

Д.Ю. Сирман

Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, Казахстан
(E-mail: Den-diatoma@mail.ru)

Влияние длительности стратификации и активации перманганатом калия на прорастание семян некоторых видов хвойных древесных растений

Работа посвящена проблеме всхожести семян и активированию их прорастания путем стратификации. Цель исследования — показать влияние длительности стратификации на всхожесть семян. В качестве альтернативного метода была взята активация семян путем их вымачивания в растворе марганцево-кислого калия. Работа проведена в условиях климатической камеры на проращивателях по типу стаканчиков проф. Огиевского. Представлены результаты исследования 9 видов хвойных древесных растений рода ель (*Picea A.Dietr.*). Показаны изменения всхожести семян в процессе хранения. Получены результаты лабораторной всхожести семян при различных видах активации и стратификации семян. Отмечено, что для большинства видов наибольшее влияние на энергию прорастания и всхожесть семян имеет короткая стратификация в течение 30 дней. Для некоторых видов для прорастания и высокой всхожести достаточно вымачивание в слабом растворе перманганата калия. Длительная стратификация может снижать всхожесть семян и энергию прорастания, снижает энергию покоя семян и ускоряет время их прорастания. Проведен анализ результатов длительной стратификации семян с целью объяснения низкой всхожести в данном варианте исследования.

Ключевые слова: прорастание семян, хвойные растения, стратификация семян, всхожесть семян, энергия прорастания, энергия покоя.

Интродукция растений, являясь частью ботанического ресурсосведения, направлена на расширение практического применения растений в хозяйственной и социальной жизни человека. Одним из таких применений является увеличение видового состава древесных растений в озеленении населенных пунктов.

Наиболее перспективными декоративными растениями считаются хвойные деревья и кустарники. [1–3] Они обладают высокими декоративными свойствами в различное время года, большой продолжительностью жизни, а их чувствительность к техногенным загрязнениям может служить экологическим маркером состояния городской среды.

Интродукция растений — крайне сложный процесс, который должен учитывать как биологические свойства объекта, так и эколого-географические предпочтения. Одной из особенностей семян хвойных растений является период покоя, которое необходимо рассматривать как свойство, появившееся в результате приспособления к периодической смене температурных условий, и предотвращает семена от несвоевременного прорастания [4]. Эта особенность семян вызывает ряд трудностей, связанных с подготовкой семян к посеву и получению посадочного материала. Стратификация семян позволяет запустить процессы превращения сложных соединений в простые, доступные для усвоения зародышем, а также пройти начальные этапы развития зародыша [5]. Так, стратификация семян сосны корейской в течение 3 месяцев при температуре 0 ... +2 С повышает всхожесть семян до 75,5 [6]. Стратификация семян ели белой стимулирует прорастание семян и снижает энергию покоя на 9 дней [7].

В связи с отмеченным выше целью данного исследования явилось изучение влияния времени стратификации и влияния перманганата марганца на всхожесть семян некоторых видов хвойных растений при различных видах стратификации.

Материалы и методы

Объектом исследования являлись семена 9 видов хвойных деревьев, произрастающих в умеренной зоне Северного полушария: *Picea sitchensis* (Bong.), *Picea asperata* (Mast.), *Picea glauca* (Moench.), *Picea engelmannii* (Parry ex Engelm.), *Picea jezoensis* (Siebold & Zucc.), *Picea orientalis* (L.), *Picea schrenkiana* subsp. *Tianschanica* (Rupr.), *Picea smithiana* (Wall.), *Picea koyamae* (Shiras.). Масса 1000 семян определялась на электронных весах с точностью до 0,01 г. Для каждого варианта исследования было взято по 50 семян в 4-кратной повторности. Перед проращиванием семена подвергались различной стратификационной обработке: 1. Проращивание семян при нулевом сроке хранения. 2. Замачивание семян в 0,05 % растворе $KMnO_4$, после 6 месяцев хранения семян. 3. Стратификация в течение 30 дней во влажной среде при температуре 4 °С, после 6 месяцев хранения семян. 4. Стратификация в течение 120 дней во влажной среде при температуре 4 °С, после 3 месяцев хранения семян. Семена проращивались в лабораторных условиях на устройстве по типу стаканчика проф. В.Д.Огиевского, с увлажнением субстрата из фильтровальной бумаги через фитиль. Семена помещались в климатическую камеру «Binder» KBW 240 на 30 дней при постоянном освещении и температуре 25 °С.

