

АГРОТЕХНИКА ВЫРАЩИВАНИЯ МИКОРИЗОВАННОГО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА



ISBN 978-985-477-923-2



9 789854 779232

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Мозырский государственный педагогический университет
имени И. П. Шамякина»

Государственное научное учреждение
«Институт леса НАН Беларуси»

АГРОТЕХНИКА ВЫРАЩИВАНИЯ
МИКОРИЗОВАННОГО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА

Справочник

Мозырь
МГПУ им. И. П. Шамякина
2024

УДК 630*232.411.3
ББК 34.751
А26

Составители:

В. В. Копытков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры биологии и химии УО МГПУ им. И. П. Шамякина, заведующий сектором биорегуляции выращивания лесопосадочного материала Института леса НАН Беларуси;
А. А. Кулик, соискатель Института леса НАН Беларуси, Министр лесного хозяйства Республики Беларусь

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий лабораторией кормления и физиологии питания крупного рогатого скота РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству» **В. Ф. Радчиков**;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории проблем почвоведения и реабилитации антропогенно нарушенных лесных земель Института леса НАН Беларуси **И. А. Машков**

Печатается по решению редакционно-издательского совета учреждения образования «Мозырский государственный педагогический университет им. И. П. Шамякина»

Агротехника выращивания микоризованного посадочного материала : справ. / А26 сост. В. В. Копытков, А. А. Кулик. – Мозырь : МГПУ им. И. П. Шамякина, 2024. – 68 с. ISBN 978-985-477-923-2.

В справочнике рассмотрены вопросы агротехники выращивания микоризованного посадочного материала хвойных пород с закрытой и открытой корневой системой. Представлена методика исследований по определению различных форм и степени микоризности корневых систем семян лесных пород.

Издание предназначено для студентов, магистрантов и аспирантов биологических и сельскохозяйственных специальностей, изучающих дисциплину «Основы общего земледелия». Также может быть использовано для проведения полевых и лабораторных исследований с целью сбора материала для выполнения курсовых и дипломных работ.

УДК 630*232.411.3
ББК 34.751

Справочное издание

АГРОТЕХНИКА ВЫРАЩИВАНИЯ МИКОРИЗОВАННОГО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА

Справочник

Копытков Владимир Васильевич,
Кулик Александр Антонович

Корректор **В. В. Кузьмич**
Оригинал-макет **М. В. Бобкова**
Дизайн обложки **Л. В. Клочкова**

Иллюстративный материал на первой странице обложки заимствован из общедоступных Интернет-ресурсов, не содержащих ссылок на авторов этих материалов и ограничения на их заимствование.

Подписано в печать 18.12.2024. Формат 60х84 1/16. Бумага офсетная. Цифровая печать. Усл. печ. л. 3,95. Уч.-изд. л. 4,81. Тираж 40 экз. Заказ 31.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования «Мозырский государственный педагогический университет имени И. П. Шамякина». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/306 от 22 апреля 2014 г.
Ул. Студенческая, 28, 247777, Мозырь, Гомельская обл. Тел. (0236) 24-61-29.

ISBN 978-985-477-923-2

© Копытков В. В., Кулик А. А., составление, 2024
© УО МГПУ им. И. П. Шамякина, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОВОДИМЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ И СТЕПЕНИ МИКОРИЗНОСТИ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ СЕЯНЦЕВ	6
2. ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ЛЕСНОГО И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА	9
2.1. Основные требования к ингредиентам для получения органических удобрений	9
2.2. Физико-химические показатели разработанных субстратов	17
3. АГРОТЕХНИКА ВЫРАЩИВАНИЯ МИКОРИЗОВАННОГО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА	21
3.1. Агротехнические приемы при выращивании сеянцев лесных пород.....	21
3.2. Технологические операции при выращивании сеянцев сосны обыкновенной с высокой степенью микоризности корневой системы.....	59
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	67

ВВЕДЕНИЕ

Интенсификация питомнического хозяйства и увеличение выхода стандартного посадочного материала с единицы площади может быть достигнуто на основе совершенствования агротехнологии, обеспечивающей интенсивное и целенаправленное выращивание сеянцев с высокой степенью микоризности корней. Одной из главных причин низкой эффективности лесного питомнического хозяйства является недостаточное обеспечение почв элементами органического и минерального питания, в первую очередь гумусом. В пахотном горизонте большинства лесных питомников Беларуси содержание гумуса составляет менее 2 %. При этом 20 % питомников расположены на тяжелых почвах, с повышенной плотностью и низкой воздухообеспеченностью.

В Беларуси имеется большое количество отходов деревообработки в виде древесной коры и опилок, которые целесообразно использовать для улучшения физико-химических свойств пахотного горизонта лесных питомников и получения на их основе компостов.

По данным Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, в 2023 г. переработано древесины различных пород и получены отходы от лесопиления в виде древесных опилок и коры в объеме 586 909 тыс. м³. Дополнительно было получено 900 тыс. м³ щепы. Итого, в 2023 году отходы по Министерству лесного хозяйства Беларуси составили 1487 тыс. м³, или примерно 1,5 млн м³.

В 2023 году в учреждениях Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь было выращено 33,6 млн шт. посадочного материала с закрытой корневой системой. Для его выращивания ежегодно необходимо более 4,5 тыс. тонн торфяного субстрата. Значительное количество торфа идет также для заполнения теплиц и коробов при выращивании сосны обыкновенной, ели европейской и березы повислой в закрытом грунте.

Практически все лесхозы Гомельского государственного производственного лесохозяйственного объединения (ГПЛХО) соблюдают агротехнические приемы, которые определены в «Наставлении по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых видов в лесных питомниках Республики Беларусь» [1]. По данным отдела лесного хозяйства Гомельского ГПЛХО в 2024 г. было закуплено торфяно-перлитного субстрата в количестве 2356,5 м³, а общее количество органических удобрений, заготовленных лесхозами, составило 4670 т. Лесхозы Гомельской области собственными силами заготовили почти в 2 раза больше органических удобрений, чем было закуплено торфо-перлитного субстрата.

Перспективность использования коровых и опилочных компостов для улучшения плодородия и структурообразования почвы лесных питомников отмечена в ряде публикаций [2–9]. В «Наставлении по выращиванию посадочного материала деревьев и кустарников в лесных питомниках

Белоруссии» [10] отмечается, что коровые компосты являются одним из возможных резервов для получения компостированных органических удобрений в лесных питомниках. Однако нормативные документы по использованию древесной коры в качестве одного из элементов компоста для выращивания семян хвойных пород в республике отсутствуют.

Целенаправленное воздействие на растение и окружающую среду путем повышения плодородия почвы лесных питомников за счет внесения компостов на основе коры и опилок усиливает микотрофию семян за счет более раннего и интенсивного микоризообразования [11–13].

В лесных питомниках микоризообразование семян определяется применяемой агротехникой: обработкой почвы, севооборотами, использованием удобрений, пестицидов и т. п. В настоящее время агротехника выращивания посадочного материала в лесных питомниках не в полной мере учитывает специфику микоризообразования. Обилие микориз на корнях влияет на различные параметры роста и развития семян древесных растений [14–16]. Применяемые при искусственном лесовосстановлении или лесоразведении агротехнические приемы направлены на создание наиболее благоприятных условий для прорастания семян, приживаемости и роста растений за счет изменения плодородия почвы, светового и воздушного режимов. Эти изменения отражаются на процессе образования микориз и определяют в итоге полезность микотрофии для древесных растений. Микотрофные растения имеют повышенную устойчивость к засухе, засолению и инфекциям, вызываемым патогенными микроорганизмами и некоторыми вредителями.

Разработка способов стимулирования микоризообразования на корнях семян хвойных пород путем обогащения почвы лесных питомников микроорганизмами и органическими элементами питания позволит выращивать устойчивый к неблагоприятным факторам среды микоризный посадочный материал в лесных питомниках и увеличить приживаемость лесных культур при лесовыращивании.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОВОДИМЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ И СТЕПЕНИ МИКОРИЗНОСТИ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ СЕЯНЦЕВ

Для изучения процессов микоризообразования на корневых системах производится отбор молодых сеянцев из 5–15 сантиметрового слоя почвы питомника. Для этого совком или лопатой выкапывают 30–50 растений из 5–10 точек посадок (лучше по диагонали). При этом отмечают возраст всходов (время посева семян), отбирают смешанные образцы почвы для определения химических показателей (влажности, pH, аммиач. азота, содержания NPK (комплексное удобрение (азот, фосфор, калий)), зольности).

Взятые образцы сеянцев слегка отряхивают и осторожно очищают от приставших частичек почвы. Каждую партию сеянцев снабжают этикеткой (дата отбора, возраст сеянцев, порода и т. д.).

В лабораторных условиях корневую систему сеянцев обмывают в воде и определяют вегетативные показатели:

- массу всего растения, г;
- высоту надземной части, см;
- диаметр стволика у корневой шейки, мм;
- степень охвоенности стволика, см;
- длину корневой системы, см;
- измеряют ширину корневой системы (см), вычисляют ее площадь (см²)

и определяют объем корневой системы, (см³);

- вычисляют суммарную (общую) длину всех корней сеянца и др.

Для расчета прироста общей биомассы и ее составных частей сеянцев определяют отдельно вес ассимиляционного аппарата (хвои), стволика и корней.

Способы изучения динамики нарастания корневых систем сеянцев сосны заключаются:

а) в определении порядка ветвления корней корневой системы (корни I, II и III порядка), шт.;

б) в измерении толщины корней: до 1 мм – всасывающие, шт.; от 1 до 3 мм – основная масса корней (проводящие), шт.; более 3 мм – скелетные корни, шт.;

в) в измерении длины корней: всасывающие, проводящие, скелетные, мм.

Изучение микоризообразования на корнях сеянцев сосны проводят по общепринятым методикам Селиванова, 1981; Веселкина, 2002; Еропкина 1979 [17–21].

Установление типов микориз и определение интенсивности микоризной инфекции чаще всего делают при микроскопическом изучении корней. Поэтому корешки сеянцев отделяются от растения и сразу же фиксируются.

Производят описание корней, зарисовку корней и микоризы, фото.

Для изучения микоризообразования на корнях сеянцев определяют путем подсчета:

- количество микоризных корней (проводящих), шт. на 1 растение (Б);
- количество немикоризных корней (всасывающих), шт. на 1 растение (В);
- количество микориз на всем растении, шт. на 1 растение (А);
- степень зараженности корней грибом, %;
- плотность микориз (ПМ) (число микориз на 100 мм длины проводящих корней, шт. на 1 растение).

Интенсивность микоризной инфекции определяют по Селиванову, 1981 при микроскопических исследованиях путем изготовления длительно хранящихся препаратов корней сеянцев. Выкопанные корни сразу же фиксируются. Если по программе исследований не требуется проведение микрoхимических реакций в качестве фиксатора лучше использовать 40 % раствор формалина.

Способ фиксирования образцов микориз после их отмывки определяется временем, в течение которого будет производиться дальнейшая обработка. Если микропрепарат готовится в течение суток, достаточно образец поместить в воду. При более длительном хранении для фиксации можно использовать также 70%-й спирт, что вполне достаточно для хранения эктомикориз. В этом случае цвет микориз желательно определить до окрашивания.

Камеральная обработка собранного материала заключается в морфологических и анатомических (микроскопических) исследованиях корней.

При морфологическом анализе корни рассматриваются под бинокуляром. Отмечают:

- их окраску,
- характер ветвления,
- наличие или отсутствие корневых волосков,
- степень развития корневых волосков,
- устанавливают наличие или отсутствие микоризы.

Если встречаются эктомикоризы, их классифицируют по форме:

- булабовидные,
- вильчатые,
- коралловидные и др.

Определяют размер эктомикориз, цвет, форму поверхности, подсчитывая количество микоризных окончаний (или плотность микориз).

При морфологическом анализе корни сеянцев сосны обыкновенной рассматривали под бинокуляром. Отмечали их окраску, характер ветвления корней, наличие или отсутствие корневых волосков и их степень развития, наличие или отсутствие микоризы. Эктомикоризы классифицировали по форме: булабовидная, вильчатая, коралловидная. Определяли цвет (светло-желтая, коричневая, темно-коричневая и т. д.) и форму поверхности эктомикориз сеянцев.

Изучение характеристики корневых систем сеянцев хвойных пород проводили путем подсчета на одном растении: корней I, II и III порядков, общего числа корней на 1 растении; длины корней I, II и III порядков, суммарной длины боковых корней. Плотность микориз, т. е. число микориз на 100 мм длины проводящих корней, рассчитывали по И. А. Селиванову [17]. Брали небольшие тонкие боковые корни II и III порядков и с помощью миллиметровой бумаги определяли общую длину корней. У каждого растения измеряли не менее 500 мм таких корешков и подсчитывали количество микоризных окончаний на них с последующим пересчетом на 100 мм длины корня.

Степень микотрофности однолетних сеянцев определяли по 5-балльной системе. В этом случае баллы от 1 до 5 ставили, соответственно, при следующих показателях плотности микориз на корнях сеянцев: 1 балл – 10; 2 балла – 11–20; 3 балла – 21–30; 4 балла – 31–40 и 5 баллов – более 40 шт. на 100 мм корней [21].

Для получения максимального выхода стандартного посадочного материала большое значение имеет степень обеспеченности почв лесных питомников элементами минерального питания. Почвенное плодородие лесных питомников подразделяется на четыре группы в зависимости от степени обеспеченности почв гумусом и подвижными формами фосфора и калия. Нами установлен выход стандартных сеянцев сосны обыкновенной на постоянном лесном питомнике Кобринского опытного лесхоза в зависимости от их почвенного плодородия.

2. ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ЛЕСНОГО И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В лесных питомниках для выращивания высококачественного посадочного материала с хорошо развитой не только надземной, но и подземной частью, а также интенсивным микоризообразованием на корнях сеянцев перспективно использовать компосты на основе отходов деревообработки и сельского хозяйства, обогащенные органоминеральными добавками.

В Беларуси имеется более 2 млн м³ отходов лесохозяйственного производства в виде древесных опилок и коры. Переход на использование древесных отходов в качестве основы для субстрата может значительно снизить зависимость от импортных микроэлементов и снизить стоимость конечного продукта.

В лесном хозяйстве используется торфяно-перлитный субстрат, который изготавливается согласно ТУ BY 100061961.002-2015. Для его приготовления используется верховой торф со степенью разложения не более 25 % и размером фракции 0–15 мм. Торф фактически является медленно возобновляемым ресурсом, интенсивное его использование, в том числе для целей приготовления субстратов, приведет к истощению торфяных залежей. Древесные отходы обладают хорошими физическими и химическими свойствами, что позволяет создавать качественные субстраты для лесопитомников.

2.1. Основные требования к ингредиентам для получения органических удобрений

В настоящее время для получения новых видов органических удобрений имеется большой выбор ингредиентов и целевых добавок (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Выбор ингредиентов и целевых добавок для получения новых органических удобрений

Используемые ингредиенты для получения компостов	Целевые добавки, сокращающие время готовности компостов	Готовый продукт
– Торф; – Опилки сосны обыкновенной и ели европейской; – Кора сосны обыкновенной и ели европейской;	– Микробиологический препарат «Экобактер»; – Отходы жизнедеятельности птиц; – Азотные удобрения.	Органическое удобрение с заданными агрохимическими показателями.

Продолжение таблицы 2.1

– Отходы грибного производства; – Навоз; – Отходы жизнедеятельности птиц; – Ржаная солома; – Растительные отходы; – Зеленая масса трав, сорняки; – Известь; – Минеральные удобрения; – Яблочные отжимы.		Определяется однородностью всей массы и степенью их готовности ($N/C \leq 25$).
---	--	---

На основании проведенных исследований и анализа литературных данных установлены требования и нормы к древесной коре сосны обыкновенной (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Требования и нормы к древесной коре сосны обыкновенной

Наименование показателя	Норма
Влажность (%) по массе, в пределах	65–80
Примесь древесины, % по массе, не более	15
Содержание частиц размерами более 10 мм, но не выше 40 мм, % по массе, не более	40
В том числе содержания частиц размером 40 мм, % по массе, не более	15
Загрязнение минеральными маслами, мазутом, пропиточными веществами, наличие металлических примесей	Не допускается

В Беларуси имеется большое количество отходов грибного производства ООО «Бонше» и отходов грибного производства Корневская ЭЛБ. Уставлено, что наибольшее содержание органического вещества находится в отходах грибного производства при выращивании шампиньонов (10,9 %) (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Содержание элементов питания в отходах грибного производства ООО «Бонше»

Наименование показателя	Фактическое значение
Массовая доля общего азота, N %	0,40
Содержание влаги, %	27,8
Содержание сухого остатка, %	72,2
Содержание золы, %	89,9
Содержание органического вещества, %	10,9
Содержание, C %	5,10
Соотношение C/N, %	12,75

При выращивании вешенки обыкновенной в Корневской ЭЛБ содержание органические вещества составило 9,7 %, но содержание кадмия в 3–5 раз выше допустимой концентрации (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Содержание элементов питания в отходах грибного производства «Корневская ЭЛБ ИЛ НАН Беларуси»

Наименование показателя	Фактическое значение
Массовая доля общего азота, N %	0,35
Содержание влаги, %	27,7
Содержание сухого остатка, %	72,3
Содержание золы, %	89,3
Содержание органического вещества, %	9,7
Содержание, С %	5,35
Соотношение C/N, %	15,28
Кадмий, мг/кг	0,340

Нами изучены физико-химические свойства всех исходных ингредиентов для получения новых видов органических удобрений (таблица 2.5).

Анализ данных таблицы 7 показывает, что во всех исходных ингредиентах содержание общего азота находится в пределах 0,12–0,65 %. Наименьшее его содержание имеют древесные опилки сосны обыкновенной (0,12 %), а наибольшие (4,42) – отходы жизнедеятельности птиц.

Для определения оптимальной концентрации микробиологического препарата «Экобактер» нами в течение трех месяцев испытывались различные концентрации (5,0 %; 7,5 %; 10,0 %; 12,5 % и 15,0 %) для получения готовности органоминерального субстрата. Установлено, что наиболее оптимальной концентрацией для получения готового субстрата (18,1–21,1) является 10%-й водный раствор микробиологического препарата «Экобактер» (рисунок 2.1).

Таблица 2.5 – Физико-химические свойства исходных ингредиентов

Исходные ингредиенты	Влажность, %	РН _{НСЛ}	Содержание основных элементов			
			азота		фосфора, %	калия, %
			общего, %	аммиачного, мг/100 г		
Кора сосны обыкновенной	52,8	3,5	0,44	–	0,05	–
Древесные опилки сосны обыкновенной	23,9	5,3	0,12	–	0,01	–
Ржаная солома	21	3,0	0,63	–	0,03	–
Отходы жизнедеятельности птиц	32	8,0	4,42	563,4	3,76	–
Подстилочный навоз	75	7,1	0,45	24,7	0,25	0,55

Продолжение таблицы 2.5

Торф верховой	53	3,5	1,1	0,7	0,15	0,14
Отходы грибного производства Корневской ЭЛБ	29	6,4	0,35	0,10	0,64	0,42
Отходы грибного производства ООО «Бонше»	34	7,3	0,65	0,14	1,06	0,80

В настоящее время ежегодная потребность МЛХ РБ в органоминеральных удобрениях для выращивания лесного посадочного материала составляет 35–40 тыс. тонн. Фактически мы имеем 12–15 тыс. тонн органических удобрений. Чтобы компенсировать недостаток в органических удобрениях, имеется реальная возможность их получать самим в наших постоянных лесных питомниках. В Беларуси имеется большое количество отходов деревообработки в виде древесных опилок и хвойной коры, которые целесообразно использовать для получения органоминерального субстрата при выращивании лесного посадочного материала. Ежегодное количество отходов в виде хвойных опилок составляет 800 тыс. м³, а древесной коры в 12 раз больше. По данным СООО «Бонше» в Брестском районе ежегодно образуются отходы грибного производства в количестве 16,8 тыс. тонн, а при выращивании вешенки обыкновенной и шиитаке в производственных условиях Корневской экспериментальной лесной базы ИЛ НАН Беларуси ежегодно образуется более 60 тонн.

