ТРУДЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ИНСТИТУТА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

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

DOI 10.21178/2079-6080.2024.2.79
УДК 630*232.4

Приживаемость и рост лесных культур, созданных сеянцами с закрытой корневой системой механизированным и ручным способами в Двинско-Вычегодском лесном районе

© А.С. Ильинцев[1], Е.Н. Наквасина[1,2]

Survival and growth of forest crops planted with containerized seedlings by mechanized and manual methods in the Dvinsko-Vychegodsky forest district

A.S. Ilintsev, E.N. Nakvasina (Northern Research Institute of Forestry, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov)

Modern methods for site preparation and planting containerized seedlings with excavators are employed during artificial reforestation in the taiga zone. To guarantee the quality of forest crops, it is necessary to prepare scientific guidelines. The aim of this study is to assess the survival and growth of pine and spruce forest crops created by containerized seedlings in two planting methods: mechanized – using a Bracke P11.a and manually – using Pottiputki planting tubes in various forest growing conditions – when cultivating the soil with the creation of spot mounds. We conducted research on 8 planted areas in the Arkhangelsk region and the Komi Republic (Dvinsko-Vychegodsky forest district). We found that with mechanized planting, the density of forest crops turned out to be 24–25 % lower than with manual planting, which is due to the uneven placement of planting sites (spot mounds) on the cultivated area. The survival rate of pine crops in cranberry and blueberry forest types created by manual and mechanized methods did not differ. In the haircap-moss type of forest, when manually planting spruce, this indicator was significantly higher by 9 % than when mechanized. In 3-year-old crops created by annual seedlings, both methods have very similar results in the blueberry type of forest. When creating crops with two-year-old seedlings, the best growth of pine and spruce is ensured in the first years in the cranberry and haircap-moss types of forest, regardless of the planting method. The planting of pine and spruce seedlings in various types of forest in the Dvinsko-Vychegodsky forest area using the Bracke P11.a unit is not inferior to the manual method using Pottiputki tubes. However, it is important to choose the appropriate technological schemes for tillage and uniform placement of planting spots.

Key words: artificial reforestation, site preparation, spot mounds, mechanized planting, excavators, biometric indicators

Приживаемость и рост лесных культур, созданных сеянцами с закрытой корневой системой механизированным и ручным способами в Двинско-Вычегодском лесном районе

А.С. Ильинцев, Е.Н. Наквасина

При искусственном лесовосстановлении в таежной зоне используются современные способы обработки почвы и посадки сеянцев с закрытой корневой системой, в том числе для создания микроповышений с помощью экскаваторов, что требует подготовки научно обоснованных рекомендаций для обеспечения качества лесных культур. Цель исследования – оценка приживаемости и роста лесных культур сосны и ели, созданных сеянцами с закрытой корневой системой в двух вариантах посадки: механизированным способом – с помощью посадочного агрегата Bracke P11.a и вручную – с применением посадочных труб Pottiputki – в различных лесорастительных условиях при обработке почвы с созданием микроповышений. Полевые работы провели на 8 лесокультурных площадях в Архангельской области и в Республике Коми (Двинско-Вычегодский лесной район). Установлено, что при механизированной посадке густота лесных культур оказалась на 24–25 % ниже, чем при ручной, что связано с неравномерным размещением посадочных мест (микроповышений) на лесокультурной площади. Приживаемость культур сосны в брусничном и черничном типах леса, созданных ручным и механизированным способами, не различалась. В долгомошном типе леса при ручной посадке ели этот показатель был достоверно выше на 9 %, чем при механизированной. В культурах 3-летнего возраста, созданных однолетними сеянцами, оба способа имеют очень близкие результаты в черничном типе леса. При создании культур двухлетними сеянцами обеспечивается лучший рост сосны и ели в первые годы в брусничном и долгомошном типах леса, независимо от способа посадки. Посадка сеянцев сосны и ели в различных типах леса в Двинско-Вычегодском лесном районе с использованием агрегата Bracke P11.a не уступает ручному способу с применением лесокультурных труб Pottiputki. Однако важно подобрать соответствующие технологические схемы для обработки почвы и равномерного размещения посадочных мест.

Ключевые слова: искусственное лесовосстановление, обработка почвы, микроповышения, механизированная посадка, экскаваторы, биометрические показатели

Ильинцев Алексей Сергеевич – старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела, канд. с.-х. наук
E-mail: a.ilintsev@narfu.ru

Наквасина Елена Николаевна – ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отдела; профессор кафедры лесоводства и лесоустройства, доктор с.-х. наук, профессор
E-mail: nakvasina@yandex.ru

[1]ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства»
163062, г. Архангельск, ул. Никитова, д. 13

[2]ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»
163002, г. Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, д. 17

Введение

Повышение эффективности лесовосстановительных процессов, качества и продуктивности искусственных насаждений на базе интенсификации лесохозяйственного производства является крайне актуальной задачей [1, 8]. Применяемые в настоящее время агротехника и технологии создания лесных культур на Европейском Севере России не полностью удовлетворяют современным требованиям производства и нуждаются в разработке современных научно обоснованных рекомендаций по способам обработки почвы и посадки сеянцев с закрытой корневой системой (ЗКС), в том числе с помощью различных современных механизмов.

