Так, из 20 видов у 9 (45,0 %) всхожесть семян в вариации Контроль 1 достоверно выше, чем в вариации Контроль 2 (4 вида, или 20,0 %). При этом у 7 видов (35,0 %) не было выявлено достоверного различия всхожести семян в данных вариациях.

Следует отметить, что из 9 видов рода *Picea* A.Dietr. только у 3 всхожесть семян в вариации Контроль 1 достоверно выше показателя в вариации Контроль 2. Все виды рода *Pinus* L. вариации Контроль 1 имеют всхожесть семян достоверно более высокую, чем в вариации Контроль 2.

Несмотря на относительно выверенные данные о значениях всхожести семян, одним из немаловажных показателей в условиях недлительного благоприятного температурного весеннего периода для характеристики прорастания семян является скорость этого процесса. В регионе засушливых степей Центрального Казахстана средняя дневная температура составляет +18–22 °С на протяжении 15–22 дн. Скорость прорастания в этот период является важным фактором, оказывающим влияние на показатель всхожести семян.

Расчет энергии покоя семян в вариации Контроль 1 был затруднен невозможностью установления точки начала процессов прорастания семян. Поэтому в данный анализ включены только результаты, полученные в вариациях Контроль 2 и Опытная. Анализ результатов определения данного показателя позволил установить, что 15 видов из 21 (68,2 %) имеют наименьшую энергию покоя семян. Это свидетельствует о быстрой скорости прорастания данных семян. Однако из значительного разброса в скорости прорастания – от 9 у *Picea omorika* (Pancic) до 22,8 сут. у *Pinus strobus* L. – следует, что при осенней стратификации весны семена прорастают неравномерно относительно средней дневной температуры, это в свою очередь значительно тормозит процесс прорастания при установлении температурных параметров выше определенных значений. Данный вывод требует дополнительных исследований биологии прорастания семян хвойных растений в зависимости от температурных параметров. В вариации Контроль 2 только у 4 видов (19,0 %) были отмечены минимальные значения энергии покоя семян. В Опытной вариации таких видов было выделено всего 2 (9,5 %) (табл. 5).

Расчет энергии покоя семян по вариациям Контроль 2 и Опытная показал, что из 17 видов, для которых были отмечены прорастания семян в обеих вариациях, у 10 (64,7 %) наибольшая энергия покоя семян была зафиксирована в вариации Контроль 2. Хотя в целом данный показатель в этой вариации значительно ниже по сравнению с остальными. Разница в вариации Контроль 2 по времени начала прорастания семян между образцами с наибольшей и наименьшей энергией покоя могла достигать 5–6 сут. У 9 видов (5 представителей рода *Picea* A.Dietr. и 4 – *Pinus* L.) наилучшие показатели энергии покоя семян положительно коррелируют с показателями всхожести семян.

Внесение хвойного опада по-разному отражается на показателях прорастания семян из-за различного влияния содержащихся в хвое соединений терпенов и фенолов на прорастающие семена того или иного вида [10]. Также А.В. Егоровой и Н.П. Чернобровкиной было установлено, что вещества хвои снижают соотношение N/P в молодых проростках [5]. В целом внесение хвойного опада значительно увеличивает период прорастания семян.

Таблица 5

Энергия покоя семян (сут.)
Rest energy of seeds (24-hour period)

