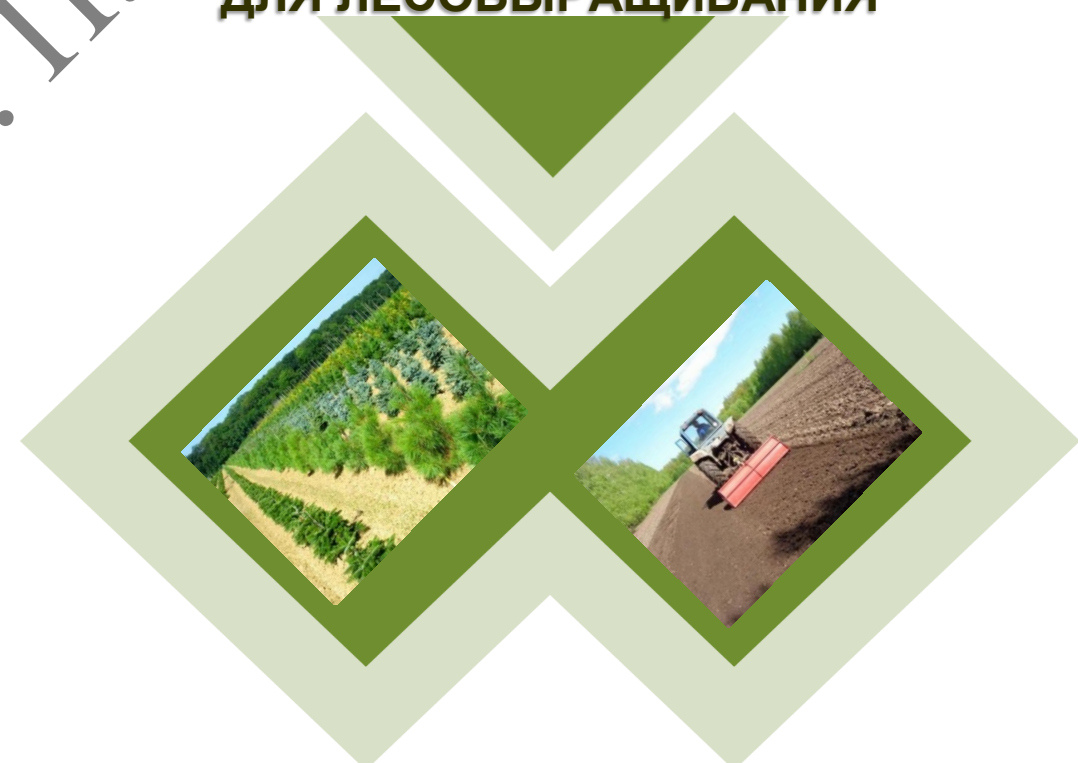




В. В. Копытков

**НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
РАЗРАБОТКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ**

МГТУ ИМ. И. П. ШОСМКИНА



ISBN 978-985-477-823-5



9 789854 778235

Министерство образования Республики Беларусь

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

В. В. Копытков

НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ
И ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ

Монография

Мозырь
МГПУ им. И. П. Шамякина
2022

УДК 630*232.411.3
ББК 34.751
К65

Автор

В. В. Копытков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
профессор кафедры биологии и экологии УО МГПУ им. И. П. Шамякина

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
член-корреспондент НАН Беларуси, профессор кафедры
лесохозяйственных дисциплин УО «Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины»

В. Ф. Багинский;

доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси,
заслуженный деятель науки Республики Беларусь

Ю. М. Плескачевский

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

Копытков, В. В.

К65 Научно-технологические аспекты разработки и исследования
композиционных материалов для лесовыращивания : монография /
В. В. Копытков. – Мозырь : МГПУ им. И. П. Шамякина, 2022. – 190 с.
ISBN 978-985-477-823-5.

Представлены сведения о композиционных материалах, используемых в лесном хозяйстве при лесовыращивании. Даны теоретические основы применения композиционных материалов при лесовыращивании и лесоводственно-экологические аспекты их использования при выращивании лесного посадочного материала и создании лесных культур. Композиционные материалы способствуют увеличению выхода стандартных семян лесных пород и повышают их приживаемость. Приведены результаты исследований влияния композиционных материалов и различных целевых добавок на рост и развитие растений.

Монография представляет интерес для специалистов в области лесного и сельского хозяйства, а также может быть использована студентами биологических и сельскохозяйственных специальностей высших и средних учебных заведений.

УДК 630*232.411.3
ББК 34.751

ISBN 978-985-477-823-5

© Копытков В. В., 2022

© УО МГПУ им. И. П. Шамякина, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----|
| Перечень сокращений | 5 |
| Введение | 6 |
| Глава 1. Композиционные материалы для повышения эффективности лесовыращивания | 9 |
| 1.1 Научно-теоретические основы использования композиционных материалов при лесовыращивании | 9 |
| 1.2 Агротехнологии выращивания посадочного материала и создания лесных культур | 13 |
| 1.3 Исследование композиционных материалов для получения удобрений пролонгированного действия и изучение их влияния на текущий прирост сосновых насаждений и загрязнение среды | 38 |
| 1.3.1 Влияние минеральных удобрений пролонгированного действия на текущий прирост сосновых насаждений | 42 |
| 1.3.2 Непродуктивные потери азота при использовании удобрений пролонгированного действия в сосновых насаждениях | 49 |
| Глава 2. Научно-технологические аспекты использования композиционных материалов при выращивании семян | 65 |
| 2.1 Исследование влияния различных субстратов на рост и развитие семян дуба черешчатого и сосны обыкновенной | 70 |
| 2.2 Изучение влияния микробных препаратов на биометрические показатели семян | 75 |
| Глава 3. Разработка технологии получения композиционных материалов для защиты корневых систем семян от иссушения и исследование их влияния на физико-химические свойства и приживаемость лесных культур | 80 |
| 3.1 Разработка технологии получения композиционных материалов для обработки корневых систем растений и изучение их физико-химических свойств | 80 |
| 3.2 Влияние композиционных материалов на приживаемость и особенности роста и развития лесных культур | 97 |
| Глава 4. Научно-методические исследования технологий получения и применения новых органических удобрений на основе отходов лесного и сельскохозяйственного производства | 106 |
| 4.1 Научно-методические исследования получения и применения органических удобрений в постоянных лесных питомниках для выращивания лесного посадочного материала | 106 |
| 4.2 Исследование влияния технологий получения органических удобрений с использованием отходов растительного и животного происхождения на степень готовности компостов | 121 |

| | |
|---|-----|
| Глава 5. Международное научное сотрудничество с Республикой Казахстан, Монгольской Народной Республикой и Китайской Народной Республикой | 132 |
| 5.1 Научное сотрудничество Института леса НАН Беларуси с Комитетом лесного и охотничьего хозяйства Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан | 132 |
| 5.2 Научное сотрудничество с Ботаническим садом-институтом Академии наук Монголии | 141 |
| 5.3 Научное сотрудничество с Институтом почвенных удобрений и водосберегающего земледелия Академии сельскохозяйственных наук Ганьсу Китайской Народной Республики | 146 |
| Глава 6. Экономическая эффективность использования композиционных материалов при лесовыращивании..... | 157 |
| Заключение | 165 |
| Список использованных источников | 168 |

МГТУ им. И. П. Шамякина

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

КМ – композиционные материалы
ГЛ – гидролизный лигнин
ГОСТ – государственный стандарт
СТБ – стандарт Беларуси
С:N – отношение углерода к азоту
ПМ – плотность микориз
ПМИ – процент микоризной инфекции
NaКМЦ – натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы
ПАА – полиакриламид
КПС – композиционный полимерный состав
ТУ – технические условия
ТНПА – технические нормативные правовые акты
ИЛ – Институт леса
ИММС – Институт механико металлополимерных систем
БГТУ – Белорусский государственный технологический университет
МЛТИ – Московский лесотехнический институт
ЦД – целевая добавка
ООО – совместное общество с ограниченной ответственностью
ПЛХО – производственное лесохозяйственное объединение
БелНИИПА – Белорусский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
ГНТП – государственная научно-техническая программа
NaКМЦ – натрийкарбоксиметилцеллюлоза
ИФОХ – Институт физико-органической химии
ИЭБ – Институт экспериментальной ботаники
ЭЛБ – экспериментальная лесная база
БелНИИЛХ – Белорусский научно-исследовательский институт лесного хозяйства
КИУ – коэффициент использования удобрений
ГЛХУ – государственное лесохозяйственное учреждение
ПВС – поливиниловый спирт

ВВЕДЕНИЕ

Стратегическим планом развития лесного хозяйства Беларуси на период 2015–2030 годы предусматривается повышение качества лесовыращивания и увеличение площади дубовых лесов с 3,5 % до 4,7 % [1]. Для эффективного лесовыращивания необходимо иметь в наличии стандартный посадочный материал. Потребность лесного хозяйства в посадочном материале определяется ежегодными объемами лесокультурных работ. Основное количество посадочного материала для создания лесных культур в Беларуси выращивается в условиях открытого и закрытого грунта в постоянных лесных питомниках. Посадочный материал с закрытой корневой системой (ЗКС) по своим биологическим и физико-механическим свойствам имеет ряд преимуществ перед сеянцами с открытой корневой системой (ОКС). Применение посадочного материала с ЗКС позволяет производить посадку в течение всего года и обеспечивает высокую приживаемость лесных культур.

В «Наставлении по выращиванию посадочного материала деревьев и кустарников в лесных питомниках Белоруссии» предлагается траншейный способ получения органических удобрений. Данный способ получения органических удобрений имеет существенные недостатки: большие финансовые затраты на сооружение траншей, использование железобетонных плит и кирпича, а также отсутствие необходимого контроля качества получаемых органических удобрений. В «Наставлении по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых видов в лесных питомниках Республики Беларусь» не отражены технологии и способы получения органических удобрений, а даются лишь нормы внесения готовых органических удобрений при выращивании лесного посадочного материала.

Все вышесказанное заставляет искать альтернативное решение получения органических удобрений. Необходимо установить оптимальные соотношения всех ингредиентов и изучить агрохимические показатели полученных новых органических удобрений с использованием отходов лесного и сельского хозяйства.

Для выращивания сеянцев лесных пород в настоящее время используется готовый субстрат Докшицкого торфопредприятия. Данный торфяно-перлитный субстрат используется для выращивания лесных сеянцев как хвойных, так и лиственных пород. При выращивании стандартных сеянцев большое значение для субстрата имеет водородный показатель. Оптимальная кислотность почв для выращивания сеянцев лиственных пород составляет 5,5–6,0, а для сеянцев хвойных пород – 4,5–5,0.

Большое значение для повышения всхожести желудей, получения стандартных сеянцев и эффективного выращивания имеет технология зимнего хранения желудей и их предпосевная обработка. Особое внимание уделяется условиям зимнего хранения желудей. Усовершенствование технологии зимнего хранения желудей в холодильных камерах дает возможность начать высев в сроки, подходящие для условий конкретного лесохозяйственного

учреждения (географическое положение, погодные условия, увеличение объемов лесовыращивания и т. п.). Все эти меры дают возможность контроля качества желудей на любой стадии их зимнего хранения.

В настоящее время практически во всех лесхозах при выращивании сеянцев дуба черешчатого обрезку желудей не производят. Использование недоброкачественных желудей способствует снижению выхода стандартных сеянцев дуба черешчатого. Учитывая особенности плодоношения дуба черешчатого, сложно прогнозируемую ежегодную урожайность, существующая практика хранения желудей и выращивания сеянцев дуба черешчатого требует усовершенствования.

В условиях интенсификации выращивания лесного посадочного материала большое внимание отводится внекорневой обработке сеянцев лесных пород. При внекорневых подкормках элементы питания попадают внутрь сеянцев через листву, почки, ствол и ветви. При этом значительно снижается расход используемых удобрений и повышается эффективность дорогостоящих элементов минерального питания. Использование микробиологических препаратов для внекорневой обработки может существенно повлиять на физиологические и биометрические показатели сеянцев лесных пород.

При создании лесных культур на низкобальных сельскохозяйственных землях с различной плотностью радиоактивного загрязнения цезием-137 главной породой является сосна обыкновенная. Лучшая порода для смешения с сосной – береза повислая. При создании смешанных лесных насаждений доля участия лиственных пород должна быть достаточной для обеспечения биологически устойчивых культур и не должна снижать общую производительность насаждения. При выполнении задания 4 ГПНИ «Оценка эффективности методов искусственного лесоразведения на бывших сельскохозяйственных землях в зоне радиоактивного загрязнения» главной задачей исследований является обследование опытных объектов ранее созданных лесных культур различными методами и оценка биологической устойчивости лесных насаждений.

Оценка биологической устойчивости лесных насаждений в условиях ограниченного ведения лесного хозяйства является важнейшей задачей лесного планирования и управления территориями в зонах радиоактивного загрязнения.

Применяемые в настоящее время в лесном хозяйстве методы оценки биологической устойчивости на основе шкалы категорий состояния деревьев и шкалы оценки биологической устойчивости насаждений фиксируют фактическое положение дел в лесном хозяйстве.

Необходимость выращивания стандартного посадочного материала для лесовыращивания становится актуальным не только в государственном, но и в планетарном аспекте. Качество созданных лесных культур напрямую зависит от степени иссушения их корневых систем. Создание тонкой полимерной защитной пленки покрытия на корневой системе растений с использованием композиционных материалов существенно снижает, а то и предотвращает потерю влаги корневыми системами сеянцев. Нами разра-

ботаны композиционные материалы для защиты корневых систем семян от иссушения, которые в последние годы активно внедряются практически во всех лесхозах Беларуси.

В соответствии с выполнением Международного проекта с Академией наук Монголии нами разработаны композиционные материалы для защиты корневых систем семян лесных пород и проведен сравнительный анализ результатов исследований их физико-химических свойств.

Представленная монография является логическим продолжением предыдущих научных исследований. В ней изложены результаты, полученные по двум Государственным программам научных исследований «Природопользование и экология» (задание 2.08 «Исследовать особенности роста и развития семян дуба черешчатого в зависимости от объема корнеобитаемой среды и введения в нее микробных препаратов» и задание 2.43 «Исследовать влияние различных агротехнологий выращивания семян дуба черешчатого с закрытой корневой системой на динамику их роста и развития»), а также двум заданиям Государственной научно-технической программы «Леса Беларуси – продуктивность, устойчивость, эффективное использование» (задание 2.6 «Разработать и внедрить интенсивные агротехнологии выращивания посадочного материала древесных пород в условиях закрытого грунта» и задание 2.4 «Разработать и внедрить модифицированные композиционные полимерные составы для обработки корневых систем семян хвойных пород»). В данной монографии изложены результаты НИР по трем Международным грантам с академией наук Монголии, Комитетом лесного и охотничьего хозяйства Республики Казахстан и БРФФИ: № Б20МН-001 «Исследовать физико-химические свойства композиционных полимерных препаратов для защиты корневых систем семян лиственных пород и разработать способы повышения приживаемости и устойчивости лесных культур», Б14МН-008 «Разработать новые композиционные полимерные составы для защиты корневых систем посадочного материала от иссушения и обосновать способы продления периода посадки леса, обеспечивающие повышение приживаемости растений и их устойчивость», № Б14КАЗ-001 «Исследовать физико-химические свойства многокомпонентных полимеросодержащих систем и разработать модифицированные композиционные составы для защиты корневых систем растений от иссушения» и хоздоговорным темам, где автор являлся научным руководителем.

Автор выражает глубокую признательность члену-корреспонденту НАН Беларуси, доктору технических наук, профессору Ю.М. Плескачевскому за многолетнее плодотворное сотрудничество по разработке и изучению физико-химических свойств композиционных материалов; директорам, главным лесничим, инженерам по лесовосстановлению и начальникам питомников опытных лесхозов Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь.

Автор благодарит сотрудников сектора «Биорегуляции выращивания лесопосадочного материала» Института леса НАН Беларуси за большую помощь в подготовке рукописи.

ГЛАВА 1

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ

Результатом проведенных многолетних исследований по разработке композиционных материалов для получения медленнодействующих удобрений при использовании различных агротехнологий выращивания посадочного материала и создания лесных культур явились рекомендации, наставления, методические указания и технические условия.

В данной главе представлен аналитический обзор полученных результатов применения композиционных материалов при выращивании семян и саженцев лесных пород и создании лесных культур, а также при получении удобрений пролонгированного действия.

Показано влияние удобрений пролонгированного действия на текущий прирост сосновых насаждений, а также определены непродуктивные потери азота в газообразной форме в результате вымывания за пределы корнеобитаемого слоя почвы.

1.1 Научно-теоретические основы использования композиционных материалов при лесовыращивании

В процессе хранения семена сосны обыкновенной находятся в состоянии глубокого покоя и без специальной предпосевной подготовки не прорастают. В период хранения семян ферменты находятся в равновесном состоянии. Во время покоя зародыш семени очень мало потребляет запасные питательные вещества. Чтобы семена проросли, необходимо воздействовать на них факторами внешней среды. По мнению М.Г. Николаевой и др. [2], «причиной покоя семян является низкий уровень активности ферментов, который устраняется под воздействием внешних специфических факторов». А.Р. Родин и др. [3] установили, что «процессы, происходящие в семенах во время глубокого и вынужденного покоя, полностью не выяснены. Это объясняется тем, что семя очень сложная и во многом еще нераспознанная биологическая система».

Для прорастания семян необходимо воздействовать на них физическими или химическими факторами. При воздействии физических факторов семена выходят из равновесного состояния и происходят изменения энергетического уровня всей биологической системы семени. Под воздействием УФ-света в семенах происходит электронное возбуждение в эндосперме и зародыше. При этом активизируются ферменты, которые способствуют переходу запасных питательных веществ из неусвояемых форм к усвояемым для зародыша формам в виде сахарозы, фруктозы, глюкозы. В основе биологического воздействия ультрафиолетового излучения лежит химическое изменение биополимеров, ферментов, гормонов и

других составляющих, входящих в состав клетки. Эти изменения вызваны как непосредственным поглощением клеткой квантов света, так и образующимися при облучении радикалами воды и других низкомолекулярных соединений [4].

Механизм воздействия ультрафиолетового излучения на семена заключается в изменении фотоэнергетики клеток и нефотосинтетических превращениях квантов света. Обработка семян ультрафиолетовым излучением стимулирует физиологическую активность зародыша, повышая его энергию, и не оказывает отрицательного действия на наследственную систему. Энергия прорастания облученных семян УФ-светом на 20 % – 30 % и всхожесть на 15 % – 25 % выше по сравнению с необлученными. Большое влияние на прорастание семени оказывает время воздействия физических факторов и качество света. УФ-свет способствует образованию стимулятора роста для семян (гиббереллина). Данный стимулятор роста активизирует прорастание семян. Время облучения семян составляет около 7 часов. Наибольшая эффективность предпосевной обработки семян хвойных пород происходит при облучении их ультрафиолетовым светом мощностью светового потока $64 \text{ Вт/м}^2\text{с}$ в диапазоне длины волны 320–360 нм. При этом более интенсивно протекают окислительные процессы, которые влияют на зародыш семени и способствуют интенсификации их роста.

Последующее намачивание семян сосны обыкновенной в водном растворе композиционного материала с микроэлементами и стимуляторами роста при температуре 18°C – 20°C активизирует в зародыше гидролитические ферменты и ферменты аминокислотного обмена. При намачивании семян в течение 12–18 часов происходит разложение крахмала и запасных белков, что способствует процессу прорастания семян и появлению корешков. Происходит интенсивная диффузия питательных веществ из семядоли к растущим частям зародыша.

После предпосевной обработки семян физическими и химическими способами их высевают. Большое значение имеет срок посева семян. Оптимальным сроком при весеннем посеве семян сосны обыкновенной является вторая декада апреля – первая декада мая. При осеннем сроке посева семян оптимальный срок – первая-третья декада ноября [5]. В зависимости от почвенного плодородия лесных питомников и влажности верхнего гумусо-аккумулятивного слоя почвы зависит грунтовая всхожесть семян и выход стандартных сеянцев с единицы площади. Использование коровых компостов способствует оптимизации водно-воздушного режима субстрата, и вследствие этого повышается грунтовая всхожесть семян. Внесение коровых компостов способствует увеличению содержания гумуса и подвижных элементов питания в почве лесных питомников в течение 2–3 лет. Для ускорения получения коровых компостов, готовых к использованию, вводят целевые добавки в виде куриного помета и полимерного структурообразователя почвы. Полимерный структурообразователь почвы способен удерживать воду в десятки раз больше по сравнению со своей массой.

Полимерный структурообразователь совместно с куриным пометом обеспечивают ускорение процесса разложения коровых компостов до 1,2–1,5 года. Дозы внесения коровых компостов зависят от обеспеченности почв лесных питомников гумусом и элементами минерального питания. За счет внесения коровых компостов происходит оптимизация почвенных условий в течение всего вегетационного периода и, в конечном итоге, увеличивается выход стандартных семян. Коровые компосты обеспечивают оптимальный водный и питательный режимы, а также создают необходимые условия для равномерного высева и заделки семян сосны обыкновенной с последующим формированием корневых систем. На корневых системах семян сосны обыкновенной образуются три формы микоризы: булабовидная, вильчатая и коралловидная.

Потребность семян в элементах минерального питания зависит от многих факторов и, в первую очередь, от вида посадочного материала и срока их выращивания. Обеспечение семян элементами питания достигается путем внесения коровых компостов, удобрений пролонгированного действия и внекорневых подкормок. Внесение коровых компостов активизирует работу почвенной микрофлоры и способствует переходу питательных веществ из недоступной для растений формы в легкоусвояемую.

Минеральные удобрения выполняют различные функции при выращивании растений. Лесоводственно-экономический эффект от использования минеральных удобрений повышается при внесении удобрений пролонгированного действия в комплексе с регуляторами роста и микроэлементами. Наиболее эффективны удобрения пролонгированного действия при достаточной обеспеченности почв лесных питомников элементами питания. При этом увеличиваются биометрические показатели как надземной части, так и корневых систем семян, а также повышается выход стандартного посадочного материала. Полученные семена имеют оптимальное соотношение массы корневых систем к надземной массе семян, что обеспечивает высокую приживаемость их на лесокультурной площади.

Создание оптимальных условий питания растений в течение всего вегетационного периода необходимо сочетать с внесением основного удобрения с внекорневыми подкормками. Внекорневая подкормка проводится путем опрыскивания растений водными растворами композиционных материалов, которые дополнительно содержат элементы минерального питания. Внекорневая обработка семян композиционными материалами уменьшает дозу внесения удобрений на 20 % – 25 % и продлевает период влияния на рост растений.

Интенсивное ведение лесного хозяйства Беларуси, по данным В.С. Победова [6] и Л.И. Рахтеенко и др. [7], имеют следующие благоприятные предпосылки для использования минеральных удобрений: основная лесобразующая порода сосна обыкновенная произрастает на бедных песчаных и супесчаных почвах; климатические условия имеют достаточное количество осадков и тепла; наличие хорошо развитой сети дорог и относительно ровный рельеф местности.

Для оптимизации питания растений и получения наибольшего лесоводственного эффекта от внесения удобрений с учетом охраны окружающей среды применен принцип пролонгированности на основе создания и использования медленнорастворимых удобрений [8]. Такие удобрения способны обеспечить растения необходимым количеством азота за счет покрытия гранул обычных удобрений композиционным материалом. Большое влияние на физико-химические свойства гранул удобрений и использования элементов питания оказывает концентрация композиционных материалов и целевых добавок. Покрытия на гранулах удобрений выполняют роль полупроницаемых мембран, и в процессе разрушения происходит постепенный вынос элементов питания. Это дает возможность пролонгировать действие удобрений и повысить коэффициент их использования.

Разработанные нами удобрения пролонгированного действия используются растением сразу после их внесения в почву. Исследования показали, что период полной растворимости в воде составляет 10–30 суток в зависимости от концентрации композиционного материала и его расхода. Преимущество медленнодействующих удобрений определяется более низкими затратами на их производство и длительностью действия их на почву и растения [8].

Разработка композиционных материалов для получения удобрений пролонгированного действия способствует улучшению физико-химических свойств гранул удобрений, а также снижает непродуктивные потери азота в газообразной форме и в результате вымывания за пределы корнеобитаемого слоя почвы. За счет повышения коэффициента использования удобрений снижается на 30 % доза внесения удобрений пролонгированного действия.

Продление срока хранения посадочного материала обеспечивается за счет использования полимерных кассет или ящиков с обработкой корневых систем сеянцев композиционным материалом «Корпансил». Полимерные кассеты с посадочным материалом перевозят на лесокультурную площадь и помещают в затененном месте. Обработка корневых систем сеянцев композиционным материалом «Корпансил» с последующей укладкой их в полимерные кассеты или ящики позволяет продлить срок посадки лесных культур на 25–30 дней. Кроме того, уменьшается количество механических повреждений корневых систем сеянцев сосны обыкновенной в период от выкопки посадочного материала до посадки его на лесокультурную площадь. Это обеспечивается путем исключения двукратной прикопки и выкопки сеянцев в питомнике и на лесокультурной площади. При выкопке и прикопке сеянцев сосны обыкновенной происходит иссушение корневых систем и частично погибают мелкие микоризованные всасывающие корни диаметром менее 1 мм. Всасывающие корни обеспечивают приживаемость растений на лесокультурной площади. Поврежденная корневая система сеянцев сосны обыкновенной при посадке лесных культур не способна сразу

восполнить расход воды на транспирацию. Для сокращения потери воды сеянцами необходимо обработать корневые системы композиционным материалом «Корпансил». Потеря воды корневыми системами сеянцев снижается на 20 % – 40 %. Важным этапом исследований является выбор оптимальных концентраций водорастворимых полимеров и целевых добавок для защиты корневых систем сеянцев от иссушения. Концентрация композиционных материалов может оказывать влияние на условную вязкость раствора, и это существенно изменяет технологию обработки корневых систем сеянцев [9]. При увеличении концентрации водного раствора NaКМЦ до 10 мас.% условная вязкость возрастает и это затрудняет погружение корневых систем не только отдельных растений, но и в пучках. Композиционный материал на поверхности корневых систем растений способен адсорбировать почвенную влагу и увеличиться в объеме в 8–10 раз, что обеспечит высокую приживаемость растений на лесокультурной площади.

На основании вышеизложенного представляется научно обоснованным и перспективным для эффективного лесовыращивания использование композиционных материалов как при создании минеральных удобрений пролонгированного действия, так и при выращивании сеянцев и создании лесных культур.

1.2 Агротехнологии выращивания посадочного материала и создания лесных культур

Интенсивная химизация выращивания лесопосадочного материала без должного учета почвенно-экологических условий наряду с положительным действием имеет целый ряд отрицательных последствий, в частности: загрязнение воздушного бассейна, почвы, водоемов и подземных вод. Широкое развитие производства композиционных полимерных материалов и их применение во многих отраслях народного хозяйства обусловлено ценными физико-механическими, химическими и эксплуатационными свойствами. Известно, что под действием различных факторов (влаги, света, радиационное излучение, тепло, кислород воздуха и т. д.) изменяются их физико-химические свойства. Поэтому для получения композиционных материалов с улучшенными физико-химическими свойствами вводят специальные целевые добавки [10–13].

С помощью новых композиционных материалов можно решать вопрос повышения выхода стандартного посадочного материала. Практическое решение этого вопроса предполагает создание защитно-стимулирующей пленки покрытия на поверхности семян при предпосевной обработке и внекорневой подкормке в период вегетации растений [13].

Значительные объемы лесокультурных работ обуславливают необходимость выращивания стандартного посадочного материала. Выращивание

сеянцев является сложным и трудоемким процессом и требует выполнения большого числа агротехнических и технологических операций, от которых зависит эффективность производства посадочного материала [10; 13]. Она может быть в значительной степени повышена за счет оптимизации почвенно-экологических условий на основе использования композиционных материалов. Применять «чистые» полимеры не рационально по технико-экономическим показателям. Одним из эффективных направлений решения этой проблемы является регулирование физико-химических свойств композиционных материалов применительно к условиям их эксплуатации [13–15]. Композиционные материалы на полимерной матрице представляют собой удобный объект для такого регулирования. Одним из основных свойств полимерных материалов является способность удерживать воду в объемах, в десятки раз превышающих объем полимера в сухом виде. Отдельные частицы полимера могут являться крайне эффективными губками, которые в воде не растворимы и изменяют характер поглощения влаги. По мере набухания полимер раздвигает почвенные частицы, открывая доступ воздуха, улучшая тем самым аэрацию зоны ризосферы и влагообеспеченность растений [16; 17].

Разработана комплексная технология предпосевной обработки семян с помощью физических и химических методов. Сначала производится обработка семян ультрафиолетовым светом (УФ), затем предпосевная обработка композиционным материалом с целевыми добавками. Эффективность действия ультрафиолетового излучения зависит, главным образом, от длины волны падающего света и времени облучения. Время облучения семян сосны обыкновенной составляет от 3,5 до 14 часов. Обработка семян УФ-светом способствует оздоровлению хранившихся семян и препятствует развитию болезнетворных микроорганизмов [18]. Обработка семян композиционными материалами с целевыми добавками является одним из эффективных способов протравливания, который позволяет прочно закрепить пестицид и другие вещества на поверхности семян и избежать тем самым значительных потерь препаратов (от 40 % до 60 %) в результате их осыпания при затаривании и хранении семян, погрузочно-разгрузочных, транспортных, посевных работах. Этот прием обуславливает повышение всхожести и выхода стандартного посадочного материала, улучшает санитарно-гигиенические условия труда обслуживающего персонала, снижает загрязнение окружающей среды [19–24].

Искусственное лесовосстановление и лесоразведение, базирующееся на селекционном посадочном материале и передовых технологиях лесокультурного производства, позволяет получить высококачественные насаждения заданного породного состава, обладающие определенными хозяйственными свойствами [25]. На период с 2010 по 2020 гг. в Беларуси планировалось создание лесных культур на площади 222,5 тыс. га. В период с 2010 по 2015 гг. создано 121,2 тыс. га лесных культур [26; 27].

Ежегодное выращивание стандартного посадочного материала за этот период составит более 144 млн штук [27]. Агротехника выращивания посадочного материала в лесных питомниках открытого грунта включает

в себя три основных процесса: обработка почвы, создание субстратного слоя и выращивание сеянцев. Обработка почвы производится в соответствии с «Рекомендациями...» [24].

По данным государственной программы лесовосстановления и лесоразведения в лесах Республики Беларусь, в период с 1990–1997 гг. в системе МЛХ насчитывалось 176 лесных питомников, в том числе 69 – постоянных и 107 – временных. В 2010 году – 163 лесных питомника, в т. ч. 63 – постоянных и 100 – временных, а в 2015 году – 95 питомников, в т. ч. 63 и 32 соответственно.

С 2016 года в лесных питомниках Беларуси выращивают посадочный материал только в постоянных лесных питомниках. Это позволяет сконцентрировать имеющуюся технику в постоянных лесных питомниках и обеспечить полную механизацию работ. По данным, полученным республиканским унитарным лесоустроительным предприятием «Белгослес», и данным Министерства лесного хозяйства Беларуси, почвы большинства лесных питомников имеют содержание гумуса менее 2 %, недостаточное содержание подвижных форм фосфора и калия. Поэтому при выращивании посадочного материала необходимо дополнительно вносить минеральные и органические удобрения.

Для повышения почвенного плодородия лесных питомников необходимо вносить органические удобрения с учетом обеспеченности их элементами питания. Ежегодная потребность в органических удобрениях составляет 40–45 тыс. тонн, а вносят не более 5–10 тыс. тонн.

Для получения органических удобрений в Беларуси используют отходы деревообрабатывающей промышленности (кора, опилки). Ежегодное количество отходов составляет 450–500 тыс. м³.

Выращивание сеянцев сосны обыкновенной в условиях открытого грунта осуществляется в соответствии с «Наставлением по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых видов в лесных питомниках Республики Беларусь» и «Рекомендациями по агротехнике интенсивного выращивания посадочного материала в лесных питомниках Белоруссии» [24]. От предпосевной подготовки семян в значительной степени зависит грунтовая всхожесть, сроки появления всходов, количество всходов на 1 погонном метре и качество сеянцев. Для повышения интенсивности и рентабельности работы лесных питомников в условиях хозрасчета требуются изыскания новых высокоэффективных способов предпосевной обработки семян.

Большое значение для рационального использования дорогостоящих микроэлементов, стимуляторов роста и целевых добавок имеет практическое применение композиционных материалов для предпосевной обработки семян [28; 29]. В последнее время большое внимание уделяется инкрустированию семян с использованием различных полимеров и целевых добавок. При инкрустировании семена намачивают в водных растворах полимеров с введением микроэлементов и стимуляторов роста. Введение микроэлементов и

стимуляторов роста определяется в зависимости от вида семян. Исследования академика А.Р. Родина [17] показали, что под воздействием стимуляторов роста и микроэлементов улучшается качество посадочного материала и повышается выход саженцев в питомниках. При обработке сеянцев сосны 0,01 %-м раствором гетероауксина увеличивается фитомасса корней на 25 % – 34 % по сравнению с контрольной. В результате этого у саженцев соотношение фитомассы надземных органов и корней находилось в пределах оптимального – 2:1–3:1, в то время как у контрольных оно составило 4,5:1 и более. Обработка сеянцев сосны микроэлементами (марганцем и йодом) была менее эффективной. Под их воздействием усиливается в основном рост надземной части и в меньшей степени корней, что неизбежно приводило к некоторой диспропорции фитомассы ассимилирующих и всасывающих органов. Для приготовления защитно-стимулирующего состава используют полимерную композицию: гуминовые препараты и протравитель [30].

Наиболее перспективным и безопасным способом предпосевной обработки семян является применение ультрафиолетового (УФ) света. Обработка семян ультрафиолетовым излучением стимулирует физиологическую активность зародыша, повышая его энергию, и не оказывает отрицательного действия на наследственную систему. У семян, облученных УФ-светом, энергия прорастания на 20 % – 30 %, а всхожесть – на 15 % – 25 % выше по сравнению с необлученными [31–33].

В соответствии с проведенными исследованиями ряда ученых величина стимулирующего эффекта ультразвука колеблется в значительных пределах в зависимости от вида древесных растений. Оптимальный режим обработки для каждого из них может быть установлен лишь в результате детальных лабораторных и полевых исследований [34–36].

Недостаточным экспериментальным обоснованием можно объяснить низкую эффективность предлагаемых способов предпосевной обработки семян основных лесобразующих пород [27; 37].

Получены данные о перспективности использования парааминобензойной кислоты (ПАБК) в растениеводстве [38–40]. В то же время существуют определенные препятствия на пути широкого использования ПАБК в биологии – это необходимость установления для каждого вида своих условий обработки семян, позволяющих увеличить всхожесть и выход стандартных сеянцев. Российскими учеными А.Е. Проказиным, Л.А. Атрошенко и др. [37] была достигнута цель по оптимальным режимам предпосевной обработки семян сосны обыкновенной и ели европейской ультразвуком и ПАБК.

Исследования С.А. Станко [41] показали, что облучение растительных объектов оптимальной дозой светового потока обеспечивает наибольший эффект.

При посеве семян норму высева и глубину их заделки российские ученые предлагают дифференцировать в зависимости от почвенно-экологических условий и фактического уровня агротехники в питомниках (таблица 1.1).

Таблица 1.1. – Средние нормы высева семян хвойных пород в зависимости от почвенно-экологических условий и уровня агротехники выращивания (семена сухие, 1 класса качества) [40]

| Почвенно-экологические условия | Сосна | | Ель | |
|---|----------|-------|----------|-------|
| | г/пог. м | кг/га | г/пог. м | кг/га |
| 1. Благоприятные (высокая агротехника, легкие почвы) | 1,1 | 44 | 1,3 | 52 |
| 2. Недостаточно благоприятные (средний уровень агротехники) | 1,35 | 54 | 1,5 | 60 |
| 3. Неблагоприятные (низкая агротехника, тяжёлые почвы) | 1,5 | 60 | 1,8 | 72 |

Необходимо отметить, что российские ученые рекомендуют использовать для посева сухие семена хвойных пород. По данным многочисленных исследований, сухие семена хвойных пород неэффективно использовать при посеве семян для выращивания посадочного материала [24; 31]. Для условий Беларуси эффективность использования дорогостоящих семян хвойных пород, по данным Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, не превышает 30 %. Поэтому нами для повышения эффективности использования семян предложены композиционные материалы для предпосевной их подготовки методами инкрустирования, дражирования и гранулирования.

Применяемая в настоящее время агротехника выращивания посадочного материала хвойных пород в соответствии с «Наставлениями...» [31] определяет норму высева семян сосны обыкновенной первого класса качества в количестве 60 кг/га. Для уменьшения нормы высева семян сосны обыкновенной с 60 кг/га до 50 кг/га необходима оптимизация почвенно-экологических условий лесных питомников по содержанию гумуса, основных элементов питания и влажности. Большое значение при этом имеет предпосевная обработка семян композиционными материалами с целевыми добавками. Композиционные материалы обеспечивают оптимальное содержание влаги вокруг семян.

Исследованиями Е.Г. Парамонова и др. [41] определена биологическая эффективность выращивания сеянцев сосны при точечном высева семян. Данными авторами установлено, что при точечном высева семян сосны обеспечивается экономия посевного материала до 30 кг/га. При этом увеличивается выход стандартных сеянцев с 1 га до 76 % и составляет 2 млн шт./га.

При точечном посеве сосны обыкновенной семена располагаются в 1 см друг от друга и на 1 п.м. посевной строчки составляют 70–110 шт. семян. Точечный посев семян сосны обыкновенной обеспечивает примерно одинаковую грунтовую и лабораторную всхожесть семян за счет создания благоприятных условий для прорастания и нормального роста растений. Предпосевная обработка сосны обыкновенной заключается в замачивании семян на 18–24 часа в растворе микроэлементов. Объем раствора должен

быть в 3–4 раза больше объема замачиваемых семян. Семена за сутки до посева подсушивают под навесом до степени сыпучести и протравливают фундазолом из расчета 6 г/кг семян [42].

По данным М.Е. Ананьева [42] в лесопитомническое хозяйство внедрена агротехника выращивания сеянцев при снижении нормы высева семян на 20 кг/га при 4-строчной схеме посева.

Во многих странах для посева семян хвойных пород в открытом и закрытом грунте испытывались носители из бумаги. Исследования ученых Германии, проводивших посев семян хвойных указанным методом, показали, что, несмотря на интенсивный полив во время прорастания семян, бумага разлагается медленно и неравномерно. Поэтому многие всходы вынуждены преодолевать дополнительное сопротивление бумажной ленты. Это способствовало повреждению растений и уменьшало выход стандартных сеянцев [43].

Аналогичные исследования проведены в БГТУ им. С.М. Кирова (Минск) и МГУЛ (Москва). По данным Н.И. Якимова, Л.Ф. Поплавской [44–46], наибольший выход сеянцев хвойных пород при различных нормах высева семян получен при точечном посеве. В исследованиях российских ученых [7; 11; 41; 42] первостепенное внимание с учетом максимального выхода стандартных сеянцев уделяется точечному или адресному посеву семян в лесных питомниках. Этот способ посева является наиболее эффективным и способствует уменьшению нормы высева семян на 30 % – 40 %.

Одной из сложных проблем при выращивании посадочного материала является получение равномерного высева семян и одинаковой глубины их заделки. Биометрические показатели семян хвойных пород, их размеры и масса варьируют в больших пределах, что затрудняет создание дозирующих высевающих механизмов, способных обеспечить точный посев. Установлено, что размеры семян в одной партии различаются по длине – в 1,5 раза, ширине – в 1,9 раза, толщине – в 1,6 раза [27]. Точно дозировать семена можно только при низкой скорости движения сеялки и высоком уровне предпосевной обработки почвы. Использование носителей семян позволяет устранить эти недостатки. Носители семян изготавливают в виде шнуров, сеток, лент, пластин или матов из природных, искусственных и синтетических материалов. Важным преимуществом такого вида посева является возможность устанавливать любой шаг размещения семян на носителе с высокой точностью [27].

Для определения фактической массы 1000 шт. семян сосны обыкновенной и ели европейской в БГТУ им. С.М. Кирова учеными Н.И. Якимовым, А.А. Колесником, Л.Л. Застенской [44] проведены исследования определения массы семян в отдельных партиях, собранных в лесхозах Беларуси, в разрезе каждого ГПЛХО. Выполненная статистическая обработка результатов позволила с достаточно высокой степенью точности определить среднюю массу 1000 шт. семян, которую необходимо использовать при расчетах нормы высева семян в каждом ГПЛХО Беларуси. По полученным данным,

средняя масса 1000 шт. семян сосны, собранных в насаждениях, колеблется в пределах от 6,25 до 7,00 г, причем имеется тенденция к увеличению массы семян по мере продвижения с севера республики на юг. Семена, заготавливаемые с лесосеменных плантаций, по своей массе практически не отличаются от семян, собранных в насаждениях. В соответствии с последним «Наставлением по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых видов в лесных питомниках Республики Беларусь» средняя масса 1000 шт. семян равна 6,0 г, а по «Наставлению по выращиванию посадочного материала деревьев и кустарников в лесных питомниках Белоруссии» [31] – 5,6 г. Данные показатели массы семян ниже полученных фактических данных (6,25–7,0).

По данным белорусских ученых [43–45], для расчетов было принято оптимальное число растений на 1 пог. м, при котором наблюдается нормальный рост и развитие сеянцев сосны обыкновенной – 100 шт.; минимальное значение всхожести семян сосны обыкновенной – 95 %; минимальное значение чистоты семян сосны обыкновенной – 92 %; поправочный коэффициент на грунтовую всхожесть семян сосны – 0,6. Масса 1000 шт. семян принималась согласно полученным результатам по каждому ГПЛХО Республики Беларусь.

В БГТУ Н.И. Якимовым и Л.Ф. Поплавской [46] проведены исследования по установлению оптимальных норм высева семян сосны с целью получения планового выхода стандартных сеянцев хвойных пород.

Полученные результаты позволяют предположить, что оптимальной нормой высева семян сосны, обеспечивающей наибольший выход сеянцев при наименьшем расходе семян, является 1,0 г на погонный метр, что соответствует расходу семян сосны обыкновенной при 5-строчной схеме посева около 35 кг на 1 га [46].

По наблюдениям Е.Г. Орленко [47], зависимость между массой семян сосны обыкновенной и ростом сеянцев проявляется только у однолетних растений.

Учеными БГТУ им. С.М. Кирова [45] выявлено отсутствие четкой зависимости показателей качества семян от их географического происхождения. Установлено, что рост однолетних сеянцев сосны обыкновенной зависит от крупности семян и их абсолютной массы.

Необходимо отметить, что действующие нормы высева семян хвойных пород в Беларуси не являются достаточно обоснованными, в связи с тем, что масса 1000 шт. семян, с учетом которой производится расчет норм высева, существенно ниже средней фактической массы семян хвойных пород. Поэтому фактическая эффективность использования семян хвойных пород составляет 28 % – 30 %. Использование семян хвойных пород в питомнике с учетом фактической их массы и предпосевной обработки позволит более рационально их применять для выращивания сеянцев [48].

На лесных почвах семена заделывают на глубину 1,0–1,5 см и одновременно прикатывают катком. После чего проводят мульчирование

опилками слоем до 1 см или полимерными пленками (СМ-60, СУФ-МК-60). На тяжелых почвах семена заделывают торфо-дерновым или коровым компостом слоем 0,5–1,0 см с последующим мульчированием опилками или полимерным нетканым материалом [48; 49].

Семена хвойных пород начинают прорастать при температуре воздуха 5 °С и выше. Поэтому осенние посевы рекомендуют проводить в прохладную погоду до наступления заморозков, чтобы всходы не погибли [50; 51].

Для повышения эффективности выращивания посадочного материала в лесных питомниках используют композиционные полимерные составы. Современные высокопрочные композиты на полимерной матрице стали широко использовать в начале 70-х годов прошлого столетия [52–54].

В материаловедении обнаруживается тенденция к развитию микрокапсулирования – технологии создания материалов в виде твердых оболочек, содержащих малые объемы веществ в газообразной, жидкой и твердой фазах. Материалы на основе микрокапсул представляют собой специфический вид композиционных материалов. Полимерные оболочки микрокапсул формируются методом пленкообразования из растворов и расплавов, а также в результате полимеризации или поликонденсации низкомолекулярных веществ [53; 55]. Исследования, проведенные в Институте леса НАН Беларуси и Институте механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси по разработке и исследованию композиционных материалов, дают основание утверждать, что они могут широко использоваться в лесокультурном производстве при выращивании сеянцев и создании лесных культур [56; 57]. Для изменения физико-химических свойств композиционных материалов используют различные целевые добавки, которые обеспечивают более рациональное использование дорогостоящих микро- и макроэлементов. В качестве целевых добавок для улучшения физико-химических свойств композиционных материалов и решения проблемы ресурсосбережения используют древесные опилки. Мелкодисперсные древесные опилки широко используют для предпосевной обработки различных семян. Существенное расширение номенклатуры древесных композитов связано с достижениями в области химии высокомолекулярных соединений [58; 59].

При получении изделий из мелкодисперсной древесины используют термопластичные связующие [60; 61]. Так, фирма «Колоидз» (Англия) выпускает материал мастервуд, представляющий смесь опилок с полипропиленом и другими термопластами [62].

Исследования по получению медленнодействующих удобрений применительно к лесохозяйственному производству в 1986 г. обобщены автором в кандидатской диссертации «Влияние медленнодействующего азотного удобрения на прирост сосновых насаждений и загрязнение среды» [56].

С 1986 по 1990 гг. в БелНИИЛХе изучались вопросы интенсивной агротехники и технологии выращивания лесопосадочного материала на основе использования органических и медленнодействующих минеральных удобрений, различных субстратов и мульчирующих пленок, а также

композиционных материалов для предпосевной обработки семян. Научные исследования по влиянию медленнодействующих удобрений на лесные биогеоценозы проводились совместно с другими научно-исследовательскими институтами (ИММС НАН Беларуси; БелНИИПА; БГТУ).

