

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

Уральский государственный лесотехнический университет

На правах рукописи

Жигулин Евгений Валерьевич

**Совершенствование агротехники выращивания посадочного
материала с закрытой корневой системой в теплицах
с регулируемым микроклиматом**

Специальность 06.03.01 – Лесные культуры, селекция, семеноводство

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Залесов Сергей Вениаминович

Екатеринбург – 2022

Содержание

Введение.....	4
1. Природные условия района исследований.....	9
1.1. Географическое местоположение района исследования	9
1.2. Характеристика климата	10
1.3. Физико-географическое районирование.....	13
1.4. Лесорастительное районирование.....	14
1.5. Лесосеменное районирование.....	15
Выводы	19
2. Состояние проблемы.....	20
Выводы	37
3. Методика, программа и объем выполненных работ	38
3.1. Программа исследований	38
3.2. Объекты исследований	39
3.3. Методика исследований	40
3.4. Объем выполненных работ	42
4. Анализ фонда лесовосстановления и инфраструктуры для выращивания посадочного материала.....	43
4.1. Анализ фонда лесовосстановления	43
4.2. Характеристика инфраструктуры по выращиванию посадочного материала на территории области	47
4.3. Состояние генетико-селекционного комплекса Свердловской области.....	54
Выводы	56
5. Обоснование режимов выращивания сеянцев с закрытой корневой системой	58
5.1. Сортировка и предпосевная обработка семян	58
5.2. Сокращение времени на проращение семян при выращивании сеянцев с ЗКС	66

5.3. Температурный режим и влажность воздуха при выращивании семян с ЗКС	68
5.4. Влияние продолжительности фотопериода и уровня освещенности на рост семян	74
5.5. Температурный режим в контейнерах различной конструкции	79
5.6. Влажность субстрата в контейнерах различной конструкции	86
5.7. Влияние способа полива на рост семян	90
Выводы	95
6. Экономическое обоснование	97
6.1. Описание проекта.....	97
6.2. Инновационная составляющая	99
6.3. Цели и задачи проекта	100
6.4. Анализ рынка.....	101
6.5. SWOT- анализ проекта	102
6.6. Инвестиции в объекты капитального строительства ЛССЦ	104
6.7. Инвестиции в технологическое оборудование	106
6.8. Риски при реализации проекта	107
6.9. Маркетинговый план	108
6.10. Финансовый план	110
Заключение	112
Предложения производству	115
Библиографический список	117

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Действующими нормативно-правовыми документами по лесовосстановлению, в том числе компенсационному, предусмотрен переход к созданию лесных культур хвойных пород посадочным материалом с закрытой корневой системой (ЗКС). Однако до настоящего времени в Уральском Федеральном округе отсутствуют лесные селекционно-семеноводческие центры и опыт создания лесных культур сеянцами с ЗКС. Широко применяемая, так называемая «скандинавская» технология выращивания посадочного материала с ЗКС не в полной мере соответствует климатическим условиям Урала. Кроме того, при выращивании 1–2 ротаций сеянцев для удовлетворения потребностей в посадочном материале с ЗКС потребуются значительные площади. Таким образом, актуальной проблемой является совершенствование агротехники выращивания посадочного материала с ЗКС на основе теплиц с регулируемым микроклиматом с целью увеличения его количества.

Степень разработанности темы исследований. В мировой и отечественной практике накоплен значительный опыт выращивания посадочного материала с ЗКС (Жиганов, 1969; Heiskanen, 1994; 1995; Жигунов, 1998; 2000; Tervo, 1999; Rikala, 2010; 2012; Жигунов и др., 2016 б и др.). Однако данный опыт базируется на использовании так называемой «скандинавской» технологии, обеспечивающей выращивание 1–2 ротаций сеянцев с ЗКС при естественном освещении. Вопросы выращивания сеянцев в теплицах с регулируемым микроклиматом в условиях Уральского региона ранее не изучались. Автором предпринята попытка научного и экономического обоснования усовершенствования агротехники выращивания сеянцев хвойных пород с ЗКС в условиях Свердловской области.

Диссертация является законченным научным исследованием.

Цель исследования. Разработка предложений по совершенствованию агротехники выращивания сеянцев с закрытой корневой системой (ЗКС) в промышленных тепличных комплексах с регулируемым микроклиматом для искусственного лесовосстановления и лесоразведения на Урале.

В соответствии с заявленной целью исследований были сформулированы следующие задачи:

- выполнить анализ текущего состояния производства посадочного материала для лесовосстановления на территории Свердловской области;
- изучить возможности автоматизации сортировки семян и ускорения их прорастания;
- изучить влияние продолжительности светового дня и освещенности на рост сеянцев с ЗКС;
- изучить влияние контейнеров различной конструкции на температурный режим и влажность субстрата;
- изучить возможность применения нижнего полива подтоплением для рационального использования воды без сброса в дренаж;
- разработать предложения по совершенствованию агротехники выращивания сеянцев с ЗКС в промышленных тепличных комплексах с регулируемым микроклиматом.

Научная новизна результатов исследований. Впервые проанализированы возможности автоматизированной сортировки семян и ускорения их прорастания при выращивании сеянцев с ЗКС в теплицах с регулируемым микроклиматом; установлена продолжительность фотопериода и уровень освещенности при выращивании сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Djil.) и ели сибирской (*Picea obovate* Ledeb.) с ЗКС; установлено влияние нижнего полива на рост и фитомассу сеянцев; проанализировано состояние производства посадочного материала для лесовосстановления и лесоразведения в Свердловской области.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в получении новых данных, расширяющих возможности выращивания посадочного материала с ЗКС в промышленных теплицах с регулируемым микроклиматом и искусственной досветкой. Практическая значимость работы заключается в увеличении эффективности «работы» тепличных комплексов по выращиванию

сеянцев хвойных пород для лесовосстановления за счет ускорения прорастания семян и их автоматизированной сортировки, подбора размера кассет, регулирования уровня освещенности и продолжительности фотопериода, совершенствования полива, а также возможности выращивания сеянцев вне зависимости от естественной продолжительности вегетационного периода.

Разработанные в ходе проведения исследований предложения по совершенствованию агротехники выращивания посадочного материала с ЗКС используются при проектировании строительства лесосеменного селекционного центра на территории Свердловской области, а после проведения опытно-производственной проверки могут быть использованы в других регионах со сходными лесорастительными условиями.

Основные результаты исследований используются в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлению 35.03.01 и 35.04.01 «Лесное дело» (имеется справка о внедрении).

Методология и методы исследования. В основу исследований положены методы описательной статистики с вычислением параметров положения (среднее, мода, медиана, минимум, максимум и др.) и разброса (дисперсия, стандартное отклонение, коэффициент вариации и др.). Обработка данных производилась с применением программных продуктов Microsoft Excel, Statistica, MapInfo. Полученные в ходе работы данные подвергались статистической обработке с получением результатов на 95% уровне значимости.

Положения, выносимые на защиту:

- минимально необходимая интенсивность искусственного освещения в условиях промышленного выращивания контейнерного посадочного материала для сосны обыкновенной и лиственницы Сукачева – $200 \text{ мкмоль м}^{-2}\text{с}^{-1}$, ели сибирской $150 \text{ мкмоль м}^{-2}\text{с}^{-1}$, а критическая длина дня в диапазоне 12-13 ч.

- использование контейнеров среднего и крупного размера уменьшает риск перегрева торфяного субстрата с повреждением белковых структур семян и корней, обеспечивая оптимальный режим увлажнения и в 2–3 раза снижает количество поливов, по сравнению с ячейками мелкого объема;

- применение нижнего полива подтоплением позволяет получить сеянцы с ЗКС стандартных размеров и сократить периодичность поливов;

- масса семян и их геометрические размеры не являются постоянными показателями, поэтому необходимо точно определять размеры фракций для каждой партии в отдельности при предпосевной обработке семян, что позволяет обеспечить всхожесть на уровне 90-95%.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов исследований обеспечивается достаточным объемом экспериментального материала, полученного с использованием общеизвестных в лесоводственной науке апробированных методик, применением статистических методов анализа, а также использованием прикладных компьютерных программ для обработки данных.

Основные результаты диссертационного исследования докладывались на междунар. науч.-практ. конф. «Лесной комплекс: состояние и перспективы развития (Брянск, 2019; 2020); XIII междунар. науч.-техн. конф. «Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса» (Екатеринбург, 2021); XVII всерос. (национальный) науч.-техн. конф. «Научное творчество молодежи – лесному комплексу России» (Екатеринбург, 2021), второй межд. школе-конф. молодых ученых «Лесная наука, молодежь, будущее» (Гомель, 2021); IV межд. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса» (Кострома, 2021); III между. биологическом симпозиуме «Bio-Asia-2021» (Барнаул, 2021).

Личный вклад автора. Автор принимал непосредственное участие в постановке цели и задач исследования, выборе методики работ, сборе экспериментальных материалов, их обработке, анализе и апробации полученных результатов, а также написании статей, подготовке автореферата и диссертации.

Публикации. Основные положения диссертационной работы опубликованы в 16 печатных работах, в том числе 6 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 146 страницах машинописного текста, состоит из введения, 6 глав, заключения и предложений производству. Библиографический список включает 248 наименований, в том числе 49 иностранных. Текст проиллюстрирован 33 таблицами и 35 рисунками.

1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Географическое местоположение района исследования

Район исследований расположен на Среднем Урале на территории Свердловской области. Эксперимент был проведен в теплицах четвертого поколения типа VENLO в поселке Садовый (N 56.9510; E 60.6880), расположенном в 14 км на северо-восток от г. Екатеринбурга (рис. 1.1). Действующий тепличный комплекс выпускает сельскохозяйственную продукцию, а выращивание сеянцев лесных пород производилось в период с 2018 по 2021 годы в экспериментальном порядке.



Рис. 1.1. Местоположение района исследований

Местоположение тепличного комплекса для выращивания сеянцев с закрытой корневой системой (ЗКС) в пос. Садовый очень удачное, поскольку расположено в непосредственной близости от кольцевой автодороги вокруг г. Екатеринбурга и крупных транспортных магистралей, соединяющих Свердловскую область с другими регионами. Кроме того, тепличный комплекс имеет доступ к энергоресурсам и развитую инфраструктуру. Отличительной особенностью тепличного комплекса четвертого поколения является высокая энергоэффективность, позволяющая функционирование теплицы в круглогодичном режиме за счет использования искусственной досветки и отопления.

Представление о тепличном комплексе позволяет получить рисунок 1.2.



Рис. 1.2. Внешний вид тепличного комплекса в пос. Садовый, вид сверху

1.2. Характеристика климата

Климат изучаемого региона характеризуется расположением в пограничной зоне между умеренно-континентальным и континентальным климатом. Отмечается резкая изменчивость погоды и ясно выраженная сезонность. Уральские горы оказывают барьерное влияние на движение воздушных масс воздуха, поступающих из Европейской части России. Таким образом, периодически на Средний Урал открывается возможность вторжения холодного арктического воздуха или континентальных воздушных масс из Западной Сибири (Агроклиматические ресурсы..., 1978). В то же время с южного направления может поступать теплый воздух из Прикаспийского региона и Средней Азии. Именно поэтому для климатических условий г. Екатеринбурга характерны частые резкие колебания температуры и наблюдающиеся природные аномалии, такие как чередование зимних морозов ниже -40°C и оттепелей с дождями, а также жара выше $+35^{\circ}\text{C}$ и заморозки в летний период (рис. 1.3, 1.4). За последние 40 лет метеонаблюдений зафиксирован тренд увеличения скорости наступления весенних и раннелетних климатических явлений (Ваганов, Шиятов, 2005; Янцер, 2019).

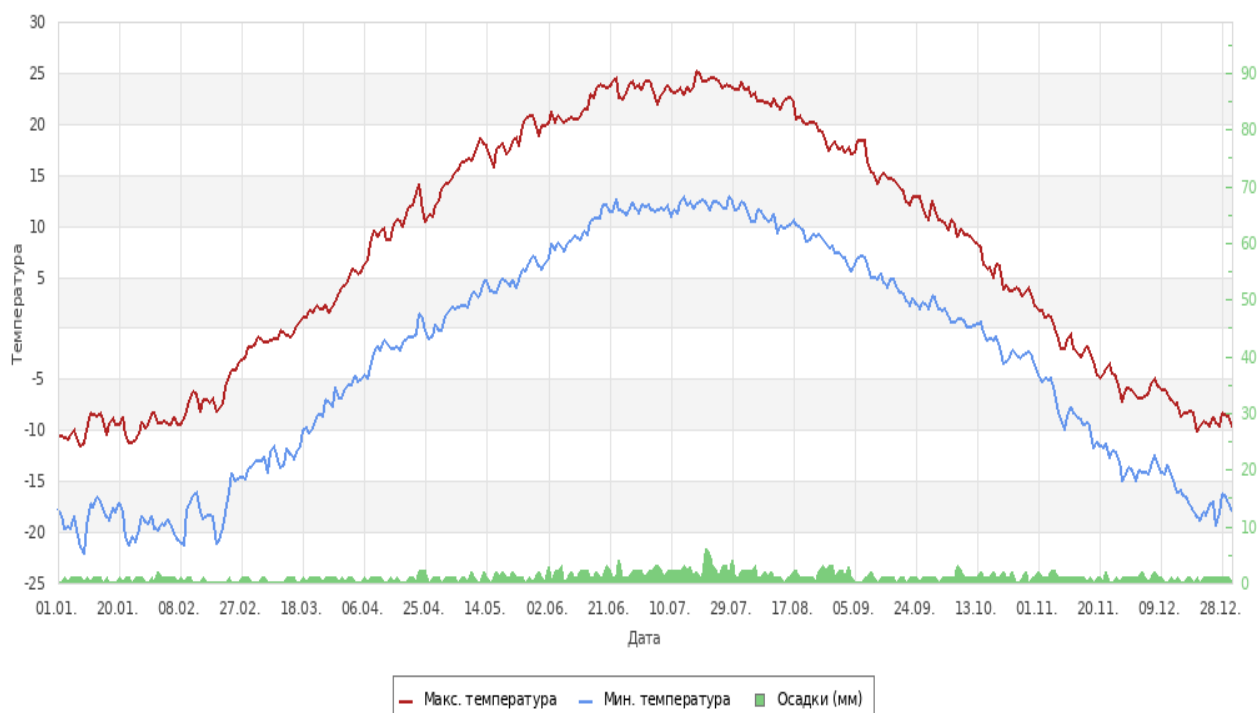


Рис. 1.3. Температурный режим и осадки

Отдельные районы региона сильно различаются в соотношении и количестве поступающего тепла и влаги. По многолетним данным наблюдений установлено, что индекс сухости (отношение годового радиационного баланса подстилающей поверхности к сумме тепла, необходимого для испарения годового количества осадков на той же площади) варьирует от 0,75 до 0,85. Увлажнение можно охарактеризовать по отношению годового количества осадков к годовой величине испаряемости, который можно описать как умеренно избыточное. Увлажнение летом может быть оптимальным, а в отдельные годы даже недостаточным (Будыко, 1971; Зубашенко и др., 2007). Среднегодовая сума осадков в низкогорных районах Свердловской области составляет 520–570 мм. В районах восточных предгорий (подветренный склон Урала) годовое количество осадков ниже и находится в пределах 430–500 мм. Сумма осадков в зимний период составляет меньшую часть в годовом балансе. На зимние осадки приходится в среднем 100-150 мм (Капустин, 2006).

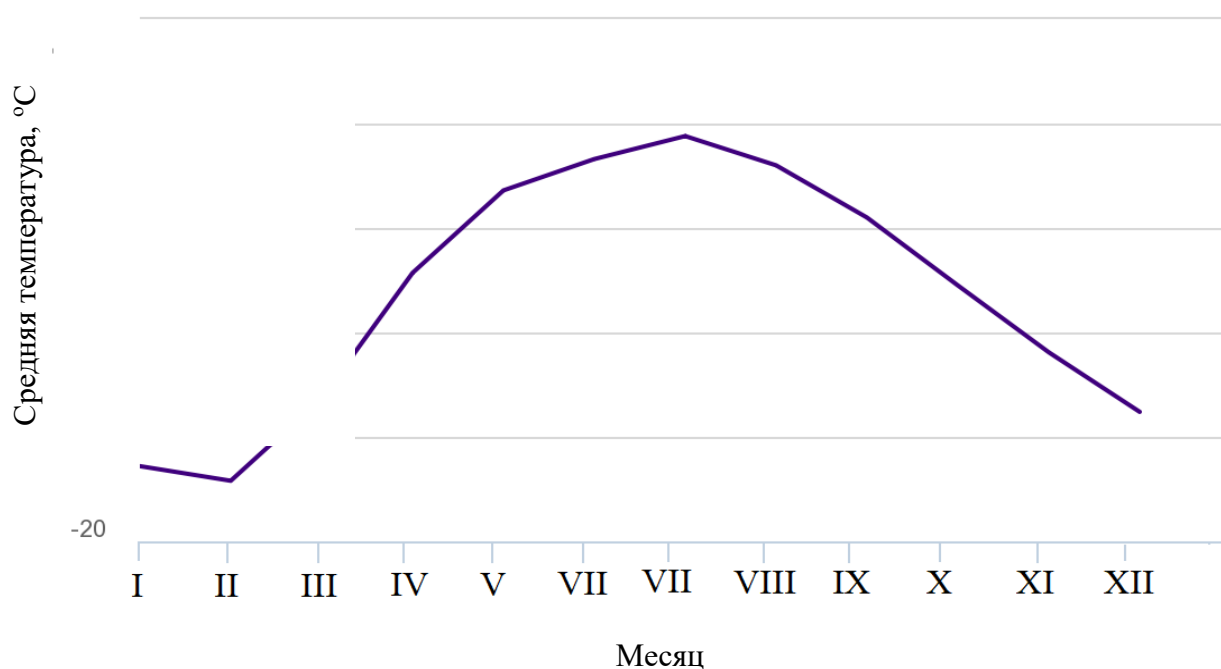


Рис. 1.4. Характеристика среднемесячных температур

Свердловская область делится границей Восточнорусского и Западносибирского климатических подсекторов Евразии. Восточнорусский подсектор характеризуется умеренно континентальным климатом, а Западносибирский – континентальным. На западе области годовая амплитуда температуры воздуха 28–33°C, а на востоке 34–44°C. Средне многолетние температуры июля составляют в пределах +17,5 ... +19°C, а января: -16°...-17°C (рис. 1.5). Среднегодовая продолжительность безморозного периода составляет 95–105 дней. Сумма температур воздуха выше 10°C: 1600–1700°C, что является достаточным для нормальной вегетации основных таежных лесообразующих пород. Многие авторы отмечают тенденцию по изменению климата, причем наблюдается повышение средних зимних температур (Шалаумова и др., 2010; Абдуллин, 2018). Этот факт подтверждается тем, что на Среднем Урале наблюдаются сдвиги фенологических сроков у растений, в том числе начало сокодвижения, зацветания и созревания семян и другие (Шкляев, Шкляева, 2003; Янцер, Терентьева, 2013).

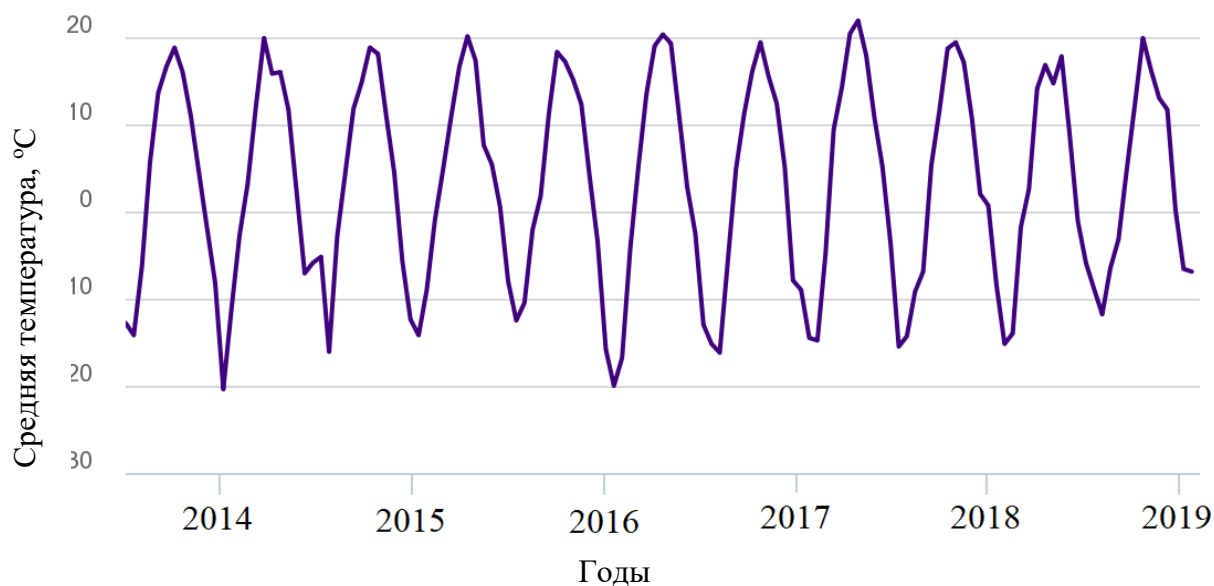


Рис. 1.5. Многолетняя динамика температуры воздуха

1.3. Физико-географическое районирование

Свердловская область характеризуется разнообразием природных физико-географических зон (Прокаев, 1967; Гафуров, 2008; Гурьевский и др., 2016). Согласно схеме физико-географического районирования (Капустин, 2009; 2014), территория Свердловской области расположена в пределах двух географических зон: таежной и лесостепной. Таежная зона представлена четырьмя подзонами, а лесостепная – только двумя подзонами (рис. 1.6).

Изучаемый район расположен в южной подзоне тайги Среднего Урала, а его ландшафтное районирование, как правило, совпадает с тектогенными округами. Лесные насаждения характеризуются высокой относительной полнотой (0,7-0,9) и продуктивностью (классы бонитета II–III), наличием подлеска и богатым живым напочвенным покровом (ЖНП). Травостой в ЖНП большинства типов леса способен подавлять развитие зеленых мхов и естественное лесовосстановление. В таких лесорастительных условиях наряду с подзолистым получает развитие дерновый почвообразовательный процесс и нередко формируются дерново-подзолистые почвы (Прокаев, Кузнецова, 1974; Фирсова, 1977).

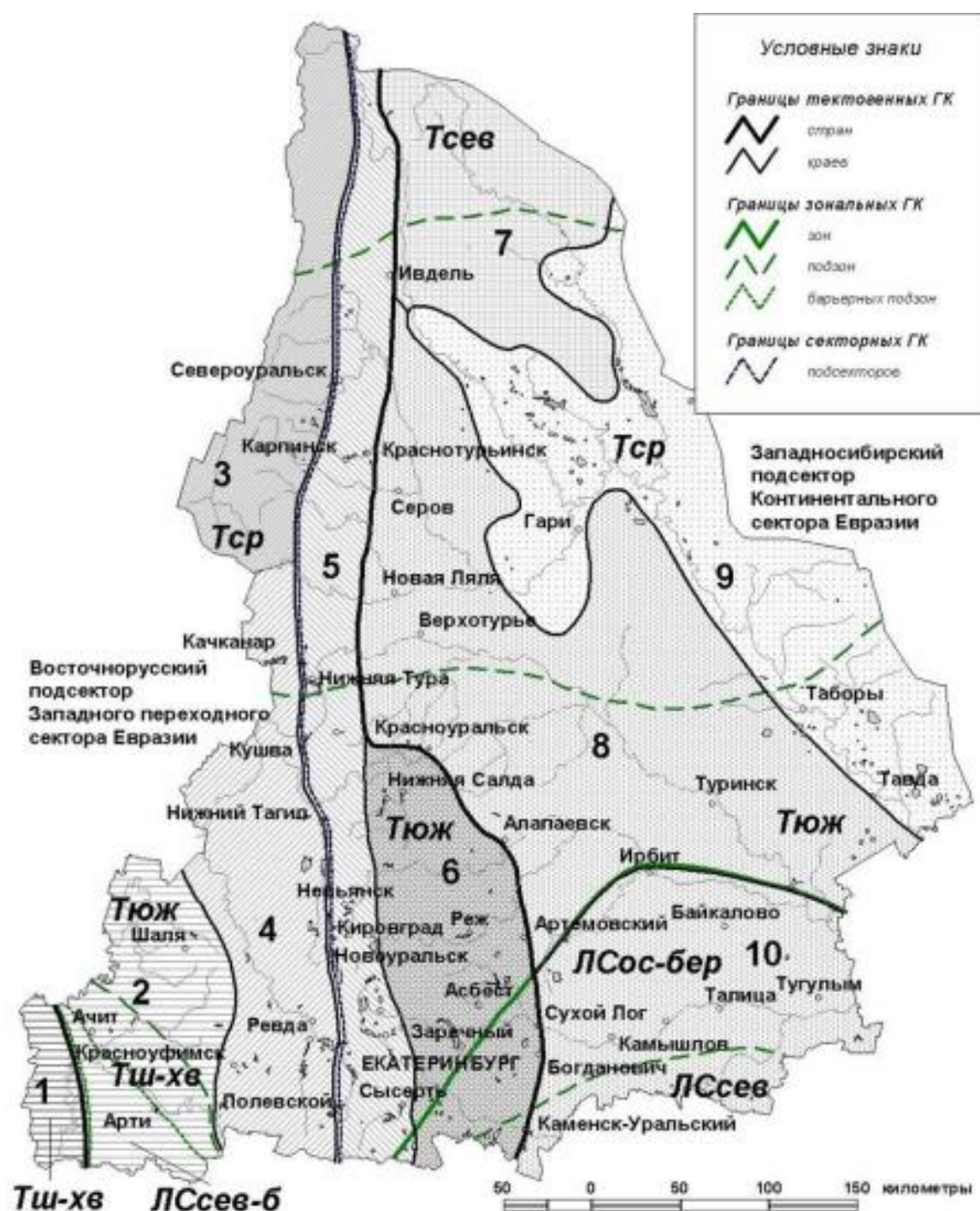


Рис. 1.6. Физико-географическое районирование Свердловской области

1.4. Лесорастительное районирование

Основной вклад в разработку классификации лесов Урала вносят научные работы Б.П. Колесникова, Р.С. Зубаревой, Е.П. Смолоногова (Лесорастительные условия..., 1974). Авторы изучали типологию лесов на основе географо-генетических принципов, сформулированных в работах Г.Ф. Морозова

(1904) и В.Н. Сукачева (1972). Этих лесоводов можно считать первопроходцами в разработке лесной типологии на Урале с учетом элементарных географических комплексов.

Классификация лесов, растительных ассоциаций и наименования фитоценозов постоянно нуждается в совершенствовании, поскольку эти характеристики достаточно неустойчивы. Например, существуют разные мнения о принципах выделения типов леса на Урале. Различия можно обнаружить при сравнении работ Б.П. Колесникова (Лесорастительные условия ..., 1974) и работы, посвященной картографированию растительности в южной тайге Среднего Урала (Горчаковский и др., 1977). Авторы выделяют типы леса в одних лесорастительных районах, но выводы сильно отличаются, особенно для темнохвойных лесов.

В соответствии со ст. 15 Лесного кодекса РФ (2006) и приказом Министерства природных ресурсов и экологии от 18.08.2014 № 367 «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и перечня лесных районов Российской Федерации» (2014) леса Свердловской области отнесены к Северо-Уральскому и Средне-Уральскому лесным районам таежной лесорастительной зоны.

В то же время, учитывая существенную природную неоднородность территории Свердловской области, вызванную, в частности, расположением ее в Европе и Азии, считается более правильным районирование, предложенное Г.А. Годоваловым с соавторами (2016). Согласно указанного районирования Северо-Уральский лесной район предлагается подразделять на горный и Западно-Сибирский равнинный подрайоны. Средне-Уральский лесной район включает в себя Восточно-европейский равнинный, горный и Западно-Сибирский равнинный подрайоны (рис. 1.7).

1.5. Лесосеменное районирование

Лесосеменное районирование основных лесообразующих пород регламентируется Приказом Федерального агентства лесного хозяйства № 353 от

08.10.2015 г. "Об установлении лесосеменного районирования" (2015). С учетом лесорастительных условий Свердловской области основными породами для искусственного лесовосстановления можно считать сосну обыкновенную (*Pinus sylvestris* L.), ель сибирскую (*Picea obovata* Ledeb.), лиственницу Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.), сосну кедровую сибирскую (*Pinus sibirica* Du Tour) (табл. 1.1).



Рис. 1.7. Лесорастительное районирование Свердловской области

Таблица 1.1. Лесосеменные районы Свердловской области

Порода	Номера лесосеменных районов
Сосна обыкновенная	2, 8, 9, 10, 11, 12
Ель сибирская	6, 7, 9, 10
Лиственница Сукачева	4, 7
Сосна кедровая сибирская	1, 3

Свердловская область характеризуется разнообразием лесосеменных районов. Самое большое разнообразие представлено у сосны обыкновенной (рис. 1.8) – 6 районов. Ель сибирская районирована в 4 районах (рис. 1.9), а лиственница Сукачева (рис. 1.10) и сосна кедровая сибирская в двух (рис. 1.11). Неоднородность климатических условий и таксационных показателей древостоев в местах сбора семян лесных пород во многом обуславливают разное качество семян в зависимости от партий, поэтому этот фактор обязательно необходимо учитывать, как на этапе выращивания сеянцев с ЗКС, так и при высадке их на лесокультурную площадь.

На территории Свердловской области имеются объекты Единого генетико-селекционного комплекса (ЕГСК), которые по данным лесного плана (2019) включают в себя плюсовые деревья – 791 шт., плюсовые насаждения – 454,2 га, лесосеменные плантации (ЛСП) – 356,4 га, постоянные лесосеменные участки (ПЛСУ) – 27,2 га, маточные плантации – 26,5 га, архивы клонов – 11,9 га, испытательные культуры – 20,7 га, географические культуры – 13,2 га.

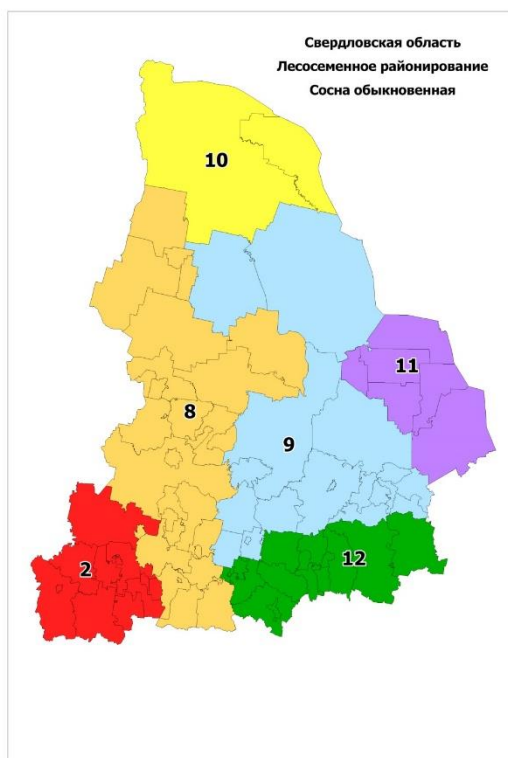


Рис. 1.8. Лесосеменное районирование сосны обыкновенной

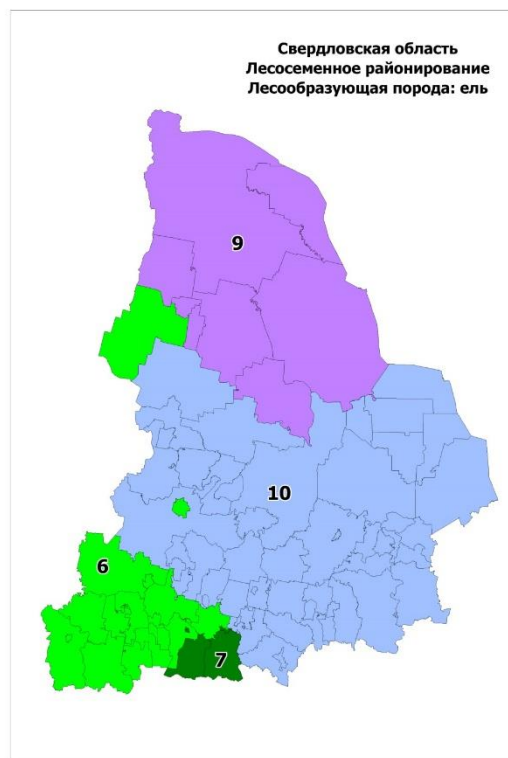


Рис. 1.9. Лесосеменное районирование ели сибирской

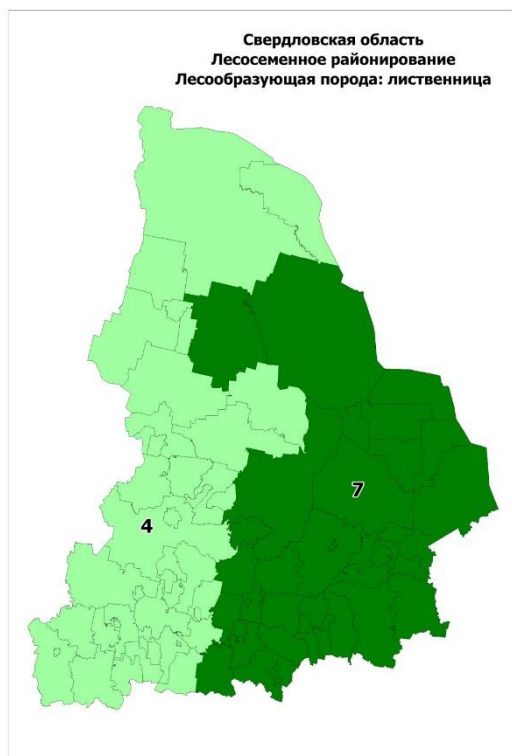


Рис. 1.10. Лесосеменное районирование лиственницы Сукачева

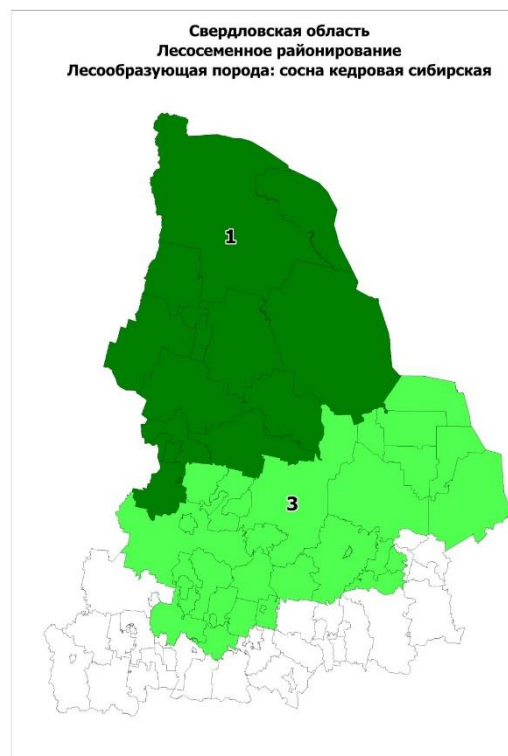


Рис. 1.11. Лесосеменное районирование сосны кедровой сибирской

Выводы

1. Географическое расположение тепличного комплекса по выращиванию сеянцев с ЗКС в пос. Садовый в 14 км на северо-восток от г. Екатеринбурга очень удачное, так как отличается транспортной доступностью, наличием достаточных энергоресурсов и развитой инфраструктурой.