| Вид | Контроль 2 | Опытная вариация |
|--|------------|------------------|
| <i>Picea jezoensis</i> (Siebold & Zucc.) | 19,23 | 18,38 |
| <i>P. orientalis</i> (L.) | 19,38 | 19,33 |
| <i>P. smithiana</i> (Wall.) | 19,00 | 20,49 |
| <i>P. glauca</i> (Moench) Voss | 19,19 | 18,66 |
| <i>P. koyamai</i> Shiras. | 18,27 | 20,26 |
| <i>P. pungens</i> Engelm. | 16,06 | 19,59 |
| <i>P. purpurea</i> Mast. | 16,14 | 19,68 |
| <i>P. omorika</i> (Pancic) | 15,11 | 21,32 |
| <i>P. sitchensis</i> (Bong.) | 17,84 | 20,30 |
| <i>P. asperata</i> Mast. | 23,71 | 21,05 |
| <i>P. schrenkiana</i> Fisch. & C.A.Mey. | 18,07 | 23,72 |
| <i>P. engelmannii</i> (Parry ex Engelm.) | 24,08 | xx |
| <i>Abies sachalinensis</i> (F.Schmidt) | 24,40 | xx |
| <i>A. balsamea</i> (L.) | 21,60 | xx |
| <i>Pinus nigra</i> J.F.Arnold | 14,14 | 19,27 |
| <i>P. banksiana</i> Lamb. | 18,14 | 18,80 |
| <i>P. strobus</i> L. | 23,70 | xx |
| <i>P. wallichiana</i> A.B.Jacks. | xx | xx |
| <i>P. mugo</i> Turra | 16,14 | 18,51 |
| <i>P. densiflora</i> Siebold et Zucc. | 16,13 | 17,97 |
| <i>P. ponderosa</i> Douglas | xx | xx |
| <i>P. aristata</i> Engelm. | 18,85 | 18,04 |
| <i>P. contorta</i> Douglas | 19,12 | 17,07 |
| <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) | 17,81 | xx |

Примечание: xx – нет данных из-за отсутствия всходов.

В некоторых случаях, как например с *Picea sitchensis* (Bong.), *P. engelmannii* (Parry ex Engelm.), *P. schrenkiana* Fisch. & C.A. Mey., можно говорить о подавлении процессов прорастания семян, так как у данных видов не только низкие показатели всхожести семян, но и высокие показатели энергии покоя.

Заключение

В результате проведенных исследований можно заключить, что различия в стратификации и внесение хвойного опада по-разному влияют на всхожесть семян в условиях засушливых степей Центрального Казахстана и зависят от принадлежности вида к тому или иному роду. На прорастаемость семян представителей рода *Picea* A.Dietr. и *Abies* Mill. наибольшее положительное действие оказывает весенняя стратификация семян в течение 1 мес. Осенняя стратификация наиболее благоприятна для семян представителей рода *Pinus* L. и *Pseudotsuga* Carr.

Индивидуальный характер влияния на всхожесть внесения хвойного опада особенно проявляется на примере *Picea purpurea* Mast., *P. asperata* Mast., *Pinus banksianau* Lamb., *P. densiflora* Siebold et Zucc., так как у них отмечена наибольшая всхожесть семян в 2 вариантах опыта – как с внесением хвои, так и без него – по сравнению со значением показателя в вариации без внесения хвои. Однако в целом данный фактор имеет негативное влияние на всхожесть семян.