Энергия прорастания семян определялась на 10-е сутки от времени начала проращивания. Всхожесть семян определялась на 30-е сутки. Всхожесть семян устанавливалась путем нахождения среднего арифметического из результатов проращивания.

Средний семенной покой (P) рассчитывали по формуле $P = (a_1t_1 + a_2t_2 + \dots + a_nt_n) / (a_1 + a_2 + \dots + a_n)$, где t_1, t_2, \dots, t_n — дни от начала проращивания семян; $a_1 + a_2 + \dots + a_n$ — число семян, соответственно проросших в эти дни.

Результаты и обсуждение

Все исследованные семена хвойных относились к роду Ель (*Picea*), семейства Сосновые. Как известно, семена ели имеют эпигеальный тип прорастания — когда семя выносится над поверхностью почвы растущим гипокотилем вместе с семядолями [8].

Перед началом проращивания семена всех исследуемых видов были взвешены на предмет определения массы 1000 семян (табл. 1)

Т а б л и ц а 1

Масса 1000 семян различных исследуемых видов ели

	Наименование ели	Вес 1000 семян, г
1	Ель ситхинская (<i>Picea sitchensis</i>)	2,31±0,02
2	Ель шершавая (<i>Picea asperata</i>)	3,64±0,03
3	Ель канадская (<i>Picea glauca</i>)	2,74±0,01
4	Ель Энгельмана (<i>Picea engelmannii</i>)	3,92±0,04
5	Ель аянская (<i>Picea ajanensis</i>)	1,72
6	Ель восточная (<i>Picea orientalis</i>)	7,43±0,12
7	Ель Шренка ф.тяньшанская (<i>Picea schrenkiana</i> var. <i>thianschanica</i>)	7,35±0,09
8	Ель гималайская/Смита (<i>Picea smithiana /morinda</i>)	13,48±0,35
9	Ель Койямаи (<i>Picea koyamai</i>)	5,73±0,21

В период хранения семян — с сентября 2015 г. по апрель 2016 г. было проверено изменение их всхожести в результате хранения. Семена елей хранились в бумажном конверте при температуре +10 - +14 °С и влажности не более 74 %. Контролем 1 выступали семена, пророщенные в октябре, после 1 месяца хранения. Контролем 2 выступали семена, пророщенные в апреле, после 6 месяцев хранения (табл. 2). Таким образом, определялось уменьшение всхожести семян в результате хранения.

Т а б л и ц а 2

Изменение всхожести семян древесных хвойных видов растений после различных периодов хранения

	Наименование Ели	Контроль 1, %	Контроль 2, %
1	Ель ситхинская (<i>Picea sitchensis</i>)	0,0	3,3±1,6
2	Ель шершавая (<i>Picea asperata</i>)	36,7±3,4	3,1±1,9
3	Ель канадская (<i>Picea glauca</i>)	10,4±3,9	xx
4	Ель Энгельмана (<i>Picea engelmannii</i>)	13,3±4,4	3,2±0,9
5	Ель аянская (<i>Picea ajanensis</i>)	16,6±6,8	xxx
6	Ель восточная (<i>Picea orientalis</i>)	26,6±4,3	xxx
7	Ель Шренка ф.тяньшанская (<i>Picea schrenkiana</i> var. <i>thianschanica</i>)	50,1±5,6	33,7±5,3
8	Ель гималайская/Смита (<i>Picea smithiana /morinda</i>)	2,3±0,8	3,3±2,0
9	Ель Койямаи (<i>Picea koyamai</i>)	36,6±4,8	34,8±3,4

Примечание. xx — исследование по данным семенам не проводилось; xxx — в данном варианте прорастания семян зафиксировано не было.

Как видно из таблицы 2, практически все исследуемые виды показали снижение всхожести семян в 4 и более раз. Только 2 вида — ель ситхинская и ель гималайская — показали незначительное увеличение всхожести, что может объясняться достаточно низкой температурой хранения (+10 °С) и являться стратифицирующим фактором для данных видов.

