

**ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО, ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ, АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ,
ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ / FORESTRY, FORESTRY, FOREST CROPS, AGROFORESTRY,
LANDSCAPING, FOREST PYROLOGY AND TAXATION**

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.55>

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ И БАРБОТИРОВАНИЯ НА РОСТ ВСХОДОВ
СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ**

Научная статья

Пастухова А.М.^{1,*}, Войткевич А.Е.²

¹ORCID : 0000-0003-0024-9925;

^{1,2}Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетнева, Красноярск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (albinp[at]yandex.ru)

Аннотация

Для увеличения объема производства посадочного материала с закрытой корневой системой в условиях Сибири актуальным становится выбор сроков посева, что позволит увеличить число ротаций в год. Целью наших исследований стало изучение влияния искусственного освещения на рост всходов сосны обыкновенной и лиственницы сибирской при применении разных способов предпосевной обработки семян. Для опыта использовались семена I класса качества разных партий. Предпосевная подготовка семян осуществлялась двумя способами: намачиванием в течение 9 часов и четырехчасовым барботированием. Посев проводился в кассеты, часть которых после появления всходов помещалась в светонепроницаемую камеру с искусственным освещением фитолампой слабо фиолетового света. Другая часть находилась в условиях естественного освещения. Опыт проводился в лабораторных условиях с февраля по март. Необходимо отметить, что, несмотря на отсутствие существенных различий между способами подготовки семян к посеву по энергии прорастания и грунтовой всхожести, барботирование семян оказало влияние на интенсивность роста всходов. Отмечена различная реакция всходов на искусственное освещение. Сочетание барботирования семян лиственницы и искусственного освещения в течение 8 часов ежедневно позволило увеличить высоту на 15,4%, при намачивании – только на 7,0%. Влияние искусственного освещения на рост всходов сосны обыкновенной было менее значительным. Таким образом, для увеличения числа ротаций и сокращения сроков выращивания сеянцев при ранних посевах семян лиственницы сибирской перспективно использовать искусственное освещение в течение 8 часов.

Ключевые слова: искусственное освещение, предпосевная обработка, сосна обыкновенная, лиственница сибирская, семена, всходы, рост.

**A STUDY OF THE EFFECT OF ARTIFICIAL LIGHT AND BARBOTAGE ON THE GROWTH OF SEEDLINGS OF
SCOTS PINE AND SIBERIAN LARCH**

Research article

Pastukhova A.M.^{1,*}, Voitkevich A.Y.²

¹ORCID : 0000-0003-0024-9925;

^{1,2}Reshetnev Siberian State University of Science and Technology Russian Federation, Krasnoyarsk, Russian Federation

* Corresponding author (albinp[at]yandex.ru)

Abstract

To increase the production of planting material with closed root system in Siberia, the choice of sowing timing becomes relevant, which will increase the number of rotations per year. The aim of our research was to study the effect of artificial light on the growth of seedlings of Scots pine and Siberian larch when using different methods of seed pre-sowing treatment. Seeds of quality class I of different batches were used for the experiment. Seed pre-sowing preparation was carried out by two methods: soaking for nine hours and four-hour barbotage. Sowing was carried out in cassettes, part of which after emergence of seedlings was placed in a light-tight chamber with artificial lighting with a phytolamp of weak violet light. The other part was in the conditions of natural light. The experiment was conducted under laboratory conditions from February to March. It should be noted that, despite the lack of significant differences between the methods of seed preparation for sowing in terms of germination energy and ground germination, seed barbotage had an effect on the intensity of seedlings growth. A different response of seedlings to artificial light was observed. The combination of barbotage of larch seeds and artificial light for 8 hours daily increased the height by 15,4%, while soaking only increased the height by 7,0%. The effect of artificial lighting on the growth of Scots pine seedlings was less significant. Thus, to increase the number of rotations and reduce the time of seedlings growth in early sowing of Siberian larch seeds, it is promising to use artificial lighting for 8 hours.

Keywords: artificial light, pre-sowing treatment, Scots pine, Siberian larch, seeds, seedlings, growth.