В заключение можно сделать вывод, что, несмотря на более высокую энергию прорастания семян в вариации с осенней стратификацией, данный вид стратификации не оказывает значительного воздействия на семена при их прорастании, что выражается в снижении динамики прорастания и в конечном итоге влияет на показатели всхожести.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Бородина Н.А., Комаров И.А., Лапин П.И. Семенное размножение интродуцированных древесных растений / отв. ред. П.И. Лапин. М.: Наука, 1970. 319 с.
Borodina N.A., Komarov I.A., Lapin P.I. *Seed Propagation of Introduced Woody Plants*. Ed. by P.I. Lapin. Moscow, Nauka Publ., 1970. 319 p. (In Russ.).
2. Бурченко Т.В., Лазарев А.В. Особенности прорастания семян *Geum urbanum* L. // Науч. вед. БелГУ. Сер.: Естеств. науки. 2010. № 3(74). С. 13–18.
Burchenko T.V., Lazarev A.V. Features of Germination of Seeds *Geum urbahum* L. *Nauchnyye vedomosti BelGU. Seriya: Estestvennyye nauki* = Regional Geosystems, 2010, no. 3(74), pp. 13–18. (In Russ.).
3. Гожан Н.Я., Гузь Н.М. Особенности выращивания посадочного материала *Picea pungens* 'glauca' семенным способом // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. 2015. Т. 18, № 18. С. 12–16.
Gozhan N.Ya., Guz' N.M. Features of Growing Planting Material of *Picea pungens*, "Glauca", by seed method. *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rasteniy*, 2015, vol. 18, no. 18, pp. 12–16. (In Russ.).
4. Демаков Ю.П., Митякова И.И. Пространственная неоднородность почвенного агрофона лесного питомника и ее влияние на биометрические показатели сеянцев // Вестн. МарГТУ. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2011. № 2. С. 68–75.
Demakov Yu.P., Mityakova I.I. Spatial Heterogeneity of Soil Agricultural Background of Forest Nursery and Its Influence on Biometrics Parameters of Seedlings. *Vestnik of Mari State Technical University. Series "Forest. Ecology. Nature management"*, 2011, no. 2, pp. 68–75. (In Russ.).
5. Егорова А.В., Чернобровкина Н.П., Робонен Е.В. Влияние хвойного препарата на рост и элементный состав сеянцев *Pinus sylvestris* L. в условиях лесного питомника // Химия растит. сырья. 2017. № 2. С. 171–180.
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. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja*, 2017, no. 2, pp. 171–180. (In Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017021720>
6. Катмаков П.С., Гавриленко В.П., Бушов А.В. Биометрия / под общ. ред. П.С. Катмакова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2019. 177 с.
Katmakov P.S., Gavrilenko V.P., Bushov A.V. *Biometrics*. Ed. by P.S. Katmakov. Moscow, Urait Publ., 2019. 177 p. (In Russ.).

7. Лагутина А.И., Соснин Н.А., Карпцов Н.С. Поливной режим однолетних посевов сосны и березы в питомниках Северного Казахстана // Защитное лесоразведение и вопросы селекции в Северном Казахстане: сб. науч. тр. КазНИИЛХА. Т. XI. Алма-Ата: Кайнар, 1980. С. 72–79.

Lagutina A.I., Sosnin N.A., Karpstov N.S. Irrigation Regime of Annual Sowings of Pine and Birch in Nurseries of Northern Kazakhstan. *Protective Afforestation and Issues of Breeding in Northern Kazakhstan: Collection of Academic Papers of KazNILHA*. Alma-Ata, Kaynar Publ., 1980, vol. 11, pp. 72–79. (In Russ.).

8. Мочалов Б.А. Научное обоснование и разработка интенсивной технологии выращивания посадочного материала хвойных пород для лесовосстановления на Европейском Севере России: автореф. ... д-ра с.-х. наук. Архангельск, 2009. 40 с.

Mochalov B.A. *Scientific Substantiation and Development of Intensive Technology for Growing Planting Coniferous Material for Reforestation in the European North of Russia*: Dr. Agric. Sci. Diss. Abs. Arkhangelsk, 2009. 40 p. (In Russ.).

9. Мухортов Д.И., Романов Е.М., Мамаев А.А. Оптимизация технологических параметров производства нетрадиционных органических удобрений в лесных питомниках // Лесн. хоз-во. 2011. № 3. С. 21–23.

Mukhortov D.I., Romanov E.M., Mamaev A.A. Optimization of Technological Parameters to Produce Unconventional Organic Fertilizers in Forest Nurseries. *Lesnoye Khozyaystvo*, 2011, no. 3, pp. 21–23. (In Russ.).

10. Ожимова Е.В., Ущановский И.В., Белопухов С.Л., Шайхиев И.Г. Биостимуляторы на основе экстрактов хвои ели обыкновенной (*Picea abies* L.) для обработки семян льна // Вестн. технол. ун-та. 2016. Т. 19, № 21. С. 181–183.

Ozhimkova E.V., Uschapovsky I.V., Belopukhov S.L., Shaikhiev I.G. Biostimulants Created by Extracts from Norway Spruce (*Picea abies* L.) Needles for the Treatment of Flax Seeds. *Bulletin of the Technological University*, 2016, vol. 19, no. 21, pp. 181–183. (In Russ.).