Активация и стратификация семян елей происходили после 3 месяцев хранения (при 4-месячной стратификации) и после 6 месяцев хранения (при 30-дневной стратификации и марганцевании).

Т а б л и ц а 3

Изменение энергии прорастания семян у различных видов елей в зависимости от вида стратификации и активации

№	Наименование вида	Контроль, 1 %	Обработка КМnO ₄ , %	Стратификация 30 дней, %	Стратификация 120 дней, %
1	Ель ситхинская (<i>Picea sitchensis</i>)	х	50,0±3,6	90,0±4,6	73,3±3,2
2	Ель шершавая (<i>Picea asperata</i>)	0,0	3,3±0,6	36,7±2,1	13,1±1,4
3	Ель канадская (<i>Picea glauca</i>)	0,0	56,7±2,8	х	53,3±1,5
4	Ель Энгельмана (<i>Picea engelmannii</i>)	0,0	3,3±0,4	3,3±0,8	6,7±1,1
5	Ель аянская (<i>Picea ajanensis</i>)	0,0	х	50,0±2,8	50,0±2,1
6	Ель восточная (<i>Picea orientalis</i>)	0,0	х	43,3±1,9	23,3±1,4
7	Ель Шренка ф.тяньшанская (<i>Picea schrenkiana</i> var. <i>thianschanica</i>)	16,7±2,4	30,0±1,9	43,3±1,9	50,0±1,2
8	Ель гималайская/Смита (<i>Picea smithiana</i> / <i>morinda</i>)	0,0	26,7±0,8	36,7±2,3	13,3±2,0
9	Ель Койямаи (<i>Picea koyamai</i>)	16,7±3,1	20,0±2,7	26,7±2,2	6,7±1,6

Примечание. х — данные по прорастанию были забракованы в связи с пересыханием бумажного субстрата.

Анализ энергии прорастания семян показал (табл. 3), что у шести видов из девяти наибольшее влияние на энергию прорастания имеет стратификация семян в течение 30 дней. У двух видов энергия прорастания на 10-е сутки была на уровне 50 % и выше, а у ели ситхинской данный показатель был на уровне 90 %. У двух видов (ель Энгельмана и ель Шренка ф.тяньшанская) наибольший эффект на прорастание семян оказала стратификация в течение 120 дней, при этом энергия прорастания семян ели тяньшанской была на уровне 50 %.

Наименьшая энергия прорастания по всем трем видам активации семян наблюдалась у ели Энгельмана. У данного вида наибольшую энергию прорастания (6,7 %) показали семена, прошедшие стратификацию в течение 120 дней.

Анализ всхожести семян на 30-е сутки опыта показал разную реакцию исследуемых видов на различные виды стратификации и активации. Как видно из рисунков 1–9 по динамике всхожести семян, наибольшее влияние на увеличение всхожести имело воздействие 30-дневной стратификации. Всхожесть семян у пяти видов из девяти в результате 30-дневной стратификации составила свыше 50 %. Исключение составляют ель Энгельмана, ель восточная и ель тяньшанская. У данных видов самый большой процент всхожести был зафиксирован в контрольном варианте для ели Энгельмана, в группе с активацией при помощи обработки у ели тяньшанской и при стратификации — в течение 120 дней у ели восточной.

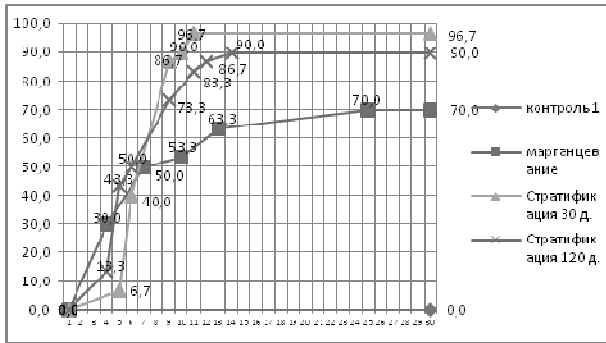


Рисунок 1. Динамика прорастания семян ели ситхинской (*Picea sitchensis*) при различных видах активации