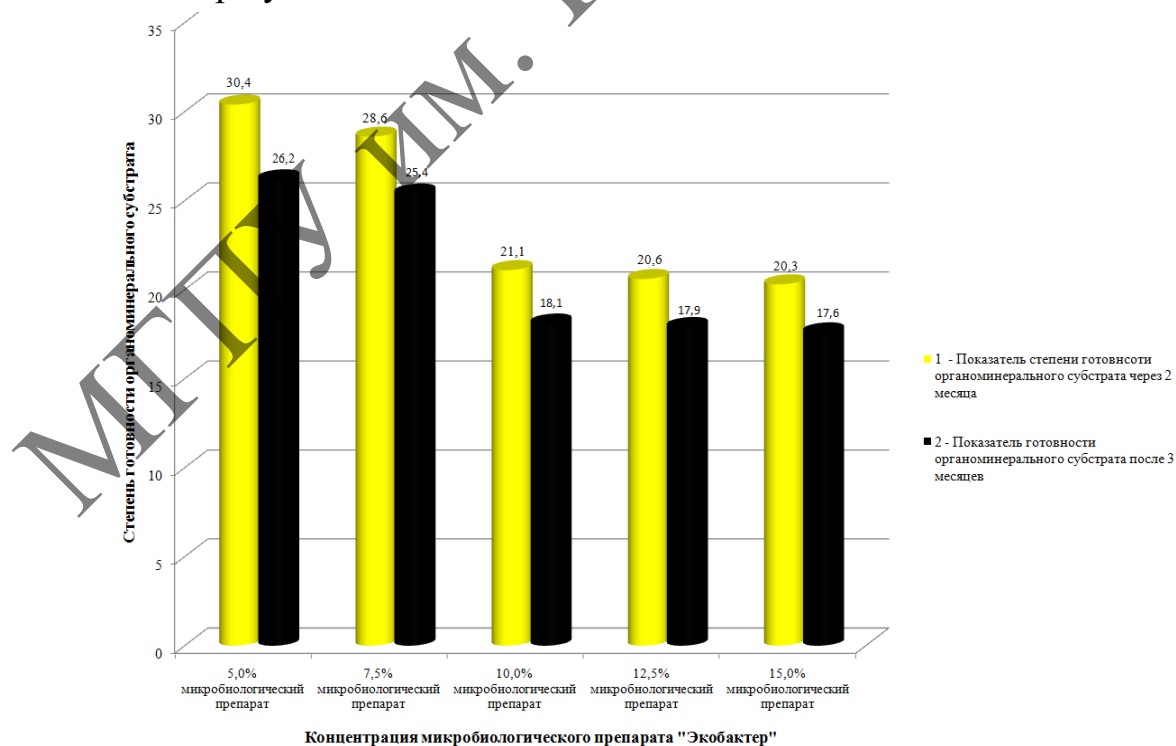
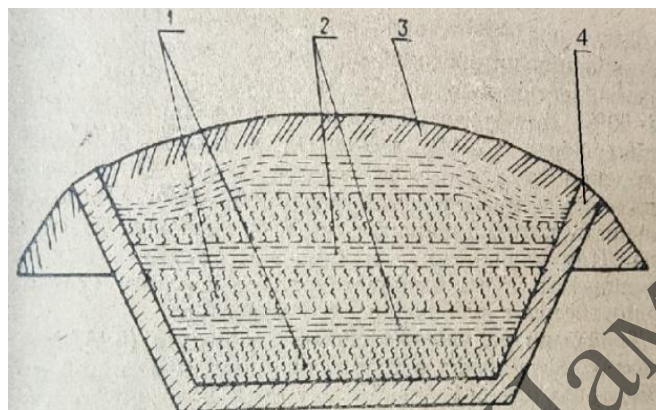


Рисунок 2.1 – Зависимость степени готовности органических удобрений от концентрации микробиологического препарата «Экобактер»

В настоящее время во всем мире существуют два способа получения органических удобрений: траншейный и буртовой. Траншейный способ получения органических удобрений, представленный в «Наставлении по выращиванию посадочного материала деревьев и кустарников в лесных питомниках Белоруссии», 1986 г. требует значительных финансовых и материальных затрат, так как необходимо подготовить траншею, уложить железобетонные плиты и т. д. (рисунок 2.2).



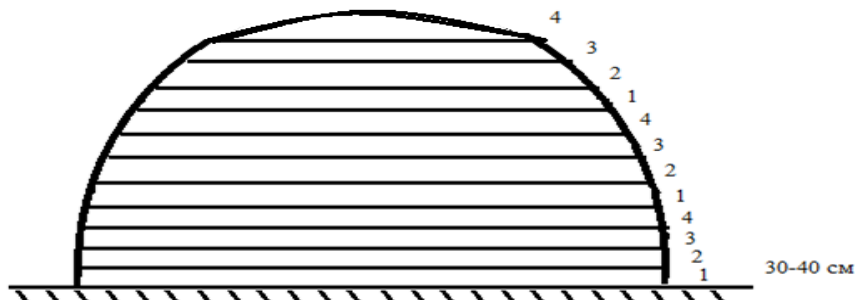
1 – торф, коровье или древесные отходы; 2 – навоз; 3 – земляной слой; 4 – железобетонные плиты
Рисунок 2.2 – Технология получения органических удобрений траншейным способом

Вторым способом получения органических удобрений является буртовой. Это наиболее перспективный способ и поэтому он широко используется в таких странах как Польша, все Прибалтийские страны, США, Англия, Китай и др.

На базе Корневской ЭЛБ для получения органических удобрений использовали послойное внесение ингредиентов толщиной 30–40 см: ржаная солома, древесные опилки, куриный помет, почва и микробиологический препарат «Экобактер» (МБП) в соотношении 1:1:0,5:0,5 + 10%-й водный раствор МБП.

По аналогичной технологии заложен опытно-производственный объект в постоянном лесном питомнике Осиповичского опытного лесхоза. Использовались следующие ингредиенты: древесные опилки, хвойная кора, подстилочный навоз, зеленая масса трав в соотношении: 1:1:0,5:0,5 + МБП.

Способ послойной укладки компостируемых материалов представлен на рисунке 2.3. Высота каждого слоя составляла 30–40 см.



1 – ржаная солома; 2 – древесные опилки; 3 – куриный помет;
4 – почва в соотношении: 1:1:0,5:0,5 + МБП «Экобактер»

Рисунок 2.3 – Технология получения органических удобрений буртовым способом

Исследования температурных режимов в компостах осуществляли в лесном питомнике Мозырского опытного лесхоза при участии специалистов данного учреждения и с помощью студентов технолого-биологического факультета Мозырского государственного педагогического университета им. И. П. Шамякина (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Исследования по технологии получения органических удобрений в питомнике Мозырского опытного лесхоза

В соответствии с приказом директора Института леса НАН Беларуси в лесном питомнике Корневской ЭЛБ в 2023 году созданы опытно-производственные объекты по получению новых видов органических удобрений с использованием отходов лесного и сельского хозяйства без применения торфа.

На рисунке 2.5 представлена данная технология. Особенностью данной технологии явилось использование 10%-ного водного раствора «Экобактер». Подробности данной технологии изложены в докладе на секции в лесном питомнике Корневской ЭЛБ. Для получения 10%-ного водного раствора микробиологического препарата «Экобактер» использовали пожарную машину ГАЗ-333 с объемом цистерны 1600 л, а для создания опытного объекта с использованием отходов лесного и сельского хозяйства в необходимом соотношении всех ингредиентов применяли Амкодор-702.



Рисунок 2.5 – Технология получения органических удобрений в условиях лесного питомника Корневской ЭЛБ ИЛ НАН Беларуси

Важным моментом получения новых органических удобрений является температура внутри компостника в период с момента его закладки и до степени готовности их использования (рисунок 2.6).



**Рисунок 2.6 – Оработка технологии получения компостов
в условиях Кореневской ЭЛБ с использованием микробиологического
препарата «Экобактер»**

В технических условиях торфяно-перлитного субстрата Республиканского лесного селекционно-семеноводческого центра введены шесть микроэлементов: бор, медь, железо, марганец, молибден, цинк. Все микроэлементы являются импортными, поэтому они значительно способствуют повышению цены на конечный продукт. Главным недостатком предлагаемого МЛХ РБ торфяно-перлитный субстрат приготовлен с использованием верхового торфа и шести импортных микроэлементов, который является невозобновляемым природным ресурсом. В то же время в Беларуси имеется более 2 млн м³ отходов лесохозяйственного производства в виде древесных опилок и коры. Использование отходов позволит полностью обеспечить лесопитомническое хозяйство не только Беларуси, но и Монголии, и Казахстана.

При разработке технологии получения новых видов органических удобрений необходимо учитывать следующие критерии:

1 – в течение первых 2-х месяцев поддерживать влажность компостируемой массы на уровне 60–65 %, что обеспечивает появление дождевых червей. В субстрате с обитающими червями зафиксировано в 5 раз больше азота, в 7 раз больше фосфора и в 11 раз больше калия.

2 – в течение первых 2-х месяцев после закладки компостника буртовым способом минеральные удобрения в чистом виде не вносить. Внесение минеральных удобрений способствует исчезновению дождевых червей, что отрицательно оказывает влияние на скорость микробиологических процессов разложения органических ингредиентов.

3 – использовать микробиологический препарат «Экобактер» необходимо только с непросроченным сроком хранения. Большое значение при этом имеет температура окружающей среды и внутри буртов компостника. Температура воздуха должна быть не ниже +10 °С, а температура внутри бурта не выше +50 °С.

Установлены оптимальные физико-химические показатели новых органических удобрений без использования торфа (таблица 2.6).

Таблица 2.6 – Оптимальные физико-химические показатели полученного органоминерального удобрения

Наименование показателя	Норма
Размер всех фракций, мм	0–6
Влажность (%), не более	45–50
Кислотность	4,0–6,0
Степень разложения (%), не более	25
Массовая доля общего азота (г/м ³)	160–190
Массовая доля P ₂ O ₅ , (г/м ³)	130–240
Массовая доля K ₂ O, (г/м ³)	250–350
Внешний вид: рассыпчатая однородная масса темно-серого цвета без запаха	

Нами проведены исследования по влиянию различных ингредиентов и целевой добавки на динамику степени готовности органических удобрений в условиях Корневской ЭЛБ ИЛ НАНБ и Осиповичского опытного лесхоза (таблица 2.7).

Таблица 2.7 – Динамика степени готовности органоминеральных субстратов в зависимости от используемых ингредиентов и целевых добавок в условиях Корневской ЭЛБ ИЛ НАНБ и Осиповичского опытного лесхоза

№ варианта	Состав и соотношение ингредиентов	Показатель соотношения C:N, месяц		
		1	2	3
Корневская ЭЛБ				
1	Древесные опилки сосны обыкновенной + почва + отходы животного происхождения + ржаная солома (1:0,5:0,5:0,3), ЦД-1	58,1	52,2	29,4
2	Древесные опилки сосны обыкновенной + почва + отходы животного происхождения + ржаная солома (1:0,5:0,5: 0,3), ЦД-2	56,4	50,3	19,6
3	Ржаная солома + древесные опилки + отходы животного происхождения + почва (1:1:0,5:0,5), ЦД-1	57,6	51,8	27,2

Продолжение таблицы 2.7

4	Ржаная солома + древесные опилки + отходы животного происхождения + почва (1:1:0,5:0,5), ЦД-2	58,2	49,6	17,9
Осиповичский опытный лесхоз				
5	Древесные опилки + хвойная кора + подстилочный навоз + зеленая масса трав (1:1:0,5:0,5), ЦД-1	65,3	45,4	24,7
6	Древесные опилки сосны обыкновенной + кора сосны обыкновенной + зеленая масса трав + подстилочный навоз (1:1:0,5:0,5), ЦД-2	61,4	40,5	20,1

Примечание – ЦД-1 – микробиологический препарат с концентрацией 7,5 %; ЦД-2 – микробиологический препарат с концентрацией 10,0 %.

Анализ данной таблицы показывает, что использование 10%-ного водного раствора микробиологического препарата «Экобактер» способствует получению готового субстрата в течение 3-х месяцев. Это обстоятельство позволяет утверждать об эффективности использования микробиологического препарата.

2.2. Физико-химические показатели разработанных субстратов

Древесная кора обладает рядом благоприятных для выращивания лесных растений свойств. В химическом отношении этот субстрат является комплексом физически и химически связанных органических соединений, общее содержание которых 92–97 %. Около 40 % составляют легкорастворимые вещества, которые стимулируют биологическую активность почвы и улучшают условия питания растений.

Большая сорбционная емкость коры очень ценна при использовании в качестве субстрата и позволяет создавать на ее основе органоминеральные удобрения с высоким содержанием основных элементов питания. Высокая пористость, низкая объемная масса, высокая фильтрационная способность дают возможность использовать компостируемую кору в качестве почвенного кондиционера для улучшения физических свойств почвы лесных питомников. В своем составе кора содержит почти все биоэлементы, которые становятся доступными для питания растений в процессе их микробного разложения. Однако она бедна азотом (0,2–0,4 % в абс. сухой массе), поэтому в процессе разложения органического вещества коры развитие микроорганизмов без дополнительного внесения азота сдерживается и процесс компостирования протекает медленно [3; 4].

Кору необходимо компостировать в буртах с добавлением азотсодержащих продуктов, в частности, в смеси с торфом или куриным пометом. Процесс компостирования коры – частичное разложение органического

вещества, накопление азотосодержащих веществ и, следовательно, уменьшение в субстрате соотношения углерода и азота (C:N). В результате получается органоминеральный продукт с более стабильными свойствами, обогащенный полезными микробами и ферментами, удобный для использования его в виде удобрений и стимулирующий развитие микоризы на корнях семян древесных растений.

Целевая добавка в виде куриного помета или микробиологического препарата (МБП) на опилках при компостировании коровых субстратов повышает качество компостов, обогащая их основными элементами питания. Куриный помет является ценным органическим удобрением и по содержанию питательных веществ и их доступности для растений превосходит другие виды органических удобрений. Большая часть азота находится в курином помете в виде мочевой кислоты, которая легко разлагается с выделением летучего аммиака. Чтобы уменьшить потери питательных веществ из помета, к нему добавляют опилки, торф. По содержанию питательных веществ куриный помет является азотно-фосфорным удобрением. Положительное влияние органических веществ на древесные растения, кроме как источника углекислоты и минеральной пищи, связано со стимулированием микоризообразования и улучшением роста микоризованных семян [2; 15–16].

Требования к компонентам компостов

При изготовлении компостов используется измельченная кора хвойных или лиственных пород (рН 5,0) в смеси с органоминеральными добавками (куриный помет, торф переходной или низинный, листовой опад и др.), стимулирующими процесс компостирования.

В качестве добавок, стимулирующих процесс разложения коры, могут вноситься в растворенном виде азотные (в виде мочевины) и фосфорные удобрения (в виде двойного суперфосфата) в количествах, соответствующих содержанию 1,3 % азота и 0,3 % фосфора и в соответствии с ОСТ 53-53-86.

В качестве органоминеральных добавок можно использовать куриный помет на опилках (содержание общего азота – 2 %, фосфора – 1,6–1,9 %), торф переходного или низинного типа (рН = 5 – 6) и другие добавки.

Соотношение компонентов коровых с органоминеральными добавками может составлять 4:1, 3:1, 2:1 и др.

Подготовка компостника

Потребности лесопитомнических хозяйств в полноценных органических удобрениях и преимущество компостируемых удобрений диктуют необходимость строительства компостника. Такое сооружение должно обеспечить оптимальную биотермическую переработку компостируемой органической массы. Объемные показатели потребности хозяйства в компостных удобрениях являются определяющим фактором параметров компостника (таблица 2.8) [13].

Таблица 2.8 – Оптимальные параметры компостников, м

Показатель	Потребность хозяйства в органических удобрениях, тонн					
	30	50	100	200	300	400
Длина	15	15	20	40	60	80
Ширина	4	6	6	6	6	6
Высота	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Общая высота (глубина) компостника может колебаться от 1,5 до 2,5 м с заглублением в почву до 2/3 его высоты.

Ширина по дну (4,0–6,0 м) должна обеспечивать свободное маневрирование машин и механизмов при производстве разгрузочно-погрузочных работ и перемешивании компоста.

Размеры бурта должны быть такими, чтобы он не пересыхал и, чтобы в нем аккумулировалось тепло, чтобы он разогревался в процессе компостирования. В то же время размеры не должны быть слишком велики, иначе будет затруднен газообмен компостируемой массы.

Для сооружения компостника пригодны нестандартные строительные материалы (бетонные плиты, кирпич) и отходы деревообработки.

Участок, отведенный под строительство компостника, должен располагаться хорошими подъездными путями, иметь уровень грунтовых вод не ближе 2,5–3,0 м.

Вокруг компостника необходим заградительный вал из грунта, который препятствовал бы стоку дождевых и талых вод.

Характеристика компостируемой коры

Компост из коры представляет собой частично разложившуюся кору, из которой в процессе компостирования удаляется наиболее легко-разлагаемая часть и остается микробиологически более устойчивая часть (40–50 % лигнина). При этом изменяется химический состав коры, ее водно-физические свойства, а также фракционный состав в сторону измельчения. Компост приобретает рыхлую структуру.

Компосты на основе коры должны соответствовать требованиям и нормам, приведенным в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Требования и нормы к коровым компостам

Наименование показателя	Норма
Влажность (%) базисная ограничительная, не более	65–75
РН солевой суспензии	6,0–6,5
Массовая доля азота, % не менее	1,0–1,2
Величина соотношения углерода к азоту, не более	40
Содержание частиц размером более 10 мм, % по массе, не более	30
Внешний вид: Рассыпчатая, мажущаяся масса темно-коричневого цвета с характерным почвенным запахом	

Компосты из коры обладают высокой пористостью, большой поглощательной емкостью и медленно разлагаются. Компост из коры обладает рядом специфических особенностей. Он свободен от семян сорняков, от возбудителей болезней, обладает большой рыхлостью, малой объемной массой, более высокой гигроскопической влажностью, степенью насыщенности основаниями. Компосты из коры по интенсивности выделения CO_2 из почвы обладают высокой биологической активностью, что имеет большое значение для роста сеянцев.

Внесение коровых компостов в почву

Выращивание сеянцев в лесных питомниках на участках с внесением компостированных субстратов осуществляется в основном так же, как и на минеральной почве. Для получения максимального эффекта необходимо строго соблюдать последовательность проведения всех технологических операций.

Внесение коровых компостов производят во второй половине августа по поверхности хорошо обработанной почвы путем равномерного разбрасывания с помощью полуприцепов-разбрасывателей (РКУ-6) и заделывания в почву дисковой бороной БДН-3,0 в 2–3 следа для равномерного распределения по пахотному слою на глубину 10–15 см.

Компосты вносят на паровое поле в дозе 50–60 т/га.

Весной перед посевом семян не рекомендуется вносить компосты из-за отрицательного влияния нитратного азота на всхожесть семян хвойных пород.

Весной в год посева семян азотные удобрения не вносятся. Дальнейшие работы производят по принятой технологии.

3. АГРОТЕХНИКА ВЫРАЩИВАНИЯ МИКОРИЗОВАННОГО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА

3.1. Агротехнические приемы при выращивании семян лесных пород

Выращивание стандартного посадочного материала лесных пород в необходимом количестве является актуальным для лесной отрасли. От качества семян зависит приживаемость и интенсивность роста лесных культур. Для получения стандартного посадочного материала большое значение имеет сбалансированное питание растений всеми необходимыми макро- и микроэлементами. Использование элементов питания в системе применения органических удобрений в лесопитомническом хозяйстве способствует повышению их эффективности.