В настоящее время доля механизированной посадки в мире невелика, например, в Канаде сеянцы высаживаются почти исключительно вручную, в Швеции несколько процентов приходится на данный способ посадки, в Финляндии — около 5 % [17]. В России в большинстве регионов применение данной технологии не превышает 1 %. Ее осуществляют крупные лесозаготовительные компании, при этом используют зарубежные агрегаты.

Современные исследования показывают, что при механизированной посадке улучшается качество культур (приживаемость, рост и однородность) [12]. Тем не менее, чтобы этот способ стал по-настоящему конкурентоспособным, используемая техника должна быть достаточно производительной и экономичной [4, 17].

В различных странах Европы и Северной Америки при лесовосстановлении становятся все более популярными экскаваторы [14, 19]. С конца 90-х годов прошлого столетия они используются в качестве базовых машин для операций по обработке почвы, расчистке вырубок от порубочных остатков и камней, для корчёвки пней и посадки сеянцев. Для них были разработаны специальные посадочные устройства точечного действия, которые устанавливаются на стрелу экскаватора [2, 12, 13] и могут работать более избирательно в отличие от посадочных машин непрерывного действия. Гусеничные экскаваторы с посадочными элементами различных конструкций рекомендуется применять на свежих и влажных участках, где преимущественно создаются микроповышения [11, 18]. Наибольшее распространения получили следующие заграничные устройства: Bracke Planter, Risutec, M-Planter [4, 12]. Отечественная промышленность не разрабатывает и не выпускает аналогичную продукцию.

Производственный процесс посадки сеянцев начинается с перемещения базовой машины в подходящую стационарную точку. Затем оператор создает от 3 до 30 микроповышений (в зависимости от целевой скорости посадки, захламленности, количества посадочных головок на устройстве, видимости, досягаемости стрелы и предпочтительной ширины рабочего сектора) и производит посадку сеянцев, последовательно перемещая стрелу с устройством [12, 15, 16]. При этом почва на каждом микроповышении предварительно придавливается. При перезагрузке сеянцев оператор выходит из кабины, достает коробки или лотки с растениями и вручную заполняет посадочный агрегат. Такой процесс работы экскаватора, как при создании микроповышений, так и при посадке сеянцев, снижает его продвижение по лесокультурной площади и нарушение почвенного покрова на вырубках. Длина стрелы позволяет технике двигаться по волоку, покрытому порубочными остатками.

Использование экскаватора представляет альтернативу традиционной обработке почвы, которая затруднена на вырубках без предварительной расчистки и раскорчевки [14]. Наличие крупных камней, пней, неликвидной древесины и порубочных остатков могут привести к значительным различиям в количестве и качестве микроповышений даже на одной лесокультурной площади [9, 19]. Экскаватор способен беспрепятственно передвигаться и отодвигать помехи для создания посадочных мест. Однако для соблюдения равномерности размещения растений на лесокультурной площади требуются соответствующие рекомендации, включая технологические карты (схемы обработки почв).

Цель проведенного нами исследования — оценка приживаемости и роста лесных культур сосны и ели, созданных сеянцами с закрытой корневой системой разными способами: механизированным, с помощью посадочного агрегата Bracke P11.a, и вручную – с применением посадочных труб Pottiputki, при обработке почвы экскаваторами с созданием микроповышений в различных лесорастительных условиях Двинско-Вычегодского таежного района.

Авторы выражают благодарность студентам ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» Н.С. Черкасову и Н.А. Романову за помощь в сборе полевого материала.

Объекты и методы исследования

Для сравнения механизированной и ручной посадки сеянцев в 2023 году обследовали 8 лесокультурных площадей в различных лесорастительных условиях Двинско-Вычегодского таежного района (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика лесокультурных объектов

<table>
<tr><th>Номер объекта</th><th>Площадь, га</th><th>Тип леса</th><th>Гранулометрический состав почвы</th><th>Сезон обработки почвы (месяц)</th><th>Способ посадки</th><th>Возраст посадочного материала, лет</th></tr>
<tr><td colspan="7">Сосна обыкновенная, посадка 2020 г.</td></tr>
<tr><td>1</td><td>19,1</td><td rowspan="2">Бр.</td><td>Супесчаная</td><td>V–VI</td><td>Механиз.</td><td>2</td></tr>
<tr><td>2</td><td>27,2</td><td>Легкосуглинистая</td><td>VI</td><td>Ручной</td><td rowspan="5">1</td></tr>
<tr><td>3</td><td>9,2</td><td rowspan="4">Чер.</td><td>Супесчаная</td><td>V</td><td rowspan="2">Механиз.</td></tr>
<tr><td>4</td><td>35,6</td><td>Супесчаная</td><td>V</td></tr>
<tr><td>5</td><td>26,7</td><td>Легкосуглинистая</td><td>VI</td><td rowspan="2">Ручной</td></tr>
<tr><td>6</td><td>20,8</td><td>Супесчаная</td><td>VI</td></tr>
<tr><td colspan="7">Ель европейская, посадка 2018 г.</td></tr>
<tr><td>7</td><td>10,5</td><td rowspan="2">Дм.</td><td>Среднесуглинистая</td><td>V–VI</td><td>Механиз.</td><td rowspan="2">2</td></tr>
<tr><td>8</td><td>28,9</td><td>Среднесуглинистая</td><td>X</td><td>Ручной</td></tr>
</table>