Введение

Выполнение требований современного законодательства в области лесовосстановления остро обнажило проблему в ежегодном получении качественного посадочного материала в больших объемах. Решение такой задачи во многом связывают с внедрением технологии контейнерного выращивания сеянцев в контролируемых условиях. Разработка технологии базируется на результатах эколого-физиологических исследований роста и развития сеянцев в связи с

внешними условиями. Проводятся исследования по оптимизации физико-химических характеристик контейнерных субстратов. Активно ведутся работы по разработке ресурсосберегающего состава субстрата [13], подбора стимуляторов роста для предпосевной обработки семян, применения удобрений, выбора сроков ротации, размеров и материала кассет [1], [7], [10], [12]. Реже встречаются работы по применению искусственного освещения. Было установлено влияние красного и синего спектра на развитие ассимиляционного аппарата сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской. Отмечены различия в реакции на синий цвет [5]. Испытание влияния четырёх различных светодиодов непрерывного спектра на рост *Pinus sylvestris* L. (PS) и *Abies borisii-regis* Mattf показало, что увеличению гипокотыля способствовал флуоресцентный свет [14]. В условиях Среднего Урала установлено, что минимальная продолжительность светового дня для роста сеянцев сосны обыкновенной, лиственницы Сукачева, ели сибирской в осенне-зимний период выращивания должна составлять 12-13 часов, освещенность – 200 мкмоль м⁻²с⁻¹ [3]. В целом короткий световой день ограничивает нормальное развитие сеянцев и приводит к ранней остановке роста [11].

Целью наших исследований стало изучение влияния разных условий освещения и способов подготовки семян к посеву сосны обыкновенной и лиственницы сибирской на рост всходов.

Методы и принципы исследования

Для опыта были взяты семена лиственницы сибирской (*Larix sibirica* L.) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) I класса качества разных партий (таблица 1). Перед посевом семена хранились в течение гола в соответствии с установленными требованиями. Опыт проводился с февраля по март месяц в лабораторных условиях. Часть семян перед посевом намачивалась в слабом растворе марганцовокислого калия в течение 9 часов [5] (контрольный вариант), другую часть барботировали в течение 4 часов (опытный вариант Б). Все семена высевались в специализированный грунт для хвойных видов в кассеты на 96 ячеек по 2 семени в ячейку. В каждом варианте опыта использовалось по 24 ячейки. Высев семян проводился отдельно по каждой партии семян, взятых для опыта. После появления всходов часть высеянных кассет содержалась в условиях естественного освещения, другая – в светонепроницаемой камере, где обеспечивалось ежедневное освещение только с помощью фитоламп Uniel10 w слабо фиолетового цвета (по одной лампе на каждый поддон с кассетой) в течение 8 часов, что соответствует продолжительности светового дня. Каждые три дня у всходов измеряли высоту. Проводился полив дождеванием. В опыте была рассчитана грунтовая всхожесть семян и энергия прорастания в соответствии с принятыми методиками в лесном хозяйстве и сроки, установленные ГОСТом 13056.6-75 для сосны обыкновенной и лиственницы сибирской.

Таблица 1 - Характеристика семян, взятых для опыта

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.55.1>

Номер варианта	Место заготовки семян	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %	Масса 1000 шт. семян, гр.
685	Красноярский край, Галанинское участковое лесничество Казачинского лесничества	98	95	6,86
762	Республика Тыва, Шагонарское лесничество	91	78	6,95
763		93	79	6,85

Результаты

В результате проведенных исследований установлено, что 4-х часовое барботирование семян оказывает различный эффект на грунтовую всхожесть и энергию прорастания в зависимости от вида и партии. Так, в опыте с сосной обыкновенной кратковременная барботация увеличила энергию прорастания семян на 6,3 %. Ранее другие авторы отмечали успешные опыты по барботации сосны и ели в течение 6-8 часов [2]. Барботация семян лиственницы не оказала существенного эффекта на их посевные качества (рисунок 1). Можно отметить, что при меньшей массе 1000 шт. семян лиственницы сибирской показатели энергии прорастания и всхожести между опытными вариантами отличались менее значительно, чем в партии с более тяжелыми семенами. Возможно для данного вида требуется дифференцированный подход к продолжительности барботации в зависимости от массы 1000 шт. семян.

