ТРУДЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ИНСТИТУТА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

www.journal.spb-niilh.ru
ISSN 2079-6080

DOI 10.21178/2079–6080.2024.4.80
УДК 630.232.33

Рост опытных лесных культур сосны обыкновенной и ели европейской, созданных посевом в кисличных лесорастительных условиях с применением современных гербицидов

© Д.А. Шабунин, А.Б. Егоров, О.Ю. Бутенко

Growth of experimental forest cultures of *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* [L.] H. Karst., created by sowing in acidic forest conditions using modern herbicides

D.A. Shabunin, A.B. Egorov, O.Yu. Butenko (Saint-Petersburg Forestry Research Institute)

This work is devoted to the study of the growth and development of forest crops of coniferous species in rich forest growing conditions created by the sowing method with the use of modern herbicides. In the Gatchina forest district of the Leningrad region, formulated seeds of *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* [L.] H. Karst. were tested in sorrel forest growing conditions. A water-soluble paper bag 5 × 7 см was used for the formulation. Seeds and an adjuvant were added to the bag: diatomite for pine, zeolite for spruce. Soil treatment was performed by the chemical method and consisted of three options: 1) tornado, aqueous solution (360 g/l), 6 l/ha; 2) tornado, aqueous solution (360 g/l), 4 l/ha + anchor-85, WDG 750 g/kg, 50 g/ha and 3) control – without treatment and sowing coniferous seeds). The control was used to study the process of dying off and regeneration of unwanted vegetation. For agrotechnical care, Ankor-85, WDG 750 g/kg, 50 g/ha was used. Observations were carried out for two years.

The second option is more effective in terms of combating unwanted vegetation. However, the negative impact of the herbicide was monitored throughout the entire observation period.

By the end of the second growing season, the following crop growth indicators were obtained: for pine – average height – 8.9 ± 0.8 cm, average diameter breast height – 1.02 ± 0.07 mm; for spruce –6.8 ± 0.3 cm and 0.79 ± 0.03 mm, respectively.

The experimental results indicate the possibility of silvicultural development of rich forest growing conditions by sowing seeds using modern herbicides.

Key words: Scots pine, Norway spruce, seeds, soil treatment, herbicides, anchor-85, tornado, adjuvants, sowing, forest plantations

Рост опытных лесных культур сосны обыкновенной и ели европейской, созданных посевом в кисличных лесорастительных условиях с применением современных гербицидов

Д.А. Шабунин, А.Б. Егоров, О.Ю. Бутенко

Данная работа посвящена изучению роста и развития лесных культур хвойных пород, созданных в богатых лесорастительных условиях методом посева с применением современных гербицидов. Для испытаний были заложены опыты с использованием формулированных семян сосны обыкновенной и ели европейской в Гатчинском лесничестве Ленинградской области в кисличных лесорастительных условиях.

Формуляция семян реализована в виде их упаковки в оболочки из водорастворимой бумаги совместно с адъювантами. Оболочка представляла собой пакет размером 5 7 см. В качестве адъювантов были использованы агромелиоранты, способствующие ускорению роста и повышению устойчивости сеянцев: для сосны – диатомит, для ели – цеолит. Обработка почвы выполнена химическим методом в двух вариантах применения гербицидов: 1) Торнадо, ВР (360 г/л), 6 л/га; 2) Торнадо, ВР (360 г/л), 4 л/га + Анкор-85, ВДГ 750 г/кг, 50 г/га. Контролем служили участки без химической обработки и высева семян – для изучения естественного процесса отмирания и регенерации нежелательной растительности. Для агротехнических уходов за 2-летними посадками применялся Анкор-85, ВДГ 750 г/кг, 50 г/га. Наблюдения велись в течение двух лет.

Как показали результаты опыта, второй вариант, со смесью препаратов, более эффективен в отношении борьбы с нежелательной растительностью. Однако при этом наблюдалось отрицательное воздействие гербицида Анкор-85 на целевые объекты на протяжении всего срока проведения эксперимента.

К концу второго вегетационного сезона получены следующие показатели роста культур: для сосны – средняя высота – 8,9 ± 0,8 см, средний диаметр у корневой шейки –1,02 ± 0,07 мм; для ели – 6,8 ± 0,3 см и 0,79 ± 0,03 мм, соответственно.

