

ТЕХНОЛОГИЯ ЗАГОТОВКИ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

УДК 004.9

DOI: 10.53374/1993-0135-2025-5-71-78

Хвойные бореальной зоны. 2025. Т. XLIII, № 5. С. 71–78

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПОСЕВА СЕМЯН ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЯНЦЕВ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ ПРИ РУЧНОМ И АВТОМАТИЧЕСКОМ МУЛЬЧИРОВАНИИ КАССЕТ

А. Г. Авдеев, Д. Е. Шпагин, Н. Л. Ровных, Е. В. Авдеева

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31
E-mail: alexeyg.avdeev@gmail.com

Аннотация. Объектом исследования является технология выращивания сеянцев с закрытой корневой системой (ЗКС) и анализ технологического процесса засева семян в кассеты в теплицах Красноярского лесничества при ручном и автоматическом мульчировании кассет при посеве семян для выращивания сеянцев с ЗКС. Цель исследований – сравнить технологию автоматического и ручного мульчирования, определить эффективность и надежность работы экспериментального образца комплекса оборудования точного высева семян для выращивания сеянцев с ЗКС в сравнении посевом ручным способом, а также выявить возможные улучшения в конструкции и функционировании оборудования. Основные задачи включали: определение механической эффективности; разработка корректирующих мероприятий; составление технологической карты работы оборудования.

Испытания экспериментального образца проводились на различных режимах работы. Испытания включали оценку следующих параметров: производительность измерялась количеством кассет, в которых образованы лунки за единицу времени; глубина и расположение лунки оценивались визуально и с помощью измерительных приборов; количество и время остановок фиксировались с указанием причин; механическая эффективность определялась по стабильности работы.

Ключевые слова: сеянцы с закрытой корневой системой, пневмоцилиндр. Мульчирование.

Conifers of the boreal area. 2025, Vol. XLIII, No. 5, P. 71–78

TECHNOLOGICAL PROCESSES OF SOWING SEEDS FOR GROWING SEEDLINGS WITH A CLOSED ROOT SYSTEM WITH MANUAL AND AUTOMATIC MULCHING OF CASSETTES

A. G. Avdeev, D. E. Shpagin, N. L. Rovnykh, E. V. Avdeeva

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
E-mail: alexeyg.avdeev@gmail.com

Annotation. The object of the study is the technology of growing seedlings with a closed root system (CRS) and the analysis of the technological process of sowing seeds in cassettes in greenhouses of the Krasnoyarsk forestry with manual and automatic mulching of cassettes when sowing seeds for growing seedlings with a closed root system. The purpose of the research is to compare the technology of automatic and manual mulching, to determine the efficiency and reliability of the experimental sample of the precision seeding equipment complex for growing seedlings with a closed root system in comparison with manual sowing, and to identify possible improvements in the design and operation of the equipment. The main objectives included: determining the mechanical efficiency; developing corrective measures; drawing up a process map of the equipment operation.

Tests of the experimental sample were carried out in various operating modes. The tests included the evaluation of the following parameters: productivity was measured by the number of cassettes in which holes were formed per unit of time; the depth and location of the hole were estimated visually and using measuring instruments; the number and time of stops were recorded indicating the reasons; mechanical efficiency was determined by the stability of operation.

Keywords: seedlings with a closed root system, pneumatic cylinder, mulching.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одним из перспективных направлений в лесном хозяйстве является выращивание сеянцев с закрытой корневой системой и их использование для создания лесных культур [1]. Технологии выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой активно изучаются и постоянно совершенствуются как российскими, так и зарубежными учеными и специалистами. На мировом уровне существует несколько вариантов технологий выращивания сеянцев и саженцев с ЗКС, которые различаются по ряду параметров [2]. Современные технологии выращивания сеянцев с закрытой корневой системой позволяют в 10–20 раз экономить семена хвойных пород, по сравнению с посевом в открытый грунт [3; 4; 9; 10]. Целью опытно-технологической работы является экспериментальные исследования конструктивных и кинематических параметров устройств комплекса оборудования для посева семян с ЗКС. Задачи опытно-технологической работы:

- 1) Определение производительности: измерение количества засеянных кассет за единицу времени.
- 2) Анализ количества и времени остановок по вине оборудования: фиксация и анализ причин остановок работы.
- 3) Определение механической эффективности работы установки, оценка стабильности работы.
- 4) Разработка технологических карт процесса посева семян сосны с использованием оборудования точного высева семян для выращивания сеянцев с закрытой корневой системой с ручным и автоматическим мульчированием.