Тенденции развития современного лесопитомнического хозяйства свидетельствует, что для получения стандартного посадочного материала используются повышенные дозы минеральных удобрений, пестицидов и стимуляторов роста. Для интенсификации использования минеральных удобрений необходимо шире использовать ресурсы экологически чистого сапропелевого сырья, отходов деревообработки. Общие запасы сапропеля в Республике Беларусь составляют более 1,6 млрд т. Сапропель – экологически чистое природное сырье, которое имеет разнообразный вещественный состав, гомогенную структуру, широкий спектр макро- и микроэлементов, свободных и связанных аминокислот, витаминов, ферментов и других биологически активных веществ [2].

Ежегодное количество отходов лесного хозяйства в виде древесных опилок составляет 450–500 тыс. м³; коры – тыс. м³, и часть из них может быть использована на производство органических удобрений. В настоящее время в питомниках Беларуси ежегодная потребность в органических удобрениях составляет 40–45 тыс. т, а производится – 15 тыс. т [3].

Значимость древесных отходов преимущественно определяется вкладом азота, точнее отношением C:N, возрастающим с уменьшением его величины. Кора содержит больше минеральных веществ (3,0–5,5 % от общей массы), полезных для растений, чем опилки. Содержание азота в коре увеличивается при его хранении (за 5 лет – почти в 2 раза), понижается кислотность, количество других полезных компонентов остается прежним. Использовать опилки и кору в качестве удобрений можно после компостирования.

Древесные опилки служат ценным материалом для пополнения запасов органического вещества в почве. Древесные отходы дают полноценные органические удобрения, пополняющие запасы почвенного перегноя, калия, фосфора, азота [4].

Компостирование – это микробиологическая переработка с последующим использованием компоста в качестве органического удобрения, тепличного грунта, биотоплива, мульчирующего и рыхлящего материала [5; 6].

Применение органических удобрений является эффективным приемом улучшения почвообразовательных процессов, способствующим улучшению структуры почв, повышению почвенного плодородия, а также обогащению необходимыми для хорошего роста и развития растений микроэлементами [7–10; 11].

В соответствии с современными представлениями под плодородием следует понимать способность почвы удовлетворять потребности растений в элементах питания, воде, обеспечивать их корневые системы достаточным количеством воздуха, тепла и физико-механической средой, благоприятной для нормального роста и развития. Плодородная почва содержит достаточное количество питательных веществ и воды, имеет оптимальный воздушный и тепловой режимы. Такая почва устойчива к различным факторам разрушения и пригодна для применения новейших технологий, она чиста от сорняков, болезней и вредителей.

Важнейшим показателем плодородия почвы является содержание в ней гумуса. Гумус не только служит источником снабжения растений азотом и другими элементами минерального питания, но и улучшает тепловые, водные, воздушные свойства почвы, повышает ее поглонительную способность, биологическую активность. В гумусе содержится 98 % запасов почвенного азота, 80 % – серы, 60 % – фосфора и микроэлементы.

Разрабатывая вопросы утилизации отходов деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, ученые Карелии установили, что использование компостов приводит к повышению плодородия почвы лесных питомников, улучшению качества семян хвойных пород и снижению расхода минеральных удобрений. При внесении торфопометных (4:1) и коропометных (1:1) компостов в дозе 50 т/га размеры 3-летних семян выше на 20–40 % по сравнению с контролем, а выход стандартного посадочного материала – на 30–37 % [11; 12]. Опыт карельских исследователей показал, что внесение в компост различных материалов и органических добавок усиливает деятельность микроорганизмов, которые, разлагая кору, разрушают и содержащиеся в ней ядовитые для растений и человека вещества [13].

Использование коропометных и торфопометных удобрений в лесных питомниках способствует охране окружающей среды, так как куриный помет на птицефабриках и кора на лесоперерабатывающих предприятиях идут в отходы, загрязняют большие площади возле предприятий и населенных пунктов.

В химическом отношении компосты являются комплексом связанных органических и минеральных соединений, общее содержание которых составляет 92–97 %. Около 40 % из них составляют легкорастворимые вещества, которые стимулируют биологическую активность почвы и улучшают условия питания растений путем повышения микоризообразования на корнях. Однако сама кора бедна азотом, поэтому ее следует компостировать в буртах с добавлением азотсодержащих продуктов, в частности: торфа, куриного помета, листового опада и др. [14].

Компосты из коры обладают высокой пористостью, большой адсорбирующей способностью и медленно разлагаются. Поэтому их можно использовать в качестве почвенного кондиционера для улучшения физико-химических свойств почв лесных питомников. Коровые компосты обладают рядом специфических особенностей, а именно: они не содержат семян сорных растений, и в них нет возбудителей болезней. Кроме того, они обладают большой рыхлостью, высокой гигроскопической влажностью и степенью насыщенности основаниями [13].

Древесная кора и куриный помет представляют взаимодополняющую сырьевую пару для приготовления коропометных удобрений. Куриный помет характеризуется повышенным содержанием азота (до 4–6 %, преимущественно до 60–65 % в водорастворимой форме), фосфора (до 2 %), калия (до 1 %), кальция (2–2,5 %) и других элементов в легкоусвояемых формах. Негативные качества помета в значительной степени снижаются в процессе компостирования с корой [15; 16].

Н. А. Смирнов [8] отмечает, что при использовании компостов из еловой коры семена сосны и ели имели высокую грунтовую всхожесть. При изготовлении корового компоста смесь еловой (30 %) и сосновой (70 %) коры компостируют с добавлением извести и минеральных удобрений. После компостирования смесь измельчают до частиц менее 0,5 см.

Компостирование органических отходов является очень распространенным способом получения высокоэффективных органических удобрений. Дополнительный экономический эффект при этом получается за счет утилизации большого количества отходов растениеводства, животноводства, деревообработки или бытовых стоков. Так, А. Ф. Дунаев с соавторами [17] предлагают древесную кору хвойных пород длительного срока хранения (более 5 лет) подвергать аэрации, просеиванию в ситах с отверстиями, минимальный размер которых не более 3 мм, и отбирать мелкую фракцию в качестве готового органического удобрения.

Для образования устойчивой структуры почвы и повышения плодородия в нее вносят органические добавки, такие как торфо-навозный компост, торф низинных и переходных болот, древесные опилки и кору. Большой интерес представляет использование для этих целей компостов на основе гидролизного лигнина и опилок, являющихся отходами гидролизных и деревообрабатывающих производств [18].

При выращивании сеянцев древесных пород в лесных питомниках и теплицах из почвы систематически выносятся значительные количества питательных веществ, и их необходимо регулярно восстанавливать. Установлены особенности приготовления компоста из коры дальневосточных древесных пород и гидролизного лигнина. Перед закладкой на компостирование в гидролизный лигнин для его нейтрализации была внесена известь в виде известкового молока с содержанием CaO 100–150 г/л, а также добавлены азотные (5,3 кг/т мочевины) и фосфорные (4 кг/т двойного суперфосфата) удобрения. При приготовлении компостов из коры на 1 м³ сырья добавлено

4,3 кг мочевины и 1,5 кг двойного суперфосфата. Для активизации микробиологических процессов в компосты из свежей лиственной коры и свежей коры лиственных пород внесено микроудобрение МК-1 в объеме 15 л рабочего раствора препарата в разведении 1:100 на 1 м³ коры [19].

Изучения степени микоризности корневых систем сеянцев лесных пород и их формы осуществляется на основе научных исследований Д. В. Веселкина и К. И. Еропкина [20; 21].

В. А. Шапиро и Л. И. Шлейман запатентовали способ получения органического удобрения из древесной коры, который состоит в том, что древесную кору измельчают и добавляют в нее готовое органическое удобрение в количестве 5–30 % от массы коры, затем полученную смесь смешивают с жидкими органическими азотсодержащими отходами целлюлозно-бумажного производства и выдерживают ее до окончания биотермических процессов.

Ученые Института общей и экспериментальной биологии СО РАН запатентовали способ получения коро-пометного удобрения пролонгирующего действия, который позволяет утилизировать отходы птицеводства и лесоперерабатывающих предприятий. Способ заключается в том, что коровые отходы с влажностью около 7,5 %, измельченные до 7–10 мм, смешивают с птичьим пометом с влажностью порядка 76 % в весовом отношении 1:2. Данное соотношение компонентов компоста обеспечивает первоначальное содержание углерода и азота в соотношении 20,3:1.

Ученые Белорусского государственного технологического университета разработали новый метод для производства органоминерального удобрения из древесных отходов. Этот способ включает измельчение и увлажнение отходов, а также их смешивание с источником азота или источником фосфора и калия, биодеструкцию полученной смеси при саморазогревании и аэрацию массы. В качестве источника азота использовали нитраты щелочных или щелочноземельных металлов в количестве 1,5–6,5 % к массе абсолютно сухого вещества или в качестве источника азота, фосфора и калия – нитроаммофоску в количестве 4,5–12,0 % к массе абсолютно сухого вещества. Аэрацию осуществляли с массовым расходом кислорода воздуха 0,5–20,0 г/час на кг абсолютно сухого вещества, а процесс ведут в течение 20–50 суток.

В «Рекомендациях по приготовлению органических удобрений на основе древесных отходов и куриного помета», разработанных учеными Архангельского института леса и лесохимии отмечается, что хорошими сырьевыми компонентами для приготовления органических удобрений являются кора, опилки, гидролизный лигнин и куриный помет. Большая поглощательная способность древесных материалов позволяет создавать на их основе удобрения с высоким содержанием основных макро- и микроэлементов.

Представлены два способа компостирования в зависимости от влажности используемого помета, а именно: буртовой, предусматривающий компостирование древесных отходов с пометом влажностью до 75 %, и смешанный траншейно-буртовой с использованием помета влажностью свыше

75 %. Большая часть азота находится в курином помете в виде мочевой кислоты, которая легко разлагается с выделением летучего аммиака. Чтобы уменьшить потери питательных веществ из помета, к нему добавляют опилки, торф.

Переработка помета требует значительных энергозатрат, а получаемые органические удобрения должны быть полностью обеззаражены от патогенной микрофлоры, а также, в сравнении с исходным сырьем, характеризоваться пониженной влажностью и увеличенной концентрацией питательных элементов. Помет смешивают в определенной пропорции с углеродосодержащим материалом (стебли и стержни початков кукурузы, измельченная солома, древесная кора и т. п.), который служит питательной средой для бактерий, и загружают в ферментационную установку. Процесс ферментации продолжается 5–7 дней при температуре 70–80 °С. Необходимая температура поддерживается путем дозированной подачи воздуха. Переработанный таким образом помет представляет собой однородную массу без запаха, содержание протеина в ней колеблется от 10–12 % до 28–32 % в зависимости от используемых при ее приготовлении компонентов.

В соответствии с «Наставлением по выращиванию посадочного материала деревьев и кустарников в лесных питомниках Белоруссии» [9] компостирование коры и других древесных отходов осуществляют в траншеях из бетонных плит, кирпича и другого строительного материала. Продолжительность компостирования составляет от 3–4 месяцев до одного года. Для сокращения срока готовности и улучшения качества компоста его 2–3 раза перемешивают.

В Институте леса НАН Беларуси проведены исследования по получению органоминеральных компостов буртовым способом. На территории ГЛХУ «Корневская экспериментальная лесная база Института леса НАН Беларуси» (Корневская ЭЛБ) на основе коры и целевых добавок был сооружен опытный компостник на 12 ячеек размером 4×2×1,5 м и вместимостью 4,5 т субстрата каждый. В качестве компонентов компостов использовали хвойную кору в смеси с листовенной землей, кору лиственных пород, хвойные опилки, куриный помет на опилках, торф переходной, листовой опад, яблочные отжимы и полимерный структурообразователь почвы в виде порошка натриевой соли карбоксилметилцеллюлозы из расчета 500 г/м³ компоста. Всего было подготовлено 12 компостных смесей общей массой 54 т.

Исследование динамики разложения коровых компостов с целевыми добавками в течение двух лет путем определения физико-химических, органолептических показателей субстратов позволило определить степень их готовности (не менее 16–19 месяцев в зависимости от состава компоста).

При формировании компостных смесей из органических отходов необходимо добиваться оптимальных значений отношения C:N, которое должно быть в пределах 24–28:1. В этом случае уровень биodeградации органического вещества будет более интенсивным, а сроки получения удобрения сократятся. Высокие соотношения C:N указывают на слабую

степень разложения. В результате получается органоминеральный продукт с более стабильными свойствами, обогащенный полезными микробами и ферментами, удобный для использования его в виде удобрений и стимулирующий развитие микоризы на корнях семян древесных растений. В Институте леса разработаны технические условия ТУ РБ 400070994.008-2010 на состав «Агрополикор» для повышения почвенного плодородия лесных питомников и «Рекомендации по выращиванию микоризных семян хвойных пород на субстрате из органоминеральной смеси и целевых добавок». «Агрополикор» представляет собой рассыпчатую массу темно-коричневого цвета с характерным почвенным запахом с влажностью 65–70 %. Массовая доля общего азота составляет 1,5–2,0 %; массовая доля P_2O_5 – 1,5 %; рН солевой суспензии – 6,0–7,0; объемная масса – 0,15–0,20 г/см³ на абсолютно сухую массу; величина соотношения углерода к азоту – 27; состав не ядовит, экологически безопасен, не взрывоопасен.

Изучено содержание гумуса на вариантах опыта с внесением компостов на основе хвойной и лиственной коры с органоминеральными добавками в виде куриного помета, хвойных опилок и яблочных отжимов. Содержание гумуса на варианте опыта с внесением корового компоста в дозе 70 кг/га превышает этот показатель по сравнению с контролем в 1,4–1,8 раза. Наибольшее содержание гумуса в почве по сравнению с контролем (1,67 %) в течение 3-х лет наблюдений отмечалось на участках после внесения компоста на основе хвойной коры в смеси с торфом и куриным пометом при соотношении компонентов 4:1:1, а на третий год оно составило 3,05 %. Содержание легкогидролизуемого азота на участках на третий год после внесения различных компостов варьировало от 5,12 до 13,05 мг на 100 г почвы. Содержание гумуса, легкогидролизуемого азота и подвижного фосфора на вариантах опыта даже на третий год после внесения коровых компостов с целевыми добавками практически по всем вариантам превышали показатели почвы на контроле. На вариантах опыта после внесения хвойной и лиственной коры без органических добавок содержание гумуса было минимальным и составило 2,27–2,36 %.

В Беларуси около 20 % всех питомников для выращивания лесопосадочного материала расположены на тяжелосуглинистых и глинистых почвах, характеризующихся повышенной плотностью, низкой пористостью и воздухообеспеченностью, а также замедленной биологической активностью. Значительное количество лесных питомников расположены на песчаных почвах, и, следовательно, почвенная экология там не является оптимальной для выращивания стандартного посадочного материала. Из-за низкой влагоемкости песков и подверженности их ветровой эрозии происходит интенсивное вымывание вносимых в песчаные почвы минеральных удобрений.

Внесение в почву нетрадиционных удобрений при подготовке почвы является эффективным приемом улучшения почвообразовательных процессов, способствующих улучшению структуры почв, повышению плодородия грунтов, а также обогащению необходимыми для хорошего роста и развития

растений микроэлементами. В мировой практике стали применять отходы сточных вод, бытовые отходы, древесные отходы, опилки, куриный помет [4; 7]. При выращивании однолетних сеянцев лучше вносить древесные отходы при подготовке почвы в дозе 2000 кг/га, бытовые отходы, древесные опилки, отходы сельхозкультур в дозе 3000 кг/га. В качестве внекорневой подкормки эффективно применение птичьего помета (1000 кг/га), древесные отходы (500 кг/га), бытовые отходы (1000 кг/га). При внесении смеси осадка сточных вод, избыточно активного ила и золы в дозе 500 кг/га и смеси осадка сточных вод и избыточно активного ила в дозе 1000 кг/га и золы в дозе 500 кг/га средний диаметр сеянцев первого года характеризуется наибольшим коэффициентом вариации [4].

Исследована возможность использования смеси отходов производства, таких как осадков сточных вод и отходов лесопромышленного комплекса в виде смеси коры с опилками для приготовления почвенного субстрата. Рекомендуемые дозы внесения осадков в почву составляют от 20 до 100 т/га в зависимости от их влажности, содержания питательных веществ и от степени нуждаемости почв в удобрениях.

В работе Р. К. Салеева с соавторами было показано, что органическое удобрение на основе торфа с добавлением отходов животноводства значительно сказывается на росте хвои, корней и всего сеянца в целом, чем внесение полного минерального удобрения. Доза и соотношение элементов питания в субстрате должны соответствовать требованиям вида, особенностям субстрата, условиям выращивания.

Изучены возможности использования порубочных остатков в качестве составной части субстрата для выращивания сеянцев хвойных пород с закрытой корневой системой. Наибольший положительный эффект наблюдали от внесения переработанных листьев ивы в количестве 12,3 и 18,7 %. Высота сеянцев в этих вариантах была больше, чем в контроле на 94 % и 56 % соответственно. При внесении в субстрат листьев березы в количестве 18,7 % об. или листьев ольхи в количестве 12,3 % высота сеянцев была на 40 % больше, чем в контроле. В результате вегетационных опытов, проведенных в условиях защищенного грунта, было показано, что субстраты, приготовленные из местного сырья (торф, доломитовая мука) при добавлении некоторых видов отходов (древесная зелень), пригодны для выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой. При ускоренном способе приготовления компоста из древесной зелени его объемная доля в субстрате не должна превышать $1/3$ для отходов из ивы, $1/5$ для отходов из ольхи и $1/7$ для отходов из березы. Заготовленные побеги ивы, ольхи или березы достаточно компостировать в течение 2–3 недель, затем перерабатывать с помощью дезинтегратора и компостировать еще 2–3 недели, после чего смешивать с торфом. Торф для субстрата заправлять доломитовой мукой, 2 кг/м^3 . При проведении гидротермообработки растительного материала сроки приготовления компоста можно сократить.

Определено пролонгированное воздействие удобрений на рост сеянцев хвойных пород в питомниках и на их дальнейшую жизнеспособность в лесных культурах. Комплексное удобрение «Осмокот 6М» позволяет получить сеянцы сосны обыкновенной, на 25 % превышающие стандартный посадочный материал по высоте. Данное предположение подтверждено исследованиями Р. Х. Хузиахметова и др., которые выявили влияние азотных удобрений, в частности, карбамида и уреаформа, на увеличение выхода стандартных сеянцев хвойных пород и приживаемость лесных культур, созданных из данного посадочного материала. Наряду с восполнением питательных веществ азотные удобрения повышают устойчивость посадочного материала сосны обыкновенной к болезням.

Под действием опилочно-почвенных субстратов содержание легкогидролизуемого азота превышает содержание трудногидролизуемого, что может говорить о высокой биологической активности почвы и оптимальных условиях для микробно-ферментной биодеструкции компонентов опилочно-почвенных субстратов под растениями. Наиболее эффективно с точки зрения накопления азотистых веществ проявили себя опилочно-почвенные субстраты на основе микродоз сульфата аммония, мочевины, диаммофоски и аммонийной селитры.

Установлен лучший рост по высоте однолетних сеянцев сосны обыкновенной с применением одновременно азотного и фосфорного удобрений. Получены хорошие результаты при поливе почвы борной кислотой в дозе 2 г/л и расходом на 1 м².

Важные практические результаты были получены в изучении свойств гуминовых веществ, выделяемых из торфа различными методами. На основе комбинированного кислотно-щелочного гидролиза были получены и широко испытаны биологически активные препараты «Оксидат», «Гидрогумат», «Окси-гумат», нашедшие широкое применение в практике сельскохозяйственного производства как ростостимулирующие и фунгицидные препараты для овощных и зерновых культур, корнеплодов.