Результаты опытов свидетельствуют о возможности лесокультурного освоения богатых лесорастительных условий методом высева семян при использовании современных гербицидов.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, ель европейская, семена, лесные культуры, посев, обработка почвы, гербициды, Анкор-85, Торнадо, адъюванты

Шабунин Дмитрий Александрович – вед. науч. сотр. НИО селекции, воспроизводства и химического ухода за лесом, канд. биол. наук
E-mail: ds1512@mail.ru

Егоров Александр Борисович – начальник НИО селекции, воспроизводства и химического ухода за лесом, д-р с.-х. наук
E-mail: herb.egorov@yandex.ru

Бутенко Олеся Юрьевна – ст. науч. сотр. НИО селекции, воспроизводства и химического ухода за лесом, канд. с.-х. наук
E-mail: din_don@bk.ru

ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства»
194021, Санкт-Петербург, Институтский пр., 21
Телефон: +7 (812) 552-80-21

Введение

Метод создания лесных культур путем посева семян на лесокультурной площади начали применять значительно раньше, чем посадку, воспроизводя естественный процесс семенного возобновления леса. Этот метод имеет ряд преимуществ по сравнению с посадкой: не требуется лесных питомников, технология посева проще, корневые системы растений развиваются естественно и не подвергаются механическим повреждениям и деформации при пересадке. Насаждения, полученные при использовании этого метода создания лесных культур, более устойчивы к неблагоприятным факторам природного и антропогенного характера [5, 9, 11, 12, 15, 22]. Кроме того, посев по сравнению с посадкой больше соответствует природе леса [8].

В Финляндии механизированный посев хвойных пород признается наиболее простым, быстрым и дешевым методом по сравнению с ручным посевом и посадкой [7]. В США также посев сосны *Pinus radiate* L. оценивается как полноценный метод лесовосстановления, незаменимый при необходимости лесовосстановления на больших площадях вырубок и гарей [13, 16]. В Китае посев многих древесных пород, в частности – аэросев сосны китайской (*Pinus tabulaeformis* Carr.) рассматривается как реальная альтернатива посадке [17]. В южной Исландии посев таких хвойных пород, как сосна (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon), ель (*Picea sitchensis* (Bong.) Carrière) и лиственница (*Larix sibirica* Ledeb.), был достаточно эффективным [16].

Во многих западноевропейских странах идут поиски менее затратных методов лесовосстановления ели европейской. Одним из них является посев, в том числе – для смешанных елово-лиственных насаждений, что повышает их устойчивость к повреждению ветром [14, 18, 19]. Изучение приживаемости и роста 13–14-летних лесных культур сосны скрученной, сосны обыкновенной и ели европейской в Финляндии показало, что культуры, созданные посевом, по биометрическим показателям мало уступали посадкам [21].

В России в условиях Сибири хорошие результаты показал посев сосны обыкновенной в дно борозды. Было установлено, что наиболее интенсивный рост культур, созданных посевом, наблюдается с четырех лет [6]. Министерство лесного комплекса Иркутской области проводило эксперименты по посеву дражированных семян сосны по задерненной почве. Пробные посевы проводились без предварительной обработки и подготовки участков для того чтобы выяснить, возможно ли использовать эту технологию для восстановления леса в тех местах, где почва покрыта травянистой растительностью после гибели насаждений от пожаров, вредителей или болезней леса [3]. В 2019 году в Иркутской области с помощью аэросева засеяно 400 га свежих гарей в труднодоступных местах, куда тяжело доставлять технику для проведения лесовосстановительных мероприятий [2].

Анализ, проведенный учеными Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, показывает, что в странах с развитым лесным хозяйством «баланс между выбором технологического процесса посадки сеянцев и прямого высева для технологии восстановления лесов постепенно, но неуклонно смещается в сторону высева» [1].

Основным препятствием для применения посева является зарастание культивируемых древесных пород нежелательной травянистой и древесной растительностью. В бедных лесорастительных условиях этот процесс происходит не очень активно, что позволяет вырастить лесные культуры, а в богатых условиях такой возможности нет. Решению этой проблемы и посвящена настоящая работа.

Методика исследования

Опытные лесные культуры были заложены в 2023 г. в Гатчинском районе (Гатчинское лесничество) Ленинградской области, территория которого входит в Балтийско-Белозерский таёжный район таёжной зоны (центр участка имеет координаты 59,296836° с. ш., 30,156393° в. д.), климат является переходным от морского к умеренно континентальному. Период вегетации в год закладки опыта характеризовался острым дефицитом осадков в течение мая и первых двух декад июня.

