

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,
агроресомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Красноярск – 2025

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, доцент, ФГБОУ ВО
«Алтайский государственный аграрный
университет» (г. Барнаул), кафедра ботаники,
плодоовощеводства и лесного хозяйства,
профессор

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

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

Защита диссертации состоится 25 апреля 2025 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 25 февраля 2025 г.

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

Каленская Ольга Петровна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования.

Оптимизация агротехники выращивания хвойных пород – ключевой фактор успешного 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 (Кузьмин, 1980; Костин, 2019; Авдеева и др., 2022 и др.).

Для успешного выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой следует учесть множество факторов. Наиболее существенными являются состав субстрата (Родин, 1977; Пинаев, Пинаева, 1992; Зайцева и др., 2010; Раджабов и др., 2020; Бородин, 2021), применение удобрений (Хорошкин и др., 2010; Якимов и др., 2012; Мистратова, 2024), использование семенного материала с улучшенными наследственными свойствами (Братилова, 2005; Бондаренко, Жигунов, 2007; Ефимов, 2008, Хамитов и др., 2018). Е. М. Романов с соавторами (2023) также предлагают классифицировать посадочный материал с открытой и закрытой корневой системой по селекционно-генетическим свойствам и размерам. Выращивание сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica*) с закрытой корневой системой (ЗКС) – перспективное, но пока недостаточно изученное направление. Отсутствие стандартных требований для посадочного материала сосны кедровой сибирской с ЗКС значительно затрудняет процесс, многие вопросы 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 (Кузьмин, 1980; Родин, 2010; Жигунов, 2011; Бессчетнов, 2014; Маленко и др., 2023 и др.).

Существует ограниченное число исследований, посвященных выращиванию сосны кедровой сибирской с закрытой корневой системой. В основном посадочный материал с ЗКС используют для сосны и ели (Жигунов и др., 2006; Бондаренко, Жигунов, 2007; Мочалов и др., 2007; Ананьев и др. 2018; Белова и др., 2022 и др.).

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 была изучена взаимосвязь между формовой принадлежностью растений сосны кедровой сибирской и показателями их роста в закрытом и открытом грунте. Сравнительный анализ показал влияние способа выращивания (с открытой и закрытой корневой системой) на рост посадочного материала сосны кедровой сибирской в условиях пригородной зоны Красноярска. Выявлено влияние состава субстрата на процент всхожести семян и показатели роста растений в течение четырехлетнего периода наблюдения.

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.

Для обработки экспериментальных данных применялись аналитические и опытно-статистические методы. Для анализа результатов были использованы статистические пакеты программного обеспечения Microsoft Excel и Curve Expert 1.3.

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 комплексного 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.

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 (Красноярск, 2022-2024; Барнаул, 2022; Минск, 2024; Новосибирск, 2024) и Всероссийских (Лесосибирск, 2022; Красноярск 2022-2024; Екатеринбург, 2023) конференциях.

Диссертационная работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания по проекту «Селекционно-генетические основы формирования целевых насаждений и рационального использования древесных ресурсов Красноярского края (Енисейской Сибири)» (№FEFE-2024-0013).

Личный вклад. Автор непосредственно участвовала в проведении научных исследований, сборе, обработке и анализе полученных данных.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 247 с., включая общую характеристику работы, 5 глав, заключение, список использованных источников из 164 наименований и приложения, изложенные на 123 с. В текстовой части содержится 35 таблиц и 37 рисунков.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 17 научных статей, в том числе 5 в рецензируемых журналах (по списку ВАК).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ**

Дан подробный анализ использования 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 меньше внимания, чем другим хвойным породам, особенно таким, как сосна и ель. Так, А. В. Жигунов (1998) 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 (2004) описывали опыт выращивания сеянцев сосны кедровой сибирской с ЗКС в закрытом грунте в условиях Нижегородской области. О. А. Белых и Л. П. Лукиянчук (2023) выявили положительное влияние крезацина на прирост фитомассы кедровых сеянцев с ЗКС. Е. М. Рунова и др. (2022) считают целесообразным при выращивании кедровых сеянцев с ЗКС добавлять гетероауксин. О. С. Матвейчук с соавторами (2023) отмечали, что у кедровых саженцев, выращенных с закрытой корневой системой, формируются более мелкие корни. Е. В. Титов (2007) 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).

