

На правах рукописи



КОНОВАЛОВА ДАРЬЯ АЛЕКСАНДРОВНА

**ВЫРАЩИВАНИЕ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА СОСНЫ КЕДРОВОЙ
СИБИРСКОЙ С ЗАКРЫТОЙ И ОТКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ
В ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЕ КРАСНОЯРСКА**

4.1.6 Лесоведение, лесоводство, лесные культуры,
агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Красноярск – 2024

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Братилова Наталья Петровна

Официальные оппоненты: Маленко Александр Анатольевич, доктор
сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО
«Алтайский государственный аграрный
университет» (г. Барнаул), кафедра лесного
хозяйства, заведующий кафедрой, доцент

Башегуров Константин Андреевич, кандидат
сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО
«Уральский государственный лесотехнический
университет» (г. Екатеринбург), кафедра
лесоводства, ассистент

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Братский государственный
университет», г. Братск

Защита диссертации состоится 18 декабря 2024 г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.403.02 при ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» по адресу: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 82, E-mail: kalenskaya1966@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева», на сайте СибГУ им. М. Ф. Решетнёва: www.sibsau.ru

Автореферат разослан 17 октября 2024 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
канд. с.-х. наук, доцент



Каленская Ольга Петровна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования.

Подбор оптимальной агротехники выращивания хвойных древесных пород – актуальная проблема лесовосстановления. Применение посадочного материала с закрытой корневой системой имеет ряд преимуществ перед традиционными сеянцами и саженцами: такой посадочный материал лучше переносит транспортировку, позволяет продлить лесокультурный сезон и дает возможность освоения труднодоступных участков.

Для успешного выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой следует учесть множество факторов. Наиболее существенными являются состав субстрата, применение удобрений, использование семенного материала с улучшенными наследственными свойствами. Е. М. Романов и др. также предлагают классифицировать посадочный материал с ОКС и ЗКС по селекционно-генетическим свойствам и размерам. Для сосны кедровой сибирской к настоящему времени отсутствуют стандартные требования к посадочному материалу с закрытой корневой системой. Многие вопросы выращивания сосны кедровой сибирской с закрытой корневой системой остаются не решенными.

Степень разработанности проблемы.

Использование посадочного материала с закрытой корневой системой для лесовосстановления первоначально предпринималось в России во второй половине XX века, но широкого распространения в тот период не получило. В XXI веке лесокультурное производство России вернулось к использованию посадочного материала с закрытой корневой системой (ЗКС). Проводятся исследования по использованию посадочного материала с ЗКС, отмечаются перспективы его применения в ряде регионов.

В настоящее время исследований, посвященных выращиванию сосны кедровой сибирской с закрытой корневой системой, ограниченное количество. В основном посадочный материал с ЗКС используют для сосны и ели. Полученные результаты по выращиванию посадочного материала с ЗКС сосны кедровой сибирской свидетельствуют об их актуальности и необходимости применения для создания высокопродуктивных лесных культур.

Цель и задачи исследования.

Целью исследований является разработка рекомендаций по совершенствованию агротехники выращивания посадочного материала сосны кедровой сибирской для лесовосстановления в условиях пригородной зоны Красноярска.

Задачи исследования:

1) Определить влияние формовой принадлежности сеянцев сосны кедровой сибирской на показатели их роста.

2) Установить зависимость всхожести семян и роста сеянцев с закрытой корневой системой от состава субстрата.

3) Предложить оптимальные приемы агротехники выращивания посадочного материала сосны кедровой сибирской.

Научная новизна. Впервые определено влияние формовой принадлежности сеянцев сосны кедровой сибирской на их рост в условиях закрытого и открытого грунта. Проведен сравнительный анализ роста посадочного материала сосны кедровой сибирской, выращиваемого в условиях пригородной зоны Красноярска с открытой и закрытой корневой системой. Установлено влияние состава субстратов на всхожесть семян и показатели роста растений за 4-х-летний период.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическая значимость работы заключается в установлении особенностей роста посадочного материала сосны кедровой сибирской с закрытой корневой системой в зависимости от их формовой принадлежности, состава субстрата, использования удобрений; проведении сравнительного анализа роста и формирования надземной и подземной фитомассы сеянцев с ОКС и ЗКС. Практическая значимость состоит в разработке рекомендаций по выращиванию посадочного материала сосны кедровой сибирской с закрытой корневой системой для лесовосстановления в условиях пригородной зоны г. Красноярска.

Материалы исследований использованы при разработке рабочей программы для обучающихся по направлению бакалавриата 35.03.01 «Лесное дело», профиля «Лесовосстановление и лесопользование» дисциплины «Выращивание растений в закрытом грунте».

Методология и методы исследования.

Аналитический и опытно-статистический методы при проведении исследований и обработке экспериментальных данных.

Обработка результатов проводилась с использованием статистических пакетов программ Microsoft Excel, Curve Expert1,3.

Положения, выносимые на защиту:

1. Сеянцы сосны кедровой сибирской разных форм отличаются по показателям роста при их выращивании, как с закрытой корневой системой, так и в условиях открытого грунта.

2. Всхожесть семян и рост сосны кедровой сибирской при выращивании с закрытой корневой системой зависят от состава субстрата.

3. Внесение удобрения АгроМастер 18.18.18+3 положительно влияет на рост однолетних сеянцев сосны кедровой сибирской с закрытой корневой системой при выращивании их на субстратах из торфа производства компаний ООО "ВЕЛТОРФ" или ООО "КрасКИП".

Степень достоверности и апробации результатов. Достоверность результатов исследования подтверждается данными, полученными в течение четырехлетнего периода наблюдений и их статистической обработкой.

Результаты исследований были апробированы на Международных конференциях «Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений» (Красноярск, 2022-2023); «Аграрная наука – сельскому хозяйству» (Барнаул, 2022); «Лесное хозяйство: 88-я научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов» (Минск, 2024); «Генофонд и селекция растений» (Новосибирск, 2024) и Всероссийских конференциях «Лесной и химический комплексы – проблемы и решения» (Красноярск 2022, 2023); «Экология, рациональное природопользование и охрана окружающей среды» (Лесосибирск, 2022); «Студенческая наука – взгляд в будущее» (Красноярск, 2023); «Научное творчество молодежи – лесному комплексу России» (Екатеринбург, 2023).