Культуры создавались посевом семян сосны обыкновенной и ели европейской на участке, в сильной степени заросшем нежелательной травянистой и древесно-кустарниковой растительностью, в кисличном типе лесорастительных условий. Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая с содержанием гумуса в горизонте $А_1$ 4,2 %. Условия дренированные.

Предварительная обработка почвы проведена 15 августа 2022 г. путем опрыскивания гербицидами. Опыт включал два варианта применения гербицидов:

1) Торнадо, ВР (360 г/л), 6 л/га;

2) Торнадо, ВР (360 г/л), 4 л/га + Анкор-85, ВДГ 750 г/кг, 50 г/га;

Контроль – без обработки, без высева семян – использовался только для изучения естественного процесса отмирания и регенерации нежелательной растительности.

Обработка гербицидами выполнялась с помощью ранцевого ручного опрыскивателя «Solo» полосами шириной 1,5 м по плужным пластам и бороздам, сформированным ранее. Расход рабочей жидкости составил 300 л/га. Температура воздуха во время работ была +27 °С, скорость ветра – 1 м/с, дождь отсутствовал в течение не менее трех суток после обработки. В день применения гербицидов общее проективное покрытие почвы травянистой растительностью на пластах составляло 88–90 %, в том числе однодольными видами – 48 52 %, двудольными – 36–39 %. Впоследствии в течение оставшегося периода вегетационного сезона произошло отмирание травянистой растительности [4], что позволило заложить культуры в следующем году.

Посев осуществлен 28.04.2023 в виде выкладки формулированных семян на очищенную от растительных остатков поверхность почвы в строчку на расстоянии 0,7 м. Формуляция представляла собой пакетик размером 5 × 7 см из водорастворимой бумаги, в который было помещено 10 семян сосны обыкновенной или ели европейской и 5 см^3 насыпного объема агромелиоративного адъюванта (для сосны – диатомит, для ели – цеолит).

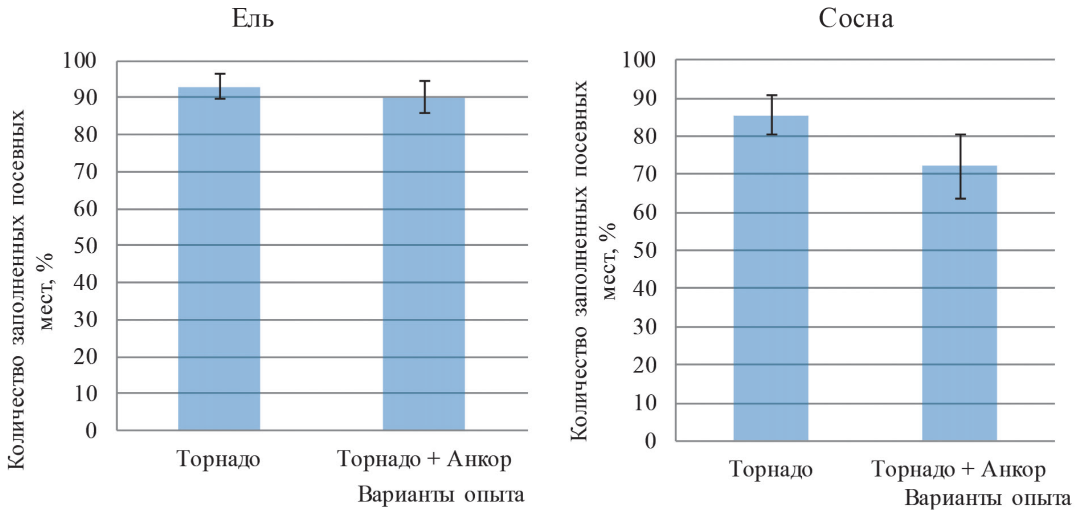
В 2024 году проведены учеты биометрических показателей роста, таких как высота растений, диаметр у корневой шейки и заполненность посевных мест.

Результаты исследования

Наблюдения, выполненные в середине периода вегетации 2023 года, показали, что в 1-м варианте опыта (с применением Торнадо) происходит довольно значительное повторное отрастание некоторых, преимущественно двудольных травянистых видов: сныти обыкновенной, купыря лесного, дудника лесного, манжетки обыкновенной, лапчатки прямостоячей и клевера лугового. Тем не менее, эффективность подавления всей травянистой растительности по сравнению с контролем оставалась очень высокой – 86 %. Во 2-м варианте, со смесью препаратов, высокая результативность наблюдалась в отношении как однодольных (100 %), так и двудольных (88 %) видов трав.

