

Опыт применения технологий контейнерного размножения Нижневолжской станции по селекции древесных пород ФНЦ агроэкологии РАН

Александра Викторовна Семенютина

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биозэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
vnialmi@yandex.ru
 0000-0003-3250-6877

Василий Васильевич Сапронов

соискатель, директор Нижневолжской станции по селекции древесных пород
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
vnialmi@yandex.ru
 0000-0001-6945-0905

Максим Вячеславович Цой

аспирант, младший научный сотрудник
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
tsoy-m@vfanc.ru
 0000-0003-2139-7919

Поступила в редакцию 01.02.2022

Принята 11.03.2022

Опубликована 15.06.2022

 10.25726/q3802-5138-9944-b

Аннотация

Территории сухостепных регионов России находятся под постоянным антропогенным воздействием, и с каждым днем экологическая обстановка стремительными темпами ухудшается. Существующая проблема требует особого внимания и конкретных действий для создания условий положительной динамики. Одними из ключевых этапов реализации нашей концепции решения данной проблемы являются разработка методов улучшения биоресурсов деградирующих ландшафтов, научного обоснования адаптивной организации землепользования в земледелии, лесном и водном хозяйстве, рекреации, градостроительстве, озеленении населенных пунктов и животноводческих ферм с помощью обогащения дендрофлоры и повышения уровня биоразнообразия. Цель исследования – разработка биозэкологических принципов и технологий обогащения дендрофлоры хозяйственно ценными древесными растениями. Объектами исследования являлись интродукционные коллекционные ресурсы древесных растений ФНЦ агроэкологии РАН (кадастр. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10) и его филиалов (34:36:000014:178; 22:23:010003:0014; №63:23:0908001:0002). Разработаны биозэкологические принципы и технологии обогащения дендрофлоры хозяйственно-ценными древесными растениями и каталог адаптивного ассортимента для лесомелиоративных комплексов в целях предотвращения деградации и опустынивания территорий. Установлены адаптивные реакции по параметрам роста,

развитию генеративной способности для целевого использования собственных биоресурсов с учетом потенциальных инвазионных качеств и биотического потенциала. Разработаны технологические элементы и мероприятия по обогащению дендрофлоры в условиях изменения экологической среды, а именно климатических изменений и их влияния на растения.

Ключевые слова

Контейнерное размножение, биоразнообразие, дендрофлора, *Juniper sabina*, *Pseudotsuga menziesii*, *Thuja occidentalis*, сеянцы, семенной материал.

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания №0508-2021-0001 «Научные основы и технологии обогащения дендрофлоры лесомелиоративных комплексов хозяйственно ценными древесными и кустарниковыми растениями в целях предотвращения деградации и опустынивания территорий» (Регистрационный номер: 121041200197-8); финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Введение

Положительный результат искусственного восстановления в большей степени зависит от качества посевного материала и технологий выращивания. В современном питомниководстве существует три основных технологий получения сеянцев и саженцев семенным путем: посадочный материал с открытой корневой системой, выращенный в открытом грунте; посадочный материал с открытой корневой системой, выращенный в закрытом грунте; посадочный материал с закрытой корневой системой (ЗКС). Технология выращивания закрытой корневой системой на данный момент общепринята как современный и высокотехнологичный вид посадочного материала и востребована почти во всех странах мира благодаря уникальным свойствам (Allen , 2016; Bezděčková , 2018; Cregg , 2018; Chance , 2017; Chauhan, 2017).

Выделение ценного генофонда, создание постоянной лесосеменной базы и выращивание насаждений из селекционно улучшенного материала являются ключевыми направлениями обогащения дендрофлоры и повышения биоразнообразия деградированных территорий. На положительный опыт выращивания сеянцев может влиять целый спектр факторов, начиная от выбора и конструктивных особенностей теплиц, качества торфяного субстрата, особенностями минерального питания, заканчивая применяемыми методиками выращивания сеянцев (Houšková , 2021; Ilintsev , 2021; Jin, 2021).

Производство сеянцев, выращенных контейнерным способом, требует скрупулезного следования технологического процесса и операций, также неотъемлемой частью является соблюдение рекомендуемых нормативов выбора и подготовка субстрата, разновидности и способы использования удобрений, соблюдение оптимальной влажности субстрата и температуры воздуха (Castro , 2021; Giday , 2019; Hernandez , 2020; Navyarimana, 2019).

В ходе исследования был учтён опыт выращивания сеянцев отечественных и зарубежных коллег. В работе рассмотрены приемы оптимизации тепличных комплексов, опыт реализации различных составов субстратов, технологические нюансы подготовки семян к посеву, использование комплексных удобрений, подбор оптимального микроклимата в теплицах. Выявлены наиболее опасные болезни сеянцев и меры предотвращения заболеваний (Houšková , 2021; Ilintsev, 2021; Löf, 2019; Nawrot-Chorabik, 2021).

Материалы и методы исследования

На основе имеющихся методик создания питомников, была выделена обобщенная структура питомника и выделены основные функциональные зоны.

Рациональный менеджмент расположения помещений, позволил снизить затраты и время на транспортировку. Для дальнейшего расширения производства и ассортимента посадочного материала рекомендуется иметь свободную территорию (Pearson, 2013; Sukhbaatar, 2020).