Технологические процессы посева семян для выращивания сеянцев с закрытой корневой системой. Согласно существующим регламентирующим актам [5], восстановление лесов преследует цель возобновления участков, пострадавших от рубок, гибели или повреждений древостоев. Этот процесс реализуется посредством естественного, искусственного или комбинированного подхода. Искусственное лесовосстановление применяется, когда естественное возобновление невозможно или экономически неэффективно использование комбинированного метода с приоритетными породами. Также оно необходимо на участках, где лесные культуры утрачены. В дополнение к лесовосстановлению, в лесохозяйственной деятельности выделяют лесоразведение. Этот термин означает создание лесных насаждений на землях, ранее не покрытых лесом, включая облесение земель лесного фонда, создание защитных полос на сельскохозяйственных угодьях, территориях промышленности и транспорта, землях водного фонда и других категорий, а также формирование лесных насаждений при рекультивации земель, нарушенных в результате промышленной деятельности

В дополнение к вышеупомянутым преимуществам искусственного лесовосстановления и лесоразведения следует отметить культивирование древесных пород в областях, где их естественное произрастание ранее было невозможным, либо где отсутствуют источники естественного возобновления семенами. Искусственное лесоразведение является эффек-

тивным инструментом для ускорения рекультивации деградированных земель, способствуя формированию эстетически привлекательных ландшафтов в течение нескольких десятилетий.

Несмотря на это, выращивание искусственных насаждений сопряжено с рядом значительных трудностей. В частности, для реализации искусственного лесовосстановления методом посадки требуется высококачественный, районированный посадочный материал, что подразумевает наличие надежной семенной базы, а также создание специализированных лесных питомников, способных обеспечить производство стандартного посадочного материала. Более того, необходимо неукоснительное соблюдение всего комплекса агротехнических и лесоводственных мероприятий, направленных на создание и выращивание здоровых и устойчивых лесных культур. Преимуществом выращивания посадочного материала в тепличных условиях является возможность создания оптимальной среды для прорастания семян и развития проростков. Теплицы позволяют начинать посев семян на месяц раньше, чем в открытом грунте [6], и получать за один год посадочный материал, сопоставимый по размерам со стандартными двухлетними сеянцами [7].

Успешное создание лесных культур в значительной степени определяется качеством используемого посадочного материала. Ранее применяемый материал, выращенный в лесных питомниках как в открытом грунте, так и в теплицах, имел определенные изъяны. Сеянцы и саженцы с незащищенными корнями существенно сужали период возможности посадки. Любая задержка могла вызвать высыхание верхнего слоя почвы и, как результат, потерю посадочного материала или снижение его приживаемости. В жаркую и ветреную погоду, во время самой посадки, корневые системы сеянцев страдали от пересыхания, что часто приводило к их гибели. Следовательно, основным ограничением посадочного материала с открытой корневой системой был узкий временной интервал для создания лесных культур, сильно зависящий от погодных условий. При масштабных работах по искусственному лесоразведению или лесовосстановлению, даже с использованием механизированной посадки, возникали серьезные трудности с соблюдением оптимальных сроков посадки.

Опыт Финляндии. В Финляндии ежегодно производится до 160 миллионов сеянцев. В стране функционирует 6 крупных компаний, которыми управляется 12 питомников, расположенных по всей стране. Производственные мощности финских питомников достигают 15–20 миллионов единиц посадочного материала в год. Общая занимаемая площадь питомников составляет 889 439 м², из которых 887 289 м² отведено под выращивание посадочного материала закрытой корневой системы (ПМЗКС), а 7150 м² – посадочного материала с открытой корневой системой. Финляндия уделяет большое внимание изучению лесного хозяйства. Здесь зафиксирован самый высокий в Европе показатель лесистости: леса занимают 3/4 территории страны. Финский Лесной научно-исследовательский институт (Metla) является специа-

лизированной организацией, занимающейся разработкой решений для воспроизводства, ухода и использования лесных ресурсов [8].

При выращивании семян в контейнерах ключевым фактором является качество семян, поэтому применяется сепарирование и очистка методом PREVAC, что способствует более быстрому и равномерному появлению всходов. Наблюдается, что задержка во времени появления всходов приводит к увеличению доли некачественного посадочного материала. Для повышения эффективности используются различные методы предпосевной обработки семян. В целях сокращения времени подготовки семян применяется замачивание в воде при температуре +15 °C в течение 16 часов. После этого семена раскрываются в течение 24 часов, и к 15-м суткам всходят 98 %, в то время как сухие семена дают лишь 47 % всходов к этому сроку.