В составе торфо-гуминовых удобрений элементы питания находятся в виде органических соединений, и они становятся доступны для растений после трансформации. При использовании гуматов калия наблюдается тенденция к увеличению содержания подвижного фосфора, обменного калия и усваиваемого азота почвы. Ассоциаты гуминовых кислот, с закрепленными на них ионами металлов, могут поглощаться и усваиваться растением непосредственно, что также характерно для осадков сточных вод, содержащих органоминеральные соединения. Воздействие гуматов на почву влияет на их протекторные свойства, в результате происходит необратимое связывание тяжелых металлов и радионуклидов. Гуминовые кислоты более активно соединяются с тяжелыми металлами и выводят их из раствора в твердую фазу почвы. Гумусовые кислоты взаимодействуют с тяжелыми металлами за счет карбоксильных и фенольных групп, что приводит к обра-

зованию растворимых и нерастворимых гуматов. В большинстве экспериментов установлено, что применяемые препараты на основе гуматов (независимо от источника сырья), повышают прорастание семян, улучшают дыхание, питание растений и уменьшают поступление в растения тяжелых металлов и радионуклидов.

Определено содержание микроэлементов (Mn, Co, Cr, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Cd, Mo, Se) в составе образцов торфа и сапропеля, отобранных в Гомельском Полесье, и гуминовых препаратах, полученных на их основе. По энергии прорастания и всхожести семян ячменя и кукурузы и по приросту биомассы ржи и кукурузы, выращенной методом водной культуры, оценена биологическая активность торфяных и сапропелевых гуминовых препаратов. Изучена возможность увеличения растворимости микроэлементов при получении гуминовых препаратов на основе сапропеля введением в экстракционный раствор комплексообразователей и азотсодержащих органических оснований (трилона Б, гликоколя, лимонной кислоты, моноэтаноламина).

Удобрительные смеси, содержащие в своем составе кроме основных макроэлементов – азота, фосфора и калия микроэлементы, гуминовые и биологически активные вещества, оказывают многогранное влияние на плодородие почвы и на рост и развитие растений.

Систематическое применение органоминеральных удобрений, содержащих в своем составе полноценный набор макро- и микроэлементов, необходимый для полноценного формирования урожая, гуминовые соединения, стимулирующие рост и развитие растений, биологически активные вещества, повышающие иммунитет растений, решает проблему плодородия почв, повышает в ней содержание гумуса, макро- и микроэлементов, улучшает водно-физические свойства.

В современных условиях требованиям ресурсосбережения отвечает комплексное использование и утилизация отходов, в частности, может оказаться эффективной технология приготовления субстратов с использованием порубочных остатков, осадков сточных вод и других компонентов для выращивания сеянцев хвойных пород с ЗКС. Использование древесных отходов, в отличие от отходов коммунального хозяйства, не связано с трудностями в плане выполнения санитарно-гигиенических требований. Проблема состоит в том, чтобы путем механической обработки и компостирования обеспечить определенную структуру материала. Необходимо учитывать, что малообъемные технологии выращивания растений предъявляют повышенные требования к качеству питательного субстрата, его физико-химическим характеристикам. Это высокая влагоемкость, небольшая насыпная плотность, аэрируемость, буферность, высокая сорбционная способность. При выращивании сеянцев хвойных пород необходимо, чтобы субстрат обладал устойчивой структурой, которая в течение двух-трех лет не поддавалась бы существенно действию микробиологического разложения. Такими свойствами обладает верховой сфагновый торф.

В настоящее время совершенствуются технологии выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой, проводится большое количество исследований по подбору оптимального состава субстрата. Субстрат должен обладать устойчивой структурой, высокими буферными свойствами, оптимальной величиной pH, стерильностью относительно патогенных бактерий и грибов.

Благодаря наличию большого количества крупных и мелких пор торфяной субстрат обеспечивает благоприятный для корней растений водно-воздушный режим. Исследования динамики физических свойств тепличного грунта показывают, что грунт из верхового торфа в течение трех лет сохраняет структуру, рыхлое сложение. Выбирая материалы для приготовления сложных субстратов на основе верхового сфагнового торфа, необходимо учитывать, что физико-химические свойства полученного продукта не должны при этом ухудшиться. Субстрат должен обеспечивать необходимый водно-воздушный и питательный режим корневой системы сеянцев.

По сравнению с традиционной технологией открытой корневой системы и даже по сравнению с технологией закрытого грунта выращивание посадочного материала с закрытой корневой системой является наиболее технологичным, требующим не только специализированного оборудования, но и строгого соблюдения технологического режима, начиная с приготовления субстрата и заканчивая системами хранения сеянцев.

Верховой торф является традиционным и наиболее оптимальным основным компонентом, обладающим рядом таких преимуществ, как свобода от семян сорных растений и фитопатогенов, способность поддерживать необходимый режим аэрации, низкая степень слеживаемости и т. д. Однако он содержит крайне малое количество элементов питания, отличается высокой кислотностью и имеет низкую степень разложения. Верховой торф содержит 0,56–2 % азота, 0,03–0,26 % фосфора, 0,01–0,1 % калия; отличается хорошей влагоёмкостью (600–1200 % по массе или 56–84% по объёму); имеет кислую реакцию среды – pH 2,6–4,2.

От степени разложения торфа зависят водно-физические, агрохимические и другие свойства торфа. При степени разложения менее 5 % торф называют «совершенно неразложившийся»; при 5–10 % – «почти неразложившийся»; от 10 до 30 % – «слабо разложившийся»; от 30 до 50 % – «средне разложившийся»; от 50 до 70 % – «сильно разложившийся»; свыше 70 % – «очень сильно разложившийся». Для верхового торфа характерна степень разложения 10–25 %. Однако при длительном хранении в виде субстрата происходит разложение органического вещества с одновременным повышением степени разложения. У такого субстрата ухудшаются водно-физические свойства, и на следующий год после приготовления использоваться не может.

Общепринятой является практика внесения стартовой дозы полного минерального удобрения с обязательным добавлением микроэлементов. В современных субстратах достаточно широко используется удобрение *PG-mix* голландской фирмы *Yara*, содержащее азот в нитратной и аммиачной формах, фосфор, бесхлорный калий и комплекс микроэлементов в хелатной форме. В ряде случаев применяются другие удобрения. Однако следует учитывать, что действие стартовой дозы достаточно непродолжительно (всего 1–2 месяца), и дальнейшее минеральное питание обеспечивается за счет подкормок. Чрезмерное присутствие минеральных удобрений в субстрате может привести к его засолению и, соответственно, к ухудшению водного и минерального питания растений.

МЛХ РБ рекомендуется использовать органоминеральный субстрат Докшицкого торфопредприятия. Массовая доля влаги не более 40–60 %; кислотность субстрата pH 5,0–6,0; содержание макроэлементов: N (азот) 120–220; P₂O₅ (оксид фосфора) 140–210; K₂O (оксид калия) 200–320; содержание микроэлементов: B (бор) 0,3–0,5; Cu (медь) 1,5–2,0; Fe (железо) 0,9–1,1; Mn (марганец) 1,6–1,9; Mo (молибден) 2,0–2,5; Zn (цинк) 0,4–0,7.

В Финляндии и Швеции используют хорошо разложившийся фрезерованный торф или торфяную крошку. В Канаде предпочитают хорошо разложившийся просеянный торф с добавкой минеральных удобрений. По вопросам оптимального состава субстрата высказывались разные мнения о том, что тяжелый и плотный торф даже в смеси с песком не является лучшим, так как сильно задерживает влагу. Торф представляет собой растительную массу, в разной степени разложившуюся в переувлажненных условиях с недостатком кислорода, содержащую гумифицированные растительные остатки, перегной и минеральные соединения.

Хорошие результаты получены в Канаде при использовании смеси торфа и вермикулита (2:1) при pH 6,5. Для выращивания хвойных пород использовали контейнеры объемом 37 см³, для лиственных – 131–150 см.

В последнее время возросло число экспериментов по подбору смесей, которые в перспективе могут являться его полноценной заменой. Приведены сравнительные данные развития и роста, формирования фитомассы сеянцев сосны кедровой сибирской с закрытой корневой системой в течение первого года выращивания в оранжерее Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева. Для выращивания сеянцев использовались субстраты разного состава, основой которых служил нейтральный торф (pH = 7) или кокосовый субстрат. В субстраты добавляли вермикулит и/или перлит в концентрациях 5 и 12 %. Установлено, что на линейные размеры и фитомассу надземной и подземной частей растений оказывает влияние состав субстрата. Большие размеры стебля отмечаются на субстратах из чистого нейтрального торфа, смесей торфа с перлитом 5 % и вермикулитом 5 % и кокосовом субстрате с вермикулитом 12 %. Отставание линейных размеров выявлено у сеянцев, выращиваемых на чистом кокосовом

субстрате и торфяной смеси с добавлением 12 % перлита. Сеянцы, растущие на торфяных субстратах, формируют к концу первого вегетационного сезона корневую систему меньших размеров и массы, чем на субстратах, основным компонентом которых является кокос.

По данным С. А. Степанова хорошие результаты были получены при использовании субстрата на основе торфа фрезерной заготовки с добавлением финских удобрений и доломитовой муки, уровень pH – 4,5–5,5; зольность до 4 %, сухой массой 60–80 г/л.

При заполнении контейнеров обычной почвой при выращивании сеянцев с ЗКС влияние небольшого объема ее на минеральное питание и водоснабжение устраняется частым поливом, что приводит к ухудшению аэрации почвы. Для нормализации последней в обычную почву контейнеров добавляют грубые материалы (песок, опилки, кора, гравий, торф, компост и т. д.). Недостаточное внесение этих материалов может ухудшить аэрацию, излишек же приводит к иссушению почвы. Многие исследователи также предлагают использовать в качестве субстрата для выращивания посадочного материала в контейнерах компостированную кору лиственных и хвойных пород, а вместо торфа добавлять в субстрат компостированные древесные опилки.

В условиях Левобережной Лесостепи Украины приоритетными субстратами оказались торфосодержащие: торф и почва (66:34) и торф, почва (50:50). Среди вариантов без содержания торфа в составе субстрата, лучшие показатели отмечены на варианте почва, перегной, опилки (50:40:10).

В комплексе Даниловского исследовательского гослесхоза УкрНДИЛГА для выращивания дуба с ЗКС использовали гумусовый темно-серый средне-суглинистый грунт, торф переходного типа с отходами древесины (тирса или стружка). Лучшим субстратом для выращивания контейнеризированных сеянцев по данным ряда ученых считается верховой слаборазложившийся сфагновый торф фрезерной заготовки. В рекомендациях американских ученых есть предложение смешивать в равных пропорциях верховой торф с вермикулитом. Однако опыт скандинавских стран показывает, что использование верховых торфов со степенью разложения более 15 %, а также переходного и низинного торфов затрудняет работу механизмов по заполнению контейнеров. Применение в качестве субстрата других компонентов требует специальных исследований и переналадки оборудования. Для доведения солевого pH водной вытяжки субстрата до 4,5–5,0 добавляют соответствующие дозы молотого доломитизированного известняка. Внесение полной дозы фосфорных и калийных удобрений может осуществляться при приготовлении субстрата – 0,8–2,0 кг основных удобрений с микроэлементами на 1 м³ торфа. Эта доза покрывает 20–50 % потребности однолетнего сеянца в питании в течение первого вегетационного периода. Очень важно, чтобы питательный субстрат был однородным, а удобрения распределялись в нем равномерно. Для производства одного миллиона

сеянцев необходимо около 100–130 кубометров питательного субстрата. Хорошими показателями размеров надземной части сеянцев отличаются растения, выращиваемые на смесях с добавлением вермикулита. Отстают по показателям роста и развития сеянцы на торфяном субстрате с добавлением чистого перлита.

Применение новых технологий и переработки торфяного и сапропелевого сырья в качественные органоминеральные удобрения позволяют получать чистый доход от повышения выхода стандартных сеянцев, частичной или полной замены минеральных удобрений. Низинный торф является более плодородным, характеризуется высокой зольностью, содержанием питательных веществ и микроэлементов, средней и слабокислой реакцией среды. Но за счет мелкой структуры он быстро уплотняется и заиливается, что негативно сказывается на росте сеянцев древесных растений при его использовании в качестве субстрата. Для устранения негативных свойств низинного торфа существует возможность применения в качестве добавки отходов деревоперерабатывающей промышленности – опилок. Повышение доли опилок в субстрате способствовало снижению его плотности сложения. Введение опилок в состав субстрата позволяет также существенно замедлить процесс разложения органического вещества субстрата в процессе выращивания посадочного материала.

При увеличении доли опилок до 40–50 % зольность субстрата снижается до значений, соответствующих показателям верхового торфа. Кроме того, при внесении более 50 % древесных отходов процессы биodeградации органического вещества приостанавливаются, что говорит о стабильности физико-химических свойств субстрата. Введение опилок в его состав снижает содержание элементов минерального питания: при 20 % доли опилок в общем объеме субстрата содержание аммиачного азота уменьшается в 1,8, подвижного фосфора – в 2,1, обменного калия – в 1,4 раза. Дальнейшее повышение доли опилок связывает водорастворимые макроэлементы. Первоначальная кислотность низинного торфа близка к нейтральной. Добавление опилок способствует снижению pH_{сол} до 5,5–6,0.

В Пружанском районе Брестской области ОДО «Агросемпродукт» на экологически чистом участке месторождения «Удходва» добывается торф низинный сапропелевый, который представляет собой торфо-сапропелевую смесь с содержанием 60 % торфа низинного высокой степени разложения и 40 % сапропеля органического. Главной отличительной особенностью торфа низинного сапропелевого является наличие в его составе большого количества гуминовых кислот, фульвокислот, аминокислот, а также макро- и микроэлементов, витаминов, природных полисахаридов и др.

Биологически активная компонента сапропеля включает в себя целый комплекс разнообразных веществ: азотистые и гор-моноподобные соединения, ферменты, витамины, каротины, пигменты, органические кислоты и спирты и другие биологически активные вещества. В минеральной ком-

поненте сапропелей содержатся соединения железа, магния, калия, алюминия, серы, фосфора и других макроэлементов и микроэлементов. Кроме того, минеральная часть сапропелей содержит редкоземельные элементы, содержание которых в золе фракции негидролизированного остатка превышает содержание редкоземельных компонентов в золе исходного сапропеля.

Сапропель широко используется в качестве удобрений и прежде всего органические и смешанные сапропели. В них доля органического вещества доходит до 70 и более процентов, а гуминовые вещества, которые формируют почвенное плодородие, достигают 30 % от сухого вещества. Такие сапропели богаты легкогидролизуемым азотом (до 3 %), обменным калием (до 0,07 %) и микроэлементами (Cu, Ni, Mo, Co и др.).

По сравнению с другими удобрениями природного происхождения сапропель значительно обогащен микроэлементами. В отличие от органических удобрений животного происхождения агроминерал содержит меньше сорных растений, не заражен болезнетворными бактериями и флорой, потери азота не наблюдаются даже при длительной задержке пахоты. В сравнении с минеральными удобрениями озерный ил является удобрением длительного действия, обладает мелиорирующим эффектом.

В качестве удобрений чаще всего используют органический и органоминеральный типы сапропелей. Их зольность менее 50 %, реакция среды нейтральная или слабощелочная, емкость поглощения высокая, поглощающий комплекс насыщен катионами магния и кальция, обеспеченность доступными для растений элементами питания достаточно высокая.

Сапропель имеет потенциал для широкого спектра использования в практике лесного и сельского хозяйства как альтернатива природным ресурсам. Сапропели можно использовать как в земледелии, так и в лесном хозяйстве, благоустройстве и озеленении городских и рекреационных территорий, а также при рекультивации деградированных почв.

Сапропель, являясь удобрением длительного действия, обладает мелиорирующим эффектом, улучшает агрофизические свойства, способствует повышению обеспеченности органическим веществом и увеличению содержания основных элементов питания в почве. Учеными отмечается положительное влияние сапропеля на почву, причем не только в прямом действии, но и в длительном последствии. Так, при изучении данного удобрения в долгосрочной перспективе (более 10 лет) было обнаружено, что применение озерных отложений положительно повлияло на физическое состояние почвы.

При подкормке сапропелем средняя высота сеянцев дуба черешчатого достигает 15,2 см, диаметр корневой шейки 4,5 мм. Сапропель как видоизмененные биохимическими, микробиологическими и физико-механическими процессами остатки растительных и животных организмов и частиц минеральных пород обладает хорошими водно-физическими свойствами, обилием микрофлоры, органического вещества, азота, зольных элементов, меди, ко-

бальта, марганца и других микроэлементов. Сеянцы древесных пород лучше приживаются на лесокультурной площади и имеют меньшее торможение роста при соотношении воздушно-сухих фитомасс надземной и подземной частей в пределах 2:1–3:1. Такое оптимальное соотношение получено при подкормке сеянцев дуба черешчатого.

Исследования И. А. Дроздова по выявлению действия сапропелей на питательный режим дерново-подзолистой почвы легкого гранулометрического состава свидетельствуют, что внесение сапропеля обеспечивает увеличение содержания подвижных форм основных элементов питания в почве. Наибольшее количество нитратного и аммиачного азота, фосфатов и калия было выявлено в вариантах с сапропелем органическим, внесенном в почву не только совместно с навозом, но и в чистом виде, а также повышает содержание органического вещества в почве. При внесении сапропеля наблюдается увеличение содержания гумуса на 0,39 %, а при совместном применении с фосфогипсом на 0,42 %.

Сапропелевые удобрения (СУ) в сельском хозяйстве не уступают навозу. Сочетание 40 т/га сапропелевых удобрений + N100P60K110 позволяет добиваться максимальной продуктивности севооборота (не менее 65 ц/га к. ед.) и положительной рентабельности в расчете на тонну СУ. Одновременно с сапропелем вносится в среднем 16,5 т/га органического вещества, обогащающего почву гуминовыми и фульвовыми кислотами.

Использование карбонатного или смешанного сапропеля (участок Бенин, южный участок Нивское) в дозе 40 т/га позволяет вносить 4–6 т на 1 га известковых материалов в пересчете на CaCO_3 и избежать поддерживающего известкования сельхозугодий, что способствует экономии бюджетных средств. По данным многолетних экспериментов с сапропелевыми удобрениями разрабатываемых озер показано, что наиболее эффективным является их внесение в дозах 40–50 т/га. С увеличением дозы СУ урожайность также повышается, но незначительно, а окупаемость 1 т удобрений снижается. За счет быстрой трансформации органического вещества сапропеля в первый год СУ смешанного типа обеспечивают получение 54 % урожая, и действие его продолжается в последующие годы. При этом последствие сапропеля при повышенных дозах дает прибавки урожая, близкие к прибавкам в первый год внесения.

Деревоперерабатывающее производство накапливает огромное количество древесных остатков, которые необходимо утилизировать, чтобы они не навредили окружающей среде. Поскольку при попадании древесных остатков в окружающую среду они могут оказать на нее негативное воздействие и открыть возможность заражения животной и растительной микрофлоры. Вермикомпостирование является актуальным методом утилизации древесных отходов. Это связано с тем, что при переработке органических отходов с использованием червей происходит улучшение водно-физических свойств и снижение токсичности отходов, закрепление

элементов минерального питания растений в получаемом продукте. Проведены исследования по подготовке вермикомпостов для использования в качестве тепличных субстратов при выращивании сеянцев древесных растений путем их модификации различными минеральными добавками.

В качестве субстрата для вермикомпостирования изучены смеси помета мелкого рогатого скота (МРС) с опилками лиственных пород деревьев в различном соотношении. При проведении исследований были составлены смеси органических отходов с различным соотношением компонентов: 100 % помет МРС; 10 % опилок + 90 % помет МРС; 20 % опилок + 80 % помет МРС; 30 % опилок + 70 % помет МРС; 60 % опилок + 40 % помет МРС; 70 % опилок + 30 % помет МРС; 80 % опилок + 20 % помет МРС. Выявлена оптимальная для жизнедеятельности червей доля опилок в смеси. Проведена оценка степени переработки органических отходов и пригодности полученных вермикомпостов для выращивания сеянцев древесных растений. Также рассмотрены агрохимические показатели смесей и вермикомпостов, которые дают оценку эффективного способа повышения плодородия. Оптимальным составом смеси отходов из помета мелкого рогатого скота и опилок для жизнедеятельности дождевых червей можно считать смеси, включающие 45–50 % опилок по объему.