Второй вариант обработки почвы (Торнадо + Анкор-85) был более эффективен в отношении борьбы с нежелательной растительностью. Однако при этом наблюдалось его отрицательное воздействие на всходы сосны и ели в год посева, которое было заметно и на следующий год. Данные о сохранности растений представлены на рисунке 1.

Как видно из рисунка, в посевах как ели, так и сосны наблюдается незначительное (статистически недостоверное) снижение заполненности посевных мест в варианте с добавлением гербицида Анкор-85 (50 г/га) – у ели на 3,7 %, у сосны – на 13,4 %.

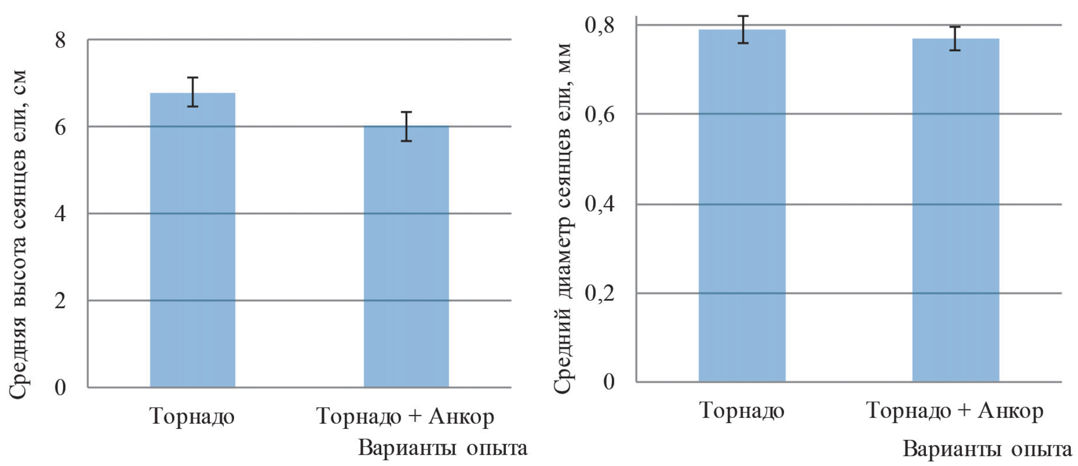


I – ± ошибк среднего значения

Рис. 1. Заполненность посевных мест 2-летних культур ели и сосны в разных вариантах опыта

Отмеченный факт корреспондируется с более высокой устойчивостью ели к гербицидам по сравнению с сосной. Хотя видимого проявления токсичности препаратов по отношению к сосне или ели в проведенных опытах зафиксировано не было, некоторое ослабление первой в результате добавления гербицида Анкор-85, исходя из наблюдаемых соотношений сохранности, можно предположить. Очевидно, негативное влияние этого препарата сказывается на ранних стадиях развития растений – на прорастающие семена и 1-летние всходы – при предварительной обработке почвы гербицидами, поскольку при проведении агротехнического ухода за 2-летними культурами с помощью этого же препарата (Анкор-85 в норме 50 г/га) отрицательных последствий не наблюдалось.

Биометрические данные роста ели приведены на рисунке 2.