Для подготовки к посеву применяются пластиковые кассеты, которые подвергаются обеззараживанию посредством кратковременного (10 секунд) погружения в горячую воду с температурой 80 °C. Автоматизированная линия посева «Urbinati» обеспечивает обработку 250–300 кассет в час [4]. Подбор кассет определяется условиями, в которых саженцы будут высажены в дальнейшем. Для выращивания сосны обыкновенной используются кассеты F 121 (емкость 50 см³, плотность размещения 820 шт./м²) или F 81 (емкость 85 см³, плотность размещения 546 шт./м²).

Заполненные кассеты помещаются в отапливаемые теплицы на период 6 недель. В финских питомниках, в 90 % случаев, в качестве основы для субстрата применяется торф, общий объем потребления которого достигает 75 млн м³. Для культивации саженцев с закрытой корневой системой (ЗКС) используется почвенная смесь на базе верхового торфа с фракцией частиц до 40 мм. В случае применения более объемных контейнеров допускается использование торфа с более крупной структурой. В процессе подготовки почвосмеси к верховому торфу добавляют начальную дозу удобрений и доломитовую муку. Для осуществления посева применяется грунт «Kekkkila», в состав которого входит белый сфагновый торф с кислотностью (pH) 4–4,5, а также стартовые удобрения «Kekkkila I» и «Kekkkila 6») с добавлением смачивающих веществ.

Для здорового и сбалансированного роста рассады крайне важно обеспечить ее достаточным увлажнением на каждом этапе развития. Ввиду ограниченной площади отдельных ячеек, прецизионное дозирование воды приобретает особое значение. Кроме того, из-за малого объема влаги в небольших емкостях, пересыхание может наступить очень быстро. В период интенсивного роста необходимо тщательно пропитывать весь корневой ком. Контроль за сроками полива осуществляется с помощью визуальной оценки, взвешивания, тензиометров и других электроизмерительных приборов [8].

Ключевые аспекты полива: первичный полив должен быть обильным, до полного насыщения субстрата, достигая влажности 95–100 %. Последующие поливы проводят только после снижения влажности субстрата до критического уровня – 40 % (допускается незначительное увлажнение при сильном высыхании верхнего слоя). Для оптимального развития рас-

тения в субстрате необходимо поддерживать следующее соотношение: 47,5 % – воздух, 47,5 % – вода, 5 % – торф. Оптимальная влажность субстрата – 40–50 %. Интенсивный полив способствует росту наземной части растения, но не развитию корневой системы. Для обеспечения корней кислородом необходимо периодически допускать снижение влажности субстрата до критического уровня (40 %) [8].

В современных финских теплицах для выращивания рассады применяется высокоэффективная система полива – подвесная рамповая установка, монтируемая к потолку. Это позволяет максимально эффективно использовать все пространство теплицы, избегая потерь площади, которые могли бы возникнуть при использовании традиционных наземных систем орошения. Ключевым элементом данной системы является встроенный дозатор удобрений, обеспечивающий точное и равномерное внесение питательных веществ вместе с водой. Прямая подача воды к каждому сеянцу гарантирует оптимальное увлажнение почвы, что напрямую влияет на всхожесть семян и равномерное развитие растений. Такой метод полива незаменим не только на начальном этапе выращивания, но и на специальных полигонах доращивания сеянцев, где требуется особенно тщательный уход. Однако, качество воды, используемой для полива, играет критическую роль в успехе всего процесса. Вода, поступающая в систему, может содержать различные примеси, потенциально вредные для растений. Это могут быть соли различных металлов (например, натрия, кальция, магния), хлориды, сульфаты, карбонаты, бикарбонаты, а также пестициды, семена сорняков и даже патогенные микроорганизмы. Поэтому перед использованием вода проходит тщательный многоступенчатый анализ, включающий в себя определение целого спектра показателей. Анализ качества поливной воды охватывает несколько ключевых аспектов. Во-первых, определяется концентрация различных ионов, таких как натрий (Na), кальций (Ca), магний (Mg), хлор (Cl), а также концентрации карбонатов, бикарбонатов и сульфатов. Особое внимание уделяется определению уровня бора (B), так как недостаток или избыток этого микроэлемента может негативно сказаться на росте растений. Во-вторых, проводятся измерения стандартных показателей, таких как электрическая проводимость (которая характеризует общую минерализацию воды), кислотность (pH) и относительное содержание натрия (отношение концентрации натрия к суммарной концентрации катионов). В-третьих, анализ включает определение содержания основных питательных веществ – азота (N), фосфора (P) и калия (K), а также микроэлементов, необходимых для полноценного развития растений. Наконец, обязательным этапом является проверка на наличие патогенных микроорганизмов, которые могут вызвать заболевания растений и снизить урожайность. На этапах доращивания, начиная с середины июля, применяется специальный режим затенения саженцев. Ежедневно растения находятся в условиях искусственного затенения в течение 16 часов. Этот прием ускоряет процесс формирования верхушечной почки, что положительно сказывается на