Примечание. Типы леса: Бр. – брусничный, Чер. – черничный, Дм. – долгомошный.

В черничных и брусничных типах леса почвы представлены типичными подзолистыми, а в долгомошном – подзолистыми/скрытоподзолистыми с признаками поверхностного оглеения.

Обработка почвы на всех лесокультурных площадях была проведена тяжелыми экскаваторами с применением стандартного ковша объемом 0,8–1,0 м^3 или посадочного агрегата Bracke P11.a.

Экскаватором почву обрабатывали, как правило, весной-летом в год, предшествующий посадке, а посадочным агрегатом Bracke P11.a – при создании лесных культур. Обработка почвы осуществлялась методом нерядового дискретного создания микроповышений через 1,0–1,5 м.

При использовании обычного ковша экскаватор формировал микроповышения шириной 0,8–1,2 м и длиной 0,9–2,2 м. Приподнятые на 10–30 см посадочные места состояли из перевернутого слоя лесной подстилки, помещенной на неповрежденную поверхность, покрытого минеральной почвой. Количество создаваемых микроповышений варьировало в диапазоне от 600 до 700 шт./га. Наличие порубочных остатков, пней, оставляемых деревьев влияло на расположение микроповышений на лесокультурных площадях. Посадку сеянцев с ЗКС в подготовленные площадки проводили вручную, применяя посадочные трубы Pottiputki.

При использовании посадочного агрегата Bracke P11.a экскаватор формировал микроповышения шириной 0,2–0,7 м, длиной 0,3–0,7 м. При этом ковшом снимали/отодвигали верхний слой почвы или создавал холмик с перевёрнутой лесной подстилкой, покрытой минеральной почвой. Одновременно проводилась посадка сеянцев данным агрегатом. Количество создаваемых микроповышений варьировало в диапазоне от 1375 до 1975 шт./га. Дополнения на участках были проведены сеянцами с ЗКС посадочной трубой в те же микроповышения.

Использовали стандартные районированные сеянцы с ЗКС в возрасте 1–2-х лет.

При посадке лесных культур сеянцами с ЗКС, в соответствии с Правилами лесовосстановления [10], выдерживали густоту не менее 2 тысяч штук на 1 га. На широких микроповышениях, созданных стандартным ковшом экскаватора, высаживали по 2–4 сеянца, при посадке Bracke P11.a – один сеянец.

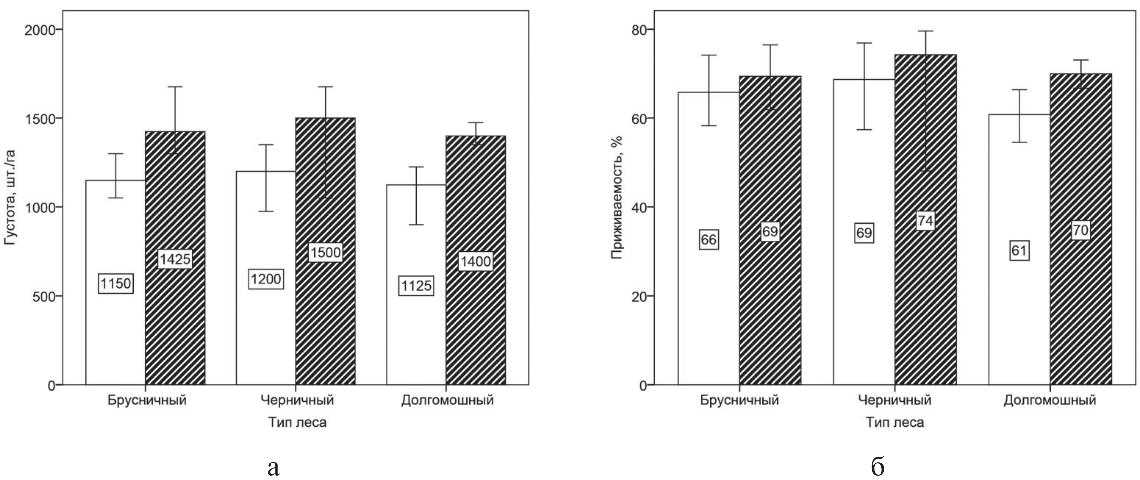
Изучение приживаемости [3] и роста культур осуществляли методом закладки пробных площадей (25×25 м) в соответствии с общеизвестными и общепринятыми методиками [7, 10]. Производили перечет посаженных и сохранившихся сеянцев с последующим пересчетом на 1 га площади.