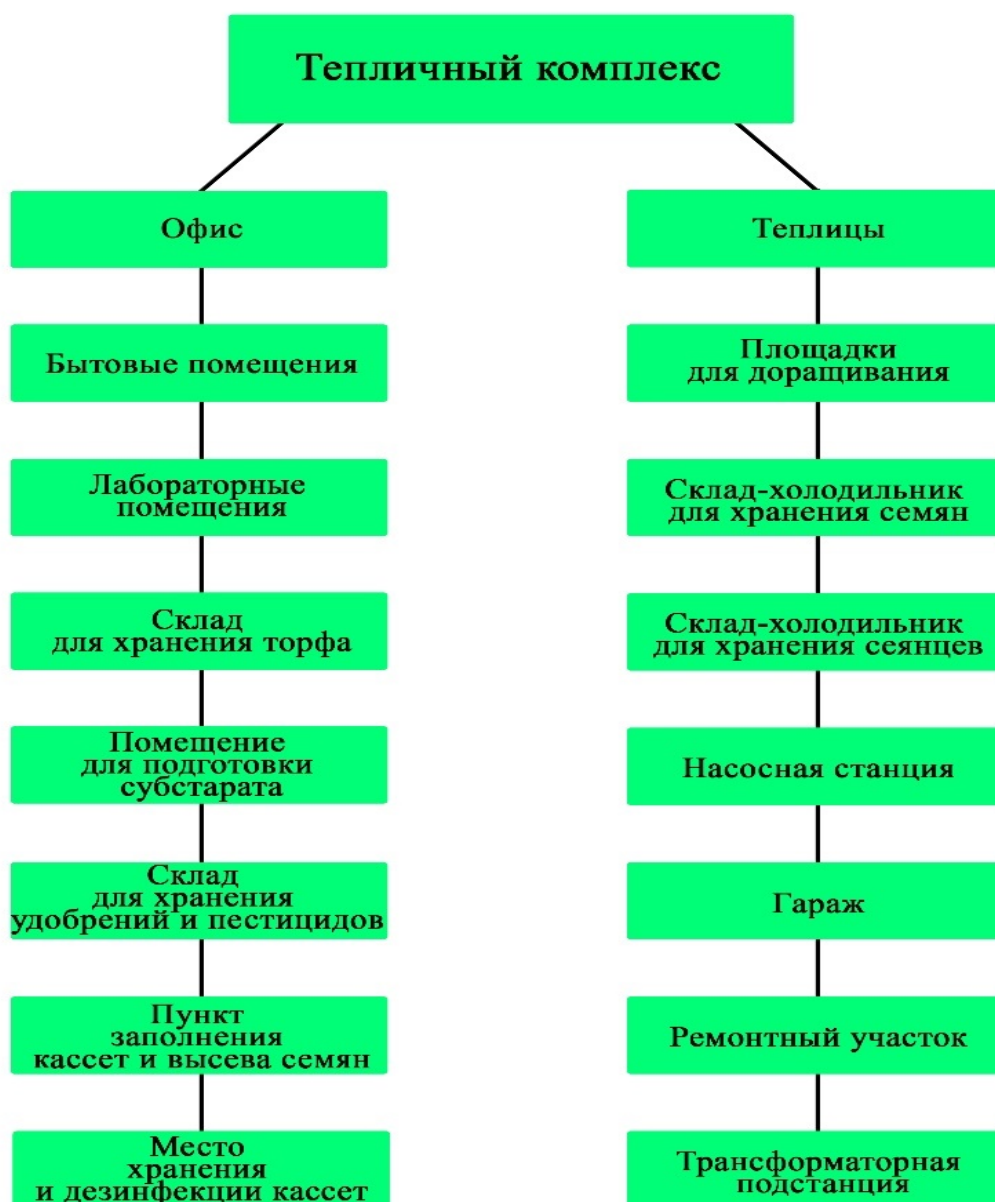


Рисунок 1. Структура тепличного комплекса на питомнике

Основные мероприятия по организации питомника контейнерного размножения посадочного материала. Все технические помещения соединяются друг с другом системами асфальтированных дорог. Расположение будущей теплицы определяет расположение источника водоснабжения, само место должно быть выровнено и очищено.

Поливная система - неотъемлемая часть тепличного комплекса, которая обеспечивает помимо выполнения основной функции, также вносит внекорневые подкормки удобрениями (рисунок 2). Воду очищают при помощи фильтров, на данном этапе решаются сразу несколько проблем: занос семян сорняков, водорослей и грибной инфекции, а также предотвращение засорения распылителей. Проверять корректное функционирование распылителей необходимо до загрузки кассет в теплицы и при каждом поливе. Если распылители засорены необходимо прочистить или заменить. По окончании полива необходимо проверить протекание воды с закрытых форсунок, так как капающая вода может вымыть семена и всходы из субстрата (Novikov , 2019; Onwuchekwa, 2014; Pashkeeva, 2021).



Рисунок 2. Поливная система тепличного комплекса

Теплицы оснащаются современными автоматическими системами вентиляции и обогрева, а при двухротационном выращивании и затенения. Важно поддерживать микроклимат (влажность и температуру) в зависимости от фазы выращивания, особенно в период проращивания.

Минимальные размеры сеянцев, выращенные в питомниках для закладки лесных культур и защитных лесных насаждений в РФ, регламентируются отраслевым стандартом сеянцев и саженцев основных древесных и кустарниковых пород (рисунок 3; таблица 1).

Таблица 1. Технические показатели кассет

Размеры кассет, см:	38,5x38,5x11
Размер ячейки, см:	4,3x4,3x11
Количество ячеек:	64
Объем ячейки, см ³ :	128
Количество сеянцев на 1м ² :	432