2. Район исследований характеризуется расположением в пограничной зоне между умеренно-континентальным и континентальным климатом. Отмечаются резкая изменчивость погоды и ясно выраженная сезонность. Отдельные районы региона сильно различаются в соотношении количества поступающего тепла и влаги, а также по почвенно-грунтовым условиям. Увлажнение можно охарактеризовать как умеренно избыточное, но в отдельные годы может наблюдаться недостаток влаги в летний период.

3. Территория Свердловской области расположена в пределах двух физико-географических зон: таежной и лесостепной.

4. Свердловская область, согласно схеме лесохозяйственного районирования, расположена в Северо-Уральском и Средне-Уральском таежных лесных районах.

5. Свердловская область характеризуется значительным разнообразием лесосеменных районов. Сосна обыкновенная представлена шестью районами (2, 8, 9, 10, 11, 12), ель сибирская четырьмя районами (6, 7, 9, 10), лиственница Сукачева двумя районами (4, 7) и сосна кедровая сибирская двумя районами (1, 3).

2. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Повышение продуктивности лесов не может быть обеспечено без оперативного лесовосстановления не покрытых лесной растительностью площадей (Мелехов, 1969; Побединский, 1977; 1983; Луганский и др., 1995; Залесов, 2000; Залесов, Луганский, 2002). Наиболее надежным и перспективным способом лесовосстановления является искусственный, что подтверждается значительным количеством научных работ (Макаров, 1972; Редько, 1984; Родин, 1989; 2006; 2015; Писаренко, Мерзленко, 1990; 1991; Родин и др., 1995; 2001; 2006; Родин А.Р., Родин С.А., 1996; Данилик и др., 2001; Залесов и др., 2002; 2012; 2015 а, б; Фрейберг, Стеценко, 2002; Фрейберг и др., 2013; Жигунов и др., 2016 в). При этом для создания лесных культур требуется качественный посадочный материал. В России преимущественно выращивают посадочный материал лесных древесных пород с открытыми корнями в открытом грунте без осуществления искусственного полива и обогрева растений. Данная технология позволяет выращивать дешевый посадочный материал без потребления большого количества энергоресурсов. Главным недостатком этой технологии является длительный период выращивания молодых растений. Так, в Уральском регионе России средняя продолжительность выращивания сеянцев сосны обыкновенной и лиственницы Сукачева в открытом грунте составляет 2 года, а сосны кедровой сибирской и ели сибирской 3 года.

В настоящее время намечается тенденция к переходу на интенсивную модель искусственного восстановления лесов, что обусловило повышенную потребность в контейнерных сеянцах лесных пород.

Причин выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой (ЗКС) было несколько. Начиная с 30-х годов XX столетия основной объем заготовки древесины приходился на сплошнолесосечные рубки, выполняемые концентрированным способом. До 50-60-х годов при трелевке древесины использовался гужевой транспорт, а лесозаготовки выполнялись преимущественно в зимний период, что во многом способствовало сохранению подроста предварительной генерации. Однако после Великой Отечественной

войны началась механизированная заготовка, а конную тягу на трелевке древесины заменили трактора. В результате после проведения сплошнолесосечных рубок началась массовая смена коренных хвойных насаждений на производные мягколиственные. Для лесосек с наличием хвойного подроста предварительной генерации учеными были разработаны и внедрены технологии, обеспечивающие его максимальное сохранение, а на лесосеках, где подроста хвойных пород было недостаточно для последующего лесовосстановления вырубкой, рекомендовались либо меры содействия последующему лесовозобновлению, либо создавались лесные культуры.

Создание лесных культур потребовало, в свою очередь, большого количества посадочного материала, а следовательно, качественных районированных семян. Последнее обусловило увеличение площади лесных питомников, создание теплиц для ускоренного выращивания сеянцев (Применение ..., 1979; Мордась, 1983; 1986) и создания объектов лесного семеноводства. Проводимые мероприятия дали ощутимые результаты, однако, сдерживающим фактом искусственного лесовосстановления продолжали оставаться ограниченные сроки проведения лесокультурных работ и большой расход семян при выращивании посадочного материала.

Сотрудниками Ленинградского научно-исследовательского института лесного хозяйства в связи с вышеизложенным были начаты работы по выращиванию посадочного материала с закрытой корневой системой (Бурцев, 2014).

Первые опыты выращивания сеянцев с закрытой корневой системой (ЗКС) были выполнены доцентом А.В. Преображенским в 1961 г. в Лисинском учебно-опытном лесхозе. При этом саженцы выращивались на питомнике в открытом грунте, а затем с комом земли размещались в деревянные ящики, сколоченные из реек. В ящиках размером 50×50×30 см посадочный материал доставлялся на лесокультурную площадь и высаживался без дополнительной подготовки почвы (Преображенский, 1964).

В 1968 г. Б.П. Богданов начал выращиваемые на питомнике сеянцы пересаживать в контейнеры, заполненные торфом. Для заделки корней 2-летних сеянцев сосны и 3-летних сеянцев ели в торфяной брикет была разработана специальная пресс-форма (Богданов, 1974).

В результате дальнейших исследований был разработан полный комплекс оборудования для выращивания посадочного материала с ЗКС по методу «Брикет» и его механизированной посадке на лесокультурную площадь (Маслаков и др., 1981).

В середине 80-х годов были начаты под руководством А.В. Жигунова работы по новой технологии, согласно которой в контейнеры производился посев семян. Последнее позволяло в 10–20 раз сократить расход семян. В 1991 г. производству была предложена технология как выращивания сеянцев с ЗКС, так и высаживания их на лесокультурную площадь (Жигунов и др., 1990). Впоследствии указанная технология, доработанная в Финляндии, начала называться скандинавской. В отличие от технологий выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой, разработанной в России, в скандинавских странах уменьшили размер ячеек до 100 см³ (Rikala, 2012) при размере ячеек в России 400 см³ (Жигунов, 2000).

Технологии выращивания посадочного материала с ЗКС обусловили его широкое применение в лесокультурном производстве. Однако тепличное производство контейнерных сеянцев имеет ряд преимуществ и недостатков. Преимуществами сеянцев с закрытыми корнями являются сокращение сроков выращивания сеянцев до 1 года, высокая приживаемость растений и продолжительный период для посадки (Жиганов, 1969; Буш, 1974; Ульянов, 1974; Дудоров и др., 1981; Маслаков и др., 1981; Матюхина и др., 1986; Luoranen et al., 2011; Olmez and Suner, 2011; Жигунов, 2012). Главным ограничительным фактором широкого распространения сеянцев лесных древесных пород в контейнерах является высокая себестоимость конечного продукта и большая потреб-

ность в энергоресурсах. Основные эксплуатационные затраты при многоротационной технологии выращивания посадочного материала направлены на полив и обогрев теплиц.

Посадочный материал с закрытой корневой системой (ЗКС) является высокотехнологичным продуктом и обеспечивает интенсификацию выращивания сеянцев для нужд лесовосстановления, продлевает сроки посадки и обеспечивает лучшую приживаемость высаженных растений на лесокультурной площади. Результаты многочисленных исследований подтверждают преимущество сеянцев с ЗКС, по сравнению с традиционной технологией (Жигунов, 1998; 2000; Бобушкина и др., 2011; Бобушкина, 2014; Жигунов и др., 2016а,б).

В настоящее время достаточно хорошо изучены вопросы агротехники выращивания основных лесобразующих пород в сезонных пленочных теплицах, влияние состава торфяного субстрата на рост и развитие сеянцев, использование минеральных удобрений и механизации основных производственных процессов при производстве контейнерных сеянцев, а также их дальнейший рост на лесокультурной площади (Rikala, 2012; Zhigunov et al., 2014; Бобушкина, Мочалов, 2014; Васильев, 2018). Большинство исследований охватывают главным образом лесорастительные условия Скандинавии (Heiskanen, 1995; Рикала, 2000; Luoranen et al., 2006; 2007; Leinonen, 2009; Nilsson, 2010; Мочалов, 2011), северо-запада (Мочалов, 2005; Соколов, 2006; Соколов и др., 2015) и ряда других регионов России (Кабанова и др., 2004; Ушнурцев, 2004; Родин, Родин, 2010; Чукарина, 2012; Сахнов, Пуряев, 2015; Костин, 2019).

Большое распространение контейнерного посадочного материала отмечается в Карелии (Соколов, 2006; Степанов, 2008; Зайцева и др., 2010). Большой вклад в разработку и совершенствование технологии внесли ученые Санкт-Петербурга и Ленинградской области (Маслаков и др., 1975; Ковалев, Маслаков, 1978; Бирцева, Извекова, 1988; Жигунов, 1998; 2000; 2005; Жигунов, Маркова, 2005; Жигунов, Шевчук, 2006; Маркова, 2008 и др.), Москвы (Писаренко, 1979 и др.), Архангельской области (Мочалов, 2010; 2011; Сеньков, 2011 и др.), Костромской области (Багаев, 2012; Багаев, Калашникова,

2012 и др.), Дальнего Востока (Денисов, 2006; Перевертайло, 2006 и др.) и других регионов страны (Гурина, Любимов, 1982; Дудоров, Арестова, 1982; Макаренко, 1983; Егорова, 2004; Толчин, Мухартов, 2013).

Высоких результатов в изучении и развитии технологии выращивания сеянцев с ЗКС были достигнуты в Европе, а именно в Скандинавских странах. Уже в 1980 году Швеция, Финляндия и Норвегия произвели 250, 65 и 40 миллионов контейнерных сеянцев соответственно (Rasanen, 1981). Большой опыт промышленного выращивания контейнерных сеянцев в настоящее время позволяет получать два и три урожая за один год, что многократно увеличивает производительность работы лесного питомника. Исследователи в Финляндии разработали оптимальные режимы и сроки выращивания для основных европейских лесообразующих пород (Rikala, Repo, 1987; Heiskanen, 1994, 1995; Tervo, 1999; Juntunen, Rikala, 2001; Leinonen et al., 2009; Rikala, Lappi, 2010).

Выращивание сеянцев с закрытой корневой системой обязательно должно учитывать региональную специфику лесорастительных условий, например, классическая скандинавская технология хорошо себя зарекомендовала в Карелии, Коми, Ленинградской, Архангельской, Вологодской областях, а в Воронежской области и Алтайском крае были отмечены случаи низкой приживаемости сеянцев на лесокультурной площади. Именно поэтому отсутствие опыта производства контейнерных сеянцев в районе исследований послужило основанием для выбора темы выполненной работы.

В последней редакции об утверждении Правил лесовосстановления (2020) появились отдельные нормативные требования для посадочного материала с ЗКС. Возраст посадочного материала должен составлять от 1 до 2 лет, высота не менее 8 см, а толщина стволика у шейки корня не менее 2 мм. Дополнительно введены требования к минимальному объему контейнера для ели (от 85 мл), сосны (от 50 мл), а высота контейнера не менее 7,3 см. Интенсивные режимы выращивания посадочного материала с ЗКС позволяют получить

однолетние сеянцы сосны, ели и лиственницы с характеристиками, пригодными для посадки на лесокультурную площадь, в то время как сеянцы открытого грунта имеют аналогичные параметры в возрасте 2-3 года.

Посадочный материал для лесовосстановления применяется на Урале с параметрами, указанными в таблице 2.1 и приложении Правил лесовосстановления (Об утверждении Правил ..., 2020).

Таблица 2.1. Нормативные параметров посадочного материала с ЗКС

Древесные породы	Требования к посадочному материалу		
	Возраст, лет	Диаметр стволика у корневой шейки не менее, мм	Высота стволика не менее, см
Сосна обыкновенная	3	2,0	10
Лиственницы сибирская и Сукачева	2-3	2,0	12
Ель сибирская	3-4	1,5	10

Правилами лесовосстановления допускается применять посадочный материал, в том числе с закрытой корневой системой, в возрасте менее указанного при условии достижения нормативных размеров по высоте и диаметру стволика у корневой шейки.

Преимущество сеянцев с ЗКС заключается в том, что посадочный материал возможно выращивать за один год. Для сравнения, многие авторы отмечают (Родин и др., 1989; Чукарина, 2012; Родин и др., 2017), что в открытом грунте сеянцы с ОКС достигают нормативных параметров по высоте и диаметру корневой шейки не менее чем за два года.

Выход стандартного посадочного материала с ЗКС зависит от многих факторов, в том числе от региона (Казанцева и др., 1998; Кабанова и др., 2004; Ушнурцев, 2004; Мочалов, 2009). Например, в условиях Ленинградской области сеянцы сосны и ели с ЗКС первой ротации (посев в весенний период) гарантированно достигают стандартных параметров к концу первого сезона выращивания и полностью соответствуют нормативным параметрам. Сеянцы

второй ротации (посев в летний период) необходимо доращивать на открытом полигоне на следующий год. Таким образом, вторая ротация не достигает необходимых параметров, достаточных для высадки на лесокультурную площадь и требует выращивания еще один вегетационный сезон (Федотов, Жигунов, 2016; Бронштейн, 2017).

Многие авторы отмечают, что для организации эффективного искусственного лесовосстановления необходима концентрация работ по выращиванию посадочного материала. В настоящее время в России наблюдается организация лесокультурного дела путем создания крупных региональных лесосеменных селекционных центров (ЛССЦ) обеспечивающих выращивание посадочного материала с ЗКС (Морковина и др., 2014; Васильев, 2015; Ананьев и др., 2017).

Искусственное лесовосстановление в регионах с дефицитом влаги протекает не так успешно, как в таежной зоне. Для засушливых лесорастительных условий ряд ученых рекомендует использовать посадочный материал с закрытой корневой системой для облесения песчаных дюн или при посадке в степной зоне, так как он более жизнеспособен, чем традиционный и обеспечивает лучшие результаты (Диалло, Чмыр, 1988). Однако на практике и в научной литературе встречаются противоположные выводы, свидетельствующие о ряде проблем, с которыми столкнулись при внедрении «скандинавской» технологии в регионах с дефицитом влаги.

Воронежский ЛССЦ был построен в числе первых предприятий по выращиванию посадочного материала по «скандинавской» технологии. Первый опыт эксплуатации ЛССЦ в черноземной зоне выявил ряд проблем, которые отсутствуют у тепличных комплексов, расположенных в таежной зоне (Бобушкина и др., 2011). Установлено, что «скандинавские» проекты не были адаптированы к климатическим условиям степи и лесостепи, поэтому потребовались дополнительные затраты на защиту растений от перегрева теплиц. Нарушение температурного режима пленочных теплиц приводит к наруше-

ниям технологии выращивания лесных пород, снижению качества посадочного материала, перерасходу средств на выращивание и как следствие увеличению себестоимости (Landis et. al, 1990; Морковина и др., 2015). Создание лесных культур в степной зоне является очень трудоемким мероприятием (Писаренко и др., 1992 а, б; Осауленко, Зиновьева, 2013; Плужников, 2014; Золотухин, 2017). Посадка однолетних сеянцев сосны с ЗКС без обработки почвы в условиях Воронежской области неизбежно приводит к их гибели. На участках с обработанной песчаной почвой в лесостепной зоне результат приживаемости зависит от внесения микоризы (Проказин и др., 2015). В торфяном субстрате при выращивании контейнеризированных сеянцев наблюдается малое количество микоризных окончаний (Riffle, 1982; Мартикайнен, 1992). В зарубежной литературе также отмечается положительный эффект симбиоза грибов и сеянцев. Микоризообразующие грибы позволяют сеянцам с ЗКС ускорить рост тонких поглощающих корней, способствуют увеличению корневой массы, активируют насыщение тканей растения водой и элементами питания, что приводит к повышению приживаемости хвойных пород в любом субстрате (Finlay, 2005; Smith, 2008; Pritsch, 2011; Геронина, 2014).

Аналогичные проблемы отмечаются в климатических условиях Алтая (Ананьев и др., 2016; 2017; 2018; Ананьев, 2017). Причиной низкой приживаемости сеянцев с ЗКС на лесокультурных площадях этого региона связаны с мелким размером корневой системы, которая не позволяет обеспечить растения водой в засушливый период на песчаных почвах (Ананьев и др., 2018; Гоф и др., 2019 а, б; Гоф, 2020). И.М. Бертенев (2018) отмечает, что наилучшая приживаемость однолетних сеянцев с ЗКС происходит в условиях слабой конкуренции с травянистой растительностью и годовым количеством осадков не менее 600-700 мм.

Опыт выращивания сеянцев с ЗКС в Нижегородской области на базе ГБУ НО «Семеновский спецлесхоз» подтверждает наличие проблем при регулировании микроклимата в теплицах. Для однолетних сеянцев с ЗКС отмечается недостаточное развитие и несоответствие стандартным размерам при

их выращивании в теплицах по классическим «скандинавским» технологиям. Качество сеянцев, выращенных в открытом грунте на этом же предприятии гораздо лучше, а двухлетние сеянцы гарантированно достигают нормативных параметров (Бессчетнов и др., 2014).

В лесорастительных условиях Карелии сохранность сеянцев с ЗКС в культурах старше 10 лет варьировала в широких пределах - от 0 до 88% (Гаврилова и др., 2017). Главным фактором высокой приживаемости сеянцев с ЗКС является почвенное плодородие и качество лесоводственных уходов (Соколов, 2006). На вырубках сосняков северной тайги основной отпад лесных культур наблюдается в первые три года после посадки из-за повреждения большим сосновым долгоносиком и снежным шютте (Семакова, 2004). В Европейских странах сосновый долгоносик также наносит ежегодный ущерб лесному хозяйству (Leather et. al., 1999; Moore, 2004; Conord et al., 2006). В условиях средней тайги приживаемость и сохранность лесных культур, созданных сеянцами с ЗКС, составила более 80%. Среди причин гибели отмечают вымокание культур в микропонижениях, а также заглушение травянистой растительностью. На некоторых участках наблюдались саблевидные искривления сеянцев, что было вызвано сильной деформацией корней из-за длительного содержания кассет на площадке доращивания. При соблюдении технологии выращивания этих проблем нет (Соколов и др., 2015).

При создании лесных культур сеянцами с закрытой корневой системой (ЗКС) особенно важно учитывать развитие у них корневой системы. Особое значение при этом приобретает первичная деформация (хемотропизм – неправильное развитие) корневых систем. В научной литературе в настоящее время имеется уже значительное количество публикаций, посвященных развитию корневых систем после высадки сеянцев с ЗКС на лесокультурную площадь (Незабудкин, 1939 а, б; Родин, 1978; Lindstrom, 1982; Persson, 1982; Калинин, 1983; Маслаков, Огиевский, 1983; Маркова, Онацевич, 1986; Мелешин, Жигунов, 1990; Извекова, 1992; Смоляницкая и др., 1992; Жигунов, 1998, 2000; Ушнурцев, Сотнева, 2005; Юрьев, 2006; Пак и др., 2014; Гоф и др., 2019 а, б и др.).

Собранные материалы позволяют сделать вывод о том, что первичная деформация вызывается ячейками контейнеров, различных конструкций, неточностью высева семян и неправильной заделкой корней. Кроме того, некоторые авторы (Колесников, 1972; Кречетова, 1990) отмечают, что возникновение деформаций происходит по причине невыхода боковых корней из кома субстрата.

На первых этапах использования сеянцев с закрытой корневой системой отмечались случаи гибели лесных культур или их сильных повреждений, связанные с деформацией корней. Было установлено (Смоляницкая и др., 1992), что строение корневой системы посадочного материала с ЗКС изменяется под влиянием внешних условий, в частности формы контейнера, в процессе выращивания. В результате этого происходят механоморфозы (закручивание, петли, перегибы и т.п.). Механоморфозы, полученные в непроницаемых контейнерах, имеют «ирреверсильный» (отрицательно устойчиво закрепленный) характер и накладывают отпечаток на корневую систему дерева в возрасте до 20 лет. Исследования, выполненные как в нашей стране, так в Финляндии и Чехии, показали, что степень регенерации зависит от количества перпендикулярных и касательных корней первого порядка в системе горизонтальных корней, их расположения, формы и степени развития стержневого (главного) корня. Скорость регенерации, в свою очередь, зависит от лесорастительных условий места посадки.

Г.К. Незабудкин (1939 а, б) и А.В. Ушнурцев (2004) отмечают необходимость использования такой технологии посадки хвойных сеянцев, при которой внешний размер и форма корнезакрывающего кома сеянца полностью совпадала с внутренними размерами и формой ячейки контейнера. Последнее позволяет производить качественную заделку корней сеянцев. Другими словами, недопустима деформация корневых систем сеянцев при высадке на лесокультурную площадь.

Для сеянцев с ЗКС обычно срастание корней первого порядка с главным корнем (Ушнурцев, 2004) с последующим формированием вторичной корневой системы, причем темпы роста и развития надземных органов растений при этом не нарушаются.

При создании лесных культур на отвалах отходов переработки фосфоритной руды с использованием сеянцев сосны обыкновенной с ЗКС «Брикет» формируется корневая система поверхностно-стержневого типа. У сеянцев лиственницы в тех же условиях при слабом росте стержневых корней наибольшее развитие получают боковые корни горизонтальной ориентации. Указанные корни имеют шнуровидную форму, слабо разветвлены и располагаются в поверхностных слоях грунта.

Для выращивания контейнерных сеянцев было разработано огромное количество различных видов ячеек и кассет, от одноразовых (торфяных и бумажных) до многоразовых (полимерных). Многоразовые перфорированные кассеты с индивидуальными ячейками являются основой при выращивании сеянцев с ЗКС. Для максимальной механизации работ необходимо использование только жестких многоразовых кассет. В этом случае подача кассет на линию заполнения субстратом и посева, выталкивание сеянцев из ячеек и их упаковка может производиться механизировано (Бирцева, Ивекова, 1988; Жигунов и др., 1990; Рикала, 2000; Wagner, Colombo, 2001; Жигунов, Шевчук, 2006). Кассеты имеют вертикальные прорезы и направляющие ребра в стенках ячеек, которые обеспечивают правильное развитие и воздушную подрезку корневой системы. Воздушная подрезка способствует образованию хорошо развитой компактной корневой системы без деформации и закручивания корней. Боковые щели также снабжают торфяной субстрат кислородом, одновременно выполняя роль дренажа при чрезмерном поливе (Жигунов и др., 2016 б, в). Чтобы обеспечить воздушную подрезку корней кассеты в теплице и на полях доращивания устанавливают в приподнятом положении на высоте не менее 15 см от поверхности почвы.

При выращивании сеянцев с ЗКС необходимо формировать правильное соотношение надземной и подземной частей растения. В действующих нормативах регламентируется не только параметры надземной части, таких как высота стволика и диаметр корневой шейки, но и минимальный объем и высота контейнера (Об утверждении Правил ..., 2020). Многие авторы доказывают, что длина и объем корневой системы является ключевым параметром посадочного материала (Маслаков, Жигунов, 1994; Сахнов, Пуряев, 2015; Гоф и др., 2019 б). Установлено, что применение контейнеров малого объема позволяет увеличить выпуск продукции с единицы площади тепличного комплекса, однако неизбежно происходит деформация корней, которая оказывает влияние на рост и развитие сеянцев после посадки на лесокультурную площадь (Барановский, Горбоченко, 1992; Жигунов, 2000; Плантационное лесоводство, 2007). Известно, что деформация корневых систем сеянцев сосны приводит к снижению устойчивости и массовой гибели лесных культур от снеговала и ветровала (Смоляницкая и др., 1992).

Опыты Б.А. Мочалова и С.В. Бобушкиной (2013) в Архангельской области показали, что увеличение высоты контейнера и объема субстрата на 30% с отсутствием прорезей в стенках кассет гарантированно приводит к увеличению от 20 до 40% общей длины корней в коме субстрата и увеличение диаметра стволика до 10%. Отсутствие прорезей в стенках кассет не позволяет обеспечить подрезку корней, поэтому в таких контейнерах наблюдается деформация корней и недостаток кислорода в субстрате.

На Российском рынке представлены кассеты нескольких производителей: ВСС, Швеция (поставщик ООО «Лесснаб», Россия; ЧТУП «ЕвалендАгротехника», Белоруссия; ООО «Альянсэкопром», Белоруссия-Россия), Агропласт (Набережные Челны, Россия). Основными показателями, влияющими на качество посадочного материала, дальнейшую приживаемость сеянцев при посадке являются объем ячейки и размер формируемого кома с корневой системой. Различают три основных типа кассет, которые характеризуются размером ячейки: ком крупного, среднего и мелкого размера.

Сеянцы с ЗКС, имеющие ком мелкого размера (50 мл), хорошо приживаются в условиях бедных почв северной подзоны тайги, где отсутствует конкуренция со стороны живого напочвенного покрова. Преимущества мелкого кома – большее количество сеянцев, выращиваемых в одной кассете, до 816 шт/м² (кассета Plantek 121F). Недостатком является необходимость частых поливов и большая вероятность разрастания сорных растений, например, мох маршанция.

Сеянцы с комом среднего размера формируются в контейнерах объемом до 85 мл (кассета Plantek 81 F). Предназначаются для 1-2 летних сеянцев преимущественно в лесорастительных условиях средней подзоны тайги, где наблюдается умеренная конкуренция со стороны травянистой растительности.

Ком крупного размера (более 100 мл) формируется у однолетних и двухлетних сеянцев. Ключевой особенностью является глубина ячейки, позволяющая формировать более глубокую корневую систему, поскольку при недостатке влаги в верхних горизонтах почвы однолетние сеянцы с ЗКС имеющие мелкий и средний ком часто гибнут. Например, Воронежская область и Алтайский край имеют негативный опыт посадки сеянцев с ЗКС с мелким и средним комом (Ананьев, 2017; Ананьев и др., 2018; Гоф, 2019 а, б). В республике Татарстан применяют кассеты большого объема, поэтому приживаемость сеянцев с ЗКС и крупным комом на высоком уровне.

Традиционно для сосны обыкновенной используются ячейки контейнеров малого и среднего размера. Объем торфяного субстрата этих контейнеров позволяет обеспечить выращивание сеянцев в течение 1 года. Использование контейнеров малого объема применяется в природных условиях Северной тайги, где нет конкуренции со стороны травянистой растительности. Хорошие результаты роста и приживаемости сосны обыкновенной наблюдаются в Скандинавских странах (Nilson et. al., 2010; Pikkarainen et. al., 2020) и Северо-Западном регионе России (Leinonen et al., 2008). Как отмечалось ранее, использование кассет малого объема повышает выход посадочного материала с единицы площади, но имеет риск гибели сеянцев при посадке лесных культур в сложных типах леса, а также в производных мягколиственных насаждениях,

где основную угрозу сеянцам хвойных пород представляет бурный рост лиственной поросли и травянистой растительности. Большой объем ячеек в кассетах обеспечивает лучший рост сеянцев и корневой системы, формируя оптимальное соотношение ее надземной и подземной частей. Сеянцы с крупным комом характеризуются высокой сохранностью на лесокультурной площади. Кассеты для выращивания сеянцев должны соответствовать требованиям комплекта оборудования по заполнению их субстратом и высеву семян. При выращивании нескольких древесных пород необходимо стремиться, чтобы количество типов кассет было минимальным.

Посадочный материал с ЗКС при наличии крупного кома позволяет эффективно использовать его при озеленении населенных пунктов (Воробьева и др., 2021). Помимо хорошей приживаемости высаженные растения характеризуются быстрым ростом в высоту и, как следствие этого, нуждаются в меньшем количестве агротехнических уходов.

Размер контейнеров будет влиять на размеры и качество выращиваемых растений. Результаты исследований показывают, что использование контейнера с большим объемом может улучшить рост сеянцев *Quercus* (Sun et. al., 2018). Объем контейнера оказывает наибольшее влияние на морфологию *Pinus pinea*, а контейнеры с большим объемом позволяет вырастить сеянцы с большей высотой и диаметром (Dominguez-Lerena et. al., 2006).

Выбор оптимального состава субстрата для выращивания сеянцев с ЗКС является залогом успешного роста лесных культур в дальнейшем (Родин, 1977; Смирнов, 1981; Соколов, 1996; Родин, Калашникова, 2004; Сахнов, 2009; Мочалов, 2014; Мотренко, Жигунов, 2016; Лугинина, Бесчетнов, 2017; Дурова, Жигунов, 2018). Классики лесоводственной науки (Морозов, 1931), изучая вопросы выращивания посадочного материала для лесовосстановления, отмечали, что при выборе почвы необходимо большее внимание уделять хорошим физическим свойствам, а не ее составу. Так, среди последствий использования неподходящего субстрата является явление хемотропизма корней (Родин, 1978; Орлов, 1992). При этом явлении плодородие торфяного субстрата выше, чем почва на лесокультурной площади и корни сеянцев не покидают пределы

торфяного брикета, образуя плотное сплетение и сильную деформацию (Родин, Родин, 2010).

На территории России традиционно сеянцы с ЗКС выращиваются без досветки в сезонных пленочных теплицах по Скандинавской технологии. В течение одного года с использованием отопления возможно вырастить две-три ротации с апреля по сентябрь (Сабилов и др., 2016). При такой технологии сеянцы третьей ротации не успевают достичь нормативных параметров по высоте и диаметру корневой шейки в первом вегетационном периоде и требуют доращивания на следующий год. Таким образом, срок выращивания посадочного материала увеличивается. Сокращение сроков выращивания и увеличение количества ротаций в течение года является актуальным вопросом при выращивании сеянцев с ЗКС.

Различные древесные породы по-разному реагируют на искусственное освещение лесных питомников (Astolfi et al., 2012; Montagnoli et al., 2018). Научные исследования о влиянии света на рост сеянцев лесных пород представлены немногочисленными работами, а нормативные параметры интенсивности досветки и фотопериода для конкретных пород, в частности для хвойных пород Урала, отсутствуют.

Сдерживающим фактором для увеличения количества ротаций при выращивании посадочного материала с ЗКС является недостаток естественного освещения после завершения вегетационного весенне-летнего сезона. В осенне-зимний период естественной длины дня и интенсивности освещения является недостаточно для успешного роста растений лесных пород. Короткий световой день ограничивает нормальное развитие сеянцев, а также служит сигналом для остановки роста и формирования верхушечной почки (Apostol et al., 2015; Федотов, Жигунов, 2016; Velasco, Mattsson, 2019). Сеянцы поздних сроков посадки не успевают достигнуть нормативных параметров по высоте и диаметру корневой шейки в течение первого вегетационного периода. Результаты исследований подтверждают, что сроки остановки роста в высоту и процесс закладки верхушечной почки у однолетних сеянцев хвойных пород зависят от продолжительности светлого периода суток и всегда наступают в один

и тот же период даже в условиях теплицы. Режим минерального питания и полива также не влияет на продление периода роста сеянцев (Белостоцкая, Заика, 1985).

В климатических условиях России без искусственной досветки и обогрева теплиц возможно осуществление выращивания сеянцев хвойных пород с ЗКС используя двух и трехротационные схемы выращивания (Zhigunov et al., 2011). Оптимальным сроком выращивания сеянцев с ЗКС является один год, поскольку при двухлетнем выращивании необходимо предусмотреть вопросы зимнего хранения, а также увеличение размеров контейнера, чтобы сформировать нормальный размер корневых систем у двухлетних растений. При доращивании сеянцев в питомнике на следующий год возникает потребность в дополнительных площадях открытых полигонов, увеличения расхода поливной воды и питательных растворов, что отражается на себестоимости посадочного материала.

Рациональное использование ресурсов является одним из приоритетных направлений в осуществлении эффективности производства посадочного материала лесных пород для нужд восстановления лесов, лесоразведения и лесной рекультивации нарушенных земель. Основное потребление энергоресурсов связано с обогревом и поливом теплиц. Регулярный полив контейнерных сеянцев в тепличном комплексе является обязательным требованием (McDowell et al., 2008; Yazici, 2010). Полив из открытых источников (реки, пруды и озера) не рекомендуется, поскольку с водой могут попасть споры различных фитопатогенов и мхов сорняков. Наиболее опасно развитие грибных заболеваний, которые в условиях теплицы вызывают массовые вспышки болезней и гибель молодых растений (Akbulut et al., 2007; Lilja et al., 2010; Polomski, Rigling, 2010). Именно поэтому для защиты растений от фитопатогенов при поливе необходимо использовать только чистую воду из подземных источников. Ограниченность водных ресурсов вызывает необходимость искать способы более рационального ее использования за счет подбора оптимального размера контейнера.

Основным способом полива при выращивании древесных растений в питомнике является верхний полив, который характеризуется большим расходом воды и необходимостью обеспечить сток и очистку дренажной воды (Tervo, 1999). Снижение периодичности полива позволяет сократить количество дренажной воды, излишки которой стекают в локальные очистные сооружения с последующим сбросом в окружающую среду. Сток из питомников также может содержать остатки удобрений, а также другие загрязняющие вещества, поэтому их очистка является обязательной. Следовательно, вопрос рационального использования воды решает экологические проблемы.

Для некоторых древесных и кустарниковых пород при выращивании в контейнерах снижения расхода воды можно добиться использованием нижнего полива. Результаты исследований показывают, что при нижнем поливе надземная часть растений практически не отличается от таковой у растений, которые получали верхний полив. Наблюдаются некоторые различия в параметрах корневой системы и степени изменения pH субстрата (Bumgarner et al., 2008). Сеянцы, которые получали верхний полив, как правило, имеют большую фитомассу корней, но в течение года расход воды и удобрений был выше, по сравнению с нижним поливом (Wan et al., 2019). У нижнего полива среди преимуществ можно отметить экономный расход воды и возможность обеспечить замкнутый цикл использования питательных растворов без сброса в дренаж (Pinto et al., 2008). Нижний полив позволяет расходовать воду более рационально (Pinto et al., 2008). Установлено, что *нижний полив* для дуба (*Quercus*) снижает расход воды и увеличивает диаметр стволиков, но вызывает изменение уровня pH в нижней части субстрата (Bumgarner et al., 2008). *Нижний полив (Subirrigation)* возможно использовать для экономии воды при выращивании Лиственницы принца Руппрехта (*Larix principis-rupprechtii* Mayr). Среди недостатков нижнего полива можно выделить необходимость реконструкции уже существующих тепличных комплексов, которые изначально были спроектированы под верхний полив. Самым перспективным направлением по снижению расхода воды может стать выбор оптимального размера контейнера и обоснованной нормой полива.

Выводы

1. Посадочный материал с ЗКС и обеспечивает интенсификацию выращивания сеянцев для нужд лесовосстановления, продлевает сроки посадки и обеспечивает лучшую приживаемость на лесокультурной площади.

2. Технология выращивания сеянцев с закрытой корневой системой должна предусматривать региональную специфику лесорастительных условий.

3. В научной литературе отсутствует опыт производства посадочного материала с ЗКС для лесорастительных условий Урала.