Изучено влияние различных способов предпосевной обработки семян различных лесных пород [63; 64]. Исследованы различные целевые добавки (макроэлементы, микроэлементы, стимуляторы роста, биологически активные вещества и др.) в композиционных материалах и изучено их влияние на рост и развитие сеянцев хвойных пород. Итогом научных работ явилась монография «Руководство по исследованию и применению композиционных материалов при лесовыращивании» [57] и методические рекомендации [28]. Более глубокие дальнейшие исследования по разработке новых композиционных составов для лесовыращивания проведены при выполнении пяти заданий ГНТП:

- разработать новые технологии выращивания посадочного материала, обеспечивающие повышение приживаемости и устойчивости лесных культур (1999–2000 гг.) [65];

- внедрить агротехнологию выращивания посадочного материала с использованием эффективных композиционных материалов и исследовать их действие на рост и приживаемость лесных культур (2000–2001 гг.) [66];

- разработать и внедрить ресурсосберегающую агротехнологию посева семян хвойных пород для выращивания стандартного посадочного материала (2003–2005 гг.) [67];

- разработать и внедрить систему мер по повышению плодородия и оптимизации почвенно-экологических условий при выращивании стандартного посадочного материала (2006–2010 гг.) [68];

- разработать и внедрить интенсивные технологии выращивания посадочного материала древесных пород для условий закрытого грунта (2011–2015 гг.) [69].

Эффективность создания лесных культур во многом определяется качеством посадочного материала. Транспортировка посадочного материала от питомника до места посадки может привести к иссушению корневых систем сеянцев. Оводненность корневой системы является одним из показателей приживаемости растений. Обработка корневых систем сеянцев композиционными материалами предотвращает их иссушение, а разработка новых композиционных материалов способствует получению покрытий с заданными свойствами, которые полностью разлагаются в почве и обеспечивают повышение водопоглощения в десятки раз [57; 70].

Созданием лесных культур на землях с повышенной плотностью радиоактивного загрязнения почвы цезием-137 методом аэросева с использованием гранулированных семян до сих пор мало занимались. Производственный опыт создания лесных культур методом аэросева в условиях Беларуси также небольшой. Поэтому, прежде чем проводить экспериментальные исследования, необходимо обобщить имеющийся опыт создания лесных культур посевом в других регионах СНГ.

Авиационные средства нашли применение при аэросеве хвойных пород в районах северо-запада России на концентрированных вырубках больших площадей после пожара. Аэросев также использовали при посеве семян саксаула в Средней Азии и трав в степных районах для укрепления песков.

В связи с тем, что концентрированные вырубки в России имеют сравнительно большие площади, аэросев хвойных пород (сосны, ели) на этих площадях дает положительные результаты [71]. При аэросеве семян хвойных пород применяют в основном самолет АН-2. До проведения аэросева проводят подготовительные работы для более успешной заделки и прорастания семян. Концентрированные вырубки черничных, брусничных и кисличных типов леса должны быть наполовину очищены от травяного покрова. Лучшие результаты по всхожести семян хвойных пород получены на вырубках и гарях [71].

Приемлемыми сроками аэросева, по данным А.У. Кармазина [71], является ранняя весна (март) или поздняя осень (ноябрь). Весной при таянии снега семена сравнительно легко проникают в верхний слой почвы и прорастают. При аэросеве семян ели результат получается неудовлетворительным при высевах их на открытые вырубки, прогалины, так как молодые всходы не защищены от заморозков, солнцепека, выжимания корневой системы и т. д. Перед проведением аэросева площадь маркируют флажками для ориентировки полета самолета или вертолета. По ширине участка флажки выставляют через 30 м (ширина захвата самолета АН-2), по гону – через 500 м. Самолет АН-2 загружают обескрыленными семенами (до 740 кг) в бак, расположенный в грузовой кабине. Норма расхода семян на 1 га составляет: 1–1,5 кг на гарях и на 0,5 кг больше при аэросеве на вырубках. Аэросев семян хвойных пород может выполняться в течение всего светового дня при скорости ветра не более 5 м/с. Полет выполняется челночным или загонным способом, детально описанным в учебнике Г.Г. Самойловича [72].

Территории, на которых возможен посев хвойных пород, ограничены. На сухих почвах посадка более целесообразна, чем посев, так как всходы погибают от иссушения или опала. В лесной зоне широко распространены посевы сосны и ели. В частности, их применяют в лишайниковых и вересковых борах (сосняках и ельниках брусничниковых, ельниках-зеленомошниках, в сосняках и ельниках-черничниках). Тщательный подбор площадей и правильная подготовка к проведению аэросева обеспечивают быстрое возобновление леса на не покрытых лесом площадях [73].

На легких почвах семена хвойных пород заделывают глубже, чем на тяжелых. Рядовой посев может проводиться в борозды или в обработанные полосы. Ширина борозд зависит от степени задерненности почв и составляет от 0,5 до 0,7 м, а ширина полос – от 1,4 до 3,0 м. Расстояние между серединами борозд составляет 1,25–2,0 м, а между серединами полос – 4 м. Вопрос о направлении борозд (полос) решается в зависимости от того, с какой стороны более необходима защита: с юга (от солнцепека) или с востока – от суховея [73; 74].

Согласно данным ученых Беларуси А.И. Праходского и др. [75], посев считается одним из методов создания лесных культур. Создание лесных культур посевом похоже на естественное возобновление леса.

Однако данный метод не лишен и недостатков. При его использовании необходимо проводить тщательный агротехнический, а позже и лесоводственный уход за культурами.

При посеве наблюдается значительно больший расход семян, чем при посадке сеянцев и саженцев. В практике искусственного лесовосстановления в Беларуси посев леса составлял примерно 20 % от общего объема лесокультурного производства, а в настоящее время не более 5 % [75].

По исследованиям Н.И. Якимова и А.А. Домасевича [76], главной породой при создании лесных культур на низкобалльных сельскохозяйственных землях является сосна обыкновенная. Лучшая порода для смешения с сосной – береза повислая. При создании смешанных насаждений доля участия лиственных пород должна быть достаточной для обеспечения устойчивости культур и не должна снижать общую производительность насаждения. Лесные культуры сосны обыкновенной, создаваемые на почвах, вышедших из-под сельхозпользования, должны быть оптимальной густоты, чтобы они не требовали проведения частых рубок ухода. По данным В.А. Ипатьева [77], на сельскохозяйственных землях, подверженных радиоактивному загрязнению, основным способом создания лесных культур является посадка.

В России И.И. Марадудин и др. [26], В.П. Тарасенко, З.И. Маркина и др. [78; 79] установили, что в условиях антропогенного радиоактивного загрязнения технология создания лесных культур посевом оказалась малоэффективным мероприятием. Сохранность созданных лесных культур ели и дуба составила менее 20 %, а сосны – 50 %. Этими авторами разработаны основные принципы мероприятий создания лесных культур на загрязненных радионуклидами землях. В основу этих принципов положена безопасность работающих и минимальное нахождение людей в этих условиях, а также создание лесных насаждений с использованием крупномерного посадочного материала и посадкой его пучками. Данные авторы предлагают посадку по 2–3 саженца или пять сеянцев в одно посадочное место.

В Беларуси созданием лесных культур на загрязненных радионуклидами землях занимались В.А. Ипатьев, В.Ф. Багинский [80], В.К. Поджаров, П.И. Волович [81–83], Б.И. Якушев и др. [84]. Данные авторы рекомендуют создавать лесные культуры хозяйственно ценными породами: сосна, ель, лиственница, дуб, ясень, береза, ольха черная, посадку культур производить преимущественно весной с использованием стандартных сеянцев и саженцев, а также посадочным материалом с закрытой корневой системой. Посев семян древесных пород допускается в исключительных случаях с обязательной заделкой их в почву.

Созданием лесных культур на радиоактивно загрязненных землях на Украине занимались В.П. Ландин, В.П. Краснов, А.А. Орлов, О.В. Зибцева

[85] и др. Учеными Украины установлена предельная плотность загрязнения почвы для создания лесных культур. При создании лесных культур они рекомендуют использовать генетически улучшенный материал, который выращивается в условиях закрытого грунта в неотапливаемых весенне-летних полиэтиленовых теплицах с мелкокапельным поливом. Это позволяет эффективно использовать семена и получать гарантированные стандартные сеянцы сосны обыкновенной за один вегетационный период.

В Беларуси придается важное значение формированию лесной политики по лесовосстановлению и лесоразведению, что и определено программой «Леса будущего» [86]. Изучением вопросов создания лесных культур на бывших сельхозземлях занимались сотрудники Института леса НАН Беларуси. Были заложены многовариантные опыты с различными древесными породами и проведена разработка безопасных и рациональных методов создания лесных культур на загрязненных радионуклидами землях [87; 88].

Обобщая полученные данные по созданию лесных культур на землях, загрязненных радионуклидами, можно сказать, что для конкретных условий России, Беларуси и Украины предлагаемые технологии могут быть использованы эффективно с использованием композиционных материалов с целевыми добавками для предпосевной подготовки семян, получения гранулированных семян и предпосадочной обработки корневых систем посадочного материала.

Физико-химические свойства композиционных материалов во многом зависят от применяемых полимеров и целевых добавок, а также их концентрации [89; 90]. Для условий Беларуси наиболее эффективным является полимер NaКМЦ, который выпускается в ОАО «Борисовский завод пластмассовых изделий». По внешнему виду данный полимер представляет порошкообразный материал от белого до светло-серого цвета с массовой долей воды не более 12 % (ТУ РБ 600012297.105-2011). Применение микро- и макроудобрений в качестве целевых добавок в небольших концентрациях для предпосевной обработки семян и защиты корневых систем сеянцев от иссушения является перспективным агроприемом.

В большинство известных композиционных материалов входит один матричный полимер, который способствует улучшению физико-химических свойств составов [90–92].

В последнее время появилось большое количество запатентованных составов, содержащих полимер и целевые добавки, которые способны удерживать влагу. Во многих составах одним из компонентов используют альгинат натрия. Альгинаты, будучи продуктом переработки морских водорослей, не выпускаются в Республике Беларусь, а их стоимость колеблется (в зависимости от качества) от 7 до 20 долл. США за 1 кг. С учетом стоимости транспортных расходов применение на территории Беларуси альгината натрия в составах, где он является основным ингредиентом, экономически неоправданно [93].

Перспективным является использование для защиты корневых систем посадочного материала от иссушения расплава низкомолекулярного полиэ-

тилена с вазелиновым маслом и парафином [94]. Однако, попав в почву, полиэтилен разлагается в течение нескольких лет, что отрицательно сказывается на окружающей среде. Использование композиционных материалов на основе полимеризованной акриловой кислоты позволяет достичь влагоудерживающей способности до 1290 г/г [95].

С целью снижения стоимости материалов и уменьшения вредного воздействия на окружающую среду, появилось много работ, посвященных получению композиционных материалов и применению набухающих глинистых минералов [96–98].

В защитно-стимулирующих композициях лесохозяйственного назначения чаще всего используется NaКМЦ. Полимерная пленка, образующаяся на поверхности семян или вегетативных частях растений, закрепляет различного рода целевые добавки и позволяет избежать их потерь вследствие осыпания. Известно, что 1 г NaКМЦ способен впитать до 80–100 г воды [99–101].

В ряде работ показано, что получение композиционных материалов в определенных условиях позволяет увеличить их динамическую вязкость более чем в 3 раза [102–104].

Широкое применение в сельском и лесном хозяйстве в качестве флокулянтов, структурообразователей и диспергаторов находят ПАА. Особенностью водных растворов ПАА является их склонность к гелеобразованию [105].

В России и Великобритании используются композиционные материалы на основе альгината натрия, а в других странах – химически сшитые гидрогели. Использование химически сшитых веществ в Беларуси экономически неоправданно, а использование композиционных материалов на основе импортных альгинатов, различного рода крахмалов увеличивает стоимость конечного продукта и приводит к зависимости от поставщиков сырья [70].

В ИФОХ и ИЭБ НАН Беларуси разработаны технологии синтеза и применения микроудобрения нового поколения – «Наноплант» в виде водных коллоидных растворов на основе наночастиц соединений микроэлементов. Размер наночастиц (2–40 нм) меньше размера пор, что позволяет им свободно проникать через мембрану к внутриклеточным органеллам и участвовать в синтезе белков-ферментов. Для достижения экономического эффекта используют меньшее количество микроэлементов в виде наночастиц [106].

Наполнители и адсорбенты занимают значительный объем в композиционном материале. Поэтому физико-химические свойства композиционных материалов определяется целевыми добавками. В качестве наполнителей и адсорбентов при дражировании семян хвойных пород для предпосевной обработки в условиях Украины наиболее широкое применение имеют следующие: глинистые минералы, бентонит (монтмелиллонит, наноглина), трепел, торф, сапропель, диатомит [108].

На основании проведенного обзора научной литературы установлено, что в настоящее время не разработаны композиционные материалы, способные одновременно защищать корневые системы растений от иссу-

шения и продлить период посадки леса до 25 дней. Композиционные материалы обладают высокими физико-механическими свойствами и адгезией к поверхности корневой системы посадочного материала. Высокая пористость таких полимерных матриц и введение в них удобрений и микроэлементов делает их перспективными для защиты и ускорения приживления корневой системы растений.

Внесение удобрений при выращивании посадочного материала в лесные питомники позволяет получить стандартные сеянцы хвойных пород [15]. Система применения удобрений в питомниках должна состоять из трех звеньев: основного внесения удобрений, предпосевного внесения и подкормки растений в период вегетации. Основное и предпосевное внесение удобрений не могут в полной мере удовлетворить потребность растений в элементах питания. Поэтому следует проводить подкормку растений в период вегетации. Внекорневую подкормку проводят путем опрыскивания растений водными растворами, содержащими один или несколько элементов минерального питания.

Для повышения эффективности выращивания посадочного материала во многих странах используют различные полимерные структурообразователи почв [70]: полиакриламид, поливинилацетат, мочевиноформальдегидный нанопласт, натриевую соль карбоксиметилцеллюлозы и др.

Наиболее широкое применение минеральные удобрения получили при выращивании посадочного материала древесных пород в лесных питомниках [105], где наиболее эффективным считается полное удобрение. Широкомасштабные исследования по применению минеральных удобрений в лесные насаждения различного возраста проведены во многих странах бывшего Советского Союза до 1990 г. [109–117].

Минеральные удобрения не только оказывают положительное влияние на прирост древесины, но и повышают эффективность многих других лесохозяйственных мероприятий. Так, с помощью минеральных удобрений можно также увеличить урожай ягод и грибов [115; 118; 119], повысить устойчивость лесных экосистем к неблагоприятным антропогенным нагрузкам [120–123], стимулировать плодоношение насаждений [124–128], повысить устойчивость древесных растений против вредителей и болезней [129; 130]. Учитывая многоаспектное положительное влияние минеральных удобрений на лесные биогеоценозы, во многих зарубежных странах внесение их стало обычным агротехническим мероприятием. В частности, это подтверждается публикациями по использованию минеральных удобрений в лесном хозяйстве таких стран, как Швеция, Финляндия, Норвегия, США, Польша, Болгария, Великобритания, Канада, Франция и Япония [131–135].

Перспективы и реальные возможности эффективного использования минеральных удобрений в лесном хозяйстве Беларуси изложены в работах ученых Белорусского НИИ лесного хозяйства [136–138]. При плантационном лесовыращивании обязательным агротехническим приемом является внесение минеральных удобрений [139–141].

По полученным данным применения минеральных удобрений в Беларуси профессор Русаленко А.И. [142] делает вывод, «следует считать целесообразным проведение опытов по внесению минеральных удобрений в древостоях, произрастающих в условиях оптимального водно-воздушного режима почв, а также в питомниках при применении одновременного дождевания». Данным автором [142] изучены технологии и затраты на создание сосновых культур в зависимости от условий местопроизрастания. Экономический эффект в зависимости от класса бонитета составил от 453,0 до 2601,8 тыс. руб. Производственные затраты на создание 1 га лесных культур колеблются от 1151 до 3906 тыс. руб. в зависимости от класса бонитета. Таксовая стоимость древесины в возрасте главной рубки изменяется от 10 296 до 71 912 тыс. руб. В условиях V класса бонитета затраты на создание лесных культур превышают приведенную оценку запаса древесины на 299 тыс. руб. По другим классам бонитета экономический эффект составляет от 453 до 2601 тыс. руб. Автор отмечает, что при решении вопроса о создании лесных культур необходимо учитывать огромное экологическое и социальное значение лесов.

Разработка, получение и использование медленнодействующих удобрений в сельском хозяйстве Беларуси проведены учеными БелНИИПА [9; 143]. Установлено, что при использовании медленнодействующих удобрений увеличивается урожай сельскохозяйственных культур, снижается доза их внесения и уменьшаются непродуктивные потери основных элементов питания.

Обоснована эколого-экономическая эффективность применения удобрений пролонгированного действия на дерново-подзолистых почвах Украины в сельском и лесном хозяйствах [8].

Основанием для нового качественного этапа в области применения минеральных удобрений в лесном хозяйстве явились растущая потребность в древесине на мировом рынке и снижение продуктивности лесов из-за проведенных на больших площадях сплошных рубок [144–149].

Вопрос о необходимости применения минеральных удобрений в лесном хозяйстве был поставлен рядом исследователей, в том числе И.С. Мелеховым [150–153], В.С. Шумаковым [154; 155], В.С. Победовым [156], П.С. Пастернаком, И.И. Смольяниновым [157] и др. Подробный анализ работ по применению минеральных удобрений в лесах опубликован в ряде обзорных статей и брошюр. Многочисленными исследованиями установлено, что с помощью удобрений можно к возрасту главной рубки увеличить прирост древесины на 15 % – 30 % на каждом гектаре лесной площади [158–161].

Большое внимание при использовании азотных удобрений в лесных насаждениях, с целью снижения непродуктивных потерь в газообразной форме и в результате вымывания, уделяется срокам их внесения. Главной задачей при определении срока внесения туков является выбор наиболее рационального распределения времени использования растением элементов

питания на весь период действия удобрений. Решению этой задачи посвящен ряд исследований [152; 161–169]. Применительно к условиям Литвы П.Ю. Якас [170], изучая три срока внесения азотных удобрений в приспевающем сосновом насаждении, установил, что наиболее эффективной оказалась подкормка, произведенная в начале лета. Прирост насаждений по запасу в данном случае был на 23,7 % больше, чем на контроле. Внесение удобрений в конце весны и в начале осени увеличило прирост по запасу на 16,1 % и 12,6 % соответственно и было менее эффективным. Исследования по определению оптимального срока внесения мочевины в дозе 100 кг/га по действующему веществу в 15-летнем сосняке бруснично-вересковом для условий Карелии определили наилучшее время подкормки весной (май) и осенью (сентябрь). В меньшей степени на прирост деревьев оказал ранневесенний (март) срок внесения мочевины [162; 163; 171].

Изучая сроки внесения азотных удобрений в лесные насаждения, одни авторы [131] определили, что для получения максимального эффекта их можно вносить с мая по сентябрь. Другие исследователи [164] установили, что наиболее благоприятным временем для внесения азотных удобрений являются более ранние сроки.

В Беларуси азотные удобрения вносились в 30-летние культуры сосны обыкновенной в период с апреля по ноябрь. Наиболее эффективным оказался весенний срок внесения аммиачной селитры. Подкормка сосновых культур, произведенная осенью, показала худшие результаты [167].

В рекомендациях регионального плана для условий Беларуси [168] и Эстонии [152], хвойных лесов европейского севера [172] и северо-западного района таежной зоны [173] указывается весенний срок внесения минеральных удобрений и первая половина лета. В отдельных случаях указывается на возможность осуществления и осенней подкормки насаждений.

Учитывая небольшой вегетационный период в северных и северо-западных районах России, минеральные удобрения, как правило, вносят сразу после таяния снега. Следует сказать, что и в других районах азотные туки вносятся в большинстве случаев в начале вегетационного периода [169].

Многочисленными исследованиями, проведенными в нашей стране и за рубежом, установлено, что хвойные насаждения значительно увеличивают прирост древесины при внесении азотных удобрений. Различные формы азотных удобрений не в одинаковой степени оказывают влияние на текущий прирост древесины. Известково-аммиачная селитра на 22 % – 35 % увеличила прирост насаждений за 5-летний период по сравнению с мочевиной. В Германии внесение известково-аммиачной селитры в еловые насаждения дало вдвое лучшие результаты, чем удобрение аналогичных насаждений мочевиной. В Финляндии изучалась эффективность внесения азотных удобрений в спелые хвойные насаждения [148; 167; 174]. Из применяемых удобрений наилучшие результаты были получены при использовании аммиачной селитры и мочевины. Было установлено, что эффективность от внесения азотных удобрений в сосновых насаждениях выше, чем в еловых.

По полученным данным в Финляндии [175] показано, что дополнительный прирост в ельнике-черничнике за 5 лет после подкормки аммиачной селитрой составил $7,5 \text{ м}^3/\text{га}$, а при удобрении мочевиной – $5,7 \text{ м}^3/\text{га}$. В других исследованиях [176] приведены данные о том, что различные формы азотных удобрений практически в одинаковой мере влияют на продуктивность насаждений. Так, например, в Канаде [177] внесение мочевины, азотно-кислого аммония и азотнокислого кальция в одинаковых дозах по азоту в 45-летние сосновые насаждения не дало значительных различий в увеличении роста растений в зависимости от формы тука.

Исследования по влиянию различных форм азотных удобрений на рост лесных насаждений проведены и в других странах. В частности, исследования, выполненные в Эстонии [178], показали, что удобрения оказывают существенное влияние на прирост древесины. При этом наиболее эффективным оказалось совместное внесение смеси азотного, фосфорного и калийного удобрений. В результате этих исследований установлено, что удобрения позволяют увеличить запас сосновых насаждений II и III класса бонитета на $15 \text{ м}^3/\text{га}$.

В работах И.И. Степаненко [179–181] показано влияние минеральных удобрений на строение и формирование древесины сосны обыкновенной в связи с типами леса. Установлено, что для условий южной тайги Костромской области одноразовое внесение азотных удобрений в дозах 150 и 200 кг/га д. в. увеличивают радиальный прирост древесины и действуют в течение 5–6 лет. Дополнительный прирост древесины зависит от вида, дозы вносимых удобрений, а также от типа леса. В сосняке брусничном дополнительный прирост древесины составил $14\text{--}33 \text{ м}^3/\text{га}$, в сосняке лишайниковом $5\text{--}19 \text{ м}^3/\text{га}$, а в сосняке долгомошном $10\text{--}12 \text{ м}^3/\text{га}$. Автором [179] разработан научно-обоснованный метод целевого выращивания сосновых насаждений для получения деловой древесины высокого качества с применением минеральных удобрений.

По данным В.Н. Коновалова [182; 183], для повышения продуктивности лесов и выхода лесной продукции в северном регионе России большая роль принадлежит минеральным удобрениям. Автором разработаны эколого-физиологические основы химической мелиорации и установлена оптимальная доза внесения азотных удобрений ($240 \text{ кг}/\text{га}$) в сосняки и ельники Крайнего Севера России.

Исследования по удобрению 29-летних культур сосны обыкновенной, произрастающих на относительно бедной песчаной почве Брянской области, показали, что аммиачная селитра дает значительно больший эффект, чем калийная селитра, внесенная в такой же дозе [184]. В других экспериментах с разными формами азотных удобрений в тех же условиях местообитания лучшие результаты получены при внесении натриевой селитры, несколько хуже – кальциевой селитры. Дополнительный прирост за весь период наблюдений на варианте с сульфатом аммония оказался значительно ниже по сравнению с другими формами азотных туков.

Вымывание элементов питания за пределы корнеобитаемого слоя почвы до грунтовых вод способствует снижению эффективности удобрений и одновременно повышает степень загрязнения окружающей среды [185; 186]. Основным элементом, загрязняющим среду при интенсивном использовании удобрений, является нитратный азот. Этот компонент удобрения значительно ухудшает качество воды [187–189]. На легких песках с низкой влагопоглощаемостью и невысокой степенью насыщенности основаниями образуется больше фильтрационной воды и наблюдается более интенсивное вымывание компонентов удобрений, чем на тяжелых суглинистых почвах [190]. Сосновые насаждения, как правило, произрастают на легких песчаных и супесчаных почвах. Это способствует быстрому вымыванию питательных веществ удобрений в грунтовые воды и через подземный сток в реки и водоемы. Поэтому нужно учитывать эти нежелательные явления и по возможности предусмотреть меры по уменьшению непродуктивных потерь удобрений. Необходимо отметить, что из всех непродуктивных потерь азота наиболее существенным является миграция его с инфильтрационными водами [191].

На величину потерь питательных веществ значительное влияние оказывает количество осадков и объем фильтрата. Для условий Беларуси, по данным Н.И. Теренкова [192], в открытых лизиметрах в нижнем полуметровом слое почвы максимальная величина инфильтрата составила 12 % от общего количества годовых осадков.

По данным В.К. Сергеева [193], при внесении минеральных удобрений в приспевающий ельник кисличный I^a класса бонитета наблюдается вымывание азота в количестве 2 % – 4 % от внесенной дозы в зависимости от погодных условий.

При внесении известково-аммиачной селитры в сосновые насаждения в дозе 100–300 кг/га действующего вещества (д. в.) вымывание азота не наблюдалось. Противоположный эффект наблюдался при внесении известково-аммиачной селитры в еловые насаждения, что было подтверждено повышением концентрации нитратного азота в инфильтрационной воде. В целом наблюдаемое явление авторы объясняют различным объемом атмосферных осадков в выбранных ими опытных участках сосновых и еловых древостоев [194].

Рядом исследователей отмечено, что при внесении минеральных удобрений сокращается объем инфильтрационных вод, но увеличивается концентрация питательных веществ в лизиметрических водах. Это ведет к повышению абсолютного количества солей, попавших в грунтовые воды [195–197].

Исследованиями, проведенными в Норвегии [198], определено количество вымытого азота из 40-сантиметрового слоя почвы при внесении мочевины в дозе 40 и 160 г/см². В результате этих исследований установлено, что через пять недель на контрольном варианте (без удобрения) количество азота в лизиметрических водах составило 21 мг/л. При внесении возрастающих доз мочевины наблюдалось увеличение содержания азота в инфильтрационной воде до 34 и 161 мг/л.

По данным Н.С. Сотниковой [199], содержание элементов в лизиметрических водах и степень их миграции определяются значимостью каждого из них как элемента питания, так и наличием питательных веществ в почвенном растворе. Азот, фосфор и калий слабо мигрируют по профилю почвы. Значительно сильнее мигрирует кальций и магний. Исследованиями, выполненными М.А. Репневской [200], установлено, что равновесие между поступлением и выносом питательных веществ наблюдается в сосняках, лишайниковом и брусничном. Ежегодная миграция питательных веществ обнаружена в результате многолетних лизиметрических исследований, при установке лизиметров на глубину 2,7 м под сосновые насаждения [201]. В проводимых исследованиях количество воды, поступившее в лизиметр, составляло 54–573 мм и коррелировало с суммой осадков.

В работе В.С. Шумакова и А.Б. Воронковой [202] показано, что непродуктивные потери азота складываются из газообразных потерь и потерь, связанных с поверхностным и грунтовым стоком воды. При этом суммарные потери азота составляют 45 % – 60 %, из которых 35 % – 50 % составляют газообразные.

Изучение газообразных потерь азота в форме аммиака при поверхностном внесении мочевины и азотнокислого аммония в 35-летние сосновые культуры в дозе 200 кг/га действующего вещества (д. в.) показало, что эти потери в первом случае составили 16 кг/га, или 8 % от внесенной дозы, во втором – 6 кг/га, или 3 % [203].

Исследования, выполненные в различных лесорастительных условиях, при поверхностном внесении азотных удобрений позволили определить газообразные потери азота в форме аммиака за вегетационный период при внесении различных доз минеральных удобрений [204; 205]. В результате проведенных исследований было установлено, что абсолютные потери азота возрастают с увеличением дозы удобрений. Наименьшие газообразные потери азота из удобрений наблюдаются при весеннем сроке внесения (1,6 % – 4,3 %). Отмечено, что внесение туков летом способствует увеличению потерь азота в форме аммиака, количество которого составляет 3,8 % – 11,5 % от внесенной дозы. При осеннем периоде внесения минеральных удобрений газообразные потери азота отсутствуют.

Исследования, проведенные в буковых лесах Предкарпатья по изучению величины газообразных потерь азота при поверхностном внесении мочевины и аммиачной селитры, показали, что они не превышают 4 % общего азота удобрений [206]. Количество потерь азота в аммиачной форме из нитрата аммония за весенне-летний период в 4–20 раз меньше по сравнению с аналогичными потерями из мочевины. Изучение величины потерь азота в форме аммиака осуществляли в лабораторных условиях путем постановки экспериментов в течение 21 дня [207]. Наибольшие потери азота были зафиксированы в первые 4–7 дней. При поверхностном внесении сульфата аммония и мочевины газообразные потери азота в форме аммиака составили, соответственно, 35,5 и 39,4 % от величины дозы. Было установлено, что

заделка минеральных удобрений в почву на глубину 1,5 см снижает потери азота в газообразной форме и величина их не превышает 2 %.

Другими исследователями [208] изучалось улетучивание аммиака в лабораторных условиях при поверхностном внесении мочевины и сульфата аммония. В итоге этих исследований авторы определили, что потери азота в виде аммиака из обеих форм туков были близки по абсолютной величине. Основные потери азота в газообразной форме происходили в течение первых 3–5 суток и возрастали при увеличении дозы.

Известны работы, в которых описываются результаты исследований по изучению потерь азота в форме аммиака из обычной мочевины, супергранул мочевины (масса гранул 1 г) и мочевины с серным покрытием в полевых условиях [208–210]. В этих исследованиях все формы азотных удобрений вносились в дозе 187 кг/га д. в. на поверхность почвы и с заделкой на глубину 5 см. Наибольшие потери азота в газообразной форме отмечены при поверхностном внесении удобрений. Потери азота в этом случае из обычной мочевины, супергранул мочевины и мочевины с серным покрытием, соответственно, составили 19,8, 29,3 и 9,8 %. Было установлено, что заделка азотных удобрений в почву значительно снижает потери аммиака, которые, соответственно, были равны 6,9, 1,4 и 1,1 %.

В работе Н.А. Сапожникова и А.И. Осипова [210] приведены данные испытаний в вегетационных опытах влияния обычной и капсулированной мочевины на величину газообразных потерь азота удобрений в форме аммиака. Данными авторами установлено, что капсулированная мочевина снижает непродуктивные потери азота на 15 % по сравнению с обычной мочевиной.

В исследованиях П.Г. Тялли [211] выявлено, что газообразные потери азота в форме аммиака при поверхностном внесении мочевины под полог 50-летнего сосняка брусничного за 30 суток опыта весной составляют 20,9 %, осенью – 19,9 % от внесенной дозы. В частности, им установлено, что смешивание карбамида с гранулированным суперфосфатом способствует уменьшению потерь азота в газообразной форме весной до 13,9 %, осенью – до 12 %.

Влияние температуры воздуха на газообразные потери азота описано в работе [212]. При увеличении температуры воздуха с 10 °С до 30 °С эти потери азота увеличиваются почти в два раза.

Для уменьшения непродуктивных потерь из удобрений проводятся многочисленные исследования по замедлению процесса растворения удобрений путем покрытия гранул органическими и неорганическими веществами [213; 214]. При этом в процессе создания медленнодействующих удобрений на основе органических и неорганических веществ все шире проявляется интерес к использованию недефицитных полимерных материалов и функциональных добавок.

В Бельгии гранулы удобрений покрывают сополимером бутадиена и 2-метил-стирена; полимером или сополимером диенов [214; 215]. Масса

покрытия может составлять от 1 % до 20 % от массы гранул удобрений. Во всех перечисленных вариантах поступление питательного вещества из покрытого оболочкой удобрения в почву возможно двумя путями: за счет разрушения оболочки и диффузии через ее поры. Более равномерное поступление питательных веществ наблюдается при диффузионной проницаемости [215; 216].

Высокую эффективность в настоящее время начинают приобретать водорастворимые гранулированные удобрения, покрытые серой. Преимуществом этого вида удобрений, кроме относительно низкой стоимости их получения, является возможность нанесения на гранулы удобрений серы в жидком виде и использование ее не только как материала, задерживающего отдачу почве питательных веществ удобрений, но и в качестве питательного элемента [70]. Однако несмотря на эти преимущества, организация крупнотоннажных производств гранулированных удобрений с использованием серы пока что сдерживается из-за дефицита серы в связи с ее большой потребностью в более приоритетных отраслях промышленности.

Обобщая литературные данные, можно сказать, что в настоящее время существует несколько способов изготовления удобрений пролонгированного действия. Наиболее перспективными в этом направлении являются следующие способы: введение в состав минеральных удобрений специальных добавок, которые снижают их растворимость; применение ингибиторов нитрификации и создания полимерных пленок на гранулах удобрений [70; 216].

Использование таблетированных удобрений для плантационного выращивания сосны и ели в южной подзоне тайги показало их хорошую эффективность. Длительные испытания этого вида удобрений показали, что локальное внесение медленнодействующих удобрений не вызывает ожога корней и сокращает депрессионный период создаваемых посадок. Выпуск таблетированных удобрений для лесного хозяйства осуществляется в Австрии, Германии, США и Японии [217].

В Канаде выполнены исследования по получению гранул мочевины диаметром 2–4 мм путем опрыскивания поливинилхлоридом и проведены испытания их в лабораторных условиях при температуре 15 °С для определения скорости растворения гранул в зависимости от массы покрытой пленки [218]. Гранулы удобрений с 6 %-м и меньшим полимерным покрытием растворились в почве в течение 18 недель. С увеличением массы полимерного покрытия скорость растворения гранул мочевины уменьшается.

Одним из путей повышения эффективности минеральных удобрений является их окклюдование водными раствором коллодия. Использование этого процесса позволяет увеличить время растворения гранул удобрений до 2–3 месяцев [219; 220]. Этого вполне достаточно для осуществления цикла основных жизненных процессов растений в течение вегетационного периода. Под влиянием окклюдованных удобрений увеличивается прирост древесных растений в высоту на 10 % – 39 %.

В Финляндии очень часто выращивают деревья и кустарники в таких местах, где трудно вносить минеральные удобрения [221]. Благодаря использованию созданных в этой стране капсулированных удобрений типа «Фертилайзер» осуществляется доставка питательных элементов в нужное место. Сами капсулы изготовлены из спрессованного полимера, выполняющего функции удобрения.

В условиях свежей субори Полесья [222] испытывали различные способы локального внесения минеральных удобрений для изучения эффективности их действия на рост культур сосны обыкновенной. Более заметное влияние удобрений на рост саженцев сосны отмечено при локальном их внесении в полиэтиленовых пакетах.

В США при посадке однолетних сеянцев в посадочную щель на расстоянии 2,5 см от корневой системы вносили капсулированные таблетки удобрений «Осмокут» и «Агриформ» [221]. «Осмокут» вносили из расчета 21 г на одно дерево, «Агриформ» – 9 г. Внесение заключенных в капсулы таблетированных удобрений в почву оказало положительное влияние на развитие побегов и корней у саженцев. Под влиянием удобрений увеличилось количество латеральных почек весной следующего года.

В предгорьях Альп было испытано удобрение в форме таблетки под названием «Фертилинц». Эти таблетки имеют форму цилиндра диаметром 30 мм и высотой 15 мм. Одна такая таблетка весит 15 г и содержит азота – 20 %, фосфора – 15 %, калия – 10 %, магния – 2 % и микроэлементов – 1 %. Экспериментальные исследования по эффективности этого удобрения осуществляли во время посадки сосны, ели и дугласии. Эти удобрения обеспечили растения питательными веществами в течение 2–5 лет, что способствовало повышению приживаемости культур в первые годы после посадки [221].

Исследования проводили по изучению эффективности использования таблетированных удобрений в сочетании с обычными формами гранулированных удобрений. Так, например, в Болгарии В. Донов и Ц. Йорданов [223] испытывали таблетки «Фертилинц» совместно с обычной формой удобрений и отдельно в молодые культуры.

Выполненные многими авторами исследования капсулированных азотных удобрений с периодом полурасстворения 75 суток показали эффективность не только в повышении урожая, но и в увеличении содержания азота в растениях [223; 224].

Экспериментальные исследования влияния разового и дробного внесения дозы аммиачной селитры на поверхность почвы в насаждениях 80-летнего сосняка мшисто-орлякового на текущий прирост растений не подтвердили значительных преимуществ какого-либо из применяемых способов [136]. Вместе с тем в этих исследованиях было отмечено, что дробный метод внесения удобрений в почву имеет один весьма существенный недостаток – увеличивает затраты труда, что при дефиците рабочей силы является неприемлемым.

Большие надежды лесное хозяйство возлагает на использование медленнодействующих удобрений из-за значительного уменьшения непродуктивных потерь элементов питания, которые из обычных удобрений могут составить от 40 % до 60 % [214].

В большинстве стран Западной Европы среди азотных удобрений наиболее широко применяемым туком является известково-аммиачная селитра. Потребление ее в Германии, Франции и Великобритании составляет более 50 % общего количества применяемых азотных туков. В Японии и Италии из азотных удобрений предпочитают мочевины [214; 225].

В США впервые медленнодействующее азотное удобрение было получено в 1955 г. [214; 225] путем конденсации мочевины с формальдегидом. Медленнодействующее мочевиноформальдегидное удобрение имеет хорошие агрохимические и физические свойства: не слеживается, не теряет рассыпчатость при большом увлажнении. Очень эффективно при подкормке молодых деревьев медленнодействующее сложное удобрение – магний аммонийфосфат. В Великобритании получают брикетированное удобрение, состоящее из смеси неволокнистого NPK-удобрения и связующего. Связующим служит карбамидная смола в количестве 7–10 мас.%. NPK-удобрения покрывают карбамидной смолой и прессуют в брикеты. Аналогично поступают и в Швейцарии. Для брикетирования удобрений в Германии порошкообразные туки смешивают с пластификаторами (меласса, сульфитные щелока) и добавляют отвердители (силикаты, цемент и мочевиноформальдегидные смолы). Количество пластификаторов в изготовленных брикетах удобрений составляет 5 % – 10 %, а количество отвердителей – 1 % – 5 %. При смешивании туков добавляют микроэлементы: бор, медь, магний, молибден, цинк, марганец и кобальт [226].

В Испании [227] для регулирования растворимости аммиачной селитры добавляют магнийсодержащие соли. Введение их в состав удобрения способствовало более равномерному высвобождению азота и одновременно обеспечивало растение микроэлементом.

Американская фирма «Hercules Powd Co.» выпустила удобрение под названием «Нитроформ». Оно приготовлено из карбамидной смолы. Эта же фирма выпустила удобрение «Нуформ-30», в состав которого входят мочевина и формальдегид в соотношении 1,6:1 [228]. Фирма «Du Peaunt» в США выпускает медленнодействующее удобрение «Урамит». Оно представляет собой метил мочевины и содержит 38 % азота [229]. В качестве медленнодействующего удобрения, содержащего 32 % азота, используют оксамиддиамид щавелевой кислоты. На основе сульфата аммония путем смешивания его с асфальтом и воском изготавливают таблетки диаметром 2,5–9 мм. Такие таблетированные удобрения отдадут в почвенный раствор азот в течение всего года.

Для лесных насаждений в качестве медленнодействующих удобрений используют и каменную муку [230]. Это продукт измельчения силикатных пород (базальта, диабазы, габбро, амфиболитов и др.). Каменная мука

содержит такие элементы питания, как кальций, магний, калий и другие жизненно важные вещества для древесных растений.

О.А. Nady и др. [231] изучали потери питательных веществ с помощью почвенных колонок при внесении обычных минеральных удобрений и удобрений, внесенных совместно с полиакриламидом. При внесении обычных минеральных удобрений количество вымытого азота из удобрений составило более 70 %, а при совместном с полимером внесении потери уменьшались в 4–6 раз.

В Австрии [232] при внесении обычных минеральных удобрений в питомнике под сеянцы ели получают кратковременный эффект их действия. Вместо традиционных минеральных удобрений применяют специальный органический препарат биозоль, который содержит комплекс питательных веществ: азот, калий, магний, кальций, железо, марганец, фосфор, медь, цинк и кобальт. Исследования, проведенные с данным препаратом на двухлетних сеянцах ели, показали, что биозоль в сравнении с традиционными минеральными удобрениями ($N:P_2O_5:K_2O = 12:12:18$) оказал положительное действие на развитие надземной и подземной частей растений в течение нескольких лет.

Разработаны модели оптимальных агрохимических показателей дерново-подзолистой песчаной почвы при выращивании стандартных сеянцев сосны обыкновенной в зоне широколиственных лесов Брянской области [233]. Установлено, что наибольшую эффективность при выращивании посадочного материала оказал субстрат на основе торфа и борофоски. Выход стандартных сеянцев увеличился по сравнению с контролем на 23,3 % – 72,9 %.

В Чехии в течение трех лет изучали вымывание из почвы элементов питания при внесении следующих форм удобрений: мочевины, изобутилендимочевина, карбамид-аммиачной селитры, карбомикса и сульфата аммония, внесенного вместе с аммиачной селитрой [234]. На вариантах с мочевиной и изобутилендимочевина количество вымытых питательных элементов составило 12 %.

В еловом насаждении изучали влияние двух форм азотных удобрений на микробиологические процессы, происходящие в гумусе [235]. В качестве азотистой добавки использовали нитрифицид-1, карбамид-3 и метилпиразоль-5. Обычная мочевина с азотистой добавкой более активно действует на развитие микробиологических процессов в гумусе по сравнению с известково-аммиачной селитрой.

В резервате «Семей орманы» в Республике Казахстан на паровом поле вносятся фосфорные и калийные удобрения. В период выращивания сеянцев проводят подкормку растений внесением фосфорных и аммиачных удобрений одновременно с поливом. Минеральные удобрения вносятся из расчета: азотные (сульфат аммония) – 50 кг на 1 га; фосфорные (суперфосфат, карбамид) – 100 кг на 1 кг; калийные (сульфат калия) – 85 кг на 1 кг [161].

По данным А.С. Рулеева [236], первые опыты по применению полимерных пленок и структурообразователей в целях улучшения гидротермического режима почвы, ее микробиологической активности были начаты в России в 30-х годах XX в. Установлено, что интервал оптимальной влажности структурообразования находится в пределах 15 % – 20 %, что дает основание считать раннюю весну лучшим сроком внесения полимеров [237–239].

Посев хвойных семян с самолета на концентрированных вырубках и гарях в Кировской, Архангельской, Вологодской, Костромской, Горьковской, Пермской, Свердловской областях, а также зарубежный опыт показали, что аэросев может быть одним из эффективных способов восстановления леса в таежной зоне [71–73].

Нормативный документ «Руководство по проведению аэросева семян сосны и ели в таежной зоне европейской части РСФСР» [88] составлен на основе обобщения передового производственного опыта и научных исследований по проведению аэросева и содержит основные организационно-технические требования.

Для защиты семян и всходов сосны и ели от уничтожения мышами и птицами необходимо проводить предпосевную обработку семян репеллентами – химическими веществами, обладающими способностью раздражать слизистые оболочки рта и глаз мышей и птиц. Образование на поверхности семян прочной пленки позволяет одновременно с химикатами вводить различные вещества, стимулирующие рост растения [71; 73].

Среди производителей фосфорсодержащих удобрений Республики Беларусь доминирующее положение занимает ОАО «Гомельский химический завод». Доля продукции предприятия на внутреннем рынке фосфорсодержащих удобрений составляет 92 % – 93 %. Утвержденные мощности предприятия по выпуску фосфорсодержащих удобрений составляют 165 тыс. т в год 100 % P_2O_5 . Основными (базовыми) видами производимых фосфорсодержащих удобрений являются: суперфосфат аммонизированный; аммофос; сложно-смешанные NPK удобрения [240].

Анализ результатов использования КМ в лесном хозяйстве не только в Беларуси и России, но и в других странах показал, что большое значение имеет выбор полимерного связующего и целевых добавок. В качестве недостатков применения КМ, в первую очередь, является недостаточное количество поставленных лабораторных исследований и полевых экспериментов для выявления лесоводственно-экономической эффективности.

В лесном хозяйстве Беларуси наиболее целесообразно использовать композиционные материалы в лесопитомническом хозяйстве для повышения почвенного плодородия, предпосевной подготовки семян, внекорневой обработки сеянцев, а также создания лесных культур с различной плотностью радиоактивного загрязнения почв.

Обзор литературных данных свидетельствует о недостаточном изучении вопросов получения и применения удобрений пролонгированного действия при лесовыращивании.

1.3 Исследование композиционных материалов для получения удобрений пролонгированного действия и изучение их влияния на текущий прирост сосновых насаждений и загрязнение среды

Одной из наиболее важных проблем получения удобрений пролонгированного действия (медленнодействующих) является создание новых форм минеральных удобрений, которые имеют преимущество перед легкорастворимыми туками, как в их производстве, так и в транспортировке, хранении и применении. Большие надежды на использование медленнодействующих удобрений лесное хозяйство возлагает из-за значительного уменьшения непродуктивных потерь элементов питания. Непродуктивные потери питательных веществ в газообразной форме и вследствие вымывания их атмосферными осадками по профилю почвы из обычных удобрений могут составить 40 % – 60 % [241; 242]. Использование медленнодействующих удобрений способствуют уменьшению непродуктивных потерь элементов питания.

Наиболее перспективными в этом направлении являются следующие пути: введение в состав минеральных удобрений специальных добавок, которые снижают их растворимость, применение ингибиторов нитрификации и создание полимерных покрытий на гранулах удобрений. Одним из наиболее широко распространенных ингибиторов нитрификации является препарат V-Stive. Ингибиторы нитрификации ставят преграду для передвижения нитратов из корнеобитаемого слоя почвы и способствуют уменьшению газообразных потерь азота [193; 203].