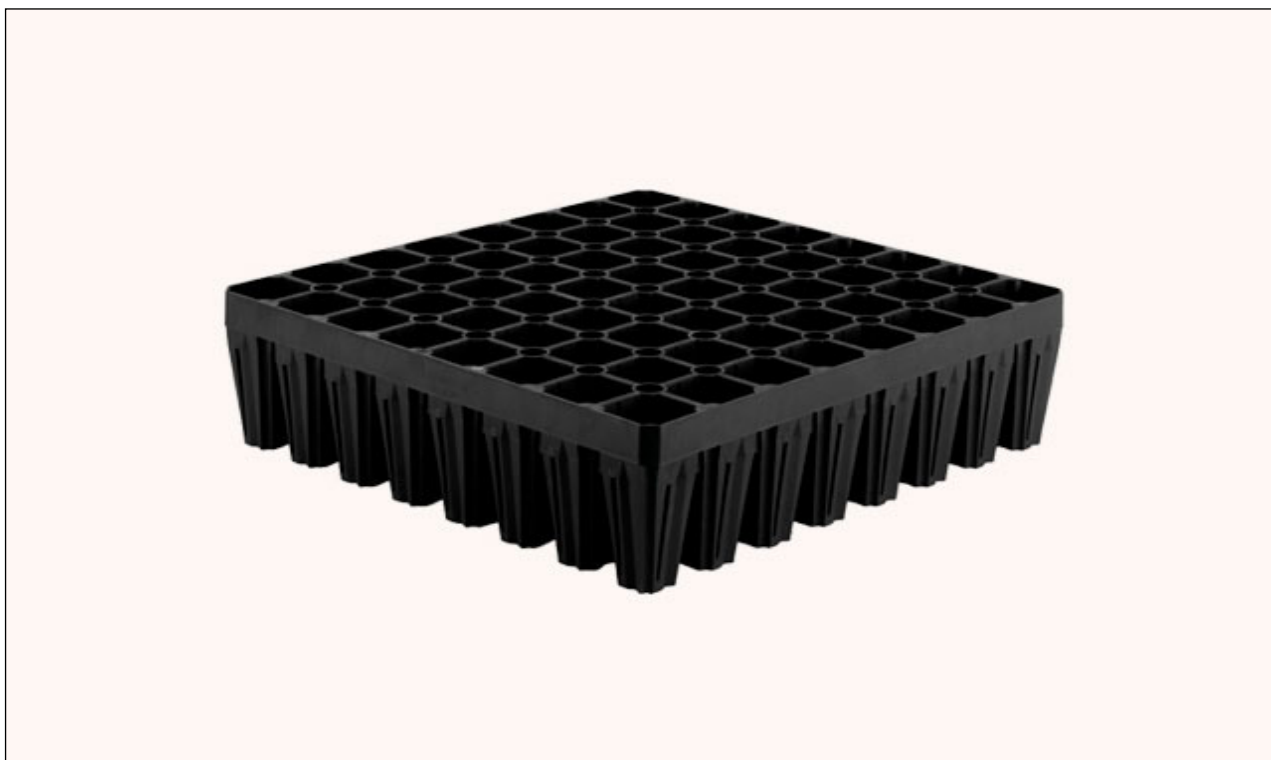


Рисунок 3. Внешний вид кассеты для выращивания сеянцев

Грамотный подбор состава субстрата гарантирует высокий процент всходов и высокие темпы роста сеянцев хвойных пород. Основой субстратов для выращивания сеянцев является верховой торф. Он обладает хорошими водными и воздушными циркуляционными свойствами, а катионообменные качества, позволяют добавлять в субстрат большое количество удобрений, не опасаясь повредить сеянцы. Качественный торф обладает бактерицидными свойствами и исключает возможность попадания в него семян сорной растительности. Бактерицидные свойства предотвращают развитие патогенной микрофлоры (Tsakaldimi, 2021; Van Thang, 2020; Velasco, 2020; Yarmalovich, 2019).

Результаты и обсуждение

Предпосевной этап. Набивка кассет происходила в период с марта по апрель текущего года. Состав субстрата: торф верховой 50%, чернозем 40%, вермикулит 10%. Субстрат смешивали в бетономешалке и рассыпали по ячейкам в кассетах, уплотняли и готовили к высеву семян (рисунок 4).



Рисунок 4. Заполнение кассет субстратом

Высаживали семенами предыдущего года, собранными в ноябре. Шишки заготавливали с растущих деревьев вручную. Далее шишки сушили и извлекали семена при помощи специального барабана. Извлеченные семена очищались на сите от крылаток и мусора вручную (рисунок 5; таблица 2).



Рисунок 5. Подготовка шишек к извлечению семян

Таблица 2 Метрические критерии к посадочному материалу

Древесные породы	Возраст не менее, лет	Толщина стволика у корневой шейки не менее, мм	Высота стволика не менее, см
<i>Platyclusus orientalis</i> (L.) Franco	2	3	10
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Milb) Franco.	2	3	15
<i>Juniper sabina</i> L.	2	2	12
<i>Thuja occidentalis</i> L.	1-2	2	12

Перед посевом семян был получен сертификат качества, для этого семенной материал отправляется в специализированное учреждение «Центр защиты леса». После установления посевных качеств, семена в феврале закладываются для стратификации в «Склад стратификации». Семена находятся в холщевых мешках при температуре 0 °С до посева в кассеты. За 3 дня до высева семена прогреваются и обрабатываются препаратом «Максим» 2 мл на 1 л воды по 30 минут от болезней хвойных.

Посев семян производился автоматическими сеялками в предварительно подготовленные и прогретые кассеты с субстратом, по 2 семени в одну ячейку. Далее сверху происходила присыпка и уплотнение семян. Набивка кассет и посев проводились с 10-14 мая (рисунок 6).



Рисунок 6. Посев семян в кассеты

Кассеты с высеянными семенами размещались в теплице двумя блоками, между ними и по краям были технологические разрывы. Количество кассет составило 2600 шт., в каждой по 64 ячейки, общей сложности потенциальная производительность теплицы составила 166 400 сеянцев (рисунок 7).



Рисунок 7. Расположение кассет в теплицах

Основные периоды роста сеянцев:

- этап проращивания (от прорастания семян до появления хвои, разрастания корня по всей ячейке),
- этап активного роста,
- закалка растений (начинается после заложения верхушечной почки).

Календарь процесса выращивания сеянцев:

Полив осуществлялся 2 раза в день утром и вечером по 40 минут.

15 мая – появление единичных всходов, 1 дня посева.

18 мая – появление массовых всходов.

24 мая обработка марганцем 1 кг на 1000 л воды 20 минут вечером

20-21 мая – продолжение появления массовых всходов (частичное полегание)

25 мая – сбрасывание «шапочки» семенной кожицы.

29 мая – натягивание затеняющей сетки ширина 3 м-55%, 4 м-50% (процент затенения)

29 мая – обработка «Стрекар» 3 л на 800 мл. воды от полегания и профилактики грибных болезней.

4 июня – подкормка «Акварином для хвойных» 30 г на 10 л. Воды

24 июня - 30 июня – прореживание посевов с одновременной прополкой.

2 июля – обработка марганцем 5 г на 10 л воды

10 июля – обработка «Акварином»

Далее каждые 2 недели производили подкормку и подсушивание мха и сине-зеленой водоросли марганцем.

В 2021 г. в теплице 1 раз произведена прополка. Подкормка проводилась аммиачной селитрой и марганцем 6 раз. В ноябре 2021 г. сеянцы будут вынесены на площадку для закаливания.

Начальный период. Для определения частоты и объема полива определяли массу кассеты с субстратом, опытным путем выявлялась масса кассеты с субстратом с оптимальным уровнем полива.

Возможно появление погрешности в массе кассеты, которое может быть обусловлено разным уровнем разложения, влажности и уплотнения торфа. Для каждой теплицы проводили ряд экспериментальных опытов для получения данных по оптимальному уровню полива. Первый полив осуществлялся непосредственно после перемещения засеянных кассет в теплицы. Первые 2-3 дня происходит насыщение влагой субстрата, а также набухание семян. При достижении массы кассеты 90% предельной массы полив прекращают.

Для ускорения прорастания семян использовали дополнительное отопление, температурный режим отслеживали и регулировали в зависимости от текущего состояния увлажненности помещения и кассет. Первые всходы появлялись на 8-10 день после посева (март – начало апреля). Для дальнейшего стимулирования роста сеянцев увеличивали световой день методом «досветки», в условиях удлиненного светового дня ювенильные особи не закладывают сразу верхушечную почку, а продолжают рост (рисунок 8).