4. Лесные питомники зарубежных стран и России успешно освоили многоротационную технологию, обеспечивающую выращивание 2 и 3 урожая в год. Сдерживающим фактором для увеличения количества ротаций является недостаток естественного освещения. Короткий световой день ограничивает нормальное развитие сеянцев, а также служит сигналом для остановки роста и формирования верхушечной почки, делая невозможным вырастить сеянцы второй и третьей ротации до нормативных размеров за один вегетационный период, вызывая необходимость их доращивания на следующий год.

5. Выращивание посадочного материала с ЗКС в условиях искусственного освещения является перспективным направлением исследований, а опыта промышленного применения досветки в России нет. Отдельные исследователи за рубежом приводят результаты опытов для некоторых видов лесных пород, однако до сих пор отсутствуют точные данные о необходимом уровне освещения для успешного роста хвойных.

6. Крайне мало исследований, направленных на рациональное использование воды для полива сеянцев с ЗКС, а также влияния ее расхода при использовании контейнеров разной конструкции.

3. МЕТОДИКА, ПРОГРАММА И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

3.1. Программа исследований

В соответствии с целью и задачами, программа исследований включала в себя следующие вопросы, требующие изучения:

1. Литературный обзор отраслевых рекомендаций и научных исследований в области выращивания посадочного материала с ЗКС.
2. Анализ природно-климатических условий района исследований.
3. Анализ современного состояния инфраструктуры для выращивания посадочного материала и генетико-селекционного комплекса на территории Свердловской области.
4. Оценку возможности многоротационного выращивания (3 и более ротаций в течение года) сеянцев сосны и ели с ЗКС в условиях промышленных теплиц 4 поколения с регулируемым микроклиматом в условиях Среднего Урала;
5. Изучение влияния объёма ячейки контейнеров различной конструкции на расход воды и питательных растворов при выращивании однолетних сеянцев хвойных пород с ЗКС в закрытом грунте;
6. Разработку режимов выращивания сеянцев сосны и ели в условиях искусственного освещения теплиц;
7. Совершенствование методов точного определения размеров семян с целью разделения их на фракции для бесперебойного высева на автоматических линиях;
8. Разработку технологии полива и подкормок для обеспечения снижения потребления и потерь воды.
9. Расчет экономической эффективности многоротационной технологии выращивания сеянцев с ЗКС в условиях Среднего Урала.
10. Разработку рекомендаций по совершенствованию технологии выращивания сеянцев с ЗКС в промышленных теплицах.

3.2. Объекты исследований

Разработка и совершенствование технологии выращивания сеянцев с ЗКС производилось на базе АО «Тепличное», в г. Екатеринбург, пос. Садовый, Свердловской области. Выращивание сеянцев с ЗКС осуществлялось в период с 2019 по 2021 годы в условиях теплиц четвертого поколения с регулируемым микроклиматом.

Опыт выращивания сеянцев хвойных пород в контейнерах на Среднем Урале пока изучен недостаточно, поэтому в качестве объектов исследований были выбраны самые распространенные хвойные породы: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), лиственница Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.) и ель сибирская (*Picea obovate* Ledeb.).

Для выращивания сеянцев использовались районированные семена сосны 8, 9, 10, 12 лесосеменных районов, а для ели 9 и 10 лесосеменных районов. Для посева преимущественно использовались семена текущего года сбора, либо со сроком хранения не более двух лет.

При выращивании сеянцев хвойных пород были испытаны контейнеры разного объема и конструкции. Различные комбинации объема ячейки, высоты и густоты размещения на единице площади позволяли выбирать контейнеры для выращивания сеянцев с различными параметрами корневой и надземной частей сеянцев (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Характеристика изучаемых контейнеров

Тип кассеты	Количество ячеек, шт.	Размеры, (ДхШхВ), мм	Количество сеянцев на 1 м ² , шт.	Объем ячейки, мл	Размер кома с корнями
Контейнер Р9	1	90*90*90	122	730	Очень крупный
Plantek 35F	35	400x300x130	291	275	Крупный
Plantek 64FD	64	385x385x110	434	128	Крупный
Plantek 64F	64	385x385x73	434	115	Средний
Plantek 81F	81	385x385x73	549	85	Мелкий
Plantek Air-Blok100	100	385x385x90	676	81	Мелкий

3.3. Методика исследований

В качестве источника аналитической информации о состоянии фонда лесовосстановления использовались ведомственные материалы (Указ Губернатора Свердловской области от 18.09.2019 № 450-УГ "Об утверждении Лесного плана ... (2019); Интерактивная карта «Леса России», 2020), а также метод анализа спутниковых снимков высокого пространственного разрешения (Жердев и др., 2012; Оплетаев, Булатова, 2015). Дистанционный мониторинг с применением спутниковых снимков позволил дать оценку текущего состояния производства посадочного материала и рассчитать обрабатываемую площадь используя различные вегетационные индексы (Yang et al., 2014; Фомин и др., 2015; Gizachew et al., 2016).

Стандартные параметры сеянцев с ЗКС принимались в соответствии с требованиями, указанными в приложении Правил лесовосстановления (Об утверждении Правил ..., 2020). При оценке качества посадочного материала для лесовосстановления использовались следующие стандартные размеры: сосна и ель высотой не менее 10 см, а диаметр корневой шейки 2 и 1,5 см соответственно.

Измерение биометрических показателей проводили вручную при помощи измерительных инструментов. Высота надземной части определялась с точностью до 1 мм, а диаметр корневой шейки с точностью до 0,1 мм.

Отбор проб и основные параметры качества семян хвойных пород определялись в соответствии с требованиями отраслевых нормативных документов (ГОСТ 13056.4-67). Требования по сортировке и разделению лесных семян на фракции применялись на основе рекомендаций Л.Т. Свиридова (2002).

Определение размеров семян хвойных пород производилось с точностью 0,1 мм при помощи ГИС MapInfo (Чермных, Оплетаев, 2013). Отбиралась проба с количеством семян не менее 250 штук из среднего образца. Семена помещались на сканер или фотографировались в высоком разрешении на белом фоне. Для установки масштаба при оцифровке использовалась масштабная линейка с ценой деления 0,5 мм. Сканирование производилось с разрешением не менее 1200 dpi, а для фотографий использовалось качество не менее 6

мегапикселей. Для контроля точности такие же измерения проводились с помощью цифрового микроскопа Levenhuk 870T с функцией фотографирования при многократном увеличении.

Во всех вариантах опыта полив производился в момент, когда влажность субстрата в кассетах снижалась ниже 60%, норма полива устанавливалась весовым методом (Жигунов и др., 2016 а, б).

Срок выращивания в теплице составлял от 60 до 90 дней в разных вариантах опыта. После тепличного периода выращивания сеянцы перемещались на открытые полигоны для доращивания и адаптации к уличным условиям. На открытых полигонах сеянцы находились до наступления зимы и зимовали под снегом.

Контроль за состоянием субстрата осуществлялся с измерением показателей pH и электропроводимости с помощью измерительных приборов (Milwaukee MW 803 PH/EC/TDS/°C). Температурный режим субстрата в кассетах различной конструкции измерялся с точностью до 0,1°C. Для контроля производились замеры температуры субстрата в контейнерах без перфорации типа Р9, почвы в теплице и в посевном отделении открытого грунта.

Поскольку теплица четвертого поколения позволяет создавать оптимальный микроклимат в течение круглого года, то семена высевались в кассеты в различные календарные сроки в течение года с целью изучения оптимальных сроков при многоротационном выращивании. В вариантах опыта с досветкой искусственное освещение осуществлялось дуговыми натриевыми трубчатыми лампами, включение которых было основано на показаниях о длине дня, получаемых с метеостанции тепличного комплекса. Освещенность измерялась с помощью люксметра (Laserliner LuxTest-Master 082.130A). В каждом варианте опыта был предусмотрен контроль, в котором сеянцы выращивались в аналогичных условиях, но не получали искусственного освещения.

Для оценки выводов при анализе и описании совокупности наблюдений использовались методы описательной статистики с вычислением параметров положения (среднее, мода, медиана, минимум, максимум и др.) и разброса (дисперсия, стандартное отклонение, коэффициент вариации и др.). Обработка

данных производилась с применением программных продуктов Microsoft Excel, Statistica, MapInfo. Полученные в ходе работы данные подвергались статистической обработке с получением результатов на 95% уровне значимости (Митропольский, 1971; Зайцев, 1984; Шмидт, 1984; Бондаренко, Жигунов, 2016).

3.4. Объем выполненных работ

Проведение экспериментов, сбор и анализ материалов исследований проводились на территории тепличного комплекса АО «Тепличное» в пос. Садовый, Свердловской области в период с 2018 по 2021 годы.

В ходе исследований проанализирована инфраструктура для выращивания посадочного материала и состояние генетико-селекционного комплекса на территории Свердловской области.

Проведены следующие исследования:

1) эксперимент по многоротационному выращиванию сеянцев сосны и ели с ЗКС в условиях промышленных теплиц 4 поколения с регулируемым микроклиматом (4 ротации);

2) эксперимент по влиянию объёма ячейки контейнера различной конструкции на расход воды и питательных растворов при выращивании однолетних сеянцев с ЗКС;

3) эксперимент по выращиванию сеянцев сосны и ели с ЗКС в условиях искусственного освещения теплиц;

4) эксперимент по использованию геоинформационных технологий для определения геометрических размеров семян из разных лесосеменных районов с точностью до 0,1 мм для дальнейшей сортировки и разделения на фракции при посеве на автоматической линии посева;

5) эксперимент по влиянию способов полива на рост и развитие сеянцев в теплице.

4. АНАЛИЗ ФОНДА ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ И ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА

4.1. Анализ фонда лесовосстановления

Проанализирован фонд лесовосстановления Свердловской области по категориям земель и способам лесовосстановления. Мероприятия по воспроизводству лесов выполняются главным образом за счет средств лиц, использующих леса, а на территориях свободных от аренды силами государственных учреждений Департамента лесного хозяйства Свердловской области. В таблице 4.1 приводятся данные о площадях, нуждающихся в лесовосстановлении с разделением на лесные районы.

В Свердловской области преобладает естественный способ лесовосстановления, его планируется проводить на площади 85946 га или 42,1% фонда лесовосстановления. Содействие естественному возобновлению леса производится на площади 111 411 га (54,6%). Доля искусственного лесовосстановления составляет 3 % или 6027 га. Комбинированный способ предусматривается на площади 688 га (0,3%).

Большая часть фонда лесовосстановления области представлена вырубками (рис. 4.1), причем площадь вырубок в Средне-Уральском лесном таежном районе в 2,9 раза больше, чем в Северо-Уральском. Это объясняется тем, что лесной фонд южной части области используется более интенсивно, по сравнению с северной ее частью. Лесные участки, нуждающиеся в лесовосстановлении в северной части области, как правило, не имеют транспортной доступности в летний период, а естественное возобновление протекает успешно, поэтому доля искусственного и комбинированного способов возобновления лесов составляет всего 2 и 1% соответственно (рис. 4.2).

Таблица 4.1. Фонд лесовосстановления Свердловской области

Способ лесовосстановления	Площадь земель, предназначенных для лесовосстановления (фонд лесовосстановления), га				
	гари	погибшие насаждения	вырубки	прогалины, пустыри	итог
Северо-Уральский таежный район					
Естественное восстановление леса	20230	420	10091	1148	31889
Содействие естественному возобновлению леса	4809	429	28340	1859	35437
Искусственное лесовосстановление	20	0	1485	3	1508
Комбинированный способ	0	0	305	0	305
Всего по району	25059	849	40221	3010	69139
Средне-Уральский таежный район					
Естественное восстановление леса	4385	2259	41072	6341	54057
Содействие естественному возобновлению леса	3107	266	71372	1229	75974
Искусственное лесовосстановление	495	27	3996	1	4519
Комбинированный способ	0	0	383	0	383
Всего по району	7987	2552	116823	7571	134933
Всего по области	33046	3401	157044	10581	204072

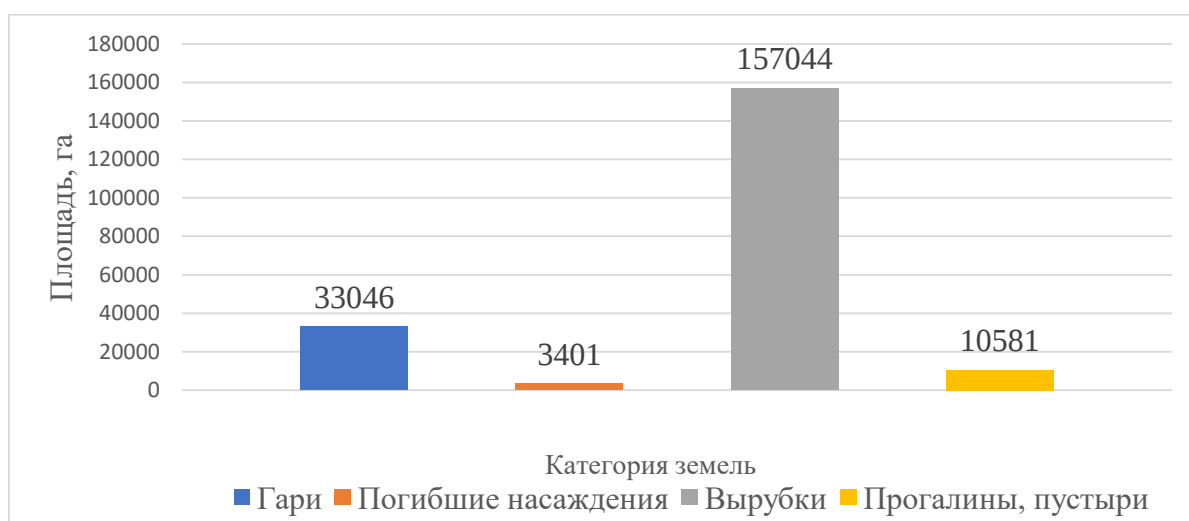


Рис. 4.1. Фонд лесовосстановления Свердловской области



Рис. 4.2. Фонд лесовосстановления в Северо-Уральском лесном таежном районе Свердловской области

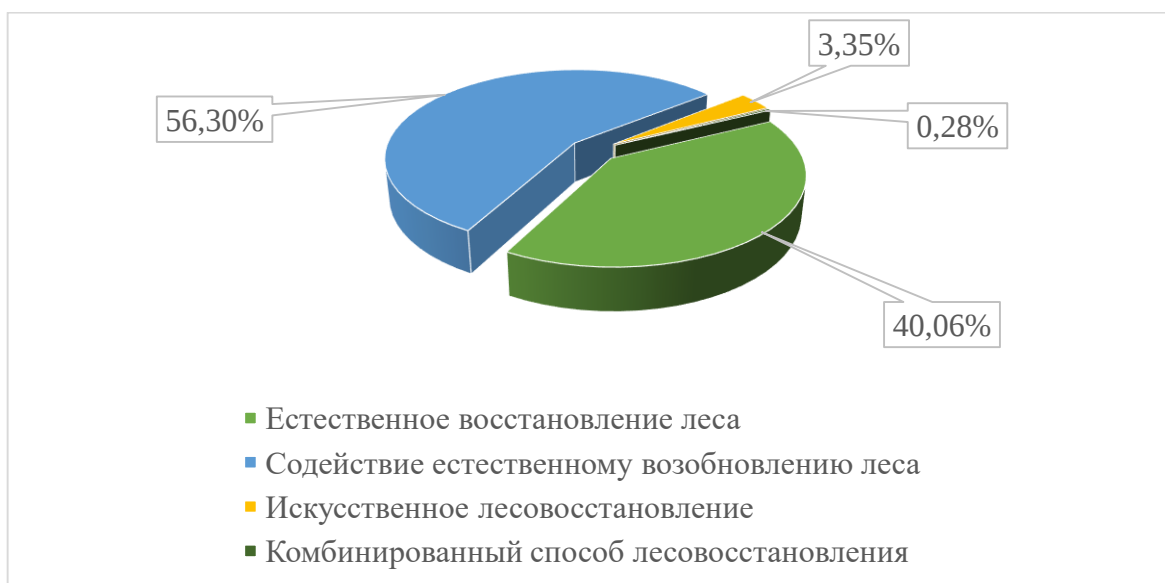


Рис. 4.3. Фонд лесовосстановления в Средне-Уральском лесном таежном районе Свердловской области

Фактическое выполнение работ по лесовосстановлению каждый год разное. В среднем за десятилетний период искусственное лесовосстановление выполняется на площади 5,03 тыс. га в год, что составляет 2,5% от общей площади фонда лесовосстановления. Последнее свидетельствует о необходимости увеличения объемов лесокультурных работ.

За последние несколько лет в России изменилось лесное законодательство в сфере лесовосстановления, в том числе были разработаны нормативы, направленные на увеличение доли сеянцев с закрытой корневой системой (Постановление правительства РФ от 07.05.2019 №566 (Об утверждении Правил ..., 2019); Федеральный закон от 19 июля 2018 г. N 212-ФЗ «О внесении изменений в Лесной кодекс ... (2018)). Планируется увеличение объема создания лесных культур за счет компенсационных работ лицами, использующими леса в соответствии со статьями 43 - 46 Лесного кодекса Российской Федерации, а также в случаях изменения целевого назначения лесных участков. Для лесозаготовителей предусматривается запрет на использование посадочного материала с открытой корневой системой (ОКС) при посадке в осенний период.

Законодательством предусмотрено поэтапное увеличение доли лесных культур, созданных с использованием сеянцев с закрытой корневой системой (ЗКС) (Об утверждении Правил ..., 2020). По данным Рослесхоза (табл. 4.2) планируется увеличение потребности в посадочном материале с ЗКС в ближайшие 5 лет на всей территории России. Планируется увеличить использование сеянцев с ЗКС с 64,5 до 191,6 млн. шт. в год.

Таблица 4.2. Прогнозная потребность посадочного материала с закрытой корневой системой по федеральным округам

Наименование федеральных округов	Ежегодная потребность в посадочном материале с закрытой корневой системой, млн шт.					
	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	2	3	4	5	6	7
Центральный	7,1	7,2	7,5	16,5	16,8	17,0
Северо-Западный	9,4	9,9	10,2	22,6	23,2	23,6
Южный	1,5	1,6	1,8	2,1	2,3	2,4
Северо-Кавказский	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4
Приволжский	8,7	8,9	9,2	17,9	18,7	19,5

1	2	3	4	5	6	7
Уральский	5,2	5,2	5,3	34,2	38,7	55,9
Сибирский	22,6	22,7	22,9	40,7	41,1	41,5
Дальневосточный	10,3	11,0	11,1	30,2	30,9	31,4
Итого по Российской Федерации	64,5	66,1	67,7	164,7	171,9	191,6

На территории Уральского федерального округа планируется многократное (более чем в 10 раз) увеличение потребности в посадочном материале с ЗКС к 2024 г. Этот показатель является максимальным, по сравнению с другими регионами, в которых рост потребности в сеянцах с ЗКС составляет от 1,6 до 3 раз. Основной вклад в увеличение объемов искусственного лесовосстановления с использованием контейнерных сеянцев приходится на компенсационное лесовосстановление. Эти данные позволяют сделать вывод о том, что необходимо направить усилия на организацию производства сеянцев с ЗКС на территории Свердловской области.

4.2. Характеристика инфраструктуры по выращиванию посадочного материала на территории области

Целью исследований данного раздела является анализ текущего состояния лесных питомников Рослесхоза на территории Свердловской области с оценкой перспектив возможности увеличения объема выпуска посадочного материала. В качестве источника информации использовались ведомственные аналитические и нормативные материалы (Указ Губернатора Свердловской области от 18.09.2019 № 450-УГ "Об утверждении Лесного плана ...», 2019; Интерактивная карта «Леса России», 2020), а также результаты анализа спутниковых снимков высокого пространственного разрешения (Жердев и др., 2012; Оплетаев, Булатова, 2015). Дистанционный мониторинг лесных питомников Свердловской области с применением спутниковых снимков позволяет

дать оценку текущего состояния производства посадочного материала и рассчитать обрабатываемую площадь, используя различные вегетационные индексы (Yang et al., 2014; Фомин и др., 2015; Gizachew et al., 2016).

Прогнозная оценка текущей потребности области в посадочном материале рассчитывалась на основе требований лесного законодательства, предусматривающих создание лесных культур на вырубках в таежной зоне первоначальной густотой не менее 3 тысяч семян на 1 га. Расчет потребности площадей посевных отделений питомников выполнялся с условием требований «Норм выхода стандартных семян деревьев и кустарников в лесных питомниках РФ» (Об утверждении ..., 1995).

Для анализа текущего состояния производства посадочного материала для нужд лесовосстановления, лесной компенсации и рекультивации на территории Свердловской области в учреждениях Рослесхоза был составлен перечень всех лесных питомников (рис. 4.4). Лесные питомники коммерческих организаций и лесопользователей в анализе не участвовали, поскольку отсутствует возможность их точной оценки, а вклад в общий объем производства семян незначительный.

Установлено, что питомники области в основном представлены открытым грунтом и реже сезонными пленочными теплицами. Сеянцы с открытой корневой системой (ОКС) возможно выращивать в посевных отделениях 23 питомников с общей площадью открытого грунта 354,8 га. Действующими в настоящий момент являются 74% учреждений в 14 лесничествах, однако используется в производстве посадочного материала только часть посевных площадей. При оценке используемых площадей в расчет принималась сумма посевных площадей, на которых посеяны или произрастают сеянцы, а также поля под паром. Подавляющее большинство питомников имеют резерв, позволяющий увеличить выпуск семян (табл. 4.3).

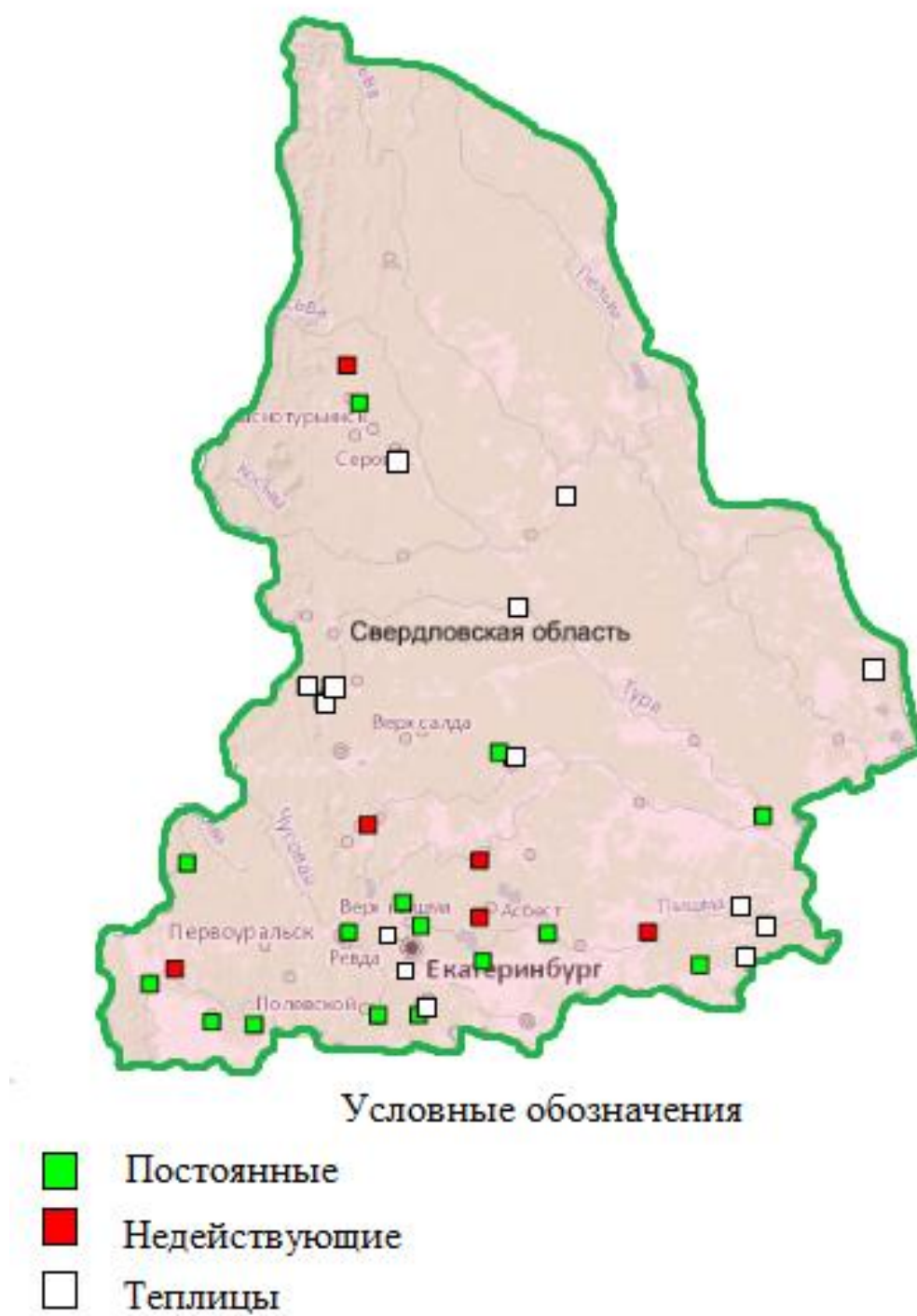


Рис. 4.4. Карта-схема расположения лесных питомников на территории Свердловской области

На территории 9 лесничеств расположены 13 каркасов сезонных пленочных теплиц на площади 1,3 га, из которых функционируют только 2 на площади 0,19 га (табл. 4.4). Указанные площади закрытого грунта при проведении модернизации могут быть использованы при выращивании сеянцев с ЗКС.

Таблица 4.3. Лесные питомники открытого грунта

№	Лесничество	Населенный пункт	Характеристика	Площадь, га	Используется, га
1	Алапаевское	пос. Верхняя Синячиха	Постоянный	20,0	5,1
2	Байкаловское	с. Туринская Слобода	Постоянный	14,0	1,0
3	Березовское	пос. Красный Адуй	Постоянный	13,0	4,9
4	Березовское	г. Березовский	Постоянный	8,0	7,3
5	Билимбаевское	г. Первоуральск	Постоянный	10,6	10,3
6	Егоршинское	пос. Буланаш	Постоянный	19,0	8,2
7	Камышловское	пос. Пышма	Недействующий	19,5	0
8	Карпинское	г. Североуральск	Недействующий	26,3	0
9	Карпинское	г. Волчанск	Постоянный	24,4	1,2
10	Красноуфимское	г. Красноуфимск	Постоянный	38,0	17,4
11	Красноуфимское	пос. Уфимский	Недействующий	7,0	0
12	Красноуфимское	пос. Арти	Постоянный	9,0	3,7
13	Невьянское	г. Невьянск	Недействующий	22,0	0
14	Нижнесергинское	г. Михайловск	Постоянный	3,0	1,2
15	Режевское	г. Реж	Недействующий	2,0	0
16	Свердловское	пос. Белоярский	Постоянный	17,0	16,2
17	Суходожское	г. Сухой Лог	Постоянный	21,0	7,2
18	Суходожское	г. Асбест	Постоянный	6,5	6,0
19	Сысертское	пос. Станционный-Полевской	Постоянный	15,0	9,0
20	Сысертское	пос. Верхняя Сысерть	Постоянный	23,0	9,5
21	Тавдинское	пос. Карабашка	Недействующий	5,0	0
22	Талицкое	пос. Бутка	Постоянный	3,5	2,5
23	Шалинское	пос. Шамары	Постоянный	28,0	6,7
	Всего:			354,8	117,4

Посадочный материал с ЗКС является более технологичным продуктом и требует строго соблюдения режимов выращивания. Для обеспечения полного технологического цикла производства сеянцев с ЗКС от подготовки семян до упаковки необходимо создавать соответствующую инфраструктуру. Последнее требует сложного технического оснащения и высокой культуры производства. Теплицы должны иметь источники электроснабжения, водоснабжения, а также оборудованы системой полива и контроля температуры при выращивании. Вероятно, именно по этой причине подавляющее большинство питомников чаще всего используют открытый грунт.

Таблица 4.4. Лесные питомники закрытого грунта

№	Лесничество	Населенный пункт	Характеристика	Площадь, га	Используется, га
1	Серовское	г. Серов	Недействующий	0,1	0
2	Гаринское	пос. Гари	Недействующий	0,1	0
3	Сотринское	пос. Восточный	Действующий	0,15	0,15
4	Кушвинское	г. Верхняя Тура	Недействующий	0,1	0
5	Кушвинское	д. Азиатская	Недействующий	0,1	0
6	Кушвинское	г. Кушва	Недействующий	0,18	0
7	Алапаевское	с. Нижняя Синячиха	Недействующий	0,05	0
8	Сысертское	г. Сысерть	Действующие	0,05	0,04
9	Тугулымское	пос. Юшала	Недействующий	0,06	0
10	Тугулымское	пос. Луговской	Недействующий	0,03	0
11	Тугулымское	пос. Ертарский	Недействующий	0,03	0
12	УУОЛ УГЛТУ	пос. Северка	Недействующий	0,1	0
13	Верх-Исетское	с. Горный Щит	Недействующий	0,25	0
	Всего:			1,3	0,19

Для выполнения требований лесного законодательства в области увеличения выпуска посадочного материала для нужд лесовосстановления и лесоразведения был произведен прогнозный расчет годового объема выпуска сеянцев при условии 100% использования всех посевных площадей лесных питомников на территории Свердловской области (табл. 4.5). Установлено, что лесорастительные условия Свердловской области позволяют заготавливать семена и выращивать посадочный материал основных лесобразующих пород в самых разных лесосеменных районах. Данный посадочный материал допускается использовать в соседних регионах.

Прогнозный расчет годового выпуска семян с ЗКС на базе существующих конструкций теплиц выполнен при условии выращивания в 1 ротацию в течение вегетационного периода (табл. 4.6). На сегодняшний день в теплицах возможно вырастить до 5,87 млн. шт., что составляет 10,5% от максимальной потребности в семенах с ЗКС в Уральском Федеральном округе, которая по прогнозам Рослесхоза будет достигнута в 2024 г. При обустройстве открытых полигонов для доращивания и закаливания возможно организовать выпуск продукции в 2 ротации. Таким образом, прогнозный объем выпуска семян с ЗКС на территории Свердловской области может составить до 11,74 млн. шт. Однако этих объемов все равно недостаточно, для нужд региона.

Таблица 4.5. Прогнозная оценка выпуска семян в открытом грунте

№	Лесничество	Населенный пункт	Площадь, га	Лесосеменной район				Прогноз годового объема выпуска семян с ОКС, млн. шт.
				С	Е	Л	К	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Алапаевское	пос. Верхняя Синячиха	20,0	9	10	7	3	7,3
2	Байкаловское	с. Туринская Слобода	14,0	9	10	7	3	5,1
3	Березовское	пос. Красный Адул	13,0	9	10	7	3	4,8
4	Березовское	г. Березовский	8,0	9	10	7	3	2,9
5	Билимбаевское	г. Первоуральск	10,6	8	6	4	-	3,9
6	Егоршинское	пос. Буланаш	19,0	9	10	7	3	7,0
7	Камышловское	пос. Пышма	19,5	12	10	7	-	7,2
8	Карпинское	г. Североуральск	26,3	8	6	4	1	9,6
9	Карпинское	г. Волчанск	24,4	8	9	4	1	9,0
10	Красноуфимское	г. Красноуфимск	38,0	2	6	4	-	13,9
11	Красноуфимское	пос. Уфимский	7,0	2	6	4	-	2,6
12	Красноуфимское	пос. Арти	9,0	2	6	4	-	3,3
13	Невьянское	г. Невьянск	22,0	8	10	4	3	8,1
14	Нижнесергинское	г. Михайловск	3,0	2	6	4	-	1,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	Режевское	г. Реж	2,0	9	10	7	3	0,7
16	Свердловское	пос. Белоярский	17,0	12	10	7	-	6,2
17	Суходолжское	г.Сухой Лог	21,0	12	10	7	-	7,7
18	Суходолжское	г.Асбест	6,5	12	10	7	-	2,4
19	Сысертское	пос. Станцион- ный-Полевской	15,0	8	10	7	-	5,5
20	Сысертское	пос. Верхняя Сысерть	23,0	8	10	7	-	8,4
21	Тавдинское	пос. Карабашка	5,0	11	10	7	3	1,8
22	Талицкое	пос. Бутка	3,5	12	10	7	-	1,3
23	Шалинское	пос. Шамары	28,0	2	6	4	-	10,3
	Всего		354,8	-	-	-	-	130,1

Примечание: С – сосна обыкновенная, Е – ель сибирская, Л – лиственница Сукачева, К – сосна кедровая сибирская.

Таблица 4.6. Прогнозная оценка годового выпуска сеянцев в закрытом грунте

№	Лесничество	Населенный пункт	Пло- щадь, га	Лесосеменной район				Прогноз годового объема выпуска се- янцев, млн. шт.	
				С	Е	Л	К	ОКС	ЗКС
1	Серовское	г. Серов	0,1	9	9	7	1	0,4	0,45
2	Гаринское	пос. Гари	0,1	9	9	7	1	0,4	0,45
3	Сотринское	пос. Восточ- ный	0,15	9	9	7	1	0,6	0,68
4	Кушвинское	г. Верхняя Тура	0,1	8	10	4	1	0,4	0,45
5	Кушвинское	д. Азиатская	0,1	8	10	4	1	0,4	0,45
6	Кушвинское	г. Кушва	0,18	8	10	4	1	0,72	0,81
7	Алапаевское	с. Нижняя Си- нячиха	0,05	9	10	7	3	0,2	0,23
8	Сысертское	г. Сысерть	0,05	8	10	7	-	0,2	0,23
9	Тугулымское	пос. Юшала	0,06	12	10	7	-	0,24	0,27
10	Тугулымское	пос. Луговской	0,03	12	10	7	-	0,12	0,14
11	Тугулымское	пос. Ертарский	0,03	12	10	7	-	0,12	0,14
12	УУОЛ УГЛУ	пос. Северка	0,1	8	6	7	-	0,4	0,45
13	Верх-Исетское	с. Горный Щит	0,25	8	6	7	-	1	1,13
	Всего		1,3	-	-	-	-	5,2	5,87

Лесные питомники Свердловской области имеют значительный резерв посевных площадей, позволяющий увеличить производство сеянцев с ОКС на

67%. Собственная потребность в сеянцах с ОКС полностью удовлетворяется, однако отсутствует выпуск сеянцев с ЗКС. Дефицит посадочного материала с ЗКС характерен для всех областей Уральского федерального округа, поэтому необходимо предпринять срочные меры по обеспечению строительства тепличных комплексов с целью выполнения условий лесного законодательства и обеспечения лесовосстановления районированным посадочным материалом.

4.3. Состояние генетико-селекционного комплекса Свердловской области

Использование качественных семян позволяет получить посадочный материал высокого качества и создать лесные культуры высокой производительности. Поэтому вопрос по обеспечению качественными семенами для лесокультурного производства является очень важным при выращивании сеянцев с ЗКС. Сохранение генофонда основных лесообразующих пород региона является главной задачей для лесной генетики, селекции и семеноводства. Создание и формирование высокопродуктивных насаждений невозможно без использования семян с ценными наследственными признаками. История создания единого генетико-селекционного комплекса (ЕГСК) Свердловской области начинается с 1974 г. и связана с работой Сысертской производственной семеноводческой станции.