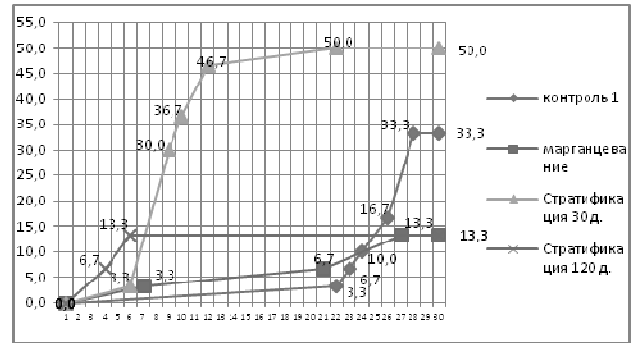


Рисунок 2. Динамика прорастания семян ели шершавой (*Picea asperata*) при различных видах активации

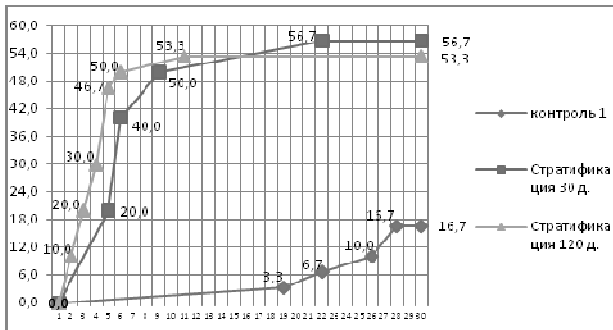


Рисунок 3. Динамика прорастания семян ели аянская (*Picea ajanensis*) при различных видах активации

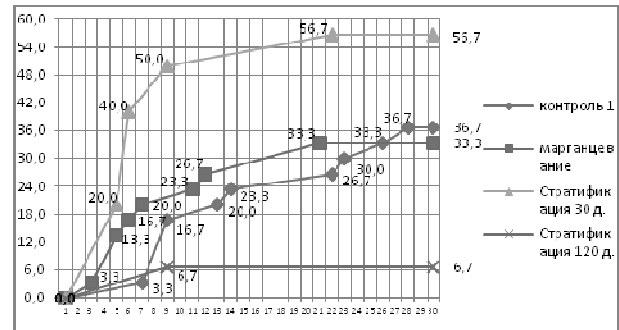


Рисунок 4. Динамика прорастания семян ели Койямай (*Picea koyamai*) при различных видах активации

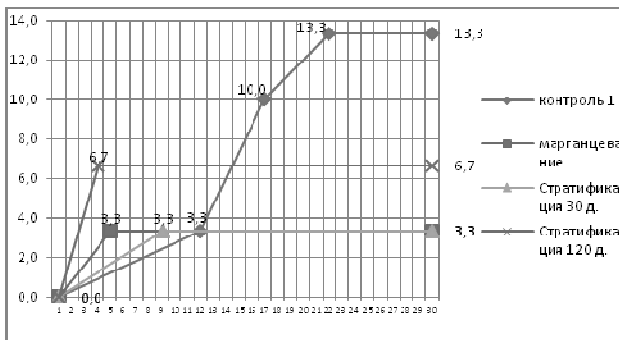


Рисунок 5. Динамика прорастания семян ели Энгельмана (*Picea engelmannii*) при различных видах активации

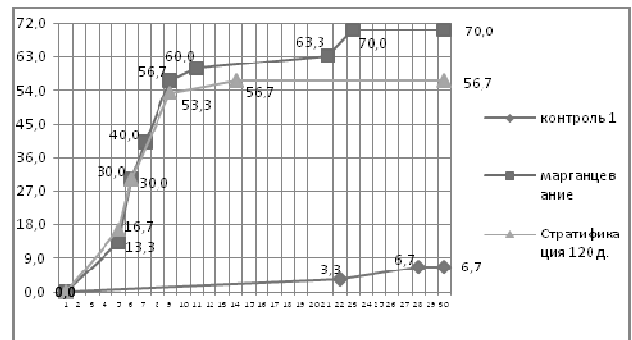


Рисунок 6. Динамика прорастания семян ели канадской (*Picea glauca*) при различных видах активации