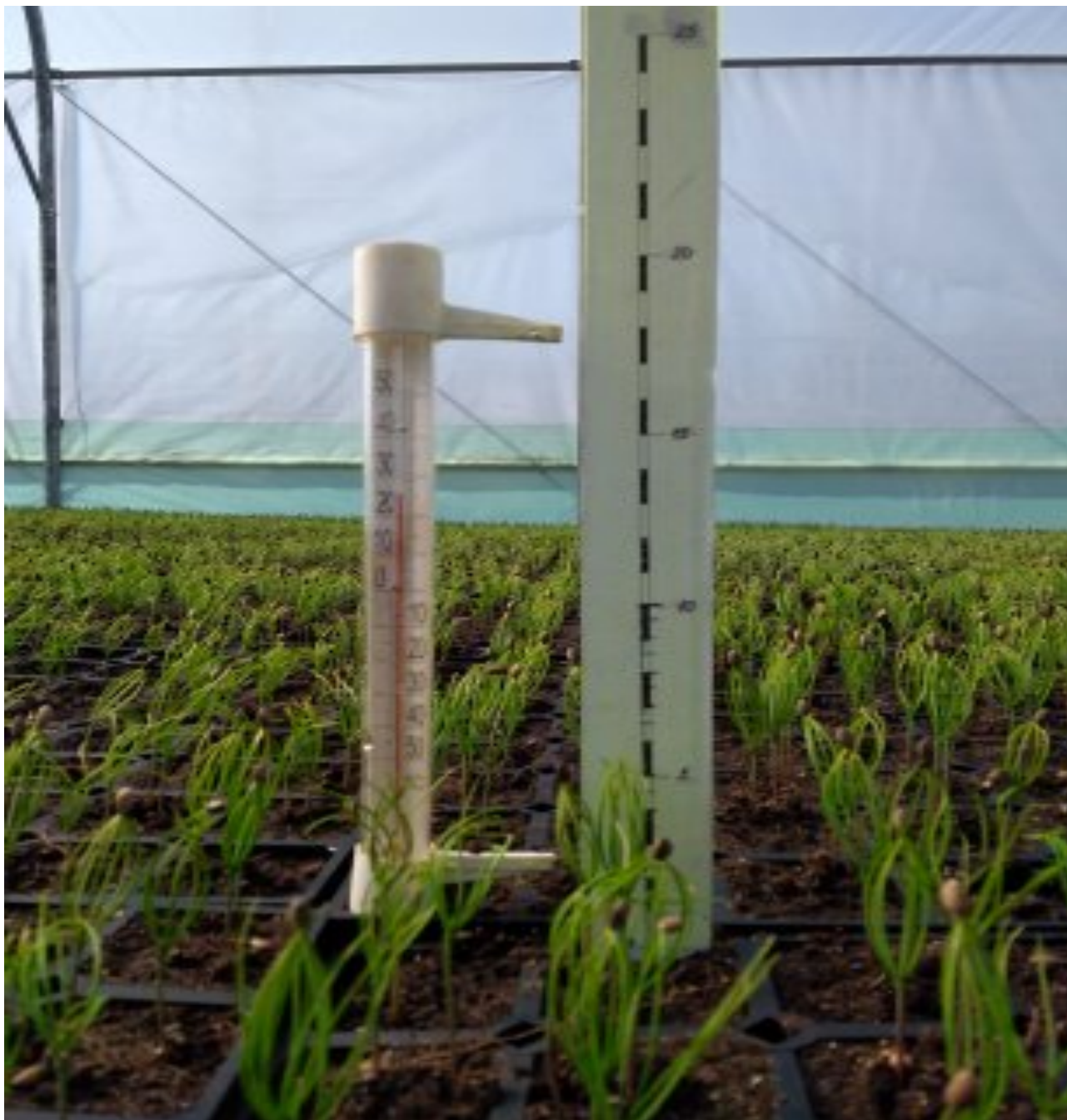


Рисунок 8. Температурный режим теплиц при ювенильной стадии развития посадочного материала

В ячейках кассет могли прорасти два сеянца, в данных случаях один из них аккуратно удаляли, не повредив другой. Данная процедура необходима для того, чтобы не возникали деформации и скрученности корней. Изъятые сеянцы пересаживали в ячейки без всходов, что позволяло повысить продуктивность и себестоимость посадочного материала. Вышеуказанные действия проводили до формирования у растений боковых корней (через 2 недели после посева) (рисунок 9).



Рисунок 9. Кассеты с прореженными сеянцами

Период быстрого роста. В данный период роста температуру воздуха в теплице поддерживали несколько ниже уровнем, чем в начальный период, для формирования таких условий периодически теплицы проветривали.

В жаркую летнюю погоду для сеянцев создавали затенение, а также включали автоматизированную систему принудительной вентиляции, в зависимости от внешнего температурного режима регулировали частоту включений и длительность (рисунок 10).

В условиях постоянной циркуляции воздуха влажность поддерживали на уровне 50-70%, что благотворно влияло на фотосинтез сеянцев.



Рисунок 10. Работа системы занавесов, формирование искусственного притенения

Частота полива напрямую зависела от периода роста сеянцев, переизбыток влаги мог привести к ухудшению аэрации субстрата, развитию патогенных грибов, водорослей и мхов. Однако и недостаточный полив мог бы привести к негативным последствиям, таким как потеря тургорного давления в хвое, уменьшение темпов роста и развития, при достижении критически низкого уровня влаги растения усыхают. Поэтому проводили постоянный мониторинг за показателями микроклимата теплицы.

Подкормка вносилась на 3-ю неделю выращивания сеянцев, в качестве удобрений использовали «Акварин», в пропорции 30 г на 10 л воды.

Период закаливания. Как правило удобрения в период закаливания не вносились, за исключением, когда необходимо было повысить устойчивость сеянцев к болезням. Полив умеренный, частота включения зависела от количества выпавших осадков.

При ранневесеннем посеве (март-май) обработку режимом короткого дня не проводили, так как с июня по сентябрь началось естественное уменьшение светового дня. При посадке летом формировался 10-12 часовой световой период в течение 2-4 недель, такой режим способствовал формированию верхушечной почки и одревеснения стволика сеянца.

Защита от заморозков осуществлялась специальными укрывными материалами, а также дождевальными установками, тем самым достигалась защита от морозов до -7°C . Полив продолжался до возвращения температуры выше 0°C .

Сеянцы находились в теплице на протяжении вегетационного периода (до конца сентября). При появлении верхушечной почки и частичного одревеснения, сеянцы переносили на площадки закаливания.