Личный вклад. Автор принимала непосредственное участие в закладке экспериментов, сборе полевого материала, его обработке и анализе.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 250 с., включая общую характеристику работы, 5 глав, заключение, список использованных источников из 161 наименований и приложения, изложенные на 123 с. В текстовой части содержится 39 таблиц, 33 рисунка.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 научных статей, в том числе 4 в рецензируемых журналах (по списку ВАК).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Дан подробный анализ использованию в лесокультурном производстве посадочного материала с закрытой и открытой корневой системой, уделено внимание преимуществам и недостаткам, отмеченным в литературных источниках, в зависимости от древесной породы и лесорастительных условий.

В настоящее время вопросы выращивания посадочного материала кедровых сосен с открытой корневой системой достаточно полно изучены, однако посадочному материалу с ЗКС было уделено меньшее внимание, чем другим хвойным породам, особенно таким, как сосна и ель. Так, А.В. Жигунов писал, что семена кедровых сосен из-за их низкой всхожести лучше не сеять непосредственно в кассеты, а использовать ручную пикировку или брикетирование. О.Ю. Храмова, С.В. Молодцов описывали опыт выращивания сеянцев сосны кедровой сибирской с ЗКС в закрытом грунте в условиях Нижегородской области. О.А. Белых и Л.П. Лукиянчук выявили положительное влияние крезацина на прирост фитомассы кедровых сеянцев с ЗКС.

Е.М. Рунова и др. считают целесообразным при выращивании кедровых сеянцев с ЗКС добавлять гетероауксин. О.С. Матвейчук с соавторами отмечали, что у кедровых саженцев, выращенных с закрытой корневой системой, формируются более мелкие корни. Е. В. Титов предлагает для выращивания сеянцев сосны кедровой сибирской с ЗКС применять контейнеры большого объема (не менее 200-300 см³), а в качестве субстрата использовать смесь торфа и суглинка в равных долях с добавлением удобрений.

Большое внимание уделено выращиванию посадочного материала высокой селекционной ценности на основе ранней диагностики хозяйственно-ценных признаков древесных пород.

2 ПРОГРАММА, МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по выращиванию посадочного материала сосны кедровой сибирской проводились в течение четырех вегетационных периодов. Объектом исследований явились всходы и сеянцы сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) с открытой и закрытой корневой системой.

В эксперименте 2021 г. посев семян проводился в пластиковые стаканчики с нанесением отверстий в нижней части объемом 200 см³. В 2022 г. использовались специальные кассеты Plantek-81F с объемом ячейки 85 см³ (рис. 1).



Рисунок 1 – Сеянцы с закрытой корневой системой (закладка опытов 2021-2022 гг.)

Для выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой использовали разные варианты субстратов. В опыте 2021 г. в качестве контроля применяли торф нейтральный «Агробалт-садовый». Для оптимизации характеристик смесей были исследованы субстраты на основе торфа, почвы или кокосового волокна с добавлением перлита, вермикулита в разных пропорциях (табл. 1).

Одновременно с закладкой опыта по выращиванию посадочного материала с закрытой корневой системой проводился посев семян в гряды на глубину 2,0 см на

территории Красноярского лесничества в пригородной зоне Красноярска для выращивания сеянцев с ОКС.

Таблица 1 – Экспериментальные варианты субстратов в опыте 2021 г.

Вариант		Субстрат	Пропорции смеси, %
номер	обозначение		
1	К	кокосовый субстрат	100
2	К ₈₈ П ₁₂	кокосовый субстрат с перлитом	88/12
3	К ₈₈ В ₁₂	кокосовый субстрат с вермикулитом	88/12
4	КТ	кокосовый субстрат с торфом	50/50
5	К ₉₀ П ₅ В ₅	кокосовый субстрат с перлитом и вермикулитом	90/5/5
6	Т	торф	100
7	Т ₈₈ П ₁₂	торф с добавлением перлита	88/12
8	Т ₈₈ В ₁₂	торф с добавлением вермикулита	88/12
9	Т ₉₀ П ₅ В ₅	торф с перлитом и вермикулитом	90/5/5
10	КМ	кокосовый субстрат с почвой с микоризой	50/50
11	ТМ	торф с почвой с микоризой	50/50
12	Пк	почва с кедровых плантаций	100
13	Пб	почва из березняка разнотравного	100
14	Пб ₈₈ П ₁₂	почва с перлитом	88/12
15	Пб ₈₈ В ₁₂	почва с вермикулитом	88/12
16	Пб ₅₀ Пм ₅₀	почва, почва с микоризой	50/50
17	Пб ₅₀ К ₅₀	почва с кокосовым волокном	50/50
18	Пб ₅₀ Т ₅₀	почва с торфом	50/50
19	Пб ₉₀ П ₅ В ₅	почва с перлитом и вермикулитом	90/5/5

В однолетнем возрасте сеянцы были рассортированы по числу семядолей, их длине и форме, длине первичной хвои.

В конце первого вегетационного периода сеянцы с ЗКС и часть сеянцев с ОКС пересаживали в школьное отделение питомника СибГУ им. М.Ф. Решетнева на доращивание в гряды по схеме 25х30 см.

Во всех вариантах опыта были выбраны в качестве модельных сеянцы для определения размеров корней и фракций фитомассы.

В опыте 2022 г. в качестве контрольного субстрата использовался торф производства компании ООО "ВЕЛТОРФ". В постановке данного эксперимента в смесях применяли также и торф местного происхождения, добываемый в Козульском районе Красноярского края. Торф смешивали с опилками, вермикулитом, перлитом в

разных пропорциях. В ряде экспериментальных смесей в качестве основного компонента вместо торфа было использовано кокосовое волокно (табл. 2).

Таблица 2 – Экспериментальные варианты субстратов в опыте 2022 г.

Номер варианта	Субстрат, проценты
1	торф ООО "ВЕЛТОРФ, 100
2	кокосовый субстрат, 100
3	кокосовый субстрат с перлитом, 50/50
4	кокосовый субстрат с вермикулитом, 50/50
5	торф местный, 100
6	торф местный с вермикулитом, 50/50
7	торф местный с опилками, 50/50
8	торф местный с опилками и вермикулитом, 50/25/25
9	торф местный с опилками и вермикулитом, 33,3/33,3/33,3
10	кокосовый субстрат с перлитом и вермикулитом, 33,3/33,3/33,3
11	торф местный с перлитом, 50/50
12	торф местный с перлитом и вермикулитом, 33,3/33,3/33,3
13	торф местный с кокосовым волокном, 50/50
14	торф местный с опилками и перлитом, 33,3/33,3/33,3
15	торф местный с опилками, перлитом и вермикулитом, 25/25/25/25
16	торф местный с опилками и перлитом, 50/25/25

Вторую повторность сеянцев в течение первого периода вегетации обрабатывали удобрением АгроМастер 18.18.18+3. Одновременно были проведены посевы семян в открытом грунте. В течение первого вегетационного периода сеянцы с ЗКС выращивали в теплице, предоставленной ООО «Красноярский лесопитомник», после чего пересаживали в школьное отделение питомника СибГУ им. М.Ф. Решетнева на доращивание.