Биогумус является продуктом переработки органических отходов популяцией дождевого червя и содержит в сбалансированном сочетании целый комплекс необходимых питательных веществ и микроэлементов, ферменты, почвенные микроорганизмы, гуминовые вещества, витамины. Это качественное органическое комплексное удобрение быстро восстанавливает естественное плодородие почвы, улучшает ее структуру, водно-воздушный режим, способствует сокращению сроков прорастания семян, ускорению роста и сокращению сроков созревания плодов. Основой биогумуса служат комплексные соединения с минеральными компонентами почвы – гуматы, которые формируются в процессе переваривания мертвых органических отходов растительного и животного происхождения в пищеварительном канале червей.

Сеянцы сосны обыкновенной, выращенные с добавлением биогумуса, не уступают по продуктивности сеянцам на традиционном минеральном питании и имеют хорошее качество. Для выращивания сосны обыкновенной рекомендуется вносить 1,5 кг/м² сухого биогумуса в разброс по поверхности (15,0 т/га) или 0,5 кг/м² сухого биогумуса в углубленные бороздки до посева семян + 0,5 кг/м² сухого биогумуса на мульчирование рядков (суммарно 10,0 т/га).

В условиях достаточного увлажнения температура является ключевым абиотическим фактором, контролирующим процесс разложения органических веществ почвы, растительного опада и древесных остатков, включая древесную кору. Повышение температуры окружающей среды приводит к значительному увеличению скорости разложения древесных остатков, если не было ограничения по содержанию влаги.

Состав почвенно-коровых субстратов и температура проведения эксперимента оказали существенное влияние на динамику разложения, суммарные потери C-CO₂ за 12 мес. эксперимента и константу разложения коры хвойных пород.

Проводились исследования на территории дендрологического сада ФБУ «СевНИИЛХ»), который расположен вблизи г. Архангельска. Объектами исследования служили компосты, заложенные на основе коры двух древесных пород – березы и ели, куриного помета и грибасапрофита *Trichoderma* (Tr). Споры гриба сапрофита *Trichoderma* выделяют в конидиальной стадии высокотоксичные антибиотики, которые подавляют заболевания растений, корневые и прикорневые гнили, активно влияют на изменение структуры почвы и оказывают стимулирующее действие на рост и развитие растений. В результате быстрого усвоения лигноуглеродного субстрата эти микроорганизмы активно участвуют в деструкции органических соединений, в частности, ускоряют разложение древесной коры. При выращивании сеянцев сосны сибирской использование компостов на основе коры ели с добавлением триходермы и 5 % куриного помета увеличивает прирост сеянцев до 35 %.

Массовая доля влаги во всех корокомпостах соответствует требованиям и не превышает 70 %. Корокомпосты хорошо обеспечены зольными элементами питания растений, массовая доля золы для корокомпостов с еловой корой варьирует в пределах от 15,9 до 24,4 %, для содержащих березовую кору – от 13,8 до 31,0 %. Все корокомпосты, содержащие куриный помет, хорошо обеспечены фосфором и калием. Корокомпосты хорошо обеспечены азотом и близки к оптимальному соотношению C:N – 25:1, в отличие от компостов, не содержащих куриный помет. Готовые корокомпосты были получены в течение 5 месяцев.

Модернизированный метод биокомпостирования лигноцеллюлозных отходов лесоперерабатывающих предприятий с использованием дереворазрушающего базидиомицета *Trametes versicolor* (L.) Lloyd позволил получить инновационный продукт – микопродукт, который был добавлен в опилочно-почвенный субстрат для оптимизации плодородия истощенных/деградированных почв лесных питомников. Применение микопродукта при компостировании опилочно-почвенного субстрата не только оптимизировало процессы разложения и минерализации опилочной массы, но и способствовало активизации биологических процессов в почве, что отразилось на биохимических и морфометрических характеристиках саженцев и на продуктивности почвы под посадками хвойных.

Изучено влияние биопрепаратов на грунтовую всхожесть семян, сохранность и качество сеянцев в мелкоделяночном опыте. Биопрепараты (на основе грибов рода *Trichoderma*) для оптимизации лесовыращивания в искусственных фитоценозах подтвердили свою эффективность в условиях лесных питомников Казачинского лесничества Красноярского края. Предпо-

севная обработка семян сосны обыкновенной биопрепаратами (в виде водных суспензий) способствовала повышению грунтовой всхожести семян и увеличению выхода посадочного материала, а также положительно сказалась на качестве сеянцев как в мелкоделяночных опытах, так и в производственных посевах. Внесение в почвенный микробоценоз питомников триходермы вместе с семенами сосны обыкновенной способствовало защите сеянцев от фитопатогенов и улучшению их морфометрических показателей.

В течение многих лет экспериментально доказывалось положительное влияние биопрепаратов на основе бактерий и грибов рода *Trichoderma* на снижение фитопатогенной нагрузки почвы и улучшение состояния сеянцев хвойных в опытном питомнике экспериментального хозяйства «Погорельский бор» ИЛ СО РАН.

Микробиологические препараты «Экобактер» и «Экобактер-терра» при использовании на различной стадии выращивания растений обеспечивают нормативный выход стандартных сеянцев лесных пород и позволяют получить наибольшую урожайность сельскохозяйственных культур. При использовании «Экобактер-терра» для предпосевной подготовки семян грунтовая всхожесть достигает 90–99 %. Для ускорения степени готовности компостов используется МБП «Экобактер». В данном препарате содержатся бактерии рода *Rhodobacter* и *lactobacillus*, что позволяет наиболее эффективно осуществлять микробиологический процесс в компостах. При внекорневой обработке сеянцев лесных пород при использовании «Экобактер-терра» улучшается рост не только надземной части растений, но и корневой системы.

Важную роль в совершенствовании агротехники выращивания лесного посадочного материала имеет борьба с сорной растительностью. Разработаны и исследованы препараты, которые обеспечивают максимальную эффективность подавления сорных растений. Данные препараты обеспечивают высокую безопасность их использования для сеянцев и саженцев лесных пород.

В течение всего периода выращивания субстрат должен обладать определённым набором характеристик, близких к оптимальным: низкая насыпная плотность, высокая влагоёмкость, оптимальный буферный эффект, достаточное воздушное пространство, а также высокая сорбционная способность и способность удерживать влагу. Для каждого вида растений необходимо тщательно подбирать подходящий субстрат, учитывая его основные физические свойства. Эти характеристики сложно исправить в процессе выращивания, поэтому важным агрофизическим свойством субстрата является насыпная плотность.

Наиболее оптимальным показателем насыпной плотности субстратов при выращивании сеянцев сосны обыкновенной является диапазон от 0,10 до 0,13 г/см³. Недостаточное количество пор в субстрате (от 77 до 86 %) не может обеспечить потребности сеянцев сосны и их рост, и накопление биомассы идёт медленнее, чем при пористости в пределах 86...92 %.

В современном развитии лесокультурного производства области большие возможности в перспективе обеспечивает выращивание и использование посадочного материала на искусственном почвогрунте. Главным условием для создания искусственного почвогрунта под хвойные растения является лёгкий и структурный гранулометрический состав с хорошей воздухопроницаемостью и влагоёмкостью. Сконструированный таким образом искусственный почвогрунт в таком механическом составе позволит в полном объёме важнейшим почвенным процессам осуществлять свои функции, что в свою очередь будет способствовать хорошему укоренению и жизнедеятельности корневой системы молодого растения, давая ему необходимую энергию роста. Проведены исследования в Оренбургской области, где почвенные условия лесных питомников, существующих не одно десятилетие, являются неблагоприятными для выращивания качественного посадочного материала древесно-кустарниковых пород. Сеянцы сосны обыкновенной, выращенные на искусственном почвогрунте (речной песок 20 %, торф 40 %, перегной 25 %, сосновая иглица 15 %) имеют высокие показатели всхожести и энергии прорастания семян, более мощную корневую систему и отличаются по биометрическим показателям от контрольного образца на 30 %. Содержание доступных для растений питательных элементов из расчёта на сухое вещество должно быть следующим (%): органическое вещество – 30; азот (N) – 3,0, фосфор (P) – 3,0; калий (K) – 3,0; медь (Cu) – 0,04; цинк (Zn) – 0,04; магний (Mg) – 0,06; железо (Fe) – 0,09; молибден (Mo) – 0,08; марганец (Mn) – 0,02; бор (B) – 0,08; кобальт (Co) – 0,004. Рекомендуемая доза для внесения биогумуса на искусственный почвогрунт составляет 1,6–1,9 кг/м² сухого вещества.

Производство почвогрунтов – одно из самых быстрорастущих направлений во всём мире не только в области сельского хозяйства, но и лесного в связи с недостатком плодородно-здоровой почвы для выращивания посадочного материала. Высокотехнологичные производства базируются на 92–97 % вторичных материалов для создания новых линеек искусственных почвогрунтов. Основным условием для получения высококачественного посадочного материала древесных растений является создание оптимальных условий выращивания, а современные пути решения этой проблемы – использование недорогих биологически активных веществ, стимуляторов прорастания семян и ускорения роста сеянцев на базе хорошо подготовленного, искусственно сконструированного почвогрунта. Было выявлено наличие суммарного положительного влияния группы биологически активных водорастворимых веществ, экстрагируемых из хвои сосны обыкновенной, на накопление сухой массы 15-дневных проростков сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.).

По мнению многих специалистов, увеличить производство посадочного материала в области можно за счёт внедрения в производство новых технологий выращивания сеянцев и саженцев и повышения их выхода

с единицы площади имеющихся питомников. В частности, ряд лесоводов считает, что наиболее эффективным и экономически быстро окупаемым приёмом совершенствования технологий в питомниках области является применение биологически активных веществ – регуляторов роста растений, позволяющих существенно сократить время выращивания стандартных сеянцев и саженцев.

Выявлено, что использование для предпосевной обработки семян биологически активных препаратов позволяет существенно увеличить выход стандартных сеянцев с единицы площади – на 14,4–58,8 %. Особенно значительный эффект достигается при замачивании семян в растворе препарата Эпин-экстра, когда выход стандартных сеянцев в среднем равнялся 93,4 %. Средняя высота стволиков в данном варианте опыта к концу вегетации достигала 18,4 см при их толщине у корневой шейки 4,4 мм, что соответственно на 20,0 и 10,0 % выше стандартного порога и на 34,3 и 25,7 % больше значений контрольного варианта. При этом средняя длина корневой системы сеянцев составляла 18,5 см, а её масса 19,8 г, это в 2,0 и в 1,7 раза больше, чем у сеянцев, выращенных без использования биопрепаратов. Применение препарата АГАТ-25К позволило добиться выхода стандартных сеянцев на уровне 88,5 % при средней высоте стволиков 16,6 см и диаметре корневой шейки 4,0 мм.

Исследовано влияние обработки семян сосны биопрепаратами вэрва и вэрва-ель на рост однолетних сеянцев в лесном питомнике. Установлено, что обработка семян биопрепаратами привела к достоверному увеличению биометрических показателей – высоты сеянца и длины корня.

Последние достижения в области физики, химии, микробиологии, биохимии открывают исследователям новые возможности для разработки современных, эффективных и экологически безопасных методов повышения посевных качеств семян и роста сеянцев основных лесобразующих пород. На сегодняшний день уже хорошо известно о положительном влиянии на урожайность сельскохозяйственных растений предпосевной обработки семян сельхозкультур электромагнитным полем (ЭМП). Новые технологии обработки сеянцев позволяют получить высококачественный посадочный материал, соответствующий стандартам, за меньший период времени.

Предпосевная обработка ЭМП семян сосны 3-го класса способствовала выходу 84 шт. однолетних сеянцев на 1 п. м, что соответствует показателям 2-го класса качества семян. Показатель высоты превышал контроль на 43 % и составил 5,0 см при 3,5 см в контроле. Также положительно обработка семян ЭМП отразилась на росте корней, длина их была больше, чем в контроле, на 20 %. В конце вегетационного сезона 2020 г. проводились учеты 5-летних саженцев сосны на опытных и контрольных участках школьного отделения. Результаты изучения влияния ЭМП на приживаемость сеянцев, выращиваемых в открытом грунте, указывают, что наблюдаемую разницу между контролем и опытом, составляющую 24 %, можно объяснить стимулирующим действием ЭМП.

Использование химических веществ при выращивании растений должно ориентироваться на принципы экологической безопасности, поэтому регуляторы роста на основе природного сырья привлекают большое внимание как научного сообщества, так и коммерческих предприятий, особенно в последние десятилетия. Одними из наиболее перспективных являются препараты, действующим веществом которых выступает комплекс тритерпеновых кислот. К ним, например, относятся отечественные регуляторы роста, выпускаемые УП «Белуниверсалпродукт» под маркой Экосил. Сырьем для их производства служит хвоя пихты сибирской (*Abies sibirica*), что позволило присвоить Экосилам 4-й класс опасности.

Препараты, содержащие тритерпеновые кислоты пихты, наряду с росторегулирующим должны обеспечивать также иммунопротекторное действие.

Тем не менее без целенаправленного ингибирования патогенов, в особенности грибов, растения теряют часть своей продуктивности, даже с учетом возросшей благодаря росторегуляторам устойчивости. Поэтому логично возникает вопрос о необходимости применения фунгицидов для обработки растений прежде всего перед высевом семян, так как широкий сектор фитопатогенов может не только снизить качество посевного материала, но и способствовать развитию болезней сеянцев.

Проводились исследования на территории постоянного питомника ГЛХУ «Логойский лесхоз». Семена сосны обыкновенной, относящиеся к первому классу, высеяны в открытый грунт. Перед посевом часть семян инкрустировали защитно-стимулирующими составами, включающими фунгицид Винцит Форте и регулятор роста Экосил Микс. В июне – начале августа произвели внекорневую обработку сеянцев путем опрыскивания вегетирующей массы растений рабочими растворами препаратов Экосил Микс Экосил Плюс одно- двукратно с интервалом в 20–30 дней согласно составленной схеме опытов. Обработки фунгицидом Винцит Форте, а также регуляторами роста Экосил Микс и Экосил Плюс оказывают существенное влияние на морфобиометрические и физиолого-биохимические параметры сеянцев сосны обыкновенной с открытой корневой системой на начальных этапах роста. Наибольший положительный эффект достигнут при отдельном опрыскивании вегетирующих растений Экосилами и инкрустации семян защитно-стимулирующим составом, включающим Экосила Микс и Винцита Форте.

Проводились исследования по определению влияния регуляторов роста на энергию прорастания и всхожесть семян сосны обыкновенной и ели европейской. Использованы препараты Стимпо и Циркон. Циркон – природный стимулятор роста растений, действующим веществом которого является смесь оксикоричных кислот, получаемых из лекарственного растения *Echinosea purpureum*, хорошо известного своими иммуномодулирующими свойствами. Спектр действия Циркона – росторегулирующее (с высокой корнеобразующей активностью и ярко выраженной функцией прорастания семян), иммуномодулирующее и антистрессовое действие. Циркон акти-

вирует процессы синтеза хлорофилла, роста, ризогенеза растений, компенсирует дефицит природных регуляторов роста, повышает адаптационные возможности организма. Использование растворов стимуляторов роста Стимпо и Циркон при обработке семян сосны обыкновенной и ели европейской положительно влияет на их прорастание. Для ели европейской при применении препарата Стимпо наилучшей концентрацией является 2,0 мл/л при времени замачивания 14 ч, а при использовании препарата Циркон – 1,0 мл/10 л и 24 ч соответственно. Для сосны обыкновенной наилучшей концентрацией при применении регулятора роста Стимпо является 2,5 мл/л при времени замачивания 14 ч, а при использовании Циркона – 1,5 мл/10 л и 24 ч соответственно. При обработке семян повышенной концентрации и более продолжительном времени замачивания регуляторы роста выступают в качестве ингибиторов роста, т. е. подавляют процесс прорастания семян.

Мощным фактором повышения производительности агроэкосистем является активация микробно-растительного взаимодействия. С этой целью разрабатываются и вводятся в систему необходимых агротехнических мероприятий экологически безопасные микробные препараты, а также регуляторы роста растений природного и синтетического происхождения. Эти препараты способствуют интенсификации физиолого-биохимических процессов у растений, повышают их устойчивость к заболеваниям и положительно влияют на микробное население почв.

Биологическая активность почвы стимулируется не только биологическими препаратами, но и химическими. Эксперименты, проведенные в динамике, позволили выявить кратковременное преимущество химических препаратов. Численность микроорганизмов в опытах с использованием химических препаратов достоверно падает через месяц, в то время как в опытах с внесением биологических препаратов их количество стабильно сохраняется. Биологические препараты благоприятно влияют на почвенную микрофлору, вызывая рост и размножение грибов и в целом микроорганизмов, усваивающих азот и фосфор. Результаты исследований дают основание констатировать продолжительное положительное влияние биологических препаратов на почву.

Исследовали ряд микробных препаратов, разработанных Южной опытной станцией Института сельскохозяйственной микробиологии УААН, которые содержат активные штаммы микроорганизмов, способные к ассоциативной азотфиксации, фосфатмобилизации, а также обладают ростостимулирующим и биопротекторным действием. Комплекс микробных препаратов получали путем механического смешивания «Диазофита», «Фосфоэнтерина» и «Биополицида» в равных количествах из расчета 300 мл/га и растворяли его в воде (3:100).

Для нормального развития и высокой продуктивности растений необходимо достаточное количество питательных веществ. Но нерациональное использование химических удобрений может привести быстрому

истощению почвы, нарушению ее естественных микробиологических процессов, ухудшению ее структуры. Изучалось влияние микоризных препаратов «Great White», «Эджис», «Микориза универсал» (Зеленое сечение), «Кормилица» и «Долина плодородия» на морфо-физиологическое развитие сеянцев *Pinus sylvestris* L. и *Quercus rubra*, а также на химический состав почв их микоризосферы для дальнейшего применения в лесном хозяйстве, в том числе при выращивании устойчивого посадочного материала с высокой приживаемостью. Все препараты содержат штаммы грибов рода *Glomus*. Действие препарата Эджис увеличило прирост сеянцев *Quercus rubra* и *Pinus sylvestris* L. в сравнении с контрольными образцами на 26,1 и 33,3 % соответственно. Высокий симбиотический потенциал *Quercus rubra* и *Pinus sylvestris* L. отмечен с препаратами Кормилица, Эджис и Great White. Приживаемость сеянцев составила 100 %.

Еще в начале XX века Rayner показала, какую колоссальную роль играет микориза при развитии молодых сеянцев сосны на бедных песчаных почвах. Ростовые показатели однолетних сеянцев, выращенных на почве с добавлением компостов, были в 8–10 раз выше, чем у сеянцев, выращенных на песчаной почве без компоста.

А. Ахромейко советовал заправлять почвы питомника навозом, компостом или луговым торфом путем равномерного разбрасывания по полю и запахивания. Материалом для компоста могли служить листья деревьев, печная зола, солома, минеральные удобрения. В торф следовало вносить минеральные удобрения. Внесение в почву органических веществ усиливало развитие грибов-микоризообразователей и корневой системы растений.

Производственный опыт использования органоминеральных удобрений для выращивания сеянцев хвойных пород на базисных питомниках Литвы показал, что на почвах легкого механического состава лучше применять компосты, чем небогатый питательными веществами торф. Из органических удобрений в питомниках лучше использовать компосты, изготовленные из низинного торфа и навоза в отношении 9:1 с добавлением 0,6–1,0% минеральных удобрений и извести. Сеянцы сосны и ели на слабо- и среднеобеспеченных почвах основными элементами питания заметно реагируют на основное и дополнительное удобрение путем увеличения надземной части на 27–59 %, длины корней на 10–27 %, толщины корневой шейки на 10–66 % по сравнению с вариантами, где удобрения не вносились.