Таблица 1 – Экспериментальные варианты субстратов в опыте 2021 г.

Вариант		Субстрат	Пропорции смеси, %
номер	обозначение		
1	К	Кокосовое волокно	100
2	К ₈₈ П ₁₂	Кокосовое волокно с перлитом	88/12
3	К ₈₈ В ₁₂	Кокосовое волокно с вермикулитом	88/12
4	КТ	Кокосовое волокно с торфом	50/50
5	К ₉₀ П ₅ В ₅	Кокосовое волокно 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	Кокосовое волокно 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

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.

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 25x30 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	Кокосовое волокно, 100
3	Кокосовое волокно с перлитом, 50/50
4	Кокосовое волокно 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	Кокосовое волокно 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 посеы 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 были использованы 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).

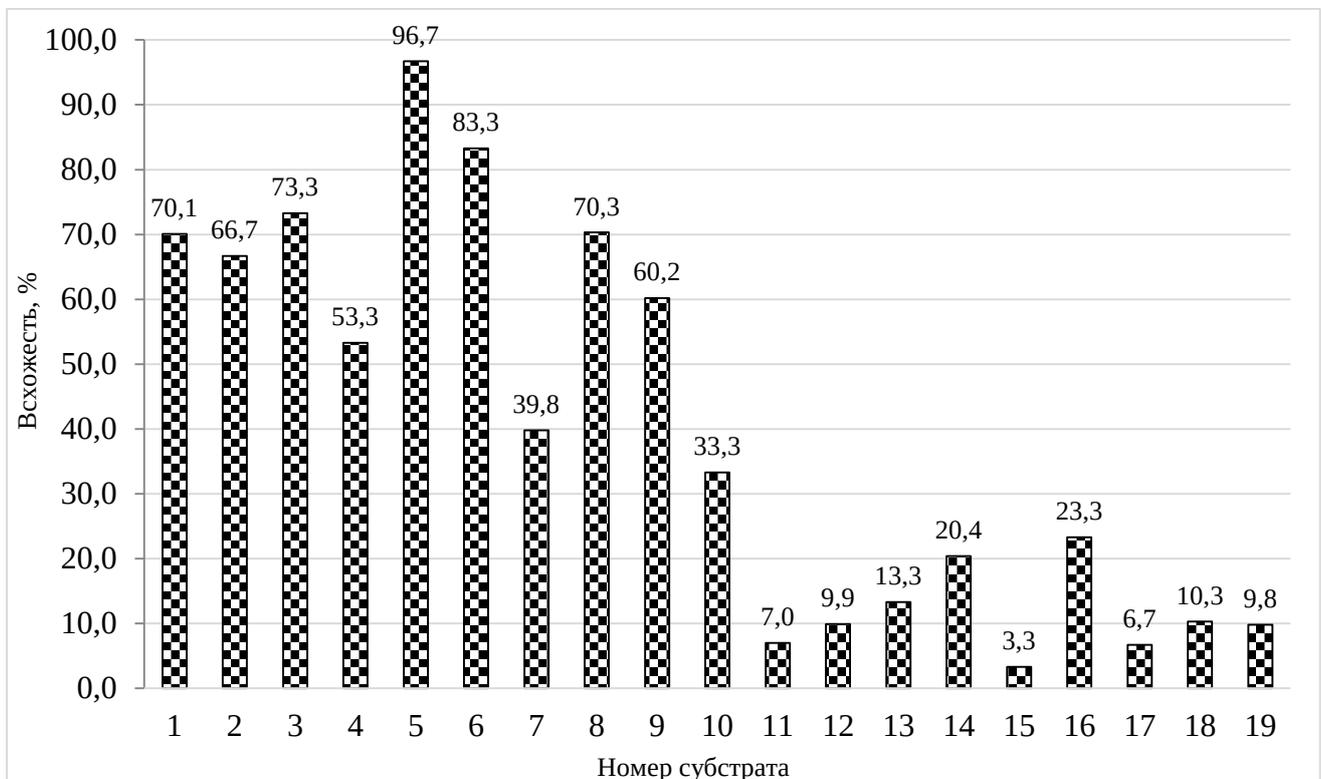


Рисунок 2 – Всхожесть в зависимости от варианта субстрата, %

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 гипокотиль, 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±0,10	3,12	3,2±0,07	3,25	1,0±0,04	3,54
Серповидные семядоли	3,2±0,08		3,5±0,06		1,2±0,04	
Многосемядольные	3,6±0,26	1,90	3,4±0,17	0	1,3±0,09	0,97
Малосемядольные	3,0±0,18		3,4±0,14		1,2±0,05	
Длинные семядоли	3,6±0,10	7,04	4,1±0,04	24,99	1,3±0,04	6,25
Короткие семядоли	2,5±0,12		2,5±0,05		0,9±0,05	
Длинная первичная хвоя	3,8±0,13	7,63	3,8±0,08	7,53	1,6±0,03	21,21
Короткая первичная хвоя	2,5±0,11		3,0±0,07		0,7±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).

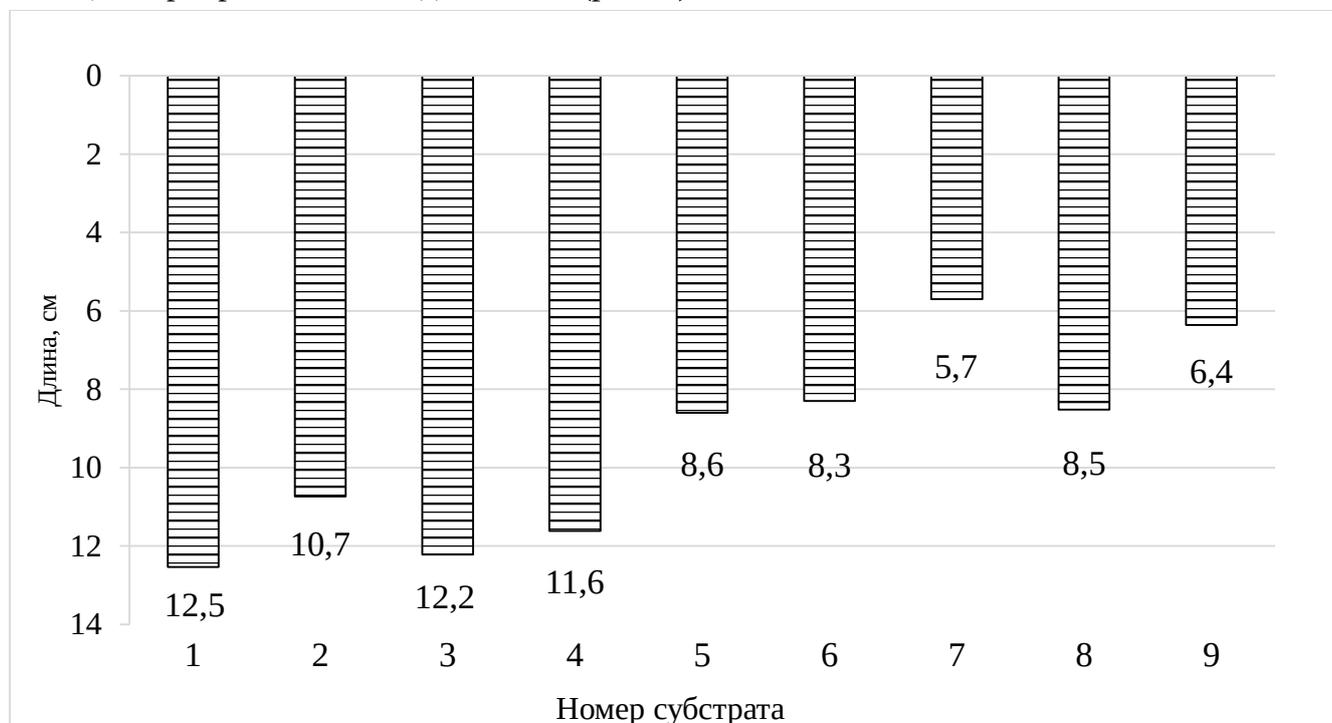


Рисунок 3 – Длина корней сеянцев в зависимости от состава субстрата, см

Наименьшие размеры корней были отмечены на субстрате из торфа в сочетании с перлитом (Т₈₈П₁₂, 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 в абсолютно сухом состоянии (табл. 4).