Провели детальную оценку состояния и роста изучаемых культур по 20 посадочным местам с здоровыми саженцами, отобранными случайным образом. У растений измеряли следующие показатели: высоту (от поверхности почвы до верхушечной почки), приросты по высоте, диаметр стволика у корневой шейки.

Для анализа использовали непараметрические методы статистики, в связи с тем, что полученные данные не соответствовали закону нормального распределения. При сравнении приживаемости и биометрических показателей культур между способами посадки использовали критерий Манна-Уитни. Исследования провели на 0,05 уровне вероятности в программе SPSS 22 (IBM Inc., Armonk, NY, USA).

Результаты и их обсуждение

Данные по густоте и приживаемости культур сосны и ели на участках исследования представлены на рисунке 1.



а б

Рис. 1. Густота (а) и приживаемость (б) культур сосны и ели на участках исследования. (На графиках: прозрачный столбец – механизированная посадка, заштрихованный столбец – ручная посадка)

При механизированной посадке число сеянцев в различных типах леса на момент обследования составила от 1125 (долгомошный тип леса, ель) до 1200 шт./га (черничный тип леса, сосна). Первоначальная густота значительно варьировала и составляла от 1375 до 1975 шт./га. Это было связано с неравномерным размещением посадочных мест, поэтому после технической приемки культур на лесокультурных площадях были проведены дополнения сеянцев с помощью посадочных труб.

На участках с ручной посадкой сеянцев минимальная густота наблюдается у ели в долгомошном типе леса (1400 шт./га), а максимальная (1500 шт./га) – у сосны в черничном типе леса. Первоначальная густота составляла от 1800 до 2100 шт./га, что соответствовало нормативным требованиям [10].

Результаты статистического сравнения данных по результатам механизированной и ручной посадки во всех типах леса показали (табл. 2), что густота культур как сосны, так и ели при использовании посадочного агрегата достоверно ниже на 24–25 % (z = 2,29, p = 0,022; z = 2,19, p = 0,028; z = 2,51, p = 0,012). Несмотря на эти различия, приживаемость сеянцев ЗКС при обоих способах посадки в брусничном и черничном типах леса не отличалась (z = 0,62, p = 0,531; z = 0,64, p = 0,520); разница составляла всего лишь 3–5 %. В долгомошном типе леса приживаемость ели при ручной посадке достоверно выше (на 9 %), чем при механизированной (z = 2,41, p = 0,010).

Таблица 2

Результаты сравнения параметров лесных культур сосны и ели, созданных ручным и механизированным способами, с применением статистического критерия Mann-Whitney U Test

Параметры лесных культур	Механизированная посадка vs. ручная посадка по типам леса					
	Брусничный		Черничный		Долгомошный	
	Критерий z	Уровень значимости (p)	Критерий z	Уровень значимости (p)	Критерий z	Уровень значимости (p)
Густота, шт./га	2,29	0,022	2,19	0,028	2,51	0,012
Приживаемость,%	0,62	0,531	0,64	0,520	2,41	0,010
Высота, см	4,47	0,001	0,53	0,596	3,08	0,002
Диаметр, см	4,65	0,001	1,15	0,248	1,70	0,088
Прирост,%	5,21	0,001	2,62	0,009	1,29	0,194

Оценка качества лесных культур сосны и ели по приживаемости показывает, что в большинстве случаев на изученных объектах она удовлетворяет требованиям по минимально допустимым значениям. Например, для сосны в возрасте 2-х лет она должна составлять 80 %, а для ели – 75 % [6].

Наши результаты близки к данным, полученным в модельных экспериментах на юге Швеции [12]. Там сеянцы сосны с ЗКС, посаженные механизированным способом с помощью современных посадочных агрегатов, демонстрируют более высокие показатели приживаемости, чем сеянцы, высаженные подрядчиками вручную после дисковых культиваторов. Авторы отмечают, что опыт сажальщиков также может сказаться на результатах создания лесных культур. Кроме того, рабочие на посадках не всегда способны глубоко сажать сеянцы в течение всего дня. При мелкой посадке в пласт с толстым слоем минеральной почвы сеянцы подвержены выжиманию морозом [11].

Данные по высоте культур сосны и ели, диаметру у шейки корня и среднему приросту за последние 2–3 года представлены на рисунке 2.