более раннем распускании почек в последующем году. На втором году выращивания, притенение елей в сочетании с грамотным проведением подкормок позволяет сформировать мощную и здоровую стволую систему сеянцев, обеспечивая их дальнейшее здоровое развитие и будущую продуктивность. В целом, комплексный подход, включающий в себя современные технологии полива, тщательный контроль качества воды и регулирование освещенности, позволяет финским производителям добиваться высоких показателей в выращивании рассады.

Роль минерального питания в успешном выращивании сеянцев в условиях закрытого грунта поистине колоссальна. Она выходит далеко за рамки простого обеспечения растений необходимыми элементами. Успех всего процесса, от прорастания семени до формирования крепкой корневой системы и здоровой надземной части, напрямую зависит от сбалансированного и своевременного поступления питательных веществ. Дело в том, что искусственные субстраты, широко используемые в тепличном хозяйстве (например, верховой торф), как правило, бедны на необходимые для растений элементы. Они представляют собой инертную среду, обеспечивающую лишь физическую опору и удержание влаги. Поэтому ключевым фактором становится грамотное внесение удобрений, которое компенсирует недостаток питательных веществ и обеспечивает полноценное развитие сеянцев. Оптимальное содержание питательных элементов в субстрате – это сложная задача, решение которой требует учета множества факторов. Здесь учитывается не только вид растений, но и их возрастная фаза развития. Молодые сеянцы, находящиеся на стадии активного роста, нуждаются в совершенно ином составе и концентрации питательных веществ, чем более зрелые растения. При этом, как подчеркивают специалисты [8] (рис. 1), соотношение различных элементов друг к другу зачастую имеет даже большее значение, чем их абсолютное количество. Например, избыток одного элемента может блокировать усвоение другого, даже если его количество в субстрате достаточно. Это создает дисбаланс, пагубно сказывающийся на росте и развитии.

Регулирование минерального питания осуществляется путем внесения удобрений – как жидких, так и твердых. Выбор способа зависит от многих факторов, включая специфику выращиваемых растений, удобство использования и наличие необходимой техники.

Однако независимо от выбранного метода, необходим тщательный мониторинг, который гарантирует эффективность подкормок и предотвращает возможные негативные последствия. Этот мониторинг начинается с оценки качества воды, используемой для полива, и простирается до анализа сточных вод, позволяя оценить степень усвоения питательных веществ растениями. При использовании жидких удобрений мониторинг может осуществляться на всех этапах развития, от начального этапа прорастания до сбора урожая. При использовании твердых удобрений – возможности для контроля несколько ограничены. Обычно мониторинг включает в себя определение нескольких ключевых показателей. К наиболее важным относятся электрическая проводимость (ЭП) субстрата, которая отражает общее содержание растворимых солей, и кислотность (pH), влияющая на доступность питательных элементов для растений.

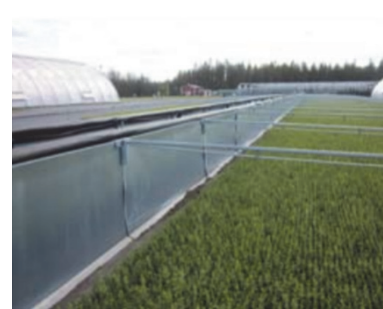
Кроме того, проводятся традиционные химические анализы, позволяющие определить точное содержание отдельных элементов в субстрате. Эта информация позволяет своевременно корректировать программу подкормок и предотвращать развитие дефицита или избытка питательных веществ. Азот самый важный элемент питания для большинства растений. Его недостаток приводит к замедлению роста, хлорозу (пожелтению листьев) и общему ослаблению растений. Однако и избыток азота нежелателен: длительное применение азотных удобрений может негативно повлиять на процесс закалки растений, снижая их устойчивость к неблагоприятным условиям окружающей среды. Оптимальная стратегия подкормки заключается в частом, но менее концентрированном внесении удобрений, например, 1–2 раза в неделю. Это обеспечивает постоянное поступление питательных веществ без риска перенасыщения субстрата. В данном случае, контроль электрической проводимости субстрата – ключевой инструмент. В Финляндии, например, оптимальный диапазон ЭП колеблется в пределах 0,8–2,1 мС/см. Данный показатель служит индикатором баланса минерального питания и позволяет избежать как дефицита, так и переизбытка питательных веществ, что гарантирует здоровый рост и развитие сеянцев. Важно помнить, что каждая культура имеет свои особенности в потреблении питательных веществ, поэтому необходимо учитывать видовые особенности растений и корректировать программу удобрения соответственно [7].