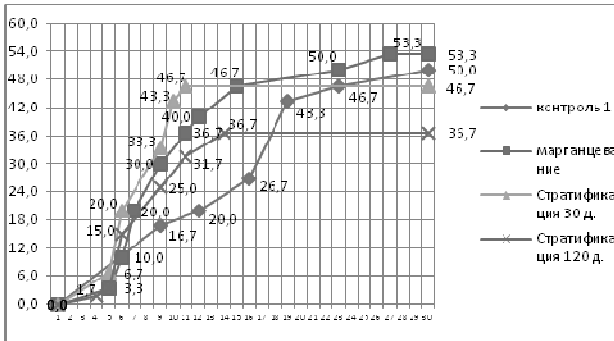


Рисунок 7. Динамика прорастания семян ели Шренка ф.тяньшанской (*Picea schrenkiana* var. *thianschanica*) при различных видах активации

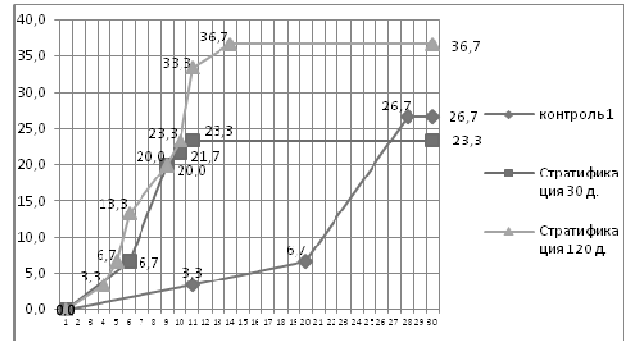


Рисунок 8. Динамика прорастания семян ели восточной (*Picea orientalis*) при различных видах активации

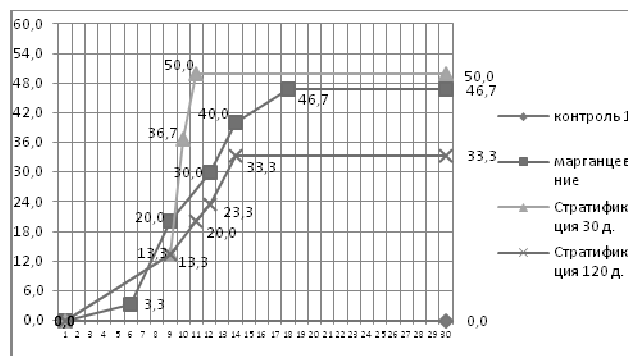


Рисунок 9. Динамика прорастания семян ели гималайской/Смита (*Picea smithiana* /*morinda*) при различных видах активации

Анализ литературных данных показал, что, например, семена ели тяньшанской обычно прорастают через 30–60 дней [9]. Таким образом, общего времени проведения опыта в отношении данного вида было относительно мало. Семена ели восточной и ели Энгельмана не теряют предрасположенности к прорастанию при температуре хранения не выше 3–5 °С [10]. В нашем случае при температуре хранения семян выше +10 °С семена начали терять общую предрасположенность к прорастанию.

Также R.R.Alexander и W.D. Shepperd (1990) [11] указывают на то, что прорастание семян ели Энгельмана происходит при температуре почвы не менее 7 °С, а оптимальной температурой для роста сеянцев является +19 °С [12]. В связи со сказанным выше общие параметры проведения данного опыта не являются стимулирующими для видов ель Энгельмана, ель восточная и ель тяньшанская.

Всхожесть исследуемых семян при стратификации в течение 120 дней была в пределах от 6,7 % до 53,3 %. Такая низкая всхожесть является результатом излишне продолжительной стратификации семян в условиях низкой температуры и высокой влажности, что привело к их частичному загниванию и потере жизнеспособности.

Особо стоит отметить влияние на всхожесть семян ели тяньшанской и ели канадской их вымачивания в растворе перманганата калия. В результате такого вымачивания в течение 24 часов их всхожесть была выше всех остальных способов активации семян и составила 53,3 % и 70 % соответственно. Так, согласно литературным данным для прорастания семян ели канадской стратификации не требуется, а возможно лишь их замачивание в теплой воде в течение 24 часов [13–15].

Анализ данных по энергии прорастания и всхожести показывает, что для подавляющего большинства видов имеется зависимость между энергией прорастания и их всхожестью. При увеличении сроков стратификации происходит падение как энергии прорастания, так и общей всхожести семян. У ели тяньшанской в результате увеличения сроков стратификации происходит увеличение энергии прорастания и снижение уровня всхожести. А у ели восточной происходит уменьшение энергии прорастания, но увеличение уровня всхожести.