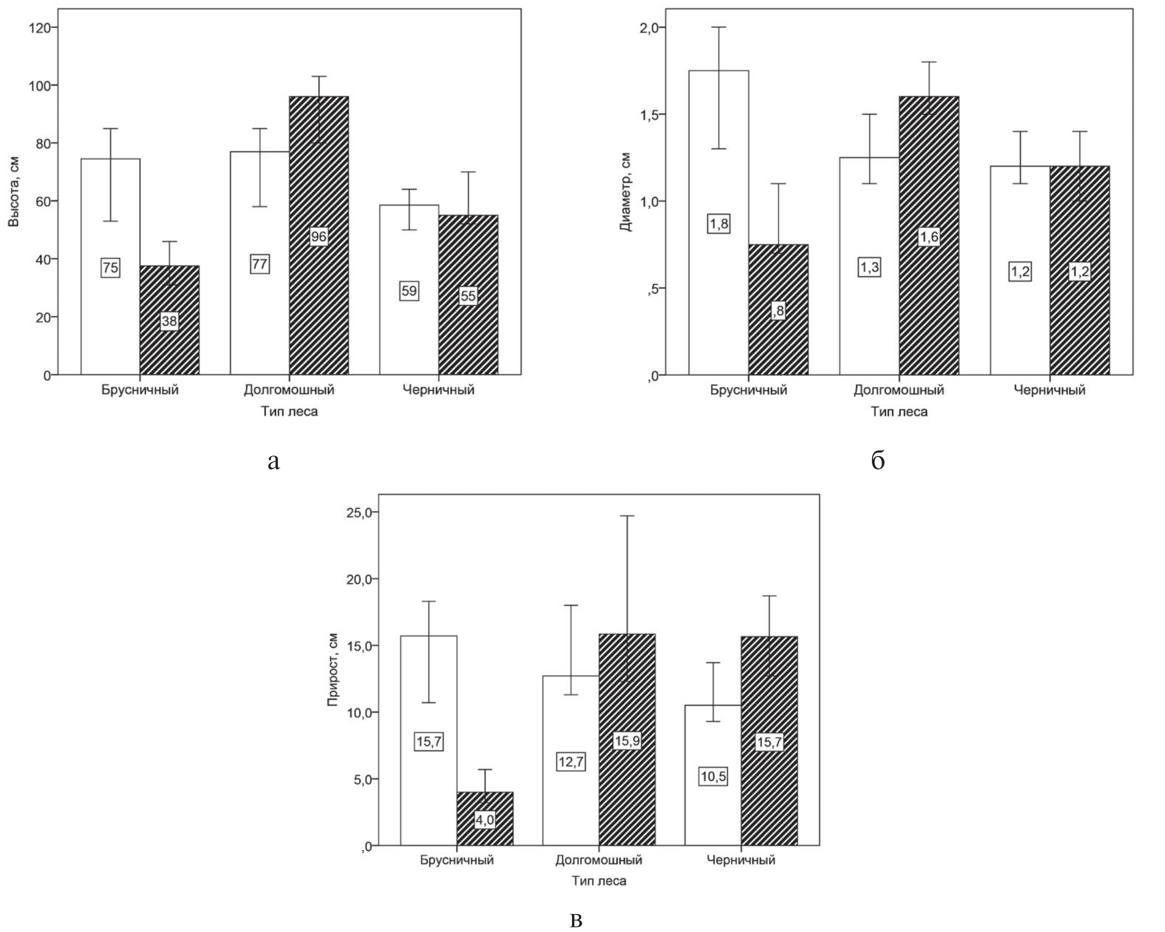


Рис. 2. Биометрические показатели культур сосны и ели на участках исследования: а – высота, см; б – диаметр, см; в – средний прирост по высоте, см. (На графиках: прозрачный столбец – механизированная посадка, заштрихованный столбец – ручная посадка)

Достоверные различия в высоте саженцев и диаметре у шейки корня между ручной и механизированной посадкой сосны в черничном типе леса отсутствуют (z = 0,64, p = 0,520; z = 0,53, p = 0,596). При этом прирост за два года отличается значительно. Так, при ручной посадке сосны его величина оказалась в 1,5 раза выше, чем при механизированной (z = 2,62, p = 0,009).

Для брусничного и долгомошного типов леса на способ посадки сеянцев накладываются различия в возрасте посадочного материала: двухлетние сеянцы сосны при механизированной посадке и однолетние при ручной в брусничном типе леса; однолетние сеянцы ели при механизированной посадке и двухлетние при ручной в долгомошном типе леса. Это позволяет одновременно оценить влияние возраста посадочного материала на последующий рост сосны и ели в культурах в крайне напряженных лесорастительных условиях: сухих – в брусничном и влажных – в долгомошном типе леса.

В брусничном типе леса высота саженцев сосны через 2 года после механизированной посадки оказалась выше на 97%, чем при ручной посадке (z = 4,47, p = 0,001), из-за разницы в возрасте посадочного материала. Аналогичные различия (125%) были установлены и по диаметру (z = 4,65, p = 0,001). Средний прирост сеянцев-двухлеток за 2 последних года при механизированной посадке в 4 раза выше, чем при ручном способе (z = 5,21, p = 0,001).