11. Патент 2662999 С1 РФ, МПК А01N 65/00. Способ получения стимулятора роста сосны обыкновенной: № 2017118750: заявл. 29.05.2017: опубл. 31.07.2018 / А.В. Егорова, Н.П. Чернобровкина, Е.В. Робонен.

Egorova A.V., Chernobrovkina N.P., Robonen E.V. *Method of Obtaining Growth Stimulator for Scots Pine*. Patent RF no. RU 2 662 999 C1, 2018. (In Russ.).

12. Романов Е.М., Мамаев А.А., Гордеева С.С. Деграция и восстановление плодородия почв лесных питомников Среднего Поволжья // Экология и леса Поволжья: сб. науч. ст. Вып. 2. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. С. 47–67.

Romanov E.M., Mamaev A.A., Gordееva S.S. Degradation and Recovery of Soil Fertility of Forest Nurseries in the Middle Volga Region. *Ecology and Forests of the Volga Region: Collection of Academic Papers*. Yoshkar-Ola, MarSTU Publ., 2002, iss. 2, pp. 47–67. (In Russ.).

13. Самошин С.Е. Разработка рекомендаций по совершенствованию технологии выращивания посадочного материала // Проблемы и перспективы студенческой науки. 2018. № 1(3). С. 44–45.

Samoshin S.E. Development of Recommendations for Improving the Technology of Growing Planting Material. *Problemy i Perspektivy Studencheskoy Nauki*, 2018, no. 1(3), pp. 44–45. (In Russ.).

14. Сиделев С.И. Математические методы в биологии и экологии: введение в элементарную биометрию. Ярославль: ЯрГУ, 2012. 140 с.

Sidelev S.I. *Mathematical Methods in Biology and Ecology: an Introduction to Elementary Biometrics*. Yaroslavl, YarSU Publ., 2012. 140 p. (In Russ.).

15. Сирман Д.Ю. Влияние длительности стратификации и активации перманганатом калия на прорастание семян некоторых видов хвойных древесных растений // Вестн. Караганд. ун-та. Сер.: Биология. Медицина. География. 2017. № 2(86). С. 89–96.

Sirman D.Y. Effect of Duration of Stratification and Activation of Potassium Permanganate on the Germination of Seeds of Some Species of Coniferous Plants. *Bulletin of the Karaganda University. Biology. Medicine. Geography series*, 2017, no. 2(86), pp. 89–96. (In Russ.).

16. Туник П.В. Использование новых стимуляторов роста при выращивании семян хвойных интродуцентов в условиях закрытого грунта // Тр. БГТУ. Сер. 1. Лесн. хоз-во. 2008. № 16. С. 223–226.

Tupik P.V. The Use of New Growth Promoters in Cultivation of Seedlings of Coniferous Introduced Species in Greenhouse Conditions. *Proceedings of BSTU. No. 1. Forestry*, 2008, no. 16, pp. 223–226. (In Russ.).

17. Тюкавина О.Н., Кунников Ф.А. Содержание минеральных элементов в фитомассе сосны обыкновенной и в древесине тополя бальзамического в г. Архангельске // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Естеств. науки. 2015. № 3. С. 80–86.

Tyukavina O.N., Kunnikov F.A. The Content of Mineral Elements in the Phytomass of Scotch Pine and Balsam Poplar Wood in Arkhangelsk. *Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Series "Natural Sciences"*, 2015, no. 3, pp. 80–86. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn2227-6572.2015.3.80>

18. Хузиахметов Р.Х., Сабиров А.М., Сафина А.Р., Бариев И.Ф. Технология пролонгированного азотного удобрения и оценка его влияния на биометрические показатели семян хвойных пород // Вестн. Казан. технол. ун-та. 2011. № 17. С. 113–116.

Khuziakhmetov R.Kh., Sabirov A.M., Safina A.R., Bariyev I.F. The Technology of Prolonged Nitrogen Fertilization and Assessment of Its Effect on the Biometric Parameters of Coniferous Seedlings. *Vestnik Kazanskogo Tekhnologicheskogo Universiteta = Bulletin of the Technological University*, 2011, no. 17, pp. 113–116. (In Russ.).