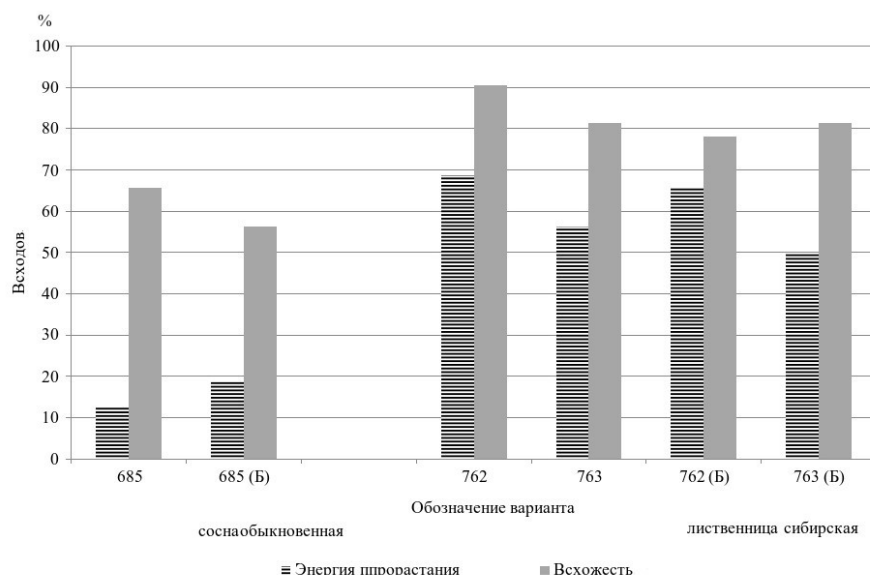


Рисунок 1 - Грунтовая всхожесть и энергия прорастания семян хвойных пород
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.55.2>

Наблюдение за динамикой роста всходов в течение одного месяца в зависимости от типа освещения и способа подготовки семян к посеву показало, что реакция изучаемых видов на искусственное освещение различна. У сосны обыкновенной активней прирастали в высоту всходы отработанных семян, медленней – при намачивании и естественном освещении. Однако существенных различий опытные варианты не достигли. Интенсивней по высоте прирастали всходы лиственницы сибирской при сочетании барботирования семян и искусственного освещения (рисунки 2, 3). Учитывая, что существенных различий в росте сеянцев сосны обыкновенной и лиственницы сибирской разных партий не наблюдалось, они были сгруппированы по способам подготовки семян к посеву и условиям освещения. Все данные подчиняются нормальному распределению (коэффициент Колмагорова-Смирного менее 1). Средняя высота всходов сосны обыкновенной в зависимости от условий освещения при намачивании и барботировании отличалась слабо. Иное наблюдается в опыте с лиственницей сибирской. Так, высота всходов лиственницы сибирской в условиях естественного освещения, но при разных способах подготовки семян, отличалась на 10,2% и была выше при намачивании семян. Однако искусственное освещение данные различия между опытными вариантами сгладило.

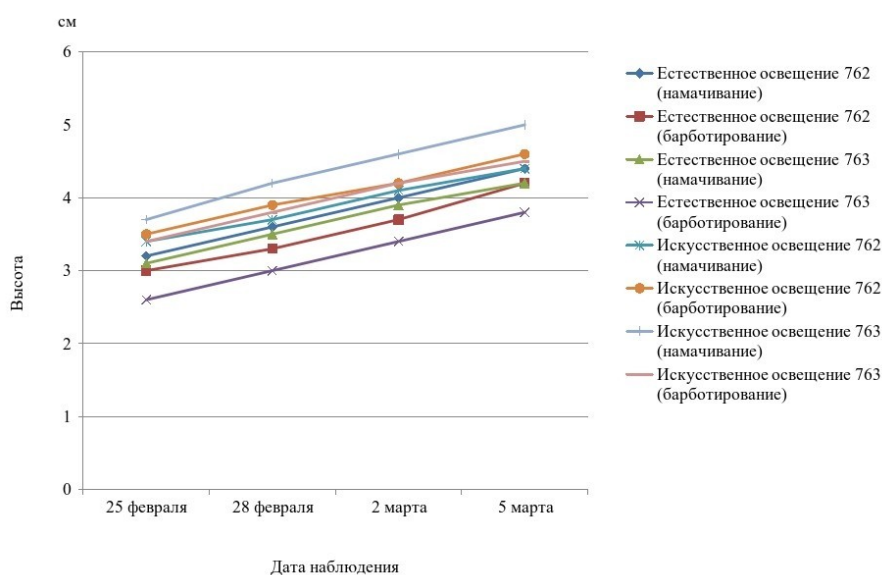


Рисунок 2 - Динамика роста всходов лиственницы сибирской при естественном и искусственном освещении
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.55.3>