В долгомошном типе леса различия в показателях саженцев ели также связаны с возрастом посадочного материала. Высота сеянцев-двухлеток при ручной посадке больше на 25%, чем при механизированной посадке однолетних растений (z = 3,08, p = 0,002). На уровне статистической тенденции диаметр сеянцев-двухлеток также выше на 23% при ручной посадке, чем при механизированной (z = 1,70, p = 0,088). Отсутствует достоверная разница между средним приростом по высоте за последние 3 года между рассматриваемыми участками (z = 1,29, p = 0,194). То есть рост саженцев, созданных посадочным материалом разного возраста в условиях долгомошного типа леса, через 4 года после посадки выравнивается. Различия в показателях роста саженцев в брусничном и долгомошном типах леса прежде всего обусловлено возрастом посадочного материала, используемого при создании лесных культур. Особенности лесокультурных площадей, их почвенные и гидрологические свойства также повлияли на рост и развитие культур. Это связано с тем, что в разных лесорастительных условиях обработка почвы с помощью экскаватора изменяет строение посадочного места, в том числе гранулометрический состав почв, определяющий физические свойства почвы и водно-воздушный режим в месте посадки. Необходимо учитывать, что ковш экскаватора при подготовке микроповышения выносит в его состав не только верхние, но и срединные, и нередко нижние горизонты почвы, которые могут иметь на Севере тяжелый гранулометрический состав (средний и тяжелый суглинок) [5].

Заключение

Достоверные различия в приживаемости и росте лесных культур сосны и ели, созданных механизированной и ручной посадкой сеянцев с ЗКС в Двинско-Вычегодском лесном районе (Архангельская область и Республика Коми), прежде всего, объясняются особенностями лесокультурных площадей, их почвенными и гидрологическими свойствами. На рост саженцев в первые годы после посадки влияет также возраст сеянцев с ЗКС.

В черничном типе леса при одном возрасте сеянцев сосны с ЗКС оба способа имеют близкие результаты. Для брусничного и долгомошного типов леса на способ посадки сеянцев накладываются различия в возрасте сеянцев. Двухлетние сеянцы сосны при механизированной посадке в брусничном типе леса и двухлетние сеянцы ели при ручной посадке в долгомошном типе леса имели лучшие показатели роста по сравнению с однолетними сеянцами сосны и ели в однотипных условиях.

Опыт использования при посадке лесных культур сосны и ели с ЗКС агрегата Bracke P11.a показал, что одновременная обработка почвы и механизированная посадка сеянцев не уступает ручной посадке посадочными трубами. Однако важно подобрать соответствующие технологические схемы для обработки почвы и равномерного распределения микроповышений на единицу площади для нормирования первоначальной густоты культур. На успех их создания могут повлиять качество создания посадочных мест и применяемого посадочного материала, опыт сажальщиков и оператора экскаватора при создании посадочных мест, а также глубина посадки сеянцев.

Публикация подготовлена по результатам НИР, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований в сфере деятельности Федерального агентства лесного хозяйства. Регистрационный номер темы: 122020100319–9.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабич, Н.А. Актуальные проблемы лесовосстановления на европейском севере России в рамках перехода к интенсивной модели ведения лесного хозяйства / Н.А. Бабич, С.А. Корчагов, О.А. Конюшатов, Н.Н. Стребков, И.Н. Лупанова // Изв. вузов. Лесной журнал. – 2013. – № 2. – С. 74–83.
2. Бартенев, И.М. Современное развитие конструкций лесопосадочных машин за рубежом / И.М. Бартенев, И.В. Попов // Лесотехнический журнал. – 2014. – Т. 4, № 2 (14). – С. 203–216.