За сеянцами с ЗКС и ОКС проводили регулярные ежегодные наблюдения, в качестве уходов применяли прополку.

Обработку данных проводили с использованием программы Microsoft Excel. Уровень изменчивости признаков устанавливали по шкале С. А. Мамаева. Достоверность различий между показателями определяли по фактическому критерию (t_f), сравнивая его с табличным (t_{05} или t_{10}). При обработке данных был использован корреляционный и регрессионный анализы (с использованием программы Curve Expert 1.3).

3 ВЫРАЩИВАНИЕ СЕЯНЦЕВ В ПЛАСТИКОВЫХ СТАКАНЧИКАХ ОБЪЕМОМ 200 СМ³

При посеве стратифицированных семян сосны кедровой сибирской в пластиковые стаканчики с размером кома 200 см³ их всхожесть в условиях оранжереи СибГУ им. М.Ф. Решетнева в зависимости от состава субстрата варьировала от 3,3 до 96,7 % (рис. 2).

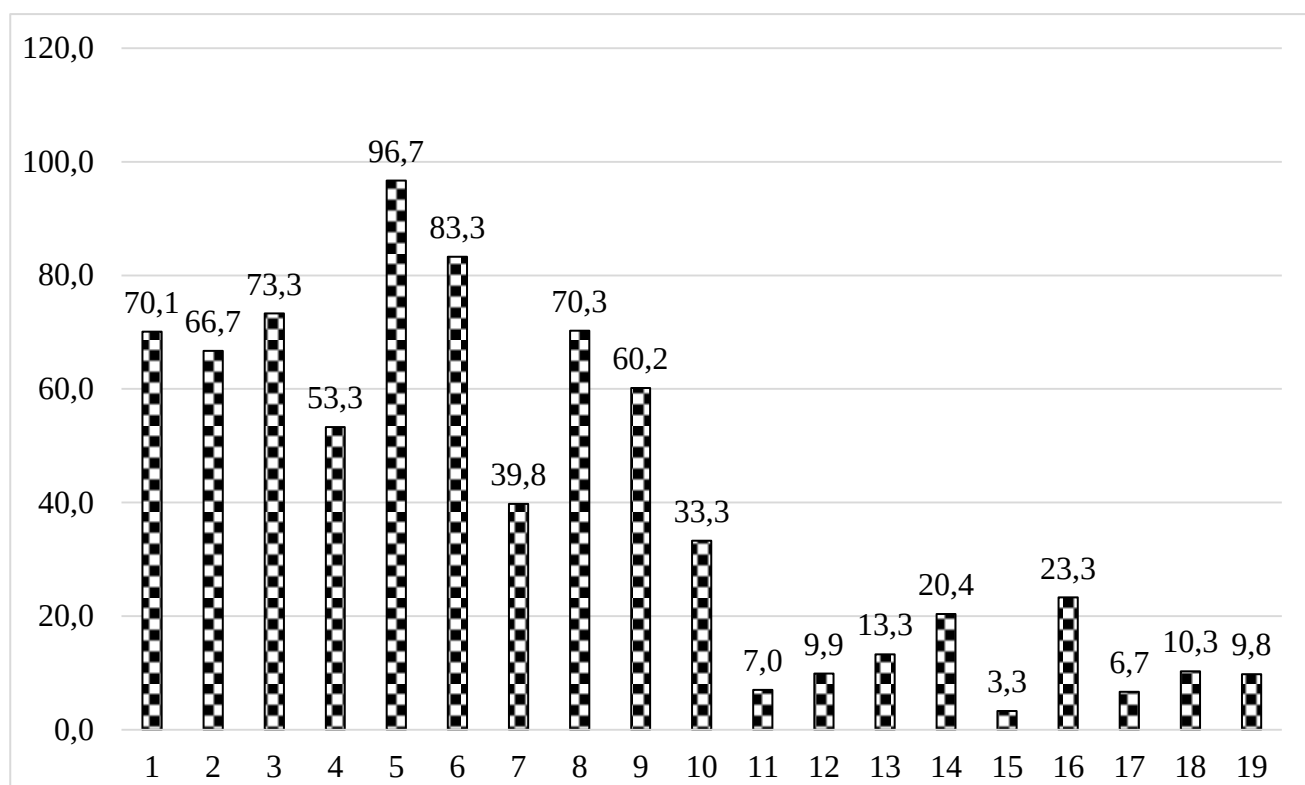


Рисунок 2 – Всхожесть в зависимости от варианта субстрата, %

Большей всхожестью отличаются семена на субстратах варианта 5 (на основе кокосового волокна с добавлением 5 % перлита и 5 % вермикулита) и 6 (с использованием торфа). Меньшей всхожестью характеризовались варианты с добавлением почвы (независимо от других добавок и их концентраций).

Было изучено влияние формовой принадлежности сеянцев на их биометрические показатели. Так, сеянцы с серповидными семядолями имели более длинные семядоли, первичную хвою и длину гипокотыля, чем у растений с прямой формой семядолей. Многосемядольные экземпляры (13-15 шт.) формируют большую длину подсемядольного колена. Растения с длинными семядолями (ДС) отличаются также достоверно большей длиной гипокотыля и первичной хвои, чем с короткими семядолями (КС). Сеянцы с длинной первичной хвоей (ДПХ) имеют превышение по длине гипокотыля и семядолей против сравниваемой группы с короткой первичной хвоей (КПХ) (табл. 3).