Приспособление для переноски кассет



Мульчирование каменной крошкой



Поле дорастивания

Рис. 1. Этапы выращивания сеянцев с ЗКС в питомниках Финляндии

В центре реализуется комплекс мер, нацеленных на предотвращение болезней молодых растений. В частности, для защиты от серой гнили используют инновационный способ – обработку семян ультрафиолетовым излучением. Ежедневно специальная установка, перемещаясь над ними, воздействует на них УФ-лучами. Чтобы избежать повреждений, весной и осенью кассеты с растениями следует приподнимать на 15–20 см над поверхностью почвы, а зимой, наоборот, располагать непосредственно на земле, чтобы избежать замораживания. После использования кассеты обязательно моют: их погружают в горячую воду (80 °C) на 10 секунд для дезинфекции [8].

С октября и до мая отобранный посадочный материал помещают в холодильные камеры, поддерживаемые при температуре –2–3 °C и влажности 85–90 %. Ель упаковывают в картонные коробки, а березу – в полиэтиленовые пакеты. Оставшиеся на полях доращивания растения снимают с подставок и размещают на почве. Весной на этих полях проводят сортировку, допустимый процент некачественных семян в партии – 5 %. Для дополнительной защиты посадочный материал обрабатывают системным фунгицидом «Альетт», обладающим защитным эффектом. Препарат быстро впитывается растением и распределяется по нему, подавляя прорастание спор грибов и препятствуя дальнейшему развитию инфекции.

Таким образом, семена содержались в теплице в течение двух месяцев, после чего для проведения закалки и дозревания были перемещены на участок доращивания. Закаливание посадочного материала с закрытой корневой системой предполагает постепенную акклиматизацию растений, выращенных в теплице, к природным климатическим условиям. Участки для закалки оснащены системами полива и внесения удобрений, а также системой затенения, предохраняющей семена от солнечных ожогов. 29 июля и 11 сентября проведены обработки от болезней и вредителей, 2 и 20 августа – подкормки, завершающие подкормки – 10 и 24 сентября. С 27 сентября семена начали отгружать для посадки. В период закалки семена приобрели красноватый оттенок, большая часть продукции была отгружена заказчикам, а некоторая часть оставлена на участке доращивания для зимовки.

Применение посадочного материала с закрытой корневой системой предоставляет ряд значительных преимуществ по сравнению с традиционными сеянцами и саженцами. В частности, саженцы с закрытой корневой системой обладают повышенной приживаемостью в сложных лесорастительных условиях, легко выдерживают транспортировку на дальние расстояния и, что особенно важно, существенно расширяют период лесокультурных работ. Кроме того, к достоинствам посадочного материала с закрытой корневой системой относятся: сокращенные сроки выращивания крупномерного посадочного материала и повышенная приживаемость определенных видов деревьев, в частности, сосны обыкновенной и псевдотсуги Мензиса. Это последнее позволяет успешно создавать лесные насаждения даже в сложных лесорастительных зонах, таких как каменистые отвалы, карьеры и

другие земли, подвергшиеся нарушениям. Благодаря высокой приживаемости лесных культур, можно уменьшить количество посадочных мест на единицу лесокультурной площади, что способствует более эффективному использованию семян улучшенных сортов.

Производственные испытания экспериментального образца модуля мульчирования кассет в составе комплекса оборудования для посева семян с закрытой корневой системой, разрабатываемого на кафедре лесного оборудования СибГУ им. М. Ф. Решетнева.

Объектом исследования является технология выращивания семян с закрытой корневой системой (ЗКС) и анализ технологического процесса засева семян в кассеты в теплицах Красноярского лесничества при ручном и автоматическом мульчировании кассет при посеве семян для выращивания семян с ЗКС". Цель исследований – сравнительный анализ технологий автоматического и ручного мульчирования, определение эффективности и надежности работы экспериментального образца модуля мульчирования кассет в составе комплекса оборудования для посева семян с закрытой корневой системой, а также выявление мест модернизации конструкции и функционирования оборудования. Основные задачи включали: определение механической эффективности; разработка корректирующих мероприятий; составление технологических карт работы оборудования.