В ФРГ в качестве материалов для получения покрытий применяют водную эмульсию полиэтилена, продукты полимеризации полиенов, металлы VI и VII группы периодической системы Д.И. Менделеева. В Бельгии гранулы удобрений покрывают сополимером бутадиена и 2-метил-стирена, полимером или сополимером диенов. Масса покрытия может составлять от 1 % до 20 % массы гранул удобрений.

Большое внимание уделяется применению полимерных соединений для получения удобрений пролонгированного действия.

На Навоинском производственном объединении «Азот» аммиачную селитру опудривают мочевиноформальдегидным удобрением в количестве 1,5 мас.%. Полученные азотные удобрения закладывались в контейнеры и бумажные мешки в закрытом складском помещении и под навесом. После шести месяцев хранения (ноябрь–апрель) удобрения сохранили полную рассыпчатость.

Для получения азотных удобрений пролонгированного действия нами разработан композиционный материал на основе водорастворимого полимера мочевиноформальдегидной смолы и целевых добавок (последрожжевой бражки, молочнокислого кальция и сернокислого магния). Последрожжевая бражка является отходом производства кормовых дрожжей и содержит редуцирующие вещества в количестве 0,08 % – 0,12 %, органические кислоты (уксусная, муравьиная) 0,1 % – 0,3 %, взвешенные вещества 0,1–0,75 г/л абсолютно сухого вещества – дрожжи, аминокислоты и витамины.

В качестве прототипа использовали композиционный материал, состоящий из мочевиноформальдегидной смолы 30 мас.%, бихромата калия 3,0 мас%, окиси цинка 3,0 мас.% и нафтилуксусной кислоты 2,0 мас.%.

Сравнение различных концентраций композиционных материалов для покрытия гранул мочевины в сравнении с прототипом представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2. – Композиционные материалы для покрытия гранул мочевины и его основные свойства

| Компонент | Состав, мас.% | | | |
|--|---------------|------|------|----------|
| | предлагаемый | | | прототип |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Мочевиноформальдегидная смола | 20,0 | 30,0 | 40,0 | 30,0 |
| Последроженная бражка | 1,5 | 3,0 | 4,0 | – |
| Молочнокислый кальций | 0,5 | 0,7 | 1,0 | – |
| Сернокислый магний | 1,0 | 1,7 | 3,5 | – |
| Бихромат калия | – | – | – | 3,0 |
| Окись цинка | – | – | – | 3,0 |
| Нафтилуксусная кислота | – | – | – | 2,0 |
| Вода | 77,0 | 64,6 | 51,5 | 62,0 |
| Свойства | | | | |
| Газообразные потери азота, кг/га | 4 | 4 | 4 | 8 |
| Потери азота в результате вымывания, кг/га | 10 | 9 | 10 | 16 |

Как видно из данной таблицы, сочетание выбранных компонентов для покрытия гранул азотных удобрений позволяет в сравнении с прототипом уменьшить газообразные потери азота в два раза и потери в результате вымывания более чем в 1,5 раза.

Исследования показали, что оптимальным композиционным материалом для покрытия гранул мочевины является композиция при следующем соотношении компонентов, мас.%: карбамидная смола – 30,0; последрожевая бражка – 3,0; молочнокислый кальций – 0,7; сернокислый магний – 1,7; вода – остальное.

Для получения азотно-фосфорно-калийных удобрений пролонгированного действия разработан композиционный материал на основе водорастворимого полимера карбамидной смолы и целевых добавок в виде бихромата калия, окиси цинка и нафтилуксусной кислоты. Скорость растворения гранул оценивали временем, необходимым для перехода минеральной части гранул в растворитель (дистиллированная вода), т. е. до всплывания пустых капсул. Для этого навеску удобрений 5 г помещали в стеклянную емкость и заливали 260 мл дистиллированной воды. Вымывание и растворение содержимого капсул происходит при помощи электромешалки (таблица 1.3).

Таблица 1.3. – Композиционный материал для покрытия гранул азотно-фосфорно-калийных удобрений и его свойства

| Композиционный материал | Содержание компонентов, мас. % | | | | | Физические свойства гранул минеральных удобрений | |
|-------------------------|--------------------------------|----------------|-------------|------------------------|------|--|----------------------------------|
| | карбамидная смола | бихромат калия | окись цинка | нафтилуксусная кислота | вода | скорость растворения, мин | газообразные потери азота, кг/га |
| Предлагаемый | 10 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 88,5 | 38 | 15 |
| | 20 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 77 | 45 | 14 |
| | 30 | 3,0 | 3,0 | 2,0 | 62 | 50 | 12 |
| | 40 | 5,0 | 5,0 | 3,0 | 47 | 43 | 13 |
| | 50 | 7,0 | 7,0 | 4,0 | 32 | 35 | 14 |
| Прототип | 30 | – | – | – | 59,3 | 26 | 20 |
| Непокрытые гранулы | – | – | – | – | – | 3–4 | 24 |

Из приведенных в таблице 1.3 данных видно, что композиционный материал, позволяет значительно снизить скорость растворения удобрений и газообразные потери азота. Наименьшие газообразные потери азота (12 кг/га) зафиксированы с использованием 30 мас. % карбамидной смолы. На данном варианте опыта скорость растворения гранул удобрений составила 50 мин.

Для широкого применения минеральных удобрений в лесном хозяйстве немаловажную роль играет качество их гранул. С целью изучения физико-химических свойств обычной аммиачной селитры и мочевины, а также с покрытием этих гранул композиционным материалом исследованы следующие показатели: слеживаемость и механическая прочность гранул (рисунки 1.1 и 1.2).

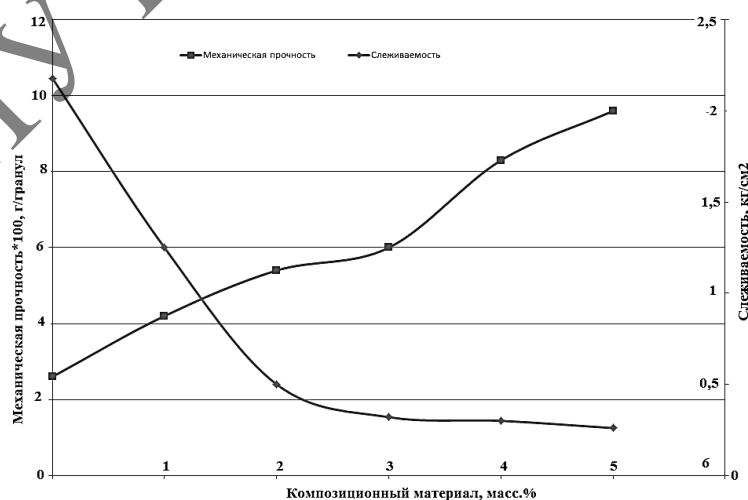


Рисунок 1.1. – Влияние массы композиционного материала на физико-химические свойства гранул мочевины

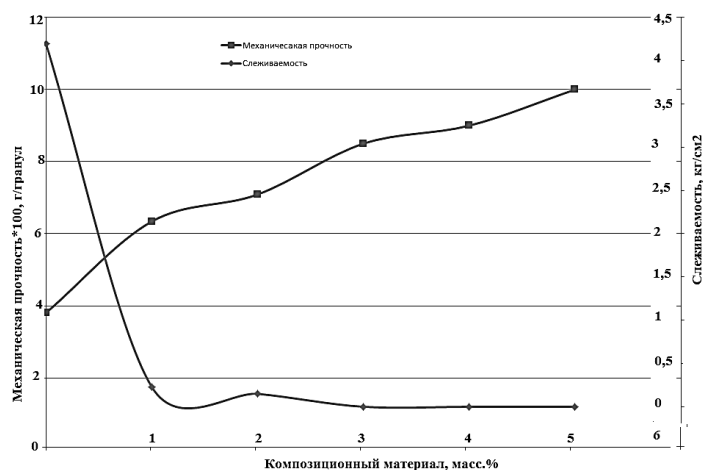


Рисунок 1.2. – Влияние массы композиционного материала на физико-химические свойства гранул аммиачной селитры

При исследовании механической прочности гранул аммиачной селитры на раздавливание установлено максимальное значение при 5 % покрытия гранул, равное 1000 г/гранулу. С уменьшением массы полимерной пленки снижается прочность гранул удобрений. Самую низкую прочность, равную 380 г/гранулу, имеет контрольный вариант аммиачной селитры.

Растворение гранул азотных удобрений также зависит от количества покрываемого композиционного материала. Время растворения обычной аммиачной селитры составило 18 с. При покрытии гранул удобрений полимерным покрытием в количестве 1 мас.% время растворения увеличивается в 4 раза. С увеличением количества полимерного покрытия время растворения гранул удобрений увеличивается. Покрытие гранул аммиачной селитры в количестве 5 мас.% максимально снижает скорость растворения.

Слеживаемость аммиачной селитры составляет 4,2 кг/см², а мочевины – 2,18 кг/см². Полимерное покрытие в количестве 1 % от массы удобрений снижает слеживаемость вещества до 0,23 кг/см². По мере увеличения содержания полимерной пленки на гранулах удобрений, уменьшается их слеживаемость. При достижении массы покрытия от 3 % до 5 %, слеживаемость равна 0. Поэтому нецелесообразно с экономической точки зрения превышать массу полимерного покрытия более 5 %.

Одним из важнейших критериев товарных свойств аммиачной селитры является механическая прочность гранул, которая обеспечивает стабильность гранулометрического состава при транспортировке и внесении удобрений в почву. Большое значение для хранения и перевозки азотных удобрений имеет прочность гранул. Это связано с тем, что при погрузочно-разгрузочных работах и перевозке удобрений на большие расстояния неизбежно измельчение низкопрочных гранул.

Увеличение продолжительности хранения аммиачной селитры и мочевины, обработанных композиционными материалами, подтверждается данными испытания удобрения на слеживаемость после 12 месяцев хранения. Минеральные удобрения, обработанные композиционными препаратами,

имели 100 % рассыпчатость после года хранения на складе. Для увеличения гигроскопической точки и снижения поверхностного поглощения влаги в композиционные полимерные составы вводили целевые добавки.

Таким образом, капсулирование аммиачной селитры и мочевины полимерным покрытием способствует улучшению физико-химических свойств гранул удобрений. К применяемым азотным удобрениям в лесном хозяйстве должны предъявляться следующие требования:

- они не должны слеживаться при хранении, должны иметь 100 %-ю рассыпчатость;
- прочность гранул не должна быть менее 600 г/гранулу;
- масса композиционного материала для покрытия гранул минеральных удобрений должна составлять от 3 до 5 мас. %.

1.3.1 Влияние минеральных удобрений пролонгированного действия на текущий прирост сосновых насаждений

Исследования по влиянию удобрений пролонгированного действия на изменение азотного питания и текущий прирост древесины проведены в 70-летнем сосновом насаждении в Ветковском спецлесхозе и 17- и 25-летних сосняках в Корневской ЭЛБ ИЛ НАН Беларуси (таблицы 1.4 и 1.5).

Таблица 1.4. – Агрохимические свойства почв сосновых насаждений

| Гене- тический горизонт | Глубина взятия образцов, см | рН в КСl | Гумус, % | Подвижные, мг на 100 г почвы | | | Валовые, % | | |
|--|--------------------------------------|-------------|-------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------|------------|-------------------------------|------------------|
| | | | | легкогидро- лизующий азот | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| 70-летний сосняк мшистый (кв. 226) Ветковский спецлесхоз | | | | | | | | | |
| A ₁ | 3-10 | 3,8 | 1,84 | 4,71 | 7,38 | 4,13 | 0,073 | 0,055 | 0,072 |
| A ₂ B ₁ | 10-45 | 4,7 | 0,72 | 3,03 | 9,45 | 1,81 | 0,046 | 0,085 | 0,060 |
| A ₂ B ₂ | 45-160 | 4,8 | 0,33 | 2,13 | 8,21 | 1,36 | 0,023 | 0,045 | 0,048 |
| C | 160-220 | 4,6 | 0,14 | 1,21 | 2,50 | 0,93 | 0,013 | 0,027 | 0,097 |
| 25-летний сосняк мшистый (кв. 396) Корневская ЭЛБ ИЛ НАН Беларуси | | | | | | | | | |
| A ₁ | 1-25 | 4,2 | 1,28 | 3,56 | 14,25 | 2,36 | 0,076 | 0,035 | 0,061 |
| A ₂ B ₁ | 25-50 | 4,6 | 0,44 | 2,33 | 11,13 | 1,18 | 0,025 | 0,017 | 0,054 |
| A ₂ B ₂ | 50-100 | 4,6 | 0,14 | 2,27 | 9,51 | 1,51 | 0,017 | 0,020 | 0,059 |
| A ₂ B ₃ | 100-138 | 4,7 | 0,09 | 1,46 | 4,69 | 1,63 | 0,013 | 0,010 | 0,050 |
| B ₄ | 138-200 | 4,4 | 0,10 | 1,29 | 15,38 | 3,01 | 0,019 | 0,035 | 0,122 |
| 17-летний сосняк мшистый (кварталы 388-389) Корневская ЭЛБ ИЛ НАН Беларуси | | | | | | | | | |
| A ₁ | 1-29 | 4,3 | 1,22 | 3,06 | 8,26 | 1,21 | 0,083 | 0,035 | 0,047 |
| A ₂ B ₁ | 29-57 | 4,8 | 0,33 | 2,75 | 10,63 | 0,60 | 0,037 | 0,027 | 0,056 |
| A ₂ B ₂ | 57-77 | 4,7 | 0,14 | 1,54 | 4,46 | 0,72 | 0,022 | 0,020 | 0,044 |
| B ₃ | 77-190 | 4,6 | 0,08 | 1,44 | 2,71 | 1,00 | 0,015 | 0,019 | 0,062 |
| B ₄ | 190-200 | 4,1 | 0,12 | 1,37 | 2,48 | 2,80 | 0,018 | 0,050 | 0,159 |

Таблица 1.5. – Лесоводственно-таксационная характеристика опытных сосновых насаждений

| Тип леса и лесорастительных условий | Месторасположение насаждений | Состав | Возраст | Полнота | Кол-во стволов, шт./га | Средние | | Бонитет | Запас древесины, м ³ /га |
|-------------------------------------|-------------------------------|--------|---------|---------|------------------------|---------|-------|---------|-------------------------------------|
| | | | | | | Н, м | D, см | | |
| Сосняк мшистый А ₂ | Ветковский спецлесхоз кв. 226 | 10С | 70 | 0,9 | 425 | 20,6 | 30,2 | II | 293 |
| Сосняк мшистый А ₂ | Корневская ЭЛБ кв. 396 | 10С | 25 | 1,0 | 4287 | 11,0 | 8,8 | I | 154 |
| Сосняк мшистый А ₂ | Корневская ЭЛБ кв. 388 | 10С | 17 | 1,3 | 6598 | 7,9 | 7,3 | I | 130 |
| Сосняк мшистый А ₂ | Корневская ЭЛБ кв. 389 | 10С | 17 | 0,8 | 3124 | 7,9 | 8,4 | I | 83 |

Внесенные на поверхность почвы минеральные удобрения, реагируя с лесной подстилкой и почвой, в значительной степени изменяют азотный режим почвы. Эти изменения распространяются, как правило, вниз по профилю на определенную глубину и влияют на плодородие почвы и ее производительность. Поэтому изучение влияния удобрений на динамику азотного питания должно быть непременным условием при разработке технологии применения азотных удобрений в лесу. Большой практический интерес представляет длительность нахождения минерального азота удобрений в почве в течение нескольких вегетационных периодов и соотношение аммиачной и нитратной форм азота.

Анализируя радиальный прирост деревьев на высоте 1,3 м за пять лет до внесения минеральных удобрений, можно заметить, что он варьировал у отдельных стволов в значительных пределах. Так, в приспевающем сосняке мшистом он составлял от 1,7 до 15,5 мм, в 25-летних культурах – от 2,6 до 12,5 мм, в 17-летних культурах – 3,6–12,6 мм. При этом количество деревьев с одинаковым радиальным приростом было различным по вариантам опыта, и это затрудняло их сопоставление.

Поэтому все деревья были разбиты на две однородные группы по величине радиального прироста до внесения удобрения, одинаковые по вариантам опыта для исследуемого насаждения. Данная методика определения текущего прироста в хвойных насаждениях была разработана, апробирована и внедрена И.М. Булавиком [243]. Для определения влияния удобрений на ширину годичных слоев в каждом из исследуемых сосновых насаждений сравнивались между собой только те деревья, которые относились к одинаковой группе до внесения удобрения. Это позволило нам устранить влияние неравномерности в распределении деревьев по вариантам опыта. При расчете текущего прироста сосновых насаждений в обеих группах мы учитывали доленое участие всех деревьев. Величина радиального прироста деревьев за пять лет до внесения удобрения на всех вариантах опыта в пределах одной группы почти одинакова (таблица 1.6).

Таблица 1.6. – Соотношение деревьев в исследуемых насаждениях по группам, %

| Возраст насаждения | I группа количество деревьев | Ширина годовичных слоев, мм | II группа количество деревьев | Ширина годовичных слоев, мм |
|--------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 70 лет | 56 | 3,0–5,9 | 44 | 6,0–8,9 |
| 25 лет | 45 | 2,4–5,9 | 55 | 6,0–9,5 |
| 17 лет | 37 | 4,0–6,9 | 63 | 7,0–9,9 |

Обработка дисперсионным анализом среднепериодического радиального прироста деревьев до внесения азотных удобрений показала недостоверное их различие. Поэтому мы обоснованно можем сравнивать прирост насаждений после внесения туков (таблица 1.7).

Таблица 1.7. – Результаты дисперсионного анализа ширины годовичных слоев сосновых насаждений за пять лет до внесения азотных удобрений

| Варианты опыта | Группа I | | | Группа II | | |
|------------------------|-------------|------|---------------------|-------------|------|---------------------|
| | $m \pm m$ | V | t факт | $m \pm m$ | V | t факт |
| Сосняк мшистый, 70 лет | | | | | | |
| Контроль | 4,49 ± 0,13 | 17,1 | | 7,26 ± 0,20 | 13,7 | |
| Наа150 | 4,68 ± 0,12 | 17,0 | 1,09 | 7,09 ± 0,19 | 13,4 | 0,61 |
| Наа-п150 | 4,82 ± 0,15 | 13,2 | 1,67 0,70 | 7,30 ± 0,14 | 12,3 | 0,19 0,92 |
| Наа-п100 | 4,53 ± 0,13 | 19,6 | 0,22 0,85 1,45 | 7,12 ± 0,25 | 15,2 | 0,42 0,11 0,64 |
| Сосняк мшистый, 25 лет | | | | | | |
| Контроль | 4,95 ± 0,14 | 13,3 | | 7,13 ± 0,12 | 11,7 | |
| Наа150 | 4,98 ± 0,13 | 12,6 | 0,14 | 7,18 ± 0,16 | 14,2 | 0,23 |
| Наа-км200 | 5,13 ± 0,09 | 12,5 | 1,07 0,95 | 7,05 ± 0,17 | 12,5 | 0,40 0,55 |
| Наа-км150 | 4,85 ± 0,12 | 13,4 | 0,55 0,73 1,84 | 7,03 ± 0,13 | 12,1 | 0,57 0,72 0,09 |
| Наа-км100 | 4,96 ± 0,10 | 11,3 | 0,84 0,08 1,20 0,74 | 7,28 ± 0,19 | 13,0 | 0,66 0,41 0,90 1,08 |
| Сосняк мшистый, 17 лет | | | | | | |
| Контроль | 6,34 ± 0,17 | 10,2 | | 9,07 ± 0,15 | 10,7 | |
| Наа150 | 6,22 ± 0,21 | 15,6 | 0,43 | 8,99 ± 0,15 | 10,8 | 0,38 |
| Наа-км200 | 6,16 ± 0,17 | 15,7 | 0,77 0,24 | 9,06 ± 0,15 | 10,2 | 0,04 0,33 |
| Наа-км150 | 6,13 ± 0,17 | 15,2 | 0,87 0,33 0,10 | 8,98 ± 0,16 | 11,7 | 0,43 0,07 0,38 |
| Наа-км100 | 5,99 ± 0,14 | 10,8 | 1,62 0,92 0,77 0,65 | 9,02 ± 0,15 | 10,9 | 0,24 0,13 0,19 0,20 |

Примечание – Стандартные значения критерия Стьюдента равны: $t_{0,05} = 1,98$; $t_{0,01} = 2,62$; $t_{0,001} = 3,73$.

Радиальный прирост деревьев за период действия удобрений в исследуемых сосновых насаждениях увеличился на 23 % – 54 % по сравнению с контролем. Максимальное увеличение ширины годовичных колец отмечено в 70-летнем сосняке мшистом на варианте Наа-км150 (49 %), в 25-летних культурах – на варианте Наа-км200 (44 %) и в 17-летних культурах сосны – Наа-км200 (54 %) (таблица 1.8).

Таблица 1.8. – Показатели ширины годовых слоев и дополнительного радиального прироста сосновых насаждений при внесении азотных удобрений

| Варианты опыта | Ширина годового слоя, мм | | | | | | | | | | | Дополнительный радиальный прирост | |
|--------------------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------------|---------------|-----------------------------------|----|
| | за 5 лет до опыта | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | итого за период наблюдений | мм | % | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| Сосняк мшистый, 70 лет (8 лет) | | | | | | | | | | | | | |
| Контроль | 1 | 5,70 | 1,21 | 0,99 | 1,05 | 1,10 | 1,12 | 1,08 | 1,03 | 1,05 | 8,63 ± 0,34 | – | – |
| Наа150 | 2 | 5,74 | 1,29 | 1,45 | 1,39 | 1,52 | 1,47 | 1,35 | 1,10 | 1,05 | 10,62 ± 0,093 | 1,99 | 23 |
| Наа-км 150 | 3 | 5,91 | 1,48 | 1,33 | 1,66 | 2,00 | 2,35 | 1,36 | 1,10 | 1,06 | 12,84 ± 0,105 | 4,21 | 49 |
| Наа-км 100 | 4 | 5,67 | 1,45 | 1,39 | 1,53 | 1,74 | 1,71 | 1,33 | 1,10 | 1,06 | 11,31 ± 0,166 | 2,68 | 31 |
| Сосняк мшистый, 25 лет (8 лет) | | | | | | | | | | | | | |
| Контроль | 1 | 6,15 | 1,43 | 1,24 | 1,20 | 1,26 | 1,25 | 1,28 | 1,26 | 1,28 | 10,20 ± 0,171 | – | – |
| Наа150 | 2 | 6,19 | 1,65 | 1,57 | 1,63 | 2,35 | 2,05 | 1,90 | 1,27 | 1,28 | 13,70 ± 0,11 | 3,50 | 34 |
| Наа-км 200 | 3 | 6,19 | 1,81 | 1,81 | 1,60 | 2,40 | 2,48 | 1,92 | 1,36 | 1,28 | 14,66 ± 0,13 | 4,46 | 44 |
| Наа-км 150 | 4 | 6,05 | 1,84 | 1,59 | 1,51 | 2,58 | 2,20 | 1,88 | 1,30 | 1,28 | 14,18 ± 0,129 | 3,98 | 39 |
| Наа-км 100 | 5 | 6,23 | 1,80 | 1,62 | 1,43 | 2,56 | 2,14 | 1,92 | 1,27 | 1,28 | 14,02 ± 0,094 | 3,82 | 37 |
| Сосняк мшистый, 17 лет (7 лет) | | | | | | | | | | | | | |
| Контроль | 1 | 8,06 | – | 1,63 | 2,01 | 2,08 | 1,12 | 1,10 | 1,23 | 1,33 | 10,50 ± 0,42 | – | – |
| Наа150 | 2 | 7,96 | – | 1,99 | 2,46 | 3,20 | 2,48 | 2,19 | 1,25 | 1,33 | 14,90 ± 0,141 | 4,40 | 42 |
| Наа-км 200 | 3 | 7,99 | – | 2,07 | 2,87 | 3,51 | 2,64 | 2,33 | 1,44 | 1,33 | 16,19 ± 0,65 | 5,69 | 54 |
| Наа-км 150 | 4 | 7,93 | – | 2,06 | 2,44 | 3,32 | 2,60 | 2,21 | 1,30 | 1,33 | 15,26 ± 0,13 | 4,76 | 45 |
| Наа-км 100 | 5 | 7,90 | – | 1,99 | 2,30 | 3,29 | 2,55 | 2,19 | 1,24 | 1,33 | 14,89 ± 0,121 | 4,39 | 42 |

Наибольший радиальный прирост зафиксирован в 17-летних сосновых культурах при внесении удобрений пролонгированного действия 200 кг/га. Анализ радиального прироста за период исследований позволяет сделать вывод о снижении дозы внесения удобрений пролонгированного действия до 100 кг/га и получении аналогичного лесоводственного эффекта при внесении обычной аммиачной селитры в дозе 150 кг/га. В первый год после подкормки в приспевающем сосняке мшистом ширина годовых колец на варианте с обычной аммиачной селитрой увеличилась по сравнению с контролем на 6,6 %. На варианте с капсулированной аммиачной селитрой,

внесенной в такой же дозе, увеличение годового слоя составило 22,3 %. С уменьшением дозы внесения медленнодействующего азотного удобрения величина прибавки радиального прироста снижается до 19,8 %. На второй год после внесения обычной аммиачной селитры зафиксировано максимальное увеличение радиального прироста (46,4 %). На третьем году действия данной формы удобрений наблюдается снижение дополнительного радиального прироста до 32,8 %.

На вариантах с капсулированной аммиачной селитрой, внесенной в дозах 100 и 150 кг/га азота, происходит постепенное увеличение радиального прироста. Например, на вариантах Naa-км150 и Naa-км100 дополнительный радиальный прирост на второй год после внесения удобрений соответственно составил 34,3 % и 40,4 %. На третьем году действия азотных удобрений с полимерным покрытием эта величина составила соответственно 58,1 % (Naa-км150) и 45,7 % (Naa-км100).

Иная картина изменения радиального прироста по годам отмечена в 25-летних культурах сосны. На варианте с обычной аммиачной селитрой происходит увеличение радиального прироста с 15,3 % до 26,6 % и далее до 35,8 %. В первый год действия туков на варианте с обычной аммиачной селитрой радиальный прирост по отношению к контролю имел прибавку 22,1 % на варианте Naa-км200 – 27,0 %, на варианте Naa-км150 – 26,4 % и Naa-км100 – 22,1 %. На второй год действия азотных удобрений увеличение радиального прироста было зафиксировано на 22,4 %; 42,8 %; 21,4 % и 14,4 % соответственно вариантам опыта. Полученные данные радиального прироста древесины сосновых насаждений обработаны с помощью математической статистики. В таблице 1.9 представлены фактические значения критерия Стьюдента, по которому можно определять достоверность различия между вариантами опыта.

Таблица 1.9. – Фактические значения критерия Стьюдента по влиянию доз вносимых удобрений пролонгированного действия на радиальный прирост древесины

| Сравниваемые варианты опыта | Фактические значения радиального прироста древесины по критерию Стьюдента | | |
|-----------------------------|---|--------------------------|--------------------------|
| | сосняк мшистый 70 лет | сосняк мшистый 25 лет | сосняк мшистый 17 лет |
| 1-2 | -7,986 | -10,42 | -7,67 |
| 1-3 | -6,573 | -4,73 | -6,71 |
| 1-4 | -7,873 | -13,07 | -8,903 |
| 1-5 | - | -13,88 | -7,73 |
| 2-3 | -3,54 | -7,97 | -2,74 |
| 2-4 | -0,892 | -4,01 | -2,65 |
| 2-5 | - | -3,128 | 0,076 |
| 3-4 | -3,18 | 3,692 | -1,983 |
| 3-5 | - | 5,664 | 2,77 |
| 4-5 | - | 1,42 | 2,937 |

Примечание – Табличное значение критерия Стьюдента 2,766.

В 70-летнем сосняке мшистом радиальный прирост древесины значительно отличается между контролем и всеми вариантами опыта. Достоверность различий радиального прироста древесины получена между внесением обычной аммиачной селитры в дозе 150 кг/га и удобрением пролонгированного действия в такой же дозе ($t_{\text{факт.}} = -3,54$). Предположение о значительном различии между вариантами опытов 2-4 не подтвердилось. Таким образом, наибольший радиальный прирост древесины получен при использовании удобрения пролонгированного действия.

В 25-летнем сосняке мшистом радиальный текущий прирост древесины достоверен между всеми вариантами опыта, кроме 4-5.

В 17-летнем сосняке мшистом различия радиального прироста не достоверны между вариантами опыта 2-3, 2-5, 3-4 и 3-5. При сравнении всех других вариантов опыта различия по радиальному приросту достоверны.

Результаты исследований влияния формы и дозы вносимых удобрений на текущий прирост сосновых насаждений приведены в таблице 1.10.

Таблица 1.10. – Текущий прирост древесины сосновых насаждений в зависимости от формы и дозы вносимых удобрений

| Варианты опыта | № пп | Текущий прирост древесины | | Дополнительный текущий прирост, м ³ /га |
|-----------------------------------|------|---------------------------|--------|--|
| | | м ³ /га | % | |
| Сосняк мшистый, 70 лет (за 8 лет) | | | | |
| Контроль | 1 | 52,99 ± 4,53 | 100,00 | – |
| Наа150 | 2 | 61,11 ± 3,14 | 116,46 | 8,12 |
| Наа-км150 | 3 | 63,26 ± 2,73 | 119,38 | 10,27 |
| Наа-км100 | 4 | 62,24 ± 2,18 | 117,46 | 9,25 |
| Сосняк мшистый, 25 лет (за 8 лет) | | | | |
| Контроль | 1 | 105,56 ± 4,61 | 100,00 | – |
| Наа150 | 2 | 120,32 ± 7,76 | 113,98 | 14,76 |
| Наа-км200 | 3 | 129,97 ± 9,32 | 123,12 | 24,41 |
| Наа-км150 | 4 | 125,12 ± 2,55 | 118,53 | 19,56 |
| Наа-км100 | 5 | 123,52 ± 2,83 | 117,01 | 17,96 |
| Сосняк мшистый, 17 лет (за 7 лет) | | | | |
| Контроль | 1 | 133,86 ± 4,80 | 100,00 | – |
| Наа150 | 2 | 162,04 ± 7,23 | 121,1 | 28,18 |
| Наа-км200 | 3 | 177,77 ± 14,06 | 132,8 | 43,91 |
| Наа-км150 | 4 | 166,39 ± 8,88 | 124,3 | 32,53 |
| Наа-км100 | 5 | 161,92 ± 2,97 | 120,96 | 28,06 |

Анализ полученных данных показывает, что внесение удобрений пролонгированного действия в дозе 100 кг/га оказывает влияние на текущий прирост древесины аналогичный внесению обычной аммиачной селитры в дозе 150 кг/га.

Нами установлено, что максимальная прибавка текущего прироста из трех исследуемых насаждений приходится при внесении обычных удоб-

рений пролонгированного действия в 17-летние сосновые насаждения (121 % – 133 %). Второе место по величине дополнительного прироста древесины занимают 25-летние насаждения (114 % – 123 %), и на третьем – 70-летний сосняк мшистый (116 % – 119 %).

Внесение азотных удобрений пролонгированного действия способствует снижению дозы их внесения на 30 % при получении аналогичного текущего прироста древесины с использованием аммиачной селитры в дозе 150 кг/га.

Проверку гипотезы о равенстве средних значений текущего прироста древесины при различных дозах и формах вносимых удобрений проверяли с помощью критерия Стьюдента при уровне значимости 0,05 и малой выборке ($n = 3$). Табличное значение критерия Стьюдента $t_{0,05} = 2,766$. Фактические значения критерия Стьюдента приведены в таблице 1.11.

Таблица 1.11. – Значение критерия Стьюдента по влиянию форм и доз вносимых удобрений на текущий прирост древесины

| Сравнение вариантов опыта | Текущий прирост | | |
|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Сосняк мшистый, 70 лет | Сосняк мшистый, 25 лет | Сосняк мшистый, 17 лет |
| 1-2 | -2,237 | -2,31 | -4,59 |
| 1-3 | -2,746 | -3,32 | -4,181 |
| 1-4 | -2,602 | -5,24 | -3,83 |
| 1-5 | - | -4,695 | -7,026 |
| 2-3 | -0,5268 | -1,128 | -1,407 |
| 2-4 | -0,196 | -0,8304 | -0,336 |
| 2-5 | - | -0,548 | 0,0217 |
| 3-4 | 0,413 | 0,7101 | 0,918 |
| 3-5 | - | 0,9361 | 1,56 |
| 4-5 | - | 0,594 | 0,408 |

Сравнивая фактические и табличные значения критерия Стьюдента для 70-летнего сосняка мшистого, можно утверждать, что по текущему приросту древесины различия между контролем и внесением всех форм и доз минеральных удобрений, а также между внесением обычной аммиачной селитры в дозе 150 кг/га и аналогичной дозе удобрений пролонгированного действия незначительны.

Для 25-летнего сосняка мшистого различия достоверны между контролем и внесением обычной аммиачной селитры в дозе 150 кг/га и удобрений пролонгированного действия в дозах 100, 150 и 200 кг/га. Незначительные различия получены между внесением обычной аммиачной селитры в дозе 150 кг/га и пролонгированных в дозе 100, 150 и 200 кг/га.

Для 17-летнего сосняка мшистого различия достоверны между контролем и внесением обычной аммиачной селитры в дозе 150 кг/га и удобрений пролонгированного действия в дозах 100, 150 и 200 кг/га. Незначительные различия получены между внесением обычной аммиачной селитры в дозе 150 кг/га и пролонгированных в дозе 100, 150 и 200 кг/га.

1.3.2 Непродуктивные потери азота при использовании удобрений пролонгированного действия в сосновых насаждениях

Для построения рациональной системы удобрения лесов, обеспечивающей наиболее полное использование древесными растениями внесенных питательных элементов, необходимо учитывать размеры их потерь, в первую очередь газообразных потерь азота. Отличительная особенность внесения минеральных удобрений в лесные биоценозы, в отличие от сельскохозяйственных, заключается в том, что их вносят на поверхность почвы без последующей заделки. Такое внесение удобрений при определенных гидро-термических условиях может привести к значительным газообразным потерям азота [164; 242].

Непроизводительные потери азота из традиционных форм азотных удобрений снижают коэффициент использования азота лесонасаждениями. В связи с этим важно найти надежные способы и методы предотвращения непродуктивных потерь азота из удобрений с инфильтрационными водами и улетучивания аммиака в газообразной форме. Одним из перспективных способов снижения потерь азота является применение удобрений пролонгированного действия, что имеет большое значение для народного хозяйства как с точки зрения повышения эффективности использования минеральных удобрений, так и с точки зрения охраны окружающей среды. Установлены величины газообразных потерь азота из обычных и удобрений пролонгированного действия при осеннем и весеннем их внесении в различные по возрасту сосновые насаждения [242–244].

Изучение газообразных потерь азота в виде аммиака при весеннем сроке внесения удобрений осуществляли в 17-летних сосновых культурах на опытных делянках размером 4×5 м. Между опытными делянками оставляли защитные полосы шириной 2 м. Лесоводственно-таксационная характеристика насаждения: тип леса – сосняк мшистый, I класс бонитета, средний диаметр 8,4 см, средняя высота 7,9 м, запас древесины 83 м³/га, число стволов 3124 шт./га. Почва опытного участка дерново-подзолистая слабо-оподзоленная, развивающаяся на песке связном мелкозернистом. Агрохимические показатели почвы гумусоаккумулятивного горизонта: рН_{сол} 4,3, гумус 1,22 %, валовый азот 0,08 %, валовый фосфор 0,04 %, легкогидролизуемый азот 3,1 мг/100 г почвы. Минеральные удобрения на опытные делянки внесены 13 мая 1987 года вручную путем равномерного разбрасывания по поверхности почвы без последующей заделки. Повторность в опыте 5-кратная. Схема опыта: контроль (без удобрений), Nm150; Nm-p150 (1) – мочевины с покрытием МФС; Nm-p150 (2) – мочевины с защитным покрытием на основе фосфатов кальция и магния, содержащим молибден; Nmc150 – супергранулы мочевины; Nmc-p150 – супергранулы мочевины с покрытием; Naa150; Naa-p150 – с покрытием МФС. Продолжительность опыта 69 дней. Максимальная влажность лесной подстилки составила 113 %, минимальная – 48 %. Влажность почвы на глубине 0–5 см колебалась от 5 % до 19 % на абс. сухое вещество (таблица 1.12).

Таблица 1.12. – Гидротермические показатели на опытном объекте Корневской ЭЛБ ИЛ НАН Беларуси

| Показатель | Май | | | | | | | | | | Июнь | | | | | | Июль | | | | | |
|---|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|----|----|----|----|----|------|----|----|----|----|----|
| | 14 | 15 | 16 | 17 | 19 | 21 | 23 | 25 | 28 | 31 | 2 | 7 | 12 | 16 | 24 | 28 | 30 | 3 | 7 | 12 | 16 | 20 |
| Средне-суточная температура воздуха, °С | 18 | 13 | 13 | 16 | 15 | 20 | 16 | 10 | 10 | 13 | 12 | 19 | 20 | 23 | 19 | 21 | 18 | 21 | 18 | 16 | 17 | 17 |
| Количество осадков за сутки, мм | 0 | 5 | 0 | 8 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 |
| Влажность лесной подстилки, % | 53 | 80 | 71 | 79 | 61 | 49 | 51 | 74 | 66 | 86 | 113 | 62 | 53 | 48 | 60 | 51 | 68 | 50 | 53 | 75 | 70 | 56 |
| Влажность почвы на глубине 0–5 см, % | 7 | 12 | 8 | 14 | 10 | 5 | 6 | 10 | 13 | 13 | 19 | 17 | 13 | 9 | 6 | 5 | 11 | 7 | 6 | 15 | 12 | 10 |

Значительное варьирование гидротермических показателей оказало влияние и на динамику выделения аммиака из почвы. Выделение аммиака из почвы на контрольном варианте опыта колебалось от 6 до 11 г/га в час. На удобренных вариантах опыта обычной мочевиной и супергранулами мочевины без покрытия потери азота в форме аммиака зафиксированы на следующий день после внесения (таблица 1.13).

Таблица 1.13. – Динамика выделения аммиака в зависимости от формы удобрений, г/га в час

| Вариант | Май | | | | | | | | | | Июнь | | | | | | Июль | | | | | |
|---------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|----|----|----|----|----|------|----|----|----|----|----|
| | 14 | 15 | 16 | 17 | 19 | 21 | 23 | 25 | 28 | 31 | 2 | 7 | 12 | 16 | 24 | 28 | 30 | 3 | 7 | 12 | 16 | 20 |
| Контроль | 9 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 7 | 7 | 7 | 9 | 6 | 9 | 9 | 8 | 7 | 9 | 10 | 11 | 10 | 7 | 7 | 7 |
| Nm150 | 40 | 56 | 53 | 45 | 41 | 57 | 35 | 27 | 19 | 14 | 10 | 13 | 16 | 35 | 14 | 18 | 16 | 11 | 11 | 8 | 7 | 7 |
| Nm-км 150 (1) | 9 | 8 | 11 | 7 | 10 | 14 | 12 | 10 | 11 | 12 | 10 | 12 | 16 | 15 | 9 | 13 | 14 | 14 | 17 | 8 | 7 | 7 |
| Nm-км 150 (2) | 9 | 10 | 12 | 7 | 8 | 8 | 12 | 9 | 8 | 10 | 9 | 12 | 11 | 8 | 7 | 10 | 10 | 11 | 10 | 7 | 7 | 7 |
| Nm-км 150 (3) | 9 | 9 | 11 | 8 | 10 | 9 | 14 | 12 | 9 | 10 | 8 | 11 | 14 | 12 | 7 | 11 | 10 | 13 | 11 | 7 | 9 | 7 |
| Nmc-км 150 | 9 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | 8 | 9 | 10 | 7 | 10 | 9 | 9 | 7 | 13 | 14 | 12 | 11 | 8 | 9 | 8 |
| Nmc150 | 40 | 72 | 44 | 50 | 43 | 86 | 59 | 34 | 27 | 19 | 30 | 14 | 18 | 45 | 16 | 19 | 17 | 16 | 14 | 10 | 13 | 11 |

Величина потерь азота на этих вариантах превышает более чем в 4 раза. Наиболее интенсивные потери азота из удобрений наблюдаются в первые 10 дней после внесения Nm150 и Nmc150.

При увеличении количества атмосферных осадков уменьшается количество выделенного аммиака. Из всех форм азотных удобрений наибольшие потери азота отмечены на варианте с супергранулой мочевины (таблица 1.14).

Таблица 1.14. – Потери аммиака из почвы в зависимости от формы удобрений при весеннем сроке внесения в 17-летний сосняк мшистый

| Варианты | Выделилось аммиака | Потери аммиака из удобрений | Потери аммиака | |
|--------------|--------------------|-----------------------------|----------------|-------|
| | | | г/га в сутки | кг/га |
| Контроль | 144 ± 11 | – | – | – |
| Nm150 | 452 ± 49 | 308 | 21,3 | 14 |
| Nm-км150 (1) | 200 ± 18 | 56 | 3,9 | 3 |
| Nm-км150 (2) | 166 ± 14 | 22 | 1,5 | 1 |
| Nm-км150 (3) | 180 ± 13 | 36 | 2,5 | 2 |
| Nmc-км150 | 162 ± 13 | 18 | 1,2 | 1 |
| Nmc150 | 571 ± 64 | 427 | 29,5 | 20 |

Несколько меньшие потери аммиака (14 % от дозы) получены на варианте Nm150. Потери азота в газообразной форме из капсулированной супергранулы были минимальными (1,2 кг/га) и не превышали 1 % от весенней дозы. Сравнивая величину потерь аммиака в зависимости от состава покрытия гранул мочевины, можно заметить, что она колеблется незначительно.

Нами изучены газообразные потери азота из минеральных удобрений при весеннем сроке внесения в приспевающий сосняк мшистый.

Лесоводственно-таксационная характеристика насаждения: возраст 70 лет, полнота 0,9, бонитет – II, средняя высота 20,6 м, средний диаметр 30,2 см, запас древесины 293 м³/га.

Агрохимическая характеристика гумусоаккумулятивного горизонта почвы: рН_{сол} 3,8, гумус 1,8 %, легкогидролизуемый азот 4,7 мг/100 г почвы, подвижные формы – P₂O₅ 7,4 мг/100 г почвы, K₂O 4,1 мг/100 г почвы. За период исследований температура воздуха в лесу в 12 ч дня колебалась от 12,8 °С до 23,6 °С; температура почвы на глубине 5 см – от 10,6 °С до 15,1 °С, соответственно. Минимальная влажность лесной подстилки равнялась 49,5 %, максимальная – 149,6 %. Влажность почвы на глубине 5 см колебалась от 8,5 % до 27,7 % на абсолютно сухое вещество. Суточный объем осадков в течение опыта колебался от 0 до 32,1 мм (таблица 1.15).

Таблица 1.15. – Гидротермические показатели в 70-летнем сосняке мшистом в Ветковском лесничестве Гомельского лесхоза

| Показатели | Май | | | | Июнь | | | | | | | | | | Июль | | | | Август | |
|--|-----|----|----|----|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|----|----|----|--------|----|
| | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 4 | 6 | 7 | 11 | 15 | 18 | 20 | 27 | 1 | 3 | 5 | 11 | 3 | 6 |
| Температура воздуха в 12 ⁰⁰ | 18 | 22 | 18 | 22 | 21 | 18 | 19 | 19 | 22 | 12 | 13 | 16 | 20 | 14 | 18 | 14 | 14 | 14 | 22 | 24 |

Продолжение таблицы 1.15

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|----|-----|----|----|
| Среднесуточная температура воздуха | 16 | 20 | 19 | 20 | 17 | 16 | 18 | 20 | 20 | 11 | 13 | 15 | 17 | 14 | 14 | 14 | 13 | 18 | 18 | 19 |
| Температура почвы на глубине 0–5 см в 12 ⁰⁰ | 12 | 13 | 13 | 14 | 14 | 12 | 13 | 14 | 15 | 12 | 11 | 12 | 13 | 13 | 13 | 11 | 11 | 14 | 15 | 15 |
| Влажность лесной подстилки | 70 | 72 | 58 | 60 | 63 | 61 | 58 | 62 | 64 | 67 | 95 | 89 | 102 | 121 | 90 | 77 | 77 | 119 | 79 | 68 |
| Влажность почвы на глубине 0–5 см | 12 | 13 | 16 | 15 | 23 | 23 | 12 | 11 | 10 | 14 | 17 | 14 | 12 | 28 | 18 | 16 | 15 | 29 | 15 | 10 |
| Количество осадков за сутки, мм | 0 | 0 | 0 | 8 | 13 | 81 | 0 | 0 | 1 | 0 | 7 | 32 | 17 | 6 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Примечание – Вследствие громоздкости таблицы некоторые сроки наблюдений не помещены.

Существенное варьирование влажности лесной подстилки и почвы, а также температуры воздуха и почвы в период проведения опыта отразилось на динамике выделения аммиака из почвы. Например, выделение аммиака на контрольных делянках за период опыта колебалось от 7,9 до 15,1 г/га в час.

Необходимо отметить, что выделение аммиака на удобренных вариантах опыта резко увеличилось уже на второй день после посева туков. Наиболее интенсивные потери азота в форме аммиака на варианте с карбамидом наблюдались в первые 10 суток опыта (таблица 1.16).