Таблица 3 – Показатели однолетних сеянцев разных форм

Форма	Длина гипокотыля, см		Длина семядолей, см		Длина первичной хвои, см	
	$X_{cp} \pm m$	t_{ϕ}	$X_{cp} \pm m$	t_{ϕ}	$X_{cp} \pm m$	t_{ϕ}
Прямые семядоли	$2,8 \pm 0,10$	3,12	$3,2 \pm 0,07$	3,25	$1,0 \pm 0,04$	3,54
Серповидные семядоли	$3,2 \pm 0,08$		$3,5 \pm 0,06$		$1,2 \pm 0,04$	
Многосемядольные	$3,6 \pm 0,26$	1,90	$3,4 \pm 0,17$	0	$1,3 \pm 0,09$	0,97
Малосемядольные	$3,0 \pm 0,18$		$3,4 \pm 0,14$		$1,2 \pm 0,05$	
Длинные семядоли	$3,6 \pm 0,10$	7,04	$4,1 \pm 0,04$	24,99	$1,3 \pm 0,04$	6,25
Короткие семядоли	$2,5 \pm 0,12$		$2,5 \pm 0,05$		$0,9 \pm 0,05$	
Длинная первичная хвоя	$3,8 \pm 0,13$	7,63	$3,8 \pm 0,08$	7,53	$1,6 \pm 0,03$	21,21
Короткая первичная хвоя	$2,5 \pm 0,11$		$3,0 \pm 0,07$		$0,7 \pm 0,06$	

*при $t_{05} = 1,99$, $t_{10} = 1,78$

В зависимости от состава субстрата средняя длина корней у однолетних сеянцев варьировала от 5,7 до 12,5 см (рис. 3).

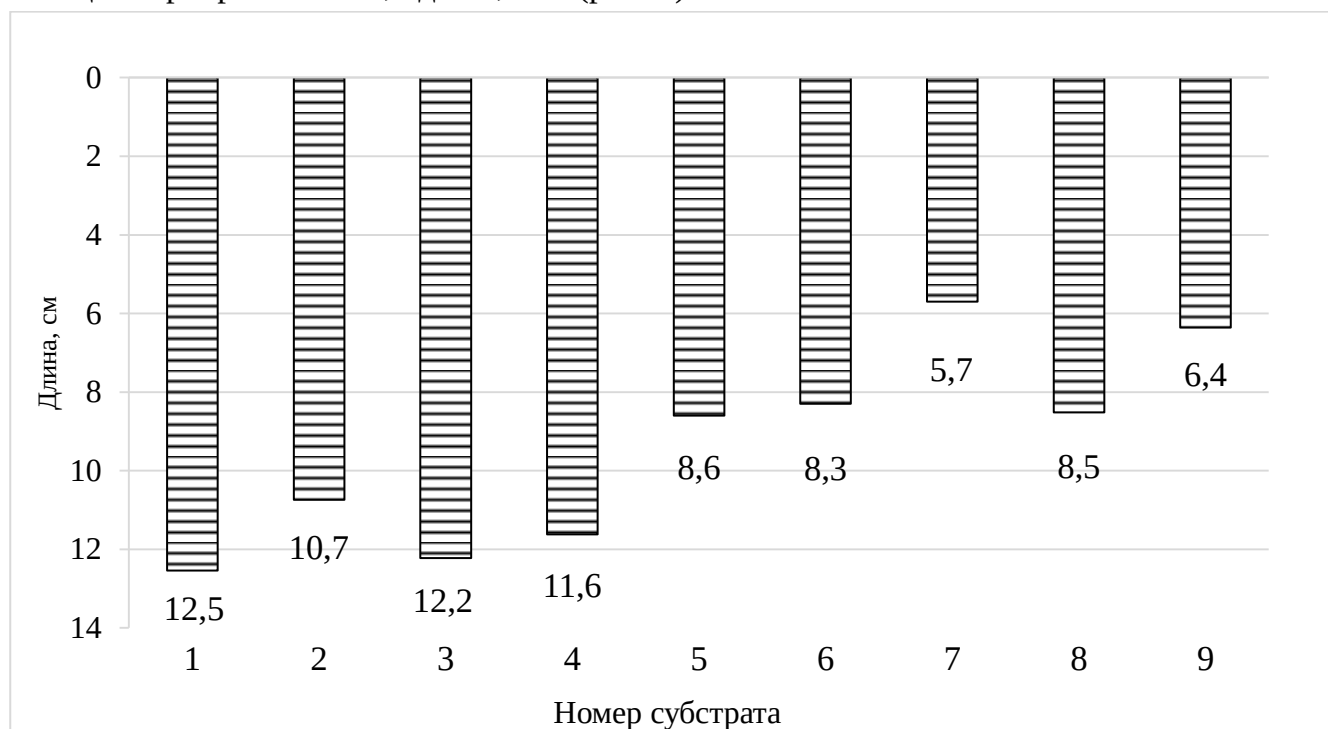


Рисунок 3 – Длина корней сеянцев в зависимости от состава субстрата, см

Наименьшие размеры корней были отмечены на субстрате из торфа в сочетании с перлитом ($T_{88}П_{12}$, вариант 7). Данный показатель у сеянцев, выращиваемых на контрольном субстрате из торфа (вариант 6) составил 8,3 см, а на чистом кокосовом субстрате (вариант 1) – 12,5 см.

К концу первого периода вегетации сеянцы, выращиваемые на субстратах, где в качестве основного компонента использовалось кокосовое волокно, показали достоверное преимущество по длине и массе корней (рис. 4). У сеянцев, выращенных

на субстратах, где в качестве основного компонента применялся торф, выявлено достоверное превышение по массе надземной части (табл. 4).

Таблица 4 – Показатели сеянцев, выращиваемых на субстратах разного состава

Показатель/ Основа субстрата	$X_{cp} \pm m$		t_{ϕ} (при $t_{05} = 2,04$)
	торф	кокосовое волокно	
Длина основного корня, см	$8,1 \pm 0,69$	$11,0 \pm 0,82$	2,74
Масса корней, г в а.с.с.	$0,03 \pm 0,003$	$0,05 \pm 0,003$	3,74
Масса надземной части, г в а.с.с.	$0,12 \pm 0,005$	$0,10 \pm 0,004$	3,08

В процессе исследований подбирались уравнения, описывающие взаимосвязь показателей длины основного корня и фитомассы корневой системы сеянцев с ЗКС (корреляционное отношение между данными показателями равно 0,54). Сделан вывод о целесообразности проведения аппроксимации зависимости линейных размеров и фитомассы сеянцев отдельно для растений, выращиваемых на основе кокосового волокна и торфа, так как корневая система, формируемая на разных субстратах, существенно отличается как по внешним признакам, так и по массе (табл. 5).

Таблица 5 – Уравнения аппроксимации длины и массы корней сеянцев с ЗКС

Вариант	Уравнение	R^2
Вся выборка	$Y = - 0,0182 + 0,0273 \cdot \ln(X)$	0,402
Субстраты на основе торфа	$Y = 0,0067 + 0,0099 \cdot X - 0,0009 \cdot X^2 + 3,2939047e-005 \cdot X^3$	0,563
Субстраты на основе кокоса	$Y = - 5388136,8X / (- 1,2182886e+009 + X)$	0,482

X – длина основного корня, см; Y – масса корней в а.с.с., г

Осенью 2021 года сеянцы сосны кедровой сибирской были пересажены в гряды открытого грунта на территории Учебно-опытного лесхоза СибГУ им. М.Ф. Решетнева. За растениями проводили ежегодные уходы и наблюдения.