I – ± ошибк среднего значения

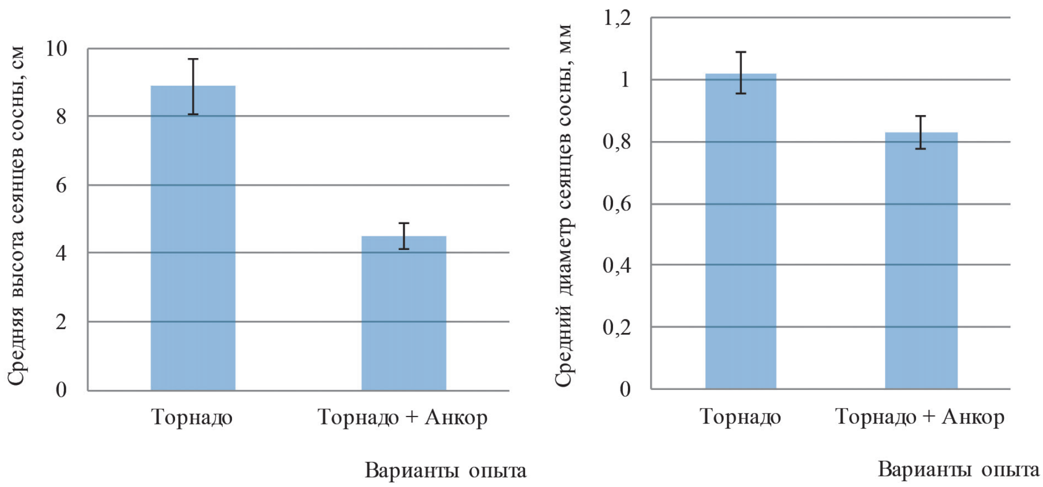
Рис. 2. Биометрический параметры 2-летних сеянцев ели

Средняя высота сеянцев в варианте со смесью Торнадо и Анкора-85 на 0,79 см ниже, чем при применении одного Торнадо. Статистически это незначимо по *t*-критерию Стьюдента при уровне значимости 0,05. Еще меньшее различие наблюдается при сравнении средних диаметров.

Исходя из полученных данных, можно заключить, что лучшим вариантом для обработки почвы под посевы ели является использование гербицида Торнадо. Средняя высота сеянцев ели второго года в лесных культурах, созданных методом посева (обработка почвы Торнадо, ВР (360 г/л) 6 л/га) в кисличных лесорастительных условиях составила 6,8 ± 0,3 см, средний диаметр у корневой шейки – 0,79 ± 0,03 мм. Лучшие экземпляры достигали высоты 11 см (рис. 3).

Рис. 3. Двухлетние сеянцы ели в лесных культурах, созданных методом посева

На рисунке 4 представлены линейные параметры роста 2-летних культур сосны, созданных посевом формулированных семян после предварительной обработки почвы гербицидами.



I – ± ошибк среднего значения

Рис. 4. Биометрические параметры сеянцев сосны

Из рисунка видно, что сосна значительно более чувствительна к применению гербицида Анкор-85, чем ель, что отражается на ее росте. Как средняя высота сеянцев, так и средний диаметр значительно меньше (статистически значимо на уровне 0,05) в варианте с его применением, что подтверждает правильность исключения этого гербицида из химического способа обработки почвы под лесные культуры.

Учет 2-летних лесных культур показал, что средняя высота сеянцев сосны в варианте 1 (обработка почвы Торнадо, ВР (360 г/л, 6 л/га) в кисличных лесорастительных условиях составила 8,9 ± 0,8 см, а средний диаметр у корневой шейки – 1,02 ± 0,07 мм. Лучшие экземпляры достигали высоты 25 см (рис. 5).

Рис. 5. Двухлетний сеянец сосны в лесных культурах, созданных методом посева

Выводы

Результаты опытов свидетельствуют о возможности лесокультурного освоения богатых лесорастительных условий методом высева семян непосредственно на площади, зарастающей нежелательной травяной растительностью, после частичной предварительной обработки почвы с использованием современных гербицидов.

По результатам проведенных опытов Санкт-Петербургским НИИ лесного хозяйства разработаны предложения по рекомендациям по созданию лесных культур сосны обыкновенной и ели европейской методом посева формулированных семян с использованием современных гербицидов для подавления сорной растительности, а также с использованием адъювантов для ускорения роста и повышения устойчивости сеянцев.