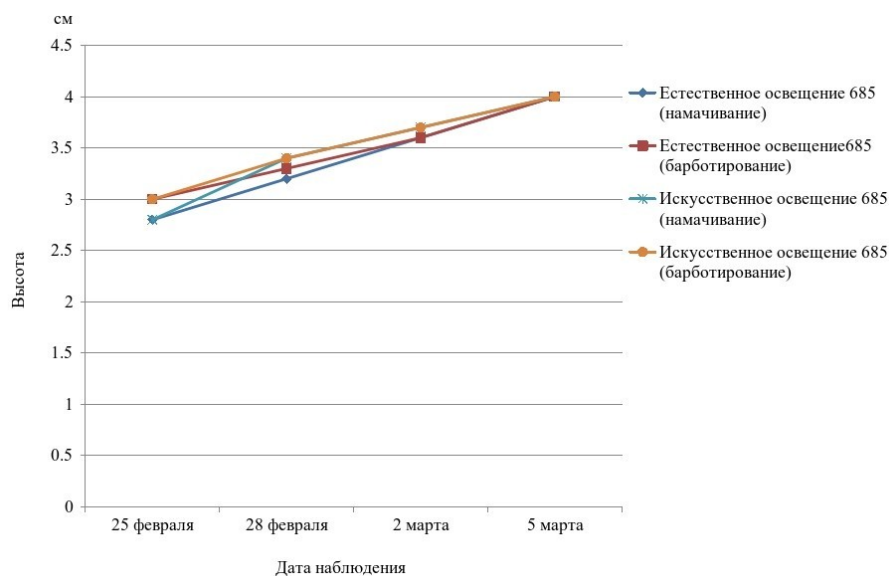


Рисунок 3 - Динамика роста всходов сосны обыкновенной при естественном и искусственном освещении
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.55.4>

Сравнение роста всходов лиственницы сибирской в зависимости от условий освещения показывает, что более интенсивный прирост в высоту наблюдается при искусственном освещении. Так, средняя высота всходов под фитолампой составила на 20-ый день наблюдений $4,5 \pm 0,09 - 4,6 \pm 0,10$ см, а при естественном освещении $3,9 \pm 0,12 - 4,3 \pm 0,11$ см. Разница составила 7,0-18,0%, достигая существенных различий при сочетании барботирования семян и дальнейшем выращивании этих всходов под фитолампой в течение 8 часов ежедневно (таблица 2). Дисперсионный анализ показал, что доля влияния условий освещения составляет 53,2%, подготовки семян к посеву – 11,9%.

Таблица 5 - Высота сеянцев хвойных видов в зависимости от условий освещения на 20-ый день после появления всходов, см

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.126.55.5>

Условия освещения	Способ предпосевной обработки семян					
	намачивание			барботирование		
	$X_{cp} \pm m$	V, %	t_{ϕ}	$X_{cp} \pm m$	V, %	t_{ϕ}
Сосна обыкновенная						
Искусственное	$3,6 \pm 0,12$	15,0	0	$3,9 \pm 0,11$	15,2	0,59
Естественное	$3,6 \pm 0,15$	15,8		$3,8 \pm 0,13$	15,4	
Лиственница сибирская						
Искусственное	$4,6 \pm 0,10$	13,5	2,02	$4,5 \pm 0,09$	12,5	4,00
Естественное	$4,3 \pm 0,11$	17,1		$3,9 \pm 0,12$	18,4	