Таблица 1.16. – Динамика выделения аммиака в зависимости от формы и дозы удобрения в 70-летнем сосняке мшистом, г/га в час

| Вариант | Май | | | Июнь | | | | | | | | | | Июль | | | | Август | |
|--------------|-----|----|----|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|----|----|----|--------|----|
| | 28 | 30 | 31 | 1 | 2 | 4 | 6 | 7 | 11 | 15 | 18 | 20 | 27 | 1 | 3 | 5 | 11 | 3 | 6 |
| Контроль | 11 | 12 | 15 | 12 | 14 | 12 | 10 | 12 | 9 | 11 | 14 | 8 | 10 | 10 | 13 | 11 | 14 | 13 | 13 |
| Nm150 | 32 | 41 | 37 | 43 | 42 | 34 | 36 | 40 | 27 | 25 | 29 | 12 | 11 | 20 | 25 | 29 | 17 | 15 | 13 |
| Nm-км150 (1) | 36 | 31 | 35 | 27 | 27 | 27 | 21 | 34 | 27 | 29 | 30 | 23 | 12 | 30 | 23 | 29 | 19 | 16 | 13 |
| Nm-км150 (2) | 22 | 25 | 29 | 31 | 37 | 30 | 27 | 25 | 20 | 19 | 20 | 18 | 12 | 12 | 17 | 19 | 15 | 14 | 13 |
| Nm-км150 (3) | 11 | 12 | 15 | 15 | 14 | 15 | 11 | 15 | 13 | 15 | 14 | 8 | 10 | 10 | 14 | 11 | 15 | 13 | 13 |
| Nmc-км150 | 11 | 12 | 15 | 15 | 14 | 15 | 10 | 15 | 13 | 15 | 14 | 8 | 10 | 10 | 13 | 11 | 14 | 13 | 13 |

Примечание – Потери аммиачного азота рассчитаны на элементарный азот.

Выделение аммиака на варианте с сульфатом аммония несущественно уступало варианту с карбамидом. Из традиционных форм азотных удобрений

самые низкие потери азота в форме аммиака отмечены на варианте с нитратом аммония. Улетучивание азота в виде аммиака на вариантах с дозами удобрений пролонгированного действия существенно не отличалось от выделения $N-NH_3$ на контрольных делянках.

Среднесуточное выделение аммиака на удобренных вариантах достоверно выше, чем на контроле. Достоверна разница в потерях азота между вариантами с карбамидом и нитратом аммония, а также между вариантами с сульфатом и нитратом аммония $t(3-4)=3,82$ (таблица 1.17).

Таблица 1.17. – Среднесуточное выделение аммиака при весеннем внесении в 70-летний сосняк мшистый в зависимости от формы удобрений, г/га

| Вариант | M ± m | V | t | | F | % от дозы |
|-----------|----------|----|---------|---------------------|---------------|-----------|
| | | | частный | в сравнении попарно | | |
| Контроль | 215 ± 13 | 16 | 4,02 | t (1-2)=12,15 | F (1-2)=29,04 | 100 |
| Nm150 | 483 ± 70 | 38 | 21,68 | t (2-4)=4,42 | F (2-4)=2,29 | 225 |
| Na150 | 445 ± 46 | 27 | 14,16 | t (1-3)=16,43 | F (1-3)=12,38 | 207 |
| Naa150 | 368 ± 46 | 33 | 14,34 | t (1-4)=10,27 | F (1-4)=12,69 | 171 |
| Naa-км150 | 234 ± 14 | 16 | 4,48 | t (1-5)=3,15 | F (1-5)=1,24 | 109 |
| Naa-км100 | 227 ± 14 | 16 | 4,29 | t (1-6)=2,04 | F (1-6)=1,13 | 106 |

Примечание – Стандартные значения критерия Стьюдента $t(0,05) = 1,960$, $F(0,01) = 2,576$, стандартные значения критерия Фишера $F(0,05) = 1,100$.

Однако различие в улетучивании азота между вторым и третьим вариантами недостоверно ($t(2-3) = 1,47$). Недостоверна также разница в потерях аммиака между вариантами с дозами медленнодействующих (капсулированных) азотных туков ($t(5-6) = 1,13$). Из данных, приведенных в таблице, видно, что газообразные потери азота в форме аммиака на варианте с карбамидом за 70 сут. опыта составили 13 % от величины дозы, на варианте с сульфатом аммония 11 %. Самые низкие потери из изучаемых традиционных форм азотных удобрений получены на варианте с нитратом аммония. Выделение аммиака из аммиачной селитры с полимерным покрытием не превышало 1 % от внесенной дозы (таблица 1.18).

Таблица 1.18. – Потери аммиака в зависимости от формы удобрений при весеннем сроке внесения

| Вариант | Выделилось $N-NH_3$ г/га в сутки | Потери $N-NH_3$ из удобрений | Продолжи- тельность опыта, дни | Потери $N-NH_3$ | |
|-----------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-----------------|-----------|
| | | | | кг/га | % от дозы |
| Контроль | 215 | – | 70 | – | – |
| Nm150 | 483 | 268 | 70 | 18,8 | 13 |
| Na150 | 445 | 230 | 70 | 16,1 | 11 |
| Naa150 | 368 | 153 | 70 | 10,7 | 7 |
| Naa-км150 | 234 | 19 | 70 | 1,3 | 1 |
| Naa-км100 | 227 | 12 | 70 | 0,8 | 1 |

Величина газообразных потерь азота на дерново-подзолистой песчаной почве под пологом сосняка мшистого зависит от формы туков. Так, на варианте с карбамидом, внесенном в дозе 150 кг/га д. в., за 70 суток из почвы улетучилось – 19 кг/га азота, что составляет 13 % от дозы. Из сульфата аммония, внесенного в такой же дозе, потери азота составили 16 кг/га, или 11 %. Самые низкие потери из наиболее распространенных форм азотных удобрений получены при внесении нитрата аммония, они не превышали 7 %.

Газообразные потери азота в форме аммиака из аммиачной селитры, покрытой мочевиноформальдегидной смолой, не превышают 1 % от внесенного количества. При этом увеличение дозы нитрата аммония с полимерным покрытием со 100 до 150 кг/га д. в. не привело к достоверному увеличению газообразных потерь азота из лесных почв.

Нами исследовано влияние осеннего срока внесения обычных удобрений пролонгированного действия на величину газообразных потерь азота. При осеннем сроке внесения разных форм азотных удобрений в молодых культурах сосняка мшистого насаждение характеризовалось следующими лесоводственно-таксационными показателями: тип леса – сосняк мшистый, I класс бонитета, средний диаметр 8,4 см, средняя высота 7,9 м, запас древесины 83 м³/га, число стволов 3124 шт./га. Почва – дерново-подзолистая слабоподзоленная, развивающаяся на песке связном мелкозернистом. Агрохимические показатели почвы гумусоаккумулятивного горизонта: рН_{сол} – 4,3; гумус – 1,22 %; валовый азот – 0,08 %; валовый фосфор – 0,04; легкогидролизующий азот – 3,1 мг/100 г, подвижные формы P₂₀₅ – 8,3 мг, K_{2O} – 1,2 мг/100 г.

Минеральные удобрения на опытные делянки внесены 9 октября 1987 г. вручную путем равномерного разбрасывания по поверхности почвы без последующей заделки. Повторность опыта 5-кратная. Схема опыта: контроль (без удобрений); Nm150; Nkm150 (1) – мочевины с покрытием МФС; Nkm150 (2) – мочевины с защитным покрытием на основе фосфатов кальция и магния, содержащим молибден; Nmc150 – супергранулы мочевины; Nmc-км150 – супергранулы мочевины с покрытием; Naa150; Naa-км150 – с покрытием МФС. Продолжительность опыта – 36 дней.

Среднесуточная температура воздуха равнялась 0 °С, количество атмосферных осадков 1 мм.

Из таблицы 1.19 видно, что в октябре выпал только 1 мм осадков. В ноябре количество осадков составило 11 мм. Влажность почвы на глубине 0–5 см в октябре была несколько ниже, чем в ноябре, и колебалась от 4 % до 8 %.

Таблица 1.19. – Гидротермические показатели в течение опыта в Корневской ЭЛБ ИЛ НАН Беларуси

| Показатель | Октябрь | | | | | | | | Ноябрь | | | | |
|--|---------|----|----|----|----|----|----|----|--------|---|---|----|----|
| | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 19 | 22 | 26 | 1 | 4 | 7 | 11 | 14 |
| Среднесуточная температура воздуха, °С | 11 | 9 | 8 | 8 | 10 | 7 | 5 | 3 | 1 | 2 | 2 | -5 | 3 |

Продолжение таблицы 1.19

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Количество осадков за сутки, мм | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 8 |
| Влажность лесной подстилки, % | 47 | 59 | 51 | 46 | 63 | 50 | 48 | 62 | 56 | 79 | 68 | 52 | 59 |
| Влажность почвы на глубине 0–5 см, % | 4 | 6 | 6 | 5 | 8 | 5 | 6 | 4 | 7 | 9 | 8 | 6 | 9 |

Выделение аммиака из почвы в контрольном варианте опыта не превышало 15 г/га в час (таблица 1.20), минимальное значение составило 5 г/га в час.

Таблица 1.20. – Динамика выделения аммиака в зависимости от формы удобрений, г/га в час

| Вариант | Октябрь | | | | | | | | Ноябрь | | | | | Среднее |
|--------------|---------|----|----|----|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|---------|
| | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 19 | 22 | 26 | 1 | 4 | 7 | 11 | 14 | |
| Контроль | 13 | 14 | 10 | 12 | 12 | 14 | 11 | 15 | 12 | 9 | 8 | 5 | 10 | 11 |
| Nm150 | 29 | 57 | 39 | 52 | 31 | 22 | 39 | 48 | 21 | 17 | 43 | 10 | 10 | 32 |
| Nm-км150 (1) | 19 | 10 | 13 | 17 | 25 | 18 | 16 | 19 | 22 | 13 | 10 | 7 | 14 | 16 |
| Nm-км150 (2) | 17 | 17 | 15 | 18 | 12 | 17 | 18 | 24 | 16 | 14 | 9 | 6 | 15 | 16 |
| Nm-с150 | 59 | 66 | 63 | 68 | 52 | 60 | 53 | 57 | 41 | 35 | 37 | 17 | 27 | 49 |
| Nmс-км150 | 17 | 14 | 10 | 9 | 13 | 15 | 13 | 17 | 20 | 14 | 8 | 5 | 12 | 13 |
| Naa150 | 15 | 15 | 18 | 11 | 17 | 23 | 26 | 20 | 16 | 11 | 8 | 7 | 12 | 16 |
| Naa-км150 | 14 | 14 | 11 | 10 | 14 | 17 | 13 | 18 | 12 | 10 | 8 | 5 | 11 | 12 |

Примечание – Потери аммиачного азота рассчитаны на элементарный азот.

Динамика выделения аммиака из разных форм азотных удобрений существенно различалась. Количество выделившегося аммиака в вариантах Nm-км150 (1), Nmс-км150 и Naa-км150 незначительно превышает контроль. Колебания газообразных потерь аммиака здесь составили 6–25 г/(га·ч). Наиболее интенсивное выделение азота отмечено в вариантах с супергранулами мочевины и обычной мочевиной.

Самые большие потери азота отмечены в варианте с супергранулами – 31,6 кг/га (таблица 1.21).

Таблица 1.21. – Газообразные потери азота в форме аммиака в зависимости от вида удобрений за октябрь – ноябрь

| Вариант | Количество выделившегося аммиака | Потери аммиака из удобрений | Потери аммиака* | |
|----------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------|
| | г/га в сутки | | кг/га | % от дозы |
| Контроль | 202 | – | 7,3 | – |
| Nm150 | 590 | 388 | 21,2 | 9 |

Продолжение таблицы 1.21

| | | | | |
|--------------|-----|-----|------|-----|
| Нм-км150 (1) | 293 | 91 | 10,5 | 2 |
| Нм-км150 (2) | 274 | 72 | 9,9 | 2 |
| Нм-км150 | 878 | 676 | 31,6 | 16 |
| Нмс-км150 | 245 | 38 | 8,8 | 1 |
| Наа150 | 290 | 83 | 10,4 | 2 |
| Наа-км150 | 218 | 16 | 7,8 | 0,3 |

* Коэффициент корреляции достоверен при стандартном значении критерия Стьюдента $t_{0,05}=2,045$.

Примечание – Потери аммиачного азота рассчитаны на элементарный азот.

В варианте Nm150 потери азота в 1,5 раза меньше. Минимальные потери азота в газообразной форме зафиксированы с капсулированной аммиачной селитрой (0,3 % от дозы) и из супергранул с покрытием (1 % от дозы). Наибольшие потери аммиака получены в вариантах с обычной мочевиной (9 %) и супергранулами мочевины без покрытия (16 %). Газообразные потери азота из медленнодействующих удобрений значительно меньше по сравнению с обычными формами тука. Вид покрытия гранул мочевины не оказывал существенного влияния на абсолютные потери аммиака. Одинаковое покрытие гранул мочевины и аммиачной селитры уменьшало газообразные потери азота, но в разной степени. Потери аммиака из капсулированной мочевины больше в 2 раза, чем из капсулированной аммиачной селитры. Для изучения возможного вымывания питательных элементов при весеннем и осеннем сроках внесения азотных удобрений были использованы контейнерные лизиметры. Миграцию элементов питания при весеннем сроке внесения азотных удобрений изучали в 70-летнем сосняке мшистом. За 2,5 года опыта в приспевающем сосновом насаждении на глубине 60 см собрали 10,1 л фильтрата, что составило 0,62 % от общего количества осадков (таблица 1.22).

Таблица 1.22. – Количество атмосферных осадков на территории Ветковского спецлесхоза (кв. 226)

| Месяцы | 1983 г. | | | 1984 г. | | | 1985 г. | | |
|----------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|
| | декады | | | декады | | | декады | | |
| | I | II | III | I | II | III | I | II | III |
| Январь | – | – | – | 9,8 | 4,1 | 21,6 | 34,9 | 12,4 | 21,0 |
| Февраль | – | – | – | 26,8 | 0 | 0 | 9,9 | 14,1 | – |
| Март | – | – | – | 20,6 | 1,2 | 6,1 | 1,7 | 2,1 | 8,6 |
| Апрель | – | – | – | 4,6 | 0,6 | 8,9 | 28,4 | 14,8 | 14,4 |
| Май | – | – | 29,5 | 8,9 | 78,7 | 43,4 | 24,9 | 1,1 | 17,8 |
| Июнь | 5,8 | 43,1 | 9,7 | 29,1 | 58,3 | 41,9 | 47,0 | 51,1 | 20,1 |
| Июль | 7,3 | 20,0 | 36,2 | 37,3 | 30,6 | 4,5 | 96,8 | 4,2 | 16,9 |
| Август | 12,5 | 0 | 6,2 | 0 | 52,5 | 9,9 | 37,5 | 25,7 | 18,5 |
| Сентябрь | 3,7 | 16,3 | 1,3 | 14,8 | 29,7 | 45,4 | 54,1 | 15,6 | 24,3 |
| Октябрь | 15,7 | 12,3 | 4,4 | 14,9 | 19,3 | 11,2 | 8,6 | 12,4 | – |
| Ноябрь | 6,5 | 33,7 | 3,8 | 5,5 | 0 | 22,9 | – | – | – |
| Декабрь | 0,5 | 4,4 | 19,6 | 18,5 | 19,7 | 3,0 | – | – | – |

По многолетним средним данным, в Ветковском районе за 2,5 года выпадает примерно 1535 мм осадков. Фактически за 2,5 года выпало 1625,1 мм осадков, что превысило многолетний средний объем на 90,1 мм, или на 5,9 %. Эти данные говорят о том, что в период проведения лизиметрических исследований объем атмосферных осадков был больше средних многолетних показателей.

Внесение азотных удобрений способствовало подкислению инфильтрационных вод. Наиболее сильно подкисление фильтрата происходит на варианте с нитратом аммония. Аммиачная селитра с полимерным покрытием в дозе 150 кг/га по д.в. также способствовала подкислению фильтрата, но в меньшей степени, чем аммиачная селитра без покрытия. Подкисление фильтрата на варианте Naa-п100 менее выражено, чем на других удобрённых вариантах опыта.

Вымывание азота происходит как на контроле, так и на удобрённых вариантах. Потери азота с инфильтрационными водами происходят, в основном, в нитратной форме. Значительно меньше вымывается азот в аммонийной форме. И совсем незначительное количество в форме нитритов.

Наиболее интенсивное вымывание минерального азота отмечено в апреле на следующий год после внесения азотных удобрений. Максимальные потери азота отмечены на варианте Naa150 (16,5 %). Потери азота из аммиачной селитры с полимерным покрытием в такой же дозе составили 8,7 %. Самые низкие потери (6,9 %) получены на варианте с удобрением пролонгированного действия, внесённым в дозе N100. Под влиянием минеральных удобрений более интенсивно на всех вариантах опыта выщелачивается из почвы кальций, затем магний. Калий менее всех подвержен этому процессу (таблица 1.23).

Таблица 1.23. – Вымывание кальция, магния и калия в сосновых насаждениях в зависимости от дозы и формы удобрений

| Варианты опыта | Кальций | | Магний | | Калий | |
|----------------|---------|-----|--------|-----|-------|-----|
| | кг/га | % | кг/га | % | кг/га | % |
| Контроль | 18,4 | 100 | 6,4 | 100 | 0,8 | 100 |
| Naa150 | 36,6 | 199 | 8,5 | 157 | 1,1 | 138 |
| Naa-км150 | 23,1 | 126 | 6,2 | 115 | 1,0 | 125 |
| Naa-км100 | 19,5 | 106 | 5,8 | 107 | 0,9 | 113 |

На варианте с обычной аммиачной селитрой потери кальция и магния намного выше, чем на варианте с удобрением пролонгированного действия, внесённой в такой же дозе. С уменьшением дозы удобрения пролонгированного действия сокращаются потери кальция и магния. Самые низкие потери калия, в абсолютных цифрах, получены при внесении аммиачной селитры с покрытием композиционным материалом.

Математическая обработка полученных данных при весеннем сроке внесения удобрений показала, что вымывание азота в нитратной форме на всех вариантах опыта в течение двух лет имеет высокую степень достоверности.

Потери азота в аммонийной форме достоверны на варианте с обычной аммиачной селитрой и не всегда достоверны при внесении капсулированной. Выщелачивание кальция и магния на варианте с аммиачной селитрой не всегда достоверно. На вариантах с медленнодействующим азотным удобрением вымывание кальция и магния не достоверно. При осеннем сроке внесения азотных удобрений изучали вымывание элементов питания в 17-летних культурах сосны. За два года исследований на глубине 60 см собрали 6,5 л фильтрата, что составляет 3,2 % от количества атмосферных осадков (таблица 1.24).

Таблица 1.24. – Количество атмосферных осадков на территории Гомельского района (Новобелицкое лесничество, кв. 389)

| Месяц | 1983 г. | | | 1984 г. | | | 1985 г. | | |
|----------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|
| | декады | | | декады | | | декады | | |
| | I | II | III | I | II | III | I | II | III |
| Январь | – | – | – | 13,3 | 2,5 | 18,6 | 41,3 | 1,8 | 16,5 |
| Февраль | – | – | – | 25,1 | 0,6 | 0 | 6,7 | 12,4 | |
| Март | – | – | – | 19,7 | 0,6 | 4,0 | 1,1 | 1,5 | 9,8 |
| Апрель | – | – | – | 3,8 | 0,7 | 10,2 | 14,9 | 12,5 | 18,2 |
| Май | – | – | – | 11,0 | 45,7 | 33,1 | 26,6 | 1,4 | 5,9 |
| Июнь | – | – | – | 19,7 | 45,8 | 48,1 | 43,2 | 76,7 | 7,4 |
| Июль | – | – | – | 31,5 | 27,5 | 14,8 | 56,3 | 11,4 | 20,3 |
| Август | – | – | – | 4,6 | 27,2 | 21,9 | 42,1 | 23,1 | 22,5 |
| Сентябрь | – | – | – | 8,0 | 41,0 | 27,8 | 44,5 | 19,4 | 27,3 |
| Октябрь | – | 12,0 | 3,4 | 16,9 | 25,8 | 5,9 | 11,1 | 13,3 | – |
| Ноябрь | 4,3 | 32,0 | 4,3 | 5,3 | 3,1 | 24,6 | – | – | – |
| Декабрь | 0,4 | 1,9 | 22,0 | 7,2 | 21,3 | 2,0 | – | – | – |

По многолетним средним данным, в Гомельском районе за два года выпадает примерно 1178 мм осадков. Фактически за этот период выпало 1250 мм осадков, что превышает многолетний средний объем на 72,4 мм или на 5,8 %.

В таблице 1.25 приведена динамика химического состава инфильтрационных вод в 17-летнем сосняке мшистом при осеннем внесении азотных удобрений.

Таблица 1.25. – Динамика химического состава лизиметрических вод в 17-летнем сосняке мшистом при осеннем внесении удобрений

| Дата взятия воды | Варианты опыта | рН | Количество ингредиентов, мг/л | | | | | |
|------------------|----------------|-----|-------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|----------------|
| | | | N-NO ₃ | N-NH ₄ | N-NO ₂ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 10.04.84 | 1 | 5,6 | 1,68 | 0,31 | нет | 114,70 | 44,29 | 3,28 |
| | 2 | 4,9 | 297,59 | 3,25 | 0,23 | 167,10 | 106,21 | 12,76 |
| | 3 | 5,3 | 50,47 | 2,46 | 0,14 | 158,0 | 68,74 | 4,62 |
| | 4 | 5,5 | 26,64 | 1,10 | 0,08 | 149,60 | 53,71 | 4,01 |

Продолжение таблицы 1.25

| | | | | | | | | |
|----------|---|-----|--------|------|------|--------|-------|------|
| 14.06.84 | 1 | 6,1 | 3,08 | 0,18 | нет | 75,00 | 23,05 | 4,74 |
| | 2 | 5,4 | 358,23 | 3,01 | нет | 118,63 | 36,07 | 7,17 |
| | 3 | 5,7 | 39,67 | 2,24 | нет | 80,10 | 31,86 | 6,20 |
| | 4 | 5,9 | 19,46 | 1,00 | нет | 79,44 | 27,25 | 5,59 |
| 15.08.84 | 1 | 6,4 | 4,16 | 0,54 | 0,05 | 49,22 | 20,64 | 4,25 |
| | 2 | 5,7 | 136,30 | 2,36 | 0,17 | 68,14 | 34,27 | 9,11 |
| | 3 | 5,9 | 55,07 | 1,53 | 0,10 | 56,01 | 30,46 | 7,05 |
| | 4 | 6,1 | 21,18 | 0,98 | 0,08 | 52,10 | 25,65 | 4,98 |
| 10.10.84 | 1 | 5,8 | 7,70 | 0,72 | нет | 51,30 | 17,64 | 4,60 |
| | 2 | 5,4 | 128,15 | 1,29 | 0,07 | 64,60 | 50,70 | 6,74 |
| | 3 | 5,6 | 63,76 | 1,03 | 0,05 | 53,16 | 40,88 | 5,30 |
| | 4 | 5,7 | 28,37 | 0,84 | 0,01 | 52,80 | 34,87 | 5,06 |
| 17.04.85 | 1 | 6,2 | 4,22 | 0,98 | нет | 62,10 | 9,90 | 6,14 |
| | 2 | 5,8 | 10,41 | 1,72 | нет | 84,60 | 12,43 | 8,30 |
| | 3 | 6,0 | 8,35 | 1,33 | нет | 63,20 | 11,20 | 7,40 |
| | 4 | 6,1 | 6,80 | 1,00 | нет | 62,90 | 10,05 | 6,75 |
| 09.06.85 | 1 | 6,7 | 3,20 | 1,66 | нет | 47,10 | 15,10 | 4,29 |
| | 2 | 6,6 | 9,82 | 2,27 | нет | 51,24 | 19,00 | 4,87 |
| | 3 | 6,7 | 7,32 | 1,94 | нет | 49,50 | 17,90 | 4,60 |
| | 4 | 6,7 | 4,68 | 1,75 | нет | 47,66 | 15,74 | 4,35 |
| 08.08.85 | 1 | 6,7 | 3,92 | 2,80 | 0,01 | 41,90 | 10,66 | 2,75 |
| | 2 | 6,5 | 7,11 | 3,37 | 0,04 | 43,02 | 11,54 | 3,00 |
| | 3 | 6,6 | 5,83 | 3,15 | 0,04 | 42,00 | 11,03 | 2,90 |
| | 4 | 6,7 | 4,04 | 3,00 | 0,01 | 41,95 | 10,89 | 2,80 |
| 21.10.85 | 1 | 6,5 | 2,10 | 1,12 | нет | 32,15 | 12,64 | 3,17 |
| | 2 | 6,5 | 2,53 | 1,20 | нет | 32,20 | 12,80 | 3,22 |
| | 3 | 6,5 | 2,40 | 1,19 | нет | 32,18 | 12,71 | 3,20 |
| | 4 | 6,5 | 2,12 | 1,14 | нет | 32,15 | 12,67 | 3,17 |

Примечание – 1 – контроль; 2 – Naa150; 3 – Naa-км150; 4 – Naa-км100.

Вымывание всех трех форм азота на глубину 60 см аналогичное, как и при весеннем сроке внесения удобрений: на первом месте – нитратный азот, на втором – аммонийный. Нитритный азот встречается в фильтрате в незначительных количествах. На удобренных вариантах фильтрат имеет более кислую реакцию по сравнению с контролем. Самая высокая кислотность инфильтрационных вод отмечена на варианте с обычной аммиачной селитрой.

В таблице 1.26 представлены данные об общем содержании всех форм азота удобрений в инфильтрационных водах.

Таблица 1.26. – Содержание азота в лизиметрических водах 17-летнего сосняка мшистого на глубине 60 см при осеннем внесении удобрений

| Дата взятия воды | Вариант опыта | Сумма азота, мг/л | Объем фильтрата, л | Вымывание азота | | % дозы от внесения |
|------------------|---------------|-------------------|--------------------|-----------------|-------|--------------------|
| | | | | г/л | кг/га | |
| 10.08.84 | 1 | 1,99 | 1,10 | 0,002 | 0,13 | – |
| | 2 | 301,07 | | 0,331 | 20,68 | 13,7 |
| | 3 | 53,07 | | 0,058 | 3,63 | 2,3 |
| | 4 | 27,82 | | 0,031 | 1,94 | 1,8 |

Продолжение таблицы 1.26

| | | | | | | |
|----------|---|--------|------|-------|-------|------|
| 14.06.84 | 1 | 3,26 | 0,69 | 0,002 | 0,13 | – |
| | 2 | 361,24 | | 0,249 | 15,56 | 10,3 |
| | 3 | 41,91 | | 0,029 | 1,81 | 1,1 |
| | 4 | 20,46 | | 0,014 | 0,88 | 0,8 |
| 15.07.84 | 1 | 4,75 | 0,50 | 0,002 | 0,13 | – |
| | 2 | 138,83 | | 0,069 | 4,31 | 2,8 |
| | 3 | 56,70 | | 0,028 | 1,75 | 1,1 |
| | 4 | 22,24 | | 0,011 | 0,69 | 0,6 |
| 10.10.84 | 1 | 8,42 | 0,62 | 0,005 | 0,31 | – |
| | 2 | 129,51 | | 0,080 | 5,00 | 3,1 |
| | 3 | 64,84 | | 0,040 | 2,50 | 1,5 |
| | 4 | 29,22 | | 0,018 | 1,13 | 0,8 |
| 17.04.84 | 1 | 5,20 | 1,40 | 0,007 | 0,44 | – |
| | 2 | 12,13 | | 0,017 | 1,06 | 0,4 |
| | 3 | 9,68 | | 0,014 | 0,88 | 0,3 |
| | 4 | 7,80 | | 0,011 | 0,69 | 0,3 |
| 19.06.85 | 1 | 4,86 | 0,73 | 0,004 | 0,25 | – |
| | 2 | 12,09 | | 0,009 | 0,56 | 0,2 |
| | 3 | 9,26 | | 0,007 | 0,44 | 0,1 |
| | 4 | 6,43 | | 0,005 | 0,31 | 0,1 |
| 8.08.85. | 1 | 6,73 | 0,60 | 0,004 | 0,25 | – |
| | 2 | 10,52 | | 0,006 | 0,38 | 0,1 |
| | 3 | 9,02 | | 0,005 | 0,31 | 0 |
| | 4 | 7,05 | | 0,004 | 0,25 | 0 |
| 21.10.85 | 1 | 3,22 | 0,83 | 0,003 | 0,19 | – |
| | 2 | 3,73 | | 0,003 | 0,19 | 0 |
| | 3 | 3,59 | | 0,003 | 0,19 | 0 |
| | 4 | 3,26 | | 0,003 | 0,19 | 0 |

Примечание – 1 – контроль; 2 – Naa150; 3 – Naa-км150; 4 – Naa-км100.

Максимальные потери азота из удобрений приходятся на первый год после их внесения. Так, на варианте с аммиачной селитрой потери азота в апреле и июне 1984 г. составили соответственно 13,7 и 10,3 % от внесенной дозы. Самые низкие потери азота за период исследований наблюдались на варианте Naa-км100. Вымывание азота на этом варианте составило 4,3 % от величины дозы. С увеличением дозы медленнодействующего азотного удобрения со 100 до 150 кг/га потери азота возросли до 6,5 %. Больше всего азота вымылось на варианте с обычной аммиачной селитрой (30,6 %).

Внесение азотных удобрений в культуры сосны способствует выщелачиванию из почвы кальция, магния и калия (таблица 1.27).

Таблица 1.27. – Вымывание кальция, магния и калия в сосняке мшистом в зависимости от дозы и формы удобрений (удобрение внесено 10.10.83 г.)

| Варианты опыта | Кальций | | Магний | | Калий | |
|----------------|---------|-----|--------|-----|-------|-----|
| | кг/га | % | кг/га | % | кг/га | % |
| Контроль | 25,5 | 100 | 8,0 | 100 | 1,8 | 100 |

Продолжение таблицы 1.27

| | | | | | | |
|-----------|------|-----|------|-----|-----|-----|
| Naa150 | 34,3 | 135 | 14,9 | 186 | 3,1 | 172 |
| Naa-км150 | 29,1 | 114 | 11,6 | 145 | 2,1 | 117 |
| Naa-км100 | 28,4 | 111 | 9,8 | 123 | 1,9 | 106 |

Наиболее интенсивно вымывается кальций и магний с инфильтрационными водами на варианте с нитратом аммония. На вариантах с капсулированной аммиачной селитрой процесс вымывания выражен слабее. Математическая обработка химического состава инфильтрационных вод при осеннем сроке внесения удобрений показала достоверное различие в потерях нитратного и аммиачного азота, а также ионов кальция.

Таким образом, при весеннем внесении капсулированной аммиачной селитры в дозе N150 величина вымытого азота в пять раз меньше по сравнению с обычной формой тука. При осеннем внесении – в три раза. Вымывание таких элементов питания, как кальций, магний и калий, на вариантах с медленнодействующим азотным удобрением происходит менее интенсивно в отличие от обычной аммиачной селитры.

Комплексным показателем эффективности применения и использования минеральных туков может служить коэффициент использования удобрений (КИУ). Определить коэффициент использования удобрений можно разностным методом, используя приходные и расходные статьи его баланса [245]. К приходным статьям баланса включают поступление азота с удобрениями и атмосферными осадками, а также мобилизации азота почвы и лесной подстилки. В рекомендациях БелНИИЛХ [168] даны оптимальные дозы внесения минеральных удобрений в различные типы сосновых и еловых насаждений. Как правило, эти дозы находятся в интервале 150–200 кг/га азота по действующему веществу. Количество азота, поступающее с атмосферными осадками, составляет примерно 21 кг/га, а мобилизация азота почвы и лесной подстилки достигает 15 % от величины внесенной дозы [245]. К расходным статьям баланса относится потребление азота живым напочвенным покровом, потери его в результате вымывания за пределы корнеобитаемого слоя почвы и потери азота в газообразной фазе, а также биологическая фиксация микроорганизмами (иммобилизация). Величина азота, потребляемого живым напочвенным покровом, может достигать до 17 % от внесенной дозы, а биологическая фиксация микроорганизмами – до 20 %. Непродуктивные потери азота в газообразной форме и в результате вымывания во многом зависят от срока внесения удобрений и гидро-термических условий в момент и после их внесения. В среднем для условий Беларуси величина газообразных потерь азота может составлять 2 % – 10 %, а потерь с инфильтрационными водами – 10 % – 25 % от дозы [246; 247].

В таблице 1.28 приведены качественные показатели основных «приходных» и «расходных» статей баланса обычной и с полимерным покрытием аммиачной селитры при осеннем внесении удобрений.

Таблица 1.28. – Структура баланса использования азота 17-летними культурами сосны при осеннем внесении разных форм аммиачной селитры

| Приходные статьи | Расходные статьи | |
|---|--|-----------|
| | Варианты опыта | |
| | Naa150 | Naa-км150 |
| 1. Внесение с удобрением, 150 кг/га | 1. Потребление живым напочвенным покровом до 17 % от дозы | |
| 2. Поступление с атмосферными осадками, 35 кг/га | 2. Газообразные потери азота | |
| 3. Мобилизация азота почвы и лесной подстилки (до 15 % от дозы), 22 кг/га | 9 кг/га | 1,5 кг/га |
| | 3. Потери с инфильтрационными водами | |
| | 22 кг/га | 8,5 кг/га |
| Итого поступило азота за 5 лет 207 кг/га | 4. Иммобилизация азота удобрений (до 20 % от дозы) | |
| | 30 кг/га | 30 кг/га |
| | Итого потерь азота за 5 лет | |
| | 87 кг/га | 66 кг/га |

Потери из удобрений пролонгированного действия значительно меньше, чем из обычной: газообразные соответственно – 1,5 и 9 кг/га, а величина вымытого азота с инфильтрационными водами – 8,5 и 22 кг/га.

Коэффициент использования азота сосновыми насаждениями зависит от формы вносимых туков. При осеннем внесении обычной аммиачной селитры коэффициент использования азота деревьями сосны составил 58 %, а из удобрений пролонгированного действия – 68 %. По многолетним полученным данным составлены основные статьи баланса обычной и капсулированной аммиачной селитры для 70-летнего сосняка мшистого (таблица 1.29).

Таблица 1.29. – Структура баланса использования азота 70-летним сосновым насаждениям при весеннем внесении разных форм аммиачной селитры

| Приходные статьи | Расходные статьи | |
|---|--|-----------|
| | Варианты опыта | |
| | Naa150 | Naa-км150 |
| 1. Внесение с удобрением, 150 кг/га | 1. Потребление живым напочвенным покровом до 17 % от дозы | |
| 2. Поступление с атмосферными осадками, 35 кг/га | 2. Газообразные потери азота | |
| 3. Мобилизация азота почвы и лесной подстилки (до 15 % от дозы), 22 кг/га | 11 кг/га | 1 кг/га |
| | 3. Потери с инфильтрационными водами | |
| | 26 кг/га | 13 кг/га |
| Итого поступило азота за 5 лет 207 кг/га | 4. Иммобилизация азота удобрений (до 20 % от дозы) | |
| | 30 кг/га | 30 кг/га |
| | Итого потерь азота за 5 лет | |
| | 93 кг/га | 70 кг/га |

Коэффициент использования азота в 70-летнем сосняке мшистом зависит от формы вносимых удобрений. При весеннем внесении обычной

аммиачной селитры коэффициент использования азота деревьями основного яруса составляет 56 %, а из удобрений пролонгированного действия – 67 %.

Уменьшение коэффициента использования азота из обычной аммиачной селитры, по сравнению с удобрениями пролонгированного действия, объясняется наибольшими потерями азота в газообразной форме и в результате вымывания с инфильтрационными водами.

Нами определена структура баланса и коэффициент использования азота разновозрастными сосновыми насаждениями при осеннем сроке внесения удобрений. Коэффициент использования удобрений при осеннем сроке их внесения находится примерно на том же уровне, что и при весеннем сроке внесения туков. Однако следует отметить, что в структуре баланса потери азота с инфильтрационными водами при весеннем сроке внесения удобрений больше по сравнению с осенним сроком. Газообразные потери аммиака из аммиачной селитры практически не зависят от срока внесения удобрений (рисунок 1.3).

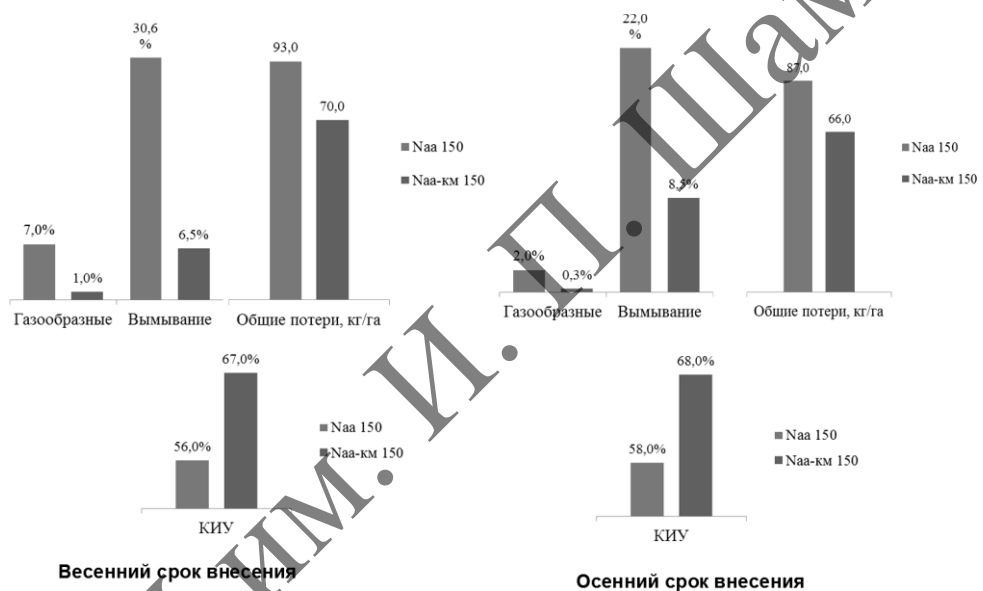


Рисунок 1.3. – Непродуктивные потери азота из удобрений и коэффициент их использования (КИУ) в сосновых насаждениях

Предупредить отрицательные экологические последствия при внесении минеральных удобрений в лесах можно без дополнительных финансовых и трудовых затрат. Следует соблюдать сроки и формы внесения удобрений. Величина газообразных потерь азота определяется в основном подбором формы вносимых туков соответственно погодным условиям.

При поверхностном внесении азотных удобрений под полог леса происходят непроизводительные газообразные потери азота, в основном в форме аммиака. Для снижения потерь азота в форме аммиака особое внимание должно уделяться гидротермическим условиям местности.

В таблице 1.30 представлены данные по предупреждению газообразных потерь азота из разных форм удобрений при разных сроках их внесения в сосновые насаждения.

Таблица 1.30. – Рекомендуемые формы и сроки внесения удобрений для предотвращения газообразных потерь

| Формы удобрений при среднесуточной температуре воздуха | | | |
|---|--|--|---|
| весенний срок внесения | | | осенний срок внесения ниже 5 °С |
| ниже 7 °С | 7 °С – 16 °С | выше 16 °С | |
| Любые формы стандартных и медленнодействующих удобрений | Медленнодействующие туки, аммиачная селитра, сульфат аммония | Медленнодействующие туки, аммиачная селитра, сульфат аммония | Медленнодействующие туки, мочевины, сульфат аммония |

Для снижения газообразных потерь азота из мочевины рекомендуется смешивать ее с хлористым аммонием в соотношении: 75 % мочевины и 25 % хлористого аммония по действующему веществу [248].

Для получения удобрений пролонгированного действия используют водорастворимые полимеры и целевые добавки [249].

С целью предупреждения загрязнений поверхностных и грунтовых вод минеральных удобрений в хвойных насаждениях необходимо соблюдать следующие требования:

– при весеннем сроке внесения: минеральные удобрения вносят после схода талых поверхностных вод, а медленнодействующие туки, мочевины и сульфат аммония при залегании грунтовых или почвенно-грунтовых вод выше 1,5 м;

– при осеннем сроке внесения: медленнодействующие удобрения, мочевины и сульфат аммония вносят аналогично весеннему сроку внесения минеральных удобрений.

Под влиянием минеральных удобрений более интенсивно на всех вариантах опыта выщелачивается из почвы кальций, затем магний. Калий менее всех подвержен этому процессу. На варианте с аммиачной селитрой потери кальция и магния намного выше, чем на варианте с удобрением пролонгированного действия, внесенной в такой же дозе. С уменьшением дозы медленнодействующего азотного удобрения сокращаются потери кальция и магния. Самые низкие потери калия, в абсолютных цифрах, получены при внесении удобрений пролонгированного действия. При весеннем внесении удобрений пролонгированного действия в дозе N150 величина вымытого азота в пять раз меньше по сравнению с обычной формой тука. При осеннем внесении – в три раза. Вымывание таких элементов питания как кальций, магний и калий на вариантах с удобрением пролонгированного действия происходит менее интенсивно в отличие от обычной аммиачной селитры.

ГЛАВА 2

НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЯНЦЕВ

В Беларуси накоплен значительный опыт по выращиванию лесного посадочного материала. Однако проблема повышения искусственного лесовыращивания в республике полностью не решена. Требуется дальнейшее совершенствование агротехнологии выращивания посадочного материала на основе использования композиционных материалов. Композиционные материалы – это конструкционные материалы сложного состава, образующиеся путем объемного сочетания связующих и целевых добавок. Основной целью исследований композиционных материалов является разработка и оптимизация их физико-химических свойств для получения максимального лесоводственно-экономического эффекта. Основными направлениями исследований композиционных материалов являются научно-методические и производственно-технические (рисунок 2.1).

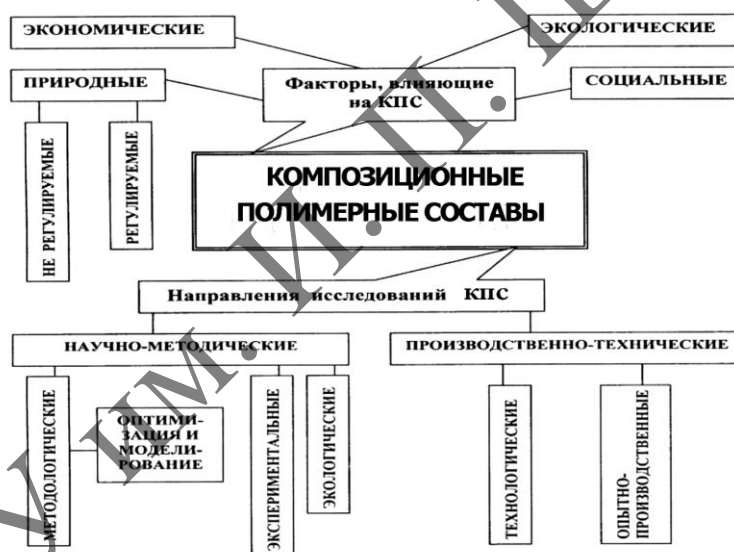


Рисунок 2.1. – Направления исследований композиционных материалов при выращивании сеянцев лесных пород

В Беларуси имеются теоретические предпосылки использования композиционных материалов для выращивания сеянцев древесных пород в лесных питомниках при предпосевной подготовке семян, внекорневой обработке растений в период вегетации, предпосадочной обработке корневых систем сеянцев от иссушения.

В процессе хранения семена сосны обыкновенной находятся в состоянии глубокого покоя и без специальной предпосевной подготовки не прорастают. В период хранения семян ферменты находятся в равновесном состоянии. Во время покоя зародыш семени очень мало потребляет запасные питательные вещества. Чтобы семена проросли, необходимо воздействовать

на них физическими или химическими факторами внешней среды. При воздействии физических факторов семена выходят из равновесного состояния, происходят изменения всей биологической системы семени на энергетическом уровне. Большое влияние на прорастание семени оказывает время воздействия физических факторов и качество света. Время облучения семян составляет около 7 часов. Обработка семян ультрафиолетовым светом стимулирует физиологическую активность зародыша, повышая его энергию, и не оказывает отрицательного действия на наследственную систему. Наибольшая эффективность предпосевной обработки семян хвойных пород наблюдается при облучении их ультрафиолетовым светом мощностью светового потока $64 \text{ Вт/м}^2\text{с}$ с длиной волны 320–360 нм. При этом более интенсивно протекают окислительные процессы, которые влияют на зародыш семени и способствуют интенсификации его роста. Энергия прорастания облученных УФ-светом семян на 20 % – 30 % и всхожесть на 15 % – 25 % выше по сравнению с необлученными. УФ-свет способствует образованию стимулятора роста для семян – гиббереллина, который активизирует прорастание семян.

Последующее намачивание семян хвойных пород в водном растворе композиционного полимерного состава с микроэлементами и стимуляторами роста при температуре 18°C – 20°C активизирует в зародыше гидролитические ферменты и ферменты аминокислотного обмена [250–252].

Большое значение для предпосевной обработки семян при разработке композиционных полимерных составов имеет водородный показатель. Для хвойных пород оптимальный водородный показатель составляет 4,5–5,5 единиц, для лиственных – 5,5–7,5 единиц. Кроме того, нецелесообразно использовать более 4-х микроэлементов одновременно, т. к. происходит коагуляция этих элементов в водных растворах и они становятся недоступны для растений [253–256].

Для предпосевной обработки семян хвойных пород разработан композиционный полимерный состав, содержащий натрийкарбоксиметилцеллюлозу (NaКМЦ) – 5 мас.%, экстракт торфа «Черный доктор» – 14 мас.%, эпин – 4 мас.%. Данный композиционный полимерный состав повышает лабораторную всхожесть на 18 % и выход стандартных сеянцев до 20 %.

Ультрафиолетовое облучение семян с последующим намачиванием в 5%-м водном растворе композиционного полимерного состава оказалось наиболее эффективным способом предпосевной обработки семян хвойных пород. При этом количество всходов превышает контроль до 20 %. В последние годы появились новые технологии предпосевной обработки семян с использованием электромагнитных пульсаций на основе генератора «Рост-актив», который широко используется в сельском хозяйстве; для лесного хозяйства необходимо установить период их действия, различный для семян хвойных и лиственных пород.