Болезни сеянцев. Высокая влажность в совокупности с положительными температурами в теплице создают благоприятную среду для возникновения патогенной микрофлоры, которые могут вызвать целый спектр болезней хвойных. Для профилактики возникновения очагов заражения семена вымачивались в растворе марганца в течение 20 минут.

Контроль сорной растительности. Под воздействием ветровых потоков в теплицу возможен занос семян сорных растений, которые могут уменьшить продуктивность тепличного комплекса, приводящая к сопутствующим финансовым и трудовым издержкам. Поэтому своевременно и регулярно

производились процедуры прополки и обработки гербицидами кассет. Основной задачей являлось обнаружение зон с сорными растениями и локализация, также скашивание сорной растительности вблизи от тепличного комплекса. Данное мероприятие могло уменьшить вероятность массового нанося семян.

При возникновении водорослей на кассетах необходимо полив организовывали в утренние часы и далее проветривали с целью подсушения торфа. Избыточный полив стимулировал рост мхов и водорослей, поэтому мы ориентировались на нормы полива (рисунок 11).



Рисунок 11. Кассеты, заросшие мхом из-за нарушения норм полива

Инвентаризация и хранение посадочного материала. В конце периода выращивания проводили подсчет посадочного материала, с целью выявления статистических показателей успешности работы тепличного комплекса. При инвентаризации учитывались метрические показатели сеянцев такие как, высота и диаметр. Для определения продуктивности работы тепличного комплекса учитывалось число больных, двухвершинных растений, сеянцев имеющие механические повреждения, зараженные болезнями и вредителями (рисунок 12, 13,14).



Рисунок 12. Промер готового посадочного материала

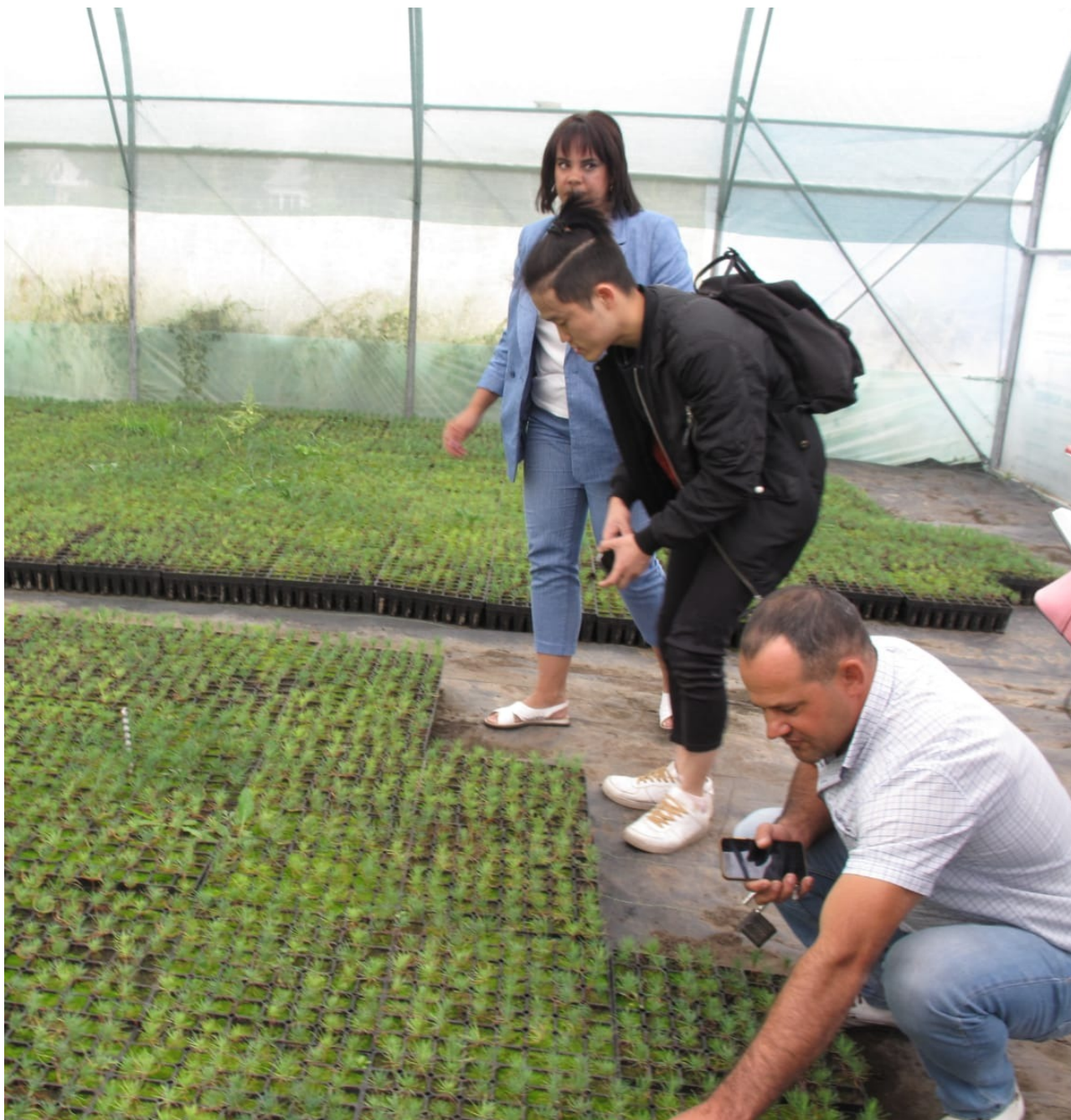


Рисунок 13. Инвентаризация посадочного материала

Зимой сеянцы хранили на площадках доращивания, в холодильных камерах и ледниках. Если снежный покров отсутствовал, сеянцы засыпали искусственным снегом при помощи снегогенераторов. При краткосрочном хранении сеянцы помещали в ледники или холодные склады от 0 до +2 °С от 2 недель до 2 месяцев и относительной влажностью воздуха от 80-100%. При длительном хранении сеянцы содержали при температуре -4 -5°С в морозильных камерах до 8 месяцев. Наиболее уязвимыми к заморозкам являлись корневые системы, поэтому боковые стенки укрывали спанбондом и присыпали их снегом.



Рисунок 14. Общий вид размещения кассет с сеянцами в теплице

Заключение

Разработаны биоэкологические принципы и технологии обогащения дендрофлоры хозяйственно ценными древесными растениями и каталог адаптивного ассортимента для лесомелиоративных комплексов в целях предотвращения деградации и опустынивания территорий.