В задачу указанной станции, совместно с учеными Уральского лесотехнического института (ныне Уральский государственный лесотехнический университет), Института экологии растений и животных, Уральской лесной опытной станции (ныне Ботанический сад УрО РАН) входила селекционная оценка естественных высокобонитетных лесных насаждений, произрастающих на территории Свердловской области. Обследования проводились в насаждениях сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour.), лиственницы Сукачева (*Larix Sukaczewii*

Djilis.), ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), березы повислой (*Betula pendula* Roth.) и осины (*Populus tremula* L.). Одновременно начала создаваться лесосеменная база.

Результатом выполненных работ было выделение в природе 111 лесных генетических резерватов (ЛГР) общей площадью около 112 тыс. га (Махнев и др., 2000). Огромный вклад в создание лесных генетических резерватов внесли д-р биол. наук, проф. А.К. Махнев и канд. с.-х. наук В.А. Лебедев.

Выделение ЛГР преследовало цель сохранения биологического разнообразия, а также получения селекционного семенного и вегетативного материала с плюсовых деревьев или насаждений. Каждый ЛГР представлял собой лесной массив с доминированием определенной древесной породы площадью от 295 до 5242 га. Площадь плюсовых насаждений, выделенных внутри генетических резерватов, составляла 454,2 га. Для выполнения селекционной работы на территории области было отобрано и необходимым образом оформлено 837 плюсовых деревьев сосны, ели, сосны сибирской и лиственницы Сукачева.

Для массовой заготовки семян создавались лесосеменные плантации (ЛСП). Материалом для их создания служили черенки с плюсовых деревьев или семена, собранные в плюсовых насаждениях. В целом на территории Свердловской области был создан эффективный генетико-селекционный комплекс, включающий 10 видов лесосеменных объектов (табл. 4.7).

К сожалению, несмотря на высокую ценность созданных объектов ЕГСК, их состояние в настоящее время ухудшилось. Большая часть площадей указанных объектов вошла в территорию арендных участков, что привело к отсутствию в них лесоводственных мероприятий и даже назначению сплошнолесосечных рубок на части их территории. Из-за отсутствия средств на проведение лесоводственных уходов большие площади заросли мягколиственными породами и, по существу, утратили свое назначение.

Таблица 4.7. Объекты лесного семеноводства Свердловской области

№	Категория объекта ЕГСК	Площадь или количество	Текущее состояние
1	Плюсовые насаждения	451,2 га	Необходима инвентаризация
2	Плюсовые деревья	837 шт.	Необходимо санитарное обследование
3	Лесосеменные плантации	378,8 га	Необходимы рубки ухода
4	Лесосеменные плантации повышенной генетической ценности	2,5 га	Необходим уход за главной породой
5	Аттестованные лесосеменные плантации	254,5 га	Необходима инвентаризация, рубки ухода.
6	Архивы клонов плюсовых деревьев	13,7 га	Необходим уход на отдельных участках
7	Маточные плантации	30,0 га	Необходимы рубки ухода
8	Испытательные лесные культуры	20,7 га	Необходимы рубки ухода
9	Географические культуры	13,2 га	Уборка сухостойных деревьев
10	Постоянные лесосеменные участки	15,7 га	Необходимы рубки ухода

Для восстановления генетико-селекционного комплекса необходимо:

1. Восстановить специализированную структуру с постоянным штатом работников, которые смогли бы организовывать и осуществлять работы по повышению эффективности ЕГСК;

2. Разработать практические рекомендации по ведению лесного хозяйства на объектах генетико-селекционного комплекса, позволяющие на научной основе осуществлять не только уход за ними, но и омоложение стареющих насаждений.

3. Провести инвентаризацию объектов ГСК с межеванием границ и постановкой на кадастровый учет.

Выводы

1. Большая часть фонда лесовосстановления области представлена вырубками (77%), причем площадь вырубок в Средне-Уральском лесном таежном районе больше в 2,9 раза, чем в Северо-Уральском.

2. В среднем за десятилетний период ежегодный объем искусственного лесовосстановления выполняется на площади 5,03 тыс. га, что составляет

всего 2,5 % от общей площади фонда лесовосстановления и свидетельствует о необходимости увеличения объемов лесокультурных работ.

3. Среднегодовая потребность Свердловской области в посадочном материале составляет 15,1 млн. шт. сеянцев в год.

4. На территории Уральского федерального округа планируется увеличение потребности в посадочном материале с ЗКС к 2024 г. более чем в 10 раз. Этот показатель является максимальным, по сравнению с другими регионами, в которых рост потребности в сеянцах с ЗКС составляет от 1,6 до 3 раз.

5. В Свердловской области существует множество объектов генетико-селекционного комплекса, которые позволяют собирать высококачественные семена основных лесообразующих пород, но большинство объектов было заброшено, а часть из них к настоящему времени уже утрачена, поэтому необходимо возобновить работы и исследования в этом направлении.

5. ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЯНЦЕВ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ

При проведении исследований учтен опыт выращивания посадочного материала с ЗКС в различных регионах России (Татарстан, Ленинградская, Архангельская, Вологодская области, республика Коми, Алтайский край и др.). Установлено, что все тепличные комплексы функционируют по одному принципу, используя сезонные пленочные теплицы ангарного типа на базе оборудования Финско-Шведского производства (компания «ВСС») разных годов выпуска. Производитель «ВСС» является монополистом в Европе и России на рынке оборудования по производству сеянцев с ЗКС. Преимуществом оборудования «ВСС» является узкая спецификация и разработка конкретно для выращивания лесных пород. Недостатком бренда «ВСС» является высокая цена, по сравнению с аналогичным оборудованием для сельскохозяйственных растений.

При проведении исследований по научному обоснованию выращивания сеянцев с ЗКС на территории Свердловской области был проанализирован опыт по круглогодичному выращиванию контейнерных сеянцев в современной теплице четвертого поколения типа «VENLO» с системами отопления, вентиляции, искусственного освещения и возможностью точного регулирования микроклимата в любой сезон года. Внедрение трех и четырех ротаций выращивания посадочного материала с ЗКС в течение одного года позволило бы наиболее эффективно использовать площади закрытого грунта и увеличить выпуск продукции в сроки, значительно превосходящие естественный период вегетации.

5.1. Сортировка и предпосевная обработка семян

Продуктивность будущих насаждений во многом зависит от качества семян, используемых при выращивании посадочного материала. Сокращение густоты посадки лесных культур при использовании сеянцев с ЗКС повышает требования к качеству семян, а сжатые сроки выращивания посадочного материала повышают требования к их сортировке. Известно, что только близкие

по размеру семена могут дать дружные всходы. При кажущейся очевидности данного положения вопросы сортировки семян до настоящего времени нельзя считать решенными.

Целью исследований являлась разработка простого метода определения размеров семян при помощи информационных технологий. При выращивании сеянцев с ЗКС очень важно иметь точную информацию о размерах семян, поскольку сортировка, сепарация и высев происходит на автоматических линиях. Ошибки на любом технологическом этапе недопустимы, а посев должен происходить в кратчайшие сроки, поскольку семена, прошедшие предпосевную обработку, хранению не подлежат. Оборудование точного высева семян в кассеты, работающее по механическому принципу, имеет ограниченный диапазон регулировки и меньшую скорость высева. Пневматические сеялки для захвата семян используют вакуум и позволяют производить более точную регулировку высевающих механизмов в зависимости от размеров и массы семян. Вакуумные линии высева более производительны, по сравнению с механическими. Поэтому, задачей нашего исследования является обеспечение технической возможности контроля геометрических размеров семян для точной настройки оборудования по сортировке и сепарации семян, а также совершенствование работы высевающих механизмов вакуумных сеялок.

Неоднородность климатических условий и типов леса в местах сбора семян лесных пород во многом обуславливает разное качество семян в зависимости от партий. Например, в условиях Свердловской области встречаются партии семян, различающиеся по массе 1000 штук в 1,5 - 1,8 раза. Средние показатели массы 1000 штук семян изменяются в пределах от 3,21 г до 8,28 г в зависимости от места и года сбора (Луганская, 2001). Поскольку масса семян и их геометрические размеры не являются постоянными показателями, то возникает необходимость определения размеров фракций семян для каждой партии в отдельности.

Определение размеров семян при помощи ГИС MapInfo производилось с точностью 0,1 мм для сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Также можно

использовать семена других хвойных пород таежной зоны, например лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Djl.) или ели сибирской (*Picea obovate* Ledeb.). Отбор проб и основные параметры качества семян лесных пород определялись в соответствии с требованиями отраслевых нормативных документов (ГОСТ 13056.4-67).

Для контроля точности такие же измерения проводились с помощью цифрового микроскопа Levenhuk 870T с функцией фотографирования при многократном увеличении.

Для определения размеров семян отбирались средние образцы по общепринятым методикам. Далее из среднего образца использовали пробу с количеством семян не менее 250 штук. Семена помещались на сканер или фотографировались в высоком разрешении на белом фоне. Для установки масштаба при оцифровке использовалась масштабная линейка с ценой деления 0,5 мм. Сканирование производилось с разрешением не менее 1200 dpi, а для фотографий использовалось качество не менее 6 мегапикселей. Рекомендуется использовать вакуумный счетчик-раскладчик семян, позволяющий облегчить процесс подсчета семян и их равномерной укладки.

Разработанный нами метод позволяет облегчить процесс контроля геометрических размеров семян лесных пород с помощью геоинформационной системы (ГИС) MapInfo. Данный программный продукт применяется во многих отраслях, таких как научные исследования и анализ данных, картография, сельское и лесное хозяйство и другие. ГИС MapInfo позволяет проводить оцифровку растровых изображений в масштабе, заданном масштабной линейкой. Изображения сохранялись в формате графического файла (рекомендуется использовать разрешения .jpeg, .tiff, .png). После масштабирования формируется векторный рабочий слой с совмещенной таблицей, в которую заносятся сведения о размерах семян. Измерения геометрических параметров семян можно проводить с точностью до 0,1 мм при помощи набора стандартных инструментов приближая и увеличивая изображение для удобства (рис. 5.1).

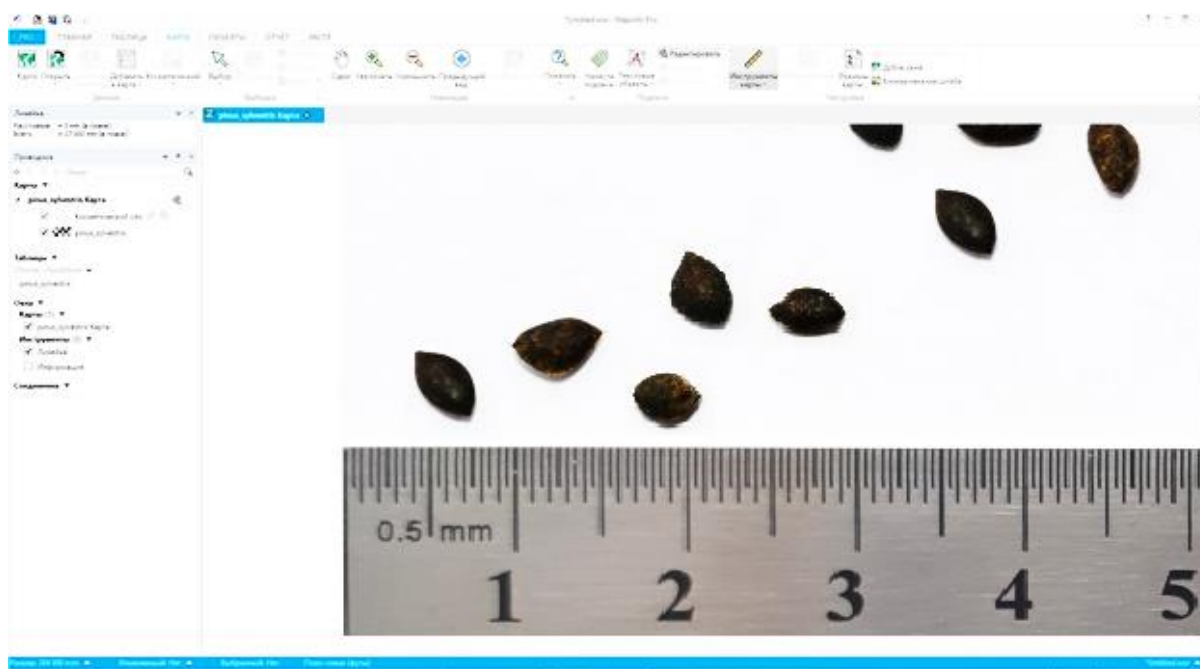


Рис. 5.1. Измерение размеров семян при увеличении в ГИС MapInfo

Для измерения длины необходимо выбрать инструмент «Линейка» и произвести измерения длины и ширины семян. Также есть возможность производить измерения площади поверхности семян и крылатки с помощью инструмента «Полигон». На рабочем слое при помощи мыши последовательно обводится замкнутый контур семени или крылатки, а в статистическом окне отобразятся значения периметра и площади.

Вычисление размеров возможно проводить вручную или с возможностью автоматической записи данных в таблицу. Для автоматического заполнения таблицы данных необходимо вручную построить полигоны и линии, равные длине или ширине семени, а при помощи команды «Таблица» - «Обновить колонку» выбрать функцию «objectLen» для записи длины объектов. При выборе функции «Area» вычисляются площади объектов в выбранных единицах измерения. Данные о длине линий и площади автоматически отображаются в указанных столбцах таблицы. Эта функция очень удобна при массовых измерениях параметров семян.

Для примера в таблице 5.1 приведены данные об основных статистических показателях, полученных в результате измерения размеров семян сосны обыкновенной 9 лесосеменного района, собранных в Свердловской области.

Наиболее важными параметрами являются максимальные, минимальные и средние значения размеров семян, позволяющие наиболее точно настроить оборудование для сортировки, сепарации и посева. Для настроек вибрационного сепаратора самым важным значением оказывается ширина семян, поскольку при сортировке на решетках в отверстия заданного размера семена проваливаются именно по меньшему размеру.

Таблица 5.1. Основные статистические показатели измерений размеров семян сосны

Статистические показатели	Характеристика фракций семян					
	Несортированные		Крупные		Средние	
	Длина	Ширина	Длина	Ширина	Длина	Ширина
Среднее, мм	4,2	2,3	4,6	2,6	4,1	2,3
Минимум, мм	3,8	1,9	4,1	2,5	3,7	2,0
Максимум, мм	5,2	2,8	5,2	2,8	4,8	2,4
Стандартная ошибка	0,07	0,04	0,06	0,02	0,06	0,02
Медиана	4,1	2,3	4,5	2,6	4	2,3
Мода	4,1	2,3	4,5	2,5	4	2,3
Стандартное отклонение	0,35	0,19	0,31	0,12	0,29	0,12
Дисперсия выборки	0,12	0,03	0,10	0,01	0,08	0,01
Эксцесс	1,91	1,32	-0,83	-1,27	2,05	0,17
Асимметричность	1,38	0,15	0,22	0,49	1,50	-0,77
Интервал	1,4	0,9	1,1	0,3	1,1	0,4
Уровень надежности (95,0%)	0,15	0,08	0,13	0,05	0,12	0,05

Данные таблицы 5.1 свидетельствуют, что ширина несортированных семян варьирует в широких пределах от 1,9 до 2,8 мм, а показатели длины семян от 3,8 до 5,2 мм. Далее семена по ширине разделялись на три фракции: крупные (2,5 мм и более), средние (2,0 – 2,4 мм) и мелкие (менее 2 мм). Поскольку от размера семян зависит всхожесть, энергия прорастания и темпы их дальнейшего роста, то каждая фракция семян должна высеваться отдельно, а дальнейшее выращивание необходимо осуществлять с разной агротехникой и режимами. Мелкие семена рекомендуется не применять в посевах.

Семена основных лесобразующих пород таежной зоны имеют мелкие геометрические размеры, которые не являются постоянными значениями. Также размеры семян изменяются в зависимости от партий, поскольку на параметры качества семян влияют возраст насаждений, место и дата сбора, срок

хранения и другие факторы (Попов, 2003; Барченков и др., 2007; Nauke-Kowalska et al., 2019). Для оценки хозяйственных показателей качества семян используют массу 1000 штук, которая характеризует размер семян, плотность их внутренней структуры и запас питательных веществ. Общеизвестно, что показатель массы 1000 семян является важным параметром, определяющим темпы роста сеянцев в лесных питомниках при выращивании посадочного материала для искусственного лесовосстановления. Многочисленные исследования подтверждают тесную связь массы семян с характером развития сеянцев (Castro et al., 2006; Yakovlev et al., 2012; Бабич и др., 2019). Более крупные и тяжелые семена по сравнению с мелкими содержат больше питательных веществ, характеризуются повышенной всхожестью и энергией прорастания, дольше сохраняют жизнеспособность во время хранения (Ткачев, 2010; Дмитриев и др., 2013; Теплых, Прохорова, 2018). Оборудование для переработки лесосеменного сырья позволяет производить сортировку семян с разделением на фракции при помощи гравитации (воздушная сепарация), методами флотации (жидкостная сепарация), а также механически на ситах и решетках с определенными размерами отверстий (Маторкин и др., 2011; Свиридов и др., 2014; Казаков и др., 2016). При создании объектов лесного семеноводства предусмотрены специальные мероприятия, направленные на увеличение показателя массы семян для улучшения их качества (Бессчетнова и др., 2014; Бондаренко, Жигунов, 2016).

После сортировки каждая фракция семян имеет стабильные показатели размеров. Например, ширина семян крупной фракции варьирует в пределах от 2,5 до 2,8 мм, а средней фракции от 2,0 до 2,4 мм. Таким образом, при условии измерения показателей размеров семян исходной партии, появляется возможность обосновать установку размеров для сортировки и разделения семян по категориям крупности.

Для контроля точности проведенных измерений размеры семян контролировались с помощью цифрового микроскопа Levenhuk 870T. Установлено, что данные измерений с точностью 0,1 мм дают одинаковые результаты как

при помощи цифрового микроскопа, так и по предложенной нами методике. К недостаткам применения микроскопа необходимо отнести трудоемкость процесса измерений и невозможность организовать массовые обмеры с автоматизацией обработки данных. Применение цифрового микроскопа целесообразно для лабораторных и научных измерений параметров семян с точностью 0,0001 мм (Шевелина и др., 2010). Указанная точность является излишней для производственных целей, а точность определения размеров семян с помощью предложенной методики на базе программы MapInfo на уровне 0,1 мм является достаточной.

Оценка эффективности сортировки семян производилась после посева семян в трех вариантах опыта: несортированные семена (контроль), семена крупной и средней фракций. Лабораторная энергия прорастания семян сосны обыкновенной оценивалась на 7 сутки после посева (рис. 5.2), а всхожесть спустя 15 суток (рис. 5.3).

Энергия прорастания несортированных семян составила 81,6%, а всхожесть 80,2%. Эти показатели соответствуют 1 классу качества, однако для выращивания контейнерных сеянцев этого недостаточно. Семена крупной и средней фракции отличаются лучшей энергией прорастания (93,2 и 84,0% соответственно), по сравнению с несортированными. Аналогичные результаты получены при оценке всхожести семян. За счет удаления мелких и пустых семян достигается увеличение всхожести до 91,8% у крупной и 83,8% у средней фракции семян. Эти показатели особенно важны при выращивании сеянцев с ЗКС в тепличных комплексах, поскольку период вегетации всегда ограничен, а тепличные площади должны быть задействованы максимально эффективно. При выращивании нельзя допускать растянутого периода прорастания семян с большим количеством пустых ячеек в кассетах. Использование в посевах разделения семян на фракции, на основании обоснованных размеров семян, позволяет сократить период между посевом и появлением всходов отдельно для разных партий семян.

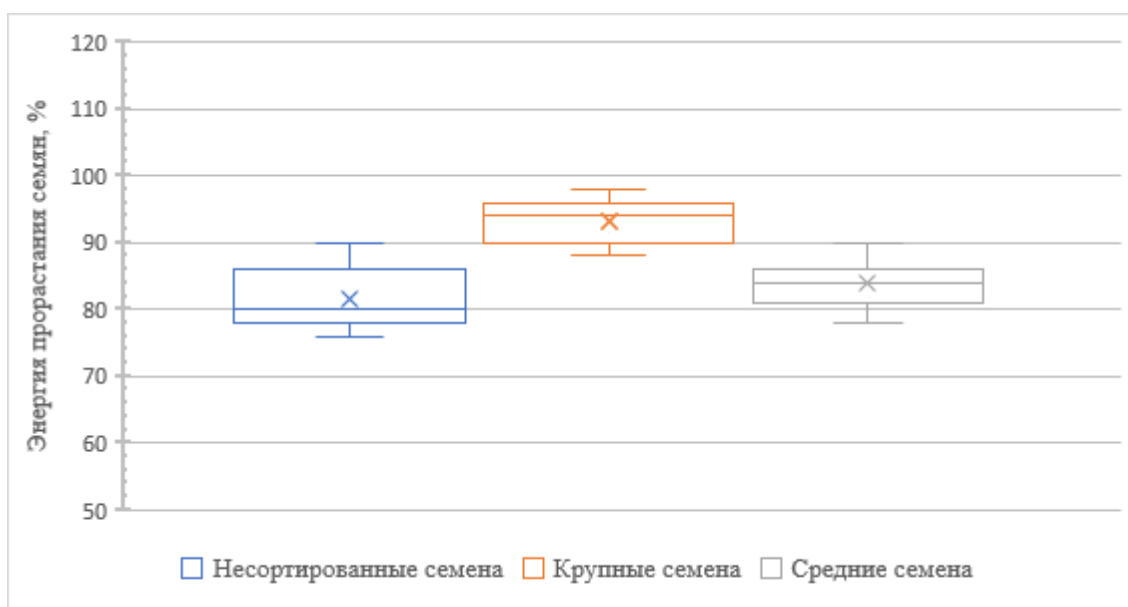


Рис. 5.2. Энергия прорастания семян сосны обыкновенной по вариантам опыта

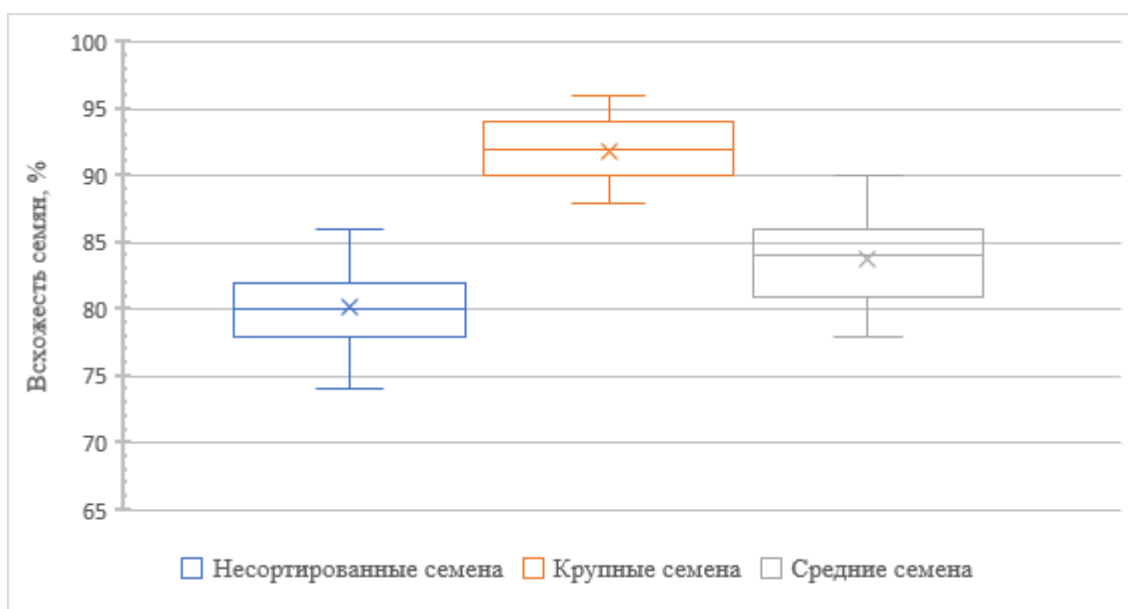


Рис. 5.3. Всхожесть семян сосны обыкновенной по вариантам опыта

Таким образом, установлено, что использование информационных технологий позволяет облегчить процесс определения геометрических размеров семян хвойных пород для отдельных партий на участке переработки лесосеменного сырья при выращивании посадочного материала с ЗКС. Необходимой и достаточной точностью измерения параметров семян хвойных пород является определение размеров до 0,1 мм, что позволяет настроить оборудование для сортировки с разделением на фракции необходимого размера для посева в кассеты на автоматических линиях высева. Анализируя размер каждой партии

семян, можно точно обозначить размер каждой фракции и получить семена с однородными показателями качества. Семена крупной фракции отличаются более высокой энергией прорастания (93,2 %) и всхожестью (91,8 %), по сравнению с несортированными семенами (81,6 и 80,2 % соответственно). Перспективным направлением является составление баз данных по оценке размеров семян в зависимости от их происхождения и существующей схемы лесосеменного районирования. Также может возникнуть задача по составлению переводных коэффициентов, представляющих собой отношение массы 1000 семян к площади их поперечного сечения или к значениям их геометрических размеров.

5.2. Сокращение времени на прорастание семян при выращивании сеянцев с ЗКС

Чтобы ускорить процесс набухания семян и появления всходов применялись специально оборудованные камеры проращивания, в которых обеспечивается высокая температура и влажность (рис. 5.4). Использование изолированных камер с туманообразующими установками, обогревом и вентиляцией позволило сократить время появления всходов почти в два раза (табл. 5.2). Лучшее всего этот способ оказал влияние на прорастание семян сосны. В камерах проращивания объемом 30-50 м³ гораздо проще поддерживать необходимую температуру и влажность без использования больших энергозатрат, в отличие от теплиц.

Таблица 5.2. Сроки появления всходов

Вариант опыта	Доля проросших семян по срокам учета, %		
	7 суток	15 суток	21 сутки
Сосна обыкновенная			
Камера проращивания	44	78	92
Теплица	8	40	90
Ель сибирская			
Камера проращивания	0	34	80
Теплица	0	20	70



Рис. 5.4. Размещение засеянных кассет в камерах проращивания

В контрольном варианте опыта по стандартной «скандинавской» технологии основное количество всходов отмечено спустя 21 сутки после посева. Растянутые сроки прорастания в условиях теплицы объясняются невозможностью обеспечить стабильный оптимальный режим микроклимата в период прорастания семян, поскольку ночью температура воздуха снижается, а днем при увеличении температуры снижается влажность воздуха. Чтобы увеличить концентрацию водяных паров в воздухе и увлажнить пересыхающую верхнюю часть субстрата необходимо производить полив, однако частые поливы снижают насыщенность субстрата кислородом, необходимым для прорастания семян.

Отдельно необходимо отметить, что применение камер проращивания наиболее целесообразно при ранних сроках посева (в феврале и марте), а также в летние месяцы, особенно для семян без снегования (рис. 5.5).



Рис. 5.5. Высокая энергия прорастания и всхожесть сосны обыкновенной при посеве в феврале

Установлено, что поддержание оптимальных температуры и влажности, необходимых для набухания и прорастания семян легче всего осуществить в камерах проращивания. Срок камерного проращивания необходимо устанавливать индивидуально для каждой партии на основании ежедневных наблюдений за всходами. Как правило, сосне для прорастания 50% семян достаточно 5-7 суток, а для ели сибирской этот срок необходимо увеличить до 10 дней.

5.3. Температурный режим и влажность воздуха при выращивании сеянцев с ЗКС

В отличие от выращивания посадочного материала в открытом грунте теплицы с регулируемым микроклиматом позволяют обеспечить оптимальные условия для роста посадочного материала. Указанное, в свою очередь, дает возможность выращивать посадочный материал в более короткие сроки.

Целью наших исследований являлось изучение роста сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и

лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.) с закрытой корневой системой в близких условиях.

Семена сосны обыкновенной, ели сибирской и лиственницы Сукачева были высажены в кассеты с ячейками размером $38,5 \times 38,5 \times 110$ мм. Посев семян в кассеты производили 01.02.2019 для определения возможности зимнего выращивания посадочного материала хвойных пород в условиях искусственного микроклимата. После посева кассеты помещались в камеру проращивания с температурой воздуха $+22^{\circ}\text{C}$ и влажностью 85-90% на 5 суток. При таком способе посева всходы появляются на седьмой день, а все жизнеспособные семена прорастают уже к 15 суткам.

Затем кассеты вывозились в теплицу и устанавливались на стационарные столы для выращивания. Приподнятое над поверхностью расположение кассет позволяло осуществить воздушную обрезку корней через перфорацию в кассетах. Измерения параметров посадочного материала производили спустя 60, 75 и 90 суток после посева (табл. 5.3). Установлено, что спустя два месяца стержневой корень у всех пород не прорастает за границы контейнера. Воздушная обрезка корней, вышедших за пределы контейнера, начинает происходить спустя 75 дней после посева семян. После обрезки стержневого корня начинается интенсивный рост корней второго порядка и формируется компактная корневая система внутри торфяного субстрата.

В период роста сеянцев в теплице поддерживалась оптимальная температура воздуха (табл. 5.4). Относительная влажность воздуха 65 – 85 %. Дополнительная досветка растений осуществлялась лампами ДНАТ интенсивностью от 100 до 200 мк моль $\text{м}^{-2}\text{с}^{-1}$. Создание искусственных условий, оптимальных для роста сеянцев позволило вырастить первую ротацию до наступления оптимальных погодных условий. В конце мая посадочный материал из теплицы был перемещен на поля доращивания и закаливания. Спустя 90 дней после посева у сеянцев закончился период роста в высоту и начался процесс образования верхушечной почки. Поэтому дальнейшее выращивание в теплице было нецелесообразным, и сеянцы переместились на открытые площадки.

Установлено, что не все породы способны достигнуть стандартных размеров, удовлетворяющих критериям посадочного материала для искусственного лесовосстановления в Средне-Уральском таежном районе.

Таблица 5.3. Параметры посадочного материала

Порода	Средняя высота надземной части, см	Средняя длина корневой системы, см	Срок после посева, дней
Через 60 дней после посева			
Лиственница	$4,1 \pm 0,11$	$9,0 \pm 0,10$	60
Сосна	$3,0 \pm 0,05$	$4,9 \pm 0,05$	60
Ель	$2,6 \pm 0,05$	$6,0 \pm 0,05$	60
Через 75 дней			
Лиственница	$14,6 \pm 0,10$	Нет данных	75
Сосна	$6,7 \pm 0,05$	Нет данных	75
Ель	$4,0 \pm 0,05$	Нет данных	75
Через 90 дней после посева			
Лиственница	$16,4 \pm 0,15$	$11,0 \pm 0,05$	90
Сосна	$8,2 \pm 0,05$	$11,0 \pm 0,05$	90
Ель	$5,7 \pm 0,05$	$11,0 \pm 0,05$	90

Рекомендуемый температурный режим в сезонных пленочных теплицах детально описан в рекомендациях А.В. Жигунова с соавторами (2016 а, б, в). В указанном нормативе приведена информация по дневным и ночным температурам воздуха, необходимым для нормального роста и развития сеянцев хвойных пород. Микроклимат в пленочных теплицах характеризуется большой амплитудой дневных и ночных температур, что объясняется малым объемом воздуха внутри помещения, так как площадь теплиц варьирует в пределах 0,1-0,25 га. Обогрев осуществляется с помощью воздухогрейных котлов, работающих на природном газе или дизтопливе. Главным недостатком теплиц данной конструкции является сезонный режим использования. Выращивание возможно с марта по сентябрь, а вторую половину года эти площади простаивают. Кроме того, в зимний период во избежание накопления снега необходимо предпринять меры по его очистке механически или с помощью подогрева.

В теплице типа «VENLO» объем воздуха значительно больше, поскольку площадь тепличного комплекса более 20 тыс. м², а высота конструкций от 4,5 до 6 м (рис. 5.6). Немаловажным фактором снижения теплопотерь является двойное остекление стен теплицы и три контура водяного отопления. Эти факторы позволяют максимально увеличить инертность системы отопления и обеспечить комфортные условия роста растений без резких колебаний температуры в течение суток. В таблице 5.4 представлены параметры микроклимата при проведении исследований по обоснованию режимов выращивания сеянцев с ЗКС.



Рис. 5.6. Выращивание сеянцев с ЗКС в теплицах типа VENLO с досветкой

На этапе планирования опыта учитывалась разная потребность сеянцев в тепле и влажности воздуха в зависимости от физиологического состояния. Относительно высокая температура воздуха необходима при прорастании семян, а для обеспечения одревеснения и подготовки к зимнему покою потребность в тепле закономерно снижается.

В жаркую солнечную погоду летом в теплицах без затенения для снижения экстремально высоких температур необходима принудительная вентиляция, поэтому теплицы должны быть оборудованы автоматической системой вентиляции. Вентиляторы устанавливаются в торцовых стенах теплиц. Прину-

дительная вентиляция за счет движения воздуха в припочвенном слое обеспечивает увеличение содержания углекислого газа в кронах сеянцев, что повышает интенсивность фотосинтеза, рост и развитие сеянцев.

Таблица 5.4. Режим микроклимата в теплице при проведении исследований

Срок после посева, недель	Физиологическое состояние	Температура воздуха, °C	Влажность воздуха, %	Тип помещения
	Набухание и прорастание семян	+22...+25	90	Камера проращивания
	Появление и рост всходов	+22...+25	75	Теплица
	Интенсивный рост	+20...+22	65	Теплица
	Закладка верхушечной почки	+16...+20	65	Теплица или открытый полигон
	Закладка верхушечной почки, одревеснение	+10...+16	65-85	Открытый полигон или холодная теплица
	Одревеснение и закладка	+4...+10	65-85	Открытый полигон или хранилище
Более 17	Состояние покоя	0...-4		Хранилище

Доращивание сеянцев на открытых полигонах является обязательным технологическим этапом при выращивании контейнерных сеянцев. На открытых полигонах (полях доращивания) происходит адаптация сеянцев к природным условиям и их дальнейший рост. Температурный режим открытых полигонов полностью зависит от погодных условий, поэтому вся технологическая цепочка от посева до упаковки сеянцев согласуется со среднегодовыми датами наступления устойчивых положительных температур и заморозками. График на рис. 5.7 показывает минимальные и максимальные суточные температуры на открытых полигонах и позволяет оценить частоту температурных колебаний, интенсивность вегетации, угрозу повреждений от низких температур, когда температура падает ниже -6°C в период вегетации и ниже -20°C в зимний период с отсутствием снежного покрова, защищающего корни сеянцев от вымерзания. Отмечается, что в условиях Среднего Урала сеянцы на открытых полигонах в течение года не испытывают тепловой шок, когда среднесуточная

температура поднимается выше 30°C, что приводит к замедлению роста сеянцев и угрозам пересыхания субстрата в контейнерах. Отмечается, что интенсивность вегетации резко снижается под воздействием низких температур воздуха весной (25 мая) и осенью (18 сентября), а летом рост замедляется из-за высоких температур и недостатка влаги (22 июля). У сеянцев хвойных пород максимальный уровень вегетации (NDVI 0.7-0.8) зафиксирован в период с 05 июня по 15 июля и с 10 августа по 15 сентября.