3. ГОСТ 17559-82 Лесные культуры. Термины и определения. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 29 апреля 1982 г. N 1749. – М. : Госстандарт, 1982. – 14 с.
4. Драпалюк, М.В. Новые конструкции универсальных лесопасадочных машин для посадки сеянцев с открытой и закрытой корневой системой / М.В. Драпалюк, В.В. Стасюк, В.А. Зеликов // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11, № 4(44). – С. 112–123. – DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.4/10.
5. Ильинцев, А.С. Формирование микроповышений при обработке почвы экскаваторами для создания лесных культур в подзоне средней тайги Республики Коми / А.С. Ильинцев, Е.Н. Наквасина // Успехи современного естествознания. – 2023. – № 9. – С. 16–21. – DOI: 10.17513/use.38097.
6. Львов, П.Н. Планирование и организация работ по естественному и искусственному лесовосстановлению в зоне тайги : технические указания / П.Н. Львов, Л.Ф. Ипатов, Р.Н. Клинов, Е.Н. Наквасина. – Архангельск : РИО АЛТИ, 1986. – 36 с.
7. Малаховец, П.М. Лесные культуры : учебное пособие / П.М. Малаховец. – Архангельск : ИПЦ САФУ, 2012. – 222 с.
8. Мочалов, Б.А. Лесокультурное производство – основа непрерывности лесопользования / Б.А. Мочалов, С.В. Бобушкина // Изв. вузов. Лесной журнал. – 2021. – № 4. – С. 80–96. – DOI: 10.37482/0536-1036-2021-4-80-96.
9. Мочалов, Б.А. Подготовка почвы и выбор посадочного места при создании лесных культур сосны из сеянцев с закрытыми корнями / Б.А. Мочалов // Изв. вузов. Лесной журнал. – 2014. – № 4. – С. 9–18.
10. Об утверждении Правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления : Приказ Минприроды России от 29.12.2021 N 1024 (ред. от 03.08.2023). Москва : зарегистрирован в Минюсте России 11.02.2022, регистрационный N 67240) // КонсультантПлюс: офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_409248/ (дата обращения 20.12.2023).
11. de Chantal, M. Frost heaving of *Picea abies* seedlings as influenced by soil preparation, planting technique, and location along gap-shelterwood gradients / M. de Chantal, H. Rita, U. Bergsten, M.O. Löfvenius, H. Grip // Silva Fennica. – 2009. – Vol. 43, no. 1. – P. 39–50.
12. Ersson, B.T. Concepts for Mechanized Tree Planting in Southern Sweden / B.T. Ersson. – Doctoral Thesis Swedish University of Agricultural Sciences. – Umeå, 2014. – 78 p.
13. Ersson, B.T. Simulated productivity of one- and two-armed tree planting machines / B.T. Ersson, L. Junden, U. Bergsten, M. Servin // Silva Fennica. – 2013. – Vol. 47, no. 2. – P. 1–23. – DOI: 10.14214/sf.958.
14. Hall, P. Mechanical site preparation using excavators / P. Hall // N.Z. FOREStRY. – 1995. – P. 31–35.
15. Laine, T. Comparative study of the Risutec Automatic Plant Container (APC) and Bracke planting devices / T. Laine, V.-M. Saarinen // Silva Fennica. – 2014. – Vol. 48, no. 3. – P. 1–16. – DOI: 10.14214/sf.1161.
16. Laine, T. Mechanized tree planting with an excavator mounted M-Planter planting device / T. Laine, J. Rantala // International Journal of Forest Engineering. – 2013. – Vol. 24, no. 3. – P. 183–193. – DOI: 10.1080/14942119.2013.844884.
17. Ramantswana, M. Advances in the Mechanization of Regenerating Plantation Forests: a Review / M. Ramantswana, S.P.S. Guerra, B.T. Ersson // Current Forestry Reports. – 2020. – Vol. 6. – P. 143–158. – DOI: 10.1007/s40725-020-00114-7.
18. Sikström, U. Influence of mechanical site preparation on regeneration success of planted conifers in clearcuts Fennoscandia – a review / U. Sikström, K. Hjelm, H.K. Hanssen, T. Saksa, K. Wallertz // Silva Fennica. – 2020. – Vol. 54, no. 2. – P. 1–35. – DOI: 10.14214/sf.10172.
19. Sutton, R.F. Mounding site preparation: a review of European and north American experience / R.F. Sutton // New For. – 1993. – Vol. 7, no. 2. – P. 151–192.

REFERENCES

1. Babich, N.A., Korchagov S.A., Konyushatov O.A., Strebkov N.N., Lupanova I.N. Aktual'nye problemy lesovosstanovleniya na evropejskom severe Rossii v ramkakh perekhoda k intensivnoj modeli vedeniya lesnogo khozyajstva [Current problems of reforestation in the European north of Russia within the framework of the transition to an intensive model of forestry management] *Izv. vuzov. Lesn. Zhurn [Izv. universities Forest Journal]*, 2013, no. 2, pp. 74–83. (In Russian).
2. Bartenev I.M., Popov I.V. Sovremennoe razvitie konstruktsij lesoposadochnykh mashin za rubezhom [Modern development of forest planting machine designs abroad]. *Lesotekhnicheskij zhurnal [Forestry Journal]*, 2014, vol. 4, no. 2 (14), pp. 203–216. (In Russian).