После предпосевной обработки семян физическими и химическими способами их высевают. Большое значение имеет срок посева семян. Сроки и способы посева семян лиственных пород изучены недостаточно глубоко,

отсутствуют рекомендации по агротехнологии их выращивания. В зависимости от почвенного плодородия лесных питомников и влажности верхнего гумусоаккумулятивного слоя зависит грунтовая всхожесть семян и выход стандартных сеянцев с единицы площади. Использование коровых компостов способствует оптимизации водно-воздушного режима субстрата, вследствие чего повышается грунтовая всхожесть семян. Внесение коровых компостов способствует увеличению содержания гумуса и подвижных элементов питания в почве лесных питомников в течение 2–3-х лет. Дозы внесения коровых компостов зависят от обеспеченности почв лесных питомников гумусом и элементами минерального питания. За счет внесения коровых компостов происходит оптимизация почвенных условий в течение всего вегетационного периода. Коровые компосты обеспечивают оптимальный водный и питательный режимы, а также создают необходимые условия для равномерного высева и заделки семян с последующим формированием на корневых системах сеянцев трех форм микоризы: булавовидной, вильчатой и коралловидной. Внесение коровых компостов активизирует работу почвенной микрофлоры и способствует переходу питательных веществ из недоступной для растений формы в легкоусвояемую. Для ускорения получения коровых компостов, готовых к использованию, в них добавляют целевые добавки в виде куриного помета и полимерного структурообразователя почвы, который способен удерживать воду в десятки раз больше по сравнению со своей массой. Полимерный структурообразователь совместно с куриным пометом обеспечивают ускорение процесса разложения коровых компостов до 1,2–1,5 года [267].

Потребность сеянцев в элементах минерального питания зависит от многих факторов, в первую очередь, от вида посадочного материала и срока его выращивания. Обеспечение сеянцев элементами питания достигается путем внесения коровых компостов, удобрений пролонгированного действия и внекорневых подкормок.

Минеральные удобрения выполняют различные функции при выращивании растений. Лесоводственно-экономический эффект от использования минеральных удобрений повышается при внесении удобрений пролонгированного действия в комплексе с регуляторами роста и микроэлементами [268–271]. Наиболее эффективны удобрения пролонгированного действия при достаточной обеспеченности почв лесных питомников элементами питания. При этом увеличиваются биометрические показатели как надземной части, так и корневых систем сеянцев, а также повышается выход стандартного посадочного материала. Полученные сеянцы имеют оптимальное соотношение массы корневых систем к массе надземной части сеянцев, что обеспечивает высокую приживаемость их на лесокультурной площади.

Для оптимизации питания растений и получения наибольшего лесоводственного эффекта от внесения удобрений с учетом требований в области охраны окружающей среды положен принцип пролонгированности на основе создания и использования медленно растворимых удобрений. Такие удоб-

рения способны обеспечить растения необходимым количеством азота за счет покрытия гранул обычных удобрений композиционным полимерным составом. Большое влияние на физико-химические свойства гранул удобрений и использование элементов питания оказывает концентрация композиционных полимерных составов и целевых добавок. Покрытия на гранулах удобрений выполняют роль полупроницаемых мембран, в процессе разрушения которых происходит постепенный вынос элементов питания. Это дает возможность пролонгировать действие удобрений и повысить коэффициент их использования.

Разработка композиционных полимерных составов для получения удобрений пролонгированного действия способствует улучшению физико-химических свойств гранул удобрений, а также снижает непродуктивные потери азота в газообразной форме и в результате вымывания за пределы корнеобитаемого слоя почвы. За счет повышения коэффициента использования удобрений доза внесения удобрений пролонгированного действия снижается на 30 %.

Важно создание оптимальных условий питания растений в течение всего вегетационного периода: необходимо сочетать внесение основного удобрения с внекорневыми подкормками. Внекорневая подкормка проводится путем опрыскивания растений водными растворами композиционных полимерных составов, которые дополнительно содержат элементы минерального питания. Внекорневая обработка семян композиционными полимерными составами позволяет уменьшить дозу внесения удобрений на 20 % – 25 % и продлить период их влияния на рост растений.

Мульчирование почвы пленками – один из эффективных агротехнических приемов. Этот прием позволяет регулировать водный, воздушный и тепловой режимы почвы, поддерживая корнеобитаемый слой почвы в рыхлом состоянии, вести борьбу с сорняками и создавать в почве благоприятные условия для протекания биологических процессов.

Для мульчирования почвы наиболее эффективным является спанбонд марки SM-60 (черный). Это нетканый материал со светостабилизирующими добавками, который имеет следующие свойства:

- обладая воздухо- и водопроницаемостью, создает экологически оптимальные условия почвенно-грунтовой среды для успешного роста растений;
- препятствует развитию и распространению сорняков;
- накапливает тепло и передает его почве;
- свободно пропускает сквозь поры воду и элементы питания, не образуя при этом гнили и плесени;
- затрудняет испарение влаги из почвы, снижает количество поливов в 2–3 раза;
- добавка ультрафиолетового стабилизатора при изготовлении материала предохраняет его от разрушения под действием солнечных лучей в течение трех сезонов без снятия на зиму;

- улучшает перезимовку корней растений как в снежную, так и в бесснежную зиму.

В последние годы для мульчирования почвы и выращивания древесных и плодово-ягодных растений используют агроткань «Терратекс». Данная агроткань изготовлена из полипропиленовых ленточных нитей с добавлением светостабилизатора для увеличения срока ее службы (более 5 лет), с плотностью 100–130 г/м².

Агротехнология выращивания сеянцев дуба черешчатого как с закрытой, так и с открытой корневой системой разработана не в полной мере. Для выращивания сеянцев с закрытой корневой системой полностью не отработаны технологии на всех этапах, начиная от хранения желудей, способа посева, использования субстрата и т. д. Нет принципиального ответа о лесоводственной эффективности агротехнического приема подрезки корневых систем сеянцев дуба черешчатого. Следует провести анализ эффективности создания лесных культур с использованием различного вида посадочного материала на биологическую устойчивость насаждений.

На базе Щучинского лесхоза отработывается технология зимнего хранения желудей с использованием полиэтиленовой бочки емкостью 200 л, в центр которой помещают пластиковую трубу с отверстиями. На дно бочки помещают древесные опилки с водопоглощающим полимером слоем до 10 см (рисунок 2.2). Перед посевом производится обрезка желудей на ¼ длины.



Рисунок 2.2. – Технология зимнего хранения желудей в ГЛХУ «Щучинский лесхоз»

В Щучинском лесхозе для выращивания сеянцев дуба черешчатого с закрытой корневой системой за основу взята «польская» технология с применением пенополистерольных кассет. Главное отличие заключается в способе посева желудей и глубине их заделки в почву. Нами совместно с РУП «Специальное конструкторско-технологическое бюро «Металлополимер» отработывается технология получения аналогичных кассет, но с использованием пенополиуретана, что позволит увеличить срок их эксплуатации в 3–5 раз.

Для повышения эффективности лесопитомнического хозяйства на ближайшее время стоят три основные задачи: 1 – агротехнология выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой; 2 – агротехнология выращивания сеянцев и саженцев в условиях закрытого грунта; 3 – усовершенствование агротехнологии выращивания посадочного материала в посевных и школьных отделениях лесных питомников.

Нами определены следующие этапы лесовыращивания с использованием композиционных материалов: агротехника выращивания посадочного материала; технологические приемы хранения и транспортировки сеянцев, создание лесных культур и повышение продуктивности насаждений (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3. – Схема применения композиционных материалов

2.1 Исследование влияния различных субстратов на рост и развитие сеянцев дуба черешчатого и сосны обыкновенной

Для изучения влияния формы и объема корнеобитаемого субстрата с использованием полимерных контейнеров на рост и развитие сеянцев дуба черешчатого нами определены биометрические показатели сеянцев (высота стволика, диаметр корневой шейки и количество листьев на одном растении): 7 июня, 7 июля и 4 октября 2016 года.

Анализ полученных результатов динамики роста и развития сеянцев дуба черешчатого на контрольном варианте опыта с использованием полимерной кассеты 8,3×12,5 см (104 см³) в конце вегетационного периода показал, что высота надземной части сеянцев составила 16,1 см, а диаметр корневой шейки – 3,5 см (таблица 2.1).

Таблица 2.1. – Биометрические показатели роста сеянцев дуба черешчатого по вариантам опыта

| № варианта | Емкости для выращивания сеянцев и их объем | Дата Замера | Высота сеянца, см | Диаметр корневой шейки, мм | Количество листьев, шт. |
|-------------------------|--|-------------|-------------------|----------------------------|-------------------------|
| Сеянцы дуба черешчатого | | | | | |
| 1 | полимерный контейнер 8×8 см (401 см ³) | 07.06.2016 | 13,7 ± 0,3 | 2,1 ± 0,05 | 5 ± 0,1 |
| | | 07.07.2016 | 28,0 ± 1,1 | 3,4 ± 0,09 | 11 ± 0,5 |
| | | 04.10.2016 | 28,3 ± 0,8 | 4,1 ± 0,1 | 10 ± 0,5 |
| 2 | полимерный контейнер 6×14 см (396 см ³) | 07.06.2016 | 12,6 ± 0,3 | 2,0 ± 0,04 | 5 ± 0,1 |
| | | 07.07.2016 | 27,1 ± 1,3 | 3,2 ± 0,11 | 11 ± 0,4 |
| | | 04.10.2016 | 24,3 ± 0,7 | 3,9 ± 0,1 | 11 ± 0,4 |
| 3 | полимерный контейнер 5×20 см (392 см ³) | 07.06.2016 | 12,8 ± 0,4 | 2,4 ± 0,05 | 5 ± 0,1 |
| | | 07.07.2016 | 35,9 ± 1,4 | 3,7 ± 0,09 | 13 ± 0,6 |
| | | 04.10.2016 | 35,0 ± 1,1 | 4,5 ± 0,1 | 12 ± 0,5 |
| 4 | полимерная кассета 8,3×12,5 см (104 см ³) (контроль) | 07.06.2016 | 10,1 ± 0,2 | 2,2 ± 0,03 | 5 ± 0,1 |
| | | 07.07.2016 | 12,0 ± 0,8 | 2,3 ± 0,10 | 5 ± 0,1 |
| | | 04.10.2016 | 16,1 ± 0,5 | 3,4 ± 0,1 | 5 ± 0,1 |

В таблице 2.2 представлены биометрические показатели сеянцев сосны обыкновенной в зависимости от используемых субстратов

Таблица 2.2. – Биометрические показатели роста сеянцев сосны обыкновенной в зависимости от используемых субстратов

| Варианты опыта, № субстрата | Высота сеянцев, см | Диаметр корневой шейки, мм | Длина главного корня, см |
|-------------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1. Контроль | 7,0 ± 2,0 | 1,5 ± 0,3 | 12,6 ± 2,5 |
| 2. Органоминеральный субстрат | 7,7 ± 1,2 | 2,2 ± 0,4 | 15,4 ± 2,2 |
| 3. Торфо-перлитный субстрат | 8,6 ± 1,3 | 2,3 ± 0,5 | 16,1 ± 2,5 |
| 4. «Агрополикор» | 8,7 ± 1,4 | 2,1 ± 0,4 | 16,4 ± 2,7 |

Как видно из данной таблицы, высота сеянцев сосны обыкновенной зависит от используемого субстрата. Наибольшие биометрические показатели однолетних сеянцев сосны обыкновенной зафиксированы с использованием «Агрополикора».

При сравнении трех вариантов опыта с использованием полимерных контейнеров с контролем установлена следующая закономерность: биометрические показатели дуба черешчатого по высоте стволика к концу вегетационного периода (04.10.2016 г.) на всех вариантах опыта (№ 1, № 2 и № 3) выше по сравнению с контролем соответственно в 1,8; 1,5 и 2,2 раза. Аналогичная закономерность наблюдается и по диаметру корневой шейки. Диаметр корневой шейки на вариантах опыта № 1, № 2, № 3 соответственно превышал контрольный показатель в 1,2; 1,2 и 1,3 раза.

При анализе полученных данных по высоте надземной части сеянцев дуба черешчатого к концу вегетационного периода в вариантах опыта с использованием полимерных контейнеров различного размера наибольшие показатели получены на 3-м варианте опыта при размере полимерного контейнера 5×20 см с объемом субстрата 392 см³. Высота надземной части сеянцев на данном варианте опыта превышала вариант № 2 (6×14 см с объемом субстрата 396 см³) на 70 %, а вариант № 1 (8×8 см с объемом субстрата 401 см³) – на 81 %.

Наибольший диаметр корневой шейки сеянца дуба черешчатого зафиксирован на варианте № 3 (5×20 см). На данном варианте опыта диаметр корневой шейки превосходит два других варианта опыта с различными размерами контейнеров соответственно: вариант № 1 – на 8 %, вариант № 2 – на 11 %.

На рисунке 2.4 представлены сеянцы дуба черешчатого с использованием различных форм и объемов корнеобитаемого субстрата по вариантам опыта, а на рисунке 2.5 – корневые системы сеянцев по вариантам опыта.

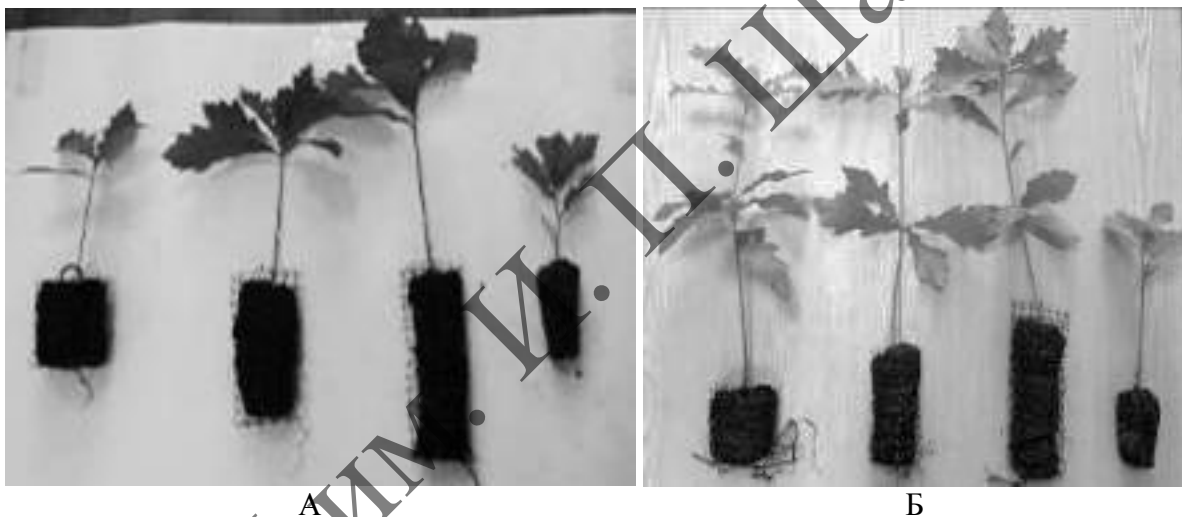


Рисунок 2.4. – Сеянцы дуба черешчатого с использованием различных субстратов



Рисунок 2.5. – Влияние различных субстратов на корневые системы сеянцев дуба черешчатого

Изучено влияние различных форм и объемов корнеобитаемого субстрата на морфометрические показатели сеянцев дуба черешчатого (таблица 2.3).

Таблица 2.3. – Морфометрические показатели сеянцев дуба черешчатого с использованием различных форм и объемов корнеобитаемого субстрата (октябрь 2016 года)

| № п/п | Емкости для выращивания сеянцев и их объем | Длина главного корня, см | Масса надземной части, г | Масса листьев, г | Масса крупных корней, г | Масса мелких корней, г |
|-------|--|--------------------------|--------------------------|------------------|-------------------------|------------------------|
| 1 | Полимерный контейнер 8×8 см (401 см ³) | 22,5 ± 1,9 | 17,9 | 12,0 | 22,3 | 2,5 |
| 2 | Полимерный контейнер 6×14 см (396 см ³) | 28,6 ± 2,3 | 30,1 | 20,6 | 24,3 | 4,4 |
| 3 | Полимерный контейнер 5×20 см (392 см ³) | 32,7 ± 2,6 | 30,5 | 24,3 | 36,2 | 3,5 |
| 4 | Полимерная кассета 8,3×12,5 см (104 см ³) (контроль) | 12,3 ± 1,8 | 8,7 | 6,8 | 11,4 | 0,79 |

Как видно из таблицы, длина главного корня зависит от объема корнеобитаемого субстрата. Наименьшая длина главного корня зафиксирована с наименьшим объемом субстрата (104 см³) на контрольном варианте опыта и составила 12,3 см. С увеличением объема корнеобитаемого субстрата в вариантах с полимерными контейнерами от 392 до 401 см³ длина главного корня увеличилась в 1,8–2,7 раза.

Объем корнеобитаемого субстрата на контрольном варианте опыта составляет 104 см³. С увеличением объема корнеобитаемого субстрата в полимерном контейнере в 3,8–3,9 раза по сравнению с контролем длина главного корня увеличилась на 5,5 % – 6,8 %.

Исследовано влияние объема и формы корнеобитаемого субстрата в полимерных контейнерах и кассетах на массу надземной части сеянцев дуба черешчатого. Наименьшая масса надземной части однолетних сеянцев дуба черешчатого зафиксирована при минимальном объеме субстрата (104 см³) и высоте полимерной кассеты 12,5 см. На данном варианте опыта масса надземной части сеянцев дуба черешчатого составила 8,7 г. При увеличении высоты полимерных контейнеров до 14 и 20 см масса надземной части сеянцев по сравнению с контролем увеличилась в 3,5 раза. По-другому прослеживается изменение массы надземной части сеянцев при использовании полимерного контейнера высотой 8 см. На данном варианте опыта масса надземной части больше по сравнению с контролем в 2,1 раза и меньше по сравнению с полимерными контейнерами высотой 14 и 20 см в 1,7 раза.

Большое значение для приживаемости растений при создании лесных культур имеет показатель массы мелких (всасывающих) корней, от которого зависит приживаемость и сохранность лесных культур. По литературным данным большое влияние на приживаемость растений имеет также соотношение массы надземной части сеянцев к массе мелких корней.

Нами изучено влияние формы и объема корнеобитаемого субстрата на массу мелких корней в сеянцах дуба черешчатого. Установлено, что наибольшая масса мелких корней получена при использовании полимерного контейнера 6×14 см с объемом субстрата 396 см^3 (4,4 г). Наименьшая масса мелких корней (0,79 г) получена при выращивании сеянцев дуба черешчатого с использованием полимерных кассет $8,3 \times 12,5$ см и объемом 104 см^3 . При уменьшении объема субстрата с 396 см^3 до 104 см^3 масса мелких корней снижается в 5,6 раза. По-другому прослеживается изменение массы мелких корней у сеянцев дуба черешчатого при использовании полимерных контейнеров 8×8 см с объемом 401 см^3 (вариант 1) и 5×20 см с объемом 392 см^3 (вариант 3). На варианте № 1 с объемом корнеобитаемого субстрата 401 см^3 масса мелких корней у сеянцев дуба черешчатого больше по сравнению с контролем (объем субстрата 104 см^3) в 3,2 раза. Сравнивая массу мелких корней на варианте № 3 (объем субстрата 392 см^3) с контролем, можно констатировать, что увеличение объема субстрата в 3,8 раза способствует увеличению массы мелких корней в 4,4 раза.

При изучении влияния формы и объема корнеобитаемого субстрата на соотношение массы надземной части сеянцев к массе мелких корней установлено, что наибольший показатель зафиксирован с использованием полимерных кассет размером $8,3 \times 12,5$ см и объемом 104 см^3 . На данном варианте опыта (вариант № 4) это соотношение составило 11,0. Несколько меньший показатель соотношения между массой надземной части сеянцев к массе мелких корней получен на варианте № 3 с использованием полимерного контейнера размером 5×20 см и объемом субстрата 392 см^3 , который составляет 8,71. Самый низкий показатель соотношения массы надземной части сеянцев к массе мелких корней получен на варианте № 1 (7,16) и варианте № 2 (6,84).

В настоящее время нет оптимальных критериев по показателю соотношения массы надземной части сеянцев дуба черешчатого к массе мелких корней. Такой показатель разработан только для однолетних и двухлетних сеянцев хвойных пород. В перспективе необходимо разработать данный показатель для сеянцев дуба черешчатого, выращенного с использованием различных форм и объемов корнеобитаемого субстрата.

На варианте опыта с размером контейнера 8×8 см (401 см^3) высота надземной части сеянцев составила 28,3 см, на варианте с размером контейнера 6×14 см (396 см^3) составила 24,4 см, а на варианте с размером контейнера 5×20 см (392 см^3) – 35,0 см. Стандартные сеянцы дуба черешча-

того в соответствии с «Наставлением...» должны иметь высоту не менее 12 см и диаметр корневой шейки не менее 3 мм.

На базе Осиповичского опытного лесхоза совместно с сотрудниками лесхоза, Института леса НАН Беларуси, ИЭБ НАН Беларуси и ЭЛБ ИЛ НАНБ проведен семинар на тему «Проблемы и перспективы выращивания сеянцев дуба черешчатого с использованием различных форм и объемов корнеобитаемого субстрата» (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6. – Участники семинара по выращиванию дуба черешчатого с использованием различных форм и объемов корнеобитаемого субстрата

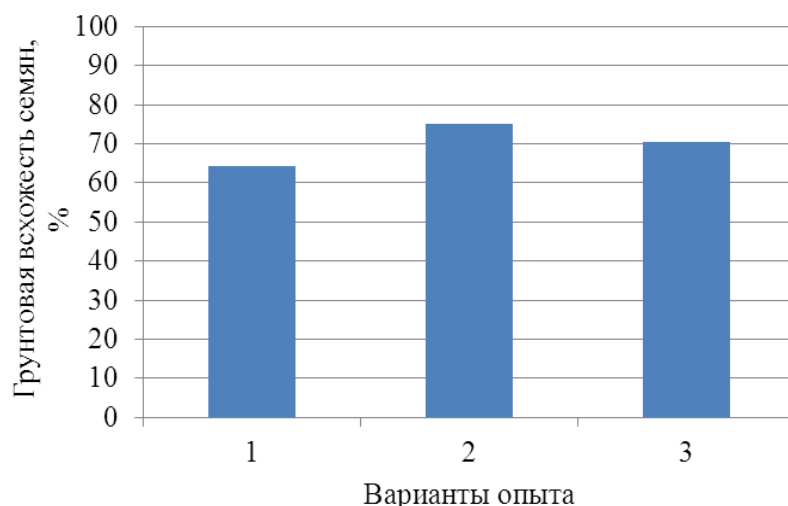
В результате проведенных исследований установлено, что применяемые полимерные контейнеры и кассеты различных форм и объемов оказали существенное влияние на рост и развитие сеянцев дуба черешчатого.

Исследованные приемы агротехники выращивания сеянцев дуба черешчатого позволили получить посадочный материал с биометрическими показателями соответствующим стандартным критериям.

2.2 Изучение влияния микробных препаратов на биометрические показатели сеянцев

Применение микробиологических препаратов является одним из безопасных и перспективных приемов при выращивании посадочного материала. Такие препараты способствуют интенсификации физиолого-биохимических процессов у растений, повышают их устойчивость к заболеваниям и положительно влияют на содержание полезных микроорганизмов в почве.

Изучено влияние предпосевной обработки микробными препаратами на грунтовую всхожесть желудей (рисунок 2.7).



1 – контроль (предпосевная обработка проведена путем замачивания желудей в 0,5 %-м растворе перманганата калия (KMnO₄); 2 – замачивание в 2 %-м растворе микробного препарата «Бактопин»; 3 – замачивание в 2 %-м растворе микробного препарата «Гордебак»

Рисунок 2.7. – Влияние предпосевной обработки желудей дуба черешчатого на грунтовую всхожесть

В результате проведенных наблюдений было установлено, что через 15 дней после посева желудей грунтовая всхожесть по вариантам опыта составила 64,2 % – 75,0 %. Минимальная грунтовая всхожесть наблюдается на контрольном варианте опыта (64,2 %); максимальная – на варианте опыта с предварительным замачиванием желудей в 2 %-м растворе микробного препарата «Бактопин» – 75,0 % (на 10,8 % выше по сравнению с контролем).

Изучено влияние микробных препаратов в субстрате на рост и развитие сеянцев дуба черешчатого.

В таблице 2.4 представлены полученные результаты исследований по влиянию микробных препаратов на биометрические показатели сеянцев дуба черешчатого (высота надземной части, диаметр корневой шейки, количество листьев) по вариантам опыта.

Таблица 2.4. – Влияние микробных препаратов на биометрические показатели сеянцев дуба черешчатого в течение вегетационного периода

| Варианты опыта | Дата замера | Высота надземной части, см | Диаметр корневой шейки, мм | Количество листьев, шт. |
|-------------------------------|-------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Контроль | 18.05 | 13,7 ± 0,6 | 2,1 ± 0,1 | 6,7 ± 0,3 |
| | 19.06 | 16,2 ± 0,5 | 2,5 ± 0,1 | 6,3 ± 0,2 |
| | 18.07 | 16,7 ± 0,5 | 3,0 ± 0,1 | 6,6 ± 0,2 |
| | 18.08 | 17,4 ± 0,7 | 3,6 ± 0,1 | 6,5 ± 0,3 |
| | 18.09 | 18,7 ± 0,7 | 4,1 ± 0,1 | 6,3 ± 0,3 |
| | 18.10 | 19,0 ± 0,6 | 4,2 ± 0,1 | – |
| Микробный препарат «Бактопин» | 18.05 | 14,1 ± 0,6 | 2,5 ± 0,1 | 6,8 ± 0,3 |
| | 19.06 | 15,4 ± 0,4 | 2,7 ± 0,1 | 7,3 ± 0,3 |
| | 18.07 | 16,3 ± 0,4 | 3,3 ± 0,1 | 7,7 ± 0,4 |

Продолжение таблицы 2.4

| | | | | |
|-------------------------------|-------|------------|-----------|-----------|
| | 18.08 | 16,5 ± 0,4 | 4,0 ± 0,1 | 7,8 ± 0,4 |
| | 18.09 | 16,8 ± 0,4 | 4,3 ± 0,1 | 7,4 ± 0,5 |
| | 18.10 | 17,1 ± 0,4 | 4,4 ± 0,1 | – |
| Микробный препарат «Гордебак» | 18.05 | 15,1 ± 0,7 | 2,6 ± 0,1 | 7,3 ± 0,3 |
| | 19.06 | 16,4 ± 0,5 | 2,7 ± 0,1 | 7,5 ± 0,3 |
| | 18.07 | 17,2 ± 0,8 | 3,6 ± 0,1 | 7,8 ± 0,4 |
| | 18.08 | 18,2 ± 0,9 | 4,1 ± 0,2 | 8,3 ± 0,6 |
| | 18.09 | 18,7 ± 0,8 | 4,4 ± 0,2 | 7,5 ± 0,4 |
| | 18.10 | 19,0 ± 0,6 | 4,5 ± 0,1 | – |

Анализ данных таблицы по высоте надземной части показал, что в начале вегетационного периода (18.05.2017 г.) на варианте опыта с использованием микробного препарата «Бактопин» сеянцы достигли средней высоты 14,1 см, с использованием микробного препарата «Гордебак» – 15,1 см, что на 2,9 % и 10,2 % соответственно выше по сравнению с контролем (13,7 см).

В середине вегетационного периода (18.07.2017 г.) на варианте опыта с использованием микробного препарата «Бактопин» средняя высота надземной части сеянцев составила 16,3 см, что на 2,4 % ниже по сравнению с контролем (16,7 см); с использованием микробного препарата «Гордебак» – 17,2 см (на 3,0 % выше по сравнению с контролем). В конце вегетационного периода (18.10.2017 г.) на варианте опыта с использованием микробного препарата «Бактопин» средняя высота сеянцев составила 17,1 см, что на 11,1 % ниже по сравнению с контролем (19,0 см); с использованием микробного препарата «Гордебак» – 19,0 см (различия с контролем отсутствуют).

Анализ данных по диаметру корневой шейки показал, что в начале вегетационного периода (18.05.2017 г.) на варианте опыта с использованием микробного препарата «Бактопин» данный биометрический показатель составил 2,5 мм, с использованием микробного препарата «Гордебак» – 2,6 мм, что на 19,0 % и 23,8 % соответственно выше по сравнению с контролем (2,1 мм). В середине вегетационного периода (18.07.2017 г.) на варианте опыта с использованием микробного препарата «Бактопин» средний диаметр корневой шейки сеянцев составил 3,3 мм, с использованием микробного препарата «Гордебак» – 3,6 мм, что на 10,0 % и 20,0 % соответственно выше по сравнению с контролем (3,0 мм). В конце вегетационного периода (18.10.2017 г.) на варианте опыта с использованием микробного препарата «Бактопин» средний диаметр корневой шейки сеянцев составил 4,4 мм, с использованием микробного препарата «Гордебак» – 4,5 мм, что на 4,8 % и 7,1 % соответственно выше по сравнению с контролем (4,2 мм).

Анализ данных по количеству листьев показал, что в начале вегетационного периода (18.05.2017 г.) на варианте опыта с использованием микробного препарата «Бактопин» данный биометрический показатель составил 6,8 шт., с использованием микробного препарата «Гордебак» – 7,3 шт., что на 1,5 % и 9,0 % соответственно выше по сравнению с контролем

(6,7 шт.). В середине вегетационного периода (18.07.2017 г.) на варианте опыта с использованием микробного препарата «Бактопин» количество листьев составило 7,7 шт., с использованием микробного препарата «Гордебак» – 7,8 шт., что на 16,7 % и 18,2 % соответственно выше по сравнению с контролем (6,6 шт.). В конце вегетационного периода (18.09.2017 г.) на варианте опыта с использованием микробного препарата «Бактопин» количество листьев составило 7,4 шт., с использованием микробного препарата «Гордебак» – 7,5 шт., что на 17,5 % и 19,0 % соответственно выше по сравнению с контролем (6,3 шт.). В октябре замеры количества листьев не проводились в связи с их значительным опадом.

На основании полученных данных по высоте надземной части, диаметру корневой шейки и количеству листьев сеянцев дуба черешчатого построены графики динамики биометрических показателей в течение вегетационного периода 2017 года (рисунки 2.8, 2.9).

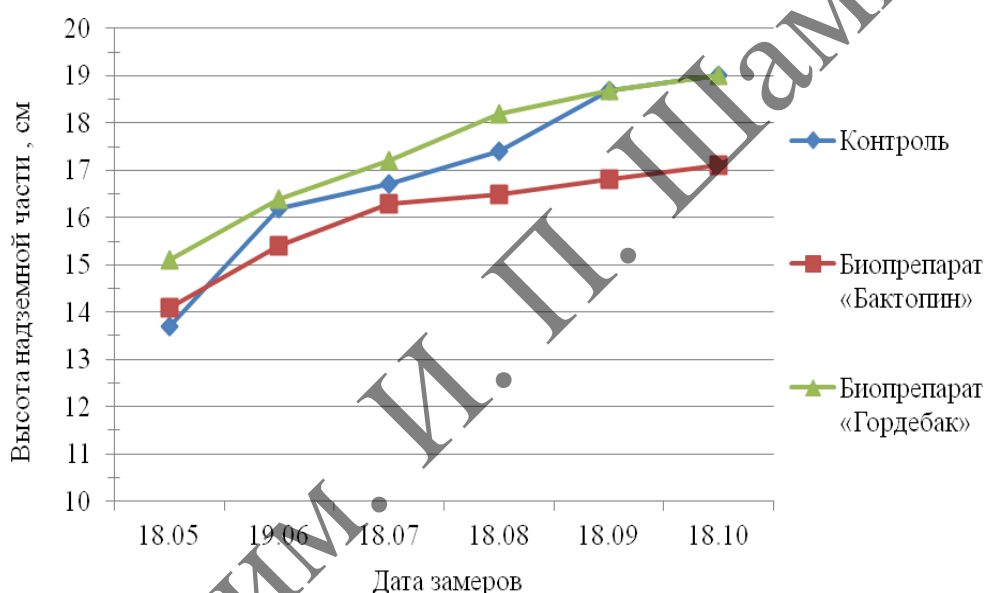


Рисунок 2.8. – Динамика высоты надземной части

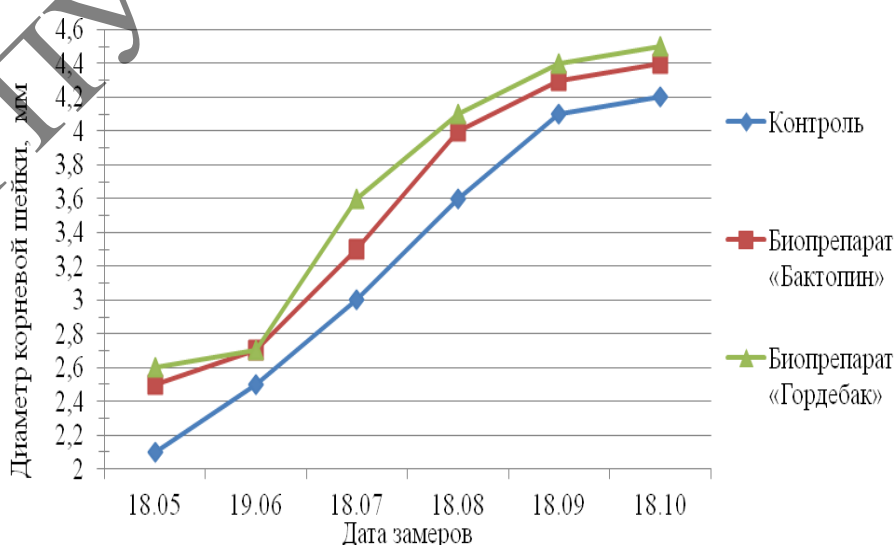


Рисунок 2.9. – Динамика диаметра корневой шейки

Установлено, что влияние микробных препаратов в меньшей степени проявляется на высоту надземной части: показатели на варианте опыта с использованием препарата «Бактопин» в среднем на 5,0 % ниже по сравнению с контролем; при использовании препарата «Гордебак» высота надземной части семян в среднем на 3,2 % превышает контрольные показатели.

Наибольшее влияние исследуемые микробные препараты оказывают на облиственность семян – количество листьев при использовании микробных препаратов «Бактопин» и «Гордебак» соответственно на 14,3 % и 18,6 % выше по сравнению с контролем.

Диаметр корневой шейки при использовании микробных препаратов увеличивается по сравнению с контролем в среднем на 9,6 % («Бактопин») и на 13,4 % («Гордебак»).

Изучено влияние микробных препаратов «Бактопин» и «Гордебак» на морфометрические показатели семян дуба черешчатого (таблица 2.5).

Таблица 2.5. – Морфометрические показатели семян дуба черешчатого по вариантам опыта с использованием микробных препаратов

| Варианты опыта | Длина главного корня, см | Масса корневой системы семени, г | Масса надземной части, г |
|-------------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| Контроль | 29,4 ± 3,6 | 1,8 ± 0,4 | 1,4 ± 0,3 |
| Микробный препарат «Бактопин» | 38,0 ± 3,7 | 2,2 ± 0,6 | 2,1 ± 0,4 |
| Микробный препарат «Гордебак» | 29,5 ± 3,5 | 1,9 ± 0,5 | 1,8 ± 0,4 |

Анализ данной таблицы показал, что при использовании микробного препарата «Бактопин» длина главного корня в 1,3 раза (на 29,3 %) превышает контрольные показатели (29,4 см); микробный препарат «Гордебак» практически не оказал влияния на длину главного корня (29,5 см). Влияние микробных препаратов на массу корневых систем семян проявляется в меньшей степени: при использовании микробного препарата «Бактопин» масса корневой системы превышает контроль на 22,2 % (в 1,2 раза), при использовании микробного препарата «Гордебак» – на 5,6 %. Также отмечено увеличение массы надземной части семян на вариантах опыта с использованием микробных препаратов в 1,3–1,5 раза по сравнению с контролем.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что применяемые микробные препараты в целом оказали положительное влияние на рост и развитие семян дуба черешчатого.

ГЛАВА 3

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ СЕЯНЦЕВ ОТ ИССУШЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ВЛИЯНИЯ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПРИЖИВАЕМОСТЬ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР

При выкопке и прикопке сеянцев происходит иссушение корневых систем, частично погибают мелкие микоризованные всасывающие корни диаметром менее 1 мм, которые обеспечивают приживаемость растений на лесокультурной площади. Поврежденная корневая система сеянцев хвойных пород при посадке лесных культур не способна сразу восполнить расход воды на транспирацию. Для предотвращения иссушения корневые системы сеянцев необходимо обрабатывать композиционным материалом «Корпансил», который позволяет снизить потери воды на 15 % – 30 %. Природа и концентрация выбранных полимеров не влияет на количество испарившейся влаги в первые 6 часов. В дальнейшем концентрация полимеров оказывает влияние на потерю влаги корневыми системами сеянцев лесных культур [272].

3.1 Разработка технологии получения композиционных материалов для обработки корневых систем растений и изучение их физико-химических свойств

Важным этапом исследований является выбор оптимальных концентраций водорастворимых полимеров и целевых добавок для защиты корневых систем сеянцев от иссушения. Концентрация композиционных полимерных составов может оказывать влияние на условную вязкость раствора, что существенно изменяет технологию обработки корневых систем сеянцев. При увеличении концентрации водного раствора NaКМЦ до 10 мас.% условная вязкость возрастает, что затрудняет погружение не только корневых систем в пучках, но и отдельных растений. Композиционный полимерный состав на поверхности корневых систем растений способен адсорбировать почвенную влагу и увеличиваться в объеме в 8–10 раз, что обеспечивает высокую приживаемость растений на лесокультурной площади [273].

Разработан новый композиционный материал для защиты корневых систем сеянцев сосны обыкновенной от иссушения, состоящий из натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы – 5 мас.%, грунта для рассады – 2,8 мас.% и глины гончарной – 17 мас.%. Потеря воды корневыми системами по сравнению с контролем уменьшилась на 31 %, а условная вязкость – на 45 %. Исследования позволили установить оптимальную вязкость композиционного полимерного состава (170 с) [274].

В настоящее время выпускаемая промышленностью NaКМЦ имеет низкую степень полимеризации (85–100 единиц), что приводит к увеличению

расхода полимера и ухудшению физико-химических свойств композиционного состава.

Апробированные композиционные полимерные составы в значительной степени способствуют увеличению прочностных показателей корневых систем растений. У необработанных семян диаметром менее 1 мм разрывное усилие составляет около 10 Н. Прочностные показатели семян, обработанных торфо-глинистой смесью, отличаются незначительно. Наибольшее разрывное усилие зафиксировано при обработке корней композиционным составом «Корпансил» – в зависимости от диаметра корней прочностные показатели превышают показатели необработанных семян в 5–10 раз (рисунок 3.1).

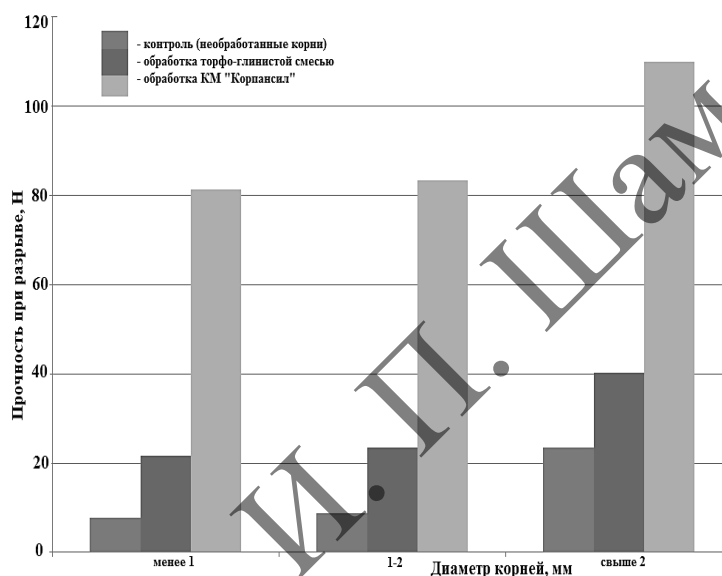


Рисунок 3.1. – Влияние композиционного материала на прочность при разрыве корневых систем семян сосны обыкновенной

При хранении семян в течение двух дней наблюдается высокая приживаемость создаваемых лесных культур (95 % – 99 %); при увеличении сроков хранения семян приживаемость культур снижается до 71 % – 76 %. Приживаемость сосновых культур с использованием кассет и композиционного полимерного состава «Корпансил» после 25 дней хранения семян сосны обыкновенной повысилась на 35 % по сравнению с хранением семян в прикопке (рисунок 3.2).

Обработка корневых систем семян композиционным материалом «Корпансил» с последующей укладкой их в полимерные кассеты или ящики позволяет продлить срок посадки лесных культур на 25–30 дней. Кроме того, это позволяет уменьшить количество механических повреждений корневых систем семян сосны обыкновенной в период от выкопки посадочного материала до посадки его на лесокультурную площадь. Это обеспечивается путем исключения двукратной прикопки и выкопки семян в питомнике и на лесокультурной площади [275–276].

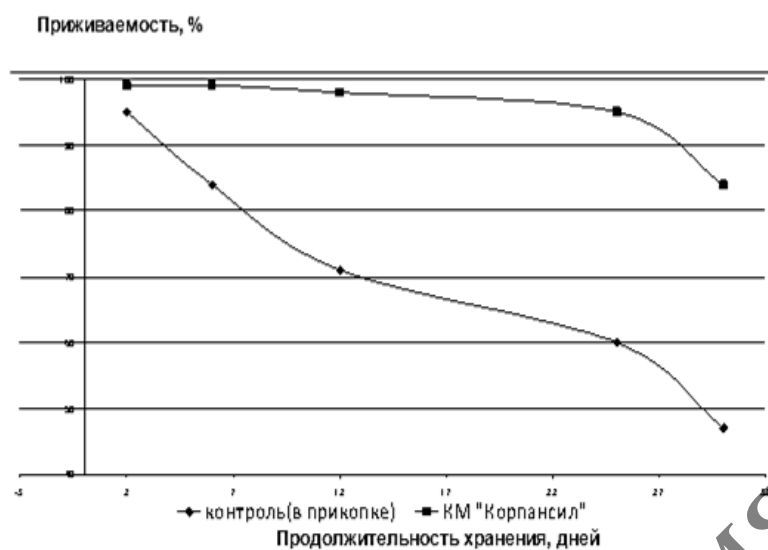


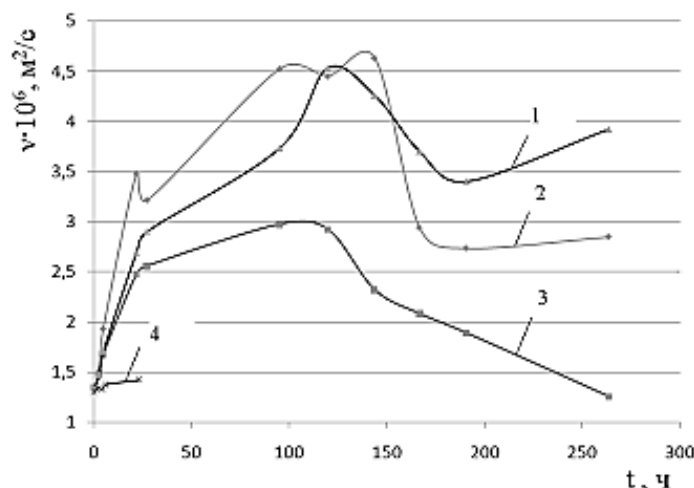
Рисунок 3.2. – Влияние продолжительности хранения семян сосны обыкновенной на приживаемость лесных культур

При разработке технологии получения новых композиционных материалов принимались во внимание, во-первых, способность компонентов покрытия к растворению в воде, во-вторых, исключение процесса коагуляции полимерного связующего и, в-третьих, последовательность введения компонентов в раствор пленкообразователя.

Для приготовления составов, которыми можно без травмирования обрабатывать корневые системы посадочного материала, придерживались следующих значений концентраций водорастворимых полимеров, которые находятся в диапазоне: натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы – $5 \pm 0,3$ мас.%; 6 % полиакриламид-гель – $0,3 \pm 0,05$ мас.%; альгинат натрия – $0,5 \pm 0,06$ мас.%; гуаровая камедь – $0,5 \pm 0,03$ мас.%. Дальнейшее увеличение концентраций водорастворимых полимеров приводит к резкому увеличению вязкости и как следствие, ухудшению технологичности обработки корневых систем семян хвойных пород.

Изменение концентраций натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы до 3 мас.%; 6 % полиакриламид-геля до 0,15 мас.%; альгината натрия до 0,3 мас.%; агар-агара до 1,5 мас.% и гуаровой камеди до 0,5 мас.% не приводит к заметному увеличению влагоудерживающей способности покрытий, получаемых на их основе, а сам диапазон их значений находится в доверительном интервале.

Проведенные эксперименты показали, что в растворе альгината натрия без целевых добавок происходит постепенное выщелачивание полимера с образованием крупных комков, которые забивают выходное отверстие вискозиметра, и проведение исследований спустя 25 часов с момента начала проведения эксперимента не представляется возможным (кривая 4 рисунка 3.3).



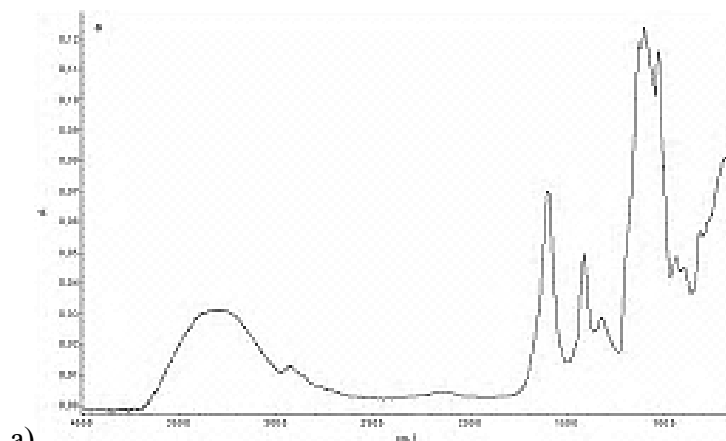
(добавки: 1 – глицерин, 2 – хлорид калия, 3 – мочевина, 4 – без добавок)
Рисунок 3.3. – Кинетика изменения вязкости композиционного материала на основе альгината натрия во времени

Так, хлорид калия в водной среде диссоциирует на ионы – калий и хлор – и оказывает экранирующее действие на ионизированные группы, что, как следствие, приводит к изменению взаимодействия между ними. Молекулы мочевины и глицерина способны взаимодействовать с активными центрами макромолекул водорастворимых полимеров, образуя сложные структуры за счет водородных сил.