Расчет по определению энергии покоя исследуемых семян показал, что во всех вариантах наибольший эффект имела 120-дневная стратификация семян (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

**Энергия покоя семян некоторых древесных хвойных видов растений
после различных способов активирования (усл. дни)**

	Наименование Ели	Контр. 1	Контр.2	Марганц.	Страт. 30 дн.	Страт. 120 дн.
1	Ель ситхинская (<i>Picea sitchensis</i>)	х	14,0±0,4	20,5±1,3	15,7±1,7	14,4±1,4
2	Ель шершавая (<i>Picea asperata</i>)	52,2±0,9	12,0±0,6	40,5±2,4	20,8±1,6	12,0±1,8
3	Ель канадская (<i>Picea glauca</i>)	40,0±1,4	xxx	18,4±1,9	х	14,8±0,8
4	Ель Энгельмана (<i>Picea engelmannii</i>)	34,0±1,4	24,0±0,6	10,0±1,8	10,0±2,3	8,0±1,4
5	Ель аянская (<i>Picea ajanensis</i>)	49,6±1,3	xx	х	16,1±1,9	8,6±1,9
6	Ель восточная (<i>Picea orientalis</i>)	49,8±0,8	xx	х	16,7±1,4	18,4±2,2
7	Ель Шренка ф.тяньшанская (<i>Picea schrenkiana var. thianshanica</i>)	33,2±1,5	8,2±1,1	22,4±0,7	15,8±1,8	17,8±1,6
8	Ель гималайская/Смита (<i>Picea smithiana /morinda</i>)	87,2±2,3	30,0±0,8	23,0±0,9	27,0±3,1	22,4±1,3
9	Ель Койямаи (<i>Picea koyamai</i>)	32,0±1,4	19,4±0,9	17,8±1,4	15,3±1,5	18,0±0,8

Примечание. х — данные по прорастанию были забракованы в связи с пересыханием бумажного субстрата; xx — исследования по данным семенам не проводились; xxx — в данном варианте прорастания семян зафиксировано не было.

Если в контрольном варианте 1 средний покой семян составлял от 32 до 87,2 сут., то при стратификации семян в течение 120 суток средний покой семян составил от 8 до 22,4 сут, т.е. время покоя семян сократилось в 2–4 раза. У шести исследуемых видов наибольшее влияние на энергию прорастания имела стратификация в течение 120 дней, у трех видов наилучшие показатели были при 30-дневной стратификации.

При сравнении энергии покоя семян с различным видом активации и контроля 2 отмечается, что у трех видов хвойных средний уровень покоя семян практически не отличается или отличается незначительно. У ели тяньшанской энергия покоя семян при различных видах активации выше, чем в контроле 2.

Заключение

Исследования показали, что для большинства исследуемых видов елей среднее падение всхожести семян в результате хранения в течение 6 месяцев составило от 1,8 % до 33,6 %.

Наилучшую эффективность для увеличения энергии прорастания и всхожести семян исследованных видов елей имеет стратификация в течение 30 дней. При увеличении сроков стратификации происходит снижение как общей всхожести семян, так и энергии прорастания. У ели ситхинской и ели канадской наравне со стратификацией высокий уровень всхожести показало вымачивание семян в 0,05 %-ном растворе перманганата калия.

Длительная стратификация семян снижает энергию покоя семян, что способствует их скорейшему прорастанию.