Исследование выполнено за счет средств федерального бюджета в рамках государственного задания ФБУ «СПбНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований от 15.01.2024 № 053–00012–24–00 по теме «Разработка эффективного и малозатратного метода создания лесных культур сосны и ели посевом специально формулированных семян с применением гербицидов, химических и биологических адъювантов» (шифр 2-В21 формулированные семена).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бартенев, И.М. К вопросу механизации высева дражированных лесных семян / И.М. Бартенев, М.В. Драпалюк, Н.О. Ушаков, А.И. Новиков // Лесотехнический журнал. – 2020. – Т. 10, № 1 (37). – С. 161–172. – DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.1/21.
2. В Иркутской области приступили к аэросеву дражированных семян // Иркутская область. Официальный портал. – URL: https://irkobl.ru/news/706656/?sphrase_id=21670435 (дата обращения: 09.04.2021).
3. В Иркутской области проводится эксперимент по высеиванию дражированных семян сосны // Иркутская область. Официальный портал. – URL: https://irkobl.ru/news/250572/?sphrase_id=21670435 (дата обращения: 09.04.2021).
4. Егоров, А.Б. Эффективность предварительного применения гербицидов при создании культур сосны и ели посевом / А.Б. Егоров, О.Ю. Бутенко, Д.А. Шабунин // Формирование высокопродуктивных и биологически устойчивых лесных насаждений в условиях изменяющегося климата: современное состояние и пути решения : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Жорновской экспериментальной лесной базы Института леса НАН Беларуси, 25–27 сентября 2024 г., Осиповичи / Институт леса НАН Беларуси. – Гомель, 2024. – С. 38–42.
5. Кабанова, С.А. Лесохозяйственные технологии создания устойчивых лесных культур в Казахстане / С.А. Кабанова, М.А. Данченко // Казахский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации; Томский государственный университет. – Щучинск : ИП Устюгов С.А., 2017. – 200 с.
6. Ковылина, О.П. Опыт создания культур сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) посевом семян в таежной зоне Сибири / О.П. Ковылина, Л.В. Брезинская // Хвойные бореальной зоны. – 2016. – Вып. 34, № 5-6. – С. 303–309.
7. Кукконен, Э. Механизация лесохозяйственных работ / Э. Кукконен, С. Карвинен ; Научно-исследовательский институт леса Финляндии, METLA. – Йоэнсуу, 2014. – 46 с.
8. Малаховец, П.М. Лесные культуры : учеб. пособие / П.М. Малаховец. – Архангельск : Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, 2012. – 222 с.
9. Мерзленко, М.Д. Теория и практика искусственного лесовосстановления : учебное пособие / М.Д. Мерзленко, Н.А. Бабич. – Архангельск : Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2011. – 239 с.
10. Посев леса // Лесная энциклопедия : в 2 т. / гл. ред. Г.И. Воробьев ; ред. кол.: Н.А. Анучин, В.Г. Атрохин, В.Н. Виноградов [и др.]. – М. : Сов. энциклопедия, 1986. – Т. 2. – С. 258–259.
11. Рунова, Е.М. Оценка эффективности создания лесных культур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) посевом на территории Иркутской области / Е.М. Рунова, Л.А. Зародов // Материалы науч.-практ. конф., посвященной Дню российской науки и 85-летию образования ФГБОУ ВО «Бурятская ГСХА имени В.Р. Филиппова» / ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова». – Братск, 2016. – С. 26–29.
12. Якимов, Н.И. Лесные культуры и защитное лесоразведение : учеб. пособие для студентов специальностей «Лесное хозяйство», «Садово-парковое строительство» / Н.И. Якимов, В.К. Гвоздев, А.Н. Праходский. – Минск : БГТУ, 2007. – 312 с.
13. Barnett, J.P. Direct seeding southern pines: history and status of a technique developed for restoring cutover forests / J.P. Barnett. – Asheville, NC : USDA-Forest Service Southern Research Station, 2014. – 55 p. – (Gen. Tech. Rep. SRS-GTR-187). – URL: https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/45413 (дата обращения: 24.02.2021).
14. Baumhauer, H. Regeneration by direct seeding – a way to reduce costs of conversion / H. Baumhauer, J. Stanturf, P. Madsen. – DOI: 10.1201/9780203497784.ch22 // CRC Press LLC : Boca Raton. – London, New York, Washington, D.C., 2005. – Ch. 22. – P. 349–354. – (In book Restoration of Boreal and Temperate Forests). – URL: https://www.researchgate.net/publication/299631564_Regeneration_by_direct_seeding_a_way_to_reduce_costs_of_conversion (дата обращения: 24.02.2021).
15. Birkedal, M. Reforestation by Direct Seeding of Beech and Oak: Influence of Granivorous Rodents and Site Preparation : Doctoral Thesis / Maria Birkedal. – Alnarp, 2010. – 41 p. – URL: https://pub.epsilon.slu.se/2243/1/Birkedal_Maria_100302.pdf (дата обращения: 13.03.2019).
16. Donald, D.G.M. Direct Sowing as an Establishment Technique for *Pinus radiate* / D.G.M. Donald // South African Forestry Journal. – 1969. – Vol. 69. – P. 1–10.
17. Guolei, L. Comparison of tree growth and undergrowth development in aerially seeded and planted *Pinus tabulaeformis* forests / L. Guolei, I. Yong, M. Lvyi [et al.] // Frontiers of Forestry in China. – 2009. – Vol. 4. – P. 283–290.