К четвертому году лучшей сохранностью среди вариантов, где в качестве основного компонента субстрата использовалось кокосовое волокно, отличались растения, выращиваемые на субстрате с добавлением 5 % перлита и 5 % вермикулита (вариант $K_{90}P_5B_5$). Из растений, выращиваемых на субстратах на основе торфа, лучшая сохранность отмечена в контрольном варианте на торфе, а также на субстратах $T_{88}B_{12}$ и $T_{90}P_5B_5$. Наибольшими показателями роста отличались растения, выращиваемые на субстратах $K_{90}P_5B_5$, $T_{88}B_{12}$ и T (рис. 4).

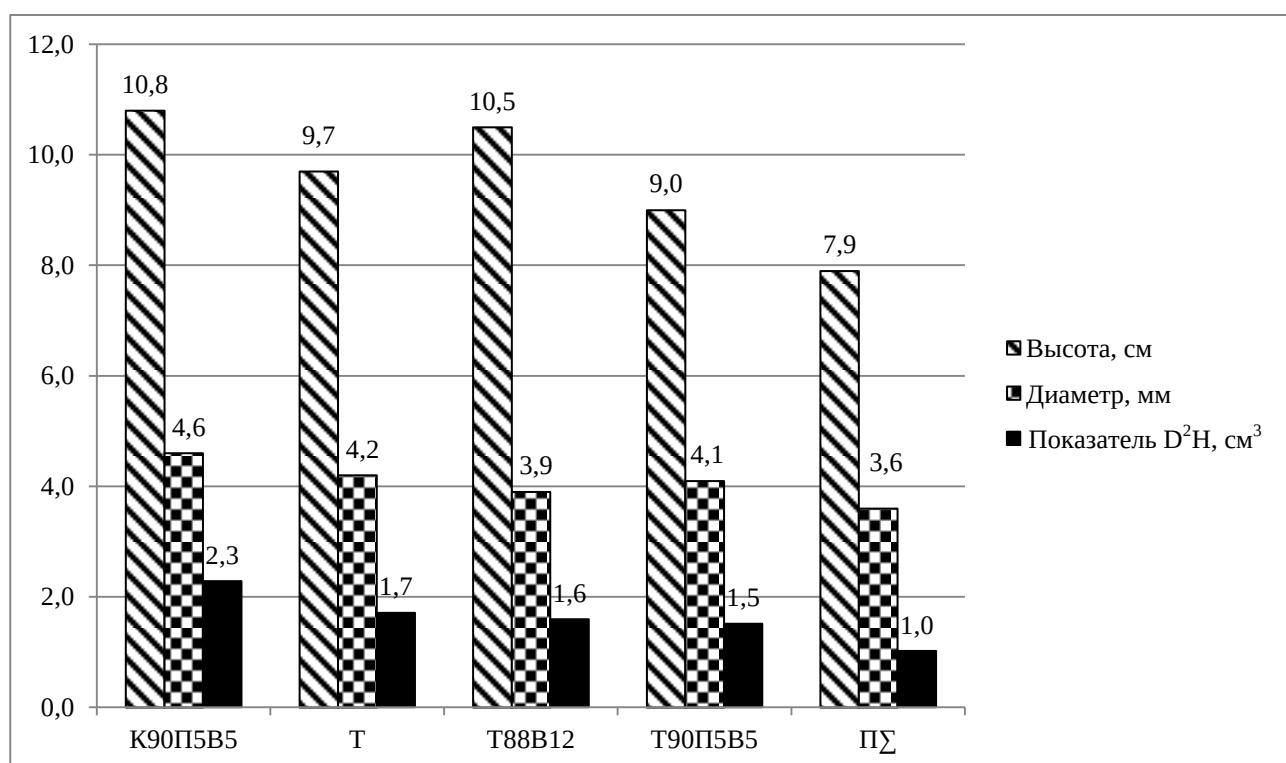


Рисунок 4 – Размеры четырехлетних растений

Растения сосны кедровой сибирской, выращиваемые в течение первого вегетационного периода с закрытой корневой системой в стаканчиках с объемом кома 200 см^3 , к концу четвертого периода вегетации отличаются по размерам. Сеянцы, выращенные в субстратах вариантов $K_{90}П_5В_5$ и $T_{88}В_{12}$ (88 % торфа с добавлением 12 % вермикулита) за четырехлетний период достигают размеров, соответствующих стандартным размерам сеянцев с ОКС. В связи с тем, что для сосны кедровой сибирской, выращиваемой с ЗКС, до настоящего времени не разработаны стандартные требования к посадочному материалу, можно рекомендовать использовать также посадочный материал, выращиваемый на чистом торфяном субстрате, несмотря на некоторое снижение его высоты, так как данные растения обладают высоким показателем D^2H .

4 ВЫРАЩИВАНИЕ СЕЯНЦЕВ В КАССЕТАХ ОБЪЕМОМ 85 см^3

Проанализирована изменчивость роста сеянцев сосны кедровой сибирской, выращиваемых на экспериментальных субстратах в кассетах объемом кома 85 см^3 в тепличном комплексе ООО «Красноярский лесопитомник».

Семена, прошедшие стратификацию, высевали вручную в кассеты Plantek-81F. Средняя всхожесть семян составила 57,5 %. В зависимости от варианта субстрата всхожесть варьировала от 48,8 до 64,8 % (рис. 5).