3. GOSt 17559-82 Lesnye kul'tury. Terminy i opredeleniya. Utverzhden i vveden v dejstvie Postanovleniem Gosudarstvennogo komiteta SSSR po standartam ot 29 aprelya 1982 g. N 1749 [GOSt 17559-82 Lesnye kul'tury. Terminy i defineniya. Utverzhden i vveden v dejstvie Postanovleniem Gosudarstvennogo komiteta SSSR po standartam from April 29, 1982, N 1749]. Moscow, 1982. 14 p. (In Russian).
4. Drapalyuk M.V, Stasyuk V.V., Zelikov V.A. Novye konstruktsii universal'nykh lesopasadochnykh mashin dlya posadki seyantsev s otkrytoj i zakrytoj kornevoj sistemoj [New designs of universal forest planting machines for planting seedlings with open and closed root systems]. *Lesotekhnicheskij zhurnal [Forestry Journal]*, 2021, vol. 11, no. 4 (44), pp. 112–123. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.4/10. (In Russian).
5. Il'intsev A.S., Nakvasina E.N. Formirovanie mikropovyshenij pri obrabotke pochvy ehkskavatorami dlya sozdaniya lesnykh kul'tur v podzone srednej tajgi Respubliki Komi [Formation of micro-highs when cultivating soil with excavators to create forest crops in the middle taiga subzone of the Komi Republic]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [Advances of modern natural science]*, 2023, no. 9, pp. 16–21. DOI: 10.17513/use.38097. (In Russian).
6. L'vov P.N., Ipatov L.F., Klinov R.N., Nakvasina E.N. Planirovanie i organizatsiya rabot po estestvennomu i iskusstvennomu lesovosstanovleniyu v zone tajgi: tekhnicheskie ukazaniya [Planning and organization of work on natural and artificial reforestation in the taiga zone: technical instructions]. Arkhangel'sk, RIO ALTI, 1986, 36 p. (In Russian).
7. Malakhovets P.M. Lesnye kul'tury. Uchebnoe posobie [Forest crops. Textbook]. Arkhangel'sk, 2012, 222 p. (In Russian).
8. Mochalov B.A., Bobushkina S.V. Lesokul'turnoe proizvodstvo – osnova nepreryvnosti lesopol'zovaniya [Silvicultural production is the basis for the continuity of forest management]. *Izv. vuzov. Lesn. Zhurn. [Izv. universities Forest Journal]*, 2021, no. 4, pp. 80–96. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-4-80-96. (In Russian).
9. Mochalov B.A. Podgotovka pochvy i vybor posadochnogo mesta pri sozdanii lesnykh kul'tur sosny iz seyantsev s zakrytymi kornyami [Soil preparation and choice of planting site when creating pine forest crops from seedlings with closed roots]. *Izv. vuzov. Lesn. Zhurn. [Izv. universities Forest Journal]*, 2014, no. 4, pp. 9–18. (In Russian).
10. Ob utverzhdenii Pravil lesovosstanovleniya, formy, sostava, poryadka soglasovaniya proekta lesovosstanovleniya, osnovanij dlya otkaza v ego soglasovanii, a takzhe trebovanij k formatu v ehlektronnoj forme proekta lesovosstanovleniya. Zaregistrirovan v Minyuste Rossii ehlektronnoj forme proekta lesovosstanovleniyaPrikaz Minprirody Rossii ot 29.12.2021 N 1024 (red. ot 03.08.2023. (Zaregistrirovano v Minyuste Rossii 11.02.2022 N 67240). *Konsul'tantPlyus: ofits. Sajt. Kompaniya «Konsul'tantPlyus». Ehlektron. sprav. pravovaya sistema* [On approval of the Rules for reforestation, form, composition, procedure for approving a reforestation project, grounds for refusal to approve it, as well as requirements for the format in electronic form of a reforestation project: Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated December 29, 2021 N 1024 (as amended on August 3, 2023). Moscow, registered with the Ministry of Justice of Russia on February 11, 2022, registration N 67240)]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_409248/ (date accessed 20.12.2023). (In Russian).
11. de Chantal M., Rita H., Bergsten U., Löfvenius M.O., Grip H. Frost heaving of *Picea abies* seedlings as influenced by soil preparation, planting technique, and location along gap-shelterwood gradients. *Silva Fennica*, 2009, vol. 43, no. 1, pp. 39–50.
12. Ersson B.T. Concepts for Mechanized Tree Planting in Southern Sweden. Doctoral Thesis Swedish University of Agricultural Sciences. Umeå, 2014, 78 p.
13. Ersson B.T., Junden L., Bergsten U., Servin M. Simulated productivity of one- and two-armed tree planting machines. *Silva Fennica*, 2013, vol. 47, no. 2, pp. 1–23. DOI: 10.14214/sf.958.
14. Hall P. Mechanical site preparation using excavators. *N.Z. FOREStRY*, 1995, pp. 31–35.
15. Laine T., Saarinen V.-M. Comparative study of the Risutec Automatic Plant Container (APC) and Bracke planting devices. *Silva Fennica*, 2014, vol. 48, no. 3, pp. 1–16. DOI: 10.14214/sf.1161.
16. Laine T., Rantala J. Mechanized tree planting with an excavator mounted M-Planter planting device. *International Journal of Forest Engineering*, 2013, vol. 24, no. 3, pp. 183–193. DOI: 10.1080/14942119.2013.844884.
17. Ramantswana M., Guerra S.P.S., Ersson B.T. Advances in the Mechanization of Regenerating Plantation Forests: a Review. *Current Forestry Reports*, 2020, vol. 6, pp. 143–158. DOI: 10.1007/s40725-020-00114-7.
18. Sikström U., Hjelm K., Hanssen H.K., Saksa T., Wallertz K. Influence of mechanical site preparation on regeneration success of planted conifers in clearcuts Fennoscandia – a review. *Silva Fennica,* 2020, vol. 54, no. 2, pp. 1–35. DOI: 10.14214/sf.10172.
19. Sutton R.F. Mounding site preparation: a review of European and north American experience. *New For*, 1993, vol. 7, no. 2, pp. 151–192.

Статья поступила в редакцию 30.01.2024