Испытания экспериментального образца проводились на различных режимах работы. Испытания включали оценку следующих параметров: производительность измерялась количеством кассет, в которых образованы лунки за единицу времени; глубина и расположение лунки оценивались визуально и с помощью измерительных приборов; количество и время остановок фиксировались с указанием причин; механическая эффективность определялась по стабильности работы (рис. 2).

Цель испытаний заключалась в оценке производительности, толщине и равномерности покрытия кассеты слоем мульчи, количества и времени остановок по вине оборудования, а также механической эффективности работы экспериментального образца устройства. Производственные испытания проводились в условиях работы лесного питомника Красноярского лесничества. Оборудование протестировано в различных режимах работы для определения оптимальных параметров функционирования.

Расчет механической эффективности работы устройства выполнен по формуле

$$M_{\text{СТВ}} = \frac{T_{\text{пр.}}}{T_{\text{пр.}} + T_{\text{ост.л}}} \times 100 \%, \quad (1)$$

где $M_{\text{СТВ}}$ – механическая эффективность; $T_{\text{пр.}}$ – время, в течение которого экспериментальный образец в составе комплекса оборудования работал бесперебойно; $T_{\text{ост.л}}$ – время простоя оборудования.

Средняя точность высева семян в лунки составила 98,7 %, что соответствует стандартам точности, минимизирует потери семян и позиционирует прораста-

ние семян в центре ячейки кассеты. Общее время производства за вычетом внешних причин остановок составило $T_{пр.} = 42,3$ час. За время испытаний было зафиксировано 2 остановки оборудования, средней продолжительностью 5 минут, суммарное время простоя составило = 10 минут. Механическая эффективность работы устройства – 99 %.

Установлено, что основными причинами остановок работы оборудования является: образование воды в пневмоцилиндрах и заклинивании штоков пневмоцилиндров. На основании анализа причин остановок разработаны корректирующие мероприятия, позволяющие снизить их количество и продолжительность, такие как, техническое обслуживание – для устранения накопившейся влаги в пневматической системе; использование пневмоцилиндра с встроенными на-

правляющими. Замена пневмоцилиндра позволит предотвратить остановку работы оборудования, что увеличит срок его службы. Оборудование показало высокую механическую эффективность, что обусловлено качеством используемых материалов и точностью сборки компонентов.

Экспериментальный образец оборудования точного высева семян показал высокие результаты производительности и точности работы, а также высокую механическую эффективность и надежность [11; 12; 13]. Производственные испытания позволили разработать технологические карты процесса посева семян сосны с использованием оборудования точного высева семян для выращивания сеянцев с закрытой корневой системой с ручным и автоматическим мульчированием (табл. 1, 2).



а



б

Рис. 2. Производственные испытания экспериментального образца модуля мульчирования кассет в составе комплекса оборудования для посева семян с закрытой корневой системой:

а – мульчирование ручным способом; б – мульчирование с автоматическим мульчированием кассет

Таблица 1

Технологическая карта процесса посева семян сосны обыкновенной с использованием экспериментального оборудования посева семян для выращивания сеянцев с ЗКС с автоматическим мульчированием кассет

Наименование работ	Единица измерения	Объем работ	Количество обслуживающего персонала	Производительность, кассет/час	Время работ, час
Установка лункообразователя на нужную глубину	мин	5	2	–	0,08
Установка сеялки точного высева на нужную глубину	мин	5	2	–	0,08
Регулировка шага толкателя	мин	5	1	–	0,08
Регулировка уровня мульчирования	мин	5	1	–	0,08
Заполнение бункера сеялки семенами	кг	0,7	1	–	0,25
Заполнение бункера мульчей	м ³	40	1	–	0,1
Подвод семян к валу захвата	мин	1	1	–	0,01
Установка кассеты на стол	кассет	5576	1	489	11,4
Посев	кассет	5576	3	489	11,4
Автоматическое мульчирование кассет	кассет	5576	1	489	11,4
Сбор кассеты со стола	кассет	5576	1	489	11,4
Выключение и очистка оборудования от остатков торфа, опилок и семян	мин	15	2	–	0,25
Проведение ежедневного технического обслуживания	мин	15	2	–	0,25