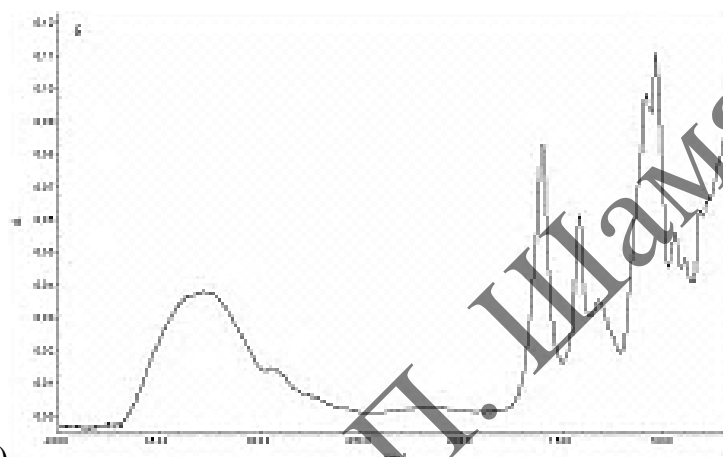
Из рисунка 3.3 (кривые 1–3) видно, что при добавлении целевых добавок вязкость всех растворов увеличивается в первые 100 часов с момента наблюдения. В дальнейшем вязкость растворов уменьшается, что, на наш взгляд, связано с деструкцией макромолекул и, как следствие, уменьшением количества взаимодействующих активных центров альгинат натрия – целевая добавка. В течение 100–150 часов с момента проведения экспериментов вязкость уменьшается за счет деструкции в водной среде макромолекул альгината натрия.

В то же время до этого момента происходит разворачивание макромолекулы альгината натрия и увеличивается количество меж- и внутримолекулярных связей. Об этом свидетельствует увеличение интенсивности полосы поглощения на ИК-спектре в диапазоне частот $3000\text{--}3600\text{ см}^{-1}$ (рисунок 3.4).

Стабилизация вязкости либо незначительное ее изменение спустя 170 часов с момента проведения эксперимента может свидетельствовать о протекании двух конкурирующих факторов – деструкции полимера и образовании сложных макромолекул за счет взаимодействий альгинат натрия – целевая добавка. Наименьшее падение вязкости наблюдается в водном растворе на основе альгинат натрия – глицерин. Это связано с тем, что глицерин может выступать акцептором ОН радикала, который предотвращает деструкцию альгината натрия (рисунок 3.5).

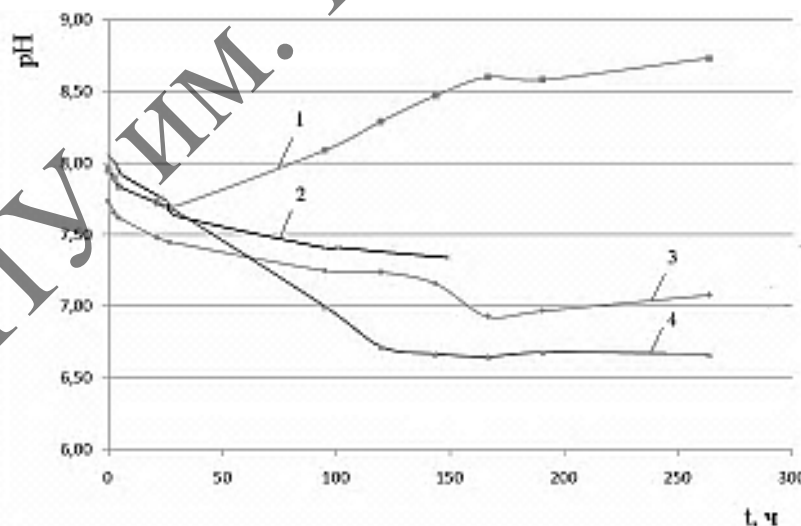


а)



б)

(а – спустя час с момента проведения эксперимента; б – спустя 72 часа)
Рисунок 3.4. – ИК-спектры композиционного материала на основе альгината натрия

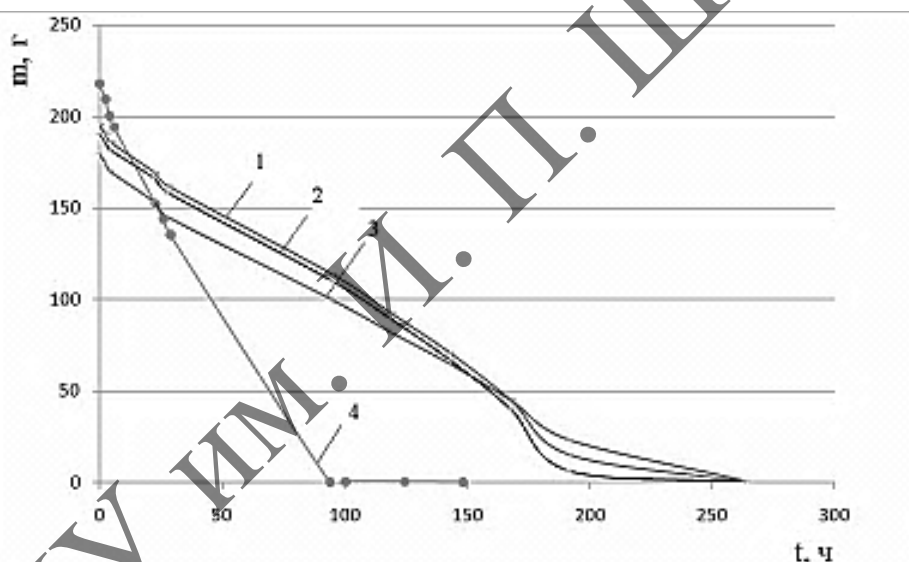


(добавки: 1 – мочевина, 2 – без добавок, 3 – хлорид калия, 4 – глицерин)
Рисунок 3.5. – Кинетика изменения кислотности композиционного материала во времени

Изменение pH среды связано с накоплением ионов OH^- (кривая 1) и H^+ (кривые 2–4 рисунка 3.5), что также свидетельствует о деструкции макромолекул.

Добавление целевых добавок в растворы альгината натрия приводит к образованию сложных структур. Так, влагоудерживающая способность «мокрых» покрытий, полученных методом налива из образовавшегося геля на основе одного альгината натрия (кривая 4), будет выше на 10 %, чем с добавлением третьего компонента. При этом сама природа целевых добавок существенно не влияет на влагоудерживающую способность и кинетику испарения влаги (кривые 1–3).

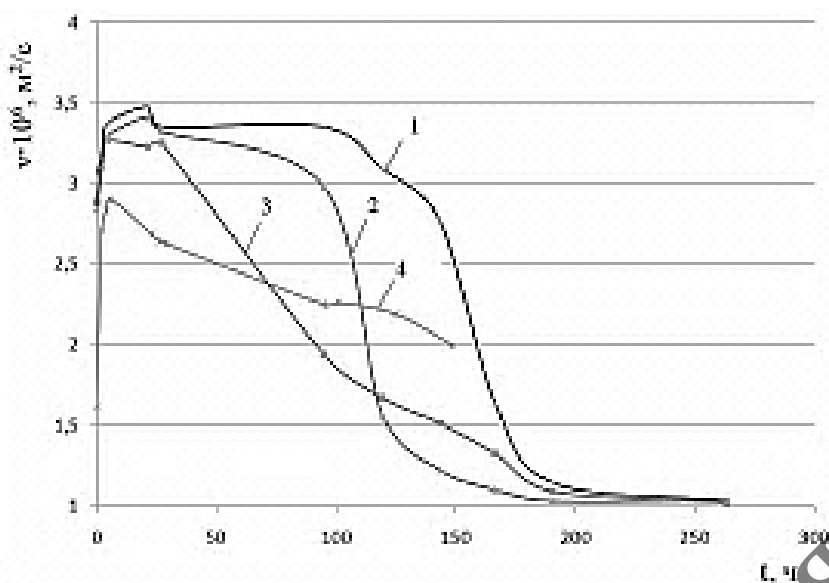
Как показано на рисунке 3.6, при введении целевых добавок образующаяся сложная структура увеличивает влагоудерживающую способность. Так, спустя 100 часов эксперимента в покрытие из альгината натрия осталась только связанная вода, которая в последующем не испарилась после часа сушки при температуре 70 °С. В то же время влагоудерживающая способность покрытий, образованных из составов с целевыми добавками, уменьшилась лишь на 50 % и находилась в интервале 100–110 грамм воды/грамм полимера. Анализ влагоудерживающей способности покрытий свидетельствует, что природа выбранных целевых добавок не оказывает существенного влияния на кинетику изменения покрытиями их массы.



(добавки: 1 – мочевина, 2 – хлорид калия, 3 – глицерин, 4 – без добавок)

Рисунок 3.6. – Кинетика изменения влагоудерживающей способности композиционного материала во времени

На рисунке 3.7 представлена кинетика изменения вязкости композиционного материала на основе гуаровой камеди в течение 300 часов. Проведенные эксперименты показали, что в растворе гуаровой камеди в первые часы после приготовления вязкость всех растворов увеличивается, что связано с образованием водородных связей «полимер-вода». Введение в водные растворы гуаровой камеди целевых добавок приводит к увеличению вязкости растворов до $3,45 \cdot 10^6$ м²/с, что почти в 1,2 раза больше вязкости раствора гуаровой камеди. Это связано с тем, что выбранные нами целевые добавки в водной среде способны оказывать воздействие на конформационные превращения макромолекул.



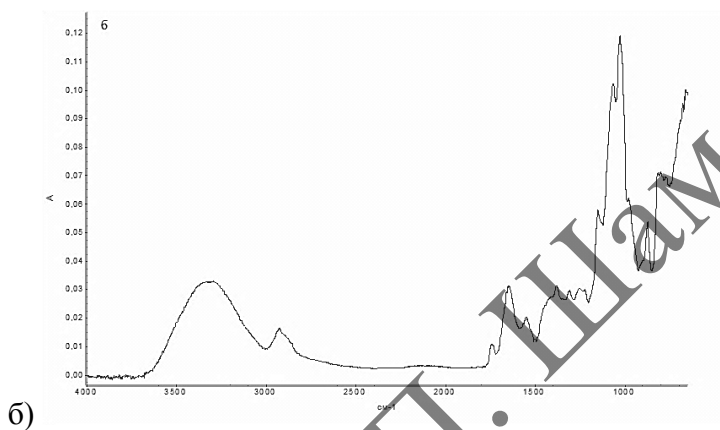
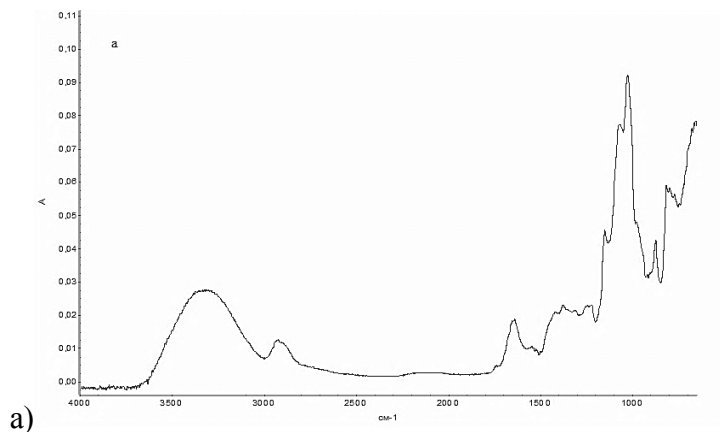
(добавки: 1 – глицерин, 2 – мочеви́на, 3 – хлорид калия, 4 – без добавок)

Рисунок 3.7. – Кинетика изменения вязкости композиционного материала на основе гуаровой камеди во времени

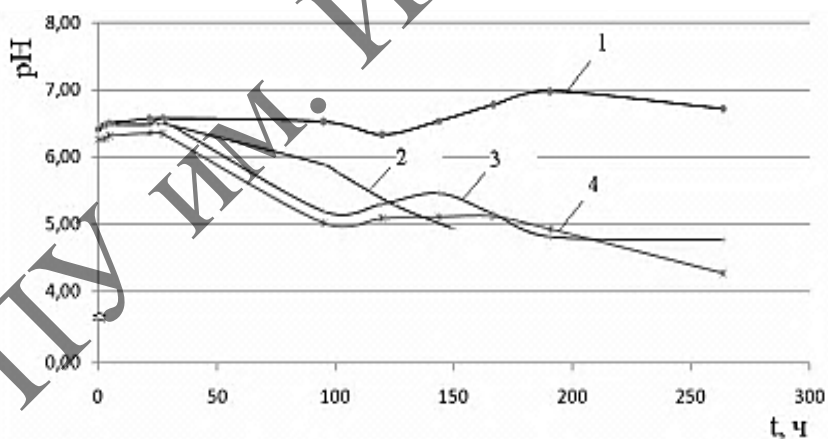
Наибольшей вязкостью при хранении обладает водный раствор на основе гуаровой камеди и глицерина. На наш взгляд, это связано с тем, что глицерин может также выступать акцептором ОН радикала, который предотвращает деструкцию гуаровой камеди. Стоит отметить, что вязкость всех растворов с течением времени уменьшается. При этом кривые падения «вязкость-время» растворов с целевыми добавками более крутые, чем без них. На наш взгляд, это связано с большей деструкцией макромолекул под воздействием целевых добавок и, как следствие, уменьшением количества взаимодействующих активных центров гуаровая камедь – целевая добавка.

Стабилизация вязкости водного раствора на основе гуаровой камеди плавно снижается спустя 100 часов с момента проведения эксперимента. Плановое снижение вязкости водного раствора гуаровой камеди объясняется стабильностью количества меж- и внутримолекулярных связей. Об этом свидетельствует, в частности, изменение интенсивности полосы поглощения покрытий, полученных спустя 1 и 72 часа с момента приготовления растворов, на ИК-спектре в диапазоне частот $3000\text{--}3600\text{ см}^{-1}$ в пределах погрешности (рисунок 3.8).

В растворах гуаровой камеди и целевых добавок падение вязкости наблюдается до значений, соответствующих вязкости воды. Введение в растворы гуаровой камеди целевых добавок не приводит к изменению рН среды (рисунок 3.9), но с течением времени значение рН среды снижается на 1,5–2,0 единицы (кривые 2–4) либо увеличивается (кривая 1). Такие изменения связаны с накоплением ионов H^+ (кривые 2–4) и ионов OH^- (кривая 1), что также свидетельствует о деструкции макромолекул гуаровой камеди.



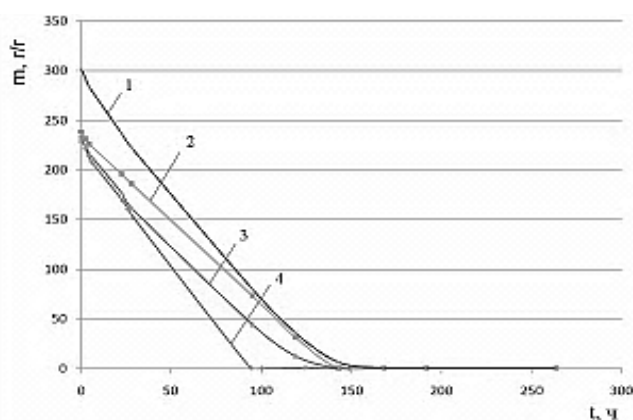
а) (а – спустя час с момента проведения эксперимента; б – спустя 72 часа)
Рисунок 3.8. – ИК-спектры покрытий композиционного материала на основе гуаровой камеди



(добавки: 1 – мочевина, 2 – без добавок, 3 – глицерин, 4 – хлорид калия)
Рисунок 3.9. – Кинетика изменения кислотности композиционного материала во времени

Добавление целевых добавок в растворы гуаровой камеди приводит к образованию сложных структур (рисунок 3.10). Так, влагоудерживающая способность «мокрых» покрытий, полученных методом налива из образовавшегося геля на основе гуаровой камеди и целевых добавок (кривые 1–3), увеличивается до 25 %. Наибольшей влагоудерживающей способностью обладают растворы на основе гуаровой камеди и глицерина. На наш взгляд,

это связано с тем, что в таком растворе не только образуются сложные системы, но и сам глицерин активно способствует связыванию и удержанию влаги.



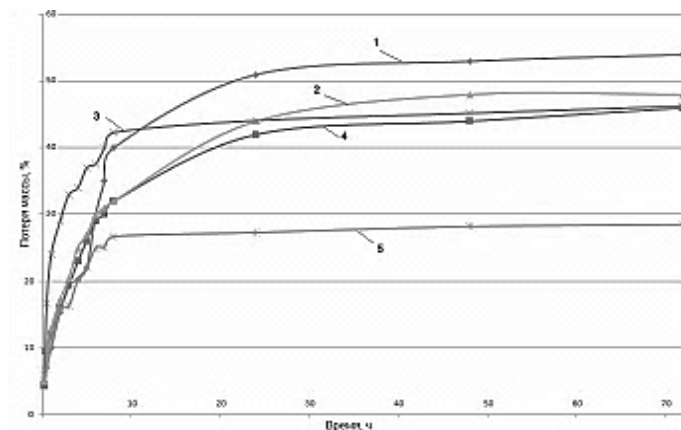
(добавки: 1 – глицерин, 2 – хлорид калия, 3 – мочевина, 4 – без добавок)
Рисунок 3.10. – Кинетика изменения влагоудерживающей способности композиционного материала во времени

Спустя 100 часов с начала проведения эксперимента в покрытии, полученном из раствора гуаровой камеди, осталась только связанная вода, которая в последующем не испарилась после часа сушки при температуре 70 °С. В то же время влагоудерживающая способность покрытий, образованных из составов с целевыми добавками, составляла 45–80 грамм воды/грамм полимера.

Анализ влагоудерживающей способности покрытий, свидетельствует, что природа выбранных целевых добавок не оказывает существенного влияния на кинетику изменения массы покрытий.

Изучено влияние композиционных полимерных составов на потерю массы корневыми системами однолетних сеянцев лиственницы европейской со следующими биометрическими показателями: толщина стволика у корневой шейки – 2,6 мм; высота надземной части – 16,3 см, двухлетних сеянцев ели европейской (толщина стволика у корневой шейки – 2,2 мм; высота надземной части – 14,2 см) и однолетних сеянцев сосны обыкновенной (толщина стволика у корневой шейки – 2,2 мм; высота надземной части – 8,4 см). Оптимальные концентрации полимерных пленкообразующих компонентов определялись в процессе обработки корневых систем сеянцев хвойных пород водными растворами NaКМЦ, ПВС и ПАА различных концентраций от 3 до 10 мас.%. 10 %-е концентрации пленкообразующих компонентов были использованы только в варианте с NaКМЦ, т. к. были определены технологические трудности формирования пленки покрытия из-за большой вязкости. После обработки корневых систем сеянцев хвойных пород композиционным полимерным составом (КПС) происходит замедление скорости испарения влаги корневыми системами.

Влияние природы и концентрации пленкообразователей на потерю массы корневыми системами сеянцев сосны обыкновенной показано на рисунках 3.11 и 3.12.



1 – корневые системы сеянцев сосны без обработки; 2 – корневые системы сеянцев сосны, обработанные ПВС; 3 – корневые системы сеянцев сосны, обработанные ПВА; 4 – корневые системы сеянцев сосны, обработанные NaKMЦ; 5 – корневые системы сеянцев сосны, обработанные ПАА

Рисунок 3.11. – Влияние природы пленкообразователей концентрацией 3 мас.% на потерю массы корневыми системами сеянцев сосны обыкновенной

Влияние природы пленкообразователя концентрацией 3 мас.% на потерю массы корневыми системами сеянцев сосны обыкновенной можно описать уравнениями:

корневые системы сеянцев сосны без обработки:

$$y = 10,133 \cdot \ln(x) + 12,364$$

корневые системы сеянцев сосны, обработанные ПВС:

$$y = 6,818 \cdot \ln(x) + 23,066$$

корневые системы сеянцев сосны, обработанные ПВА:

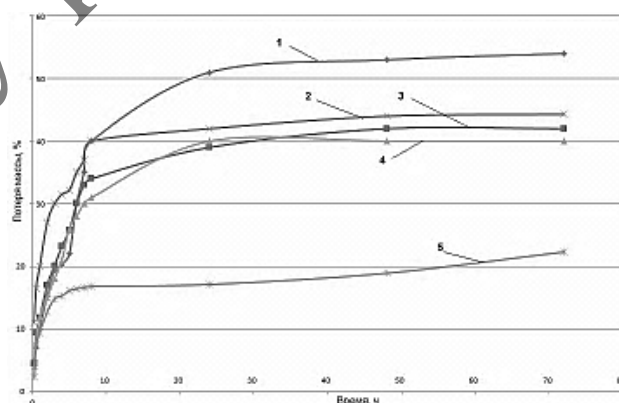
$$y = 8,328 \cdot \ln(x) + 14,259$$

корневые системы сеянцев сосны, обработанные NaKMЦ:

$$y = 7,950 \cdot \ln(x) + 13,483$$

корневые системы сеянцев сосны, обработанные ПАА:

$$y = 4,648 \cdot \ln(x) + 12,734$$



1 – корневые системы сеянцев сосны без обработки; 2 – корневые системы сеянцев сосны, обработанные ПВА; 3 – корневые системы сеянцев сосны, обработанные NaKMЦ; 4 – корневые системы сеянцев сосны, обработанные ПВС; 5 – корневые системы сеянцев сосны, обработанные ПАА

Рисунок 3.12. – Влияние природы пленкообразователей концентрацией 5 мас.% на потерю массы корневыми системами сеянцев сосны обыкновенной

Влияние природы пленкообразователя концентрацией 5 мас.% на потерю массы корневыми системами семян сосны обыкновенной можно описать уравнениями:

корневые системы семян сосны без обработки:

$$y = 10,133 \cdot \ln(x) + 12,364$$

корневые системы семян сосны, обработанные ПВА:

$$y = 6,209 \cdot \ln(x) + 22,096$$

корневые системы семян сосны, обработанные NaKMЦ:

$$y = 7,372 \cdot \ln(x) + 14,258$$

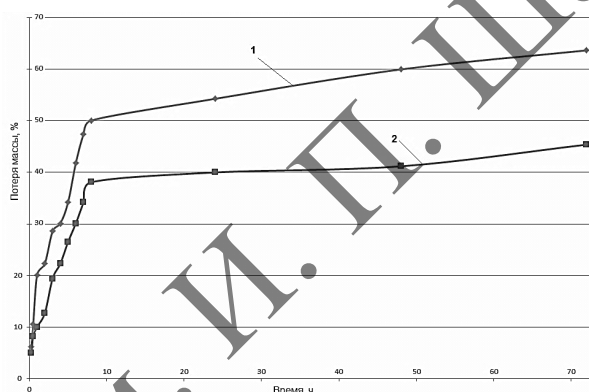
корневые системы семян сосны, обработанные ПВС:

$$y = 7,219 \cdot \ln(x) + 13,053$$

корневые системы семян сосны, обработанные ПАА:

$$y = 3,000 \cdot \ln(x) + 9,741$$

Влияние композиционных полимерных составов на основе NaKMЦ на потерю массы корневыми системами однолетних семян лиственницы европейской и двухлетних семян ели европейской представлено на рисунках 3.13 и 3.14.



1 – без обработки; 2 – обработанные корневые системы на основе NaKMЦ+добавки
Рисунок 3.13. – Зависимость потери массы корневыми системами однолетних семян лиственницы европейской от момента времени обработки

Зависимость потери массы корневыми системами однолетних семян лиственницы европейской от момента времени обработки можно описать уравнениями:

без обработки корневых систем:

$$y = 10,907 \cdot \ln(x) + 19,444$$

обработанные корневые системы на основе NaKMЦ+добавки:

$$y = 7,979 \cdot \ln(x) + 13,431$$

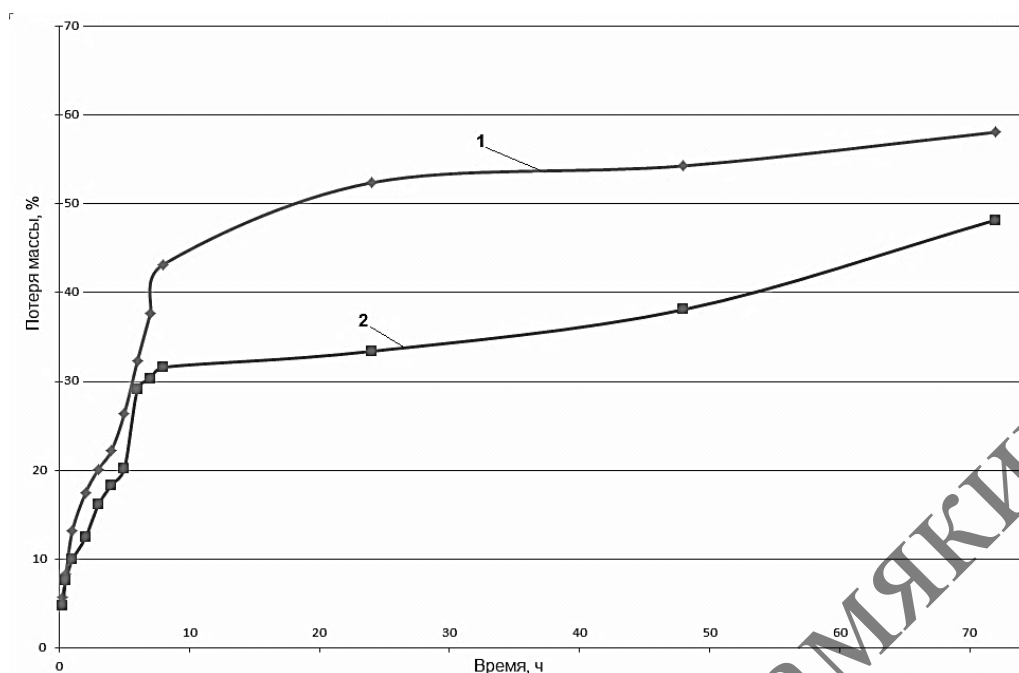
Зависимость потери массы корневыми системами двухлетних семян ели европейской от момента времени обработки можно описать уравнениями:

без обработки корневых систем:

$$y = 10,384 \cdot \ln(x) + 14,244$$

обработанные корневые системы на основе NaKMЦ+добавки:

$$y = 7,609 \cdot \ln(x) + 11,449$$



1 – без обработки; 2 – обработанные корневые системы на основе NaКМЦ+добавки

Рисунок 3.14. – Зависимость потери массы корневыми системами двухлетних сеянцев ели европейской от момента времени обработки композиционным материалом

После обработки сеянцев вокруг корневых систем образуется гелеобразный слой. В таком слое макромолекулы полимера физически связаны с корневой системой, а химически, за счет водородных сил, с молекулами воды. В связи с образованием лишь водородных связей вода в гелеобразном слое является физически доступной корневым системам.

При обработке образуется защитный слой «влажного» покрытия, толщиной до 2–3 мм, а при наличии дисперсных структурообразователей толщина может достигать 4–5 мм. Образование такого слоя не позволяет корневой системе нагреться до высоких температур при нахождении посадочного материала на солнце, так как тепловой поток в таком случае идет на нагрев гелеобразного слоя. Наличие гелеобразного слоя позволяет корневой системе использовать находящуюся в близлежащем слое воду, таким образом не ухудшая режим питания.

Следует учитывать, что при влажности окружающей среды менее 80% спустя 72 часа после обработки корневых систем гелеобразный состав теряет воду и переходит в сплошное покрытие, которое за счет образования надмолекулярных структур, образует замкнутое пространство, которое препятствует влаге испариться. В то же время образованное покрытие способно адсорбировать влагу из окружающей среды и неоднократно переходит обратно в гель.

В таблице 3.1 представлено влияние композиционного полимерного состава от времени на потерю влаги корневыми системами сеянцев.

Таблица 3.1. – Влияние обработки корневых систем семян хвойных пород композиционным материалом на потерю воды, %

| Вид сеянцев | Варианты опыта | Время после обработки, час | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0,25 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 24 | 48 | 72 |
| Сосна обыкновенная | контроль | 4,98 | 7,0 | 10,0 | 15,3 | 19,3 | 20,3 | 22,0 | 30,0 | 35,0 | 40,0 | 51,0 | 53,0 | 54,0 |
| | NaKMЦ+ добавки | 4,45 | 6,7 | 9,8 | 14,8 | 18,9 | 19,4 | 21,2 | 29,8 | 29,8 | 32,1 | 42,0 | 44,1 | 45,9 |
| Ель европейская | контроль | 5,7 | 8,3 | 13,2 | 17,4 | 20,1 | 22,2 | 26,4 | 32,3 | 37,4 | 43,2 | 52,4 | 54,3 | 58,1 |
| | NaKMЦ+ добавки | 4,7 | 7,6 | 9,9 | 12,4 | 16,1 | 18,3 | 20,2 | 29,1 | 30,3 | 31,6 | 33,4 | 38,1 | 48,2 |
| Лиственница европейская | контроль | 6,1 | 10,6 | 20,1 | 22,3 | 28,6 | 30,1 | 34,2 | 41,8 | 47,4 | 50,1 | 54,3 | 60,0 | 63,7 |
| | NaKMЦ+ добавки | 4,9 | 8,2 | 10,0 | 12,7 | 19,4 | 22,3 | 26,5 | 30,1 | 34,2 | 38,1 | 43,0 | 48,2 | 52,4 |

Проведенные исследования показывают, что при обработке композиционным материалом однолетних сеянцев сосны обыкновенной через 72 часа после начала эксперимента потеря воды на 15 % меньше по сравнению с контролем (необработанные корневые системы композиционным полимерным составом).

При обработке корневых систем ели европейской композиционным полимерным составом потери воды снижены на 17 %, а при обработке лиственницы европейской – на 18 %.

Анализ данной таблицы показывает, что на потерю влаги влияет не только обработка корневых систем, но и вид посадочного материала, который обрабатывается. Наибольшая потеря воды корневыми системами наблюдается у лиственницы европейской, наименьшая – у сосны обыкновенной. Это связано не только с испарением влаги, но и со скоростью потребления ее сеянцами. Этот вывод подтверждает и аналогичная закономерность для обработанных корневых систем сеянцев хвойных пород. Потеря влаги корневыми системами интенсивно происходит в первые 6–8 часов. Количество влаги за такой промежуток времени падает в корневых системах в 8,7 раз. В дальнейшем падение становится плавным, и за следующие 64 часа количество влаги в корневых системах сеянцев хвойных пород падает только в 1,5 раза.

Примеры составов и основные свойства разработанного композиционного полимерного состава для защиты корневой системы сеянцев хвойных пород приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2. – Состав разработанной полимерной композиции для защиты корневой системы семян хвойных пород

| Компоненты и свойства | Содержание составов, масс.% | | | | | | |
|--|-----------------------------|--------|--------|-----------------------|--------|-----------------------|------|
| | предлагаемые | | | запредельные значения | | без одного компонента | |
| | I | II | III | IV | V | VI | VII |
| I. Компоненты | | | | | | | |
| 1. Натрийкарбоксиметилцеллюлоза | 4 | 5 | 6 | 3,5 | 6,5 | 5 | 5 |
| 2. Экстракт торфа водный «Черный доктор» | 6 | 6,5 | 7 | 5,5 | 7,5 | – | 6,5 |
| 3. Сульфат цинка | 0,004 | 0,005 | 0,006 | 0,003 | 0,007 | 0,005 | – |
| 4. Вода | 89,996 | 88,495 | 86,994 | 90,997 | 86,000 | 94,995 | 88,5 |
| II. Свойства | | | | | | | |
| 1. Эластичность полимерного покрытия, мм | 6 | 7 | 7 | 9 | 10 | 9 | 10 |
| 2. Однородность покрытия, класс | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| 3. Вязкость, с | 165 | 170 | 170 | 140 | 190 | 150 | 145 |

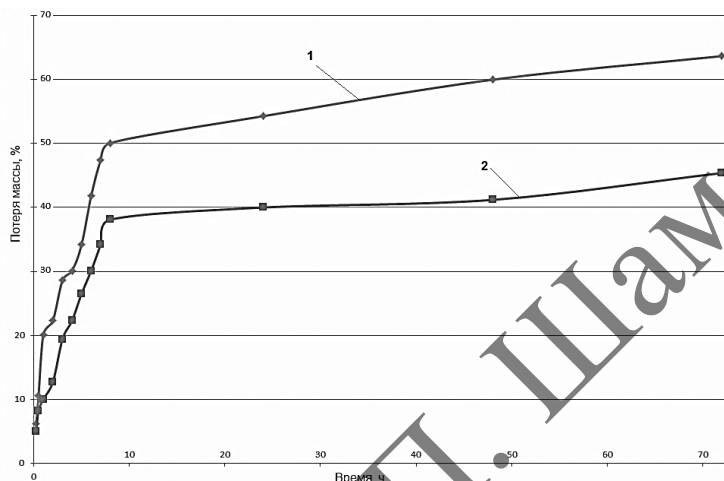
Как видно из таблицы 3.2, сочетание выбранных компонентов позволило увеличить в сравнении с запредельными значениями эластичность полимерного покрытия на 20 % – 33 %, улучшить однородность покрытий, а также обеспечить оптимальную вязкость 165–170 с. Отсутствие в растворе экстракта торфа водный «Черный доктор» и сульфата цинка приводит к ухудшению свойств разработанного композиционного полимерного состава.

Для улучшения качества покрытий модифицированного композиционного состава на поверхности корневой системы семян хвойных пород за счет получения более гомогенного состава проведены исследования по изучению условной вязкости состава на основе NaКМЦ и целевых добавок в виде экстракта «Черный доктор» и сульфата цинка.

При увеличении концентрации экстракта торфа водного «Черный доктор» до 10,5 мас.% условная вязкость композиционного полимерного состава составила 190 с и превысила оптимальный показатель на 12 % – 14 %. При снижении концентрации экстракта торфа водного «Черный доктор» до 3,5 мас.% условная вязкость снизилась до 140 с. При использовании целевой добавки сульфата цинка 0,003 мас.% и 0,007 мас.% условная вязкость композиционного полимерного состава изменилась и составила 140 и 190 с соответственно.

Оптимальная полимерная композиция для защиты корневой системы семян сосны обыкновенной состоит из натрийкарбоксиметилцеллюлозы 5 мас.%, а в качестве целевых добавок содержит экстракт торфа водный «Черный доктор» от 6,0 до 7,0 мас.% и сульфат цинка от 0,004 до 0,006 мас.%. Данное соотношение целевых добавок является оптимальным и соответствует оптимальной условной вязкости композиционного полимерного состава равной 170 с.

Установлено, что при погружении в разработанный состав корневой системы растений до уровня корневой шейки как в пучках, так и штучно (независимо от диаметра корневых систем растений) повышается их прочность при разрыве. Оптимальные концентрации полимерных пленкообразующих компонентов определялись в процессе обработки корневых систем семян лиственных пород водными растворами полимеров различных концентраций. Изучено влияние композиционного полимерного состава на основе NaКМЦ на потерю массы корневыми системами семян дуба черешчатого (рисунок 3.15).



1 – без обработки; 2 – обработанные корневые системы семян КМ
 Рисунок 3.15. – Зависимость потери массы корневыми системами семян дуба черешчатого от момента времени обработки

Установлена зависимость потери массы корневыми системами семян дуба черешчатого, которая описывается уравнениями:

без обработки корневых систем семян (контроль):

$$y = 10,907 \cdot \ln(x) + 19,444$$

обработанные корневые системы семян композиционными материалами:

$$y = 7,979 \cdot \ln(x) + 13,431$$

Исследовано влияние предпосадочной обработки корневых систем семян лиственных пород на потерю воды.

В таблице 3.3 представлено влияние композиционного материала от времени на потерю влаги корневыми системами семян дуба черешчатого и березы повислой.

Таблица 3.3. – Влияние обработки корневых систем семян березы повислой и дуба черешчатого композиционным материалом на потерю воды (%)

| Варианты опыта | Время после обработки, час | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0,25 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 12 | 24 | 48 | 72 |
| Сеянцы березы повислой | | | | | | | | | | | | |
| Контроль | 7,7 | 15,2 | 22,4 | 27,6 | 35,0 | 44,1 | 45,1 | 46,1 | 50,3 | 57,1 | 60,2 | 74,1 |

Продолжение таблицы 3.3

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| NaKMЦ+ добавки | 3,5 | 5,2 | 11,3 | 15,2 | 20,4 | 29,2 | 35,6 | 37,2 | 44,0 | 39,2 | 46,4 | 50,1 |
| Сеянцы дуба черешчатого | | | | | | | | | | | | |
| Контроль | 6,1 | 10,6 | 20,1 | 22,3 | 28,6 | 30,1 | 41,8 | 47,4 | 50,1 | 54,3 | 60,0 | 63,7 |
| NaKMЦ+ добавки | 4,9 | 8,2 | 10,0 | 12,7 | 19,4 | 22,3 | 30,1 | 34,2 | 38,1 | 43,0 | 48,2 | 52,4 |

После обработки сеянцев вокруг корневых систем образуется гелеобразный слой. В связи с образованием водородных связей вода в гелеобразном слое является физически доступно для корневых систем.

Наличие гелеобразного слоя позволяет корневой системе растений использовать находящуюся в близлежащем слое воду.

Полученные результаты лабораторных исследований свидетельствуют о том, что потеря воды однолетними сеянцами дуба черешчатого и березы повислой зависит от длительности эксперимента. Установлено, что однолетние сеянцы дуба черешчатого теряют влажность корневых систем с первых часов исследований. На контрольном варианте опыта в течение трех суток корневые системы сеянцев дуба черешчатого теряют в 10,7 раза воды, больше чем через 0,25 часа. Иссущение корневых систем спустя 6 часов после постановки эксперимента увеличивается в 6,8 раза.

При обработке корневых систем сеянцев композиционным материалом отмечено сокращение потери воды на 17%. Нами установлен эффект замедления скорости испарения влаги корневыми системами при использовании выбранных в процессе работы полимерного пленкообразующего компонента и целевых добавок.

В настоящее время существует большое количество различных модификаций полимеров, которые могут существенно изменять физико-химические свойства композиций. Нами изучены два полимера, которые выпускаются в Беларуси.

При пропускании инфракрасного излучения через вещество происходит возбуждение колебательных движений молекул или их отдельных фрагментов. При этом наблюдается ослабление интенсивности света, прошедшего через образец. Однако поглощение происходит не во всем спектре падающего излучения, а лишь при тех длинах волн, энергия которых соответствует энергиям возбуждения колебаний в изучаемых молекулах. Следовательно, длины волн (или частоты), при которых наблюдается максимальное поглощение ИК-излучения, могут свидетельствовать о наличии в молекулах образца тех или иных функциональных групп и других фрагментов, что широко используется в различных областях химии для установления структуры соединений.

Экспериментальным результатом в ИК-спектроскопии является инфракрасный спектр – функция интенсивности пропущенного инфракрасного

излучения от его частоты. Обычно инфракрасный спектр содержит ряд полос поглощения, по положению и относительной интенсивности которых делается вывод о строении изучаемого образца. Такой подход стал возможен благодаря большому количеству накопленной экспериментальной информации: существуют специальные таблицы, связывающие частоты поглощения с наличием в образце определённых молекулярных фрагментов. Созданы также базы ИК-спектров некоторых классов соединений, которые позволяют автоматически сравнивать спектр неизвестного анализируемого вещества с уже известными и таким образом идентифицировать это вещество.

Инфракрасная спектроскопия является ценным аналитическим методом и служит для исследования строения органических молекул, неорганических и координационных, а также высокомолекулярных соединений. Основным прибором, используемым для подобных анализов, является инфракрасный спектрометр (дисперсионный или с преобразованием Фурье).

Анализ сложных образцов стал возможен благодаря разработке новых техник инфракрасной спектроскопии: ИК-спектроскопии отражения, ИК-спектроскопии испускания и ИК-микроскопии. Кроме того, инфракрасная спектроскопия была объединена с другими аналитическими методами – газовой хроматографией.

Колебательные спектры органических соединений обычно имеют сложную структуру и содержат большое число полос разной формы и интенсивности. Экспериментально установлено, что наличие тех или иных полос в определённой области спектра свидетельствует о наличии в молекуле соответствующих им функциональных групп. Однако ни одна группа не является в полной мере изолированной от колебаний остальной части молекулы. Это приводит к некоторым изменениям частоты и интенсивности полос, зависящим от химического окружения функциональной группы.

Анализ ИК-спектров многих тысяч органических соединений позволил составить корреляционные таблицы, которые связывают функциональные группы с частотой и интенсивностью колебаний. Однако обычно в спектрах органических соединений присутствуют также полосы поглощения, которые нельзя соотнести с конкретными колебаниями [89; 93].

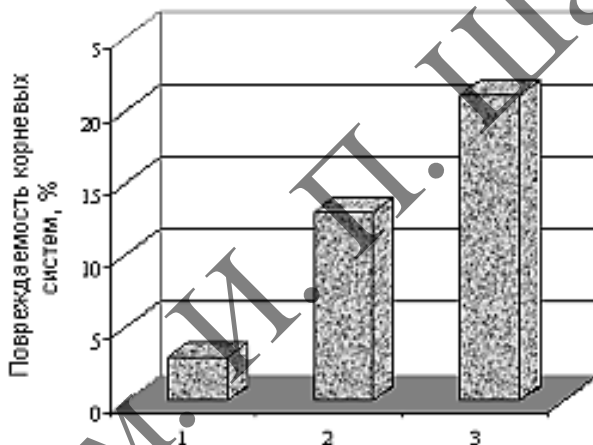
Колебания связей X–H можно приближённо описать как колебания двухатомной молекулы. В этом случае приведённая масса μ всегда близка к 1, а значение силовой постоянной K примерно одинаково для всех подобных связей, поэтому колебания X–H проявляются приблизительно в одной области частот.

Для связей X–X' приведённая масса гораздо выше, например, для связи C–O она составляет 6,86. Поскольку силовая постоянная примерно такая же, как для связи C–H (обе связи одинарные), то частота колебаний C–O должна быть в 6,86 раз ниже, чем 3000 см^{-1} , т. е. 1150 см^{-1} . Аналогичные соображения применимы для кратных связей. Например, силовая постоянная связи C=O примерно в два раза выше, чем для связи

C–O, соответственно, оценочная частота её колебания составляет 1600 см^{-1} (реальное усреднённое значение равно 1700 см^{-1}). Тройные связи прочнее двойных, и их колебания наблюдаются в диапазоне $2300\text{--}2100 \text{ см}^{-1}$.

3.2 Влияние композиционных материалов на приживаемость и особенности роста и развития лесных культур

Для установления закономерностей влияния составов на повреждаемость корневых систем растений при механизированной посадке леса были проведены натурные испытания в Ветковском спецлесхозе Гомельского ГПЛХО с использованием лесопосадочной машины «Илана-М». В каждом варианте опыта использовали 500 штук семян сосны обыкновенной. Повторность опытов пятикратная. Результаты проведенных исследований представлены на рисунке 3.16.



(1 – обработка разработанным составом,
2 – обработка препаратом «Корпансил», 3 – без обработки)

Рисунок 3.16. – Зависимость повреждаемости корневых систем посадочного материала от используемого композиционного материала

Анализ полученных данных показывает, что после обработки корневых систем разработанным составом повреждаемость посадочного материала значительно снижается и составляет 3 %, в то время как при обработке «Корпансилом» повреждаемость корневых систем семян сосны обыкновенной составляет 13 %.

Измерение высоты растений и текущий прирост за первый вегетационный период осуществляли путем линейного замера всех растений по вариантам опыта. Приживаемость лесных культур определяли путем учета всех растений. Сбор материалов проводился по общепринятой методике [277–280].

В таблице 3.4 представлены результаты полевых исследований корневых систем растений однолетних семян сосны с обработкой разработанным составом. Показано, что обработка корневых систем семян модифицирован-

ным композиционным полимерным составом на основе выбранного нами водорастворимого полимера и целевых добавок приводит к увеличению приживаемости и прироста культур в высоту.

Таблица 3.4. – Влияние предпосадочной обработки корневых систем семян сосны обыкновенной на приживаемость и текущий прирост в высоту лесных культур

| Вариант опыта | Текущий прирост культур в высоту, см | Приживаемость лесных культур, % |
|---|--------------------------------------|---------------------------------|
| Контроль (без обработки) | 3,0 ± 0,12 | 87 |
| Модифицированный композиционный полимерный состав | 4,1 ± 0,15 | 97 |
| КМ «Корпансил» | 3,7 ± 0,08 | 94 |

После аварии на Чернобыльской АЭС более 250 тыс. га сельскохозяйственных земель были переданы Министерству лесного хозяйства Беларуси для облесения. Большая пестрота плотности радиоактивного загрязнения почвы цезием-137 требует усовершенствования технологии создания лесных культур. При плотности радиоактивного загрязнения почвы до 15 Ки/км² в 1-й и 2-й зонах создание лесных культур осуществляется по имеющимся нормативным данным, так как ограничения по времени пребывания людей при выполнении работ отсутствуют. В 3-й зоне (от 15 до 40 Ки/км²) пребывание людей ограничено. Основным способом создания лесных культур в этой зоне является механизированная посадка. В 4-й зоне (свыше 40 Ки/км²) время пребывания людей более ограничено по сравнению с другими зонами. Поэтому почву оставляют под естественное зарастание лесом [281; 282].