18. Huth, F. Direct seeding of silver fir (*Abies alba* Mill.) to convert Norway spruce (*Picea abies* L.) forests in Europe : A revew / F. Huth, A. Wehnert, K. Tiebel, S. Wagner // Forest Ecology and Management. – 2017. – Vol. 403. – P. 61–78.
19. Magnus, L. Direct seeding of *Quercus robur* L. for reforestation: The influence of mechanical site preparation and sowing date on early growth of seedlings / L. Magnus, M. Birkedal // Forest Ecology and Management. – 2009. – Vol. 258. – P. 704–711.
20. Petursson, J. Direct seeding of boreal conifers on freely drained andosols in Southern Iceland / J. Petursson, A. Sigurgeirsson // Icelandic Agricultural Sciences. – 2004. – № 16–17. – P. 15–28. – URL: https://www.researchgate.net/publication/267255693_Direct_seeding_of_boreal_conifers_on_freely_drained_andosols_in_Southern_Iceland (дата обращения: 24.02.2021).
21. Varmola, M. Survival and Early Development of Lodgepole Pine / M. Varmola, H. Salminen, R. Rikala, M. Kerkelä // Scandinavian Journal of Forest Research. – 2000. – Vol. 15, iss. 4. – P. 410–423.
22. Wahlenberg, W.G. Reforestation by seed sowing in the northern Rocky Mountains / W.G. Wahlenberg // Journal of Agricultural Research. – 1925. – Vol. 30 (7). – P. 637–641.

REFERENCES

1. Bartenev I.M., Drapaljuk M.V., Ushakov N.O., Novikov A.I. Sowing mechanization of dressed forest seeds. *Forestry Engineering Journal [Lesotekhnicheskiy zhurnal]*, 2020, vol. 10, no. 1 (37), pp. 161–172. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.1/21. (In Russian).
2. In the Irkutsk region, aerial sowing of drained seeds has begun. *Irkutsk region. Official portal. [Irkutskaja oblast'. Oficial'nyj portal].* URL: https://irkobl.ru/news/706656/?sphrase_id=21670435 (date of access: 09.04.2021). (In Russian).
3. In the Irkutsk region, an experiment is being conducted on sowing of drained pine seeds. *Irkutsk region. Official portal. [Irkutskaja oblast'. Oficial'nyj portal].* URL: https://irkobl.ru/news/250572/?sphrase_id=21670435 (date of access: 09.04.2021). (In Russian).
4. Egorov A.B., Butenko O.Ju., Shabunin D.A. Efficiency of preliminary application of herbicides in the establishment of forest cultures of pine and spruce by sowing. *Formation of highly productive and biologically sustainable forest plantations in a changing climate: current state and solutions: Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Zhornovo experimental forest base of the Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, September 25–27, 2024, [Formirovanie vysokoproduktivnyh i biologicheski ustojchivyh lesnyh nasazhdenij v uslovijah izmenjajushhegosja klimata: sovremennoe sostojanie i puti reshenija. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 100-letiju Zhornovskoj jeksperimental'noj lesnoj bazy Instituta lesa NAN Belarusi, 25–27 sentjabrja 2024 g*.], Osipovichi. Forest Institute National Academy of Science of Belarus. Gomel, 2024, pp. 38–42. (In Russian).
5. Kabanova S.A., Danchenko M.A. Forestry technologies for creating sustainable forest culters in Kazakhstan. Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry; Tomsk State University. Shchuchinsk, Individual Entrepreneur Ustjugov S.A., 2017, 200 p. (In Russian).
6. Kovylina O.P., Brezinskaja L.V. The experience of creating crops of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) by sowing seeds in the taiga zone of Siberia. *Conifers of the boreal area [Hvojnye boreal'noj zony]*, 2016, vol. 34, no. 5-6, pp. 303–309. (In Russian).
7. Kukkonen E., Karvinen S. Mechanization of forestry work. Finnish Forest Research Institute, METLA. Joensuu, 2014, 46 p. (In Russian).
8. Malakhovets P.M. Forest cultures. Textbook. Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 2012, 222 p. (In Russian).
9. Merzlenko M.D., Babich N.A. Theory and practice of artificial reforestation. Textbook. Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 2011, 239 p. (In Russian).
10. Forest sowing. In 2 vol. Ch. ed. G.I. Vorobiev; ed. col. N.A. Anuchin, V.G. Atrokhin, V.N. Vinogradov [et al.]. Moscow, Sov. encyclopedia, 1986. Vol. 2, pp. 258–259. (In Russian).
11. Runova E.M., Zarodov L.A. Efficiency of creation of forest cultures of the pine ordinary (*Pinus sylvestris* L.) crops in the territory of the Irkutsk region. *Scientific and practical materials. conference dedicated to the Day of Russian Science and the 85th anniversary of the formation of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Buryat*