Установлены особенности семенного и вегетативного размножения хвойных древесных растений, в том числе с закрытой корневой системой с целью создания фонда посадочного материала для озеленения и лесомелиорации в условиях сухой степи.

Выявлено, что успех выращивания сеянцев в контейнерах (закрытая корневая система) обусловлен комплексом факторов (тип теплиц, качество субстрата, минеральное питание, режимы температуры и влажности воздуха в теплице, субстрата, технологические схемы выращивания).

На основании выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой сосны крымской на Нижневолжской станции по селекции древесных пород разработан регламент и даны предложения по инфраструктуре тепличного комплекса, поливной системе, системе вентиляции и обогрева, подбора кассет для выращивания сеянцев. А также подготовка субстратов, подготовка семян к посеву, проведение подкормок сеянцев в теплицах. Изучены периоды роста сеянцев, температурный и влажностный режимы, освещенность.

В ходе исследования был учтён опыт выращивания сеянцев отечественных и зарубежных коллег. В работах рассмотрены приемы оптимизации тепличных комплексов, опыт реализации различных составов субстратов, технологические нюансы подготовки семян к посеву, использование комплексных удобрений, подбор оптимального микроклимата в теплицах. Выявлены наиболее опасные болезни сеянцев и меры предотвращения заболеваний.

Список литературы

1. Allen K.S., Harper R.W., Bayer A., Brazee N.J. (2017). A review of nursery production systems and their influence on urban tree survival. *Urban Forestry and Urban Greening*. Vol. 21. pp. 183-191. DOI: 10.1016/j.ufug.2016.12.002.
2. Bezděčková L., Matějka K. (2018). Influence of weather conditions on the quality of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seeds [Vliv Počasí na kvalitu semen borovice

lesní (*Pinus sylvestris* L.) a smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.)). Zpravy Lesnickeho Vyzkumu. Vol. 63. Iss. 1. pp. 1-9.

3. Cregg B., Ellison D. (2018). Growth and establishment of container-grown London planetrees in response to mulch, root-ball treatment and fertilization. *Urban Forestry and Urban Greening*. Vol. 35. pp. 139-147. DOI: 10.1016/j.ufug.2018.08.014.

4. Chance L.M.G., Arnold M.A., Lombardini L., Todd Watson W., Carver S.T., King A.R. (2017). Landscape establishment for baldcypress, red maple, and chaste tree is delayed for treestransplanted from larger containers. *Journal of Environmental Horticulture*. Vol. 35. Iss. 2. pp. 43 – 57. DOI: 10.24266/0738-2898-35.2.43.

5. Chauhan S.K., Sharma R. (2017). Growth and quality indices of different nitrogen fixing tree nursery plants. *Indian Journal of Ecology*. Vol. 44. Iss. 2. pp. 344-347.

6. Castro D., Schneider A.N., Holmlund M., Näsholm T., Street N.R., Hurry V. (2021). Effects of early, small-scale nitrogen addition on germination and early growth of scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings and on the recruitment of the root-associated fungal community. *Forests*. Vol. 12. Iss. 11. №1589. DOI: 10.3390/f12111589.

7. Giday K., Aerts R., Muys B., Troyo-Diéguez E., Azadi H. (2019). The effect of shade levels on the survival and growth of planted trees in dry afro-montane forest: Implications for restoration success. *Journal of Arid Environments*. Vol. 170. № 103992. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2019.103992.

8. Hernandez Velasco M. (2020). Treatments for induction of cold hardiness in *Picea abies* (L.) Karst. and *Pinus sylvestris* L. seedlings pre-cultivated under light-emitting diodes - impact of photoperiod and temperature including energy consumption and seedling quality after cold storage. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Vol. 35. Iss. 1-2. pp. 46-58. DOI: 10.1080/02827581.2020.1718199.

9. Havyarimana D., Muthuri C., Muriuki J., Mburu D. (2019). Constraints encountered by nursery operators in establishing agroforestry tree nurseries in Burundi. *Agroforestry Systems*. Vol. 93. Iss. 4. pp. 1361-1375. DOI: 10.1007/s10457-018-0246-2.

10. Houšková K., Klepárník J., Mauer O. (2021). How to accelerate the germination of Scots pine and Norway spruce seeds? *Journal of Forest Science*. Vol. 67. Iss. 3. pp. 134-142. DOI: 10.17221/133/2020-JFS.

11. Ilintsev A., Soldatova D., Bogdanov A., Koptev S., Tretyakov S. (2021). Growth and structure of pre-mature mixed stands of Scots pine created by direct seeding in the boreal zone. *Journal of Forest Science*. Vol. 67. Iss. 1. pp. 21-35. DOI: 10.17221/70/2020-JFS.

12. Jin H., Qin L.W., Liu L.J., Chen Q.H., Jia X., Dai Y.H., Zhao Y., Yin H. (2021). Effects of light conditions at different growth stages on growth and photosynthetic characteristics of *Pinus sylvestris* var. *Sylvestriformis* Seedlings. *Applied Ecology and Environmental Research*. Vol. 19. Iss. .2. pp. 1149-1162. DOI: 10.15666/aeer/1902_11491162.

13. Khanova E., Konovalov V., Timeryanov A., Isyanyulova R., Rafikova D. (2020). Genetic and selection assessment of the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in forest seed orchards. *Wood Research*. Vol. 65. Iss. 2. pp. 283-292.

14. Löf M., Madsen P., Metslaid M., Witzell J., Jacobs D.F. (2019). Restoring forests: regeneration and ecosystem function for the future. *New Forests*. Vol. 50. Iss. 2. pp. 139-151. DOI: 10.1007/s11056-019-09713-0.

15. Nawrot-Chorabik K., Osmenda M., Słowiński K., Latowski D., Tabor S., Woodward S. (2021). Stratification, scarification and application of phytohormones promote dormancy breaking and germination of pelleted scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds. *Forests*. Vol. 12. Iss. 5. № 621. DOI: 10.3390/f12050621.

16. Novikov A., Sokolov S., Drapalyuk M., Zelikov V., Ivetic V. (2019). Performance of scots pine seedlings from seeds graded by colour. *Forests*. Vol. 10. Iss. 12. № 1064. DOI: 10.3390/f10121064.

17. Onwuchekwa N.E., Zwiazek J.J., Quoreshi A., Khasa D.P. (2014). Growth of mycorrhizal jack pine (*Pinus banksiana*) and white spruce (*Picea glauca*) seedlings planted in oil sands reclaimed areas. *Mycorrhiza*. Vol. 24. Iss. 6. pp. 431-441. DOI: 10.1007/s00572-014-0555-x.