На графике 5.8 показано количество осадков и динамика накопления влажности на поверхности грунта и в корневой зоне, что позволяет проанализировать закономерности их влияния на рост культур, оценить вероятность засух, подтоплений и затяжных осадков (последние могут приводить к развитию грибных заболеваний).

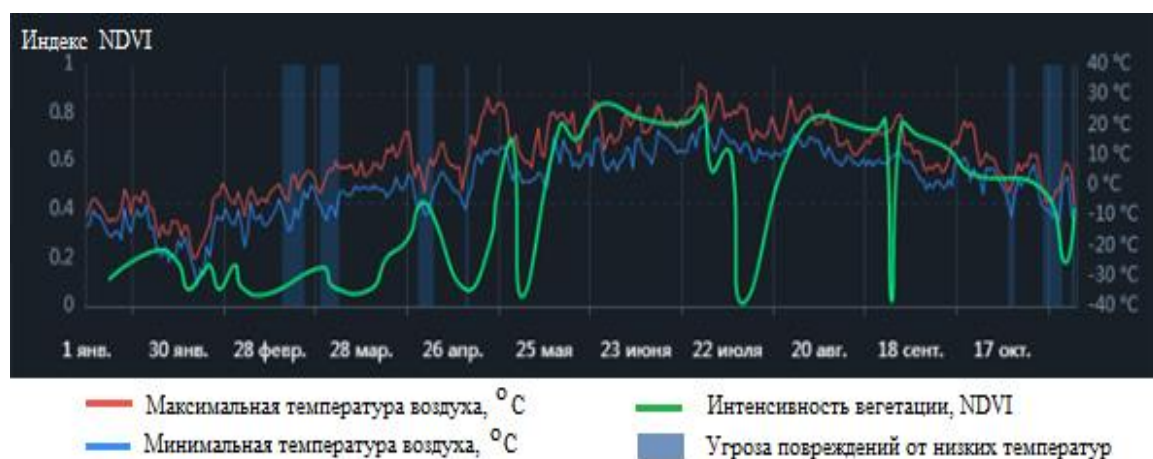


Рис. 5.7. Колебания температуры воздуха, интенсивность вегетации и частота температурных аномалий



Рис. 5.8. Количество осадков и динамика влажности на полях дорацивания

В результате выполненных исследований установлено, что при создании оптимальных условий микроклимата в теплице возможна организация выращивания сеянцев хвойных пород в теплице в зимний период. Лиственница Сукачева и сосна обыкновенная способна за один вегетационный сезон достигнуть и превысить стандартные размеры (высота не менее 12 см) (рис. 5.9 и 5.10). Ель при выращивании в зимний период не достигла стандартных размеров (высота не менее 10 см) (рис. 5.11), поэтому перед реализацией необходимо доращивание на открытых площадках. Для ели сибирской необходимо разрабатывать специальные режимы выращивания вне агротехнических сроков.



Рис. 5.9. Лиственница Сукачева зимней ротации



Рис. 5.11. Ель сибирская зимней ротации



Рис. 5.10. Сосна обыкновенная зимней ротации

5.4. Влияние продолжительности фотопериода и уровня освещенности на рост сеянцев

Помимо температуры и влажности на рост сеянцев оказывает влияние освещенность. Именно количество солнечной радиации, поступающей к поверхности хвои, в конечном счете, определяет интенсивность фотосинтеза и

рост сеянцев. Кроме того, логично предположить, что на рост сеянцев оказывает влияние цикличность продолжительности освещения в течение календарного года.

Эксперимент по влиянию освещенности на рост сеянцев хвойных пород был проведен в теплице пос. Садовый, Свердловская область. В Уральском регионе среднегодовая сумма фотосинетической активной радиации варьирует от 610 до 970 кал/см². Определение оптимального необходимого уровня освещенности для нормального роста растений проводилось с использованием климатических камер типа Grow Chamber GC-1000TLH с возможностью испытания режимов досветки от 2 до 30 тыс. люкс (рис. 5.12). Для достижения поставленных целей мы выращивали сеянцы хвойных пород в зимний период в двух вариантах освещения (искусственное освещение ДНАТ лампами и естественное освещение). Включение досветки осуществлялось на основании показаний с метеостанции тепличного комплекса.



Рис. 5.12. Определение оптимального уровня искусственного освещения в климатических камерах

Зависимость высоты посадочного материала от интенсивности освещения представлены в таблице 5.5 и на рисунках 5.13-5.15. Посадочный материал выращивали в зимний период (посев в декабре) в пяти вариантах: без использования искусственной досветки (контроль), 80, 150, 200 и 300 мкмоль м⁻² с⁻¹ суммарной дневной освещенности. Результаты подводились спустя 10 недель после появления всходов.

Таблица 5.5. Средняя высота сеянцев с ЗКС в зависимости от интенсивности освещения, см

Порода	Естественное освещение без досветки	Суммарная дневная освещенность при досветке, мкмоль м ⁻² с ⁻¹			
		80	150	200	300
Сосна	4,70±0,37	6,05±0,37	7,60±0,45	8,23±0,41	8,65±0,36
Лиственница	6,08±0,30	7,05±0,38	10,45±0,40	16,35±0,30	17,00±0,33
Ель	2,91±0,34	4,02±0,35	5,67±0,45	5,75±0,39	5,85±0,30

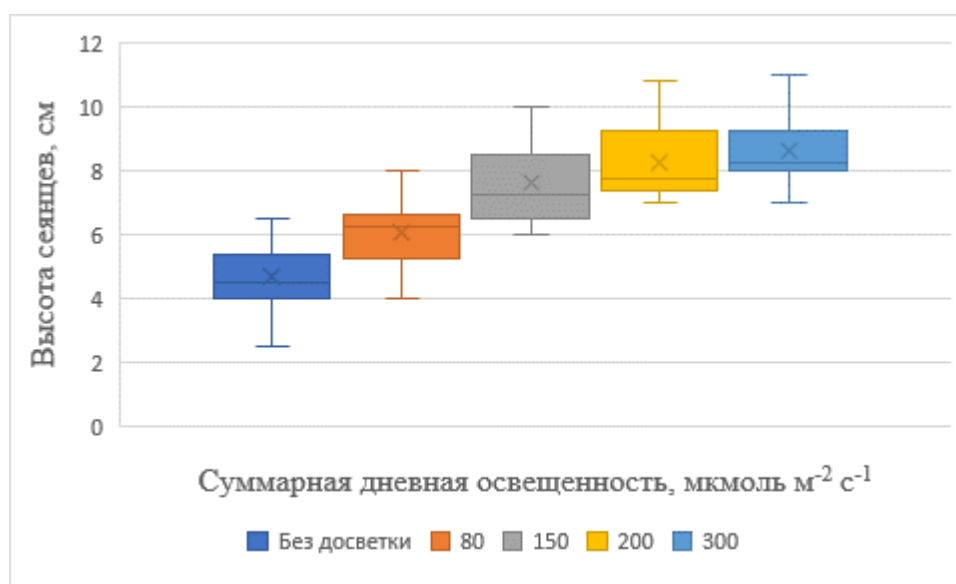


Рис. 5.13. Интенсивность освещения и высота сеянцев сосны

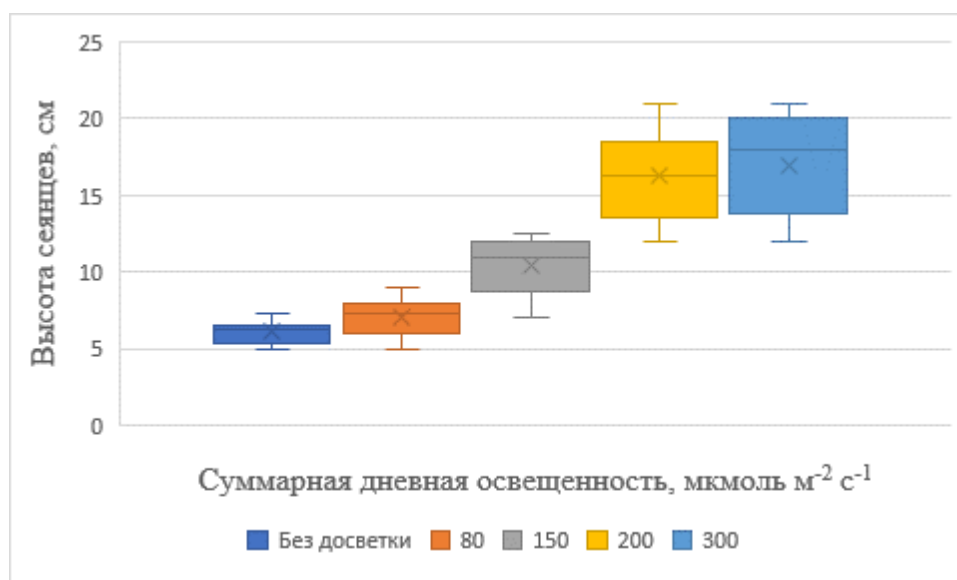


Рис. 5.14. Интенсивность освещения и высота сеянцев лиственницы

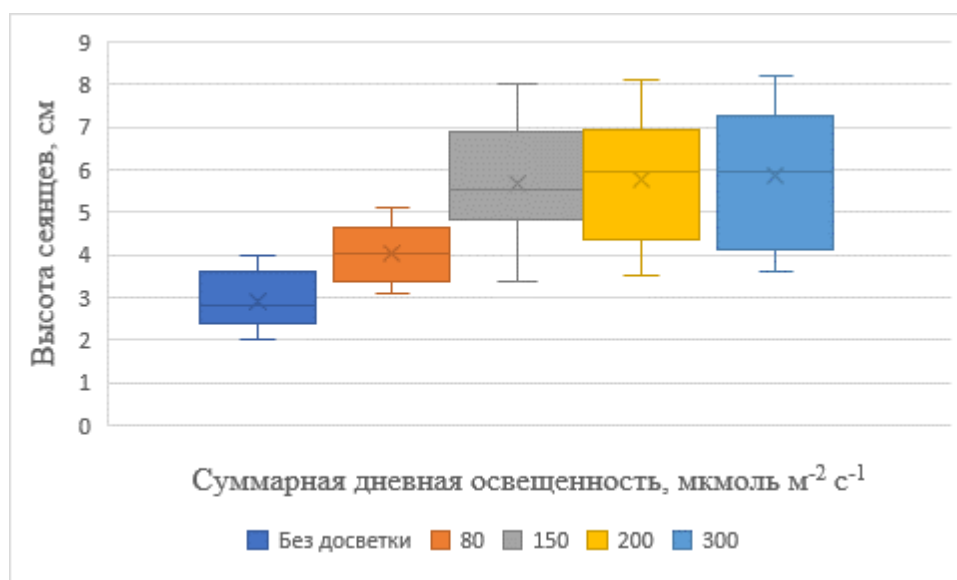


Рис. 5.15. Интенсивность освещения и высота сеянцев ели

Материалы таблицы 5.5 и рисунков 5.13-5.14 позволяют сделать выводы и обосновать выбор оптимальной суммарной дневной освещенности при выращивании сеянцев хвойных пород за пределами агротехнических сроков. В таблице 5.6 приведены данные об оптимальных параметрах искусственной досветки на уровне вегетационных столов.

Таблица 5.6. Оптимальные параметры искусственной досветки

Порода	Суммарная дневная освещенность, мкмоль м ⁻² с ⁻¹
Лиственница Сукачева	200
Сосна обыкновенная	200
Ель сибирская	150 - 200

Суммарная дневная освещенность на уровне вегетационных столов с растениями составляла приблизительно 200 мкмоль м⁻² с⁻¹ (Измеритель освещенности Delta OHM HD 2302.0). Фотопериод при искусственном освещении составлял 16 часов день и 8 часов ночь. Контрольная группа сеянцев произрастала в условиях естественной освещенности и длины дня. В период роста сеянцев в теплице поддерживалась температура воздуха на уровне 18-20°C днем, 16-17°C ночью. Относительная влажность воздуха 65-80 %.

В результате экспериментов по применению искусственной досветки установлено, что хвойные породы относятся к растениям, у которых короткий день вызывает наступление покоя, а длинный способствует периодическому росту. Очень важным фактором является продолжительность освещения (фотопериод). Критическая длина дня для хвойных была установлена в диапазоне 12-13 ч. Хвойные отличаются большим ареалом произрастания и характеризуются тем, что семена из различных мест происхождения по-разному реагируют на длину дня.

Результаты исследований показали, что сеянцы с ЗКС достигли нормативных параметров по высоте лишь в вариантах с применением искусственной досветки (рис. 5.16). Средняя высота сеянцев сосны при выращивании в зимний период с досветкой составила 8,2 см при посеве в декабре и 10,5 см при посеве в феврале. Без досветки высота сеянцев варьировала от 2,5 до 6,5 см в обоих вариантах (рис. 5.17). В условиях естественного освещения сеянцы получали благоприятный для роста температурный режим (18-22°C), оптимальную обеспеченность минеральным питанием, однако в зимний период рост по

высоте не происходил и у всех экземпляров наблюдалось формирование верхушечных почек практически сразу после появления всходов.



Рис. 5.16. Сеянцы сосны с использованием досветки



Рис. 5.17. Сеянцы сосны без использования досветки

5.5. Температурный режим в контейнерах различной конструкции

В настоящее время существует множество типоразмеров кассет для выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой. Наиболее распространенными и совершенными являются кассеты производства «ВСС» (Швеция), обеспечивающие воздушную подрезку корней и имеющие широкий модельный ряд ячеек для различных пород. Различные комбинации объема ячейки, высоты и густоты размещения на единице площади позволяет выбирать кассеты для выращивания сеянцев с различными параметрами корневой и надземной частей. К недостаткам можно отнести лишь черный цвет кассет, который объясняет чрезмерный нагрев субстрата в летний период, что обуславливает необходимость частого полива.

Существует более удачный прототип кассеты, разработанный СПб-НИИЛХ (Кассета ..., 2018). Кассета содержит 64 ячейки, обеспечивает воздушную подрезку корней, а кроме того, выполнена из белого пластика, исключая перегрев субстрата. Однако, промышленный выпуск этих контейнеров не организован и испытать их возможность отсутствует.

Самым труднорегулируемым параметром при выращивании сеянцев с ЗКС в промышленных теплицах является экстремально высокая температура воздуха в летний период. Температура воздуха выше 25°C оказывает негативное влияние на рост и развитие сеянцев. Под воздействием температур выше 45 °C нередко наблюдается повреждение белковых структур семян при посевах в летние месяцы, ожог корневой шейки, пересыхание субстрата и водный дефицит в тканях растений из-за повышенной транспирации. Высокие температуры воздуха вызывают иссушение субстрата, и возникает необходимость увеличения интенсивности и частоты полива, которые увеличивают расход энергоресурсов и воды. При выращивании сеянцев с ЗКС в тепличных комплексах эта проблема возникает у сеянцев при посевах в июне, июле.

Снижение температуры воздуха обычно производят проветриванием через открытие фрамуг в кровле или торцах теплицы, однако при наличии порывистого ветра проветривание невозможно, так как существует опасность разрушения конструкций. Свердловская область относится ко второй ветровой зоне, которая характеризуется высокой ветровой нагрузкой (ветровое давление 0,3 кгс/м²). Таким образом, для Екатеринбурга характерны высокие ветровые нагрузки, а в сочетании с высокими температурами воздуха возникает повышенный риск повреждения растений от высоких температур в теплицах без проветривания.

Температурный режим субстрата в кассетах различной конструкции изучался для пяти типоразмеров кассет (табл. 5.7). Для контроля были произведены замеры температуры субстрата в контейнерах без перфорации типа Р9, почвы в теплице и в посевном отделении открытого грунта.

Контейнер Р9 представляет собой индивидуальный горшок для выращивания укрупненного посадочного материала, однако он не имеет возможности осуществить воздушную подрезку корней из-за отсутствия перфорации в боковых стенках. Данный тип контейнеров имеет увеличенный объем, что обеспечивает хорошую влагоемкость и исключает необходимость частых поливов.

Температура субстрата измерялась с помощью цифровых термометров в нескольких вариантах: центральная часть кассет, угловые ячейки, крайние ячейки и ячейки смежных кассет. В процессе выращивания сеянцев с ЗКС отмечается угнетенное состояние сеянцев в крайних и угловых ячейках. Влага из субстрата в ячейках кассет испаряется с разной скоростью. Этот факт объясняется повышенным испарением влаги через перфорацию в боковых стенках ячеек. В средней части кассеты сохраняется оптимальный микроклимат, аэрация происходит менее интенсивно и субстрат долгое время остается влажным. Наиболее быстро пересыхают угловые ячейки, влага которых испаряется по двум открытым сторонам. При снижении влажности субстрата увеличивается его температура. При испарении влаги из торфа происходит процесс адиабатного охлаждения субстрата, таким образом, при температуре воздуха +40°C субстрат в ячейках может иметь оптимальную температуру в пределах 20 - 30°C. Проблема перегрева и иссушения характерна только для кассет с перфорацией ячеек (Plantek). Контейнеры, имеющие сплошную боковую стенку и увеличенный объем (Р9) менее подвержены перегреву субстрата (табл. 5.7). В качестве контроля температура субстрата измерялась в горшках Р9, в теплице и в условиях открытого грунта.

Таблица 5.7. Температурный режим субстрата при высоких температурах воздуха

Вариант опыта	Температура субстрата, °С			
	Угловая ячейка	Крайние ячейки	Смежные ячейки	Центральная часть кассет
Plantek 35F	27,5	25,4	22,6	22,0
Plantek 64FD	32,4	33,4	30,3	29,4
Plantek 64F	31,3	31,5	32,0	30,1
Plantek 81F	33,2	33,9	33,6	32,9
Plantek AirBlok100	33,2	31,8	31,0	30,0
Контейнер Р-9 (контроль)	-	-	-	25,5
Грунт в теплице (контроль)	-	-	-	20,0
Открытый грунт (контроль)	-	-	-	16,0

Примечание: температура воздуха +27°C, температура воздуха в теплице без вентиляции +45°C.

Отмечается различие в температуре субстрата в зависимости от расположения ячеек относительно кассеты. Наиболее важным параметром является температура субстрата в центральной части кассет. Установлено, что чем больше объем ячейки, тем ниже температура субстрата. Минимальная температура субстрата (22,0°C) отмечена у кассет Plantek 35F. Максимальная температура торфа (32,9°C) зафиксирована у одной из самых распространенных в производстве кассет Plantek 81F.

Полученные данные позволяют обосновать выбор оптимального размера ячейки для выращивания семян с ЗКС в различных лесорастительных условиях. В условиях средней и северной тайги риск перегрева субстрата в теплицах практически отсутствует, поэтому допускается использование ячеек, формирующих мелкий и средний ком (Plantek AirBlok100, Plantek 81F, Plantek 64F). Для условий южной тайги, лесостепных и степных зон необходимо обязательно увеличивать размер ячеек (Plantek 35F, Plantek 64FD) для предотвращения перегрева субстрата в периоды высоких экстремальных температур.

В таблице 5.8 рассчитаны основные статистические показатели температуры субстрата в центральной части кассет при высоких значениях температуры воздуха, подтверждающие достоверность полученных данных.

Таблица 5.8. Описательная статистика температуры субстрата в контейнерах различной конструкции при высоких температурах воздуха

Основные статистические показатели	Plantek 35F	Plantek 64FD	Plantek 64F	Plantek 81F	Plantek AirBlok100
Среднее	22,04	29,44	30,12	32,88	30,00
Стандартная ошибка	0,12	0,32	0,15	0,31	0,13
Медиана	22	29	30	33	30
Мода	22	29	30	34	30
Стандартное отклонение	0,61	1,61	0,73	1,54	0,65
Дисперсия выборки	0,37	2,59	0,53	2,36	0,42
Эксцесс	0,01	-0,90	-0,97	0,07	-0,33
Асимметричность	-0,02	0,31	-0,19	-1,28	0,00
Интервал	2	5	2	4	2
Минимум	21,0	27,0	29,0	30,0	29,0
Максимум	23,0	32,0	31,0	34,0	31,0
Уровень надежности(95,0%)	0,25	0,66	0,30	0,63	0,27

Наибольшие колебания температуры субстрата отмечены у кассет Plantek 64FD (интервал 5°C) и Plantek 81F (интервал 4°C), у остальных типах кассет значения температуры торфа стабильны, а интервал не превысил 2 °C (рис. 5.18).

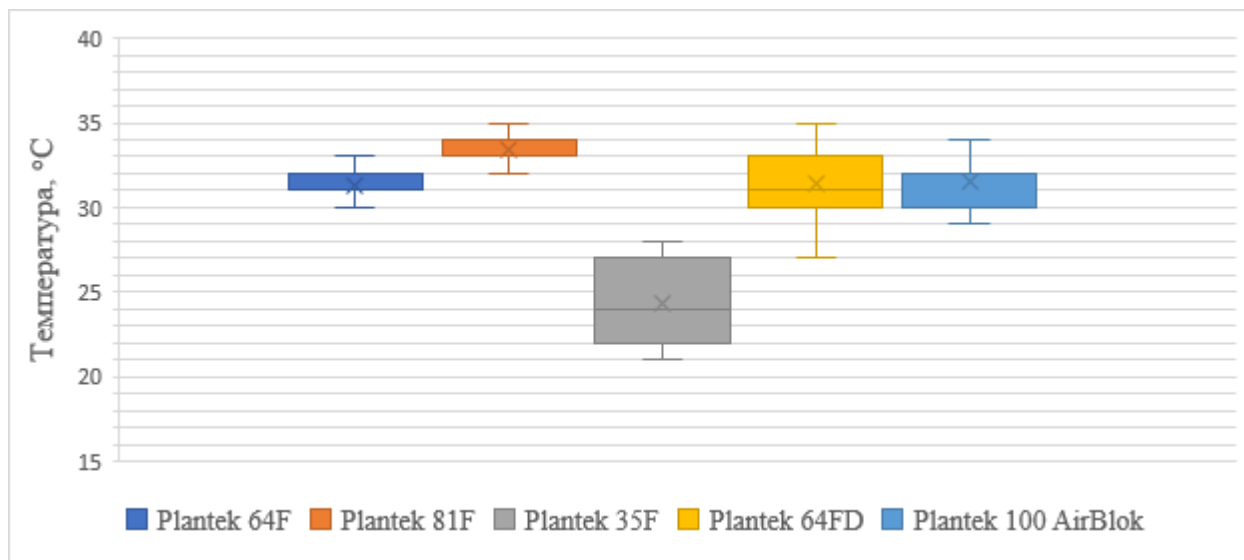


Рисунок 5.18. Температура торфяного субстрата в контейнерах при высоких температурах воздуха в теплице

Дополнительно производилось изучение температурного режима субстрата в кассетах в условиях оптимальных температур воздуха. По рекомендациям А.В. Жигунова и других авторов (Жигунов, 2000; Жигунов и др., 2016 а, б, в) для сеянцев хвойных пород оптимальной температурой для выращивания считается 18-25°C. При такой температуре воздуха в теплице испарение влаги из субстрата и транспирация через хвою происходит менее интенсивно, а растения произрастают в оптимальном режиме.

В таблице 5.9 приводятся данные измерения показателей температуры субстрата при температуре воздуха в теплице +25°C. Установлено, что температура в ячейках кассет в этом случае распределяется более равномерно, а положение ячейки (центральная часть, крайние, угловые или смежные ячейки) не оказывает значительного влияния.

Таблица 5.9. Температурный режим субстрата при оптимальных температурах воздуха

Вариант опыта	Температура субстрата, °С			
	Угловая ячейка	Крайние ячейки	Смежные ячейки	Центральная часть кассет
Plantek 35F	20,5	20,5	20,8	20,8
Plantek 64FD	21,0	21,0	21,0	21,0
Plantek 64F	21,0	20,0	20,0	20,0
Plantek 81F	20,6	20,6	20,7	20,3
Plantek AirBlok100	19,7	20,5	21,0	21,0
Контейнер Р-9 (контроль)	-	-	-	20,6
Грунт в теплице (контроль)	-	-	-	19,0
Открытый грунт (контроль)	-	-	-	15,0

Примечание: температура воздуха +15°С, температура воздуха в теплице без вентиляции +25°С.

В таблице 5.10 рассчитаны основные статистические показатели температуры субстрата в центральной части кассет при оптимальных значениях температуры воздуха, подтверждающие достоверность полученных данных. На рисунке 5.19 визуальны изображены стабильные параметры температуры субстрата во всех вариантах опыта.

Таблица 5.10. Описательная статистика температуры субстрата в контейнерах различной конструкции при оптимальных температурах воздуха

Основные статистические показатели	Plantek 35F	Plantek 64FD	Plantek 64F	Plantek 81F	Plantek AirBlok100
Среднее	20,00	20,32	20,80	21,00	21,00
Стандартная ошибка	0,00	0,10	0,08	0,00	0,00
Медиана	20,0	20	21	21	21
Мода	20	20	21	21	21
Стандартное отклонение	0	0,48	0,41	0	0
Дисперсия выборки	0	0,23	0,17	0	0
Эксцесс	0	-1,45	0,59	0	0
Асимметричность	0	0,82	-1,60	0	0
Интервал	0	1	1	0	0
Минимум	20	20	20	21	21
Максимум	20	21	21	21	21
Уровень надежности(95,0%)	0	0,20	0,17	0	0

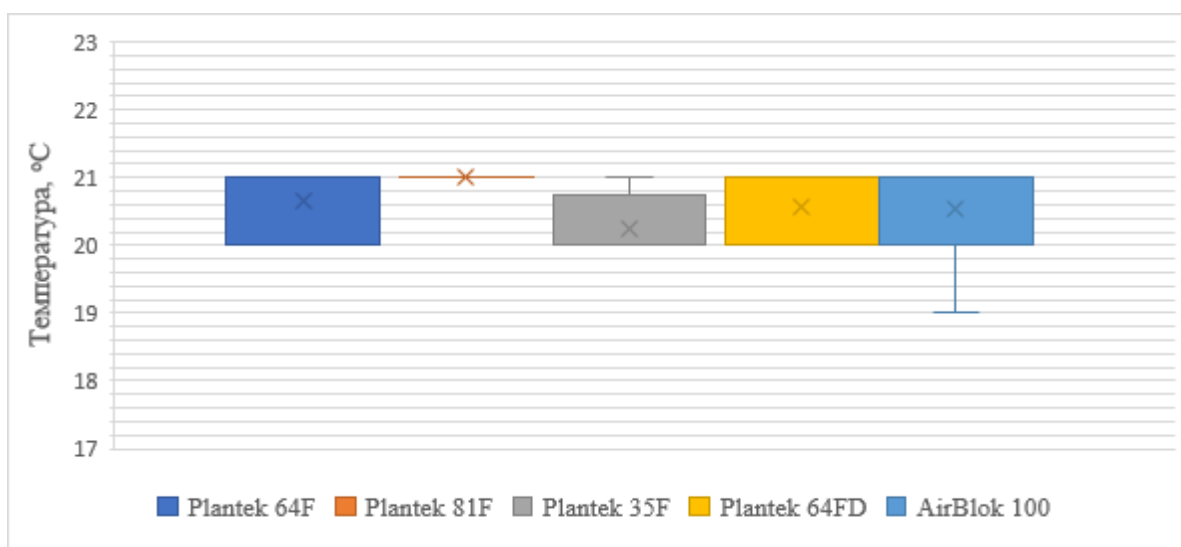


Рис. 5.19. Температура торфяного субстрата при оптимальных температурах воздуха в теплице

В кассетах типа Plantek 35F, Plantek 81F и Plantek AirBlok100 температура субстрата оказалась стабильной, независимо от положения ячеек. В кассетах типа Plantek 64FD и Plantek 64F колебания температуры составили всего 1°C.

В условиях климата южной тайги Среднего Урала необходимо использовать увеличенный размер контейнеров для предотвращения перегрева субстрата в периоды высоких экстремальных температур в теплице.

Холодный климат средней и северной тайги исключает риск перегрева субстрата в теплицах, поэтому в северных регионах допускается использование ячеек, формирующих мелкий и средний ком (Plantek AirBlok 100, Plantek 81F, Plantek 64F) при выращивании сеянцев хвойных пород с ЗКС. В условиях оптимальных температур воздуха в теплице (+25°C) температурный режим субстрата в кассетах различной конструкции находится в оптимальных пределах (от 21 до 22°C) и стабилен, а колебания его температуры не превышают 1°C. В условиях высоких температур воздуха при испарении влаги из торфа происходит процесс адиабатного охлаждения субстрата, таким образом, при температуре воздуха +40°C субстрат в ячейках может иметь оптимальную температуру в пределах 22 - 33°C.

5.6. Влажность субстрата в контейнерах различной конструкции

Одновременно с температурой проводилось измерение влажности субстрата через двое суток после предыдущего полива. Для удобства анализа данных была составлена шкала с диапазонами влажности торфа (табл. 5.11). За норму принята влажность на уровне 60% (Жигунов и др., 2016 б). Данные о влажности субстрата через двое суток после полива в различных вариантах опыта приведены в таблице 5.12.

Таблица 5.11. Шкала влажности торфяного субстрата

Диапазон влажности субстрата, %	Характеристика
0 - 20	Очень сухой
21 - 40	Сухой
41 - 60	Норма
61 - 80	Влажный
81 – 100	Сырой

Очень важно сохранять влажность торфа стабильной и не допускать его иссушения. При высыхании торф теряет способность удерживать влагу, растения испытывают водный дефицит, что вызывает необходимость увеличения частоты поливов. При избыточном увлажнении торфа нарушается насыщенность кислородом воздуха корневой зоны и повышается риск разрастания сорных мхов (маршанция).

Таблица 5.12. Влажность субстрата при высоких температурах воздуха

Вариант опыта	Влажность субстрата			
	Угловая ячейка	Крайние ячейки	Смежные ячейки	Центральная часть кассет
Plantek 35F	Сухой	Сухой	Норма	Норма
Plantek 64FD	Очень сухой	Сухой	Норма	Норма
Plantek 64F	Очень сухой	Очень сухой	Сухой	Сухой
Plantek 81F	Очень сухой	Очень сухой	Очень сухой	Очень сухой
Plantek AirBlok100	Очень сухой	Очень сухой	Очень сухой	Очень сухой
Контейнер Р-9 (контроль)	-	-	-	Норма
Грунт в теплице (контроль)	-	-	-	Влажный
Открытый грунт (контроль)	-	-	-	Норма

Анализируя данные таблицы 5.12, можно отметить тот факт, что через двое суток после полива торф высыхает ниже нормы в кассетах типа Plantek 64F, Plantek 81F, Plantek AirBlok100. Таким образом, при температуре воздуха выше 25° С эти кассеты необходимо поливать ежедневно. Кассеты с

увеличенной емкостью ячеек (Plantek 35F, Plantek 64FD) более инертны к потере влаги, а частота поливов может составлять один раз в два-три дня.

Контрольные варианты контейнеров без перфорации Р9 и в условиях посева отделения открытого грунта на третий день после полива имеют влажность на уровне нормы. Грунт в теплице характеризуется как влажный, что вызывает риск разрастания сорной растительности и вспышек грибных фитопатогенов.

Измерение влажности субстрата в условиях оптимального температурного режима произведено через двое суток после предыдущего полива (табл. 5.13).

Материалы таблицы 5.13 позволяют сделать вывод о влиянии типа кассет на периодичность полива в теплицах при оптимальных температурах (18 - 25°C). Кассеты с крупным комом возможно поливать один раз в три дня (Plantek 64FD), а при более крупных ячейках Plantek 35F интервал полива можно увеличить до пяти дней. Кассеты, формирующие средний ком (Plantek 64F), высыхают неравномерно и через два дня после полива крайние и угловые ячейки характеризуются как очень сухие, в то время как средняя часть увлажнена нормально. Чтобы избежать пересыхания субстрата кассеты с мелким комом необходимо поливать через день (Plantek 81F) или каждый день (Plantek AirBlok 100).

Таблица 5.13. Влажность субстрата при оптимальных температурах воздуха

Вариант опыта	Влажность субстрата			
	Угловая ячейка	Крайние ячейки	Смежные ячейки	Центральная часть кассет
Plantek 35F	Влажный	Влажный	Влажный	Влажный
Plantek 64FD	Норма	Норма	Норма	Норма
Plantek 64F	Очень сухой	Очень сухой	Норма	Норма
Plantek 81F	Сухой	Сухой	Сухой	Сухой
Plantek AirBlok100	Очень сухой	Очень сухой	Очень сухой	Очень сухой
Контейнер Р-9 (контроль)	-	-	-	Влажный
Грунт в теплице (контроль)	-	-	-	Влажный
Открытый грунт (контроль)	-	-	-	Норма

Чтобы сформулировать общие выводы по потребности воды для полива контейнеров разного типа была составлена итоговая таблица 5.14. В таблице 5.14 обобщены данные о расходе воды для выращивания 100 тыс. шт. семян с ЗКС в контейнерах различного объема в течение одного вегетационного периода.

Таблица 5.14. Объем потребления воды для полива в зависимости от типа контейнеров

Вариант опыта	Объем выращивания, тыс. шт.	Площадь полива, м ²	Средняя периодичность полива, дней	Максимальный суточный расход воды, м ³	Общий годовой расход воды, м ³
Контейнер Р9	100	820	5	22,50	900,00
Plantek 35F	100	345	4	10,00	450,00
Plantek 64FD	100	230	3	5,00	375,00
Plantek 64F	100	230	2	3,40	357,00
Plantek 81F	100	182	1	3,40	612,00
Plantek Air-Blok100	100	148	1	3,24	583,20

Максимальный суточный расход воды на полив зависел от нормы полива и размера контейнеров. Чем больше емкость контейнеров, тем выше максимальный суточный расход воды, однако при анализе общего потребления воды за год установлено, что контейнеры с увеличенным объемом позволяют значительно экономить воду. При расчете потребности в воде для полива 1 семени в год (рис. 5.20) наглядно видна разница в итоговых объемах.