Актуальным является изучение методов создания лесных культур на бывших сельскохозяйственных землях с обоснованием и дальнейшим внедрением в производство эффективных лесокультурных приемов на основе композиционных полимерных составов. Изучение влияния различных лесокультурных приемов на рост и формирование лесных культур проводилось на постоянных и пробных площадях. Таксация пробных площадей проводилась по общепринятым в лесном хозяйстве методам. Опытные лесные культуры созданы с использованием семян сосны обыкновенной с открытой (ОКС) и закрытой (ЗКС) корневой системой в Светиловичском лесничестве Ветковского спецлесхоза (весной 2007 г.) заложены три варианта опыта. Вариант опыта 1 – посадка семян с ЗКС (схема посадки – 2,5×0,5 м; состав – 5С5Б), кв. 87, выд. 3, площадь – 4,1 га. Вариант опыта 2 – посадка семян с ОКС (схема посадки – 2,5×0,5 м; состав – 5С5Б), кв. 87, выд. 5, площадь 2,7 га. Вариант опыта 3 – посадка семян с ОКС и их предпосадочной обработкой композиционным полимерным составом «Корпансил» (схема посадки – 2,5×0,5 м; состав – 5С5Б), кв. 87, выд. 5, площадь 2,7 га.

В соответствии с нормативными данными лесные культуры могут создаваться различными методами и способами (рисунок 3.17).

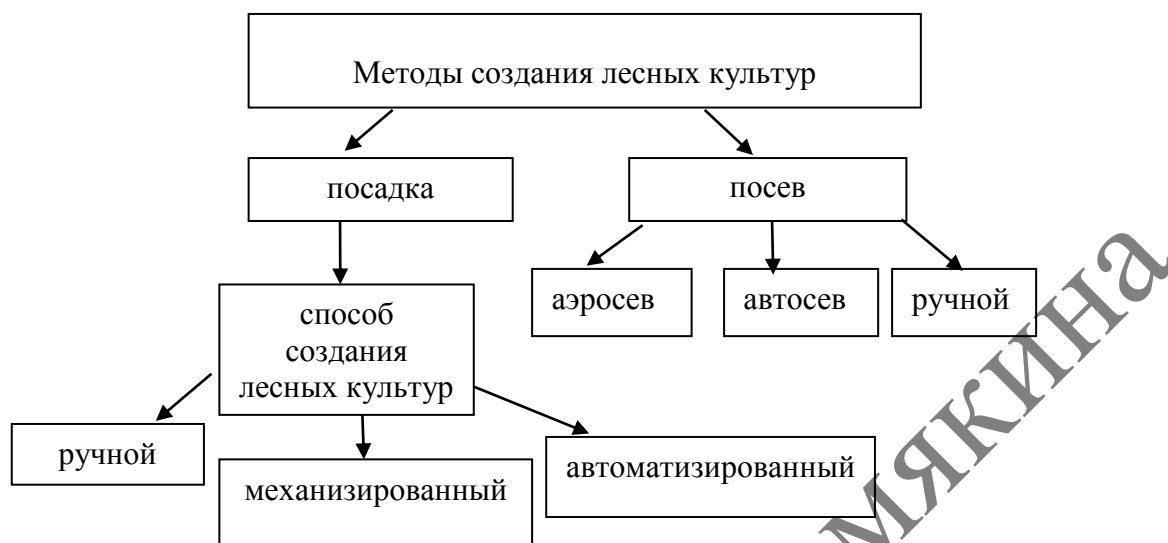


Рисунок 3.17. – Методы и способы создания лесных культур в Беларуси

В Светиловичском лесничестве Ветковского спецлесхоза созданы опытные объекты лесных культур в условиях радиоактивного загрязнения различными способами и методами. Как видно из данного рисунка, существует два метода создания лесных культур: посадка и посев – и три способа создания лесных культур: ручной, механизированный и автоматизированный.

В таблице 3.5 дана динамика роста в высоту лесных культур сосны обыкновенной.

Таблица 3.5. – Высота лесных культур сосны обыкновенной на опытных объектах в Светиловичском лесничестве Ветковского спецлесхоза, см

| Варианты опыта | 2008 | 2010 | 2015 | 2018 | 2020 |
|----------------|------|------|------|------|------|
| 1 | 11 | 55 | 385 | 510 | 605 |
| 2 | 10 | 50 | 410 | 585 | 680 |
| 3 | 13 | 55 | 415 | 617 | 723 |

Примечание – Вариант опыта 1 – посадка семян с ЗКС; вариант опыта 2 – посадка семян с ОКС; вариант опыта 3 – посадка семян с ОКС и их предпосадочной обработкой композиционным полимерным составом «Корпансил».

Как видно из таблицы, после создания лесных культур сосны обыкновенной с закрытой корневой системой, открытой корневой системой и предпосадочной обработкой корневых систем композиционным полимерным составом «Корпансил» весной 2007 года через 13 лет исследований установлено, что наибольшая высота насаждений (723 см) зафиксирована на третьем варианте опыта.

Использование однолетних семян сосны обыкновенной с закрытой корневой системой для создания лесных культур имела наименьшую высоту насаждения на 11 % – 16 %. При использовании однолетних семян сосны

обыкновенной высота насаждений составила 680 см, что на 6 % меньше по сравнению с третьим вариантом опыта.

Поскольку изменение высоты дерева имеет равномерный характер, то для восстановления неизвестных значений высоты деревьев воспользовались линейной интерполяцией. Формула линейной интерполяции имеет вид:

$$f(x) = f(x_i) + \frac{f(x_{i+1}) - f(x_i)}{x_{i+1} - x_i} (x - x_i)$$

при $x_i \leq x \leq x_{i+1}$

В результате проведенных исследований получили значения высот лесных культур с 2008 по 2020 год (таблица 3.6, рисунок 3.18).

Таблица 3.6. – Высота сосновых лесных культур в зависимости от используемого посадочного материала

| Год | Варианты опыта | | |
|------|----------------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 2008 | 11 | 10 | 13 |
| 2009 | 33 | 30 | 34 |
| 2010 | 55 | 50 | 55 |
| 2011 | 121 | 122 | 131,2 |
| 2012 | 187 | 194 | 207,4 |
| 2013 | 253 | 266 | 283,6 |
| 2014 | 319 | 338 | 359,8 |
| 2015 | 385 | 410 | 415 |
| 2016 | 426 | 468 | 482 |
| 2017 | 468 | 526 | 549 |
| 2018 | 510 | 585 | 617 |
| 2019 | 557,5 | 632,5 | 670 |
| 2020 | 605 | 680 | 723 |

Примечание – Вариант опыта 1 – посадка семян с ЗКС; вариант опыта 2 – посадка семян с ОКС; вариант опыта 3 – посадка семян с ОКС и их предпосадочной обработкой композиционным полимерным составом «Корпансил».

Динамика роста лесных культур по высоте на первом варианте описывается уравнением:

$$y = 0,0589x^4 - 2,1706x^3 + 26,926x^2 - 74,281x + 57,712, R^2 = 0,999$$

Динамика роста лесных культур по высоте на втором варианте опыта описывается уравнением:

$$y = 0,0404x^4 - 1,7031x^3 + 24,005x^2 - 68,473x + 54,063, R^2 = 0,9994$$

Динамика роста лесных культур по высоте на третьем варианте опыта описывается уравнением:

$$y = 0,0445x^4 - 1,7787x^3 + 24,364x^2 - 66,555x + 52,068, R^2 = 0,9991$$

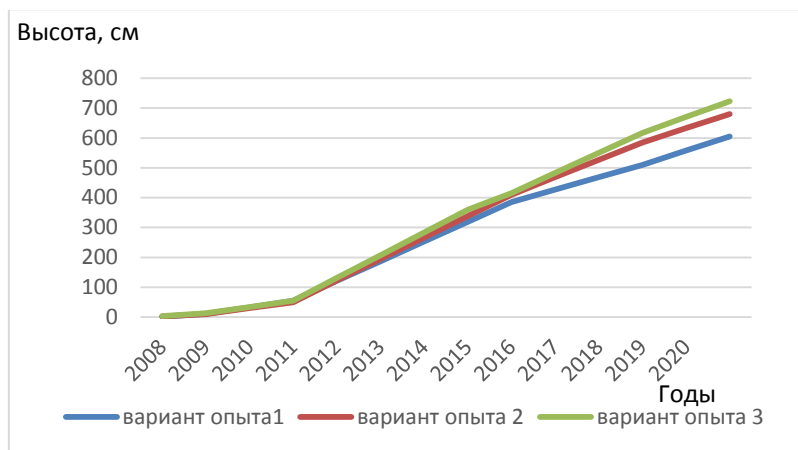


Рисунок 3.18. – Динамика изменений высоты лесных культур в Светиловичском лесничестве

Очевидно, что рост лесных культур зависит от используемого посадочного материала и предпосадочной обработки корневых систем растений композиционным полимерным составом «Корпансил».

Математическая обработка полученных данных высот лесных культур в 2020 г позволила установить достоверную разницу средних высот между первым вариантом опыта (посадка сеянцев с ЗКС) и третьим вариантом (посадка сеянцев с ОКС и их предпосадочной обработкой композиционным полимерным составом «Корпансил») (таблица 3.7).

Таблица 3.7. – Парный двухвыборочный тест для средних высот

| Показатели | Сравнение вариантов опытов 1 и 2 | Сравнение вариантов опытов 1 и 3 | Сравнение вариантов опытов 2 и 3 |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| t-статистика | -3,32945 | -3,84514 | -4,77689 |
| P(T<=t) одностороннее | 0,003002 | 0,001165 | 0,000225 |
| t критическое одностороннее | 1,782288 | 1,782288 | 1,782288 |
| P(T<=t) двухстороннее | 0,006004 | 0,002331 | 0,000451 |
| t критическое двухстороннее | 2,178813 | 2,178813 | 2,178813 |

Для каждой пары опытов абсолютное значение t-статистики больше критического, что свидетельствует о значительном отклонении средних высот. Это факт подтверждают р-значения, меньше 0,05.

В результате исследований, проведенных в Республике Беларусь и Республике Казахстан, по оценке лесоводственной эффективности создания лесных культур установлено влияние различных способов и методов на высоту насаждений. Для условий Республики Беларусь получены достоверные различия по высоте сосновых насаждений при посадке лесных культур с использованием однолетних сеянцев (ЗКС) корневой системой и одно-

летних сеянцев с открытой (ОКС) корневой системой и их предпосадочной обработкой композиционным полимерным препаратом «Корпансил».

Непрерывное увеличение лесокультурных и лесовосстановительных работ выдвигает требования по совершенствованию существующих технологий выращивания посадочного материала и создания лесных культур. Возникает объективная потребность в разработке новых эффективных приемов с использованием композиционных материалов, с помощью которых можно достигнуть максимального эффекта приживаемости растений после создания лесных культур. Одним из способов повышения качества работ по лесовосстановлению является разработка новых композиционных материалов для защиты корневых систем сеянцев лиственных пород от иссушения и продления периода посадки леса.

Формирование полимерной пленки покрытия на корневой системе растений не только позволяет уменьшить степень иссушения корней, но и дает возможность обеспечить растения элементами питания при введении в пленкообразующий раствор соответствующих добавок.

В Моисеевском лесничестве Мозырского опытного лесхоза заложены опытные объекты по созданию лесных культур березы повислой и дуба черешчатого с предпосадочной обработкой корневых систем композиционным материалом. Опытные культуры березы повислой заложены в квартале 68, выдел 5.1, площадь 1,2 га, а культуры дуба черешчатого – в квартале 8, выдел 1, площадь 1,9 га. Приживаемость лесных культур на опытных объектах и текущий прирост в высоту определяли в соответствии с «Наставлением...» [5].

В таблице 3.8 даны результаты математической обработки высоты надземной части однолетних сеянцев дуба черешчатого и березы повислой.

Таблица 3.8. – Результаты математической обработки однолетних сеянцев лиственных пород

| Береза повислая | |
|-----------------------------|-------|
| Среднее | 47,44 |
| Стандартная ошибка | 1,26 |
| Медиана | 46,50 |
| Мода | 42,00 |
| Стандартное отклонение | 8,97 |
| Дисперсия выборки | 80,61 |
| Эксцесс | -0,82 |
| Асимметричность | 0,23 |
| Интервал | 35,00 |
| Минимум | 29,00 |
| Максимум | 64,00 |
| Уровень надежности (95,0 %) | 2,55 |
| Коэффициент вариации | 18,92 |

Продолжение таблицы 3.8

| Дуб черешчатый | |
|-----------------------------|-------|
| Среднее | 11,81 |
| Стандартная ошибка | 0,09 |
| Медиана | 12,00 |
| Мода | 12,30 |
| Стандартное отклонение | 0,69 |
| Дисперсия выборки | 0,48 |
| Эксцесс | 0,16 |
| Асимметричность | -0,87 |
| Интервал | 2,90 |
| Минимум | 10,20 |
| Максимум | 13,10 |
| Уровень надежности (95,0 %) | 0,19 |
| Коэффициент вариации | 5,87 |

Анализ данной таблицы показал, что высота стволика сеянцев березы находилась в пределах от 29 до 64 см (среднее значение составило 47,44 см). Изменчивость полученных данных доказывает, что совокупность данных является однородной, т. к. коэффициент вариации менее 30 %.

Высота стволика сеянцев дуба находилась в пределах от 10,2 до 13,1 см (среднее значение составило 11,81 см). Дисперсия выборки низкая, что исключает большой разброс данных и говорит о том, что выборка близка к ее математическим ожиданиям. Асимметричность выборки близка к нулю, что говорит о ее симметричности. Изменчивость полученных данных доказывает, что совокупность данных является однородной, т. к. коэффициент вариации менее 30 %. Точность полученных данных высокая.

В таблице 3.9 представлены результаты приживаемости лесных культур дуба черешчатого и березы повислой на опытных объектах.

Таблица 3.9. – Приживаемость лесных культур лиственных пород

| Вариант опыта | Приживаемость, % |
|--|------------------|
| Культуры дуба черешчатого | |
| Контроль | 77 |
| Обработка корней композиционным материалом | 90 |
| Культуры березы повислой | |
| Контроль | 79 |
| Обработка корней композиционным материалом | 94 |

Анализ данной таблицы показывает, что приживаемость лесных культур дуба черешчатого на контрольном варианте опыта составила 77 %, а при обработке корневых систем сеянцев композиционным материалом она увеличилась на 13 %. Приживаемость лесных культур березы повислой на контрольном варианте опыта составила 79 %, а при предпосадочной обработке корневых систем композиционным материалом увеличилась на 15 %.

В таблице 3.10 даны результаты исследования по влиянию композиционного материала на текущий прирост в высоту лесных культур дуба черешчатого и березы повислой на опытных объектах.

Таблица 3.10. – Текущий прирост лесных культур лиственных пород в высоту

| Вариант опыта | Текущий прирост в высоту, см |
|--|------------------------------|
| Культуры дуба черешчатого | |
| Контроль | 23,5 |
| Обработка корней композиционным материалом | 27,8 |
| Культуры березы повислой | |
| Контроль | 9,2 |
| Обработка корней композиционным материалом | 12,6 |

При предпосадочной обработке корневых систем композиционным материалом сеянцев дуба черешчатого и березы повислой текущий прирост растений в высоту увеличивается на 18,3 % и 37,0 % соответственно.

Обработка корневых систем сеянцев модифицированным композиционным материалом на основе выбранного нами водорастворимого полимера и целевых добавок приводит к увеличению приживаемости и прироста лесных культур в высоту.

В таблице 3.11 даны результаты математической обработки высоты надземной части однолетних лесных культур дуба черешчатого и березы повислой на контрольных вариантах опыта.

Таблица 3.11. – Результаты математической обработки высоты надземной части однолетних лесных культур дуба черешчатого и березы повислой

| Береза повислая | |
|-----------------------------|-------|
| Среднее | 70,86 |
| Стандартная ошибка | 1,01 |
| Медиана | 71,00 |
| Мода | 68,00 |
| Стандартное отклонение | 7,16 |
| Дисперсия выборки | 51,34 |
| Экцесс | -0,77 |
| Асимметричность | -0,08 |
| Интервал | 29,00 |
| Минимум | 55,00 |
| Максимум | 84,00 |
| Уровень надежности (95,0 %) | 2,03 |
| Коэффициент вариации | 10,11 |
| Дуб черешчатый | |
| Среднее | 20,97 |
| Стандартная ошибка | 0,51 |
| Медиана | 20,35 |

Продолжение таблицы 3.11

| | |
|-----------------------------|-------|
| Мода | 20,30 |
| Стандартное отклонение | 3,65 |
| Дисперсия выборки | 13,35 |
| Эксцесс | 2,79 |
| Асимметричность | 0,60 |
| Интервал | 21,10 |
| Минимум | 11,40 |
| Максимум | 32,50 |
| Уровень надежности (95,0 %) | 1,03 |
| Коэффициент вариации | 17,42 |

Анализ данных таблицы показал, что высота стволика лесных культур березы повислой находилась в пределах от 55 до 84 см (среднее значение составило 70,86 см). Дисперсия выборки высокая, асимметричность выборки близка к нулю. Высота стволика лесных культур дуба черешчатого находилась в пределах от 11,4 до 32,5 см (среднее значение составило 20,97 см). Дисперсия выборки невысокая, разброс данных небольшой и говорит о том, что выборка близка к ее математическим ожиданиям. Изменчивость полученных данных доказывает, что совокупность данных является однородной, т. к. коэффициент вариации менее 30 %. Точность полученных данных высокая.

Проведены исследования по влиянию композиционных материалов на степень иссушения корневых систем семян лиственных пород. Минимальные потери воды корневыми системами наблюдаются при обработке семян композиционным материалом в течение первых трех часов.

Полученные результаты лабораторных исследований свидетельствуют о том, что потеря воды однолетними сеянцами дуба черешчатого и березы повислой зависят от длительности эксперимента. Установлено, что однолетние сеянцы дуба черешчатого теряют влажность корневых систем с первых часов исследований.

На контрольном варианте опыта в течение трех суток корневые системы сеянцев дуба черешчатого теряют в 10,7 раза воды, больше чем через 0,25 часа. Иссушение корневых систем спустя 6 часов после постановки эксперимента увеличивается в 6,8 раза. При обработке корневых систем сеянцев композиционным материалом отмечено сокращение потери воды на 17 %. Нами установлен эффект замедления скорости испарения влаги корневыми системами при использовании выбранных в процессе работы полимерного пленкообразующего компонента и целевых добавок.

Установлено, что предпосадочная обработка корневых систем растений композиционным материалом способствовала увеличению биометрических показателей сеянцев дуба черешчатого и березы повислой в высоту на 18,3 % и 37,0 % соответственно. Приживаемость находилась в пределах 90 % – 94 %, что на 13 % – 15 % выше по сравнению с контролем.

ГЛАВА 4

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ЛЕСНОГО И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Выращивание качественного посадочного материала в лесных питомниках зависит от ряда факторов, в первую очередь, от содержания элементов минерального питания в почве (гумуса, подвижных форм азота, фосфора и др.). Почвенное плодородие лесных питомников оказывает существенное влияние на биометрические показатели посадочного материала и положительно влияет на рост и развитие сеянцев дуба черешчатого, способствуя формированию хорошо развитой корневой системы и надземной части. Важным условием является разработка и усовершенствование технологии выращивания посадочного материала на основе применения КМ для получения новых органических удобрений [283].

Интенсификация питомнического хозяйства и увеличение выхода стандартного посадочного материала в условиях открытого грунта с единицы площади может быть достигнуто на основе совершенствования агротехники, обеспечивающей интенсивное и целенаправленное выращивание сеянцев лесных пород с высокой степенью микоризности корней [284; 285]. Одной из главных причин выращивания сеянцев лесных пород со слабой микоризованностью корневых систем является недостаточное обеспечение почв элементами питания и в первую очередь гумусом. Для повышения содержания гумуса в почве особо важную роль играют органические удобрения. При этом создаются оптимальные условия для получения стандартного посадочного материала с микоризованной корневой системой.

4.1 Научно-методические исследования технологий получения и применения новых органических удобрений на основе отходов лесного и сельскохозяйственного производства

Интенсификация питомнического хозяйства и увеличение выхода стандартного посадочного материала с единицы площади могут быть достигнуты 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 питания и в первую очередь гумусом. В пахотном горизонте большинства лесных питомников содержание гумуса составляет менее 2 %. Для повышения содержания гумуса в почве особо важную роль играют органические удобрения. Систематическое применение органических удобрений увеличивает запас питательных веществ в почве, повышает содержание в ней поглощенных оснований, увеличивает поглотительную способность и буферность, влагоемкость и водопроницаемость, обогащает почву микрофлорой, усили-

вадет ее биологическую активность, уменьшает сопротивление почвы при механической обработке. При этом создаются оптимальные условия для получения стандартного посадочного материала с хорошо развитой корневой системой и надземной частью растений.

Разработка способов стимулирования микоризообразования на корнях сеянцев хвойных пород путем обогащения почвы лесных питомников органическими элементами питания позволит выращивать устойчивый к неблагоприятным факторам среды микоризный посадочный материал и увеличить приживаемость лесных культур при лесовыращивании. Микотрофные растения имеют повышенную устойчивость к засухе, засолению и инфекциям, вызываемым патогенными микроорганизмами и некоторыми почвенными вредителями.

Почвенное плодородие лесных питомников оказывает существенное влияние на биометрические показатели посадочного материала, а именно, положительно влияет на рост и развитие сеянцев хвойных пород, способствуя формированию хорошо развитой корневой системы и фотосинтетического аппарата.

Наличие на корнях сеянцев древесных и кустарниковых растений микоризы и степени ее развития – существенный показатель их качества. Древесные растения с хорошо развитыми микоризами лучше растут и приживаются при пересадке, меньше страдают от неблагоприятных воздействий, в меньшей степени подвержены инфекционным болезням.

Агротехнические приемы, применяемые при выращивании лесопосадочного материала в лесных питомниках, направлены на создание наиболее благоприятных условий для прорастания семян, приживаемости и роста растений за счет повышения плодородия почвы, а также улучшения светового и воздушного режимов. На степень микоризообразования на корневых системах сеянцев большое влияние оказывает ряд факторов: агрохимический состав и обработка почвы, севооборот, использование удобрений, пестицидов и др. В настоящее время агротехника выращивания посадочного материала в лесных питомниках не в полной мере учитывает специфику микоризообразования. Наличие на корнях сеянцев древесных и кустарниковых растений микоризы и степени ее развития – существенный показатель их качества.

Оценка успешности микоризообразования на корнях сеянцев хвойных пород должна стать одной из процедур контроля качества посадочного материала. Показатели микоризообразования позволяют, наряду с другими факторами, реально оценить фактическое состояние почв исследуемых лесопитомников.

Исключительным по качеству органическим удобрением является компост. Его уникальность заключается в том, что по своей структуре и принципу воздействия на почву компост наиболее близок к естественной гумусной субстанции.

Компостированием называют процесс создания в результате гумификации из изначально непригодных материалов новой плодородной субстанции.

Выращивание качественного посадочного материала в лесных питомниках зависит, в первую очередь, от содержания элементов минерального питания в почве (гумуса, подвижных форм азота, фосфора, калия и др.). Почвенное плодородие лесных питомников оказывает существенную роль на биометрические показатели посадочного материала и изменение его состояния в сторону увеличения содержания элементов питания положительно влияет на рост и развитие сеянцев, способствуя формированию хорошо развитой корневой системы и фотосинтетического аппарата.

Совокупность агротехнических приемов выращивания сеянцев на питомниках (применение удобрений, пестицидов, гербицидов и др.) не всегда позволяет получить качественный посадочный материал. Эти приемы направлены на создание благоприятных условий для прорастания семян, для борьбы с сорной растительностью, для повышения выхода стандартного посадочного материала и улучшения роста растений, но не учитывают процессы микоризообразования на корнях сеянцев. Специфические условия, возникающие в лесных питомниках вследствие хозяйственной деятельности, могут приводить к изменению состава и функциональной активности эктомикоризных грибов и к подавлению микоризообразования.

При выращивании лесопосадочного материала в лесных питомниках и создании лесных культур посевом при разных агрофонах на интенсивность микоризообразования у сеянцев сосны влияет глубина заделки семян. Отклонение от оптимальной глубины заделки, в первую очередь, снижает грунтовую всхожесть семян. Но, кроме того, этот фактор может задержать их прорастание, а при глубокой заделке еще и вызвать появление ослабленных всходов. Эти особенности влияют на интенсивность микоризообразования у сеянцев.

Важным звеном в повышении плодородия почв лесных питомников является применение наряду с минеральными удобрениями органических удобрений. Органические вещества положительно влияют на древесные растения как источник углекислоты и минеральной пищи, а также оказывают влияние на стимулирование микоризообразования и улучшают рост микоризованных сеянцев.

Ценным удобрением для лесных питомников в зоне хвойных и смешанных лесов является торф. Он улучшает физические свойства подзолистых супесчаных почв, делая их более связными и плодородными. Значительно лучшие результаты дает торф в смеси с навозом или с другими компонентами (листовой опад, опилки, измельченные растительные остатки, мочевина, зола и т. д.).

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 почке без компоста.

А. Ахромейко [286] 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 [287].

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 [288]. 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 аммонийные 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.

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 % [289].

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 [290].

В качестве органических удобрений можно использовать лигнин. 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.) [291].

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 [292].

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 [283].

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.

Органические удобрения в виде компоста обладают максимально приближенной к естественному гумусу структурой. В процессе компостирования образуются особые вещества, по сути, являющиеся биокатализаторами, которые оказывают стимулирующее действие на рост и развитие растений, а также ингибиторы, тормозящие или предотвращающие развитие нежелательных процессов в почве [293–300].

Обладая сбалансированным составом и оптимальным содержанием питательных веществ, компост способен регулировать процессы обмена веществ в почве, а также корректировать возможные нарушения обмена. Компост является благоприятной средой для развития микроорганизмов и активизирует жизнедеятельность почвенной фауны. Благодаря активности микроорганизмов в компосте и в удобренной им почве оказывается возможным подавлять деятельность болезнетворных микроорганизмов или сдерживать их развитие ниже порога поражения.

Древесная кора и опилки обладают рядом благоприятных для выращивания лесных растений свойств. В химическом отношении данные субстраты являются 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 и опилок очень ценна при использовании их в качестве субстрата и позволяет создавать на их основе органоминеральные удобрения с высоким содержанием основных питательных элементов. Высокая пористость, низкая объемная масса, высокая фильтрационная способность дают возможность использовать компостируемые кору и опилки в качестве почвенного кондиционера для улучшения физических свойств почвы лесных питомников. В своем составе кора и опилки содержат почти все биоэлементы, которые становятся доступными для питания растений в процессе их микробного разложения. Но они бедны азотом (0,2 % – 0,4 % в абс. сухой массе), поэтому в процессе разложения органического вещества коры и опилок развитие микроорганизмов без дополнительного внесения азота сдерживается, и процесс компостирования протекает медленнее.

Кору и опилки необходимо компостировать в буртах с добавлением азотсодержащих продуктов, в частности, в смеси с торфом или куриным пометом. Процесс компостирования коры и опилок является частичным разложением органического вещества, при котором происходит накопление азотсодержащих веществ, а, следовательно, отмечается уменьшение показателя соотношения углерода к азоту (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 сеянцев древесных растений.

Целевая добавка в виде куриного помета на опилках при компостировании коровых и опилочных 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 потерю 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 сеянцев.

Свежая кора содержит различные питательные вещества и значительное количество гумусообразующего материала. В 1 т сухой коры хвойных пород содержится (кг): азота – 3,8, фосфора – 2,5, калия – 9,2, кальция и магния – 20,6, углерода – 446.

Кора, выходящая из-под окорочных станков, представляет собой преимущественно крупные фракции. Отсутствие установок для измельчения коры на деревоперерабатывающих предприятиях вызывает необходимость использования в качестве сырья для приготовления компостов неизмельченной коры, требующей длительной (от 2 до 2,5 лет) выдержки в буртах, тогда как для компостирования измельченной коры нужно всего 6–12 месяцев. Значительным резервом для сокращения сроков приготовления таких компостов является использование частично разложившейся за время хранения коры со свалок.

Органические вещества коры, как и другого растительного материала, разлагаются в процессе компостирования при помощи бактерий и низших грибов, питающихся целлюлозой. Происходит переход органического вещества коры в гумус (перегной) и обогащение ее азотом и фосфором. Внесение же в компост различных материалов и органических добавок усиливает деятельность этих микроорганизмов, которые, разлагая кору, разрушают и содержащиеся в ней ядовитые для растений и человека вещества.

Минеральные удобрения в компостируемую массу вносят в различных количествах. Для использования отходов в качестве удобрений соотношение в них углерода и азота имеет особое значение. В коре отношение этих элементов довольно широкое, поэтому разложение ее протекает медленно. В лежалой коре также содержится большое количество органического вещества и достаточное количество общего азота. В процессе естественного компостирования в отвалах органическое вещество коры обогащается азотом и сужается отношение C:N. Показатель кислотности коры в таком отвале близок к нейтральному.

Вышеперечисленные отходы имеют широкий набор макро- и микроэлементов, большинство из которых необходимо для питания растений. При систематическом применении данных отходов в качестве удобрений возможно накопление этих элементов в почве. Содержание тяжелых металлов (Co, Ni, Cu, Zn, Pb) в отходах не превышает предельно-допустимых концентраций, разработанных для осадков сточных вод и рекомендуемых для использования в качестве органических удобрений.

Если используются кислые аммонийные формы удобрений (аммиачная селитра, сульфат аммония), то одновременно требуется вносить и известь для нейтрализации кислотности смеси. Из калийных удобрений лучше вносить хлористый калий, так как это физиологически нейтральное удобрение.

Калийные удобрения вносят не для того, чтобы улучшить процесс компостирования, а для того, чтобы приблизить компост по составу и свойствам к естественному навозу.

Качественные компосты из коры можно приготовить, добавив жидкий или сухой помет, навоз, навозную жижу и фекалий, при компостировании которых быстро исчезает неприятный запах. Рассчитанные дозы удобрений вносят полностью или частями: одну половину при компостировании, другую – после перемешивания. Внесение удобрений частями уменьшает потери азота в процессе компостирования.

Для получения компостов можно использовать измельченную кору хвойных или лиственных пород и опилки в смеси с органоминеральными добавками (навоз, куриный помет, торф переходной или низинный, лиственной опад и др.), стимулирующими процесс компостирования.

При использовании коры как исходного субстрата для приготовления компостов она должна предварительно дробиться, увлажняться и соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице 4.1 [283].

Таблица 4.1. – Оптимальные требования к древесной коре

| Наименование показателя | Норма |
|--|----------------|
| Влажность, % по массе, в пределах | 65–80 |
| Примесь древесины, % по массе, не более | 15 |
| Содержание частиц коры размером до 10 мм, % по массе, не менее | 60 |
| Содержание частиц коры размером от 10 мм до 40 мм, % по массе, не более | 30 |
| Содержание частиц коры размером от 40 мм до 50 мм, % по массе, не более | 10 |
| Загрязнение минеральными маслами, мазутом, пропиточными веществами, наличие металлических примесей | не допускается |

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.

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

Соотношение компонентов в коровых компостах с целевыми добавками может составлять 4:1, 4:1:1, 4:1:1:0,5 и другое.

Например: древесная кора в смеси с куриным пометом (4:1); древесная кора в смеси с торфом и куриным пометом (4:1:1); древесная кора в смеси с древесными опилками и куриным пометом (4:1:1); древесная кора в смеси с листовым опадом, торфом и куриным пометом (4:1:1:0,5); древесная кора в смеси с торфом, куриным пометом и полимерным структурообразователем почвы (4:1:1:0,5) и др.

Потребности лесопитомнических хозяйств в полноценных органических удобрениях и преимущество компостируемых удобрений диктуют необходимость создания компостника буртовым способом. Такое сооружение должно обеспечить оптимальную биотермическую переработку компостируемой органической массы. Объемные показатели потребности хозяйства в органических удобрениях являются определяющим фактором параметров буртового компостника (таблица 4.2).

Таблица 4.2. – Оптимальные параметры компостника

| Показатели компостника | Размеры компостника | | | | |
|------------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|
| | 10 | 15 | 15 | 20 | 40 |
| Длина, м | 10 | 15 | 15 | 20 | 40 |
| Ширина, м | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 |
| Высота, м | 1,5 | 1,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| Количество компоста, т | 20 | 30 | 75 | 100 | 200 |

Общая высота компостника может колебаться от 1,5 до 2,5 м. Ширина компостника по дну (от 4,0 до 6,0 м) должна обеспечивать свободное маневрирование машин и механизмов при производстве разгрузочно-погрузочных работ и перемешивании компоста.

Потребность лесных питомников в органических удобрениях определяет объемные показатели компостника. Ниже представлены сведения по определению количества органического удобрения исходя из размеров компостника для конкретного питомника.

Например: ширина компостника составляет 4 м, его высота и длина – 1,5 м. Таким образом, объем данного компостника составит 45 м^3 . Расчетная масса 1 м^3 компоста равна 0,67 т. Следовательно, масса компоста в компостнике таких размеров будет составлять 30 тонн. При оптимальной дозе внесения органического вещества на 1 га посевного отделения питомника 60 т/га данное количество компоста (30 т) может быть внесено на площадь 0,5 га.

При других продуцирующих площадях питомника можно легко рассчитать их потребности в органических удобрениях и примерные размеры буртового компостника.

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.

Участок, отведенный под строительство компостника, должен располагать хорошими подъездными путями, иметь уровень залегания грунтовых вод не ближе 2,5–3,0 м. Наиболее удобным сроком закладки коровых компостов в питомническом хозяйстве является позднелетний или раннеосенний периоды.

Для создания компостников предварительно заготавливаются исходные компоненты компостов (кора, опилки) и органоминеральные добавки (куриный помет, торф и др.) и подвозятся к месту создания компостника.

Способы внесения органоминеральных добавок в измельченный и увлажненный до 60 % – 70 % коровый субстрат при создании компостных буртов могут быть различными. Чаще используют послойное создание компостных буртов или смешение коры с целевыми добавками. Иногда применяют очаговое внесение добавок в основной субстрат.

Предварительно заготавливаются исходные компоненты компостов (кора, опилки) и органоминеральные добавки (куриный помет, торф и др.) и др. и подвозятся к месту создания компостника.

При послойном создании компостных буртов приготовленные субстраты увлажняются до 60 % – 70 % влажности. В контуре будущего бурта закладывается первый слой дробленой коры высотой 30–40 см. На него послойно вносятся 40 % необходимого для всего бурта куриного помета, торфа, минеральных удобрений или других добавок. Затем насыпается второй слой коры высотой 40 см, на него вносятся также 40 % органоминеральных добавок. Далее третий слой коры – 40 см и оставшиеся 20 % целевых добавок. Сверху насыпается четвертый 30-сантиметровый слой коры. Сформированный таким образом бурт остается на компостирование.

Верхний слой компостируемой массы обычно пересыхает, поэтому его снимают и закладывают или используют для мульчирования. Иногда удобрения удобнее вносить не послойно, а сразу на всю кору, завезенную для приготовления компоста. Для этого ее разравнивают на участке прямоугольной формы, равномерно разбрасывают удобрения и формируют бурт. Когда есть возможность компостирования с навозной жижей или жидким пометом, то сначала формируют бурт. На его верхушке делают корытообразное углубление для заливки удобрений. Рассчитанное количество навозной жижи по частям вносят в углубление бурта и после впитывания выравнивают его поверхность. Такой способ компостирования коры с одновременным внесением удобрений и увлажнением значительно ускоряет процесс разложения.

Для приготовления компоста из коры можно использовать любые отходы органического происхождения – сорняки, опавшую листву, ботву картофеля и корнеплодов, капустные листья, опилки, пищевые отходы.

Закладка субстратов на компостирование проводится при температуре наружного воздуха не ниже плюс 10 °С.

После начала микробиологических окислительных процессов температура в компостируемом субстрате повышается до 50 °С – 60 °С.

Для улучшения газообмена компостируемую массу в буртах следует ежегодно 2–3 раза перемешивать и при необходимости увлажнять, чтобы сократить срок созревания компоста, улучшить его качество и обеспечить оптимальную биотермическую переработку компостируемой органической массы.

Период компостирования коровых субстратов составляет от 1,5 до 2 лет. Готовность компоста определяется визуально по однородности всей субстратной массы.

Оптимальная влажность компостируемой массы коры должна быть в пределах 60 % – 70 %. Если компостирование проводится летом в сухую

погоду, то для ускорения разложения коры ее необходимо периодически увлажнять. Для лучшего доступа воздуха через 1–2 месяца после закладки целесообразна перебуртовка массы, чтобы сократить срок созревания компоста, улучшить его качество и обеспечить оптимальную биотермическую переработку компостируемой органической массы.

При нормальных условиях компостирования в результате бурной микробиологической деятельности выделяется тепло. Через несколько дней после внесения добавок и формирования бурта температура повышается до 40 °С – 60 °С и поддерживается на таком уровне длительное время. Если кора разогрелась, то компостирование активно протекает и в зимний период, а бурт не замерзает. Следует отметить, что для интенсивного разложения частиц влажной коры, обогащенной добавками, не требуется высокотемпературных условий, но необходим доступ воздуха. Надо помнить, что при холодном компостировании сохраняются семена сорняков, споры грибов, яйца паразитов.

Срок выдержки коры в буртах можно определить по внешним признакам и агрофизическим показателям. В спелом компосте частицы имеют темно-коричневую, почти черную окраску, пахнут землей. При соблюдении доз внесения удобрений кислотность компоста будет близка к нейтральной. Показателем готовности компоста является снижение температуры в бурте и уменьшение показателя соотношения углерода к азоту (C:N) до 40 и ниже. За период компостирования убыль сухого вещества составляет около 30 %.

Одним из основных мероприятий при компостировании является регулярная проверка влажности компоста и при необходимости его умеренное увлажнение. При излишнем накоплении влаги вследствие обильных и частых дождей могут возникнуть явления застоя и процессы гниения, сопровождающиеся выделением неприятных запахов. С другой стороны, присутствие воды с растворенными в ней питательными веществами является обязательным условием успешного процесса разложения и, если содержание влаги в компосте оказывается ниже порога 25 %, разложение останавливается. В процессе распада происходит постоянный повышенный расход воды, который необходимо восполнять, иначе в толще компоста может произойти так называемое сгорание, в результате которого, в крайнем случае, не исключено поражение материала инфекционным грибом. В жаркое лето при долгом отсутствии осадков компост необходимо поливать. Для этого лучше пользоваться дождевой водой, можно также растворять в ней органические удобрения, птичий помет или навоз, чтобы вместе с водой внести в компост и дополнительные питательные вещества. Для проверки степени влажности достаточно горсть компоста плотно сжать в руке. Если при этом отчетливо выступает вода, компост переувлажнен, если субстанция рассыпается – компост сухой. Компост, содержащий оптимальное количество влаги, напоминает влажную губку: он не рассыпается в руке, а при сжатии выступает незначительное количество воды. Другим важным мероприятием при компостировании является периодическая перебивка компоста, необходимая

для обеспечения постоянного притока воздуха. Уже через некоторое время после закладки материала в компост его слои начинают сжиматься и объем воздуха в толще сырья резко сокращается. Это может привести к нарушению обмена веществ и анаэробным процессам гниения.

Кроме того, при ограниченном доступе кислорода процесс разложения проходит без саморазогрева и плохо регулируется, что может привести к нежелательным потерям азота. Производить перебивку необходимо регулярно, не реже одного-двух раз в неделю. Для этого вилами или мотыгой следует разрыхлить верхний пласт компоста и перевернуть его, открывая доступ воздуху. Периодически следует также производить более глубокое перемешивание материала.

Компост постоянно изменяется в ходе процесса разложения по своему физическому, химическому и биологическому состоянию. Процесс разложения компоста проходит в несколько фаз, и его длительность составляет в зависимости от ожидаемого конечного качества продукта 6–12 месяцев. За время разложения объем материала сокращается на 20 %. Каждая из фаз разложения характеризуется особыми признаками и возникновением различных форм микроорганизмов.

1. Фаза распада – первичное разложение сырого материала. Участвуют простейшие почвенные микроорганизмы: плесневый грибок, актиномицеты, винтообразные бактерии, аэробные спирохеты.

2. Фаза реконструкции – переходный этап от стадии чистого разложения. Увеличение числа микроорганизмов (актиномицеты, пенициллы, дрожжевой грибок, плесень головчатая, спирохеты, вилхвостка).

3. Фаза синтеза – начало активных созидательных процессов, образование незрелого компоста. Увеличение численности сложных почвенных организмов и микрофауны.

4. Фаза созревания – продолжение сложных внутренних процессов построения материала компоста, зрелый компост. Разнообразная и активная жизнь почвенной микрофауны (сенокосец, вилхвостка, личинка луговой долгоножки, растение звездчатки).

5. Фаза гумификации – формирование устойчивых форм гумуса, образование ценной компостной земли.

6. Фаза распада является, по сути, первичным разложением материала, характеризуется стремительным повышением температуры в толще компоста до 60 °С – 70 °С. Происходит прогрессивный распад легко обратимых органических субстанций. Простейшие микроорганизмы питаются легко разлагающимися белком и сахаром, целлюлозой и жирами. На этой стадии происходит уменьшение значения кислотности субстрата.

7. Фаза реконструкции – снижение температуры до 30 °С – 35 °С. Активизация роста грибков: дрожжевой грибок, лучевой грибок, зеленая плесень. Улучшение газообмена. Аммиак образует органические соединения. Соотношение C:N снижается.

8. Фаза синтеза – температура падает до 20 °С. Значительное заселение массы почвенными организмами более высокого развития: навозными

червями, мокрицами, вилохвостками. Благодаря деятельности компостных червей происходит усиленное перемешивание органических и минеральных частей материала. Органические вещества переходят в форму, доступную для растений. Компост приобретает темную окраску, его можно применять в качестве незрелого продукта для мульчирования.

Незрелый компост можно использовать уже через несколько месяцев после закладки материала, он богат азотом и содержит большое количество питательных веществ. Основная ценность незрелого компоста заключается в его активизирующем влиянии на почвенные микроорганизмы, то есть процесс разложения компоста продолжается уже непосредственно на почве. Кроме того, незрелый компост содержит биогенные стимуляторы роста растений и способствует образованию двуокси углерода в почве. Незрелый компост нельзя заделывать глубоко в почву, чтобы не возникли процессы гниения, связанные с нехваткой кислорода для продолжающегося в незрелом компосте процесса разложения.

9. Фаза созревания. Температура компоста сравнивается с естественной температурой почвы. Остановка процессов разложения. Потребность в кислороде понижается. Соотношение C:N устанавливается примерно 20:1. Компост характеризуется рыхлой землистой структурой со здоровым запахом лесной земли, вызванным жизнедеятельностью актиномицетов. Компост готов к использованию.

Зрелый компост является конечным продуктом процесса компостирования и исключительным по ценности продуктом удобрения. Главное достоинство зрелого компоста заключается в сформировавшихся тесных связях питательных веществ внутри соединений гумуса. Таким образом, зрелый компост можно считать устойчивой формой гумуса. Зрелый компост рекомендуется применять на проблемных почвах, которые не в состоянии завершить процесс преобразования незрелого компоста, и для создания субстратов для выращивания рассады, балконных и комнатных растений.

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 оптимальным показателям и нормам, приведенным в таблице 4.3.

Таблица 4.3. – Оптимальные показатели и нормы к компостам

| Наименование показателя | Норма |
|---|-----------|
| Влажность (%) базисная ограничительная, не более | 65–75 |
| pH солевой суспензии | 6,0–7,0 |
| Объемная масса, г/см ³ на абс. сухую массу, не более | 0,15–0,20 |

Продолжение таблицы 4.3

| | |
|---|---|
| Зольность, % на абс. сухую массу, не более | 30 |
| Массовая доля общего азота, %, не менее | 1,5–2,0 |
| Массовая доля P ₂ O ₅ , %, не менее | 1,5 |
| Массовая доля K ₂ O, %, не менее | 0,6 |
| Величина соотношения углерода к азоту, не более | 40 |
| Внешний вид | Рассыпчатая масса темно-коричневого цвета с характерным запахом |

Компосты из коры обладают высокой пористостью, большой поглощательной емкостью и медленно разлагаются. Коровые компосты обладают рядом специфических особенностей. Они свободны от семян сорняков, от возбудителей болезней, обладают большой рыхлостью, малой объемной массой, более высокой гигроскопической влажностью, степенью насыщенности основаниями. По интенсивности выделения CO₂ из почвы они обладают высокой биологической активностью, что имеет большое значение для роста сеянцев.

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.

По данным Министерства лесного хозяйства, в Беларуси в 2019 г. отходы в виде древесных опилок составили 371 тыс. м³, что по сравнению с 2010 г. больше в 3,7 раза. По данным СООО «Бонше», в Брестском районе ежегодно образуется отходы грибного производства в количестве 16,8 тыс. тонн. При выращивании вешенки обыкновенной и шиитаки на Корневской экспериментальной лесной базе НАН Беларуси ежегодно образуется более 60 т отходов грибного производства. В то же время нормативные документы по использованию древесных опилок и коры, отходов грибного производства в качестве элементов компоста для выращивания лесных сеянцев отсутствуют.

Ряд исследователей показали целесообразность применения торфа, коры, опилок и др. в качестве органических удобрений. Нами предлагается инновационная технология получения органических удобрений буртовым способом с использованием отходов лесного и сельскохозяйственного производства.

Получение стандартных сеянцев дуба черешчатого в лесопитомническом хозяйстве Беларуси невозможно без использования органических удобрений. 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

органическими удобрениями 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). Рациональное использование отходов лесного хозяйства способствует повышению плодородия почв лесных питомников республики. В «Наставлении по выращиванию посадочного материала деревьев и кустарников в лесных питомниках Белоруссии» сказано, что их компостирование может служить одним из возможных резервов для получения органических удобрений. Нами использованы отходы лесного и сельскохозяйственного производства, разработана принципиально новая технология приготовления компостов – буртовым способом.