Список литературы

- 1 Коляда Н.А. Об использовании североамериканских хвойных растений в озеленении городов России / Н.А. Коляда // Вестн. КрасГАУ. — 2010. — № 9. — С. 73–76.
- 2 Дубовицкая О.Ю. Декоративно-лиственные и хвойные деревья и кустарники для озеленения населенных мест / О.Ю. Дубовицкая, Е.В. Золотарева // Научные ведомости Белгородского гос. ун-та. Сер: Естественные науки. — 2014. — № 23 (194). — С. 38–43.
- 3 Байзаков С.Б. Лесные культуры в Казахстане: учеб. для вузов: В 2 кн. Кн. 1: Лесное семенное дело, лесные питомники / С.Б. Байзаков, А.Н. Медведев, С.И. Исаков, Б.М. Муканов. — Алматы: КазНАУ, Агроуниверситет, 2007. — 320 с.
- 4 Ничипорович А.А. КПД зеленого листа / А.А. Ничипорович. — М.: Знание, 1964. — 50 с.
- 5 Волжанина Е.М. Посевные качества семян сосны корейской / Е.М. Волжанина, С.М. Лазарева // Лесной журнал. — 2002. — № 4. — С. 54–58.
- 6 Liu Y. The role of moist-chilling and thermo-priming on the germination characteristics of white spruce (*Picea glauca*) seed / Y. Liu, A. Kermod, Y.A. El-Kassaby // Seed science and technology, 2013. — Vol 41. — 3. — P. 321–335.

- 7 Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений: семья / З.Т. Артюшенко. — Л.: Наука, 1990. — 204 с.
- 8 Deno N.C. Seed germination theory and practice. Second edition. — State College PA / N.C. Deno. — 1993. — 242 p.
- 9 Russell M. Burns and Barbara H. Honkala Silvics of North America: 1. Conifers; Agriculture Handbook 654. tech. Coords / M. Russell // U.S. Department of Agriculture, Forest Service. — 1990. — Vol. 2. — 877 p.
- 10 Daniel L.N. Environmental factors affecting natural regeneration of Engelmann spruce in the central Rocky Mountains / L.N. Daniel, R.R. Alexander // Forest Science. — 1977. — Vol. 23. — P. 420–429.
- 11 Shepperd Wayne D. Variation in growth of Engelmann spruce seedlings under selected temperature environments // USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, 1981. — CO. — 3 p.
- 12 Densmore R. Aspects of the seed ecology of woody plants of the Alaskan taiga and tundra. Thesis (Ph.D.) / R. Densmore // Duke University: Durham, NC. — 1979. — 285 p.
- 13 Fraser J.W. Cardinal temperatures for germination of six provenances of white spruce seed / J.W. Fraser // Canadian Forestry Service: Ottawa ON. — 1971. — Vol. 1290. — 10 p.
- 14 Wang B.S.P. Testing and treatment of Canadian white spruce seed to overcome dormancy // Proceedings of the Association of Official Seed Analysts. — 1974. — Vol. 64. — P. 72–79.

Д.Ю. Сирман

Қылқан жапырақты өсімдіктердің кейбір түрлерінің тұқым өнуіне калий перманганаты белсенділігі және стратификация ұзақтығының әсері

Мақала стратификация арқылы өнгіштігі және бойды жандандыру мәселесіне арналған. Зерттеудің мақсаты — өнгіштігі бойынша стратификация ұзақтығы әсерін көрсету, сондай-ақ тұқым қышқыл-марганец калий ерітіндісіне оларды жібіту арқылы жандандыру баламалы әдісі алынды. Жұмыс климаттық камералық жағдайларда проф. Огиевскийдің өркендеу шыны кесе түрі бойынша жүзеге асырылды. Шыршаның (*Picea A.Dietr.*) қылқан жапырақты өсімдіктер 9 түріне зерттеу жүргізілді. Сақтау кезінде өнгіштігі бойынша өзгерістер байқалды. Түрлі тұқым жандандыру және тұқым стратификация арқылы зертханалық шығуы нәтижелері көрсетілген. Қорытындыда күш және өнуге ең үлкен әсерді 30 күндік қысқа стратификация көрсетті. Кейбір түрлерге өркендеу және бойды жандандыру үшін калий перманганат ерітіндісіне жібіту жеткілікті. Ұзақ стратификация тұқым шығуын және сергектікті қысқартуы мүмкін. Сондай-ақ ұзақмерзімді стратификациясы тұқым тыныштық энергиясын төмендетеді және бой өсу уақытын жылдамдатады. Берілген зерттеудің нұсқасында төмен бойды мөлшерлемесін түсіндіру мақсатында тұқым ұзақмерзімді стратификация нәтижелеріне талдау жүргізілді.

Кілт сөздер: тұқымның өсуі, қылқан жапырақты ағаш, тұқым стратификациясы, тұқым өну, өсу энергиясы, қалғыған энергия.