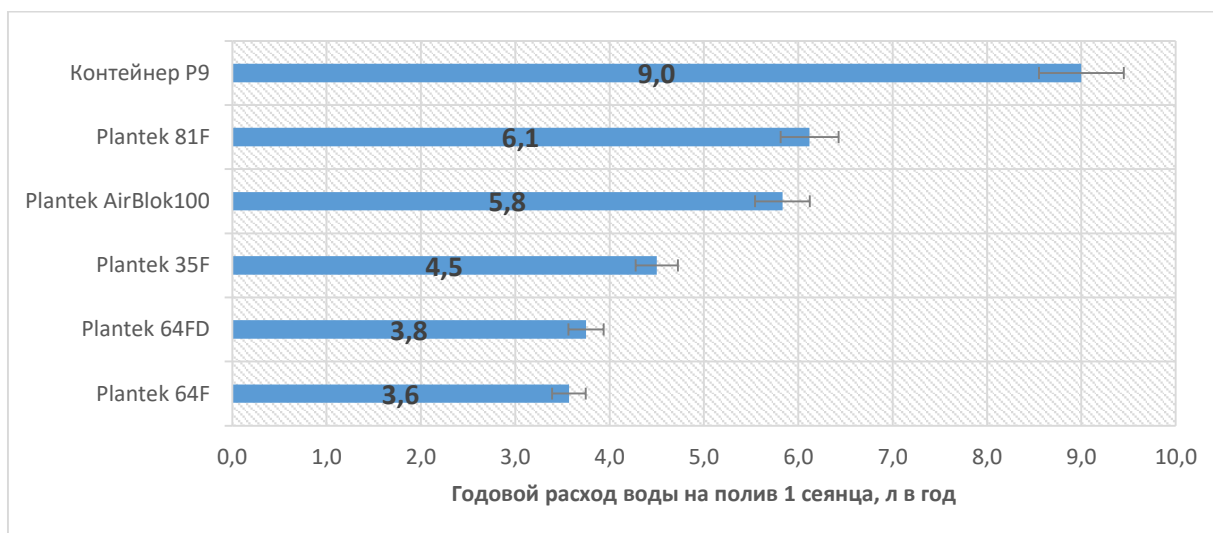


Рисунок 5.20. Расход воды для полива 1 семени в год

Полученные данные позволяют обосновать выбор оптимального размера ячейки для выращивания сеянцев с ЗКС в климатических условиях Среднего Урала. Лучшими параметрами расхода воды обладают контейнеры среднего (Plantek 64F) и крупного (Plantek 64FD) объемов. Емкость ячеек контейнеров Plantek 35F оказалась избыточной для выращивания однолетних сеянцев с ЗКС, поэтому они не рекомендуются для использования. Контейнер Р9 представляет собой индивидуальный горшок для выращивания укрупненного посадочного материала, однако он не имеет возможности осуществить воздушную подрезку корней из-за отсутствия перфорации в боковых стенках. Данный тип контейнеров имеет увеличенный объем, что обеспечивает хорошую влагоемкость и отсутствует необходимость частых поливов, но формирует деформированные и скрученные корни. Его объем оказывается избыточным и эти контейнеры не подходят для выращивания однолетних сеянцев лиственницы. Контейнеры с мелким комом (Plantek 81F и AirBlok100) нуждаются в значительно большем объеме воды в течение года, по сравнению с контейнерами среднего и крупного размера. Необходимо отметить, что во всех вариантах опыта сеянцы достигли нормативных параметров, необходимых для высадки на лесокультурную площадь.

В результате изучения особенностей увлажнения субстрата установлено, что общий годовой расход воды для полива контейнерных сеянцев в теплице зависит от размера и конструкции контейнеров, а различия в потребности в воде для выращивания 1 сеянца может достигать 2,5 раза. Оптимальным размером контейнеров, обеспечивающих минимальный расход воды для полива при выращивании хвойных пород в теплице, являются кассеты типа Plantek 64F и Plantek 64FD. Правильный выбор кассет позволит осуществить рациональное использование ресурсов при функционировании тепличного комплекса.

5.7. Влияние способа полива на рост сеянцев с ЗКС

Как было отмечено ранее, при выращивании посадочного материала с ЗКС расходуется значительное количество воды, что, в свою очередь, приводит к повышению себестоимости конечной продукции. Частично данную проблему можно решить оптимизацией подбора контейнеров. Однако, даже при использовании средних по размеру ячеек, полив следует производить через 2-3 дня во избежание пересыхания субстрата в угловых ячейках. Полив сеянцев в мелких кассетах типа Plantek AirBlok100 приходится проводить практически ежедневно.

Поскольку субстрат в угловых и срединных ячейках кассеты имеет разную влажность, а полив производится равномерно по всей площади, часть воды не впитывается субстратом и теряется, то есть сбрасывается на прилегающее пространство, поскольку технологией верхнего полива повторное использование не впитанной субстратом воды не предусмотрено.

Нами в качестве аналога верхнему поливу предложен нижний полив, заключающийся в кратковременном подтоплении сеянцев на период смачивания субстрата. Нижний полив представляет собой замкнутую систему, поэтому не впитавшаяся в субстрат вода может использоваться повторно при очередном поливе. Последнее исключает сброс воды в окружающую среду. Другими словами, помимо сокращения расхода воды нижний полив обеспечивает улучшение, точнее сохранение, экологической обстановки вокруг тепличного комплекса. Указанное особенно важно, если вместе с поливом потребуются подкормка сеянцев раствором минерализованных удобрений, слив остатков которых в окружающую среду недопустим.

Поскольку результатов проведения нижнего полива при выращивании посадочного материала с ЗКС в научной литературе нам найти не удалось, был проведен эксперимент по изучению роста сеянцев лиственницы Сукачева, сосны обыкновенной и ели сибирской при верхнем и нижнем поливе. Особое внимание в ходе эксперимента было уделено изучению изменения фракций

фитомассы выращиваемых сеянцев. При этом по срокам наблюдений отбиралось по 10 сеянцев, выращиваемых при верхнем и нижнем поливе.

Указанные сеянцы отмывались от субстрата с последующим определением фитомассы хвои, стволика и корней сначала в свежем состоянии, а затем в абсолютно сухом. Для чего каждая фракция высушивалась в термошкафу при температуре 105⁰С до прекращения изменения массы.

Данные о динамике изменения фитомассы сеянцев лиственницы Сукачева по фракциям в свежем и абсолютно сухом состояниях при верхнем и нижнем поливах приведены в таблице 5.15.

Материалы таблицы 5.15 свидетельствуют, что сеянцы лиственницы Сукачева на начальном этапе роста при нижнем поливе не уступают сеянцам при верхнем поливе по фитомассе в абсолютно сухом состоянии. Однако на более поздних этапах выращивания картина меняется и сеянцы при верхнем поливе имеют фитомассу больше, чем при нижнем поливе. Различия в фитомассе сеянцев при верхнем и нижнем поливе в конце эксперимента достоверны на 95 % уровне значимости.

Особо следует отметить, что сеянцы при нижнем поливе имеют большую относительную массу корней и меньшую относительную массу хвои. Последнее позволяет предположить, что сеянцы, выращенные при нижнем поливе, будут характеризоваться лучшей приживаемостью при высадке их на лесокультурную площадь, чем сеянцы, выращенные при верхнем поливе.

Исследования показали, что динамика изменения фитомассы сеянцев сосны обыкновенной и ели сибирской аналогична таковой у лиственницы Сукачева. Данные о фракционном составе фитомассы сеянцев с ЗКС указанных древесных пород при верхнем и нижнем поливе на момент завершения выращивания их в теплице приведена в таблице 5.16.

Таблица 5.15. Фитомасса сеянцев лиственницы Сукачева при верхнем и нижнем поливах

Вариант полива*	Масса сеянцев по фракциям, г/%							
	Общая в све- жем состоя- нии	В т.ч.			Общая в абсо- лютно сухом состоянии	В т.ч.		
		хвоя	стволик	корни		хвоя	стволик	корни
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20.02.2021 г.								
Верх	<u>0,01±0,0002</u> 100	Нет данных			<u>0,004±0,0001</u> 100	Нет данных		
Низ	<u>0,012±0,0003</u> 100	Нет данных			<u>0,005±0,0003</u> 100	Нет данных		
02.03.2021 г.								
Верх	<u>0,024±0,0004</u> 100	<u>0,014±0,0003</u> 57,8±0,77	<u>0,005±0,0002</u> 20,7±0,61	<u>0,005±0,0001</u> 21,5±0,51	<u>0,006±0,0002</u> 100	Нет данных		
05.03.2021 г.								
Верх	<u>0,025±0,0005</u> 100	<u>0,015±0,0004</u> 61,4±1,31	<u>0,005±0,0001</u> 18,6±1,00	<u>0,005±0,0002</u> 20,0±1,28	<u>0,009±0,0003</u> 100	<u>0,006±0,0003</u> 67,73±1,46	<u>0,001±0,0001</u> 14,6±1,01	<u>0,001±0,0001</u> 17,6±1,23
Низ	<u>0,17±0,0005</u> 100	<u>0,01±0,0004</u> 59,8±1,38	<u>0,002±0,0001</u> 13,6±0,96	<u>0,004±0,0002</u> 26,5±0,91	<u>0,01±0,0005</u> 100	<u>0,007±0,0004</u> 62,9±2,77	<u>0,001±0,0001</u> 12,3±1,21	<u>0,002±0,0002</u> 24,8±1,92
11.03.2021 г.								
Верх	<u>0,069±0,004</u> 100	<u>0,046±0,003</u> 66,7±1,25	<u>0,015±0,001</u> 22,2±1,11	<u>0,007±0,0005</u> 11,1±0,66	<u>0,023±0,002</u> 100	<u>0,015±0,003</u> 67,0±1,78	<u>0,003±0,0004</u> 15,5±0,89	<u>0,004±0,0004</u> 17,5±1,53
7.04.2021 г.								
Верх	<u>0,449±0,016</u> 100	<u>0,319±0,011</u> 70,9±1,25	<u>0,072±0,003</u> 16,2±0,47	<u>0,058±0,002</u> 12,9±0,97	<u>0,113±0,006</u> 100	<u>0,091±0,005</u> 65,4±1,14	<u>0,021±0,001</u> 15±0,64	<u>0,026±0,001</u> 19,0±0,92
Низ	<u>0,445±0,013</u> 100	<u>0,303±0,009</u> 68,3±1,19	<u>0,088±0,004</u> 18,0±0,53	<u>0,061±0,04</u> 13,64±0,79	<u>0,136±0,003</u> 100	<u>0,081±0,003</u> 59,37±1,20	<u>0,026±0,001</u> 18,98±1,05	<u>0,029±0,002</u> 21,64±0,81

Окончание табл. 5.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16.04.2021 г.								
Верх	$\frac{1,012 \pm 0,045}{100}$	$\frac{0,533 \pm 0,032}{52,7 \pm 1,48}$	$\frac{0,205 \pm 0,009}{19,8 \pm 0,52}$	$\frac{0,274 \pm 0,016}{27,5 \pm 1,46}$	$\frac{0,271 \pm 0,015}{100}$	$\frac{0,152 \pm 0,011}{56,47 \pm 1,73}$	$\frac{0,052 \pm 0,005}{18,66 \pm 1,10}$	$\frac{0,067 \pm 0,005}{24,86 \pm 1,61}$
Низ	$\frac{1,000 \pm 0,054}{100}$	$\frac{0,535 \pm 0,041}{53,5 \pm 1,28}$	$\frac{0,170 \pm 0,011}{17,0 \pm 0,98}$	$\frac{0,295 \pm 0,022}{29,5 \pm 1,01}$	$\frac{0,261 \pm 0,034}{100}$	$\frac{0,150 \pm 0,016}{57,5 \pm 1,83}$	$\frac{0,043 \pm 0,007}{16,5 \pm 0,95}$	$\frac{0,068 \pm 0,009}{26,0 \pm 1,12}$
3.05.2021 г.								
Верх	$\frac{3,013 \pm 0,27}{100}$	$\frac{1,845 \pm 0,21}{61,3 \pm 3,71}$	$\frac{0,452 \pm 0,05}{15,1 \pm 1,29}$	$\frac{0,716 \pm 0,11}{23,5 \pm 2,67}$	$\frac{0,555 \pm 0,05}{100}$	$\frac{0,360 \pm 0,03}{65,6 \pm 1,99}$	$\frac{0,099 \pm 0,01}{17,4 \pm 0,97}$	$\frac{0,096 \pm 0,01}{17,0 \pm 1,41}$
Низ	$\frac{1,790 \pm 0,15}{100}$	$\frac{1,165 \pm 0,18}{65,1 \pm 2,15}$	$\frac{0,412 \pm 0,09}{23,1 \pm 1,11}$	$\frac{0,212 \pm 0,09}{11,8 \pm 0,52}$	$\frac{0,324 \pm 0,07}{100}$	$\frac{0,171 \pm 0,021}{52,8 \pm 1,09}$	$\frac{0,067 \pm 0,009}{20,7 \pm 0,79}$	$\frac{0,086 \pm 0,015}{26,5 \pm 0,69}$
3.06.2021 г.								
Верх	$\frac{5,793 \pm 0,81}{100}$	$\frac{3,601 \pm 0,46}{64,1 \pm 2,42}$	$\frac{1,129 \pm 0,21}{18,5 \pm 1,33}$	$\frac{1,063 \pm 0,17}{17,4 \pm 1,55}$	$\frac{1,471 \pm 0,22}{100}$	$\frac{0,843 \pm 0,12}{59,7 \pm 2,56}$	$\frac{0,297 \pm 0,06}{18,7 \pm 1,37}$	$\frac{0,330 \pm 0,06}{21,5 \pm 1,65}$

*Верх – верхний полив; Низ – нижний полив

Таблица 5.16. Средняя фитомасса сеянцев с ЗКС при верхнем и нижнем поливах в абсолютном сухом состоянии

Вид	Фитомасса, г/%			
	корни	стволик	хвоя	общая
При верхнем поливе				
Сосна обыкновенная	$0,100 \pm 0,009$ 24,5	$0,057 \pm 0,005$ 13,9	$0,252 \pm 0,011$ 61,6	$0,409 \pm 0,017$ 100
Ель сибирская	$0,054 \pm 0,003$ 22,6	$0,034 \pm 0,002$ 14,2	$0,151 \pm 0,007$ 63,2	$0,239 \pm 0,015$ 100
Лиственница Сукачева	$0,096 \pm 0,08$ 17,3	$0,099 \pm 0,009$ 17,8	$0,360 \pm 0,030$ 64,9	$0,555 \pm 0,050$ 100
При нижнем поливе				
Сосна обыкновенная	$0,068 \pm 0,003$ 26,6	$0,036 \pm 0,004$ 14,2	$0,051 \pm 0,012$ 59,2	$0,255 \pm 0,019$ 100
Ель сибирская	$0,039 \pm 0,002$ 23,6	$0,019 \pm 0,002$ 11,5	$0,107 \pm 0,009$ 64,8	$0,165 \pm 0,013$ 100
Лиственница Сукачева	$0,086 \pm 0,015$ 26,5	$0,067 \pm 0,009$ 20,7	$0,171 \pm 0,021$ 52,8	$0,324 \pm 0,065$ 100

Материалы таблицы 5.16 наглядно свидетельствуют об общих закономерностях влияния способа полива на фитомассу сеянцев выше указанных древесных видов.

Особо следует отметить, что сеянцы сосны обыкновенной и лиственницы Сукачева достигают стандартных значений по высоте и диаметру шейки корня, а сеянцы ели сибирской нуждаются в доращивании (табл. 5.17).

Таблица 5.17. Размеры сеянцев хвойных пород с ЗКС при разных способах полива

Вид	Верхний полив		Нижний полив	
	высота стволика, см	диаметр у шейки корня, мм	высота стволика, см	диаметр у шейки корня, мм
Сосна обыкновенная	$11,2 \pm 0,3$	$2,3 \pm 0,1$	$10,7 \pm 0,4$	$2,1 \pm 0,1$
Ель сибирская	$5,2 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,1$	$4,5 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,1$
Лиственница Сукачева	$13,7 \pm 0,6$	$2,5 \pm 0,2$	$12,8 \pm 0,5$	$2,3 \pm 0,2$

В соответствии с требованиями к посадочному материалу в Средне-Уральском таежном лесном районе (Об утверждении Правил ..., 2020) высота стволика у ели должна быть не менее 12 см, а диаметр у шейки корня 2,0 мм. У сосны обыкновенной указанные показатели должны быть не менее 10 см и 2,0 мм и у лиственницы Сукачева 12 см и 2,0 мм, соответственно.

Таким образом, сеянцы сосны и лиственницы достигают нормативных параметров как при верхнем, так и нижнем поливах. Однако, учитывая более экономный расход воды и экологичность нижнего полива, он рекомендуется при выращивании сеянцев с ЗКС в теплицах с регулируемым микроклиматом.

Выводы

1. Использование информационных технологий позволяет облегчить процесс определения геометрических размеров семян хвойных пород на участке переработки лесосеменного сырья при выращивании посадочного материала с ЗКС.

2. Определение размера семян с точностью до 0,1 мм позволяет настроить оборудование для сортировки с разделением на фракции, необходимые для посева в кассеты на автоматических линиях высева.

3. Семена крупной фракции характеризуются более высокой энергией прорастания (93,2%) и всхожестью (91,8%), по сравнению с несортированными семенами с показателями вышеуказанных величин 81,6 и 80,2%, соответственно.

4. Сократить срок прорастания семян можно, используя специально оборудованные камеры проращивания, где легче, чем в теплице обеспечить оптимальную для прорастания семян температуру и влажность.

5. Создание оптимальных условий микроклимата позволяет выращивать в теплицах сеянцы хвойных пород с ЗКС круглогодично.

6. Определяющими факторами при выращивании сеянцев с ЗКС, помимо температуры и влажности, являются уровень освещенности и продолжительность светового дня (продолжительность фотопериода).

7. Сеянцы лиственницы Сукачева и сосны обыкновенной способны за один вегетационный сезон достигнуть и даже превысить стандартные размеры.

8. Сеянцы ели с ЗКС при выращивании в зимний период не способны достигнуть стандартных размеров, поэтому перед реализацией необходимо доращивание их на открытых площадках.

9. При выращивании сеянцев с ЗКС в условиях подзоны южной тайги Урала необходимо использовать увеличенный размер контейнеров, что предотвратит перегрев субстрата в период экспериментально высоких температур в теплице.

10. Холодный климат подзон северной и средней тайги исключает риск перегрева субстрата в теплицах, поэтому при выращивании сеянцев хвойных пород с ЗКС в этих подзонах допускается использование ячеек, формирующих мелкий и средний ком (Plantek AirBlok 100, Plantek 81F, Plantek 64F).

11. В условиях оптимальных температур воздуха в теплице ($+25^{\circ}\text{C}$) температурный режим субстрата в кассетах различной конструкции находится в оптимальных пределах, а его колебания не превышают 1°C . При высоких температурах воздуха за счет испарения влаги из торфа происходит процесс адиабатного охлаждения субстрата, и его температура варьируется от 22 до 33°C даже при температуре воздуха $+40^{\circ}\text{C}$.

12. Расход воды для полива сеянцев в теплице зависит от размера и конструкции контейнера. Потребность в воде для выращивания 1 сеянца с ЗКС при использовании кассет с крупным комом в 2,5 раза ниже, чем с мелким комом.

13. При выращивании сеянцев лиственницы Сукачева с ЗКС лучшими являются кассеты типа Plantek 64F и Plantek 64FD, обеспечивающие минимальный расход воды для полива.

14. Перспективным направлением является применение нижнего полива, обеспечивающего замкнутость цикла использования воды и питательных растворов.

6. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

6.1. Описание проекта

Технология лесовосстановления с использованием семян с закрытой корневой системой позволяет повысить эффективность работ и оптимизировать затраты на воспроизводство лесов (Иващенко и др., 2005; Котлячков и др., 2016; Орлов, 2018). Выращивание семян с ЗКС представляет собой высокотехнологичный процесс по выращиванию посадочного материала для лесовосстановления, лесной компенсации и рекультивации по интенсивной технологии.

Состав производства:

1. Участок переработки лесосеменного сырья

- 1.1. Полный цикл переработки шишек и селекционный отбор семян;
- 1.2. Использование районированных семян и семян с улучшенными наследственными свойствами, полученных на объектах единого генетико-селекционного комплекса.
- 1.3. Разделение семян на фракции, сортировка по группам исходя из физического размера и массы;
- 1.4. Создание резервного семенного фонда до 2 тонн;

2. Участок высева семян

- 2.1. Посев семян в кассеты на автоматической линии точного высева;
- 2.2. Применение кассет с воздушной подрезкой корней и формирование оптимального размера корневой системы для конкретных лесорастительных условий;

3. Теплица

- 3.1. Тепличный комплекс площадью 2,0 га, оснащенный системами отопления, вентиляции, полива и освещения (конструкция теплиц типа VENLO).
- 3.2. Многоротационная схема выращивания позволяет получить 2, 3 и 4 ротации за один год.

4. Участок доращивания и закаливания

4.1. Доращивание сеянцев до стандартных размеров на открытых полигонах общей площадью 11 га, оснащенных системами полива, затенения.

4.2. Закаливание и зимнее хранение сеянцев под открытым небом для адаптации к естественным условиям перед посадкой.

4.3. Доращивание сеянцев до стандартных размеров на конвейере искусственного создания специальных условий.

5. Участок упаковки и летнего хранения

5.1. Извлечение сеянцев из кассет и упаковка на полуавтоматической линии.

5.2. Хранение сеянцев в искусственном хранилище (холодильнике) при отрицательных температурах.

5.3. Отгрузка сеянцев потребителям.

Рассчитывается проектная производительность лесосеменного селекционного центра на территории Свердловской области по посадочному материалу - 20 млн. сеянцев с ЗКС в год. Планируется выращивание районированных однолетних сеянцев с ЗКС сосны обыкновенной, ели сибирской, лиственницы Сукачева и сибирской.

Выпускаемой продукцией является районированный посадочный материал с ЗКС для всех лесорастительных условий УрФО. Высокое качество сеянцев достигается за счет селекционного отбора семян и современных технологий выращивания.

Применение сеянцев с ЗКС:

- Лесовосстановление на вырубках и гарях;
- Рекультивация нарушенных земель лесного фонда;
- Компенсационное лесовосстановление и лесоразведение.

Преимущества сеянцев ЗКС:

- Сокращение сроков выращивания с 2-3 лет до 1 года;
- Высокая приживаемость за счет отсутствия повреждений корневой системы;
- Возможность посадки в течение всего вегетационного периода;

- Допускается снижение густоты посадки в 1.5-2 раза;
- Высокая производительность посадки за счет снижения густоты;
- Снижение затрат на уход в 2 раза за счет интенсивного роста лесных культур.

6.2. Инновационная составляющая

Классическая технология выращивания сеянцев ЗКС была разработана в Скандинавских странах и успешно применяется на протяжении 40 лет. Выращивание сеянцев осуществляется в сезонных пленочных теплицах ангарного типа в одну ротацию. При наличии воздушных обогревателей возможно получить две и три ротации за один сезон.

При проектировании лесосеменного селекционно-семеноводческого центра «ЛесхозИнвест» был проанализирован опыт существующих тепличных комплексов и выявлены основные недостатки, которые были учтены. Внедрение инновационных решений позволяют увеличить выпуск готовой продукции и задействовать теплицу максимальное количество дней в году.

Инновационные решения:

1. Независимость от погодных условий при выращивании в закрытом грунте (искусственное освещение и регулируемый микроклимат в круглогодичном режиме);
2. Энергоэффективная однообъемная стеклянная теплица блочного типа с производительностью одной ротации 7 млн. шт.;
3. Внедрение четвертой ротации в течение года;
4. Выращивание с применением искусственной досветки растений;
5. Собственная технология предпосевной обработки семян и оптимальные режимы выращивания.

6.3. Цели и задачи проекта

Стратегические цели:

1. Обеспечить потребности лесопользователей Уральского Федерального округа в посадочном материале с ЗКС для лесовосстановления, лесной компенсации и рекультивации;
2. Обеспечить потребности группы компаний «Синергия» в посадочном материале с ЗКС для лесовосстановления на арендованных лесных участках в Свердловской области;
3. Оказание услуг по лесовосстановлению;
4. Выполнение полного цикла лесохозяйственных работ;
5. Выполнение научно-исследовательских работ по совершенствованию технологии выращивания сеянцев с ЗКС и разработка региональных нормативов лесовосстановления на основе лесорастительного районирования.

При проектировании лесосеменного селекционного центра на территории Свердловской области выделены и определены основные экономические цели и показатели (табл. 6.1).

Таблица 6.1. Основные экономические цели и показатели проекта

№ п/п	Технико-экономические показатели	Ед. изм.	Значение показателя
1	Годовой объём реализации продукции в стоимостном выражении	тыс. руб.	400 000,00
2	Себестоимость единицы продукции с учетом амортизации за 10 лет	тыс. руб.	91 200,00
3	Чистая прибыль	тыс. руб.	308 800,00
4	Рентабельность продаж	%	130
5	Численность постоянного персонала	чел.	19
6	Численность временного персонала	чел.	58
7	Фонд заработной платы постоянного персонала	тыс. руб.	15 000,00
8	Фонд заработной платы временного персонала	тыс. руб.	4 800,00

6.4. Анализ рынка

Прогнозная потребность в посадочном материале с ЗКС (табл. 4.2) имеет тенденцию к увеличению до 2030 г. По данным Рослесхоза на территории УрФО к 2024 г. потребность в сеянцах ЗКС составит 55,9 млн. шт. в год. На данный момент посадочный материал с ЗКС для лесовосстановления на территории УрФО не производится. Потребность Свердловской области в посадочном материале для лесовосстановления составляет 15 млн. сеянцев в год и после 2021 года увеличится. Общий объем рынка посадочного материала на территории УрФО за 10-летний период оценивается на уровне в 7,5 млрд. рублей.

Риски, связанные с поставкой аналогичной продукции из-за рубежа или других регионов, практически отсутствуют, поскольку в лесном хозяйстве существуют нормативы лесосеменного районирования. Переброска семян и сеянцев допускается только в пределах одного лесосеменного района и контролируется специализированным подразделением Рослесхоза (Рослесозащита).

Указанные данные свидетельствуют, что объем рынка посадочного материала с ЗКС в УрФО составит 21% к 2021 году и 30% в 2024 году от общероссийского.

В настоящее время доля лесных культур, создаваемых с использованием посадочного материала с ЗКС на территории России составляет менее 7%. Все существующие технологические комплексы имеют производительность от 1 до 12 млн. сеянцев в год (в среднем 7-8 млн.).

Основные производители сеянцев с ЗКС на территории России:

Тепличные комплексы лесопромышленных предприятий:

- Архангельская область;
- Иркутская область;
- Республика Коми;
- Псковская область;

Лесосеменные селекционные центры:

- Алтайский край;

- Архангельская область;
- Воронежская область;
- Ленинградская область;
- Республика Татарстан;

Тепличные комплексы субъектов Российской Федерации:

- Вологодская область;
- Иркутская область;
- Нижегородская область;
- Республика Карелия;
- Хабаровский край;

В таблице 6.2 приведены данные о существующем дефиците в посадочном материале с ЗКС в регионах России.

Таблица 6.2. Дефицит посадочного материала с ЗКС по регионам России

Регион	Дефицит сеянцев с ЗКС, млн. шт
Забайкальский край	5
Костромская область	6
Красноярский край	10
Московская область	9
Республика Бурятия	3
Республика Саха (Якутия)	5
Свердловская область	20
Томская обл.	4
Ханты-Мансийский АО-Югра	25

6.5. SWOT- анализ проекта

Оценка перспективности проекта Лесосеменного селекционного центра «ЛесхозИнвест» в пос. Садовый, г. Екатеринбург осуществляется методом SWOT-анализа.

Strengths - сильные стороны проекта

- 1) Единственный тепличный комплекс по выращиванию сеянцев ЗКС на территории УРФО;
- 2) Наличие земельных участков, подходящих для строительства технологического комплекса в пос. Садовый, г. Екатеринбург;
- 3) Наличие инфраструктуры и энергоресурсов;

- 4) Большой объем рынка в Свердловской области и соседних регионах;
- 5) Наличие опыта строительства и эксплуатации сельскохозяйственных тепличных комплексов;
- 6) Наличие объектов постоянной лесосеменной базы единого генетико-селекционного комплекса на территории области;
- 7) Наличие арендованных лесных участков, на которых можно заготовить районированные семена в процессе рубок насаждений;
- 8) Высокое качество и гарантированная приживаемость посадочного материала;
- 9) Использование современных технологий выращивания посадочного материала;
- 10) Высокая интенсивность выращивания;
- 11) Возможность использования тепличного комплекса в течение всего года;
- 12) Большой объем выпускаемой продукции;
- 13) Возможность долгосрочного планирования производства продукции;
- 14) Удобная логистика и расположение лесосеменного селекционного центра;
- 15) Собственные инновационные технологии и научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

4.2. Weaknesses - слабые стороны проекта

- 1) Отсутствие в РФ подобного опыта по выращиванию сеянцев с ЗКС в объеме производства 20 млн. шт. в год;
- 2) Высокая стоимость капитальных вложений и инвестиций.
- 3) Недостаток квалифицированного персонала с подобным опытом работы;
- 4) Стоимость сеянца с ЗКС выше, чем сеянца с ОКС в 3-5 раз.
- 5) Лесосеменное районирование, ограничивающее географию продаж.

4.3. Opportunities - объективные рыночные возможности

- 1) Отсутствие производителей сеянцев с ЗКС на территории УрФО;

2) Ожидаемое увеличение потребности в посадочном материале с ЗКС на территории УрФО в объеме от 5,2 млн. шт. в 2020 г. до 55,9 млн. шт. в 2024 г.;

3) Высокий ценовой порог инвестиций для входа конкурентов на рынок;

4) Усиление контроля со стороны государства за выполнением лесовосстановительных работ;

5) Значительное увеличение площадей за счет законодательного требования проведения биологической рекультивации нарушенных земель лесного фонда с использованием семян ЗКС;

6) Расширение перечня лиц, обязанных производить работы по лесовосстановлению при лесопользовании (закон о лесной компенсации);

7) Возможность проведения посадки семян ЗКС в течение всего безморозного периода;

4.4. Threats - рыночные риски и угрозы

1) Вариативность нормативно-правовой базы в лесном хозяйстве;

2) Ограниченность рынка и риски, связанные с доставкой семян ЗКС в отдаленные регионы;

3) Ограниченность транспортно-доступных участков для лесовосстановления;

4) Неблагоприятные природно-климатические условия, негативно влияющие на рост и сохранность семян.

5) Отсутствие районированных семян в неурожайные годы.

6) Невозможность длительного хранения готовой продукции.

7) Поставка нерайонированного посадочного материала из других регионов России при отсутствии должного лесосеменного контроля.

6.6. Инвестиции в объекты капитального строительства ЛССЦ

Реализация проекта создания лесного селекционно-семеноводческого центра (ЛССЦ) невозможна без наличия средств на проектно-изыскательские

работы, выполнение общих работ, а также строительство новых или реконструкцию имеющихся зданий и сооружений. В таблице 6.3 приведены данные о необходимых инвестициях в объекты капитального строительства.

Таблица 6.3. Инвестиции в объекты капитального строительства

№ п/п	Наименование работ	Объем работ	Ед. изм.	Стоимость, руб.
1	2	3	4	5
1. Проектно-изыскательные работы				
1.1	Проектные работы	-	-	19 500 000,00
1.2.	Научно-исследовательская работа	-	-	2 250 000,00
ИТОГО ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ:				21 750 000,00
2. Общие работы				
2.1	Снятие поверхностного слоя (ПРС) (20 см)	150000	кв. м.	15 000 000,00
2.2	Вывоз ПРС	30000	куб. м.	9 000 000,00
2.3	Выемка грунта под поля закаливания (5 см)	3544,32	куб. м.	1 594 944,00
2.4	Выемка грунта дороги, проезды, площадки (40 см)	16800	куб. м.	7 560 000,00
2.5	Вертикальная планировка	240000	куб. м.	28 800 000,00
2.6	Укладка щебня под дороги (30 см фракция 40-70мм)	42000	кв. м.	35 280 000,00
2.7	Укладка щебня под дороги и поля закаливания (20 см фракция 20-40мм)	112886,4	кв. м.	63 216 384,00
2.8	Укладка асфальта (5 см мелкозернистый + 6 см крупнозернистый)	42000	кв. м.	15 960 000,00
2.9	Озеленение	70000	кв. м.	15 681 800
2.10	Прочее (ограждение, КПП и т.д.)	-	-	20 000 000,00
2.11	Вынос существующих сетей	-	-	20 000 000,00
ИТОГО ОБЩИЕ РАСХОДЫ:				232 093 128,00 Р
3. Строительство и реконструкция зданий				
3.1	Реконструкция здания теплого склада	-	-	15 000 000,00
3.2	Реконструкция здания холодного склада	-	-	15 000 000,00

1	2	3	4	5
3.3	Реконструкция здания котельной	-	-	10 000 000,00
3.4	Теплотрасса	-	-	20 000 000,00
3.5	Фундамент теплицы	2,3166	га	15 000 000,00
3.6	Здание теплицы (с остеклением)	2,3166	га	44 000 000,00
3.7	Устройство полов в теплице (15 см ж/б по уплотненному грунту)	23166	кв. м.	52 123 500,00
3.8	Устройство прудов (СМР+материалы)	-	-	10 000 000,00
ИТОГО СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ:				181 123 500,00

Материалы таблица 6.3 наглядно свидетельствуют, что общие затраты на инвестиции в объекты капитального строительства и реконструкцию: 434 966 628 руб., в том числе расходы на проектирование и НИОКР 21 750 000 руб.

6.7. Инвестиции в технологическое оборудование

Помимо инвестиций в объекты капитального строительства при создании ЛССЦ необходимы средства на технологическое оборудование. Учитывая сложность проектируемого технологического процесса перечень указанного оборудования довольно обширен, а общая сумма инвестиций на его приобретение, включая непредвиденные расходы, составляет более 571,6 млн рублей (табл. 6.4).

Таблица 6.4. Инвестиции в технологическое оборудование

№ п.п.	Наименование работ	Объем работ	Ед. изм.	Стоимость, руб.
1	2	3	4	5
1. Технологическое оборудование				
1.1	Поливочные ramпы	26	шт.	18 895 500,00
1.2	Поливочные ramпы	39	шт.	44 723 250,00
1.3	Линия заполнения кассет субстратом и высева семян в кассеты	1	шт.	13 990 000,00

1	2	3	4	5
1.4	Оборудование по сушке шишек, выделению семян	1	линия	5 000 000,00
1.5	Мойка кассет, дезинфекция, водочистка	1	линия	6 300 000,00
1.6	Холодильник для семян (на 2 тонны семян)	1	шт.	500 000,00
1.7	Оборудование управления микроклиматом	1	комплект	20 000 000,00
1.8	Оборудование подготовки воды (фильтры, емкости, смесительные узлы, трубы разводки и дренажа и т.д.)	1	комплект	30 000 000,00
1.9	Электрооборудование+освещение	1	комплект	1 000 000,00
1.10	Система труб отопления в теплице	1	комплект	10 000 000,00
1.10	Малогобаритный трактор (доставка кассет)	5	шт.	10 500 000,00
1.11	Прицеп к тракторам	12	шт.	1 020 000,00
1.12	Стеллаж в прицеп (4 яруса)	12	шт.	180 000,00
1.13	Линия упаковки стационарная	3	шт.	12 681 000,00
1.14	Кассета 64 ячейки	310000	шт.	75 950 000,00
1.15	Кассета 100 ячеек	310000	шт.	75 950 000,00
1.16	Поддоны в теплицы (S=17472 кв.м.)	454,62	тонн	31 823 500,80
1.17	Поддоны для полей доращивания (S=52416 кв.м.)	1363,86	тонн	95 470 502,40
1.18	Монтаж оборудования	-	-	27 938 375,32
ИТОГО ОБОРУДОВАНИЕ:				481 922 128,52
2	Непредвиденные расходы (10%)	-	-	89 695 695,65
ВСЕГО ЗАТРАТ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ:				571 617824,17

6.8. Риски при реализации проекта

Возможные риски можно разделить на 4 группы:

Производственные риски

- Большое количество единиц оборудования зарубежного производства (зависимость от импортных комплектующих и курса валют);
- Повреждение или гибель посадочного материала в результате заражения патогенами или вследствие неблагоприятных погодных условий;
- Повреждение сеянцев с ЗКС при транспортировке;

Финансовые риски

- Отсутствие оборотных средств;

- Дебиторская или кредиторская задолженность;
- Высокие темпы инфляции и рост стоимости сырья, комплектующих и энергоресурсов;

Коммерческие риски

- Снижение объемов продаж и невозможность хранить продукцию долгое время;
- Перебои с транспортировкой и доставкой семян до потребителей;
- Непланный рост издержек обращения и внереализационных убытков за счет начисленных штрафов, пени, других неустоек, пошлин и отчислений;

Страховые риски

- Риск наступления страховых случаев, которые нельзя спрогнозировать, но можно измерить денежный эквивалент (пожар, наводнение и др.).