Установлено, что внесение в дерново-подзолистые связносупесчаные почвы высоких доз торфа повышает плодородие за счет обогащения их органическим веществом, стимулирует не только увеличение количества микроорганизмов различных физиологических групп, но и повышает ее ферментативную активность. В результате улучшается азотное питание растений, что имеет важное значение для легких минеральных почв. Увеличение численности аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий обеспечило минерализацию внесенного торфа и содержащихся в почве других органических веществ, освобождение азота и превращение его в ам-

монийные и нитратные соединения. В почве накапливаются подвижные формы азота, о чем свидетельствует активное развитие бактерий, потребляющих минеральный азот, численность которых в оптимизированной почве увеличилась в 3 раза, по сравнению с исходной почвой.

Е. М. Романовым с соавторами для оптимизации состава субстратов при выращивании сеянцев с закрытой корневой системой (в контейнерах) использовался низинный торф, в который вводились добавки, устраняющие его отрицательные свойства. В качестве добавки к низинному торфу для улучшения физико-химических показателей был использован гидролизный лигнин (ГЛ). Для оптимизации состава субстрата нейтрализованный ГЛ смешивали с низинным торфом в различных пропорциях. Увеличение доли ГЛ привело к снижению содержания элементов минерального питания, увеличению кислотности и органического вещества, а также существенно уменьшило плотность сложения субстрата. Оптимальным содержанием ГЛ для выращивания сеянцев сосны явилась доля 25,3 %, лиственницы сибирской – 18 %. Учеными также использовались другие органические материалы в качестве компонентов компостных смесей при производстве субстратов для выращивания сеянцев хвойных пород с закрытой корневой системой в контейнерах. В качестве органической добавки к низинному торфу применяли отходы деревообработки в виде опилок. Биометрические параметры сеянцев сосны, выращенных на компосте с добавлением опилок, превышали эти показатели на контроле по высоте стволика на 10, диаметру шейки корня – на 20 %. Причем использование компоста позволило существенно снизить поражение всходов возбудителями инфекционных болезней.

Лигнин, благодаря своей высокой сорбционной способности, удерживает питательные вещества (аммонийный и нитратный азот и пр.) от вымывания и тем самым обуславливает эффект пролонгированного действия полученных на его основе органоминеральных удобрений. Полученное удобрение можно использовать на любых почвах, но более всего его действие проявляется на почвах с низким уровнем плодородия (легких по гранулометрическому составу почвах, засоленных, кислых и пр.).

В «Методических указаниях по агротехнике выращивания посадочного материала» приводятся сведения по созданию субстратного слоя на основе торфа и минеральных удобрений как основного процесса агротехники выращивания сеянцев хвойных пород в условиях открытого грунта. Хорошим компонентом для создания субстратного слоя является древесная кора. Ее используют в виде компоста или в качестве добавки к торфу в количестве 25–50 % по объему.

Большой вклад в вопрос по использованию компостов на основе древесной коры в качестве органических удобрений в лесных питомниках с целью усиления микотрофности сеянцев хвойных пород и повышения плодородия почвы внесен исследователями Архангельского института леса и лесохимии. Показана перспективность использования отходов коры как

потенциального источника обогащения плодородия почвы для выращивания различных растений в открытом и закрытом грунтах.

Для выращивания качественного посадочного материала в открытом грунте целесообразно использовать органические удобрения в виде различных компостов (торфонавозных, торфожижевых, торфофекальных, торфоминеральных и др.). Особое внимание уделяется приготовлению компостов на основе коры и указывается, что коровые компосты являются одним из возможных резервов для получения компостированных органических удобрений в лесных питомниках.

Перспективность использования в лесных питомниках в качестве органического удобрения компостов на основе древесной коры, торфа, опилок с различными азотосодержащими добавками является актуальным мероприятием в увеличении плодородия почвы лесных питомников Республики Беларусь. В Беларуси агротехникой выращивания посадочного материала с открытой и закрытой корневой системой занимались многие ученые.

Учеными Белорусского государственного технологического университета определены оптимальные дозы внесения органических удобрений, нормы высева семян хвойных и лиственных пород, установлены схемы посева семян и глубина их заделки в почву. Норма внесения органических удобрений определяется содержанием гумуса в почве (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Нормы внесения органических удобрений, т/га

Вид удобрения	Содержание гумуса, %		
	менее 1,0	1,0–2,0	2,1–3,0
Навоз	60	40	30
Торф	160	120	80
Торфонавозный компост	100	70	40
Торфоминеральные удобрения	160	110	60
Компост из древесных отходов	200	140	100

Агротехника выращивания сеянцев хвойных пород на смешанных торфяных субстратах в условиях открытого грунта включает три основных процесса: обработка почвы, создание субстратного слоя и выращивание сеянцев. При обработке почвы применяют зяблевую или весеннюю вспашку, вносят удобрения, проводят культивацию и осуществляют другие необходимые операции. Субстратный слой готовят за 10–11 месяцев до посева. В мае по поверхности хорошо обработанной почвы разбрасывают проветренный фрезерный торф слоем 6–10 см, фосфорные удобрения в количестве 80–100 и калийные удобрения 50–60 т/га действующего вещества. Наиболее пригоден для приготовления субстрата торф переходных и низинных болот.

Потребности лесопитомнических хозяйств в полноценных органических удобрениях и преимущество компостируемых удобрений диктуют необходимость строительства компостника при каждом крупном постоянном питомнике. Такое сооружение должно обеспечить оптимальную биотермическую переработку компостируемой органической массы. Общая высота (глубина) компостника может колебаться от 1,5 до 2,5 м с заглублением в почву до $\frac{2}{3}$ его высоты. Ширина по дну (4,0–6,0 м) должна обеспечить свободное маневрирование машин и механизмов при производстве разгрузочно-погрузочных работ и перемешивании компоста. Объемные показатели потребности хозяйства в компостных удобрениях являются определяющим фактором параметров компостника. Для его сооружения пригодны нестандартные бетонные плиты, кирпич и другой строительный материал. Стены можно заливать бетоном. Вокруг компостника необходим заградительный вал из грунта, который препятствовал бы стоку дождевых и талых вод.

С обеих сторон по продольной оси следует планировать пологий съезд для транспорта. Участок, отведенный под строительство компостника, должен располагать хорошими подъездными путями, иметь уровень грунтовых вод не ближе 2,5–3,0 м.

Оптимальная влажность компостируемой массы, при которой происходит активное накопление подвижных питательных веществ, должна быть 65–75 %, температура 60–80 °С. При повышении температуры в компостируемой массе усиливаются процессы гидролиза сложных органических соединений, что приводит к обогащению компоста легкогидролизуемым азотом и губительно действует на семена сорняков, яйца гельминтов и пр. Процессы компостирования успешнее протекают при рыхлой укладке массы. Для создания оптимальной рабочей температуры ее по мере слеживания перемешивают. Для определения качества исходного компостируемого материала проводят анализ. При низком содержании элементов питания в компостируемый материал добавляют минеральные удобрения. В зависимости от целевого назначения компоста можно вносить до 1 % азота, или не более 3 кг/м³ компостируемой массы; фосфора и калия - по 0,5 %, или 1,5 кг/м³. Для нейтрализации кислотности нужны известковые материалы – до 40 кг на 1 т торфа (в расчете на сухой вес), или 10–13 кг/м³.

Использование навоза в качестве органического удобрения – эффективное средство повышения выхода стандартного посадочного материала и плодородия почвы. В отличие от минеральных удобрений, навоз при разложении высвобождает питательные вещества постепенно, в течение всего вегетационного периода, не создавая повышенной концентрации солей в почвенном растворе. При его использовании пополняется запас подвижных форм питательных элементов, активизируется круговорот макро- и микроэлементов, улучшаются физические свойства почвы, увеличивается и ее поглощательная способность, и буферность.

Сырьем для производства компоста могут быть не только солома и зоотехнические отходы, но и множество других материалов: листья, опилки, испорченное сено и силос, кора, скошенная трава, отходы бойни и мясокомбинатов, в том числе брюшной навоз, кровь, отходы переработки рыбы и т. д.

Необходимо иметь достаточно (порядка 5–10 % от массы компоста) сухого торфа для «подушки» под компост и обсыпки штабеля. Целесообразно использовать торф летней заготовки, просушенный и слегка проветренный. При отсутствии торфа можно применять подсушенную дерновую землю. Ученые Беларуси разработали технологический процесс получения новых органических удобрений, который включает следующие девять этапов:

1. На площадку вначале укладывают подсушенный торф (лучше сфагновый) толщиной 40–50 см, т. к. 10–15 % навоза составит жидкая фракция, которую и поглотит торф.

2. На торф укладывают слой подстильного навоза, прокомпостированного с соломенной резкой (10–20 % соломы). Толщина слоя – около 40–50 см.

3. На слой навоза насыпают соломенную резку слоем 10 см и так формируют в штабеле 4–5 слоев. Высота штабеля не должна превышать 3 м.

4. Поливают солому каждой прослойки азотным удобрением КАС. На 200 т навоза понадобится 1 т КАС, разведенной водой (около 2 т). Это составит 3 т разведенного азотного удобрения. При размере штабеля $20 \times 4 \times 3$ м поверхность под полив равняется $20 \times 4 = 80 \text{ м}^2$. При числе прослоек, равном 5, общая площадь под полив – 400 м^2 . Следовательно, на 1 м^2 площади прослойки необходимо внести порядка 7,5 л азотного удобрения.

5. Верхнюю часть штабеля укрывают слоем соломы толщиной около 10 см летом, 25 см зимой, а затем поливают раствором КАС.

6. Верхнюю часть штабеля, укрытую соломой, обсыпают слоем торфа порядка 15–20 см, а при его отсутствии – дерновой землей. Отметим, что верхняя часть штабеля может быть плоской и даже слегка вогнутой.

7. Поскольку сухой пористый слой не удержит газы компостирования от миграции в атмосферу, ежедневно в течение 7–10 дней торф поливают водой (порядка 15 кг на 1 м^2). При данном режиме полива влажность основной массы компоста практически не возрастает. Фактически увлажняется только верхняя часть штабеля, т. е. обсыпка. Спустя 10 дней после начала вылежки увлажнение проводят один раз в 3–5 дней. Поверхность штабеля следует поддерживать влажной для конденсации газов компостирования в межпоровом пространстве на прослойках воды с образованием аммонизированной воды, которая поглощает CO_2 с образованием карбамида. Периодичность увлажнения определяется в зависимости от влажности верхнего слоя: он не должен быть сухим.

8. Через месяц компост желательно смешать с торфом и обогатить фосфорными удобрениями. Обеззараженный полуперепревший компост для предотвращения газообразных потерь азота необходимо сразу заделывать в почву.

9. Если температура в штабеле повышается до 70 °С и более, то нужен его дополнительный полив водой, т. к. при температуре более 90 °С происходит денатурация гуминовых кислот и они переходят в малорастворимую форму.

Готовый компост целесообразно внести и заделывать в почву сразу по истечении срока приготовления, но его можно и хранить, хотя это связано с дополнительными затратами.

Качество готового компоста существенно зависит от условий его хранения. После приготовления он должен оставаться сухим и храниться в небольших штабелях ширина – 1–1,5 м и высота – 1–1,5 м для активизации аэробных процессов. При развитии анаэробиса компост закисляется, величина рН может снизиться до 3,0. Кислый компост приобретает запах, может содержать спирты, органические кислоты, которые губительно действуют на аэробные микробы почвы.

Одним из вариантов хранения является смешение готового компоста с плодородной почвой и торфом. Доказано, что удобрительная ценность навозно-земляного компоста (1:1) приближается к удобрительной ценности «чистого» компоста. В почвенных образцах компостов не было выявлено патогенных и условно-патогенных бактерий. Обнаруживались только непатогенные грибы, выросшие на агаре Сабуро. Предлагаемый термоаммиачный метод компостирования обеспечивает эффективную утилизацию органических отходов животноводства и позволяет получить обеззараженное высококачественное органическое удобрение.

Рациональное землепользование в лесопитомническом хозяйстве Беларуси невозможно без использования органоминеральных компостов. Применение различных компостов при выращивании стандартного посадочного материала способствует увеличению содержания элементов питания в верхнем слое почвы и оказывает положительное влияние на морфологические показатели сеянцев. Обеспечить лесные питомники органоминеральными компостами можно двумя способами: траншейным или буртовым. Траншейный способ получения компостов требует значительных дополнительных финансовых затрат на изготовление траншей и увеличивает время получения готового продукта в 1,5–2,0 раза. Буртовой способ получения компоста не требует дополнительных затрат на сооружение траншей с использованием железобетонных плит и не оказывает отрицательного влияния на окружающую среду (письмо Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ от 29.07.2010 г. № 07.2-01/2347).

В настоящее время одной из важнейших экологических проблем в республике Беларусь является разработка научно обоснованных мероприя-

тий по рациональному и эффективному использованию отходов лесохозяйственного производства (древесная кора и опилки) и сельского хозяйства (куриный помет, отходы грибного производства).

Отходы лесного хозяйства в Беларуси в 2019 году в виде древесных опилок составили более 370 тыс. м³, а ежегодные отходы грибного производства только в СООО «Бонше» составляют более 17 тыс. тонн.

Использование различных отходов при компостировании позволяет получить принципиально новый продукт – органоминеральное удобрение или компост. Компостирование отходов сельского и лесного хозяйства буртовым способом является наиболее эффективным приемом их утилизации. В результате получаем совершенно новый продукт с определенными физико-химическими свойствами. Разработанный Институтом леса Национальной академии наук Беларуси компост «Агрополикор» представляет собой рассыпчатую массу темно-коричневого цвета с характерным почвенным запахом; влажность состава не более 75 %; кислотность солевой суспензии состава 6,0–6,5; массовая доля азота 1,0–1,2 %; величина соотношения углерода к азоту не более 40. Данный компост получен на основе древесной коры сосны обыкновенной, куриного помета и полимерного структурообразователя почвы.

Большое значение в получении компоста для выращивания лесного посадочного материала играет степень готовности, которая определяется соотношением углерода к азоту. В соответствии с имеющимися нормативными данными при получении коровых компостов степень их готовности составляет менее 40, а при других ингредиентах – менее 25. Для ускорения готовности компостов и получения органоминеральных удобрений большое влияние оказывает влажность субстрата, температура воздуха, наличие дождевых червей и другие факторы.

По данным Максимовой С. Л. и Сафроновской Г. М. в почве с обитающими червями обнаруживается в пять раз больше азота, в семь раз больше фосфора и в 11 раз больше углекислого калия по сравнению с почвой без дождевых червей. Данные авторы установили, что из 1 тонны органических отходов можно получить 600 кг высокоэффективного органического удобрения. Стоимость биогумуса в зависимости от качества и рынков сбыта колеблется от 300 до 1500 у. е за 1 тонну.

По данным некоторых исследователей (Бистко, Дудка, 1987, Shanel et al, 1966; Kaneahiro, 1970; Zadrazil, 1975; Zadrazil, 1976) субстрат после культивирования *p. ostreatus* может быть использован в качестве твердого или жидкого корма в животноводстве, для изготовления горшочков и удобрений. Поэтому нами изучалась возможность применения чистого субстрата, собранного после культивирования вешенки обыкновенной, в качестве органических удобрений для выращивания однолетних сеянцев сосны в лесном питомнике Корневской ЭЛБ.

Отработанный грибной субстрат из опилок и соломы смешивали с торфом, аммиачной селитрой, двойным суперфосфатом и хлоридом калия в пропорции 56,00 + 43,44 + 0,17 + 0,31 + 0,08 соответственно. Полученную смесь увлажняли до 70 %, складывали в бурт высотой 1 м и компостаровали в течение 2 месяцев. После одного месяца компостирования бурт перелопачивали. По мере необходимости бурт поливали водой. Влажность готового компоста составляла 68 %. Полученный компост вносили на подготовленные в лесном питомнике площадки, равномерно перемешивая с почвой на глубину до 12 см. Количество внесенного компоста составляло 30 кг/м². На контроле в почву компост не вносили. Семена сосны были посеяны 24.04.1989 г. в бороздки (10 бороздок на 1 погон, м). Затем провели мульчирование посевов опилками. Всходы сосны появились 10–12 мая независимо от варианта опыта. В июле-августе стояла сухая погода. В этот период максимальная температура почвы на глубине 5 см поднималась на опытном варианте до 34 °С, на контрольном – до 32 °С, а минимальная полевая влажность составляла 7,1 % соответственно. В течение лета было проведено 6 поливов интенсивностью 5 л/м². 30 сентября с опытных и контрольных вариантов были взяты сеянцы сосны обыкновенной для определения биометрических показателей.

Внесение грибного компоста в почву оказало положительное влияние на рост сеянцев сосны обыкновенной. На участке с внесением компоста сеянцы имели высоту на 20 %, диаметр корневой шейки на 28 %, длину корней на 28 % больше, чем на контрольном варианте опыта. При использовании отработанного грибного субстрата для выращивания сеянцев сосны обыкновенной не зафиксировано появления инфекционных признаков на сеянцах и в почве, а также патогенных бактерий.

Нами также изучалось влияние способа подготовки отработанного грибного субстрата и нормы внесения его в грунт на рост сеянцев сосны обыкновенной. В теплице Корневской ЭЛБ испытывались следующие варианты опыта:

- внесение в почву компостированного грибного субстрата в количестве 30 кг/м²;
- внесение в почву компостированного грибного субстрата в количестве 15 кг/м²;
- внесение в почву некомпостированного грибного субстрата в количестве 30 кг/м²;
- внесение в почву некомпостированного грибного субстрата в количестве 15 кг/м²;
- почва (контроль).

Компост, состоящий из 67 % грибного субстрата и 33 % торфа готовился как и в первом опыте. Некомпостированный субстрат состоял из 100 % отработанного субстрата. Субстраты (компостированные и некомпостированные) вносились в грунт на глубину 12 см и равномерно

перемешивались с почвой. Семена сосны обыкновенной были посеяны 29.05.1989 г. в бороздки. Затем провели мульчирование почвы опилками.

Всходы сосны появились на всех вариантах одновременно 11–12 июня. Во время проведения опыта осуществляли полив 5 л/м^2 3–4 раза в неделю.

Для изучения необходимых биометрических показателей 30 сентября со всех вариантов были отобраны сеянцы сосны обыкновенной.

Внесение в почву компостированных грибных субстратов оказывает положительное влияние на рост сеянцев сосны. Так, при внесении в почву от 15 до 30 кг/м^2 компоста высота и диаметр корневое шейки сеянцев была на 20–29 % больше, чем на контроле.

Сравнивая биометрические показатели сеянцев сосны обыкновенной на вариантах с внесением различных норм компоста выявлено достоверное различие только по высоте. Внесение некомпостированных субстратов в почву достоверного влияния на высоту и диаметр корневой шейки сеянцев не оказало. Внесение в почву как компостированных, так и некомпостированных грибных субстратов вызывает достоверное увеличение длины корней сеянцев сосны на 23–35 % по сравнению с контролем.

Применение компостов на основе отходов грибного производства при выращивании посадочного материала не оказало влияния на появление патогенных грибных заболеваний и патогенных бактерий у сеянцев сосны обыкновенной.

В соответствии с разработанным «Наставлением по применению удобрений в лесном хозяйстве Беларуси» использование удобрений в питомниках осуществляется на фоне высокой агротехники выращивания посадочного материала. Правильное применение удобрений дает возможность обеспечить необходимый уровень питания сеянцев, повышение качества и выхода стандартного посадочного материала. Выбор удобрений и установление доз зависит от уровня плодородия почвы, механического состава, выращиваемой породы и других факторов. В качестве органических удобрений используют проветренный торф низинных и переходных болот, а также приготовленные на его основе компосты с использованием древесной коры, опилок и лесной подстилки. При очень низкой степени обеспеченности почвы гумусом вносят $300\text{--}400 \text{ т/га}$, низкой – $200\text{--}300 \text{ т/га}$ и средней – $100\text{--}200 \text{ т/га}$ торфа.