Таблица 4 – Показатели сеянцев, выращиваемых на субстратах разного состава

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

В процессе исследований подбирались уравнения, описывающие взаимосвязь 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 Т₈₈В₁₂ и Т₉₀П₅В₅. Наибольшими показателями роста отличались растения, выращиваемые на субстратах К₉₀П₅В₅, Т₈₈В₁₂ и Т (рис. 4).

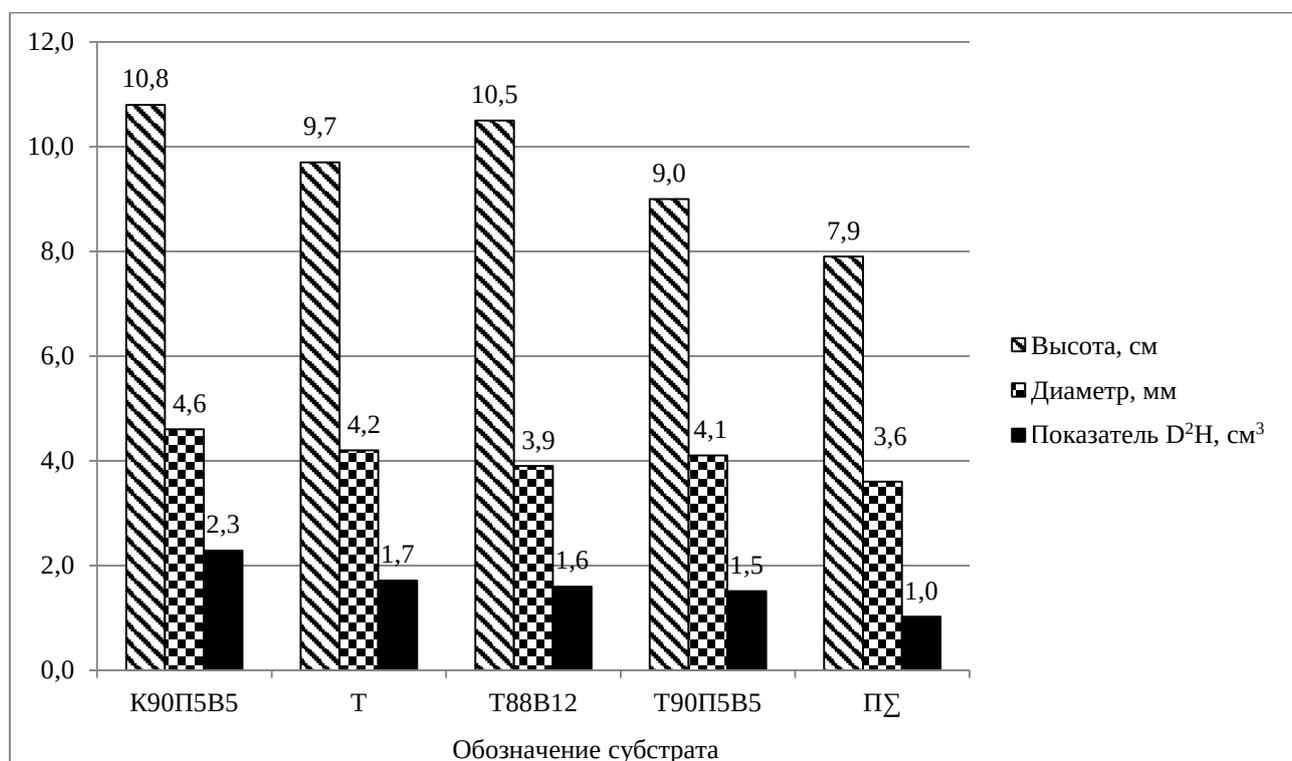


Рисунок 4 – Размеры четырехлетних растений

Растения сосны кедровой сибирской, выращиваемые в течение первого вегетационного периода с закрытой корневой системой в стаканчиках с объемом кома 200 см³, к концу четвертого периода вегетации отличаются по размерам. Сеянцы, выращенные в субстратах вариантов К₉₀П₅В₅ и Т₈₈В₁₂ (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 D²H.