19. Шиманюк А.П. Дендрология. М.: Лесн. пром-сть, 1974. 264 с.

Shimanyuk A.P. *Dendrology*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1974. 264 p. (In Russ.).

20. Штукин С.С. Ускоренное выращивание сосны, ели и лиственницы на лесных плантациях. Минск: Право и экономика, 2004. 242 с.

Shtukin S.S. *Accelerated Cultivation of Pine, Spruce and Larch on Forest Plantations*. Minsk, Pravo i ekonomika Publ., 2004. 242 p. (In Russ.).

21. Ямалеев М.М. Некоторые вопросы агротехники выращивания семян пихты в условиях Казахского Алтая // Массивное лесоразведение в Казахстане: рефераты науч.-производств. конф., Щучинск, 29 июля–3 авг. 1966 г. Алма-Ата: Кайнар, 1968. С. 59–66.

Yamaleev M.M. Several Issues of Agricultural Technology for Fir Seedling Cultivation in the Environment of the Kazakhstan Altai. *Massive Afforestation in Kazakhstan: Abstracts of the Scientific and Industrial Conference in Shchuchinsk Dated July 29 – August 3, 1966*. Almaty, Kaynar Publ., 1968, pp. 59–66. (In Russ.).

22. Abdulsalam O., Wagner K., Wirth S., Kunert M., David A., Kallenbach M., Boland W., Kothe E., Krause K. Phytohormones and Volatile Organic Compounds, Like Geosmin, in the Ectomycorrhiza of *Tricholoma vaccinum* and Norway Spruce (*Picea abies*). *Mycorrhiza*, 2020, vol. 31, pp. 173–188. <https://doi.org/10.1007/s00572-020-01005-2>

23. Bozhkov P.V., von Arnold S. Polyethylene Glycol Promotes Maturation But Inhibits Further Development of *Picea abies* Somatic Embryos. *Physiologia Plantarum*, 1998, vol. 104, iss. 2, pp. 211–224. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1998.1040209.x>

24. Cendán C., Sampedro L., Zas R. The Maternal Environment Determines the Timing of Germination in *Pinus pinaster*. *Environmental and Experimental Botany*, 2013, vol. 94, pp. 66–72. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.11.022>

25. Chrosciewicz Z. Site Conditions for Jack Pine Seeding. *Forestry Chronicle*, 1990, vol. 66, no. 6, pp. 579–584. <https://doi.org/10.5558/tfc66579-6>

26. Han A.R., Kim H.J., Jung J.B., Park P.S. Seed Germination and Initial Seedling Survival of the Subalpine Tree Species, *Picea jezoensis*, on Different Forest Floor Substrates Under Elevated Temperature. *Forest Ecology and Management*, 2018, vol. 429, pp. 579–588. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.07.042>
27. Hay E.I., Charest P.J. Somatic Embryo Germination and Desiccation Tolerance in Conifers. *Somatic Embryogenesis in Woody Plants*. Vol. 4. Ed. by J.S. Mohan, P.K. Gupta, R.J. Newton. Dordrecht, Springer, 1999, pp. 61–69. https://doi.org/10.1007/978-94-017-3032-7_3
28. Stasolla C., Yeung E.C. Recent Advances in Conifer Somatic Embryogenesis: Improving Somatic Embryo Quality. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 2003, vol. 74, pp. 15–35. <https://doi.org/10.1023/A:1023345803336>
29. Uddin M.R., Keinonen-Mettala K., Dinus R.J. *Enhanced Germination of Norway Spruce Somatic Embryos*. IPC Technical Paper Series No. 343. Appleton, WI, IPC, 1989. 11 p.
30. Wagner R.G., Little K.M., Richardson B., McNabb K. The Role of Vegetation Management for Enhancing Productivity of the World's Forests. *Forestry*, 2006, vol. 79, iss. 1, pp. 57–79. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpi057>
31. Wallenda T., Kottke I. Nitrogen Deposition and Ectomycorrhizas. *New Phytologist*, 1998, vol. 139, iss. 1, pp. 169–187. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1998.00176.x>

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interest: The author declares that there is no conflict of interest