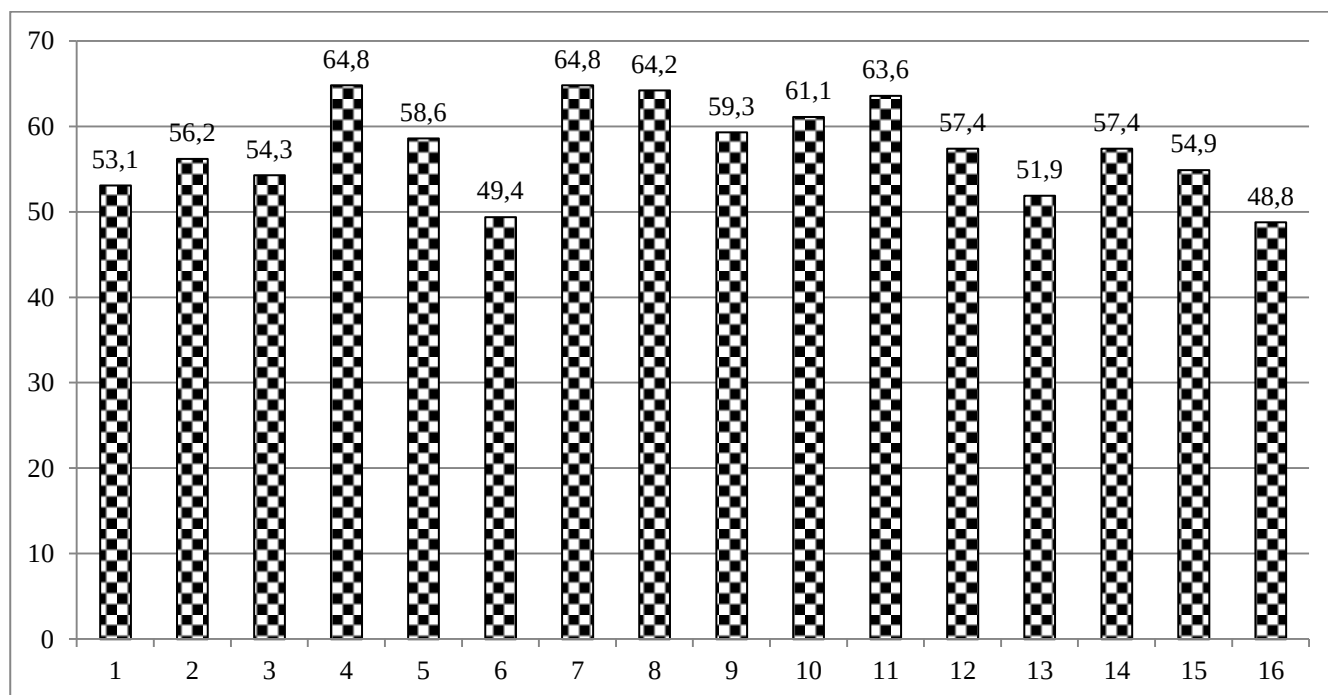


Рисунок 5 – Всхожесть семян на субстратах разного состава, %

В контрольном варианте субстрата (номер 1) всхожесть составила 53,1 %. При использовании в качестве субстрата торфа местного происхождения, добываемого в Козульском районе Красноярского края, всхожесть кедровых семян равнялась 58,6 %. (вариант 5). Всхожесть более 60 % отмечалась в вариантах 7, 8, 4, 10 и 11. Всхожесть менее 50 % была в вариантах 6 и 16.

К концу первого периода вегетации средняя длина гипокотилия сеянцев составила $3,0 \pm 0,02$ см. В зависимости от варианта субстрата этот показатель варьировал от $2,6 \pm 0,09$ см до $3,4 \pm 0,07$ см. Большей длиной гипокотилия среди изученных вариантов характеризовались сеянцы, выращиваемые на 4-ом и 8-ом вариантах субстрата.

Вторую повторность кассет с сеянцами обрабатывали удобрением АгроМастер 18.18.18+3. Обработка сеянцев с ЗКС в ряде вариантов не оказала существенного влияния на их рост. Но в вариантах 1, 5, 6, 10 и 16 длина гипокотилия однолетних сеянцев достоверно увеличилась (табл. 6).

Таблица 6 – Длина гипокотилия семян в зависимости от внесения удобрений, см

Номер варианта	Без внесения удобрений	С использованием удобрений	t_{ϕ} при $t_{05}=2,04$
1	2,7±0,07	3,1±0,05	4,30
5	2,9±0,08	3,2±0,08	2,56
6	3,1±0,09	3,3±0,08	2,08
10	2,7±0,05	3,0±0,05	4,67
16	2,6±0,09	2,9±0,06	2,59

Осенью 2022 г. сеянцы были пересажены в гряды открытого грунта на территории Учебно-опытного лесхоза СибГУ им. М.Ф. Решетнева.

К концу третьего вегетационного периода растения имели средний диаметр у шейки корня 3,3±0,07 мм. В зависимости от состава субстрата в первый вегетационный период данный показатель варьировал от 2,8 мм до 4,0 мм. Наибольший диаметр стволика отмечался в вариантах 1, 10, 7, 12, 15, 4. Отстают растения вариантов 3, 13 и 16 (табл. 7).

Таблица 7 – Диаметр стволика трехлетних сеянцев, мм

Номер субстрата	X_{cp}	$\pm m$	$\pm \sigma$	P, %	V, %	t_{ϕ} (при $t_{05}=2,04$)
1	4,0	0,33	0,93	8,2	23,1	-
2	3,0	0,06	0,10	1,9	3,3	2,98
3	2,6	0,14	0,31	5,3	11,9	3,91
4	3,5	0,31	1,04	8,9	29,6	1,10
5	3,2	0,21	0,60	6,7	17,6	2,05
6	3,3	0,25	0,75	7,7	23,0	1,69
7	3,7	0,26	0,79	7,1	21,4	0,71
8	2,9	0,14	0,38	4,7	13,2	3,07
9	2,9	0,13	0,35	4,5	11,7	3,10
10	3,8	0,29	0,72	7,8	19,1	0,46
11	3,3	0,33	0,58	10,0	17,3	1,50
12	3,6	0,33	0,80	9,1	22,4	0,86
13	2,8	0,17	0,29	5,9	10,2	3,23
14	3,4	0,21	0,58	6,1	17,3	1,53
15	3,6	0,20	0,52	5,5	14,4	1,04
16	2,8	0,12	0,27	4,4	9,8	3,42

Проведенные наблюдения позволяют отметить влияние на рост посадочного материала сосны кедровой сибирской не только состава субстрата, но и размера кома. Так, в эксперименте с использованием стаканчиков размером 200 см³ (опыт 2021 г.),

сеянцы, выращиваемые на контрольном торфяном субстрате, к концу первого вегетационного периода имели наибольшую длину hypocotyle ($3,8 \pm 0,20$ см против $2,7 \pm 0,07$ см при использовании кассет с объемом кома 85 см^3). Результаты исследований показывают перспективность продолжения исследований по влиянию размера кома на рост сеянцев с закрытой корневой системой.

5 ИЗМЕНЧИВОСТЬ РОСТА СЕЯНЦЕВ С ОТКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ

В 2021 г. кедровые семена после траншейной стратификации были высеяны на территории Красноярского лесничества в начале июня. Грунтовая всхожесть семян составила 87 %.