Использование медленнодействующих (капсулированных) и органических удобрений позволяет более рационально их применять и получать стандартный посадочный материал.

По данным Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь в 2023 г. переработано древесины различных пород и получены отходы от лесопиления в виде древесных опилок и коры в объеме $586\,909 \text{ тыс. м}^3$ (таблица 3.2). Дополнительно было получено 900 тыс. м^3 щепы. Итого в 2023 году отходы по Министерству лесного хозяйства Беларуси составили 1487 тыс. м^3 или примерно $1,5 \text{ млн м}^3$.

Таблица 3.2 – Информация об объемах переработки древесины и полученных объемах опилок и коры за 2023 год

Пород переработанной древесины	Объем переработанной древесины, тыс. м ³		Получено всего, тыс. м ³	
	всего	в том числе дровяной	древесных опилок	коры
Сосна	2848804	292606	407552	16242
Ель	1201489	163066	155807	1243
Лиственница	89	89	0	0
Дуб	20249	18094	262	0
Береза	63134	53710	1806	0
Осина	69017	64792	831	0
Ольха черная	96645	79789	2797	3
Прочее	17088	13981	365	0
Итого	4316515	686127	569420	17489

По заданию Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь Республиканским лесным селекционно-семеноводческим центром (РЛССЦ) разработаны на промышленном предприятии Докшицкого торфозавода субстрат на основе торфа для его использования при выращивании стандартного посадочного материала лесных пород. Торфяно-перлитный субстрат изготавливается согласно ТУ ВУ 100061961.002-2015. Для его приготовления используется верховой торф со степенью разложения не более 25 % и размером фракции 0–15 мм. В листовенный субстрат добавляют низинный торф в количестве 40 % со степенью разложения не менее 20 %. Размер фракции в этом случае составляет 0–7 мм. Для обеспечения нужного уровня аэрации используется перлит в количестве 10–20 % от общего объема торфа. Химические показатели торфяно-перлитного субстрата представлены в таблице 3.3.

Обследование постоянных лесных питомников МЛХ РБ показал, что торфяно-перлитный субстрат используют многие лесопитомнические хозяйства для выращивания стандартного посадочного материала с закрытой и открытой корневой системой. Полученные результаты производственных опытов показывают, что выход стандартных сеянцев хвойных пород зависит не только от используемого субстрата, но в основном от агротехники выращивания сеянцев.

Таблица 3.3 – Химические показатели торфяно-перлитного субстрата

Наименование показателя	Значение показателя	
	хвойные	лиственные
Массовая доля влаги не более, %	40–60	40–60
Кислотность субстрата, pH	2,8–3,5	5,0–6,0
Минеральные вещества, г/м ³		

Продолжение таблицы 3.3

Макроэлементы:	
N (азот)	120–220
P ₂ O ₅ (оксид фосфора)	140–210
K ₂ O (оксид калия)	200–320
Микроэлементы:	
B (бор)	0,3–0,5
Cu (медь)	1,5–2,0
Fe (железо)	0,9–1,1
Mn (марганец)	1,6–1,9
Mo (молибден)	2,0–2,5
Zn (цинк)	0,4–0,7

Ежегодно в Беларуси добывается около 2 млн тонн торфа, из них производится около 1 млн т для топливных нужд. Около 200 тыс. тонн производится нетопливной продукции, в том числе и субстратов.

Использование торфяных запасов помимо топлива представлено производством органических и органоминеральных удобрений, субстратов, удобрительных смесей и мелиорантов, биостимуляторов, ростовых веществ и кормовых добавок, сорбционных материалов для поглощения вредных и токсичных веществ, в том числе тяжелых металлов и радионуклидов, торфощелочных реагентов для буровых работ и производства строительных материалов, лекарственных средств, изделий бытовой химии, косметики, полиграфии и других продуктов.

Лесное хозяйство является устойчивым потребителем торфа, который используется в основном в качестве сырья при выращивании посадочного материала с закрытой корневой системой (ЗКС) и в закрытом грунте.

В 2023 году в учреждениях Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь было выращено 33,6 млн шт. посадочного материала с закрытой корневой системой. Для его выращивания ежегодно необходимо более 4,5 тыс. тонн торфяного субстрата. Значительное количество торфа идет также для заполнения теплиц и коробов при выращивании сосны обыкновенной, ели европейской и березы повислой в закрытом грунте.

Решением Еврокомиссии в 2013 году торф был признан невозобновляемым ресурсом, особенно с точки зрения применения в энергетике. Применение его для этой цели не только приводит к быстрому израсходованию месторождений, но и является источником выбросов углекислого газа в атмосферу. В случае использования его для приготовления субстрата, особенно для целей выращивания лесного посадочного материала, происходит «возврат» торфа в почву в процессе создания лесных культур, только уже на новом месте. Это уменьшает экологические последствия использования торфяных субстратов, но не решает проблему истощения верховых болот, восстановление которых протекает крайне медленно.

Исследования по использованию древесной коры в качестве органического удобрения в лесном и сельском хозяйствах впервые проведены в Архангельском институте леса и лесохимии. В лесоперерабатывающей промышленности ресурсы древесной коры на топливо и строительные материалы незначительные, а общие ресурсы её огромны. Одним из перспективных способов утилизации древесной коры является компостирование и использование полученных удобрений для выращивания растений. Коровые компосты были использованы для выращивания сеянцев хвойных пород в теплицах и в условиях открытого грунта базисных лесных питомников. Данными авторами было установлено, что для ускорения процесса компостирования древесную кору следует измельчать. Для измельчения древесной коры использовали роторно-молотковую корорубку типа МК-10. Дробленая кора должна содержать частицы размером от 10 до 40 мм не более 40 % по массе. Крупных частиц размером 40 мм должно быть не более 15 %. Такой фракционный состав обеспечивает корорубке при влажности сырой коры 65–80 %. Для измельчения древесной коры могут использоваться и другие механизмы по дроблению. Например, Волгарь-5, КДУ-2,0, которые предназначены для измельчения грубых кормов в сельском хозяйстве.

Для интенсификации микробиологических процессов в 1 м^3 измельченной коры вносят 4,3 кг мочевины и 1,5 кг двойного суперфосфата, что соответствует 1 % азота и 0,3 % фосфора на абс. сухую массу коры.

Практически все лесхозы Гомельского ГПЛХО соблюдают агротехнические приемы, которые определены в «Наставлении.....». По данным отдела лесного хозяйства Гомельского ГПЛХО в 2024 г. было закуплено торфяно-перлитного субстрата в количестве $2356,5 \text{ м}^3$, а общее количество органических удобрений, заготовленных лесхозами, составило 4670 т. Лесхозы Гомельской области собственными силами заготовили почти в 2 раза больше органических удобрений, чем было закуплено торфо-перлитного субстрата.

Собственные органоминеральные удобрения лесхозов Гомельского ГПЛХО имеют большую разбежку не только по содержанию основных элементов питания, но и по значению pH и микроэлементов. Поэтому нами ставится задача обеспечить все лесхозы Беларуси органоминеральными удобрениями по единым техническим условиям с содержанием определенного количества элементов питания.

Для выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой в Беларуси используют различные кассеты (таблица 3.4).

Данные кассеты реализует ООО «Альянсэкопром» в г. Жлобине Гомельской области и продаются всем желающим лесхозам. В Минске изготавливаются финские кассеты Инноватек.

Исследования по выращиванию посадочного материала с закрытой корневой системой с использованием различных кассет изучали в Ленинградском научно-исследовательском институте лесного хозяйства с 1975 г.

Таблица 3.4 – Характеристика кассет модели Plantek

Модель	Внешние габариты кассеты, см	Размер ячейки, см	Количество ячеек	Объем
Plantek 35F	40,0×30,0×13,0	6,4×6,4×13,0	35	275
Plantek 64FD	38,5×38,5×11	4,3×4,3×11,0	64	128
Plantek 64F	38,5×38,5×7,3	4,6×4,6×11,0	64	115
Plantek 81F	38,5×38,5×7,3	4,1×4,1×7,3	81	85
Plantek 100F	38,5×38,5×9,0	3,7×3,7×9,0	100	81

Проведенные исследования учеными БГТУ по использованию различных субстратов при выращивании семян хвойных пород показали новые возможности использования субстратов на основе отходов лесного хозяйства.

В Беларуси в 1991 г по данным Министерства лесного хозяйства насчитывалось 165 лесных питомников. Из них 93 постоянных или базисных лесных питомников и остальные 72 временные. В посевных и школьных отделениях питомников выращивали семена лесных пород с открытой корневой системой.

В настоящее время имеется 76 постоянных лесных питомников. В лесных питомниках выращивают около 400 млн шт. посадочного материала, в том числе с закрытой корневой системой около 30 млн шт.

Аналогичные проблемы использования отходов лесохозяйственного производства в народное хозяйство имеются в России. В Поволжском регионе России осуществлен поиск альтернативных способов использования отходов лесохозяйственного производства. Учеными Поволжского государственного технологического университета профессором Царевым Е. М. и др. дан анализ вариантов и поиск альтернативных способов повышения эффективности выработки окоренных сортиментов. Установлены основные способы переработки древесной коры. Возможны следующие способы переработки древесной коры: вывоз на свалку, вывоз коры в отвалы, переработка коры на удобрение и получение золы. Авторы считают наиболее перспективным способом использование древесной коры двумя способами, а именно: переработка коры на удобрение и получение золы. Для получения удобрения древесную кору измельчают в корорубках, и доизмельчение до мелкодисперсного материала происходит в молотковых мельницах. Все это ускоряет процесс получения готового удобрения из древесной коры. Кроме этого чистая кора не обеспечена необходимыми элементами питания для выращивания лесного посадочного материала.

В Северном научно-исследовательском институте лесного хозяйства изучено влияние различных органических удобрений на рост и развитие семян сосны сибирской. Авторами установлено, что использование корокомпостов является решающим фактором в поддержании благоприятных

свойств почвы, а это, в свою очередь, ведет к улучшению роста и развития сеянцев. При выращивании сеянцев сосны сибирской с использованием компостов на основе коры ели и 5%-ного куриного помета увеличивается прирост сеянцев в высоту до 35 %.

Анализ литературных данных показывает, что для процесса ускорения получения новых видов органических удобрений с использованием отходов лесохозяйственного производства сначала использовали дробление древесной коры до определенных размеров. Затем в качестве целевой добавки для ускорения микробиологических процессов хвойной коры и древесных опилок применяли куриный помет.

При дальнейшем развитии химической промышленности в отечественной отрасли были получены микробиологические препараты, способствующие ускорению разложения органических ингредиентов. Микробиологические препараты широко используются в сельскохозяйственном производстве. В лесном хозяйстве нами впервые проведены лабораторные и полевые исследования по применению их для получения органических удобрений на основе отходов лесного и сельского хозяйства.

В ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам» разработана технология переработки и утилизации органических отходов при помощи дождевых навозных червей. Данная технология используется для переработки органических отходов в биогумус. Этот процесс называется вермикомпостирование, и он требует значительных финансовых затрат.

Птичий помет – быстродействующее органическое удобрение с высоким содержанием питательных веществ. В зависимости от технологии выращивания птицы помет может быть подстилочным и бесподстилочным. В среднем за год от каждой курицы накапливается 70 кг, утки – 85, гуся – 170, индюка – 150 кг помета. Состав помета зависит от вида и возраста птицы, типа кормления и содержания. В водорастворимых соединениях в помете содержится 50 % азота, 4 % фосфора и 60 % калия. Кроме макроэлементов, в состав птичьего помета входят микроэлементы. В 100 г сухого вещества содержится 15–38 мг марганца, 12–39 мг цинка, 1,0–1,3 мг кобальта, 0,5 мг меди, 367–900 мг железа. Сырой помет обладает неблагоприятными свойствами: имеет сильный неприятный запах, содержит семена сорняков, яиц и личинок гельминтов и насекомых, множество микроорганизмов. Помет лучше хранить холодным (плотным) способом с добавлением до 40 % соломы, сухого торфа или опилок.

Ценными органическими удобрениями являются компосты, для приготовления которых используют навоз, птичий помет, торф, солому, растительные и древесные органические отходы. В компостную смесь могут добавляться и минеральные компоненты.

Высококачественный компост представляет собой однородную, темную, рассыпчатую массу влажностью не более 75 %, с реакцией среды близкой к нейтральной, и содержанием элементов питания в доступных для растений

соединениях. При приготовлении компостов в результате биотермических процессов погибают патогенные микроорганизмы и теряют жизнеспособность семена сорных растений, а само удобрение становится более концентрированным и биологически активным.

Компост готовят очаговым, послойным, площадочным, цеховым и другими способами около животноводческих помещений на специально выделенных (стационарных или временных) площадках или непосредственно на краю поля.

Для получения высококачественного компоста необходимо выполнять требования технологии приготовления и управлять процессами, протекающими в компостных штабелях: температурой, влажностью, аэрацией, кислотностью среды и т. д. Существует связь между влажностью, температурой, доступом воздуха и размером штабеля.

Размер штабеля зависит от способности к разложению компостируемого материала и его рыхлости. Длина может быть произвольной, но не менее 6–8 м, высота – 2,5–3,0 м, ширина по основанию – 4–6 м. При малых размерах штабеля теряется много аммиака, недостаточна температура компостной массы, процессы разложения органического вещества заторможены, мобилизация азота протекает медленно. Большая высота штабеля также нежелательна, т. к. это может привести к переуплотнению компоста и сдерживанию процессов нитрификации, которые энергичнее протекают при достаточном доступе воздуха.

При оптимальных условиях аэрации и увлажнения под влиянием микробиологических процессов температура в компосте повышается до 60–70 °С. При такой температуре семена сорных растений теряют всхожесть, погибают яйца гельминтов и другие болезнетворные начала, содержащиеся в свежем навозе, навозной жиже и птичьем помете, а процессы накопления легкоподвижных питательных веществ протекают наиболее энергично. Процесс компостирования идет более активно при положительной температуре окружающего воздуха.

Торфопометные компосты готовят на птицефабрике или непосредственно в хозяйстве в соотношении 1:1 или 1:2. В качестве дополнительных компонентов могут использоваться опилки (3 части помета и 2 части опилок). Компост созревает от трех месяцев до двух лет в зависимости от компонентов, температуры влажности, условий аэрации и др. Очень медленно разлагаются опилки, особенно хвойных деревьев.

Вермикомпост – темно-коричневая или темно-серая сыпучая однородная масса, полученная в результате переработки органического субстрата красным калифорнийским червем. Для приготовления вермикомпоста используют различные органические отходы: навоз, бытовые отходы, растительные остатки и др. В организме червей исходный субстрат измельчается, химически трансформируется. Вермикомпост, благодаря высокой концентрации элементов питания, агрономически полезных групп микроорга-

низмов и биологически активных веществ положительно влияет на рост и развитие растений и оздоравливает почвенную биоту.

При всех способах переработки органических ингредиентов большое внимание уделяется влажности используемых отходов и температуры окружающей среды и внутри субстрата.

Разработкой технологии получения субстратов с использованием отходов растительного и животного происхождения с определением степени готовности занимались немногие. Разработка системы мер по интенсификации выращивания посадочного материала древесных пород с применением органических удобрений является важным звеном в рациональном использовании природных ресурсов и повышении плодородия почв лесных питомников.

По данным Министерства сельского хозяйства РФ, годовой объем отходов животноводческих предприятий и птицефабрик составляет более 700 млн м³. Ежегодно необходимо подвергать переработке свыше 200 млн т жидких навозных стоков различной степени очистки. Для решения этой проблемы наиболее эффективным способом утилизации отходов с одновременным получением органических удобрений является производство компостов на основе торфа.

Основной стратегией фундаментальных исследований сельскохозяйственной науки в области переработки отходов животноводства и получения высококачественных органических удобрений является разработка новых технологий и технологических процессов их производства.

Пассивное компостирование предполагает формирование пометных буртов под открытым небом на специально отведенных для этого территориях. Параметры бурта: ширина около 3–4 м, минимальная длина 6–8 м, общая масса компостной смеси не менее 10 т. Температура внутри бурта увеличивается, что приводит к гибели патогенной микрофлоры, семян сорных растений. Длительность компостирования при температуре воздуха около плюс 5 °С составляет 30 дней, выше плюс 10 °С – от 30 до 90 дней; при низких температурах до минус 20 °С – 60 дней и более.

Компостирование представляет собой динамический процесс, протекающий благодаря активности сообщества микроорганизмов различных групп. Основные группы микроорганизмов, принимающие участие в компостировании – бактерии, актиномицеты, грибы, дрожжи и др. Наибольшая активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов в торфопометных компостах, полученных при пассивном компостировании, была отмечена при укрытии исходной смеси глиной и превышала контроль в 5–7 раз; а микроорганизмов, использующих органические и минеральные формы азота, при укрытии торфом их количество возросло в 1,5–2.

Проведен анализ литературных источников по технологии получения органоминеральных удобрений на основе использования отходов лесного и сельскохозяйственного производств, а также по агротехнике выращивания

сеянцев лесных пород. Разработка органоминеральных субстратов и их использование при лесовыращивании позволяет сделать вывод о перспективности их внедрения при выращивании стандартного посадочного материала древесных пород.

Установлено, что введение определенных целевых добавок при компостировании в виде отходов жизнедеятельности птиц способствует получению органоминеральных субстратов с оптимальными физико-химическими свойствами и повышает выход стандартного посадочного материала. Целевые добавки способствуют ускорению разложения отходов растительного и животного происхождения и получению готового субстрата на 2–3 месяца раньше.

Использование предпосевной подготовки семян и внекорневой обработки сеянцев при выращивании посадочного материала могут оказывать существенное влияние на рост и развитие сеянцев. Эффективность агротехники выращивания сеянцев лесных пород необходимо оценивать с учетом почвенно-климатических условий.