Примечание: $t_{05} = 2,04$

Заключение

Как показали исследования, кратковременное барботирование в течение 4 часов не оказывает существенного влияния на всхожесть семян лиственницы сибирской. У сосны обыкновенной отмечается небольшое увеличение энергии прорастания семян. Всходы сосны обыкновенной и лиственницы сибирской проявили разную реакцию на искусственное освещение. Применение освещения в течение 8 часов оказало стимулирующий эффект на интенсивность прироста всходов лиственницы в высоту, что можно использовать при ранних посевах, увеличивая число ротаций в год.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Григорьева О.П. Способы подготовки семян к посеву / О.П. Григорьева // ЛесПромИнформ. — 2014. — 6(104). — с. 176-177.
2. Зайцева М.И. Использование порубочных остатков для приготовления торфяных субстратов при выращивании сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой. / М.И. Зайцева, Е.В. Робонен, Н.П. Чернобровкина // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. — 2010. — 1. — с. 4-8.
3. Жигунов А.В. Выращивание посадочного материала с закрытой корневой системой в Устьянском тепличном комплексе: практические рекомендации / А.В. Жигунов, А.И. Соколов, В.А. Харитонов. — Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2016. — 43 с.
4. Кириенко М.А. Влияние стимуляторов роста на всхожесть семян и сохранность всходов главных лесобразующих пород. / М.А. Кириенко // Вестник КрасГАУ. — 2014. — 12. — с. 134-140.
5. Матвеева Р.Н. Рекомендации по выращиванию сеянцев хвойных пород в Восточной Сибири / Р.Н. Матвеева, В.Н. Невзоров, Н.П. Братилова и др. — Красноярск: КГАУ, 2015. — 56 с.
6. Романов Е.М. Выращивание сеянцев древесных растений: биоэкологическое и агротехнологические аспекты / Е.М. Романов — Йошкар-ола: МАрГТУ, 2000. — 500 с.
7. Скозырева И.А. Эффективность применения стимуляторов роста при выращивании сеянцев сосны обыкновенной. / И.А. Скозырева // Лесотехнический журнал. — 2019. — 3. — с. 83-87.
8. Степанов С.А. Выращивание и использование посадочного материала с закрытой корневой системой / С.А. Степанов, М.И. Зайцева — Петрозаводск: ПетрГУ, 2016. — 31 с.
9. Федотов А.Н. Влияние длины дня на формирование верхушечных почек у однолетних сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской. / А.Н. Федотов, А.В. Жигунов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. — 2016. — 215. — с. 69-80.
10. Чернобровкина Н.П. Современные технологии выращивания посадочного материала хвойных пород и пути их совершенствования / Н.П. Чернобровкина и др. // Лесной вестник. — 2016. — 6. — с. 6-14.
11. Жигунов А.В. Влияние освещенности на рост сеянцев с закрытой корневой системой. / А.В. Жигунов, А.С. Оплетаяев // Международный научно-исследовательский журнал. — 2021. — 11(113)-1. — с. 124-128.
12. Карташов А.В. Морфогенез ассимилирующих органов сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской при действии красного и синего света / А.В. Карташов и др. // Вестник Томского государственного университета. Биология. — 2014. — 1(25). — с. 167-182.
13. Hernández-Araolaza L. Reuse of waste materials as growing media for ornamental plants. / L. Hernández-Araolaza, A.M. Gascó, J.M. Gascó et al. // Bioresource Technology. — 2005. — Vol. 96. — Iss. 1. — p. 125-131.
14. Smirnakou S. Effects of continuous spectrum LEDs used in indoor cultivation of two coniferous species *Pinus sylvestris* L. and *Abies borisii-regis* Mattf. / S. Smirnakou, T. Ouzounis, K. Radoglou // Scandinavian Journal of Forest Research. — 2017. — Vol. 32. — Iss. 2. — p. 115-122. — DOI: 10.1080/02827581.2016.1227470

Список литературы на английском языке / References in English

1. Grigor'eva O.P. Sposoby podgotovki semyan k posevu [Ways to Prepare Seeds for Sowing] / O.P. Grigor'eva // LesPromInform. — 2014. — 6(104). — p. 176-177. [in Russian]
2. Zajceva M.I. Ispol'zovanie porubochny'x ostatkov dlya prigotovleniya torfyany'x substratov pri vy'rashhivanii seyancev sosny' oby'knovennoj s zakry'toj kornevoj sistemoj [Using Cuttings for the Preparation of Peat Substrates in the Production of Scots Pine Seedlings with Closed Root System]. / M.I. Zajceva, E.V. Robonen, N.P. Chernobrovkina // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa - Lesnoj vestnik [Bulletin of the Moscow State Forest University - Forest Bulletin]. — 2010. — 1. — p. 4-8. [in Russian]
3. Zhigunov A.V. Vy'rashhivanie posadochnogo materiala s zakrytoj kornevoj sistemoj v Ust'yanskom teplichnom komplekse: prakticheskie rekomendacii [Cultivation of Planting Material with Closed Root System in Ustyansk Greenhouse Complex: Practical Recommendations] / A.V. Zhigunov, A.I. Sokolov, V.A. Haritonov. — Petrozavodsk: Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences, 2016. — 43 p. [in Russian]
4. Kirienko M.A. Vliyanie stimulyatorov rosta na vsxozhest' semyan i soxrannost' vsxodov glavny'x lesoobrazuyushhix porod [Effect of Growth Stimulants on Seed Germination and Preservation of Seedlings of Major Forest Forming Species]. / M.A. Kirienko // Vestnik KrasGAU [Bulletin of KrasSAU]. — 2014. — 12. — p. 134-140. [in Russian]
5. Matveeva R.N. Rekomendatsii po virashchivaniyu seyantsev khvoynikh porod v Vostochnoi Sibiri [Recommendations for Growing Seedlings of Conifers in Eastern Siberia] / R.N. Matveeva, V.N. Nevzorov, N.P. Bratilova et al. — Krasnoyarsk: KGAU, 2015. — 56 p. [in Russian]
6. Romanov E.M. Vy'rashhivanie seyancev drevesny'x rastenij: bio'kologicheskoe i agrotexnologicheskije aspekty' [Cultivation of Seedlings of Woody Plants: Bioecological and Agrotechnological Aspects] / E.M. Romanov — Yoshkar-ola: MArGTU, 2000. — 500 p. [in Russian]