Таблица 2

Технологическая карта процесса посева семян сосны обыкновенной с использованием экспериментального оборудования для посева семян для выращивания сеянцев с ЗКС с ручным мульчированием кассет

Наименование работ	Единица измерения	Объем работ	Количество обслуживающего персонала	Производительность, кассет/час	Время работ, час
Установка лункообразователя на нужную глубину	мин	5	2	–	0,08
Установка сеялки точного высева на нужную глубину	мин	5	2	–	0,08
Регулировка шага толкателя	мин	5	1	–	0,08
Заполнение бункера сеялки семенами	кг	0,7	1	–	0,25
Подвод семян к валу захвата	мин	1	1	–	0,01
Установка кассеты на стол	кассет	5576	1	489	11,4
Посев	кассет	5576	3	489	11,4
Сбор кассеты со стола	кассет	5576	1	489	11,4
Выключение и очистка оборудования от остатков торфа, опилок и семян	мин	15	2	–	0,25
Ручное мульчирование кассет	мин	15	2	60	–
Проведение ежедневного технического обслуживания	мин	15	2	–	0,25

ВЫВОДЫ

Производственные испытания экспериментального образца показали высокую эффективность и надежность работы. Испытания экспериментального образца проводились на различных режимах работы. Испытания включали оценку следующих параметров: производительность измерялась количеством кассет, в которых образованы лунки за единицу времени; глубина и расположение лунки оценивались визуально и с помощью измерительных приборов; количество и время остановок фиксировались с указанием причин; механическая эффективность определялась по стабильности работы. Механическая эффективность экспериментального образца оборудования составила 99 %. Намечены корректирующие мероприятия для повышения надежности, снижения количества и времени остановок оборудования. Разработаны технологические карты процесса посева семян сосны с использованием экспериментального образца оборудования для посева семян для выращивания сеянцев с ЗКС с ручным и автоматическим мульчированием кассет.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Правила лесовосстановления. URL: <https://docs.cntd.ru/document/554151577>. Текст: электронный.
2. Применение синтетических пенек в лесном хозяйстве / под ред. А. Д. Букштынова. М. : Лесная промышленность, 1979. 176 с.
3. Гоф А. А. Эффективность создания лесных культур сосны обыкновенной сеянцами с закрытой корневой системой в ленточных борках Алтая. Екатеринбург, 2020. 169 с. <https://www.disscat.com/content/effektivnost-sozdaniya-lesnykh-kultur-sosny-obyknovnoy-seyantsami-s-zakrytoi-kornevoi-sist>.
4. <https://www.mlh.by/lioh/2015-6/4.pdf>. Текст: электронный. ВСС. Plant the planet. URL: <https://www.bccab.com/ru/2021/06/15/latvias-state-forests-started-their-new-nursery-in-mezvidi/>.
5. Редько Г. И., Невзоров В. М., Невзоров И. М., Хиров А. А. Лесные культуры в Бузулукском бору :

учебное пособие для студентов специальности 1512. Ленинград : Ленинградская лесотехническая академия, 1985. 88 с.

6. Писаренко А. И., Редько Г. И., Мерзленко М. Д. Искусственные леса. Ч. 1. М. : Изд-во ЮНИФИР совместно с ВНИИЦлесресурс, 1992. 308 с.

7. Писаренко А. И., Мерзленко М. Д. Создание искусственных лесов. М. : Агропромиздат, 1990. 269 с.

8. Юсупов И. А., Луганский Н. А., Залесов С. В. Состояние искусственных сосновых молодняков в условиях аэропромвыбросов. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. акад., 1999. 185 с.

9. Шпагин Д. Е., Коршун В. Н. Повышение эффективности лесовыращивания // Лесозэксплуатация и комплексное использование древесины : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции ; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Красноярск, 2020. С. 224–227.

10. Шпагин Д. Е., Коршун В. Н. Лесовосстановление на переувлажненных почвах мерзлотной зоны Сибири // Лесозэксплуатация и комплексное использование древесины : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции ; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Красноярск, 2021. С. 291–294.

11. Авдеева Е. В., Ровных Н. Л., Шпагин Д. Е. Опорная конструкция линии для засева сеянцев с зкс // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства // Сборник статей Международной научно-практической конференции ; 2022. С. 239–241.

12. Конструкторские решения разрабатываемого устройства точного высева семян / Е. В. Авдеева, Д. Е. Шпагин, Н. Л. Ровных, Д. В. Черник // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства // Сборник статей X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием ; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Красноярск, 2023. С. 369–373.