18. Pearson M., Saarinen M., Nummelin L., Heiskanen J., Roitto M., Sarjala T., Laine J. (2013). Tolerance of peat-grown Scots pine seedlings to waterlogging and drought: Morphological, physiological, and metabolic responses to stress. *Forest Ecology and Management*. Vol. 307. pp. 43-53. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.07.007.
19. Pashkeeva O.E., Grodnitskaya I.D., Antonov G.I., Lomovsky O.I., Gaidasheva I.I. (2021). The Effect of Treatment of Scots Pine Seeds by Microorganisms and Phytopreparations on the Seedling Safety and Soil Properties in a Forest Nursery. *Russian Journal of Forest Science*. Iss. 2. pp. 143-155.
20. Socha J., Solberg S., Tymińska-Czabańska L., Tompalski P., Vallet P. (2021). Height growth rate of Scots pine in Central Europe increased by 29% between 1900 and 2000 due to changes in site productivity. *Forest Ecology and Management*. Vol. 490. № 119102. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119102.
21. Sukhbaatar G., Ganbaatar B., Jamsran T., Purevragchaa B., Nachin B., Gradel A. (2020). Assessment of early survival and growth of planted Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings under extreme continental climate conditions of northern Mongolia. *Journal of Forestry Research*. Vol. 31. Iss. 1. pp. 13-26. DOI: 10.1007/s11676-019-00935-8.
22. Tsakalidimi M., Giannaki P., Ivetić V., Kapsali N., Ganatsas P. (2021). Fertilization and shading trials to promote *Pinus nigra* seedlings' nursery growth under the climate change demands. *Sustainability (Switzerland)*. Vol. 13. Iss. 6. № 3563. DOI: 10.3390/su13063563.
23. Van Thang H., Dien N.T., van Lang C., van Thanh H., van Do T. (2020). Transplanting time affects survival and growth of *Prunus arborea* seedlings in nursery. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*. Vol. 21. Iss. 45-46. pp. 86-93.
24. Velasco M.H., Mattsson A. (2020). Light shock stress after outdoor sunlight exposure in seedlings of *Picea abies* (L.) Karst. and *Pinus sylvestris* L. pre-cultivated under LEDs-possible mitigation treatments and their energy consumption. *Forests*. Vol. 11. Iss. 3. № 354. DOI: 10.3390/f11030354.
25. Yarmalovich V.A., Siaredzich M.O. (2019). Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. Vol. 12. Iss. 2. pp. 27-36. DOI: 10.31926/but.fwiafe.2019.12.61.2.2.

Experience in the use of container multiplication technologies at the Nizhnevolzhskaya Station for the selection of tree species of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences

Alexandra V. Semenyutina

doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Ecology of Woody Plants
Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Forest Reclamations RAS, Volgograd,
Russian Federation
Volgograd, Russia
vnialmi@yandex.ru
 0000-0003-3250-6877

Vasily V. Sapronov

candidate for a degree, director of the Nizhnevolzhskaya Station for Tree Breeding
Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Forest Reclamations RAS, Volgograd,
Russian Federation
Russia, Volgograd
pitomnik-vnialmi@mail.ru
 0000-0001-6945-0905

Maxim V. Tsoi

postgraduate student, junior researcher at the Laboratory of Bioecology of Woody Plants
Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Forest Reclamations RAS, Volgograd,
Russian Federation

tsoy-m@vfanc.ru

 0000-0003-2139-7919

Received 01.02.2022

Accepted 11.03.2022

Published 15.06.2022

 10.25726/q3802-5138-9944-b

Abstract

The territories of the dry-steppe regions of Russia are under constant anthropogenic influence, and every day the ecological situation is rapidly deteriorating. The existing problem requires special attention and concrete actions to create conditions for positive dynamics. One of the key stages in the implementation of our concept for solving this problem is the development of methods for improving the bioresources of degrading landscapes, scientific substantiation of the adaptive organization of land use in agriculture, forestry and water management, recreation, urban planning, landscaping of settlements and livestock farms by enriching the dendroflora and increasing the level of biodiversity. The purpose of the study is to develop bioecological principles and technologies for enriching dendroflora with economically valuable woody plants. The objects of the study were the introduction collection resources of woody plants of the Federal Scientific Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences (cadastre № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10) and its branches (34:36:000014:178; 63:23:0908001:0002). Bioecological principles and technologies for enriching dendroflora with economically valuable woody plants and a catalog of an adaptive assortment for forest reclamation complexes in order to prevent degradation and desertification of territories have been developed. Adaptive responses have been established in terms of growth parameters, the development of generative capacity for the targeted use of one's own bioresources, taking into account potential invasive qualities and biotic potential. Technological elements and measures have been developed to enrich the dendroflora under the conditions of a changing ecological environment, namely, climatic changes and their impact on plants.

Keywords

container propagation, biodiversity, dendroflora, *Juniper sabina*, *Pseudotsuga menziesii*, *Thuja occidentalis*, seedlings, seed material.

The research was carried out within the framework of the state task No. 0508-2021-0001 "Scientific foundations and technologies for enriching the dendroflora of forest reclamation complexes with economically valuable woody and shrubby plants in order to prevent degradation and desertification of territories" (Registration number: 121041200197-8); funding of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

References

1. Allen K.S., Harper R.W., Bayer A., Brazee N.J. (2017). A review of nursery production systems and their influence on urban tree survival. Urban Forestry and Urban Greening. Vol. 21. pp. 183-191. DOI: 10.1016/j.ufug.2016.12.002.
2. Bezděčková L., Matějka K. (2018). Influence of weather conditions on the quality of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seeds [Vliv Počasí na kvalitu semen borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) a smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.)]. Zpravy Lesnického Vyzkumu. Vol. 63. Iss. 1. pp. 1-9.