6.9. Маркетинговый план

Целевая аудитория

Целевой аудиторией являются предприятия лесного хозяйства, арендаторы лесного фонда и иные лица, осуществляющие лесопользование и выполняющие обязательные мероприятия по лесовосстановлению.

Ценовая политика

На сегодняшний день на территории УрФО отсутствуют производители посадочного материала с ЗКС, поэтому рыночная цена формируется из себестоимости и торговой наценки с учетом анализа цены, которую готов заплатить потенциальный потребитель.

Перед определением стоимости продукции, был проведен мониторинг цен среди производителей посадочного материала с ЗКС в других регионах. На сегодняшний день стоимость 1 семени с ЗКС варьируется от 6 до 15 руб. за 1 шт.

В 2024 году потребность в сеянцах с ЗКС резко увеличится в силу требований лесного законодательства, поэтому прогнозируется увеличение стоимости продукции из-за дефицита на рынке. В технико-экономических расчетах принимается стоимость 1 сеянца в 2024 году на уровне 20 рублей за 1 шт.

Для постоянных партнеров будут предусмотрены специальные предложения, а при долгосрочном планировании выращивания партий сеянцев определенных лесосеменных районов необходимо предусмотреть систему оптовых цен.

Инструменты продвижения

Основным каналом сбыта продукции являются прямые продажи конечным потребителям, поэтому главным инструментом продвижения являются коммерческие предложения потенциальным клиентам напрямую.

Часть посадочного материала с ЗКС будет реализовываться подрядным организациям, осуществляющим услуги по проведению лесовосстановительных работ.

Кроме того, сеянцы с ЗКС можно будет заказать в сети интернет, а в качестве дополнительных инструментов продвижения будут использоваться контекстная реклама, отраслевые выставки и демонстрационные показы.

План продаж

Поскольку предлагаемый нами посадочный материал является новым, рынок его сбыта только начинает формироваться, достаточно сложно точно оценить объемы его продаж на ближайшие десятилетия. Размер потенциальных продаж рассчитывается на основании производственной мощности тепличного комплекса (табл. 6.5).

Таблица 6.5. План продаж посадочного материала и выручка от его реализации

Показатели, ед. изм.	Периоды (по годам)										Всего
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Объем продаж, млн. шт.	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	200
Цена за ед., руб.	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Выручка от продаж, млн. руб.	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	4000

6.10. Финансовый план

В таблице 6.6 приведены основные технико-экономические показатели проекта.

Таблица 6.6. Основные экономические цели и показатели проекта

№ п/п	Технико-экономические показатели	Ед. изм.	Значение показателя
1	Объем инвестиций в производственную инфраструктуру	руб.	1 100 000 000
2	Объем производства	шт./год	28 000 000
3	Общий объем производственных затрат	руб./год	43 000 000
4	Численность постоянного персонала	чел.	19
5	Численность временного персонала	чел.	58
6	Фонд заработной платы постоянного персонала	руб./год	15 000 000
7	Фонд заработной платы временного персонала	руб./год	4 800 000
8	Цена реализации единицы продукции	руб.	8,5
9	Годовой объем реализации продукции в стоимостном выражении	руб.	238 000 000
10	Себестоимость единицы продукции с учетом амортизации за 10 лет	руб.	5,9
11	Период окупаемости проекта	год	6,5

Технология лесовосстановления с использованием семян с закрытой корневой системой позволяет в разы повысить эффективность работ и оптимизировать затраты на воспроизводство лесов.

Выращивание сеянцев с ЗКС по многоротационной схеме представляет собой высокотехнологичный процесс выращивания посадочного материала для лесовосстановления, лесной компенсации и рекультивации по интенсивной технологии в промышленных масштабах.

Заключение

Интенсификация лесокультурного производства и требования нормативных документов по компенсационному лесовосстановлению и лесоразведению требуют увеличения доли используемых при создании лесных культур сеянцев с ЗКС. Однако до настоящего времени в Уральском Федеральном округе отсутствуют лесные селекционно-семеноводческие центры по выращиванию посадочного материала с ЗКС. Указанное обстоятельство обусловило необходимость создания подобного центра в пос. Садовый Свердловской области в 14 км на северо-восток от г. Екатеринбурга.

Исследования проводились на базе теплиц четвертого поколения типа VENLO в период с 2019 по 2021 гг.

Район исследований характеризуется расположением в пограничной зоне между умеренно-континентальным и континентальным климатом. Увлажнение можно охарактеризовать как умеренно избыточное, но в отдельные годы может наблюдаться недостаток влаги в летний период.

Фонд лесовосстановления в Свердловской области составляет 204072 га и представлен вырубками – 77,0, гарями – 16,2, пустырями и прогалинами – 5,2 и погибшими насаждениями 1,6%. Основным способом лесовосстановления является содействие естественному лесовозобновлению, на которое приходится 54,9% площади фонда лесовосстановления. На искусственный и комбинированный способы приходится лишь 2,9 и 0,3% фонда лесовосстановления, соответственно.

На территории Свердловской области имеется 23 лесных питомника площадью 354,8 га и 13 каркасов сезонных пленочных теплиц площадью 1,3 га. Однако используется по назначению лишь 117 га площади лесных питомников и 0,19 га теплиц. При вовлечении всей площади лесных питомников и теплиц возможно ежегодно выращивать 130,1 млн шт. сеянцев с ОКС и 5,87 млн шт. с ЗКС в закрытом грунте, что сохранит дефицит сеянцев с ЗКС.

В области имеются 10 категорий объектов единого генетико-селекционного комплекса. Однако большинство из них нуждается в межевании границ,

постановке на кадастровый учет и проведении на научной основе лесоводственных мероприятий, включая омоложение древостоев.

Выращивание сеянцев хвойных пород с ЗКС в теплицах четвертого поколения типа «VENLO» отличается от такового в теплицах с пленочным покрытием, поскольку позволяет создать микроклимат, обеспечивающий их выращивание в течение круглого года.

Семена крупных фракций характеризуются более высокой энергией прорастания (93,2%) и всхожестью (91,8%), по сравнению с несортированными семенами, где вышеуказанные показатели составляют 81,6 и 80,2%, соответственно. Для разделения семян на фракции предложен метод, основанный на современных информационных технологиях. Определение размеров семян производится с точностью до 0,1 мм при помощи ГИС MapInfo, что обеспечивает разделение на фракции с учетом требований автоматических линий высева.

Ускорить всхожесть семян основных хвойных пород можно поместив кассеты после посева в камеры проращивания с температурой воздуха +22°C и влажностью 85–90% на 5 суток.

Определяющими факторами при выращивании сеянцев с ЗКС, помимо температуры и влажности воздуха и субстрата, являются уровень освещенности и продолжительность фотопериода (светового дня). При выращивании сеянцев интенсивность освещения лиственницы Сукачева и сосны обыкновенной должна составлять 200, а ели сибирской 150 мкмоль м⁻²с⁻¹. Критическая продолжительность фотопериода при выращивании сеянцев в осенне-зимний период 12–13 ч. При оптимизации указанных показателей сеянцы лиственницы Сукачева и сосны обыкновенной даже в зимний период способны достигнуть стандартных размеров. При этом сеянцы ели с ЗКС требуют доращивания на открытых площадках.

При выращивании посадочного материала с ЗКС в условиях подзон северной и средней тайги оптимальными являются кассеты с мелким и средним комом (Plantek AirBloK 100, Plantek 81F, Plantek 64F), а в подзоне южной тайги

с увеличенным размером ячеек (кома) - (Plantek 35F, Plantek 64 FD). Подбор кассе обеспечивает оптимальные значения температурного режима субстрата даже при высокой температуре воздуха в теплице.

По мере увеличения размера ячеек расход воды на выращивание 1 сеянца с ЗКС уменьшается в 2,5 раза. Минимальный расход воды при выращивании сеянцев лиственницы Сукачева обеспечивается использованием кассет типа Plantek 64F и Plantek 64FD.

Перспективным направлением является применение нижнего полива (подтопление), обеспечивающее замкнутость цикла использования воды и питательных растворов. Последнее не только позволяет экономить воду, но и исключает необходимость ее сброса в дренаж.

В целях реализации рекомендаций по выращиванию посадочного материала основных хвойных древесных пород с ЗКС был разработан проект создания ЛССЦ «Лесхозинвест». Данный ЛССЦ позволяет выращивать ежегодно до 20 млн шт. сеянцев в 3–4 ротации при планируемой стоимости одного сеянца 20,0 руб. с НДС.

Создание ЛССЦ «ЛесхозИнвест» обеспечит дисконтированный индекс доходности 1,13, срок окупаемости – 3,6 лет, внутреннюю норму доходности – 22%.

Предложения производству

При выращивании семян суммарная дневная освещенность лиственницы Сукачева и сосны обыкновенной должна составлять 200, а ели сибирской 100–200 мкмоль м⁻²с⁻¹. Критическая длина дня при выращивании семян в осенне-зимний период 12–13 ч.

Для разделения семян на фракции возможно определять геометрические параметры семян отдельных партий с точностью до 0,1 мм при помощи ГИС MapInfo, что обеспечивает разделение на фракции с учетом требований автоматических линий высева вакуумного типа. Данная операция позволяет отобрать семена с более высокой энергией прорастания (93,2%) и всхожестью (91,8%), по сравнению с несортированными семенами, где вышеуказанные показатели составляют 81,6 и 80,2%, соответственно.

Ускорить прорастание семян и появление всходов основных хвойных пород можно поместив кассеты после посева в камеры проращивания с температурой воздуха +22⁰С и влажностью 85–90% на 5 суток. Этот прием позволяет ускорить появление всходов и сократить общий период тепличного выращивания на 7-10 дней для каждой ротации.

При выращивании посадочного материала с ЗКС в условиях Среднего Урала необходимы контейнеры с увеличенным размером ячеек (кома) - (Plantek 35F и Plantek 64 FD). Подбор кассет обеспечивает оптимальные значения температурного режима субстрата даже при достижении экстремально высоких температур воздуха в теплице.

По мере увеличения размера ячеек частота полива и расход воды на выращивание 1 семянца с ЗКС снижается, а разница может достигать 2,5 раз. Минимальный расход воды в условиях Среднего Урала обеспечивается использованием кассет типа Plantek 64F и Plantek 64FD.

Перспективным направлением является применение нижнего полива (подтопление), обеспечивающее замкнутость цикла использования воды и питательных растворов в тепличном комплексе. Последнее не только позволяет экономить воду, но и исключает необходимость ее сброса в дренаж. Нижний

полив сокращает периодичность полива с 3 до 4 дней и снижает расход воды и питательных растворов на 25 % без ущерба для растений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Абдуллин Р.К. Картографирование изменений климата на территории Урала / Р.К. Абдуллин // Национальная картографическая конференция. Сборник тезисов Всероссийской научной конференции - 2018. С. 11-12.

Агроклиматические ресурсы Свердловской области. - Свердловск: Свердл. гидромет. обсерв., 1978. Ленинград: Гидрометеиздат, 1978. - 158 с.

Ананьев, Е.М. Использование посадочного материала с закрытой корневой системой в степной зоне / Е.М. Ананьев, Б.О. Азбаев, Ж.О. Суюндинов, А.Н. Рахимжанов, М.Р. Ражанов // Актуальные проблемы лесного комплекса. Сб. науч. трудов. Вып. 46. – Брянск, БГИТУ, 2016. С. 60-63.

Ананьев, Е.М. Опыт выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой в Алтайском крае / Е.М. Ананьев, С.В. Залесов, Н.А. Луганский, Д.А. Шубин, А.Е. Осипенко // Аграрный вестник Урала. 2017. № 8 (162). С. 4-9.

Ананьев, Е.М. Приживаемость сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) с закрытой корневой системой в ленточных борах Алтайского края / Е.М. Ананьев, Д.А. Шубин, А.Е. Осипенко, Н.А. Луганский, О.В. Толкач // Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы устойчивого развития лесного комплекса», посвященная 70-летию высшего лесного образования в Казахстане. Алматы, 2018. С. 56-60.

Ананьев, Е.М. Причины низкой приживаемости лесных культур, созданных сеянцами с закрытой корневой системой / Е.М. Ананьев // Актуальные проблемы лесного комплекса. Сб. науч. трудов. Вып. 49. - Брянск: БГИТУ. 2017. С. 58-62.

Бабич Н.А. Вариативность массовых характеристик семян *Pinus sylvestris* в таежной зоне / Н.А. Бабич, А.А. Дрочкова, А.М. Комарова, О.П. Лебедева, М.М. Андропова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2019. № 2 (368). С. 141-147.

Багаев, Е.С. Внедрение инновационных технологий в воспроизводство лесов Костромской области / Е.С. Багаев // Проблемы воспроизводства лесов

Европейской тайги: материалы Всероссийской научно-практической конференции. - Кострома: Изд-во Костром.гос.ун-та. - 2012. - С. 4-19.

Багаев, С.С. Исследование влияния биологически активных веществ на сеянцы ели европейской / С.С. Багаев, С.А. Калашникова // Проблемы воспроизводства лесов Европейской тайги: материалы Всероссийской научно-практической конференции. — Кострома : Изд-во Костром.гос.технол.ун-та, 2012. - С. 19-23.

Бараховский, И.А. Развитие однолетних сеянцев некоторых хвойных пород интродуцентов в контейнерах различного объема / И.А. Бараховский, М.Е. Горбоченко // Технология создания и экологические аспекты выращивания высокопродуктивных лесных культур. СПб: ЛенНИИЛХ, 1992. С. 42-47.

Бартенев, И.М. Выбор вида деформации и типа деформатора обработки сухих твердых почв / И.М. Бартенев // Лесотехнический журнал. 2018. Т. 8. № 3 (31). С. 162-170.

Барченков, А.П. Изменчивость семян сибирских видов лиственницы / А.П. Барченков, Л.И. Милютин, А.П. Исаев // Лесоведение – 2007. №2. – С. 65-69.

Белостоцкая, С.Х. Фотопериодическая реакция у однолетних сеянцев сосны и ели в разных условиях выращивания / С.Х. Белостоцкая, И.В. Заика // Лесоведение. 1985. № 2. С. 53-61

Бессчетнов, В.П. Морфометрические параметры сеянцев сосны с открытой и закрытой корневой системой / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова, Л.И. Клишина, О.Ю. Храмова, Т.Н. Быченкова, З.В. Горелова, А.А. Соколова, Е.Ж. Кентбаев, Б.А. Кентбаева, М.В. Шабалина // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, 2014. Т. 4. С. 52-67.

Бессчетнова, Н.Н. Многомерная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по выходу семян из шишек / Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов, С.А. Денисов, В.Л. Черных // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2014. № 2 (22). С. 21-35.

Бирцева, А.А. Качество семян с закрытой корневой системой в зависимости от размеров контейнеров / А.А. Бирцева, И.М. Извекова // Создание высокопродуктивных лесных культур. Сб. науч. тр.: Л., ЛенНИИЛХ, 1988. С. 26–30.

Бобушкина, С.В. Интенсивность роста и развитие семян с закрытой корневой системой при разных режимах выращивания для лесовосстановления в Архангельской области: Автореф. дис. ... кандид. сельскохозяйственных наук / Сев. (Арктический) федер. ун-т. Архангельск, 2014. 24 с.

Бобушкина, С.В. Опыт выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой в Архангельской области. / С.В. Бобушкина, Б.А. Мочалов, Л.В. Шапошникова // Леса и лесное хозяйство в современных условиях: материалы Всерос. конф. с междунар. участием. – Хабаровск: Изд-во ФГУ «ДальНИИЛХ», 2011. С. 81-83.

Бобушкина, С.В. Технологические приемы повышения выхода посадочного материала с закрытой корневой системой на Европейском севере / С.В. Бобушкина, Б.А. Мочалов // Развитие Северо-Арктического региона: проблемы и решения. материалы международной конференции. Архангельск, 2014. С. 17-21.

Богданов, Б.П. Опыт создания лесных культур посадочным материалом с необнаженной корневой системой / Б.П. Богданов, Е.Л. Маслаков, В.В. Турчин // Лесное хозяйство. 1974. № 12. С. 34-36.

Бондаренко, А.С. Комплексная оценка генотипов ели европейской для создания лесосеменных плантаций повышенной генетической ценности / А.С. Бондаренко, А.В. Жигунов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 1 (29). С. 20-29.

Бондаренко, А.С. Статистическая обработка материалов лесоводственных исследований: учеб. пособие / А.С. Бондаренко, А.В. Жигунов. – СПб: Изд-во Политех. ун-та, 2016. 125 с.

Бронштейн, П.М. Выход стандартных контейнеризированных семян сосны и ели в Ленинградском селекционно-семеноводческом центре / П.М. Бронштейн // Леса России: политика, промышленность, наука, образование. Материалы международной научно-технической конференции. Том 1 / Под. ред. В.М. Гедьо. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – С. 35-38.

Будыко, М. И. Климат и жизнь. / М.И. Будыко. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 472 с.

Бурцев, Д.С. Развитие исследований в области совершенствования технологии выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой в Санкт-Петербургском научно-исследовательском институте лесного хозяйства / Д.С. Бурцев // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. - СПб. 2014. № 2. С. 27-31.

Буш, М.К. Производство и применение лесопосадочного материала «Брика». / М.К. Буш // Наука производству. – Каунас. 1974. Вып. 2. С. 24-25.

Ваганов, Е. А. Дендроклиматические и дендрэкологические исследования в Северной Евразии / Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов // Лесоведение, 2005, № 4.С. 18-27.

Васильев, И.А. Инновационные подходы при проектировании лесных селекционно-семеноводческих центров. Проблемы и решения / И.А. Васильев // Проблемы воспроизводства лесов в РФ. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2015. С. 34-35.

Васильев, О.И. Технологические и экономические аспекты производства посадочного материала с закрытой корневой системой / О.И. Васильев // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2018. № 2. С. 53–63.

Воробьева, М.В. Использование сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour.) в озеленении г. Екатеринбурга / М.В. Воробьева, Е.В. Жигулин, С.В. Залесов, М.В. Коростелева // Международный научно-исследовательский журнал, 2021. № 7 (109). Ч. 1. С. 132-136.

Гаврилова, О.И. Формирование искусственных сосновых древостоев в условиях карельской таежной зоны / О.И. Гаврилова, К.А. Пак, И.В. Морозова, А.Л. Юрьева // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2017. № 4 (358). С. 23-33.

Гафуров, Ф.Г. Почвы Свердловской области / Ф.Г. Гафуров // Екатеринбург: изд. Урал. гос. ун-та, 2008. — 396 с.

Геронина, Е.А. Перспективы использования искусственной микоризации при выращивании сеянцев с закрытой корневой системой / Е.А. Геронина // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2014. № 4. С. 49-58.

Годовалов, Г.А. К вопросу о необходимости уточнения перечня лесных районов Свердловской области / Г.А. Годовалов, С.В. Залесов, Е.С. Залесова, А.И. Чермных // Леса России и хозяйство в них. 2016. № 3 (58). С. 12-19.

Горчаковский, П.Л. Опыт крупномасштабного картирования растительности в южной тайге Среднего Урала / П.Л. Горчаковский, Н.Н. Никонова, Т.В. Фамелис, М.И. Шарафутдинов // Геоботаника, экология и морфология растений на Урале (Записки. Свердловское отд. Всесоюзн. ботан. об-ва, вып. 7). Свердловск, 1977. — С. 3–15

ГОСТ 13056.4-67. Семена деревьев и кустарников. Метод определения массы 1000 штук семян. Взамен ГОСТ 2937-55 в части VII. — М. 1987. — 3 с.

Гоф А.А., Жигулин Е.В., Залесов С.В. Причины низкой приживаемости сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой в ленточных борах Алтая // Успехи современного естествознания. — 2019 б. — № 12-1. — С. 9-13; URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37261> (дата обращения: 27.12.2020).

Гоф, А.А. Опыт создания лесных культур сеянцами с закрытой корневой системой на гарях Алтайского края / А.А. Гоф, Е.В. Жигулин, С.В. Залесов, А.С. Оплетаев // Международный научно-исследовательский журнал. 2019 а. № 12 (90). Ч. 2. С. 125-130.

Гоф, А.А. Эффективность создания лесных культур сосны обыкновенной сеянцами с закрытой корневой системой в ленточных борах Алтая: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Екатеринбург. 2020. 18 с.

Гурина, Т.Ф. Контейнерный метод выращивания саженцев в питомниках Мангышлака / Т.Ф. Гурина, В.Б. Любимов. – Шевченко: ЦНТИ, 1982. 5 с.

Гурьевских О. Ю. Физико-географическое районирование и ландшафты Свердловской области: коллективная монография / О.Ю. Гурьевских, В.Г. Капустин, Н.В. Скок, О.В. Янцер: под редакцией О. Ю. Гурьевских; Урал. гос. пед. ун-т. — Екатеринбург, 2016. — 280 с.

Данилик, В.Н. Рекомендации по лесовосстановлению и лесоразведению на Урале / В.Н. Данилик, Р.П. Исаева, Г.Г. Терехов, И.А. Фрейберг, С.В. Залесов, В.Н. Луганский, Н.А. Луганский. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 2001. 117 с.

Денисов, И.В. Посадочный материал с закрытой корневой системой - эффективный способ интенсификации лесовосстановления / И.В. Денисов // Дендрарию Дальневосточного НИИ лесного хозяйства - 110 лет: Материалы международной конференции «Современное состояние лесной растительности и ее рациональное использование». Хабаровск: ФГУ «ДальНИИЛХ». - 2006. - С. 166-168.

Диалло, С. Л. Перспективы выращивания сеянцев с закрытой корневой системой для аридных зон / С.Л. Диалло, А.Ф. Чмыр// Лесовод., лес. культуры и почвовед, рац. использ. и воспр-во лес. ресурсов. - Л.: ЛТА, 1988. - С. 32-36.

Дмитриев, Д.А. Повышение посевных качеств семян *Pinus sylvestris* L. / Д.А. Дмитриев, Д.А. Корепанов, Е.А. Гончаров // В сборнике: Научному прогрессу - творчество молодых Международная молодежная научная конференция по естественнонаучным и техническим дисциплинам: материалы и доклады: в 3 частях. Поволжский государственный технологический университет. 2013. С. 15-16.

Дудорев, М. А., Приживаемость культур лиственницы сибирской, созданных посадочным материалом с закрытой корневой системой / М. А. Дудорев, С. В. Арестова // Бюллетень ВНИИ агролесомелиорации. 1982. № 2/38. С. 72-74.

Дудоров, М.А. Выращивание саженцев с закрытой корневой системой / М.А. Дудоров, С.В. Арестова, В.Н. Дербенцев // Повышение комплексной продуктивности лесов. – Саратов, 1981. С. 32-39.

Дурова, А.С. Влияние биоугля на агрохимические показатели почв лесных питомников различного гранулометрического состава / А.С. Дурова, А.В. Жигунов // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: Материалы третьей международной научно-технической конференции. Под редакцией В.М. Гедьо. 2018. С. 113-116.

Егорова, Д.А. Морозоустойчивость контейнеризированных сеянцев сосны и ели, выращенных в теплицах летнего типа / Д.А. Егорова // Леса Евразии – Восточные Карпаты: Матер. IV Междунар. конф. молодых ученых, посвященной акад. П.С. Погребняку. – М.: МГУЛ, 2004. С. 96-97.

Жердев, В.Н. Организация дистанционного мониторинга лесов (на примере Архангельской области) / В.Н. Жердев, Д.А. Баранович, В.Д. Постолов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2012. № 2 (33). С. 292-294.

Жиганов, Ю. Новые способы выращивания посадочного материала за рубежом (обзор). / Ю. Жиганов // Лесное хозяйство, 1969. № 9. С. 90-91.

Жигунов А.В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой для лесовосстановления: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – СПб.: СПбНИИЛХ, 1998. 40 с.

Жигунов, А.В. Посадочный материал с закрытой корневой системой: мифы и реальность / А.В. Жигунов // Тезисы докладов на совещании - семинаре «Создание и использование постоянной лесосеменной базы на селекционной основе, перспективные методы выращивания посадочного материала и

опыт создания лесных культур с закрытой корневой системой на базе Семёновского спецлесхоза Нижегородской области». - Нижний Новгород. - 2005. - С. 13-16.

Жигунов, А. В. Выращивание посадочного материала с закрытой корневой системой в Устьянском тепличном комплексе. Практические рекомендации / А.В. Жигунов, А.И. Соколов, В.А. Харитонов. - Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2016 б. 43 с

Жигунов, А.В. Влияние вида посадочного материала на рост насаждений ели и сосны на постагrogenных землях северо-запада России / А.В. Жигунов, Д.А. Данилов, Т.А. Шестакова, В.Ю. Неверовский // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2016 в. № 3 (31). С. 30-39.

Жигунов, А.В. Использование посадочного материала с закрытой корневой системой при рекультивации земель / А.В. Жигунов // Влияние нефтегазового комплекса на лесообразовательные процессы в районах Западной Сибири. – Сургут: Рекламно-издательский информационный центр «Нефть Приобья» ОАО «Сургутнефтегаз», 2012. С. 65-67.

Жигунов, А.В. Лесные культуры сосны и ели из посадочного материала, выращенного комбинированным методом / А.В. Жигунов, С.В. Шевчук // ИВУЗ: Лесной журнал 2006. № 6. С. 13–19.

Жигунов, А.В. Посадочный материал для создания древесных насаждений на постагrogenных землях / А.В. Жигунов, Д.А. Данилов, В.Ю. Неверовский, О.О. Эндерс // Актуальные проблемы лесного комплекса. Сборник научных трудов. Вып. 44. - Брянск: БГИТУ, 2016 а. С. 96-100.

Жигунов, А.В. Производство посадочного материала «Брикет». Методические рекомендации / А.В. Жигунов, Ю.Н. Гомельский, Е.Л. Маслаков и др. - Л.: ЛенНИИЛХ. 1990. 30 с.

Жигунов, А.В. Производство посадочного материала в лесных питомниках Северо-Запада России: практ. рекомендации / А. В. Жигунов, И. А. Маркова. - СПб.: С.-Петербург. НИИЛХ, 2005. - 114 с.

Жигунов, А.В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой / А.В. Жигунов. – СПб.: СПбНИИЛХ, 2000. 293 с.

Зайцев, Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1984. 242 с.

Зайцева, М. И. Использование порубочных остатков для приготовления торфяных субстратов при выращивании сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой / М. И. Зайцева, Е. В. Робонен, Н. П. Чернобровкина // Вестник МГУЛ -Лесной вестник. № 1. 2010. С. 4-8

Залесов, С.В. Научное обоснование системы лесоводственных мероприятий по повышению продуктивности сосновых лесов Урала: Дис. ... д-ра с.-х. наук (06.03.03 – Лесоведение и лесоводство; лесные пожары и борьба с ними). Екатеринбург, 2000. 435 с.

Залесов, С.В. Повышение продуктивности сосновых лесов Урала / С.В. Залесов, Н.А. Луганский. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. 331 с.

Залесов, С.В. Производительность искусственных насаждений в северолесостепном лесорастительном округе Свердловской области / С.В. Залесов, А.С. Оплетаев, Е.С. Залесова, Н.П. Бунькова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2015 б. № 11 (133). С. 65-70.

Залесов, С.В. Рост и производительность сосняков искусственного и естественного происхождения / С.В. Залесов, А.Н. Лобанов, Н.А. Луганский. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. 112 с.

Залесов, С.В. Рост лиственных древостоев на бывших пашнях / С.В. Залесов, Е.В. Юровских, Л.А. Белов, А.Г. Магасумова, А.С. Оплетаев // Аграрный вестник Урала, 2015 а. № 5 (135). С. 50-54.

Залесов, С.В. Создание искусственных насаждений в условиях лесостепного Зауралья / С.В. Залесов, И.А. Фрейберг, А.Г. Магасмова // Технология создания защитных насаждений в пригородной зоне г. Астаны: мат. междунар. науч.-практ. совещания (Астана, 8 июня, 2012 г.) - Астана, 2012. С. 30-39.

Золотухин, А. И. Типологическая характеристика и состояние сосновых лесов в Балашовском Прихоперье/ А. И. Золотухин, 2017. -URL: http://www.rusnauka.com/32_PRNT_2013/Biologia/4_148027.doc.html (дата обращения 22.06.2019).

Зубашенко, Е.М. Региональная физическая география. Климаты Земли: учебно-методическое пособие. Часть 1. / Е.М. Зубашенко, В.И. Шмыков, А.Я. Немыкин, Н.В. Полякова. – Воронеж: ВГПУ, 2007. – 183 с.

Иващенко, Н.Н. Обоснование затрат на выращивание сеянцев с закрытой корневой системой / Н.Н. Иващенко, Н.В. Семерикова, Н.И. Горелов, Н.А. Козлов // Актуальные проблемы лесного хозяйства Нижегородского Поволжья и пути их решения: сб. науч. статей. – Нижний Новгород: Нижегород. гос. с.-х. академия, 2005. С. 76-80.

Извекова, И.М. Особенности развития корневой системы сосны в культурах, созданных сеянцами с закрытой корневой системой / И.М. Извекова // Технология создания и экологические аспекты выращивания высокопродуктивных культур. - СПб.: ЛенНИИЛХ, 1992. С. 139-143.

Интерактивная карта «Леса России»: сайт ФГБУ «Рослесинфорг». [Электронный ресурс]. 2020. Дата обновления: 20.02.2020. URL: <http://geo.roslesinforg.ru:8282/#/> (дата обращения: 20.02.2020).

Кабанова, С.В. Контейнерный метод выращивания посадочного материала и перспективность его внедрения в питомники Саратовской области. / С.В. Кабанова, М.Ю. Сергадеева, К.В. Балина, О.В. Михайлов, В.Б. Любимов; Под ред. В.Б. Любимова. – Балашов: Изд-во «Николаев», 2004. 20 с.

Казаков В.И. Влияние сортировки семян хвойных пород на посевные качества / В.И. Казаков, Н.Е. Проказин, Е.Н. Лобанов, И.В. Казаков // Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 3 (23). С. 161-167.

Казанцева, М.Н. Опытное выращивание сеянцев хвойных пород с закрытой корневой системой. / М.Н. Казанцев, С.Н. Гашев, А.П. Казанцев // Леса и лесное хозяйство Западной Сибири. Вып. 6. – Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 1998. С. 78-85.

Калинин, М.И. Формирование корневой системы деревьев / М.И. Калинин. М.: Лесная промышленность, 1983. 152 с.

Капустин, В.Г. География Свердловской области (Природа региона и проблемы экологии) / В.Г. Капустин // Екатеринбург: Уральский гос. пед. ун-т, 2006. 223 с.

Капустин, В.Г. Ландшафтное районирование Свердловской области / В.Г. Капустин // Современные исследования природных и социально-экономических систем. Инновационные процессы и проблемы развития естественнонаучного образования: Материалы Международной научно-практической конференции 11–12 декабря 2014 г. Екатеринбург: 2014. — Т. 1. С. 53–64.

Капустин, В.Г. О физико-географическом районировании Свердловской области / В.Г. Капустин // Географические исследования на Урале и проблемы методики обучения географии. Сб. научных трудов. - Екатеринбург: ГОУ ВПО Урал. гос. пед. ун-т, 2009. — С. 11–29.

Кассета для выращивания семян. Патент на изобретение 2553645 / Ханов С.М., Бурцев Д.С., Чернов М.В., Степченко А.А. Заявка 2014102568/13, 2014.04.28

Ковалев М.С. Опыт выращивания саженцев ели в контейнерах / М.С. Ковалев, Е.Л. Маслаков // Восстановление леса на северо-западе РСФСР. Л., 1978, с.73-75.

Колесников, В.А. Методы изучения корневой системы древесных растений / В.А. Колесников. - М.: Лесная промышленность, 1972. 152 с.

Костин, М.В. Использование посадочного материала с ЗКС при лесовосстановлении и перспектива его применения в нижнем Поволжье / М.В. Костин // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. 2019. № 1-1 (38). С. 16-20.

Котлячков, О.В. Особенности методики исчисления себестоимости продукции лесопитомников / О.В. Котлячков, Г.Я. Остаев, Е.В. Марковина // Бухгалтерский учет и анализ. 2016. № 2 (230). С. 44-50.

Кречетова, Н.В. Формирование корневых систем в лесных культурах / Н.В. Кречетова. - Йошкар-Ола: МЛИ, 1990. 75 с.

Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 31.07.2020).

Лесной план Свердловской области. Утвержден указом губернатора Свердловской области от 18.09.2019 № 450-УГ «Об утверждении Лесного плана Свердловской области на 2019–2028 годы». Екатеринбург, 2019 г. 244 с.

Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области: Практик. руководство / Сост. Б. П. Колесников, Р. С. Зубарева, Е. П. Смолоногов; АН СССР. Урал. науч. центр. Ин-т экологии растений и животных. - Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973 [вып. дан. 1974]. - 176 с.

Луганская, С.Н. Изменчивость массы, энергии прорастания и всхожести семян сосны обыкновенной по Свердловской области / С.Н. Луганская // Леса Урала и хозяйство в них. 2001. №21. С. 227 - 236

Луганский, Н.А. Повышение продуктивности лесов. / Н.А. Луганский, С.В. Залесов, В.А. Щавровский. – Екатеринбург: Урал. лесотехн. ин-т, 1995. 297 с.

Луганина, Л.И. Особенности выращивания сеянцев лиственницы сибирской (*Larix sibirica* L.) в закрытом грунте. / Л.И. Луганина, В.П. Бессчётнов // Актуальные проблемы лесного комплекса. Сб. науч. трудов. Вып. 49. – Брянск: БГИТУ. 2017. С. 111 - 117.

Макаренко, В.Я. Ускоренное выращивание сеянцев хвойных пород в контейнерах / В.Я. Макаренко // Экология лесных сообществ Северного Казахстана. – Л.: Наука, 1983. С. 112-119.

Макаров, В.А. Обоснование создания и выращивания культур ели и сосны в горной части и на западном склоне Урала: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук, Свердловск, 1972. 16 с.

Маркова, И.А. Послепосадочная депрессия роста культур ели и сосны / И.А. Маркова, Е.М. Онацевич // Сборник научных трудов. - Л: ЛенНИИЛХ, 1986. С. 79-87.