13. Устройство точного высева семян для выращивания сеянцев с закрытой корневой системой /

Д. Е. Шпагин, Н. Л. Ровных, Е. В. Авдеева, А. Г. Авдеев, С. С. Шатохин // 3d-технологии в решении научно-практических задач : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции ; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Красноярск, 2023. С. 200–203.

REFERENCES

1. Pravila lesovosstanovleniya. URL: <https://docs.cntd.ru/document/554151577>. Tekst: elektronnyy.
2. Primeneniye sinteticheskikh penok v lesnom khozyaystve / pod red. A. D. Bukshynova. M. : Lesnaya promyshlennost', 1979. 176 s.
3. Gof A. A. Effektivnost' sozdaniya lesnykh kul'tur sosny obyknovnoy seyantsami s zakrytoy kornevoy sistemoy v lentochnykh borakh Altaya. Yekaterinburg, 2020. 169 s. <https://www.dissercat.com/content/effektivnost-sozdaniya-lesnykh-kul'tur-sosny-obyknovnoy-seyantsami-s-zakrytoi-kornevoi-sist>.
4. <https://www.mlh.by/lioh/2015-6/4.pdf>. Tekst: elektronnyy. BCC. Plant the planet. URL: <https://www.bccab.com/ru/2021/06/15/latvias-state-forests-started-their-new-nursery-in-mezvidi/>.
5. Red'ko G. I., Nevzorov V. M., Nevzorov I. M., Khironov A. A. Lesn'yye kul'tury v Buzulukskom boru : uchebnoye posobiye dlya studentov spetsial'nosti 1512. Leningrad : Leningradskaya lesotekhnicheskaya akademiya, 1985. 88 s.
6. Pisarenko A. I., Red'ko G. I., Merzlenko M. D. Iskusstvenn'yye lesa. Ch. 1. M. : Izd-vo YUNIFIR sov-mestno s VNIITSlesresurs, 1992. 308 s.
7. Pisarenko A. I., Merzlenko M. D. Sozdaniye iskusstvennykh lesov. M. : Agropromizdat, 1990. 269 s.
8. Yusupov I. A., Luganskiy N. A., Zalesov S. V. Sostoyaniye iskusstvennykh sosnovykh molodnyakov v usloviyakh aeropromvybrosov. Yekaterinburg : Ural. gos. lesotekhn. akad., 1999. 185 s.
9. Shpagin D. YE., Korshun V. N. Povysheniye effektivnosti lesovyrashchivaniya // Lesoekspluatatsiya i kompleksnoye ispol'zovaniye drevesiny : sbornik statey Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii ; SiBGU im. M. F. Reshetneva. Krasnoyarsk, 2020. S. 224–227.
10. Shpagin D. Ye., Korshun V. N. Lesovosstanovleniye na pereuvlazhnennykh pochvakh merzlotnoy zony Sibiri // Lesoekspluatatsiya i kompleksnoye ispol'zovaniye drevesiny : sbornik statey Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii ; SiBGU im. M. F. Reshetneva. Krasnoyarsk, 2021. S. 291–294.
11. Avdeyeva Ye. V., Rovnykh N. L., Shpagin D. Ye. Opornaya konstruktsiya linii dlya zaseva seyantsev s zks // Tekhnologii i oborudovaniye sadovo-parkovogo i landshaftnogo stroitel'stva // Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii ; 2022. S. 239–241.
12. Konstruktorskiye resheniya razrabatyvayemogo ustroystva tochnogo vyseva semyan / Ye. V. Avdeyeva, D. Ye. Shpagin, N. L. Rovnykh, D. V. Chernik // Tekhnologii i oborudovaniye sadovo-parkovogo i landshaftnogo stroitel'stva // Sbornik statey X Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem ; SiBGU im. M. F. Reshetneva. Krasnoyarsk, 2023. S. 369–373.
13. Ustroystvo tochnogo vyseva semyan dlya vyrashchivaniya seyantsev s zakrytoy kornevoy sistemoy / D. Ye. Shpagin, N. L. Rovnykh, Ye. V. Avdeyeva, A. G. Avdeyev, S. S. Shatokhin // 3d-tekhnologii v reshenii nauchno-prakticheskikh zadach : sbornik statey Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii ; SiBGU im. M. F. Reshetneva. Krasnoyarsk, 2023. S. 200–203.

© Авдеев А. Г., Шпагин Д. Е.,
Ровных Н. Л., Авдеева Е. В., 2025

Поступила в редакцию 02.06.2025
Принята к печати 20.10.2025