7. Skozy'reva I.A. E'ffektivnost' primeneniya stimulyatorov rosta pri vy'rashhivanii seyancev sosny' oby'knovennoj [The Effectiveness of Growth Stimulants in the Production of Scots Pine Seedlings]. / I.A. Skozy'reva // Lesotexnicheskij zhurnal [Forestry Journal]. — 2019. — 3. — p. 83-87. [in Russian]
8. Stepanov S.A. Vy'rashhivanie i ispol'zovanie posadochnogo materiala s zakry'toj kornevoj sistemoj [Cultivation and Use of Planting Material with a Closed Root System] / S.A. Stepanov, M.I. Zajceva — Petrozavodsk: PetrGU, 2016. — 31 p. [in Russian]
9. Fedotov A.N. Vliyanie dliny' dnya na formirovanie verxushechny'x pochetk u odnoletnix seyancev sosny' oby'knovennoj i eli evropejskoj [Effect of Daylength on the formation of apical buds in annual seedlings of Scots Pine and European Spruce]. / A.N. Fedotov, A.V. Zhigunov // Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotexnicheskoy akademii [Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy]. — 2016. — 215. — p. 69-80. [in Russian]
10. Chernobrovkina N.P. Sovremennye tekhnologii virashchivaniya posadochnogo materiala khvoynikh porod i puti ikh sovershenstvovaniya [Modern Technologies of Growing Planting Material of Coniferous Breeds and Ways to Improve Them] / N.P. Chernobrovkina et al. // Lesnoi vestnik [Forestry Bulletin]. — 2016. — 6. — p. 6-14. [in Russian]
11. Zhigunov A.V. Vliyanie osveshhennosti na rost seyancev s zakry'toj kornevoj sistemoj [Influence of Illumination on the Growth of Seedlings with Closed Root System]. / A.V. Zhigunov, A.S. Opletaev // Mezhdunarodny'j nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. — 2021. — 11(113)-1 . — p. 124-128. [in Russian]
12. Kartashov A.V. Morfogenez assimiliruyushchikh organov seyantsev sosni obiknovennoi i yeli yevropeiskoi pri deistvii krasnogo i sinego sveta [Morphogenesis of Assimilating Organs of Scots Pine and European Spruce Seedlings Under the Influence of Red and Blue Light] / A.V.[Kartashov et al. // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya. [Bulletin of Tomsk State University. Biology.]. — 2014. — 1(25). — p. 167–182. [in Russian]
13. Hernández-Apaolazaa L. Reuse of waste materials as growing media for ornamental plants. / L. Hernández-Apaolazaa, A.M. Gascó, J.M. Gascóa et al. // Bioresource Technology. — 2005. — Vol. 96. — Iss. 1. — p. 125-131.
14. Smirnakou S. Effects of continuous spectrum LEDs used in indoor cultivation of two coniferous species *Pinus sylvestris* L. and *Abies borisii-regis* Mattf. / S. Smirnakou, T. Ouzounis, K. Radoglou // Scandinavian Journal of Forest Research. — 2017. — Vol. 32. — Iss. 2. — p. 115-122. — DOI: 10.1080/02827581.2016.1227470