Маркова, И.А. Современные проблемы лесовыращивания (Лесокультурное производство): учебное пособие / И.А. Маркова. - СПб, СПбГЛТА, 2008. - 152 с.

Мартикайнен, Н.Ф. Микоризообразование сеянцев сосны и ели в теплицах летнего типа / Н.Ф. Мартикайнен//Технология создания и экологические аспекты выращивания высокопродуктивных лесных культур. СПб.: ЛенНИИЛХ, 1992. С. 114-118.

Маслаков Е.Л. Зимняя посадка саженцев с закрытой корневой системой / Е.Л. Маслаков, В.М. Введенский, Н.Н. Белостоцкий // Экспресс-информация ЦБНТИлесхоз, 1975.- Вып. 31. С. 1-3.

Маслаков, Е.А. Посадочный материал с закрытой корневой системой. / Е.А. Маслаков, П.И. Мелешин, И.М. Извекова и др. – М., 1981. 144 с.

Маслаков, Е.Л. Посадочный материал с закрытой корневой системой для создания лесных культур сосны в различных регионах России / Е.Л. Маслаков, А.В. Жигунов // Лесохозяйственная информация, 1994. № 4. С. 29-30.

Маслаков, Е.Л. Состояние и актуальные проблемы производства посадочного материала с закрытыми корнями по технологии «Брикет» / Е.Л. Маслаков, Д.В. Огиевский // Проблемы повышения продуктивности лесов и перехода на непрерывное рациональное лесопользование в свете решений XXVI съезда КПСС. – Архангельск: АрИЛИЛ, 1983. С. 70-71.

Маторкин, А.А. Комплексная экспресс-диагностика физиологического состояния *Pinus sylvestris* L. При формировании семенных участков и плантаций / А.А. Маторкин, В.Н. Карасев, М.А. Карасева //Хвойные бореальной зоны. 2011. Т. 28. № 1-2. С. 78-82.

Матюхина, З.Ф. Лесокультурная оценка различных видов посадочного материала сосны и ели / З.Ф. Матюхина, А.В. Жигунов, Т.А. Шестакова // Посадочный материал для создания плантационных культур. Л.: ЛенНИИЛХ, 1986. С. 3-10.

Махнев, А.К., Значение особо охраняемых лесных объектов в улучшении семенной базы /А.К. Махнев, С.А. Мамаев, В.В. Ипполитов // Лесное селекционное семеноводство: опыт и перспектива. Екатеринбург: Полиграфист, 2000 С. 27-31.

Мелехов, И.С. Проблемы современного лесоводства / И.С. Мелехов. – М., 1969. 46 с.

Мелешин, П.И. Контейнеры для выращивания посадочного материала с ЗКС / П.И. Мелешин, А.В. Жигунов // Лесохозяйственная информация, выпуск № 10. - М.: ВНИИЦлесресурс, 1990. С. 10-11.

Митропольский, А.К. Техника статистических вычислений / А.К. Митропольский– М.: Наука, 1971. 567 с.

Мордась, А.А. Методические рекомендации по выращиванию семян хвойных пород в теплицах с полиэтиленовым покрытием / А.А. Мордась. – Л., 1983. С. 10-31.

Мордась, А.А. Методические рекомендации по выращиванию семян хвойных пород в теплицах с полиэтиленовым покрытием / А.А. Мордась. – Л.: Лен НИИЛХ, 1986. С. 116-121.

Морковина, С.С. Инновационная инфраструктура системы лесного хозяйства: лесные селекционные семеноводческие центры / С.С. Морковина, О.И. Васильев, А.В. Иванова // Лесотехнический журнал. 2014. Т. 4. № 4 (16). С. 221-230.

Морковина, С.С. Инновационные технологии в лесокультурном деле: реальность и перспективы / С.С. Морковина, М.В. Драпалюк, Е.В. Баранова //Лесотехнический журнал. 2015. Т. 5. № 3 (19). С. 327-338.

Морозов, Г.Ф. О типах насаждений и их значении в лесоводстве / Г.Ф. Морозов // Лесной журнал, 1904. Вып. 1. С. 6-25.

Морозов, Г.Ф. Учение о лесе / Г.Ф. Морозов. – М.- Л. Сельхозиздат. Издание 6-е, 1931. – 438 с.

Мотренко, С.В., Использование агрохимических характеристик торфяного субстрата для оценки успешности роста контейнеризированных семян

сосны и ели / С.В. Мотренко, А.В. Жигунов // Леса России: политика, промышленность, наука, образование материалы научно-технической конференции. М., 2016. С. 41-43.

Мочалов, Б.А. Влияние кассет на размеры сеянцев сосны с закрытыми корнями и их рост в культурах на севере / Б.А. Мочалов, С.В. Бобушкина // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2013. № 5 (335). С. 65-70.

Мочалов, Б.А. Значение лесокультурного производства в лесовосстановлении на Севере / Б.А. Мочалов // Проблемы таежного лесоводства: сборник научных трудов. - Архангельск. - 2010. - С. 106-119.

Мочалов, Б.А. Использование разных видов посадочного материала для лесовосстановления в зоне европейской части России / Б.А. Мочалов // Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере. - Архангельск, СевНИИЛХ. 2005. С. 123-136.

Мочалов, Б.А. Научное обоснование и разработка интенсивной технологии выращивания посадочного материала хвойных пород для лесовосстановления на Европейском Севере России: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Архангельск, 2009. 40 с.

Мочалов, Б.А. Некоторые итоги Российско-Финляндских проектов по лесовосстановлению в Архангельской области / Б.А. Мочалов // Сборник трудов ФГУ «СевНИИЛХ» по итогам научно-исследовательских работ за 2005-2009 гг. - Архангельск: Сев. (Арктич.) фед. ун-т, 2011. - С. 75-93.

Мочалов, Б.А. Подготовка почвы и выбор посадочного места при создании лесных культур сосны из сеянцев с закрытыми корнями / Б.А. Мочалов // Изв. высш. учеб. заведений: Лесн. журн. 2014. № 4. С. 9-18.

Незабудкин, Г.К. Приемы заделки корней сеянцев сосны при производстве посадок и влияние их на успешность культур: Дис. ... канд. с.-х. наук. Йошкар-Ола: ПЛТИ, 1939 б. 218 с.

Незабудкин, Г.К. Типы деформации корней как одна из придержек для оценки качества работы посадочных орудий / Г.К. Незабудкин. - Йошкар-Ола, Изд-во ПЛТИ, 1939 а. 145 с.

О внесении изменений в приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18.08.2014 № 367 «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации»: Утвержд. Приказом Минприроды России от 19.02.2019 № 105. www.consultant.ru.

Об установлении лесосеменного районирования: Утв. Приказом Федерального агентства лесного хозяйства от 08.10.2015 г. № 353.

Об утверждении норм выхода стандартных семян деревьев и кустарников в лесных питомниках Российской Федерации: Утв. приказом Федеральной службы лесного хозяйства России №144 от 25.10.1995 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации — URL: <http://docs.cntd.ru/document/9015220> (дата обращения: 20.02.2021)

Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации: Утв. Приказом Минприроды России от 18.08.2014 № 367.

Об утверждении Правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений: Утв. Приказом Минприроды России от 4.12.2020. № 1014.

Оплетаев, А.С. Применение программы MapInfo Professional при разработке базы данных опытных объектов и пробных площадей / А.С. Оплетаев, А.А. Булатова // Леса России и хозяйство в них. 2015. № 3 (54). С. 10-15.

Орлов Ф.С. Современные приемы интенсификации агротехники выращивания семян ели европейской в питомниках зоны смешанных лесов: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук (спец. 06.03.01 - Лесные культуры, селекция, семеноводство). - Мытищи, 2018. 21 с.

Орлов, Д.С. Химия почв / Д.В. Орлов. М.: Изд-во МГУ, 1992. 390 с.

Осауленко, Л.А. Лесовосстановление на территории Воронежской области / Л.А. Осауленко, И.С. Зиновьева // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 10-2. С. 296-297.

ОСТ 56-99-93. Отраслевой стандарт. Культуры лесные. Оценка качества. М.: Федер. служба лесн. хоз-ва России, 1993. 35 с.

Пак, К.А. Исследование корневых систем лесных культур сосны / К.А. Пак, О.И. Гаврилова, А.Л. Юрьева// Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, докторантов. 2014. С. 33-35.

Перевертайло, И.И. Метод многоротационного выращивания малообъемного посадочного материала с закрытой корневой системой / И.И. Перевертайло // Дендрарию Дальневосточного НИИ лесного хозяйства - 110 лет: Материалы международной конференции. «Современное состояние лесной растительности и ее рациональное использование». Хабаровск: ФГУ «ДальНИИЛХ». - 2006. - С. 161-164.

Писаренко А.И. Основные подходы к решению вопросов густоты посадки лесных культур / А.И. Писаренко, М.Д. Мерзленко // Лесоведение. 1979. № 2. С. 49.

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

Писаренко, А.И. Искусственные леса. Часть 2. / А.И. Писаренко, Г.И. Редько, М.Д. Мерзленко. – М.: Изд-во ЮНИФИР совместно с ВНИИЦлесресурс, 1992 б. 240 с.

Писаренко, А.И. Лесовосстановление в СССР: Обзорная информация / А.И. Писаренко, М.Д. Мерзленко. М.: Гослесхоз СССР. Вып. 3., 1991. 23 с.

Писаренко, А.И. Создание искусственных лесов. / А.И. Писаренко, М.Д. Мерзленко. – М., 1990. 270 с.

Плантационное лесоводство / Под общ. ред. И.В. Шутова. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. – 366 с.

Плужников, А. А. Оценка состояния и средообразующих функций сосновых насаждений центральной лесостепи (на примере Воронежской области): Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02/А. А. Плужников. -Пушкино, 2014. -21 с.

Побединский, А.В. Повышение продуктивности лесов лесоводственными мероприятиями / А.В. Побединский // Повышение продуктивности лесов лесоводственными приёмами. – М., 1977. С. 3-24.

Побединский, А.В. Повышение продуктивности лесов лесоводственными приёмами / А.В. Побединский // Проблемы повышения продуктивности лесов и перехода на непрерывное рациональное лесопользование. - Архангельск, 1983. С. 14-15.

Попов, П.П. Морфометрические показатели семян и крылаток ели сибирской / П.П. Попов // Лесоведение. 2003. № 6. С. 66-70.

Постановление правительства РФ от 07.05.2019 №566 «Об утверждении Правил выполнения работ по лесовосстановлению или лесоразведению лицами, использующими леса в соответствии со статьями 43 - 46 Лесного кодекса Российской Федерации, и лицами, обратившимися с ходатайством или заявлением об изменении целевого назначения лесного участка».

Преображенский, А.В. Искусственное возобновление ценных пород крупномерными саженцами без подготовки почвы и ухода за ней / А.В. Преображенский // Лесное хозяйство, 1964. № 4. С. 39-43.

Применение синтетических пленок в лесном хозяйстве / Под ред. А.Д. Букштынова. – М.: Лесная промышленность, 1979. 176 с.

Прокаев, В.И. Физико-географическое районирование горной полосы и предгорий южнотаежного Урала (в границах Свердловской области) / В.И. Прокаев, Т.И. Кузнецова // Ландшафтные исследования в Свердловской области. Сб. научн. трудов / Свердловск: Свердл. пед ин-т, 1974. — С. 24–39.

Прокаев, В.И. Физико-географическое районирование западных предгорий и горной полосы Среднего Урала / В.И. Прокаев// Ученые записки СГПИ,

сб. 64. Географический сборник, вып. 3. Свердловск: Свердл. пед. ин-т, 1967. — С. 96–133.

Проказин, Н.Е. Особенности разработки и лесовосстановления горельников в лесостепной зоне / Н.Е. Проказин, И.М. Бартенев, В.И. Казаков, Е.Н. Лобанова // Лесотехнический журнал. 2015. Т. 5. № 1 (17). С. 85-97.

Редько, Г.И. Линдуловская лиственничная роща / Г.И. Редько. – Л., 1984. 94 с.

Рикала Р. Производство посадочного материала в Финляндии. Лесовосстановление на Европейском Севере / Р. Рикала // Материалы финляндско-российского семинара по лесовосстановлению, 28.9 – 02.10.1998, в Вуокатти. Финляндия: Науч. центр Вантаа, 2000. С. 133–146.

Родин, А.Р. Лесные культуры и защитное лесоразведение / А.Р. Родин, С.А. Родин. – М.: МГУЛ, 1996. 134 с.

Родин, А.Р. Лесные культуры: учебник 3-е изд. испр. и допол. / А.Р. Родин – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. 318 с.

Родин, А.Р. Перспективы искусственного лесовыращивания / А.Р. Родин, Е.А. Калашникова, С.А. Родин // Текст лекций. М.: МГУЛ, 1995. 44 с.

Родин, А.Р. Получение посадочного материала древесных, цветочных и травянистых растений с использованием биотехнологий: Уч. пособие изд-е 3-е / А.Р. Родин, Е.А. Калашникова. – М.: МГУЛ. 2004. 84 с.

Родин, А.Р. Пути совершенствования искусственного лесовыращивания в период лесокультурного производства / А.Р. Родин // Проблемы использования, воспроизводства и охраны ресурсов. Книга II. – Йошкар-Ола: Марийское издательство, 1989. С. 39-42.

Родин, А.Р. Рекомендации по использованию новых экологически чистых биопрепаратов при выращивании посадочного материала хвойных пород в лесных питомниках / А.Р. Родин, Н.Я. Попова, Е.В. Кандыба и др. – М.: ВНИИЛМ, 2001. 13 с.

Родин, А.Р. Роль субстрата при создании культур посадочным материалом с закрытой корневой системой / А.Р. Родин // Лесохозяйственная информация. Реферативный выпуск. – 1977. – № 2. – С. 16–17.

Родин, А.Р. Способ выращивания саженцев и крупных семян сосны обыкновенной. / А.Р. Родин, О.М. Шапкин, А.В. Никитина // Аннотированный перечень НИР МГУЛ. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. С. 13-14.

Родин, А.Р. Явление хемотропизма при создании культур хвойных пород саженцами с закрытой корневой системой / А.Р. Родин // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. Межвуз. сб. научн. тр. – Л.: РИО ЛТА, 1978. – Вып. 7. – С. 98–102.

Родин, А.Р., Рекомендации по выращиванию семян сосны и ели в открытом грунте в зоне смешанных лесов / А.Р. Родин, Н.Я. Попова, Н.И. Шулгин, Л.С. Хренов // – М.: Минлесхоз РСФСР. 1989. 33 с.

Родин, С.А. Вопросы лесовосстановления и лесоразведения / С.А. Родин // Проблемы воспроизводства лесов в Российской Федерации. - Пушкино: ВНИИЛМ, 2015. С. 200-206.

Родин, С.А. Оценка целесообразности применения ростовых препаратов при выращивании семян хвойных пород / С.А. Родин, Н.Е. Проказин, В.И. Казаков, Е.Н. Лобанова, Н.В. Пентелькина // Леса России: политика, промышленность, наука, образование. Материалы международной научно-технической конференции. Том 1 / Под. ред. В.М. Гедьо. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – С. 134-136.

Родин, С.А. Повышение результативности выращивания лесных культур посадочным материалом с закрытой корневой системой / С.А. Родин, А.Р. Родин //Лесн. вестник. 2010. № 5. С. 7-10.

Сабиров, А.М. Значение выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой в лесоразведении и лесовосстановлении / А.М. Сабиров, Д.И. Файзрахманов, Р.А. Газизов, А.Р. Минниханов// Вестник Казанского государственного аграрного университета. №1(39). 2016. С. 58-61.

Сахнов, В.В. Определение воздействия способов внесения и видов вносимых удобрений на биометрические показатели и отпад сеянцев сосны и лиственницы / В.В. Сахнов, А.П. Прокопьев // Аграрная Россия. Спец. выпуск. М.: Изд-во «ФОЛИУМ», 2009. С. 38-39.

Сахнов, В.В. Совершенствование технологий выращивания посадочного материала хвойных пород для целей лесовосстановления и лесоразведения в различных почвенно-климатических условиях / В.В. Сахнов, А.С. Пуряев // Проблемы воспроизводства лесов в Российской Федерации. - Пушкино: ВНИИЛМ, 2015. С. 135-142.

Свиридов, Л. Т. Сортирование лесных семян: учебник. Воронеж, 2002. - 298 с.

Свиридов, Л.Т. Эффективность применения безрешеточной технологии по предпосевной обработки семян сосны обыкновенной и выращиванию сеянцев в питомнике / Л.Т. Свиридов, А.Д. Голев, Г.Г. Голева, Е.В. Тарасова // Лесотехнический журнал. 2014. Т. 4. № 3 (15). С. 40-47.

Семакова, Т.А. Проблема защиты хвойных пород от повреждения большим сосновым долгоносиком / Т.А. Семакова //Тр. СПбНИИЛХ. Вып. 2 (12). СПб., 2004. С. 191-205.

Сеньков, А.О. Адаптация сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой на сплошных вырубках средней подзоны тайги: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01 / Сеньков Александр Олегович. - Архангельск, 2011. - 20 с.

Смирнов Н.А. Выращивание посадочного материала для лесовосстановления / Н.А. Смирнов. -М.: Лесная промышленность, 1981. 169 с.

Смоляницкая, Л.Б. Архитектоника корневой системы в культурах сосны, созданных сеянцами и саженцами с закрытыми корнями / Л.Б. Смоляницкая, Т.И. Козлова, Е.И. Чикалюк // технология создания и экологические аспекты выращивания высокопродуктивных культур. СПб.: ЛенНИИЛХ, 1992. С. 25-34.

Соколов, А.И. Лесовосстановление на вырубках Северо-Запада России / А. И. Соколов / Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. 215 с.

Соколов, А.И. Пути совершенствования агротехники выращивания посадочного материала в лесных питомниках / А.И. Соколов // Тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. – Йошкар-Ола, 1996. С. 164-165.

Соколов, А.И. Сохранность и рост культур сосны, созданных посадочным материалом с закрытой корневой системой в условиях Карелии / А.И. Соколов, В.А. Харитонов, А.Н. Пеккоев, Т.И. Кривенко // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2015. № 6 (348). С. 46-56.

Степанов, А.С. Выращивание и использование посадочного материала с закрытой корневой системой / С.А. Степанов. - Респ. Карелия, Петрозаводск, 2008. - 24 с.

Сукачев, В.Н. Основы лесной типологии и биогеоценологии. Избр. труды. Т. 1 / В.Н. Сукачев / Л.: Наука, 1972. 420 с.

Теплых, А.А. Влияние сроков хранения семян ели на их техническую всхожесть / А.А. Теплых, Е.В. Прохорова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2018. № 2 (38). С. 19-28.

Ткачев, В.В. Совершенствование процесса сортирования лесных семян на плоских качающихся решетках / В.В. Ткачев // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2010. № 6. С. 77-80.

Толчин, А.Э. Влияние новых видов стимуляторов на рост сеянцев сосны обыкновенной при выращивании в контейнерах / А.Э. Толчин, Д.И. Мухортов // Лесовосстановление в Поволжье: состояние, пути совершенствования: Сб. статей. – Йошкар-Ола: Поволжский гос. технолог. ун-т, 2013. С. 149-153.

Ульянов, Н.В. Особенности роста культур ели, заложенных крупномерным посадочным материалом с закрытой корневой системой / Н.В. Ульянов // Проблемы улучшения качественного состава и повышения продуктивности насаждений. – М.: Лесная промышленность, 1974. С. 96-106.

Ушнурцев, А.В. Выращивание семян сосны и лиственницы в контейнерах для создания лесных культур в условиях Республики Мордовия: Дис. ... канд. с.-х. наук. – Йошкар-Ола, 2004. 174 с.

Ушнурцев, А.В., Сотнева Л.Н. Пути рационального воспроизводства, использования и охраны лесных экосистем в зоне хвойно-широколиственных лесов. Чебоксары, 2005. С. 487-491.

Федотов, А. Н. Влияние длины дня на формирование верхушечных почек у однолетних семян сосны обыкновенной и ели европейской/ А.Н. Федотов, А.В. Жигунов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2016. Вып. 215. С. 69-80.

Фирсова, В.П. Почвы таежной зоны Урала и Зауралья / В.П. Фирсова // М.: Наука, 1977. — 164 с.

Фомин, В.В. Методики оценки густоты подроста и древостоев при зарастании сельскохозяйственных земель древесной растительностью с использованием космических снимков высокого пространственного разрешения / В.В. Фомин, С.В. Залесов, А.Г. Магасумова// Аграрный вестник Урала, 2015. №1 (131). С. 25-29.

Фрейберг, И.А. К вопросу эффективности искусственного лесовосстановления / И.А. Фрейберг, С.К. Стеценко // Исследование лесов Урала: Материалы научных чтений, посвящённых памяти Б.П. Колесникова. Научное издание. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. С. 73-75.

Фрейберг, И.А. Современные технологии восстановления хвойных насаждений. / И.А. Фрейберг, С.В. Залесов, А.А. Терин // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. URL: [www.science – education.ru](http://www.science-education.ru) / III – 10263.

Чермных, А. И. Анализ повыведельной геобазы с использованием SQL – запросов для определения статистически достоверной информации на примере ГИС MAPINFO / А.И. Чермных, А.С. Оплетев // Леса России и хозяйство в них, 2013. № 1 (44). С. 53-54.

Чукарина, А.В. Совершенствование технологии выращивания посадочного материала сосны в питомниках степного Придонья (на примере Ростовской области): Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.В. Чукарева. – Пушкино: ФБУ ВНИИЛМ, 2012. 18 с.

Шалаумова, Ю.В. Пространственно-временная динамика климата на Урале во второй половине XX века / Ю.В. Шалаумова, В.В. Фомин, Д.С. Капралов // Метеорология и гидрология. 2010. № 2. С. 44-54.

Шевелина, И.В. Разработка методики оценки площади поверхности хвои сосны обыкновенной / И.В. Шевелина, З.Я. Нагимов, Е.Е. Тимофеева, М.Р. Кожевникова // Леса России и хозяйство в них. 2010. №4 (71). С. 18-26.

Шкляев, В. А. Изменения температуры воздуха на Урале за последнее столетие / В.А. Шкляев, Л.С. Шкляева // Тезисы докладов Всемирной конференции по изменению климата. М.: Ин-т глобал. климата и экологии Росгидромета и РАН, 2003. С. 439.

Шмидт, В.М. Математические методы в ботанике / В.М. Шмидт // – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. 288 с.

Юрьева, А.Л. Влияние подготовки почвы и вида посадочного материала на рост и развитие лесных культур сосны / А.Л. Юрьева // Изв. высш. учеб. заведений: Лесн. журн. 2006. № 3. С. 14-20.

Янцер, О. В. Общая фенология и методы фенологических исследований: учеб. пособие для студентов геогр.-биол. фак-та / О.В. Янцер, Е.Ю. Терентьева. - Екатеринбург, 2013. 218 с.

Янцер, О.В. Биоклиматические показатели как индикаторы изменения климата на Среднем Урале / О.В. Янцер // География и современные проблемы географического образования. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Почетного члена Русского Географического Общества, доктора географических наук, профессора Василия Ивановича Прокаева. 2019. С. 158-163.

Akbulut, S. Description of *Bursaphelenchus anamurius* sp. n. (Nematoda: Parasitaphelenchidae) from *Pinus brutia* in Turkey / S. Akbulut, H. Braasch, I. Baysal, M. Brandstetter, & W. Burgermeister. *Nematology* 9. 2007. P. 859-867.

Apostol K.G., Dumroese R.K., Pinto J.R., Davis A.S. Response of conifer species from three latitudinal populations to light spectra generated by light-emitting diodes and high-pressure sodium lamps. *Can J Forest Res.* 2015. 45(12): 1711–1719

Astolfi S., Marianello C., Greco S., Bellarosa R. 2012. Preliminary investigation of LED lighting as growth light for seedlings from different tree species in growth chambers. *Not Bot Horti Agrobi.* 40(2): 31–38.

Bumgarner M. L., Salifu K. F., Jacobs D. F. Subirrigation of *Quercus rubra* seedlings: Nursery stock quality, media chemistry, and early field performance. *HortScience*, 2008. Vol. 43 (7), 2179-2185. <https://doi.org/10.21273/hortsci.43.7.2179>

Castro J., Hódar J.A., Gómez J.M. Seed Size. Ch. 14 // *Handbook of Seed Science and Technology* / ed. by A.S. Basra. New York: Haworth Press, 2006. Pp. 397-428.

Conord, C., Lempérière, G., Taberlet, P. et al. Genetic structure of the forest pest *Hylobius abietis* on conifer plantations at different spatial scales in Europe. *Heredity* 97, 2006. P. 46–55. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800837>

Dominguez-Lerena S., Herrero Sierra N., Carrasco Manzano I., Ocaña Bueno L., Peñuelas Rubira J. L., Mexal J. G. Container characteristics influence *Pinus pinea* seedling development in the nursery and field. *Forest Ecology and Management*, 2006. Vol. 221 (1-3), 63-71. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.08.031>

Finlay R.D. Mycorrhizal symbiosis: myths, misconceptions, new perspectives and research priorities /R.D. Finlay//*Mycologist*. -2005. -Vol. 19. № 3. -pp. 90-95.

Gizachew, B., Solberg, S., Næsset, E. et al. Mapping and estimating the total living biomass and carbon in low-biomass woodlands using Landsat 8 CDR data. *Carbon Balance Manage* 11, 13 (2016). <https://doi.org/10.1186/s13021-016-0055-8>

Hauke-Kowalska M., Borowiak E., Barzdajn W., Kowalkowski W., Korzeniewicz R., Wawro T. Cone and seeds variability in seed Orchards and seed stands of

Pinus sylvestris. *Baltic Forestry*, 25 (2), 2019, P. 187-192.
<https://doi.org/10.46490/vol25iss2pp18725>.

Heiskanen, J. Hydrological properties of peat-based growth media: academic dissertation / J. Heiskanen - The Finnish Forest Research Institute. Suonenjoki, 1994. -41 p.

Heiskanen, J. Irrigation regime affects water and aeration conditions in peat growth medium and the growth of containerized Scots pine seedlings / J.Heiskanen // *New Foresters* 9. - 1995. P.181-195

Juntunen, M. Fertilization practice in Finnish forest nurseries from the standpoint of environmental impact / M.-L. Juntunen, R. Rikala // *New Forests* 2001. -21. - p. 141-158.

Landis T.D. Containers and Growing Media. / T.D. Landis et. al // *The Container Tree Nursery Manual*. *Agris. Handbk.* 674. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC., 1990. Vol. 2. Pp. 41-85.

Leather S, Day K.R., Salisbury A.N. The biology and ecology of the large pine weevil, *Hylobius abietis* (Coleoptera:Curculionidae): a problem of dispersal? / *Bull EntomolV.* 89, 1999. Pp. 3–16.

Leinonen T., Sungurov R., Kolström T., Sokolov A., Žigunov A., Dorošin A. Forest regeneration in northern and northwestern Russia in 1993-2004 – methods, result and development needs. *Forest Ecology and Management*. 2008. T. 255. № 3-4. C. 383-395.

Leinonen, T. Лесовосстановление на Северо-Западе России и сравнение с Финляндией. Комментарии финских специалистов / Timo Leinonen, Markku-Turtiainen, Ari Siekkinen. - Издатель НИИ леса Финляндии 2009. - 38 с.

Lilja A., Poteri M., Petäistö R.-L., Rikala R., Kurkela T., Kasanen R. (2010). Fungal diseases in forest nurseries in Finland / A. Lilja., M. Poteri, R.-L. Petäistö, R. Rikala, T. Kurkela, R. Kasanen // *Silva Fennica* 2010. Vol. 44 no. 3 article id 147. <https://doi.org/10.14214/sf.147>

Lindstrom, A. Root deformation in different of plant cultivation systems and some prophylactic measures. / A. Lindstrom. Stockholm: Skogsp. Ins., 1982. P. 89.

Luoranen J., Rikala R., Konttinen K., Smolander H. Summer planting of *Picea abies* container-grown seedlings: Effects of planting date on survival, height growth and root egress. *Forest Ecology and Management*, 2006. Vol. 237(1–3), 534–544. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.09.073>

Luoranen, J. Short-day treatment enhances root egress of summer-planted *Picea abies* seedlings under dry conditions / J. Luoranen, P. Helenius, L. Huttunen, R. Rikala // *Scandinavian Journal of Forest Research*. - 2007. - 22. - P. 384-389.

Luoranen, J., Rikala, R. & Smolander, H. (2011). Machine planting of Norway spruce by Bracke and Ecoplanter: an evaluation of soil preparation, planting method and seedling performance. *Silva Fennica*, 45(3), pp. 341-357.

McDowell N., Pockman W. T., Allen C. D., Breshears D. D., Cobb N., Kolb T., ... Yepez E. A. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: Why do some plants survive while others succumb to drought? *New Phytologist*. 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02436.x>

Montagnoli A., Dumroese R. K., Terzaghi M., Pinto J., Fulgaro N., Scippa G., Chiatante D. Tree seedling response to LED spectra: implications for forest restoration. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*. 2018. P. 1-9. 10.1080/11263504.2018.1435583.

Moore R. Managing the threat to restocking posed by the large pine weevil, *Hylobius abietis*: The importance of time of felling of spruce stands / Forestry Commission Information Note FCIN. Forestry Commission Information Note, 2004, 61 p.

Nilsson U., Luoranen J., Kolström T., Örlander G., Puttonen, P. (2010, August). Reforestation with planting in northern Europe. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2010; 25. p.283-294. <https://doi.org/10.1080/02827581.2010.498384>

Olmez Z, Suner E (2011). Extending the planting period of container grown oriental spruce (*Picea orientalis* L. Link.) seedlings into summer. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(1): pp. 292-296.

Persson, P.S. Instability in plantations / P.S. Persson. - Stockholm: Skogsp. Ins., 1982. P. 161.

Pikkarainen L., Luoranen J., Kilpeläinen A., Oijala T., Peltola H. Comparison of planting success in one-year-old spring, summer and autumn plantings of Norway spruce and scots pine under boreal conditions. *Silva Fennica*, 2020. Vol. 54 (1). <https://doi.org/10.14214/sf.10243>

Pinto J. R., Chandler R. A., & Dumroese R. K. Growth, nitrogen use efficiency, and leachate comparison of subirrigated and overhead irrigated pale purple coneflower seedlings. *HortScience*, 2008. Vol. 43 (3), 897-901. <https://doi.org/10.21273/hortsci.43.3.897>

Polomski J., Rigling D. Effect of watering regime on disease development in *Pinus sylvestris* seedlings inoculated with *Bursaphelenchus vallesianus* and *B. mucronatus*. *Plant Disease*, 2010. Vol. 94, 1055-1061.

Pritsch, K. Enzyme secretion by ECM fungi and exploitations of mineral nutrients from soil organic matter / K. Pritsch, J. Garbaye // *Annals of Forest Science*. - 2011. - Vol. 68. - pp. 25-32.

Rasanen P. K. Containerized Forest Tree Seedling Production and Development Prospects in Finland and Scandanavia // *Proceedings of the Canadian Containerized Tree Seedling Symposium 1981 - Toronto, Ontario*. – 1981. – P. 9-17.

Riffle J. Ectomycorrhizal characteristics, growth, and survival of artificially inoculated *Pondrosa* and *Scots pine* in a greenhouse and plantation / J. Riffle, R. Tinus // *For. Sci.*, 1982. Vol. 28. № 3. P. 646-660.

Rikala, R. Frost resistance and frost damage in *Pinus sylvestris* seedlings during shoot elongation / Risto Rikala, Tapani Repo // *Scandinavian Journal of Forest Research* 2. -1987.-433-440.

Rikala, R. *Metsäpuidenpaakkutaimienkasvatusopas*. (Production guide for containerized forest tree seedlings). *Metsäntutkimuslaitos: METLA*, 2012. - 247 p.

Rikala, R. Prediction of height development in first-year Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karsten) container seedlings in a nursery / Risto Rikala, Juha Lappi // *Baltic Forestry*. - 16 (1). - 2010. - p. 43-49.

Shi W., Grossnickle S. C., Li G., Su S., Liu Y. Fertilization and irrigation regimes influence on seedling attributes and field performance of *Pinus tabulaeformis* Carr. *Forestry*, 2019. 92 (1), 97-107. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpy035>

Smith, S., Read D. Mycorrhizal symbiosis /S. Smith, D. Read. -London: Academic Press, 2008. -514 p.

Sun Q., Dumroese R. K., & Liu Y. Container volume and subirrigation schedule influence *Quercus variabilis* seedling growth and nutrient status in the nursery and field. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2018. Vol. 33 (6), 560-567. <https://doi.org/10.1080/02827581.2018.1444787>

Tervo L. Technical development in seedling production in Finland. *Baltic Forestry*. – 2. – 1999. – p. 60-66.

Velasco M., Mattsson A. Light quality and intensity of light-emitting diodes during pre-cultivation of *Picea abies* (L.) Karst. and *Pinus sylvestris* L. seedlings – impact on growth performance, seedling quality and energy consumption, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2019, Vol. 34:3, P. 159-177, DOI: 10.1080/02827581.2019.1578404

Wagner R., Colombo S. Regenerating the Canadian Forest. Principles and Practice for Ontario /Robert G. Wagner – Published by Fitzhenry & Whiteside Limited. Markham, Ontario, Canada in Cooperation with Ontario Ministry of Natural Resources. 2001. 658 p.

Wan F., Ross-Davis A. L., Shi W., Weston C., Song X., Chang X., Teng F. Subirrigation effects on larch seedling growth, root morphology, and media chemistry. *Forests*, 2019. Vol. 10 (1). <https://doi.org/10.3390/f10010038>

Yakovlev I., Fossdal C.G., Skroppa T., Olsen J.E., Jähren A.H., Johnsen O. An Adaptive Epigenetic Memory in Conifers with Important Implications for Seed Production // *Seed Science Research*. 2012. Vol. 22, iss. 2. Pp. 63-76. 10.1017/S0960258511000535 DOI: 10.1017/S0960258511000535.

Yang W, Kobayashi H, Suzuki R, Nasahara KN. A Simple Method for Retrieving Understory NDVI in Sparse Needleleaf Forests in Alaska Using MODIS BRDF Data. *Remote Sensing*. 2014; 6(12):11936-11955.

Yazici N. Determination of water consumption of some coniferous seedlings and its relation with meteorological parameters. Doctoral Thesis, Suleyman Demirel University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, 2010. 112 p.

Zhigunov A., Saksa T., Sved J., Mochalov B., Sokolov A., Yegorov A., Romanuk B. Establishment of Forest Plantations With Container Tree Seedlings / St. Petersburg Forest Technical University, St. Petersburg Forestry Research Institute, Northern Research Institute of Forestry, Forestry Institute of the RAN Karelian Research Center, Finnish Forest Research Institute, Forestry Development Centre Tapio. — St. Petersburg, Suonenjoki: St. Petersburg Forest Technical University, Finnish Forest Research Institute, 2014. – 46 p.

Zhigunov A.V., Saksa D.S., Sved M.S. Fundamentals of container tree seedling production. St. Petersburg, Suonenjoki, St. Petersburg Forestry Research Institute, METLA, 2011. 28 p.