3. Cregg B., Ellison D. (2018). Growth and establishment of container-grown London planetrees in response to mulch, root-ball treatment and fertilization. *Urban Forestry and Urban Greening*. Vol. 35. pp. 139-147. DOI: 10.1016/j.ufug.2018.08.014.
4. Chance L.M.G., Arnold M.A., Lombardini L., Todd Watson W., Carver S.T., King A.R. (2017). Landscape establishment for baldcypress, red maple, and chaste tree is delayed for treestransplanted from larger containers. *Journal of Environmental Horticulture*. Vol. 35. Iss. 2. pp. 43 – 57. DOI: 10.24266/0738-2898-35.2.43.
5. Chauhan S.K., Sharma R. (2017). Growth and quality indices of different nitrogen fixing tree nursery plants. *Indian Journal of Ecology*. Vol. 44. Iss. 2. pp. 344-347.
6. Castro D., Schneider A.N., Holmlund M., Näsholm T., Street N.R., Hurry V. (2021). Effects of early, small-scale nitrogen addition on germination and early growth of scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings and on the recruitment of the root-associated fungal community. *Forests*. Vol. 12. Iss. 11. №1589. DOI: 10.3390/f12111589.
7. Giday K., Aerts R., Muys B., Troyo-Diéguez E., Azadi H. (2019). The effect of shade levels on the survival and growth of planted trees in dry afro-montane forest: Implications for restoration success. *Journal of Arid Environments*. Vol. 170. № 103992. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2019.103992.
8. Hernandez Velasco M. (2020). Treatments for induction of cold hardiness in *Picea abies* (L.) Karst. and *Pinus sylvestris* L. seedlings pre-cultivated under light-emitting diodes - impact of photoperiod and temperature including energy consumption and seedling quality after cold storage. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Vol. 35. Iss. 1-2. pp. 46-58. DOI: 10.1080/02827581.2020.1718199.
9. Havyarimana D., Muthuri C., Muriuki J., Mburu D. (2019). Constraints encountered by nursery operators in establishing agroforestry tree nurseries in Burundi. *Agroforestry Systems*. Vol. 93. Iss. 4. pp. 1361-1375. DOI: 10.1007/s10457-018-0246-2.
10. Houšková K., Klepárník J., Mauer O. (2021). How to accelerate the germination of Scots pine and Norway spruce seeds? *Journal of Forest Science*. Vol. 67. Iss. 3. pp. 134-142. DOI: 10.17221/133/2020-JFS.
11. Ilintsev A., Soldatova D., Bogdanov A., Koptev S., Tretyakov S. (2021). Growth and structure of pre-mature mixed stands of Scots pine created by direct seeding in the boreal zone. *Journal of Forest Science*. Vol. 67. Iss. 1. pp. 21-35. DOI: 10.17221/70/2020-JFS.
12. Jin H., Qin L.W., Liu L.J., Chen Q.H., Jia X., Dai Y.H., Zhao Y., Yin H. (2021). Effects of light conditions at different growth stages on growth and photosynthetic characteristics of *Pinus sylvestris* var. *Sylvestriformis* Seedlings. *Applied Ecology and Environmental Research*. Vol. 19. Iss. 2. pp. 1149-1162. DOI: 10.15666/aeer/1902_11491162.
13. Khanova E., Konovalov V., Timeryanov A., Isyanyulova R., Rafikova D. (2020). Genetic and selection assessment of the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in forest seed orchards. *Wood Research*. Vol. 65. Iss. 2. pp. 283-292.
14. Löf M., Madsen P., Metslaid M., Witzell J., Jacobs D.F. (2019). Restoring forests: regeneration and ecosystem function for the future. *New Forests*. Vol. 50. Iss. 2. pp. 139-151. DOI: 10.1007/s11056-019-09713-0.
15. Nawrot-Chorabik K., Osmenda M., Słowiński K., Latowski D., Tabor S., Woodward S. (2021). Stratification, scarification and application of phytohormones promote dormancy breaking and germination of pelleted scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds. *Forests*. Vol. 12. Iss. 5. № 621. DOI: 10.3390/f12050621.
16. Novikov A., Sokolov S., Drapalyuk M., Zelikov V., Ivetic V. (2019). Performance of scots pine seedlings from seeds graded by colour. *Forests*. Vol. 10. Iss. 12. № 1064. DOI: 10.3390/f10121064.
17. Onwuchekwa N.E., Zwiazek J.J., Quoreshi A., Khasa D.P. (2014). Growth of mycorrhizal jack pine (*Pinus banksiana*) and white spruce (*Picea glauca*) seedlings planted in oil sands reclaimed areas. *Mycorrhiza*. Vol. 24. Iss. 6. pp. 431-441. DOI: 10.1007/s00572-014-0555-x.
18. Pearson M., Saarinen M., Nummelin L., Heiskanen J., Roitto M., Sarjala T., Laine J. (2013). Tolerance of peat-grown Scots pine seedlings to waterlogging and drought: Morphological, physiological, and

metabolic responses to stress. *Forest Ecology and Management*. Vol. 307. pp. 43-53. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.07.007.

19. Pashkeeva O.E., Grodnitskaya I.D., Antonov G.I., Lomovsky O.I., Gaidasheva I.I. (2021). The Effect of Treatment of Scots Pine Seeds by Microorganisms and Phytopreparations on the Seedling Safety and Soil Properties in a Forest Nursery. *Russian Journal of Forest Science*. Iss. 2. pp. 143-155.

20. Socha J., Solberg S., Tymińska-Czabańska L., Tompalski P., Vallet P. (2021). Height growth rate of Scots pine in Central Europe increased by 29% between 1900 and 2000 due to changes in site productivity. *Forest Ecology and Management*. Vol. 490. № 119102. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119102.

21. Sukhbaatar G., Ganbaatar B., Jamsran T., Purevragchaa B., Nachin B., Gradel A. (2020). Assessment of early survival and growth of planted Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings under extreme continental climate conditions of northern Mongolia. *Journal of Forestry Research*. Vol. 31. Iss. 1. pp. 13-26. DOI: 10.1007/s11676-019-00935-8.

22. Tsakalimi M., Giannaki P., Ivetić V., Kapsali N., Ganatsas P. (2021). Fertilization and shading trials to promote *Pinus nigra* seedlings' nursery growth under the climate change demands. *Sustainability (Switzerland)*. Vol. 13. Iss. 6. № 3563. DOI: 10.3390/su13063563.

23. Van Thang H., Dien N.T., van Lang C., van Thanh H., van Do T. (2020). Transplanting time affects survival and growth of *Prunus arborea* seedlings in nursery. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*. Vol. 21. Iss. 45-46. pp. 86-93.

24. Velasco M.H., Mattsson A. (2020). Light shock stress after outdoor sunlight exposure in seedlings of *Picea abies* (L.) Karst. and *Pinus sylvestris* L. pre-cultivated under LEDs-possible mitigation treatments and their energy consumption. *Forests*. Vol. 11. Iss. 3. № 354. DOI: 10.3390/f11030354.

25. Yarmalovich V.A., Siaredzich M.O. (2019). Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. Vol. 12. Iss. 2. pp. 27-36. DOI: 10.31926/but.fwiafe.2019.12.61.2.2.