D.Y. Sirman

Effect of duration of stratification and activation of potassium permanganate on the germination of seeds of some species of coniferous plants

This work is devoted to the problem of germination of seeds and activation of their germination by stratification. The aim of the study was to show the influence of the duration of stratification on the germination of seeds. As an alternative method, activation of seeds was taken by soaking them in a solution of manganese-potassium hydroxide. The work was carried out in the climatic chamber conditions on sprouts by the type of cups of prof. Ogievsky. The Article presents results of the study of 9 species of coniferous plants of spruce (*Picea A.Dietr.*). Changes in seed germination during storage is displaying. The results of laboratory germination of seeds in different types of activation and seed stratification are obtained. The results show that for most species the greatest impact on growth vigor and seed germination has a short stratification for 30 days. For some species for germination and high germination soaking in weak solution of potassium permanganate is enough. Long stratification may reduce seed germination and energy germination. Long stratification reduces the energy of seed dormancy and accelerates the time of germination. An analysis was made of the results of a long stratification of seeds in order to explain the low germination in this variant of the study.

Keywords: seed germination, conifers, stratification seed, energy germination, energy rest.

References

1. Koljada, N.A. (2010). Ob ispol'zovanii severoamerikanskikh hvojnnykh rastenij v ozelenenii horodov Rossii [On the use of North American coniferous plants in the greening of Russian cities]. *Vestnik KrasGAU — Bulletin KrasAAU*, 9 [in Russian].
2. Dubovickaja, O.Yu., & Zolotareva, E.V. (2014). Dekorativnolistvennye i hvojnnye derevia i kustarniki dlia ozeleneniia naselennykh mest [Ornamental deciduous and coniferous trees and shrubs for landscaping populated places]. *Nauchnye vedomosti Belhorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser: Estestvennye nauki — Scientific bulletins of Belgorod State University. Series Natural Sciences*, 23 (194) [in Russian].
3. Baizakov, S.B., Medvedev, A.N., Iskakov, S.I., & Mukanov, B.M. (2007) *Lesnye kultury v Kazahstane: Uchebnik dlia VUZov: v dvuh knihah. Kn.1: Lesnoe semennoe delo, lesnye pitomniki [Forest cultures in Kazakhstan: A textbook for universities in two books. Book 1: Forest seed business, forest nurseries]*. Almaty: KazNU. Ahrouniversitet [in Russian].
4. Nichiporovich, A.A. (1964). *KPD zelenoho lista [Green leaf efficiency]*. Moscow: Znanie [in Russian].
5. Volzhanina E.M., & Lazareva S.M. (2002). Posevnye kachestva semjan Sosny koreiskoi [Sowing qualities of Pine Korean seeds]. *Lesnoi zhurnal — Forest journal*, 4, 54–58 [in Russian].
6. Liu, Y., Kermod, A., & El-Kassaby, Y.A. (2013). The role of moist-chilling and thermo-priming on the germination characteristics of white spruce (*Picea glauca*) seed. *Seed Science and Technology*, 41 (3).
7. Artjushenko, Z.T. (1990). *Atlas po opisatel'noj morfolohii vysshih rastenij: semia [Atlas on descriptive morphology of higher plants: a seed]*. L.: Nauka [in Russian].
8. Deno, N.C. (1993). *Seed germination theory and practice. Second edition.* — State College PA.
9. Russell, M., Burns and Barbara H. (1990). Honkala Silvics of North America: 1. Conifers; Agriculture Handbook 654. tech. cords. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 2.
10. Daniel, L.N., & Alexander, R.R. (1977) Environmental factors affecting natural regeneration of Engelmann spruce in the central Rocky Mountains. *Forest Science*, 23.
11. Shepperd, Wayne D. (1981). Variation in growth of Engelmann spruce seedlings under selected temperature environments. USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins — CO.
12. Densmore, R. (1979). Aspects of the seed ecology of woody plants of the Alaskan taiga and tundra. Thesis (Ph.D.). Duke University: Durham, NC.
13. Fraser, J.W. (1971). Cardinal temperatures for germination of six provenances of white spruce seed. Canadian Forestry Service: Ottawa ON, 1290.
14. Wang, B.S.P. (1974). Testing and treatment of Canadian white spruce seed to overcome dormancy. Proceedings of the Association of Official Seed Analysts, 64.