4 ВЫРАЩИВАНИЕ СЕЯНЦЕВ В КАССЕТАХ ОБЪЕМОМ 85 СМ³

Проанализирована изменчивость роста сеянцев сосны кедровой сибирской, выращиваемых на экспериментальных субстратах в кассетах объемом кома 85 см³ 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).

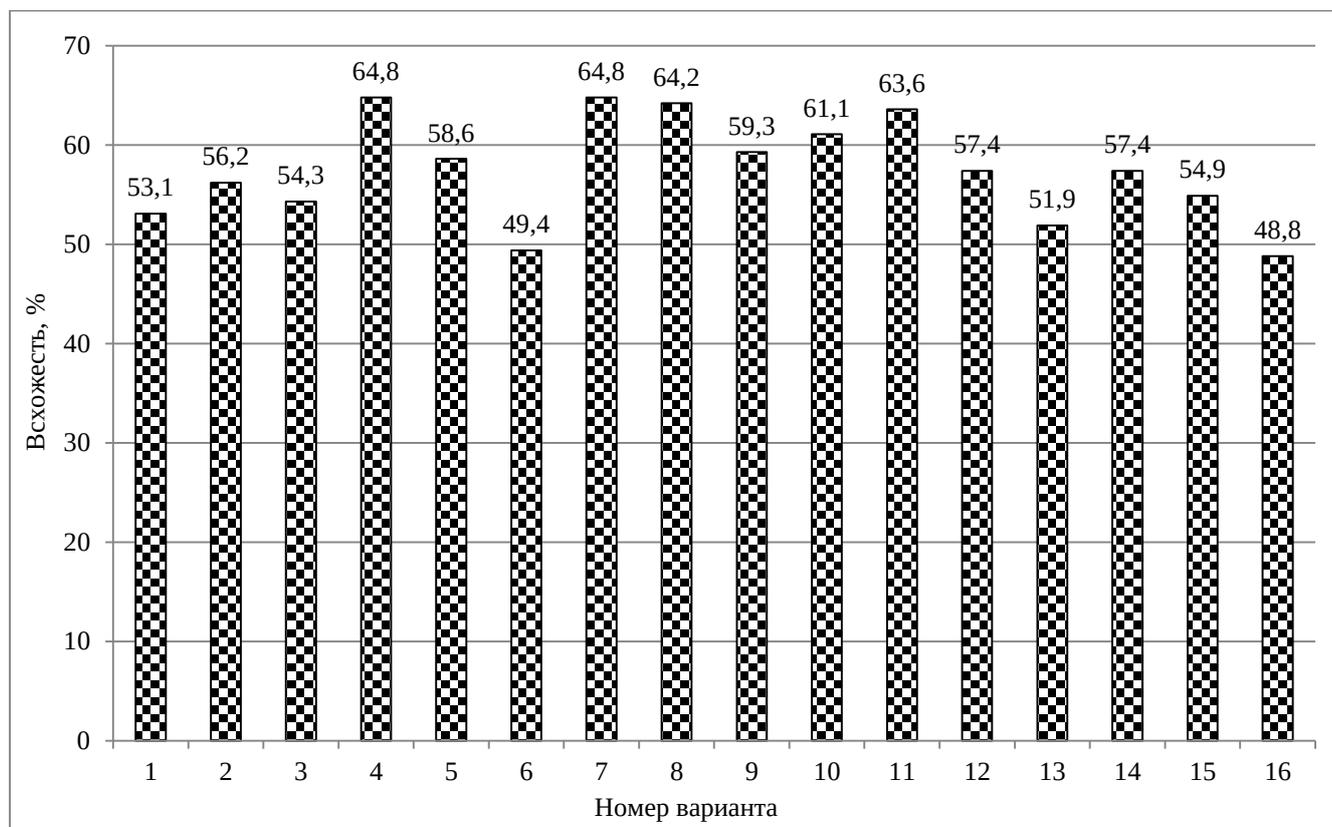


Рисунок 5 – Всхожесть семян на субстратах разного состава, %

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 гипокотыля 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 $3,3\pm 0,07$ 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}	$\pm m$	V, %	t_{ϕ} (при $t_{05}=2,04$)
1	4,0	0,33	23,1	-
2	3,0	0,06	3,3	2,98
3	2,6	0,14	11,9	3,91
4	3,5	0,31	29,6	1,10
5	3,2	0,21	17,6	2,05
6	3,3	0,25	23,0	1,69
7	3,7	0,26	21,4	0,71
8	2,9	0,14	13,2	3,07
9	2,9	0,13	11,7	3,10
10	3,8	0,29	19,1	0,46
11	3,3	0,33	17,3	1,50
12	3,6	0,33	22,4	0,86
13	2,8	0,17	10,2	3,23
14	3,4	0,21	17,3	1,53
15	3,6	0,20	14,4	1,04
16	2,8	0,12	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 см^3 (опыт 2021 г.),

сеянцы, выращиваемые на контрольном торфяном субстрате, к концу первого вегетационного периода имели наибольшую длину гипокотилия ($3,8 \pm 0,20$ 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 гипокотилия 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 гипокотилия, 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 гипокотилия 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, гипокотилия 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 с 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±0,57 см) и фитомассе в абсолютно сухом состоянии (0,26±0,008 в сравнении с 0,15±0,005 г).

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 % перлита и 5 % вермикулита (вариант К₉₀П₅В₅).

3) Внесение удобрения АгроМастер 18.18.18+3 способствует ускоренному росту сеянцев сосны кедровой сибирской с закрытой корневой системой на субстратах из верхового и низинного торфа.

4) К четвертому году лучшей сохранностью и показателями роста характеризуются растения, выращиваемые на субстратах с составом К₉₀П₅В₅ (90 % кокосовой смеси с добавлением 5 % перлита и 5 % вермикулита), Т₈₈В₁₂ (88 % торфа с добавлением 12 % вермикулита) и контрольном варианте из торфа (Т). Четырехлетние растения в вариантах К₉₀П₅В₅ и Т₈₈В₁₂ 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: 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 верхового или низинного торфа целесообразно проведение обработки комплексным удобрением.

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, К3).

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, К3).

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).