В конце первого вегетационного периода средняя длина hypocotyle сеянцев равнялась $4,0 \pm 0,03$ см, семядолей – $3,4 \pm 0,02$ см (табл. 8).

Таблица 8 – Изменчивость показателей сеянцев сосны кедровой сибирской

Показатель	$X_{\text{ср.}}$	$\pm\sigma$	$\pm m$	P, %	V, %
Длина семядолей, см	3,4	0,53	0,02	0,7	15,5
Длина первичной хвои, см	1,0	0,31	0,01	1,3	29,3
Длина верхушечной почки, см	0,8	0,2	0,01	1,4	28,4
Длина hypocotyle, см	4,0	0,6	0,03	0,8	15,4

Выявлено влияние формовой принадлежности сеянцев на показатели их роста. Растения, сформировавшие меньшее число семядолей (6-8 шт.), достоверно отстают по длине hypocotyle от сеянцев со средним и большим числом семядолей (9-14 шт.), составляя $3,3 \pm 0,28$ см против $4,0 \pm 0,03$ см и $4,2 \pm 0,08$ см соответственно. Сеянцы с короткой первичной хвоей по длине семядолей, hypocotyle и верхушечной почки достоверно уступают сеянцам с первичной хвоей больших размеров.

Осенью 2021 г. часть сеянцев была оставлена в грядках для доращивания, часть пересажена вместе с сеянцами ЗКС в гряды Учебно-опытного лесхоза (рис. 6) и часть взята в качестве модельных для измерения корневой системы и определения фитомассы (рис. 7).

При изучении показателей модельных однолетних сеянцев, выращенных в открытом грунте, выявлено, что длина их корней составила $16,5 \pm 0,61$ см. Общая фитомасса равнялась $0,26 \pm 0,008$ г в абсолютно сухом состоянии. На надземную часть приходилось 63,1 % фитомассы.

Сеянцы, выращиваемые с открытой корневой системой без внесения удобрений, к четырехлетнему возрасту достигли по высоте $17,1 \pm 0,71$ см, по диаметру стволика у шейки корня – $4,3 \pm 0,19$ мм.

Выявлено влияние пересадки растений в конце первого вегетационного периода на их высоту. Высота пересаженных двухлетних растений была в 1,4 раза ниже, чем у сеянцев, оставленных на доращивание. Высота трехлетних пересаженных растений в среднем равнялась $6,6 \pm 0,12$ см, диаметр у шейки корня составлял $2,3 \pm 0,05$ мм. Трехлетние растения сформировали почки количеством от 1 до 3 шт. длиной $1,2 \pm 0,04$ см.



Рисунок 6 – Пересаженные растения

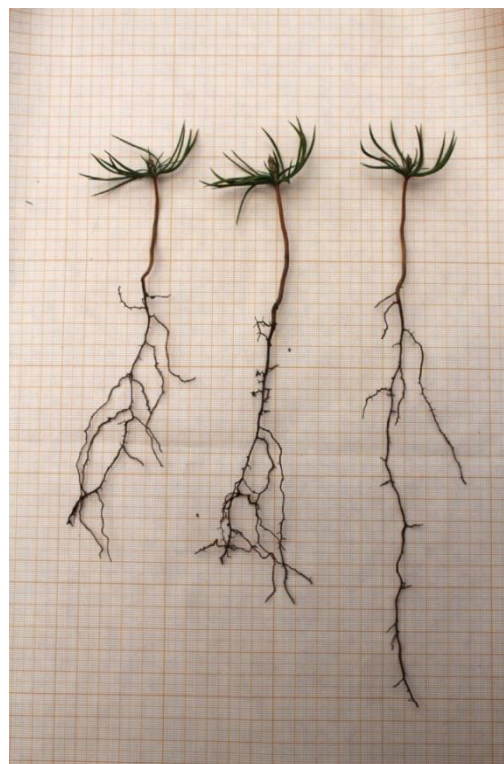


Рисунок 7 – Модельные сеянцы

Сосна кедровая сибирская, выращиваемая с ОКС без применения удобрений и пересаженная в конце первого периода вегетации в школьное отделение питомника, в четырехлетнем возрасте достигла высоты $11,4 \pm 0,30$ см, диаметра стволика $5,3 \pm 0,14$ мм.

Проведенные исследования за ростом сосны кедровой сибирской, выращиваемой с открытой корневой системой, позволили установить, что растения, пересаженные в конце первого периода вегетации в школьное отделение по схеме 25×30 см, в течение трех последующих лет выращивания имеют меньшую высоту, но больший диаметр стволика, чем сеянцы, выращиваемые в посевном отделении без пересадки.

Проведен сравнительный анализ роста сеянцев сосны кедровой сибирской, выращиваемых с открытой и закрытой корневой системой. Установлено, что к концу первого периода вегетации сравниваемые варианты достоверно различаются по размеру гипокотыля ($4,0 \pm 0,03$ против $3,0 \pm 0,06$ см), длине корней ($16,5 \pm 0,61$ и $9,4 \pm 0,57$ см) и фитомассе ($0,26 \pm 0,008$ в сравнении с $0,15 \pm 0,005$ г в абсолютно сухом состоянии).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований при выращивании посадочного материала сосны кедровой сибирской и наблюдений за его ростом в условиях закрытого и открытого грунта за четырехлетний период сделаны следующие выводы:

1) Формовая принадлежность сеянцев, выращиваемых с закрытой и открытой корневой системой, оказывает влияние на показатели их роста. Достоверно большими значениями характеризовались сеянцы, имеющие превышения по числу, длине семядолей и первичной хвои.

2) На всхожесть семян, размеры, фитомассу надземной и подземной частей сеянцев оказывает влияние состав субстрата. Наибольшая всхожесть отмечена с использованием субстрата на основе кокосового волокна с добавлением 5 % вермикулита и 5 % перлита (вариант K₉₀P₅B₅).

3) Внесение удобрения АгроМастер 18.18.18+3 способствует ускоренному росту сеянцев сосны кедровой сибирской с закрытой корневой системой на субстратах из торфа производства компании ООО "ВЕЛТОРФ" или торфа производства компании ООО "КрасКИП".

4) На сохранность и рост четырехлетних растений сосны кедровой сибирской к четвертому году выращивания наибольшие показатели были в вариантах с использованием субстратов с составом K₉₀P₅B₅ (90 % кокосовой смеси с добавлением 5 % перлита и 5 % вермикулита), T₈₈B₁₂ (88 % торфа с добавлением 12 % вермикулита) и контрольном варианте из торфа (Т). Четырехлетние растения в вариантах K₉₀P₅B₅ и T₈₈B₁₂ достигают стандартных размеров, рекомендуемых для сеянцев с ОКС.