State Agricultural Academy named after V.R. Filippov" [Materialy nauchno-prakticheskoj konferencii posvjashhennoj Dnju rossijskoj nauki i 85-letiju obrazovanija FGBOU VO «Burjatskaja GSHA imeni V.R. Filippova». FGBOU VO «Burjatskaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija imeni V.R. Filippova»]. Bratsk, 2016, pp. 26–29. (In Russian).

12. Yakimov N.I., Gvozdev V.K., Prakhodsky A.N. Forest cultures and protective afforestation. Textbook. Minsk, BGTU, 2007, 312 p. (In Russian).
13. Barnett J.P. Direct seeding southern pines: history and status of a technique developed for restoring cutover forests Asheville, NC, USDA-Forest Service Southern Research Station, 2014, 55 p. (Gen. Tech. Rep. SRS-GTR-187). URL: https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/45413 (date of access 24.02.2021).
14. Baumhauer, H. Regeneration by direct seeding – a way to reduce costs of conversion / H. Baumhauer, J. Stanturf, P. Madsen. DOI: 10.1201/9780203497784.ch22 // CRC Press LLC : Boca Raton. London, New York, Washington, D.C., 2005. Ch. 22, pp. 349–354. (In book Restoration of Boreal and Temperate Forests). URL: https://www.researchgate.net/publication/299631564_Regeneration_by_direct_seeding_a_way_to_reduce_costs_of_conversion (date of access 24.02.2021).
15. Birkedal M. Reforestation by Direct Seeding of Beech and Oak: Influence of Granivorous Rodents and Site Preparation : Doctoral Thesis / Maria Birkedal. Alnarp, 2010. 41 p. URL: https://pub.epsilon.slu.se/2243/1/Birkedal_Maria_100302.pdf (date of access 13.03.2019).
16. Donald D.G.M. Direct Sowing as an Establishment Technique for *Pinus radiate. South African Forestry Journal*, 1969, vol. 69, pp. 1–10.
17. Guolei L., Yong I., Lvyi M., Ruiheng L., Haiqun Y., Shulan B., Yaoyao K. Comparison of tree growth and undergrowth development in aerially seeded and planted *Pinus tabulaeformis* forests. *Frontiers of Forestry in China*, 2009, vol. 4, pp. 283–290.
18. Huth F., Wehnert A., Tiebel K., Wagner S. Direct seeding of silver fir (*Abies alba* Mill.) to convert Norway spruce (*Picea abies* L.) forests in Europe; A revew. *Forest Ecology and Management*, 2017, vol. 403, pp. 61–78.
19. Magnus L., Birkedal M. Direct seeding of *Quercus robur* L. for reforestation: The influence of mechanical site preparation and sowing date on early growth of seedlings. *Forest Ecology and Management*, 2009, vol., 258, pp. 704–711.
20. Petursson J., Sigurgeirsson A. Direct seeding of boreal conifers on freely drained andosols in Southern Iceland. *Icelandic Agricultural Sciences*, 2004, no. 16–17, pp. 15–28. URL: https://www.researchgate.net/publication/26725. 5693_Direct_seeding_of_boreal_conifers_on_freely_drained_andosols_in_Southern_Iceland (date of access 24.02.2021).
21. Varmola M., Salminen H., Rikala R., Kerkelä M. Survival and Early Development of Lodgepole Pine. H. Salminen, R. Rikala, M. Kerkelä *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2000, vol. 15, iss. 4, pp. 410–423.
22. Wahlenberg W.G. Reforestation by seed sowing in the northern Rocky Mountains. *Journal of Agricultural Research*, 1925, vol. 30 (7), pp. 637–641.

Статья поступила в редакцию 28.10.2024