5. **Коновалова, Д. А.** Рост сеянцев сосны кедровой сибирской с закрытой корневой системой на экспериментальных субстратах / Д. А. Коновалова, Н. П. Братилова, А. А. Коротков, А. В. Мантулина // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2024. – Т. 28. - №5. – С. 55–67 (ВАК, К1).

В других изданиях:

6. **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

итогах Всероссийской научно-практической конференции. – Красноярск: СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2022. - С. 70-72.

7. **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. Книга 1.* – Барнаул: АГАУ, 2022. - С. 341-342.

8. **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.* – Красноярск: СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2022. - Т. 25. - С. 55-57.

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.* – Лесосибирск: СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2022. - С. 232-234.

10. **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.* – Екатеринбург: УГЛТУ, 2023. - С. 152-153.

11. **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.* - Лесосибирск: СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2023. - С. 116-118.

12. 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.* - Красноярск: СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2023. - С. 17-19.

13. 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.* - Красноярск: СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2023. - С. 78-81.

14. 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. – Новосибирск: СибНИИРС, 2024. - С. 69-71.

15. **Коновалова, Д. А.** Особенности роста семян 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). – Беларусь. Минск : БГТУ, 2024. - С. 175-177.

16. Братилова, Н.П. Влияние состава субстрата на рост трехлетней сосны кедровой сибирской / Н. П. Братилова, **Д. А. Коновалова**, А. А. Коротков, А. В. Мантулина // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. - Красноярск: СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2024. - С. 20-23.

17. **Коновалова, Д. А.** Показатели однолетних семян сосны кедровой сибирской / Д. А. Коновалова, А. В. Мантулина, Н. П. Братилова // Лесной и химический комплексы - проблемы и решения. Сборник материалов по итогам XXX Всероссийской научно-практической конференции. - Красноярск: СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2024. - С. 33-35.

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.

E-mail: kalenskaya1966@mail.ru

Подписано в печать 24.02.2025

Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л. 1,0. Заказ № 3445 Тираж 100 экз.

Отпечатано

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

660049, г. Красноярск, проспект Мира, 82

Тел. (391) 222-73-28