5) Посадочный материал сосны кедровой сибирской, выращиваемый с открытой корневой системой в условиях Красноярского лесничества без использования удобрений, достиг стандартных размеров в четырехлетнем возрасте.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ:

1) Для составления субстратов рекомендуется использовать в качестве основного компонента как традиционную составляющую – торф, так и кокосовое волокно.

2) Для выращивания сеянцев сосны кедровой сибирской с закрытой корневой системой целесообразно применять субстраты следующих составов: традиционный (торф), торф с добавлением 12 % по объему смеси вермикулита, кокосовое волокно с добавлением перлита и вермикулита по 5 % по объему.

3) При выращивании посадочного материала с закрытой корневой системой на торфяных смесях рекомендуется обратить внимание на торфы местного происхождения.

4) При использовании для выращивания сеянцев сосны кедровой сибирской с закрытой корневой системой в качестве субстратов торфа производства компании ООО "ВЕЛТОРФ" или компании ООО "КрасКИП" целесообразно проведение обработки удобрением АгроМастер 18.18.18+3.

5) Для создания высокопродуктивных плантационных культур целесообразно отдавать предпочтение посадочному материалу сосны кедровой сибирской, имеющему в однолетнем возрасте наибольшие показатели по числу и длине семядолей, длине первичной хвои.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Братилова, Н. П. Влияние субстрата на рост и развитие сеянцев сосны кедровой сибирской с закрытой корневой системой / Н. П. Братилова, А. А. Коротков, **Д. А. Коновалова** // Хвойные бореальной зоны. - 2022. - Т. 40. № 5. - С. 347-352 (ВАК, КЗ).

2. **Коновалова, Д. А.** Выращивание сеянцев сосны кедровой сибирской с закрытой корневой системой на экспериментальных субстратах / Д. А. Коновалова, Д. Д. Пономарев, Н. П. Братилова, А. А. Коротков, А. В. Мантулина // Хвойные бореальной зоны. - 2023. - Т. 41 №5. - С. 379-383 (ВАК, КЗ).

3. Братилова, Н. П. Перспективы выращивания сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) в условиях Крайнего Севера / Н. П. Братилова, Ю. Е. Щерба, А. В. Мантулина, **Д. А. Коновалова** // Хвойные бореальной зоны. - 2024. - Т. 42. № 2. - С. 38-44 (ВАК, К2).

4. **Коновалова, Д. А.** Рост однолетних сеянцев сосны кедровой сибирской с открытой и закрытой корневой системой / Д. А. Коновалова, Н. П. Братилова, А. В. Мантулина // Хвойные бореальной зоны. - 2024. - Т. 42. № 3. - С. 41-50 (ВАК, К2).

В других изданиях:

5. **Коновалова, Д. А.** Формовая изменчивость сеянцев кедра сибирского в условиях пригородной зоны Красноярска / Д. А. Коновалова, С. Б. Гулгенова // Лесной и химический комплексы - проблемы и решения. Сборник материалов по итогам Всероссийской научно-практической конференции. - 2022. - С. 70-72.

6. **Коновалова, Д. А.** Изменчивость однолетних сеянцев кедра сибирского по морфометрическим показателям / Д. А. Коновалова, Н. П. Братилова, С. Б. Гулгенова // Аграрная наука - сельскому хозяйству. Сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции. В 2-х книгах. - 2022. - С. 341-342.

7. **Коновалова, Д. А.** Рост и развитие сеянцев сосны кедровой сибирской с закрытой корневой системой на субстратах с разным составом / Д. А. Коновалова, Н. П. Братилова, А. А. Коротков // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. - 2022. - Т. 25. - С. 55-57.

8. **Коновалова, Д. А.** Влияние состава субстрата на размеры сеянцев с закрытой корневой системой кедра сибирского / Д. А. Коновалова, Д. Д. Пономарев // Научное творчество молодежи - лесному комплексу России. Материалы XIX Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. - 2023. - № . - С. 152-153.

9. **Коновалова, Д. А.** Влияние субстрата на высоту сеянцев с закрытой корневой системой сосны кедровой сибирской / Д. А. Коновалова, Д. Д. Пономарев // Экология, рациональное природопользование и охрана окружающей среды: сборник статей по материалам XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых. - 2022. - №. - С. 232-234.

10. **Коновалова, Д. А.** Влияние способа и условий выращивания на рост и развитие сеянцев сосны кедровой сибирской / Д. А. Коновалова, Н. П. Братилова, А. А. Коротков // Экология, рациональное природопользование и охрана окружающей среды: сборник статей по материалам XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых. - 2023. - С. 116-118.

11. Мантулина, А. В. Формирование фитомассы двухлетних сеянцев кедра сибирского с открытой корневой системой / А. В. Мантулина, **Д. А. Коновалова** // Студенческая наука - взгляд в будущее. Материалы XVIII Всероссийской студенческой научной конференции. - 2023. - С. 17-19.

12. Кох, Ж. А. Распределение химических элементов в фитомассе однолетних сеянцев кедра сибирского / Ж. А. Кох, А. А. Коротков, Н. П. Братилова, **Д. А. Коновалова** // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. - 2023. - Т. 26. - С. 78-81.

13. Братилова, Н. П. Влияние длины семядолей всходов на накопление фитомассы однолетних сеянцев сосны кедровой сибирской / Н. П. Братилова, **Д. А. Коновалова**, А. В. Мантулина // Генофонд и селекция растений. Материалы 7-й Международной конференции, посвященной 95-летию академика РАН П.Л. Гончарова. - 2024. - С. 69-71.

14. **Коновалова, Д. А.** Особенности роста сеянцев сосны кедровой сибирской с закрытой корневой системой / Д. А. Коновалова, Н. П. Братилова, А. А. Коротков // Лесное хозяйство. Материалы 88-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием). - 2024. - С. 175-177.

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 82, ученому секретарю диссертационного совета 24.2.403.02.

В отзыве просим указать почтовый адрес организации, телефон и электронную почту лица, представившего отзыв.

Факс: (391) 264-47-09

E-mail: kalenskaya1966@mail.ru

Подписано в печать 15. 10. 2024.

Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л. 1,0. Заказ № 3478. Тираж 100 экз.

Отпечатано

в редакционно-издательском центре СибГУ им. М. Ф. Решетнева

660049, г. Красноярск, проспект Мира, 82

Тел. (391) 222-73-28