3.2. Технологические операции при выращивании сеянцев сосны обыкновенной с высокой степенью микоризности корневой системы

При выращивании сеянцев в условиях открытого грунта применяют агротехнику, которая включает три основных процесса: обработка почвы, создание субстратного слоя и выращивание сеянцев. Технологическая карта на выращивание сеянцев сосны обыкновенной в посевном отделении лесного питомника с открытой корневой системой приведена в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Технологическая карта на выращивание сеянцев сосны обыкновенной в посевном отделении лесного питомника с открытой корневой системой

Технологические операции	Механизированные агрегаты	Средн. производит. за смену	Тарифный разряд	Время выполнения (месяц, декада)
1	2	3	4	5
I поле. Чистый пар.				
Перепашка пара, га	МТЗ-80/82 ПЛН-3-35	4,3	IV	Апрель, III
Дискование и боронование, га	МТЗ-80/82 БДН-3 БЗСС-1,0	7,0	III	Апрель, III
Дискование и боронование, га	МТЗ-80/82 БДН-3 БЗСС-1,0	7,0	III	Июнь, I-II

Продолжение таблицы 3.5

Погрузка компоста, т	Т-16М ПГ-0,2А МТЗ-80/82 ПЭ-0,8 Б	40	IV	Август, III
Внесение компоста (50–60 т/га), т	МТЗ-80/82 РОУ-6	40	IV	Апрель, III Май, I
Дискование и боронование, га	МТЗ-80/82 БДН-3 БЗСС-1,0	7,0	III	Август, III Октябрь, III
II поле. Сеянцы первого года				
Перепахка пара, га	МТЗ-80/82 ПЛН-3-35	4,3	IV	Апрель, III
Дискование и боронование, га	МТЗ-80/82 БДН-3 БЗСС-1,0	7,0	III	Апрель, III
Фрезерование с поделкой гряд (для дренированных почв), га	Т-16М ФПШ-1,3	1,5	III	Май, I
1	2	3	4	5
Поделка гряд для почв с временным переувлажнением, га	МТЗ-82		IV	Май, I
Выравнивание гряд, га	Т-16М ФПШ-1,3	1,5	III	Май, I
Подготовка семян к посеву (ели 72 кг/га, сосна 60 кг/га), кг	Вручную	75	II	Февраль Март Апрель, III
Посев семян (ели 72 кг/га, сосны – 60 кг/га)	Литва-25 Egedal	1,0	V	Май, I
Прикатывание посевов, га	Т-16М ЭКВГ-1,4 (одна секция)	4,0	II	Май, I
Погрузка опилок, т	Т-16М ПГ-0,2А	40	IV	Май, I-II
Мульчирование посевов древесными опилками слоем 7 мм (20т/га), т	МТЗ-80/82 МСН-0,75 Т-16М РМУ-0,8	40	IV	Май, I-II
Обработка посевов хвойных пород, га	Т-16М ПОУ МТЗ-80/82 ОК-400	6,3	IV	Май, III Июнь, I
3-кратное рыхление почвы между посевными строчками, га	Т-16М КФП-1,5	2,6	IV	Июнь- август
3-кратная прополка в строчках (при слабой засоренности), м ²	Вручную	330	II	Июнь- август

Продолжение таблицы 3.5

Полив посевов 3 раза по 100 м ³ /га, га	СНП-50/80 КИ-50»Радуга»	3,2	IV	Июнь-август
III поле, сеянцы второго года				
Подрезка корней, га	МТЗ-80/82 КВС-1,2 КН-1	1,0	IV	Май, II
2-кратное рыхление с корневыми подкормками д. в. (N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀) кг/га, га	Т-16М КФП-1,5 КРОЖ-2,8А	4,5	IV	Июнь-июль
Выкопка сеянцев, га	МТЗ-80/82 НВС-1,2	1,0	V	Осень-весна
Выборка сеянцев, сортировка, увязка в пучки, прикопка, тыс. шт.	Вручную	13,2	II	Осень-весна

Посев семян производят во второй-третьей декаде апреля (в зависимости от вида семян и погодных условий) по ленточной пятистрочной (или другой) схеме.

Сразу после посева семян проводят мульчирование почвы опилками, смесью торфа с опилками в соотношении 1:3 слоем 1,0–1,5 см.

В период прорастания семян и начального роста сеянцев особое внимание обращают на то, чтобы субстрат постоянно был увлажнен до умеренно влажного состояния (около 60 % от полной влагоемкости). В засушливую погоду в период прорастания семян осуществляют 5–8 поливов за декаду по норме 30–80 м³/га воды за 1 полив, в период укоренения всходов – 2–3 полива за декаду по норме 100–150 м³/га, в период формирования сеянцев – 1–2 полива по норме 150–200 м³/га. Как недостаток, так и избыток влаги в почве отрицательно влияет на состояние посевов и рост сеянцев. Поэтому, чтобы поддерживать влажность субстрата на необходимом уровне, норма полива должна постоянно корректироваться. Визуально обеспеченность субстрата влагой можно определить путем сжатия его в руке. При достаточной обеспеченности вода не должна просачиваться между пальцев, а образовавшийся ком не должен рассыпаться. Полив необходимо производить прогретой водой (из водоема) в вечерние часы. При поливе не должен допускаться размыв почвы. В случае образования на поверхности почвы корки после полива проводят рыхление. При определении нормы полива учитывают количество выпавших осадков.

В мае-июне месяце с интервалом 10 дней проводят три некорневые подкормки путем опрыскивания хвои раствором мочевины (0,5 %).

Через 40–45 дней после появления всходов опрыскивают посевы симазином. Для обработки сосны разбавляют 3 кг препарата (50 % д. в.), а ели – 2 кг на 600–1000 л воды.

Все работы должны быть механизированы. Технология выращивания сеянцев на субстрате не требует применения специальных орудий и машин.

Используется в основном комплекс машин на базе трактора Т-16М в соответствии с действующими рекомендациями и наставлениями по выращиванию сеянцев, а также набор приспособлений датской фирмы Egedal.

Использование новых видов органических удобрений оказывает влияние не только на биометрические показатели сеянцев, но и на морфологические. Многими учеными Беларуси и России установлено, что наибольший текущий прирост в высоту имели лесные культуры с наиболее сложной коралловидной формой микоризы.

В таблице 3.6 даны показатели встречаемости различных форм микоризы на корневых системах сеянцев сосны обыкновенной.

Таблица 3.6 – Показатели встречаемости различных форм микориз на корневых системах сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой

Варианты опыта	Формы микориз на корнях сеянцев, %		
	булавовидная	вильчатая	коралловидная
1. Контроль (ОМС-1)	68,2 ± 2,60	6,5 ± 0,24	25,3 ± 0,18
2. Предпосевная подготовка семян МБП «Экобактер-терра»	59,4 ± 2,24	10,4 ± 0,18	30,2 ± 0,21
3. Использование ОМС-2	54,3 ± 2,31	12,3 ± 0,20	33,4 ± 0,23
4. Внесение ОМС-1 + предпосевная подготовка семян МБП «Экобактер-терра»	40,6 ± 1,02	19,9 ± 0,32	40,4 ± 0,16
5. Внесение ОМС-2 + предпосевная подготовка семян МБП «Экобактер-терра»	37,6 ± 0,20	20,3 ± 0,41	42,1 ± 0,14

Примечание – Контроль (ОМС-1) – органоминеральный субстрат РЛССЦ; (ОМС-2) – субстрат, полученный с использованием отходов лесного хозяйства.

Анализ данной таблицы показывает, что наиболее эффективным агротехническим приемом является использование нового органического удобрения на основе отходов лесохозяйственного производства с использованием микробиологического препарата «Экобактер» и предпосевной обработки семян микробиологическим препаратом «Экобактер-терра». В результате исследований установлено, что предлагаемая агротехника позволяет на 25–45 % увеличить количество сложных форм микоризы (вильчатой и коралловидной).

Предлагаемый перечень мероприятий будет содействовать повышению плодородия почвы лесных питомников и выращиванию сеянцев хвойных пород с высокой степенью микоризности корневой системы.

Отличительной особенностью предлагаемой инновационной технологии является использование отходов деревообработки (коры, опилок и др.) и сельского хозяйства для повышения плодородия почвы, увеличения выхода стандартного посадочного материала, улучшения качества сеянцев, снижения расхода минеральных удобрений и охране окружающей среды.

Предлагаемая агротехника может быть использована на предприятиях Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь в высших и средне-специальных учебных заведениях, а также другими хозяйствами, заинтересованными в получении высококачественного посадочного материала.

Изучение влияния различных субстратов и предпосевной подготовки семян и внекорневой подготовки сеянцев на лесоводственно-экономические показатели осуществлялось при выращивании стандартного посадочного материала.

При выращивании сеянцев сосны обыкновенной МБП использовались для предпосевной подготовки семян, внекорневой обработки надземной части сеянцев и применения субстратов. Комплексным показателем выращивания посадочного материала является выход стандартных сеянцев с единицы площади.

Расчет экономической эффективности осуществлялся в соответствии с «Инструкцией по оценке эффективности использования в народном хозяйстве республики результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ», а также «Методическими рекомендациями по оценке эффективности использования в лесном хозяйстве результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ».

Проведенные исследования по выращиванию сеянцев сосны обыкновенной в лесных питомниках осуществлены в соответствии с расчетно-технологическими картами.

В постоянных лесных питомниках проведены работы по оптимизации почвенно-экологических условий на основе применения субстрата «Фертириз», предпосевной обработки семян микробиологическим препаратом «Экобактер-терра» (0,05 %), внекорневой обработки надземной части сеянцев микробиологическим препаратом (0,01 %).

По разработанным технологиям наработано 795 т субстрата для выращивания сеянцев сосны обыкновенной.

Ожидаемый расчетный экономический эффект от использования разработанных субстратов при выращивании сеянцев сосны обыкновенной за счет оптимизации почвенно-экологических условий и повышения биометрических показателей составляет 150,0 тыс. бел. руб. с 1 тонны субстрата. Расчетный экономический эффект составил 119250 тыс. бел. руб.

Суммарный ожидаемый расчетный экономический эффект получаем за счет оптимизации почвенно-экологических условий путем внесения субстрата и предпосевной обработки семян сосны обыкновенной микробиологическим препаратом. При использовании предлагаемой технологии выращивания сеянцев сосны обыкновенной выход стандартных сеянцев увеличивается.

Использование в лесных питомниках Республики Беларусь субстрата на основе древесной коры и различных целевых добавок при выращивании посадочного материала имеет экологический эффект, который заключается в рациональном использовании органических и минеральных удобрений. При получении субстрата используются отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности в виде древесной коры, хвойных опилок и других веществ.

В таблице 3.7 представлены полученные результаты исследований по влиянию разработанного субстрата, предпосевной подготовки семян сосны обыкновенной и внекорневой обработки сеянцев по надземной части на лесоводственные показатели растений.

Таблица 3.7 – Влияние субстрата и разработанных агроприемов при выращивании сеянцев сосны обыкновенной на лесоводственные показатели растений

Варианты опыта	Биометрические показатели сеянцев		Выход ст. сеянцев млн шт./га
	высота стволика, см	диаметр корневой шейки, мм	
Открытая корневая система			
1. Контроль (торфяно-перлитный субстрат)	14,4 ± 1,13	2,0 ± 0,05	5,8
2. Торф + куриный помет + сапропель + Адоб-бор (1,0:1,0:0,5:0,01)	18,7 ± 0,20	2,3 ± 0,03	6,5
3. Древесные опилки + торф + куриный помет + сапропель + Адоб-бор (1,0:0,5:1,0:0,5:0,01)	17,3 ± 0,16	2,4 ± 0,06	6,3

Лесоводственно-экономический эффект от внедрения субстрата при выращивании стандартного посадочного материала в лесных питомниках определяется совокупностью проводимых ресурсосберегающих технологий на основе оптимизации почвенно-экологических условий за счет субстрата, предпосевной обработки семян, внекорневой обработки сеянцев. По результатам исследований БГТУ и ИЛ НАН Беларуси при выращивании сеянцев сосны обыкновенной в лесных питомниках в соответствии с разработанным «Наставлением по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых видов в лесных питомниках Республики Беларусь» норма высева семян составляет 50 кг/га. Стоимость 1 кг семян сосны обыкновенной составляет 200–250 долларов. На 1 га посевного отделения лесного питомника рекомендуется вносить 60 кг/га. С использованием разработанных новых органоминеральных субстратов рекомендуется осуществлять посев семян сосны обыкновенной в количестве 50 кг/га.

В таблице 3.8 дана характеристика корневых систем сеянцев сосны обыкновенной.

Таблица 3.8 – Характеристика корневых систем сеянцев сосны обыкновенной

Вариант внесенного компоста	Средние показатели корневых систем сеянцев							
	число боковых корней, шт. на 1 растение				длина боковых корней, см			
	I поряд-ка	II поряд-ка	III поряд-ка	общее число корней	I поряд-ка	II поряд-ка	III поряд-ка	суммарная длина боковых корней

Продолжение таблицы 3.8

1. Контроль (торфяно-перлитный субстрат)	18,9	14,4	1,6	34,9	62,7	46,1	1,8	110,6
2. Торф + куриный помет + сапропель + Адоб-бор (1,0:1,0:0,5:0,01)	19,7	24,6	2,7	47,0	77,6	58,3	6,2	142,1
3. Древесные опилки + торф + куриный помет + сапропель + Адоб-бор (1,0:0,5:1,0:0,5:0,01)	20,4	22,1	2,5	45,0	70,9	59,7	6,0	136,6

Для выращивания сеянцев сосны обыкновенной в условиях закрытого грунта разработаны «Рекомендации по агротехнологии выращивания посадочного материала древесных пород в условиях закрытого грунта». Ожидаемый экономический эффект при выращивании посадочного материала в условиях закрытого грунта определяется с учетом комплекса проводимых агротехнических мероприятий: подготовка субстрата, регулирование микроклимата, уход за сеянцами, борьба с сорной растительностью и др. Нормативный выход стандартных сеянцев сосны обыкновенной с 1 га составляет 8,0–9,0 млн штук. По проведенным нами исследованиям выход стандартных сеянцев сосны обыкновенной составил 11,2 млн шт./га, что превышает нормативный показатель на 24–40 %. Стоимость 1 тыс. штук сеянцев сосны обыкновенной составляет 1 тыс. бел. руб. Ожидаемый расчетный экономический эффект от внедрения «Рекомендаций по агротехнологии выращивания посадочного материала древесных пород в условиях закрытого грунта» составит:

$11,2 \text{ млн шт./га} - 9 \text{ млн шт./га} = 2,2 \text{ млн шт./га}$.

$2,2 \text{ млн шт./га} \times 1 \text{ тыс. бел. руб.} = 2200 \text{ тыс. бел. руб.}$ или 1122 доллара США с 1 га.

Потребность в органических удобрениях по МЛХ составляет 35 тыс. тонн. Для получения этого количества органических удобрений потребуется отходов в виде древесной коры и опилок 58 тыс. тонн и это составляет 0,0004 % от всех имеющихся отходов.

Дополнительно можно ежегодно получать и реализовывать за рубеж (Казахстан, Монголия и др. страны) до 5 тыс. тонн органических удобрений и получить прибыль до 20 млн долл. США.

Таким образом, проведены комплексные исследования выращивания сеянцев сосны обыкновенной, включающие получение субстратов на основе отходов растительного и животного происхождения, предпосевной обработки семян, внекорневой обработки сеянцев.

Для повышения почвенного плодородия разработан субстрат «Фертириз». Внесение субстрата способствует более интенсивному формированию корневых систем сеянцев за счет увеличения числа корней на 25–30 % и увеличение суммарной длины в 1,3–1,5 раза, а также образованию трех форм микоризы: булавовидной, вильчатой и коралловидной.

Разработаны технические условия на состав «Фертириз» для повышения почвенного плодородия питомников, которые зарегистрированы в Белорусском государственном институте стандартизации и сертификации.

Разработаны «Рекомендации по выращиванию посадочного материала хвойных и лиственных пород с закрытой коревой системой».

Исследованы композиционные составы для предпосевной обработки семян сосны обыкновенной путем инкрустирования. В качестве композиционного состава использовали микробиологический препарат «Экобактер-терра» (5 %).

Разработаны ресурсосберегающие технологии выращивания сеянцев сосны обыкновенной с использованием микробиологического препарата «Экобактер-терра» для предпосевной обработки семян, получения субстратов и внекорневой обработки растений, обеспечивающие выход стандартного посадочного материала с ожидаемым расчетным экономическим эффектом 86250 тыс. бел. рублей.

Выращивание посадочного материала сеянцев сосны обыкновенной в условиях закрытого грунта позволяет увеличить выход стандартных сеянцев в 4–5 раз по сравнению с открытым грунтом и достигает 6,4 млн шт./га. В соответствии с разработанными «Рекомендациями по агротехнологии выращивания посадочного материала древесных пород в условиях закрытого грунта» выход стандартных сеянцев сосны обыкновенной выше нормативного показателя на 24–40 %. Внекорневая обработка сеянцев микробиологическим препаратом «Экобактер-терра» способствует увеличению биометрических и морфометрических показателей сеянцев как с открытой, так и с закрытой корневой системой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТКП 575-2015 (33090). Устойчивое лесопользование и лесопользование. Наставление по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых видов в лесных питомниках Республики Беларусь. – Минск : Минлесхоз, 2015 г. – 55 с.
2. Воронкова, А. Б. Значение органических удобрений при выращивании сеянцев ели обыкновенной на дерново-подзолистых почвах : автореф. ... дис. канд. биол. наук : 29.10.70 / А. Б. Воронкова ; МГУ. – М., 1970. – 22 с.
3. Рекомендации по приготовлению органических удобрений на основе древесных отходов и куриного помета / Арханг. ин-т леса и лесохимии ; сост. З. С. Кулагина [и др.]. – Архангельск, 1987. – 13 с.
4. Рекомендации по использованию древесной коры в качестве тепличного грунта в лесном и сельском хозяйствах / сост.: А. С. Синников, З. С. Калугина. – Архангельск : Архангельский институт леса и лесохимии, 1984. – 12 с.
5. Использование торфо-коропометных компостов в лесных питомниках / ВНИИЦлесресурс Госкомлеса СССР; сост. Б. А. Мочалов. – М., 1989. – 2 с.
6. Пилюгина, Л. Г. Влияние компостов на основе гидролизного лигнина на агрохимические свойства почв и рост сеянцев сосны и ели / Л. Г. Пилюгина [и др.] // Проблемы комплексного использования древесного сырья : сб. науч. ст. / Ин-т леса КарИЦ РАН. – Петрозаводск, 1981. – С. 153–167.
7. Рекомендации по использованию коры хвойных пород для использования в качестве тепличного грунта / Гос. ком. СССР по лесн. хоз-ву, Арханг. ин-т леса и лесохимии ; сост. А. С. Синников [и др.]. – Архангельск, 1976. – 6 с.
8. Hilszczańska, D. Wpływ podłoża szkółkarskich na rozwój mikoryz sosny *Pinus sylvestris* L. // Sylwan. – Rok CXLIV, 2000. – № 4. – S. 93–97.
9. Федорец, Н. Г. Приготовление и использование компостов из отходов лесной промышленности / Н. Г. Федорец, О. Н. Бахмет // Лесное хозяйство. – 2008. – № 3. – С. 7–9.
10. Наставление по выращиванию посадочного материала деревьев и кустарников в лесных питомниках Белоруссии / Гос. ком. СССР по лесн. хоз-ву, МЛХ БССР ; сост. А. И. Савченко [и др.]. – Минск : Ураджай, 1986. – 111 с.
11. Лобанов, Н. В. Микотрофность древесных растений / Н. В. Лобанов. – М. : Советская наука, 1953. – 232 с.
12. Мишустин, Е. Н. Микориза древесных растений и ее значение при полезащитных лесонасаждениях / Е. Н. Мишустин, О. И. Пушкинская // Микробиология. – 1949. – Т. XVIII. – Вып. 5. – С. 447–467.
13. Шемаханова, Н. М. Микотрофия древесных пород / Н. М. Шемаханова. – М. : АН СССР, 1962. – 375 с.

14. Рий, В. Ф. Рост и микоризность сеянцев в зависимости от доз минеральных удобрений / В. Ф. Рий // Повышение эффективности использования минеральных удобрений лесного хоз-ва : тез. докл. в всесоюз. научн. тех. совещ. – Гомель, 1984. – С. 42.

15. Эглите, А. К. Опыт работ по микоризации сосны / А. К. Эглите // Труды Конференции по микотрофии растений. – М. : АН СССР, 1955. – С. 194–203.

16. Шубин, В. И. К вопросу о росте сосны и ели на органическом субстрате / В. И. Шубин // Труды Карельского филиала АН СССР. – 1957. – Вып. 7. – С. 24–39.

17. Селиванов, И. А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза / И. А. Селиванов. – М. : Наука, 1981. – 232 с.

18. Веселкин, Д. В. Строение и микоризация корней сеянцев ели и пихты при изменении почвенного субстрата / Д. В. Веселкин // Лесоведение. – 2002. – № 3. – С. 12–17.

19. Веселкин, Д. В. Функциональное значение микоризообразования у однолетних сеянцев сосны и ели в лесных питомниках / Д. В. Веселкин // Вестник Оренбург. Гос. ун-та. – 2006. – № 4, прил. – С. 12–18.

20. Веселкин, Д. В. Микоризообразование у сосны обыкновенной и ели сибирской в лесных питомниках / Д. В. Веселкин / Режим доступа: <http://mycorrhiza.narod.ru>. – Дата доступа: 26.12.2018.

21. Еропкин, К. И. О взаимосвязи форм микоризных окончаний у хвойных / К. И. Еропкин // Микориза растений : респ. сб. науч. тр. – Пермь, 1979. – С. 61–77.