Исключительным по качеству органическим удобрением является компост. Его уникальность заключается в том, что по своей структуре и принципу воздействия на почву компост наиболее близок к естественной гумусной субстанции. Компостированием называют процесс создания новой плодородной субстанции в результате гумификации из изначально непригодных материалов.

В соответствии с «Наставлением по выращиванию посадочного материала деревьев и кустарников в лесных питомниках Белоруссии» 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 компоста и улучшения его качества компост 2–3 раза перемешивают. В связи с большим интервалом срока готовности органических удобрений нами поставлена задача изучить влияние различных компонентов на степень их готовности. Изучение процессов, протекающих при компостировании различных субстратов с целевыми добавками в лабораторных условиях, проводили при температуре 18 °С на 1, 2, 3, 4 и 5-й месяцы эксперимента по следующим вариантам опыта:

- 1 – древесные опилки, куриный помет (1:1);
- 2 – древесные опилки, куриный помет и отходы грибного производства (1:1:0,3)
- 3 – древесные опилки, кора, куриный помет (1:0,5:1);
- 4 – древесные опилки, куриный помет, отходы грибного производства, кора (1:1:0,3:0,5).

Результаты физико-химического анализа исходных компонентов компоста для лабораторных исследований приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4. – Химический состав исходных компонентов органических удобрений

| Компоненты органических удобрений | Влажность, % | РН _{НСІ} | Зольность | Содержание основных элементов | | | |
|-----------------------------------|--------------|-------------------|-----------|-------------------------------|----------------------|------------|----------|
| | | | | азота | | фосфора, % | калия, % |
| | | | | общего, % | аммиачного, мг/100 г | | |
| Хвойная кора | 52,8 | 3,5 | 66,57 | 0,44 | – | 0,05 | – |
| Хвойные опилки | 23,9 | 5,3 | 1,05 | 0,12 | – | 0,01 | – |
| Куриный помет | 32,3 | 8,0 | 12,33 | 4,42 | 563,40 | 3,76 | – |
| Отходы грибного производства | 20,7 | 7,3 | 24,5 | 0,65 | – | 1,05 | 0,78 |

Химический анализ показал, что во всех используемых исходных компонентах компостов содержание общего азота находится в пределах от 0,12 % до 4,42 %. В курином помете выявлено большое содержание аммиачного азота (563,4 мг/100 г субстрата) и общего фосфора (3,76 %). Целевая добавка куриный помет при компостировании коровых и опилочных субстратов повышает качество компостов, обогащая их основными элементами питания, а именно, азотом и фосфором. Известно, что 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 мочевиной кислоты, которая легко разлагается с выделением летучего аммиака. Чтобы уменьшить потери питательных веществ из помета, к нему добавляют опилки или торф. По содержанию питательных веществ куриный помет на опилках и торфопометный компост являются азотно-фосфорным удобрением.

4.2 Исследование влияния технологий получения органических удобрений с использованием отходов растительного и животного происхождения на степень готовности компостов

Исследования позволили установить готовность органических удобрений в лабораторных условиях при температуре 18 °С через 5 месяцев после начала эксперимента на всех вариантах опыта. Через 4 месяца компостирования только на варианте А₂ и А₄ показатель готовности составляет соответственно 25,0 и 24,9 единиц, т. е. не превышает верхний предел оптимального соотношения C/N 25 единиц. На всех других вариантах опыта с использованием целевых добавок в виде куриного помета, отходов грибного производства и коры показатель готовности органических удобрений находится в пределах от 34,1 до 36,1 единиц. Это указывает, что органических удобрений не готовы для использования при выращивании сеянцев дуба черешчатого (таблица 4.5).

Таблица 4.5. – Показатель готовности органических удобрений в лабораторных условиях

| Вариант опыта | Состав опытных субстратов | Показатель готовности органических удобрений | | | | |
|---------------|--|--|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| | | через 1 месяц | через 2 месяца | через 3 месяца | через 4 месяца | через 5 месяцев |
| А-1 | Древесные опилки, куриный помет (1:1) | 74,1 | 68,1 | 42,8 | 36,1 | 25,0 |
| А-2 | Древесные опилки, куриный помет, ОГП (1:1:0,3) | 70,0 | 58,4 | 30,4 | 24,9 | 23,6 |
| А-3 | Древесные опилки, куриный помет, кора (1:1:0,5) | 67,2 | 50,3 | 28,3 | 34,1 | 25,4 |
| А-4 | Древесные опилки, куриный помет, ОГП, кора (1:1:0,3:0,5) | 65,6 | 49,7 | 26,1 | 25,0 | 22,1 |

Примечание – Показатель готовности органических удобрений составляет ≤ 25 единиц.

Для интенсивного выращивания сеянцев дуба черешчатого в условиях открытого грунта лесных питомников проведены исследования с целью не только повышения плодородия почвы, но и обогащения ее полезными микроорганизмами, стимулирующими микоризообразование на корневых системах сеянцев. Нами проведены исследования по использованию в качестве органического удобрения компостов на основе древесных опилок, отходов грибного производства, куриного помета. Динамика разложения органических удобрений с различными добавками в лабораторных условиях отличается от получения компостов в производственных условиях. В лабораторных условиях температура воздуха и влажность органических удобрений являются постоянными и регулируемые факторами.

В связи с тем, что в лабораторных условиях происходит уменьшение влажности органических удобрений, нами проведены исследования содержания химического состава (таблица 4.6).

Таблица 4.6. – Химический состав органических удобрений в лабораторных условиях

| Состав опытных компостов | № опыта | Влажность, % | рН | Содержание аммиачного азота, мг/100 г | Содержание общих форм основных химических элементов, % | |
|---|---------|--------------|-----|---------------------------------------|--|---------|
| | | | | | азота | фосфора |
| Древесные опилки, куриный помет (1:1) | А-1 | 54,8 | 5,2 | 2,29 | 0,60 | 0,07 |
| Древесные опилки, куриный помет, ОГП (1:1:0,3) | А-2 | 55,4 | 4,7 | 7,01 | 0,97 | 0,08 |
| Древесные опилки, куриный помет, кора (1:1:0,5) | А-3 | 45,2 | 5,5 | 4,18 | 0,90 | 0,06 |

Продолжение таблицы 4.6

| | | | | | | |
|--|-----|------|-----|------|------|------|
| Древесные опилки, куриный помет, ОГП, кора (1:1:0,3:0,5) | А-4 | 49,6 | 5,4 | 4,97 | 0,82 | 0,15 |
|--|-----|------|-----|------|------|------|

Процесс компостирования древесной коры – это частичное разложение органического вещества, накопление азотосодержащих веществ и, следовательно, уменьшение соотношения углерода к азоту (С: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 сеянцев древесных растений.

Наибольшее содержание аммиачного общего азота выявлено в субстрате № 2 – 7,01 % и субстрате № 4 с куриным пометом. Содержание общего фосфора в этих субстратах оказалось несколько выше, чем в вариантах № 1 и № 3.

Содержание аммиачного азота в субстрате на основе древесных опилок и куриного помета невысокое, в среднем 2,29 мг на 100 г компоста, однако в субстрате на других вариантах опыта этот показатель был высоким и составил 4,97–7,01 мг/100 г компоста.

Изучено содержание общих форм азота, фосфора и калия в компостах с целевыми добавками по вариантам опыта (таблица 4.7).

Таблица 4.7. – Содержание общих форм азота, фосфора и калия в органических удобрениях после 5-ти месяцев компостирования

| Состав компостов | № субстрата | Содержание общего азота, % | Содержание общего фосфора, % | Содержание общего калия, % |
|--|-------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Древесные опилки, куриный помет (1:1) | А-1 | 0,30 | 0,04 | 0,11 |
| Древесные опилки, куриный помет, ОГП (1:1:0,3) | А-2 | 0,28 | 0,04 | 0,10 |
| Древесные опилки, куриный помет, кора (1:1:0,5) | А-3 | 0,42 | 0,10 | 0,11 |
| Древесные опилки, куриный помет, ОГП, кора (1:1:0,3:0,5) | А-4 | 0,26 | 0,05 | 0,10 |

Из таблицы следует, что содержание общих форм фосфора в компостах составляет 0,04 % – 0,10 %. Так, содержание общего азота в субстратах по всем вариантам опыта составило 0,26 % – 0,42 %. Наибольшее содержание общего азота на момент исследований выявлено в компостах А₃ и А₄. Наименьшее содержание общего азота выявлено в компостах № 1 и № 2 на основе хвойной коры и опилок. При компостировании субстратов в течение 5 месяцев установлено, что содержание общего калия во всех вариантах опыта составило 0,40 % – 0,11 %.

Использование в качестве целевых добавок отходов грибного производства способствовало получению готовых к применению компостов в течение 5 месяцев. Результаты лабораторных исследований показали, что максимальное поглощение питательных веществ куриного помета древесными опилками происходит за два месяца. Большая поглотительная способность древесных опилок позволяет создавать на их основе органические удобрения с высоким содержанием основных элементов питания. Для повышения содержания элементов питания в органических удобрениях вместе с древесными опилками используют куриный помет. Куриный помет содержит повышенное содержание азота, фосфора, калия и кальция. Использование птичьего помета в чистом виде в качестве органического удобрения практически не применяется из-за повышенной влажности, неприятного запаха и опасности распространения инфекции и семян сорных растений. Следует учитывать, что химический состав куриного помета сильно варьируется в зависимости от используемого корма для выращивания птиц. Содержание общего азота в курином помете колеблется от 1,3 % до 6,5 %; общего фосфора от 1,5 % до 6,0 %; общего калия от 0,3 % до 2,4 %; рНКСl составляет 7,5–8,5. Получение органических удобрений на основе древесных опилок и куриного помета способствует устранению негативных свойств исходного сырья и повышает эффективность удобрений, попутно решая задачи утилизации лесопромышленных отходов и промышленного птицеводства.

Интенсификация лесопитомнического хозяйства может быть достигнута на основе совершенствования агротехнологии с использованием органоминеральных удобрений. Одной из главных причин низкой эффективности лесного питомнического хозяйства является недостаточное обеспечение почв элементами питания, и в первую очередь гумусом. Для повышения содержания гумуса в почве особо важную роль играют органические удобрения. При этом создаются оптимальные условия для получения стандартного посадочного материала с хорошо развитой корневой системой и надземной частью растений. Ежегодная потребность в органических удобрениях лесопитомнического хозяйства Беларуси составляет 40 тыс. т.

Исключительным по качеству органическим удобрением является компост. Его уникальность заключается в том, что по своей структуре и принципу воздействия на почву компост наиболее близок к естественной гумусной субстанции. Компостированием называют процесс создания в результате гумификации из изначально непригодных материалов новой плодородной субстанции. Агротехнические приемы, применяемые при выращивании лесопосадочного материала в лесных питомниках, направлены на создание наиболее благоприятных условий для прорастания семян, приживаемости и роста растений за счет повышения плодородия почвы, а также улучшения светового и воздушного режимов. Разработка способов стимулирования микоризобразования на корнях сеянцев лесных пород путем обогащения почвы лесных питомников органическими элементами питания позволит

выращивать устойчивый к неблагоприятным факторам среды микоризный посадочный материал и увеличить приживаемость лесных культур при лесовыращивании.

В лесном питомнике Корневской экспериментальной лесной базы ИЛ НАН Беларуси создан опытный объект по получению органоминерального компоста буртовым способом. Размеры данного компостника: ширина 5,5 м, длина 4,5 м и высота 2,2 м. Компостный участок составлен с использованием древесных опилок, куриного помета и отходов грибного производства в соотношении 1:1:0,5. В Осиповичском опытном лесхозе на базе лесного питомника создан второй опытный объект по получению органоминеральных компостов буртовым способом. Размеры компостного участка: ширина 5,5 м, длина 40 м и высота 2,0 м. Данный объект создан с использованием древесных опилок, куриного помета и минеральных удобрений в соотношении 1:1:0,3.

Изучение степени готовности при компостировании субстратов с органоминеральными добавками проведено на 1, 3, 5, 7, 9 и 10-й месяцы эксперимента. Готовый компост представляет собой однородную темно-коричневую рассыпчатую массу с влажностью 60 % и соотношением C:N как 25 к 1. Этот показатель рассчитывали в соответствии ОСТ 56-56-83, учитывая зольность компостов и содержание общего азота в субстратах по вариантам опыта.

Определяли биометрические показатели сеянцев: высоту надземной части, диаметр корневой шейки, длину главного корня, массу надземной части и массу корневой системы.

По данным белорусского технологического университета, торфяно-перлитные субстраты готовятся отдельно для выращивания каждой лесобразующей породы. Для выращивания сеянцев с закрытой корневой системой разработан торфяно-перлитный субстрат (ТУ ВУ 100061961.002.2015) со степенью разложения не более 25 % и влажностью 55 % – 60 %.

Данный научный эксперимент поставлен для изучения степени готовности органоминеральных компостов в производственных условиях. В течение всего периода исследований влажность органоминерального компоста составляла 60 % – 65 %. При уменьшении влажности осуществляли полив.

Для повышения качества органоминеральных компостов в качестве основного компонента использовали древесные опилки.

В таблице 4.8 представлены показатели переработанной древесины и полученных опилок в Беларуси.

Таблица 4.8. – Показатели переработанной древесины и объемы полученных опилок

| Года | Переработано древесины, тыс. м ³ | | Объем полученных опилок, тыс. м ³ |
|------|---|---------|--|
| | всего | деловой | |
| 2010 | 1169 | 911 | 100 |

Продолжение таблицы 4.8

| | | | |
|------|--------|------|-----|
| 2011 | 1462 | 1025 | 113 |
| 2012 | 1785 | 1190 | 131 |
| 2013 | 2035 | 1234 | 136 |
| 2014 | 2489 | 1418 | 156 |
| 2015 | 2608 | 1573 | 173 |
| 2016 | 3148 | 1650 | 182 |
| 2017 | 3363,5 | 1950 | 215 |
| 2018 | 4867 | 2200 | 242 |
| 2019 | 5470 | 3370 | 371 |

Результаты физико-химического анализа исходных компонентов компоста на основе хвойной и лиственной коры, хвойных опилок с органоминеральными добавками для производственных исследований.

Химический анализ показал, что во всех используемых исходных компонентах компостов (кора, хвойные опилки и торф) содержание общего азота находится в пределах от 0,14 % до 0,95 %. В курином помете на опилках содержание общего азота составляет 4,44 %. В этом субстрате выявлено большое содержание аммиачного азота (552,4 мг/100 г субстрата) и общего фосфора (3,70 %).

Для получения органоминеральных компостов использовали древесные опилки (рН 5,0) в смеси с куриным пометом и отходами грибного производства. В течение всего периода исследований влажность органоминеральных компостов составляла 60 % – 65 %. При уменьшении влажности осуществляли полив.

В таблице 4.9 представлены данные по степени готовности органоминеральных компостов буртовым способом. Показателем готовности органоминеральных компостов является соотношение C:N, которая составляет 25 ед.

Таблица 4.9. – Показатели соотношения углерода к азоту в производственных условиях при получении различных компостов

| Состав компостов | Показатель соотношения C:N, месяц | | | | | |
|---|-----------------------------------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 10 |
| Древесные опилки + куриный помет + отходы грибного производства (1:1:0,5), питомник Корневской ЭЛБ | 60,3 | 56,2 | 34,3 | 20,6 | 19,1 | 18,7 |
| Древесные опилки + куриный помет + отходы грибного производства СООО «Бонше» (1:1:0,5), питомник Кобринского опытного лесхоза | 56,9 | 54,3 | 22,1 | 19,6 | 19,4 | 18,3 |
| Древесные опилки + куриный помет + макроудобрения (1:1:0,3), питомник Осиповичского опытного лесхоза | 57,5 | 54,8 | 24,4 | 21,4 | 19,6 | 19,0 |

Продолжение таблицы 4.9

| | | | | | | |
|--|-------|------|------|------|------|------|
| Древесные опилки + куриный помет + макроудобрения (1:1:0,3), резерват «Семей орманы», Семипалатинский питомник | 58,4 | 53,6 | 21,2 | 19,4 | 18,6 | 18,2 |
| Растительное сырье: куриный помет, макроудобрения (1:1:0,3), Казалинский питомник | 50,42 | 23,3 | 18,1 | 16,0 | 15,2 | 15,0 |

Анализ показывает, что через 1 месяц после начала эксперимента показатель готовности органоминерального компоста на варианте с отходами грибного производства превышал на 4,9 % вариант с минеральными удобрениями. Через 3 месяца этот показатель уменьшился до 2,6 %, а через 5 месяцев он увеличился до 40,2 %.

Через 7 месяцев показатель соотношения углерода к азоту на обоих вариантах опыта находился в пределе 21 %, что соответствует готовности органоминерального компоста к их использованию для выращивания лесного посадочного материала. Срок готовности компостов в 5 месяцев достигается на всех объектах, кроме лесного питомника Корневской ЭЛБ (34,3). Через 7 месяцев после начала эксперимента в лесном питомнике Корневской ЭЛБ соотношение углерода к азоту составило 20,6, что соответствует степени его готовности.

Сокращение срока готовности компостов до 5 месяцев достигается при использовании следующих компонентов: древесные опилки; куриный помет; отходы грибного производства в соотношении (1:1:0,5), а также древесные опилки; куриный помет и макроудобрения в соотношении (1:1:0,3). Использование в качестве компонентов для получения органоминеральных компостов куриного помета и отходов грибного производства способствует более интенсивному микробиологическому разложению всех составляющих компонентов.

Почвенное плодородие лесных питомников оказывает существенное влияние на биометрические показатели посадочного материала, а также положительно влияет на рост и развитие сеянцев хвойных пород, способствуя формированию хорошо развитой корневой системы и фотосинтетического аппарата. Важным звеном в повышении плодородия дерново-подзолистых и песчаных почв является применение органических удобрений. Ряд ученых показали целесообразность применения в лесных питомниках в качестве органических удобрений различных компостов на основе коры, торфа, опилок, полимерных структурообразователей почвы, лесного опада и др.

Систематическое применение органических удобрений увеличивает запас питательных веществ в почве, повышает содержание в ней поглощенных оснований, увеличивает поглощательную способность и буферность, влагоемкость и водопроницаемость, обогащает почву микрофлорой, усиливает ее биологическую активность, уменьшает сопротивление почвы при

механической обработке. При этом создаются оптимальные условия для получения стандартного посадочного материала с хорошо развитой корневой системой и надземной частью растений. Особо важную роль играет использование органических удобрений в лесных постоянных питомниках для повышения плодородия дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почв, обладающих низким естественным плодородием. Основным критерием по влиянию органоминеральных компостов является выход стандартных сеянцев с 1 га. При выращивании сеянцев сосны обыкновенной органоминеральный компост «Агрополикор» способствовал увеличению выхода стандартного посадочного материала на 24 %, при выращивании сеянцев дуба черешчатого с использованием торфяно-перлитного субстрата – на 43 % по сравнению с контролем.

На вариантах опыта после внесения органоминеральных компостов отмечалось увеличение массы как надземной, так и подземной массы лесных сеянцев по сравнению с контролем 1,4–2,5 раза.

Для получения органических удобрений использовали древесные опилки, кору и растительные отходы в виде соломы и целевые добавки (ЦД-1 «Экобактер»; ЦД-2 «Экобактер-терра»). В течение всего периода исследований влажность органоминеральных компостов составляла 60 % – 65 %. При уменьшении влажности осуществляли полив. Показателем готовности органических удобрений является соотношение C:N, которое составляет 25 ед.

Целевые добавки использовали для уменьшения времени получения нового органического удобрения и для усиления микробиологических процессов в буртах. Технология применения микробиологических препаратов для получения органических удобрений заключалась в добавлении 1 л препарата «Экобактер» к 9 л воды (t 20 °C – 25 °C). Полученный препарат равномерно распределили на 4 т компостника путем послойного его внесения при формировании буртов на площадках компостирования.

Применение «Экобактер» при обработке подстилочного навоза. Опыт с подстильным навозом был заложен в Гомельском районе в совхозе «Восток» на соломенной подстилке и представлял собой два бурта массой по 5 т следующего состава: 1 – контроль (навоз без добавок); 2 – опыт: навоз + фосфогипс (из расчета 100 кг/т) + минеральная добавка (сульфат аммония) + биопрепарат «Экобактер» (из расчета 0,5 л/т).

Микробиологический препарат «Экобактер-терра» – водный раствор, содержащий симбиотический комплекс специально отобранных природных живых микроорганизмов: молочнокислые и фотосинтезирующие бактерии, бактерии, фиксирующие азот, сахаромицеты и культуральную жидкость.

На рисунке 4.1 представлена технология получения новых органических удобрений буртовым способом с использованием микробиологического препарата.



Рисунок 4.1. – Технология компостирования с использованием птичьего помета и микробиологического препарата

Для уменьшения времени получения нового органического удобрения предлагается использовать определенные целевые добавки, которые усиливают микробиологические процессы в буртах и значительно сокращают степень готовности компостов.

В таблице 4.10 представлены данные по степени готовности органических удобрений буртовым способом с использованием различных ингредиентов и целевых добавок.

Таблица 4.10. – Динамика степени готовности органических удобрений в зависимости от используемых ингредиентов и целевых добавок

| № | Состав и соотношение компостов | Показатель соотношения C:N, месяц | | | | | |
|---|--|-----------------------------------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 10 |
| 1 | Древесные опилки + кора + ЦД-1 (1:0,5:1) | 58,1 | 46,2 | 24,4 | 22,8 | 19,4 | 18,2 |
| 2 | Древесные опилки + кора + ЦД-2 (1:0,5:0,3) | 56,4 | 54,3 | 42,3 | 34,2 | 19,5 | 18,4 |
| 3 | Древесные опилки + кора + растительные отходы + ЦД-1 (1:0,5:0,5:1) | 57,6 | 54,8 | 34,2 | 24,8 | 20,4 | 19,6 |
| 4 | Древесные опилки + кора + растительные отходы + ЦД-2 (1:0,5:0,5:0,3) | 58,2 | 53,6 | 42,4 | 28,9 | 22,4 | 18,2 |
| 5 | Древесные опилки + растительные отходы + ЦД-1 (1:0,5:1) | 50,4 | 34,7 | 24,6 | 22,0 | 18,3 | 17,6 |
| 6 | Древесные опилки + растительные отходы + ЦД-2 (1:0,5:0,3) | 50,6 | 34,9 | 30,7 | 24,3 | 23,0 | 20,0 |

Анализ показывает, что через 5 месяцев после начала эксперимента показатель готовности органического удобрения на вариантах опыта № 1 и № 5 с использованием целевой добавки (ЦД-1) составил соответственно 24,4 и 24,6. Через 7 месяцев показатель соотношения углерода к азоту на вариантах опыта № 3 и № 6 находился в пределах 24,3 % – 24,8 %, что соответствует готовности органоминерального компоста к их использованию для выращивания лесного посадочного материала. Срок готовности компостов в 9 месяцев достигается на всех вариантах опыта.

Для получения органических удобрений большое значение имеют не только используемые ингредиенты, но и целевые добавки. Установлено, что целевая добавка на основе сырья животного происхождения (ЦД-1)

оказывает наиболее эффективное влияние на степень готовности получения органических удобрений. Используемая целевая добавка (ЦД-2) в виде микробиологического препарата ускоряет процесс получения готовых органических удобрений, но в меньшей степени по сравнению с ЦД-1.

Оптимальные агрохимические показатели полученных новых органических удобрений на основе древесных опилок+коры+растительных отходов+ЦД-1 в соотношении 1:05:0,5:1 отвечают следующим требованиям: массовая доля влаги 40 % – 45 %, кислотность 4,5–6,0 рН, степень разложения не более 25 %, размер фракций от 1 до 6 мм. Оптимальные физико-химические свойства органических удобрений для выращивания лесного посадочного материала: внешний вид – рассыпчатая однородная масса темно-серого цвета и без запаха; содержание органического вещества 60,0 % – 64,0 %; азот – 1,5 % – 1,8 %; фосфор 1,5 % – 2,5 %; калий 1,5 % – 2,0 %. Для повышения содержания органического вещества, азота, фосфора и калия, а также уменьшения показателя кислотности субстрата используют другие соотношения ингредиентов и целевых добавок. Данные агрохимические показатели принимаются за основу и при необходимости в зависимости от конкретно выращиваемого растения могут быть изменены путем использования различных соотношений ингредиентов и целевых добавок.

Полученные органические удобрения отвечают всем агрохимическим требованиям и могут быть использованы при выращивании посадочного материала лесных и сельскохозяйственных культур. Проведенные исследования показали высокую эффективность использования органических удобрений при выращивании сеянцев хвойных и лиственных пород. Установлено, что разработанные органические удобрения увеличивают число корней I, II и III порядков на 25 % – 30 % и их суммарную длину в 1,3–1,5 раза, а также ускоряется процесс образования на корневых системах сеянцев булавидной формы микоризы до 38 %, вильчатой до 36 % и сложной коралловидной до 26 %.

Микробиологический препарат «Экобактер» может использоваться не только для получения новых органических удобрений, но и для устранения неприятных вредных запахов в различных сферах народного хозяйства.

В таблице 4.11 дана технология применения микробиологического препарата «Экобактер» для получения органических удобрений.

Таблица 4.11. – Технология применения микробиологического препарата «Экобактер» для получения органических удобрений

| Область применения | Разведение | Расход раствора препарата | Способ, сроки применения препарата, результат |
|--------------------------------|------------|---------------------------|---|
| Обработка подстилки птицы | 1:9 | 10 л на 5 м ³ | 1 раз в 7 дней (до устранения запаха). |
| Компостирование свежего помета | 1:9 | 10 л на 4 т | Равномерно внести раствор препарата. Получение эффективного органического удобрения через 30–40 дней. |

Продолжение таблицы 4.11

| | | | |
|---|-----|--------------------------|---|
| Компостирование лежалого помета | 1:9 | 10 л на 4 т | Равномерно внести раствор препарата в компостируемую массу, обеспечив влажность 70 %. |
| Обработка подстилки животных | 1:9 | 10 л на 5 м ² | 1 раз в 7 дней. Устранение запахов и одновременная ферментация навоза. |
| Компостирование отсепарированной твердой фракции навоза (подстилочного) | 1:9 | 10 л на 4 т | Равномерно внести раствор препарата. Получение эффективного органического удобрения через 30–40 дней. |
| Компостирование лежалого навоза | 1:9 | 10 л на 4 т | Равномерно внести раствор препарата в компостируемую массу. Компостирование навоза через 40–60 дней. |

Как видно из данной таблицы, микробиологический препарат «Эко-бактер» может быть использован во многих сферах сельского хозяйства для получения новых органических удобрений.

Нами разработана новая технология получения органоминеральных компостов буртовым способом с использованием древесных опилок, куриного помета и отходов грибного производства в соотношении 1:1:0,5. Показана динамика степени готовности компостов для использования при выращивании лесного посадочного материала. Установлено, что при влажности 60 % – 65 % органоминеральных компостов степень их готовности составляет 5–7 месяцев. Использование отходов сельского и лесного хозяйства способствует более эффективному их использованию в лесокультурном производстве.

Ежегодные объемы отходов древесных опилок в Беларуси способны полностью обеспечить новыми органическими удобрениями лесные питомники и пеллетные производства. Рациональное применение нетрадиционных органических удобрений в виде отходов грибного производства и древесных опилок будет способствовать снижению нагрузки на экологическое состояние окружающей среды. Большое влияние при получении компостов оказывает температура воздуха и влажность субстрата. При повышенной температуре воздуха (28 °С – 32 °С) показатель готовности компостов в Казалинском лесном питомнике составляет 3 месяца.

Компостирование – это лучший способ утилизации древесных опилок и отходов грибного производства для получения экологически чистых и дешевых органических удобрений.

Использование отходов сельского и лесного хозяйства способствует более эффективному их использованию в лесокультурном производстве. Рациональное применение нетрадиционных органических удобрений в виде отходов грибного производства и древесных опилок будет содействовать интенсификации лесопитомнического хозяйства и повышению рентабельности.

Органоминеральные компосты увеличивают выход стандартных семян лесных пород от 17 % до 43 % по сравнению с контролем.

ГЛАВА 5

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО С РЕСПУБЛИКОЙ КАЗАХСТАН, МОНГОЛЬСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКОЙ И КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКОЙ

5.1 Научное сотрудничество Института леса НАН Беларуси с Комитетом лесного и охотничьего хозяйства Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан

В начале 2010 года Комитет лесного и охотничьего хозяйства Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан согласовал с Министерством лесного хозяйства Республики Беларусь что о посещении нашей страны и ознакомлении с ведением лесопитомнического хозяйства. По литературным данным им было известно, что Институтом леса НАНБ опубликованы патенты на изобретение по предпосевной обработки семян композиционным полимерным составом, защиты корневых систем растений, а также научные статьи и монографии по разработке новых композиционных полимерных составов и их использованию при выращивании посадочного материала и создания лесных культур.

В Институте леса зав. сектором была организована выставка экспонатов и натуральных опытных образцов медленнодействующих удобрений композиционных полимерных составов «Корпансил», образцы инкрустированных семян сосны обыкновенной и ели европейской, опытные образцы органоминеральных удобрений и др. Для Казахских специалистов дана информация по выращиванию посадочного материала и созданию лесных культур с использованием КПС.

В ИММС НАН Беларуси в кабинете директора института, академика Мышкина Николая Константиновича старший научный сотрудник отдела «Атмосферная и радиационная стойкость полимерных композитов» к.т.н. Копытков Владимир Владимирович сделал доклад с презентацией на тему: «Технологии получения дражированных семян лесных и сельскохозяйственных культур».

В 2010 году с Комитетом лесного и охотничьего хозяйства Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан заключено два контракта:

– Контракт № CS/FS-15/169 на услуги по грантам на проведение исследований по внедрению посева дражированных семян саксаула черного и применению стимуляторов роста в Казалинском лесном питомнике и на осушенном дне Аральского моря в Кызылординской области. Объем финансирования – 26 700 долларов США;

– Контракт № CS/FS-16/170 на услуги по гранту на проведение исследований по внедрению посева дражированных семян сосны и применению стимуляторов роста в ГУ ГЛПР «Семей орманы» в Восточно-Казахстанской области от 06.10.2010 г. Объем финансирования – 22 250 долларов США.

Общий объем финансирования по этим двум контрактам в 2010 году составил 48 950 долларов США.



(слева направо: руководитель делегации Ю.А. Таирбергенов; аналитик по исследованиям Кызылординского РПП Г.М. Исмаилов; зам. директора Института леса НАН Беларуси, д-р с.-х. наук, профессор В.В. Усеня; директор Семипалатинской зональной лесосеменной станции Е.В. Борисенко; инженер лесного хозяйства отдела воспроизводства природных комплексов ГЛПР «Семей орманы» Г.М. Сысоева; начальник производственного отдела РГКП «Кокшетауский лесной селекционный центр», канд. с.-х. наук Е.И. Эбель; инженер РГКП «Алматинский лесной селекционный центр» Б.М. Омиржанов; зав. сектором биорегуляции выращивания лесопосадочного материала ИЛ НАН Беларуси В.В. Копытков)

Рисунок 5.1. – Делегация специалистов из Республики Казахстан в Институте леса НАН Беларуси, г. Гомель, 2010 г.



Рисунок 5.2. – Делегация специалистов из Республики Казахстан в Институте механики металлополимерных систем им. В.А. Белого, г. Гомель, 2010 г.

В 2011 году заключен новый контракт № CS/FS-38 на услуги по проведению исследований и внедрение технологий получения композиционного полимерного состава для обработки корневых систем растений от иссушения и технологии получения компостов на основе органоминеральных ком-

понентов и целевых добавок в ГУ ГЛПР «Семей орманы» на сумму 40 500 долларов США.

Общая сумма контрактов, заключенных в 2010–2011 гг. с Республикой Казахстан составила 89 450 долларов США.

В рамках Белорусского фонда фундаментальных исследований проведены исследования по двум проектам:

– № Б14КАЗ-001 «Исследовать физико-химические свойства многокомпонентных полимеросодержащих систем и разработать модифицированные композиционные составы для защиты корневых систем растений от иссушения».

– № Б14КАЗ-001 «Исследовать физико-химические свойства многокомпонентных полимеросодержащих систем и разработать модифицированные композиционные составы для защиты корневых систем растений от иссушения».

В результате исследований по контрактам представлены различные способы и методы для дражирования различных лесных семян. Дана техническая характеристика различных грануляторов для дражирования семян сосны и саксаула черного и сделан анализ о наиболее эффективной технологии. Определены наиболее перспективные органические и минеральные вещества, а также композиционные полимерные препараты и другие целевые добавки для получения экспериментальных образцов дражированных семян сосны и саксаула черного. Проведена наработка экспериментальных партий композиционных полимерных препаратов с различными целевыми добавками. Нарботаны экспериментальные партии дражированных семян сосны саксаула черного и проведены их лабораторные исследования. Исследованы физико-химические свойства экспериментальных образцов дражированных семян на основе композиционных полимерных препаратов и изучено влияние целевых добавок на их изменения. Установлены оптимальные физико-химические параметры композиционных полимерных препаратов и целевых добавок для получения качественных дражированных семян сосны. Проведены координационные совещания по контрактам в г. Казалинск, г. Семей и г. Нур-Султан Республики Казахстан.

Представлены различные способы и методы для дражирования семян сосны обыкновенной и саксаула черного. Дана техническая характеристика разработанных грануляторов для дражирования семян сосны и саксаула черного и поставленных в Казалинский лесной питомник. Отработана технология получения опытных партий дражированных семян саксаула черного на базе Казалинского лесного питомника и дражированных семян сосны на базе ГУ ГЛПР «Семей орманы» в Восточно-Казахстанской области. Оказана научно-методическая помощь по наработке опытных образцов дражированных семян, а также проведено обучение специалистов при закладке опытных объектов в весенний и осенний периоды. Разработаны «Рекомендации по технологии дражирования семян саксаула черного и сосны». Проведены координационные совещания по контрактам в гг. Казалинск, Семей, Астана Республики Казахстан.

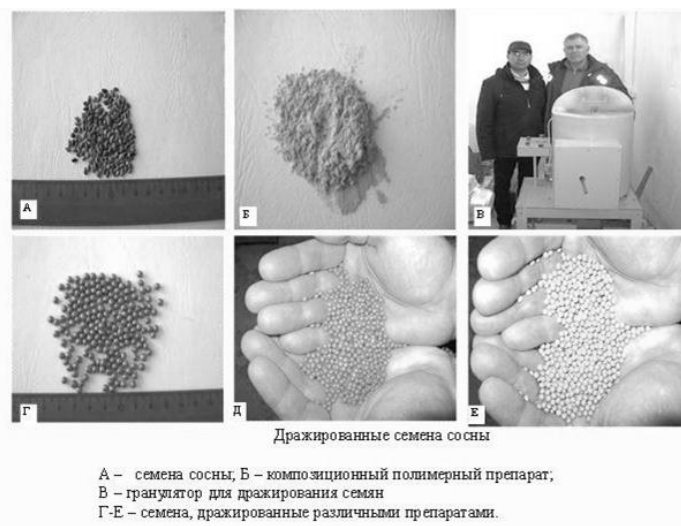


Рисунок 5.3. – Дражированные семена сосны обыкновенной



Рисунок 5.4. – Гранулятор для дражирования семян саксаула черного и сосны обыкновенной

Проведено координирующее совещание в Республике Казахстан, где определены методические подходы и конкретные методики для выполнения отдельных научно-исследовательских работ и выработана единая концепция выполнения контракта. Разработана программа работ и методика исследований. Дан анализ способов использования композиционных полимерных составов для защиты корневых систем растений от иссушения и продления периода создания лесных культур. Определены особенности использования композиционных полимерных составов для обработки корневых систем растений в зависимости от их природы и климатических факторов Республики Казахстан. Изучены физико-химические свойства экспериментальных композиционных полимерных составов для получения препаратов с высокой сорбционной способностью.

Проведен анализ технологий получения различных компостов на основе органоминеральных веществ и методологические особенности изучения степени разложения компостов. Проведено обучение и оказана научно-методическая помощь научным работникам и специалистам ГУ ГЛПР «Семей

орманы» по технологии получения композиционных полимерных составов и компостов на основе органоминеральных веществ и целевых добавок.

Разработаны и исследованы композиционные полимерные составы для обработки корневых систем растений от иссушения и продления срока создания лесных культур, а также технологии получения компостов на основе органоминеральных компонентов и целевых добавок в комплексе лесного питомника ГУ ГЛПР «Семей орманы». Определены наиболее эффективные органоминеральные вещества для получения компостов и установлены наиболее перспективные композиционные полимерные составы для защиты корневых систем растений от иссушения. Разработаны «Рекомендации по технологии получения композиционного полимерного состава «Тамыркүш» для обработки корневых систем растений», которые позволили отработать технологический процесс получения композиционного полимерного состава «Тамыркүш» в резервате «Семей орманы». Разработаны «Методические указания по технологии получения компостов на основе органоминеральных компонентов и целевых добавок» в комплексе лесного питомника ГУ ГЛПР «Семей орманы» с целью повышения почвенного плодородия лесных питомников и увеличения выхода стандартного посадочного материала.

В результате исследований с БРФФИ разработаны композиционные полимерные составы для обработки корневых систем растений на основе водорастворимых полимеров, ингредиентов природного происхождения и целевых добавок, выполняющих роль элементов питания и стимуляторов роста растений. Подготовлены материалы по получению композиционных полимерных составов для защиты корневых систем сеянцев сосны обыкновенной от иссушения с заданными физико-химическими свойствами.



(слева направо: аналитик по исследованиям Кызылординского РПП Г.М. Исмаилов, зам. директора по научной работе Казахского НИИ лесного хозяйства В.С. Каверин, зав. сектором ИЛ НАН Беларуси В.В. Копытков)

Рисунок 5.5. – Участники Международной экспедиции по созданию лесомелиоративных насаждений на осушенном дне Аральского моря Республики Казахстан, 2011 г.



Рисунок 5.6. – Обработка корневых систем сеянцев саксаула черного композиционным полимерным составом «Тамыркүш» на осушенном дне Аральского моря Республики Казахстан, 2011 г.



Рисунок 5.7. – Участники Международной экспедиции по созданию лесомелиоративных насаждений на осушенном дне Аральского моря, Республика Казахстан, г. Казалинск, 2012 г.



(слева направо: Международный эксперт по борьбе с опустыниванием, академик РАЕН и МАИ, д-р с.-х. наук, профессор З.Б. Новицкий; зам. директора по научной работе Казахского НИИ лесного хозяйства В.С. Каверин; зав. сектором Института леса НАН Беларуси В.В. Копытков)

Рисунок 5.8. – Участники научно-практического семинара по созданию лесомелиоративных насаждений на осушенном дне Аральского моря, Республика Казахстан, г. Щучинск, 2013 г.



Рисунок 5.9. – Обследование лесных культур сосны обыкновенной, созданных в апреле 2012 года в резервате «Семей орманы»



(представители Казахстана, Беларуси, Узбекистана и Всемирного банка США)
Рисунок 5.10. – Участники Международной экспедиции по созданию лесомелиоративных насаждений саксаула черного, гребенщика и сарсазана на осушенном дне Аральского моря, 2013 г.

Ученые из Института ботаники и фотоинтродукции Республики Казахстан 27 ноября 2021 года специально приехали в г. Гомель для обсуждения научных исследований по использованию композиционных полимерных составов для получения органоминеральных удобрений и выращивания стандартного посадочного материала с пропорциональным соотношением массы надземной части растений к корневой системе. Особое внимание было уделено научным исследованиям корневых систем сеянцев хвойных и лиственных пород на наличие различных форм микориз и степени микоризности посадочного материала в целом. Подготовлено задание «Разработать инновационные технологии выращивания стандартных сеянцев с использованием композиционных материалов». Намечены задачи исследований: изучить инновационные технологии получения органических удобрений без использования торфа, разработать перспективные способы предпосевной

обработки желудей, исследовать технологию получения органических удобрений с использованием отходов лесного хозяйства и сельскохозяйственного производства, определить степень готовности органических удобрений для использования при выращивании сеянцев, изучить физико-химические свойства получения органических удобрений и заложить опытный объект.



Рисунок 5.11. – Посещение Института леса НАН Беларуси учеными из Казахстана, г. Гомель, ноябрь 2021 г.



Рисунок 5.12. – ученые из Казахстана во главе с директором Института ботаники и фотоинтродукции д-ром биол. наук, академиком Г.Т. Ситпаевой посетили Институт леса НАН Беларуси и подробно ознакомились с научными разработками сектора биорегуляции выращивания лесопосадочного материала, г. Гомель, ноябрь 2021 г.

5.2 Научное сотрудничество Института леса НАН Беларуси с Ботаническим садом-институтом Академии наук Монголии

Проведены совместные научные исследования Института леса Национальной академии наук Беларуси с Ботаническим садом-институтом Академии наук Монголии по Фонду фундаментальных исследований по трем проектам:

– № Б14МН-008 «Разработать новые композиционные полимерные составы для защиты корневых систем посадочного материала от иссушения и обосновать способы продления периода посадки леса, обеспечивающие повышение приживаемости растений и их устойчивость» № ГР 20142590 (2015–2017 гг.).

– № Б17МНГ-001 «Изучить особенности получения гелеобразных полимерных композиций и дать эколого-физиологическую оценку их воздействия на динамику роста и развития лесных культур» № ГР 20171406 (2017–2018 гг.).

– № Б20МН-001 «Исследовать физико-химические свойства композиционных полимерных препаратов для защиты корневых систем сеянцев лиственных пород и разработать способы повышения приживаемости и устойчивости лесных культур» № ГР 20201113 (2020–2022 гг.).

Проведены исследования по созданию лесных культур сосны и березы в зависимости от предпосадочной обработки корневых систем сеянцев композиционными полимерными составами, установлены математические закономерности между приживаемостью и временем обработки корней. Разработаны материалы по продлению периода создания лесных культур с использованием новых композиционных препаратов и кассет для хранения и транспортировки сеянцев.

Изучены технологии получения гелеобразных полимерных композиций на основе четырех водорастворимых полимеров (NaКМЦ, ПАА, ПВС, альгинат натрия). Установлены оптимальные концентрации полимерных композиций полиакриламида (5–5 мас.%), натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (4–5 мас.%). Разработана гелеобразная полимерная композиция для защиты корневых систем растений на основе двух водорастворимых полимеров с оптимальными физико-механическими свойствами и уровнем рН. Нарботано 12 опытных партий гелеобразных композиций на основе полиакриламида и натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы с целевыми добавками. Изучено влияние полимерной композиции на потерю влаги корневыми системами однолетних сеянцев. Разработаны оптимальные технологии получения гелеобразных полимерных композиций для предпосадочной обработки растений и изучены их физико-химических свойств. Дана эколого-физиологическая оценка влияния гелеобразных полимерных композиций на рост лесных культур.

В рамках проекта № Б20МН-001 проведены исследования по получению композиционных полимерных препаратов для защиты корневых систем сеянцев лиственных пород. Нарботаны экспериментальные партии компози-

ционных полимерных препаратов с использованием гуаровой камеди в концентрациях 2,0–3,5 мас.%, натрийкарбоксиметилцеллюлозы – 3,0–6,0 мас.% и суперфосфата аммонизированного – 0,02–0,08 мас.%. Установлены оптимальные и запредельные концентрации всех ингредиентов.

По проекту № Б20МН-001 изучена динамика роста и развития лесных культур дуба черешчатого и березы повислой в зависимости от предпосадочной обработки корневых систем сеянцев композиционными полимерными препаратами. Разработан композиционный полимерный препарат для обработки корневых систем сеянцев лиственных пород, позволяющий длительное время удерживать влагу и образовывать покрытия, защищающие корневые системы растений от иссушения. Оптимальная полимерная композиция для защиты корневой системы сеянцев хвойных пород состоит из натрийкарбоксиметилцеллюлозы (5,0 мас.%), а в качестве целевых добавок содержит гуаровую камедь (2,0 мас.%) и аммоний фосфорнокислый (0,02–0,04 мас.%). Влагодерживающая способность покрытий на основе гуаровой камеди и целевых добавок увеличивается до 25%. Данный композиционный препарат позволяет регулировать влажность в зоне корневых систем посадочного материала и способствуют продлению срока хранения сеянцев до 30–40 дней без изменения его физиологического качества.

Исследовано влияние композиционного полимерного препарата на динамику роста лесных культур дуба черешчатого и березы повислой, их приживаемость и сохранность. Лесные культуры березы повислой созданы в Моисеевском лесничестве Мозырского опытного лесхоза на площади 1,2 га; дуба черешчатого – на площади 1,9 га. Предпосадочная обработка корневых систем растений композиционным полимерным препаратом способствовала увеличению биометрических показателей сеянцев дуба черешчатого и березы повислой в высоту на 18,3% и 37,0% соответственно. Приживаемость находилась в пределах 90% – 94%, что на 13% – 15% выше по сравнению с контролем.

Полученные результаты исследований положены в основу дальнейшего научно-технического сотрудничества между РБ и Монголией в виде заключения Международных проектов и создании Международной лаборатории по наработке композиционного полимерного препарата в Монголии. Для реализации инициативы Президента Монголии У. Хурэлсуха «Миллиард деревьев» в режиме видеоконференции 03 февраля 2022 г. состоялось VI заседание Совместной Белорусско-Монгольской комиссии по торгово-экономическому сотрудничеству, где рассмотрены перспективы взаимодействия в сфере образования, науки и технологии и на основании проведенных исследований между Институтом леса НАН Беларуси и Ботаническим садом-институтом Академии наук Монголии принято решение заключить два инновационных договора: «Разработать композиционный полимерный состав и технологию его получения для предпосадочной обработки корневых систем сеянцев хвойных пород от иссушения», «Разработать технологии выращивания контейнеризированных сеянцев хвойных пород на субстрате без торфа».



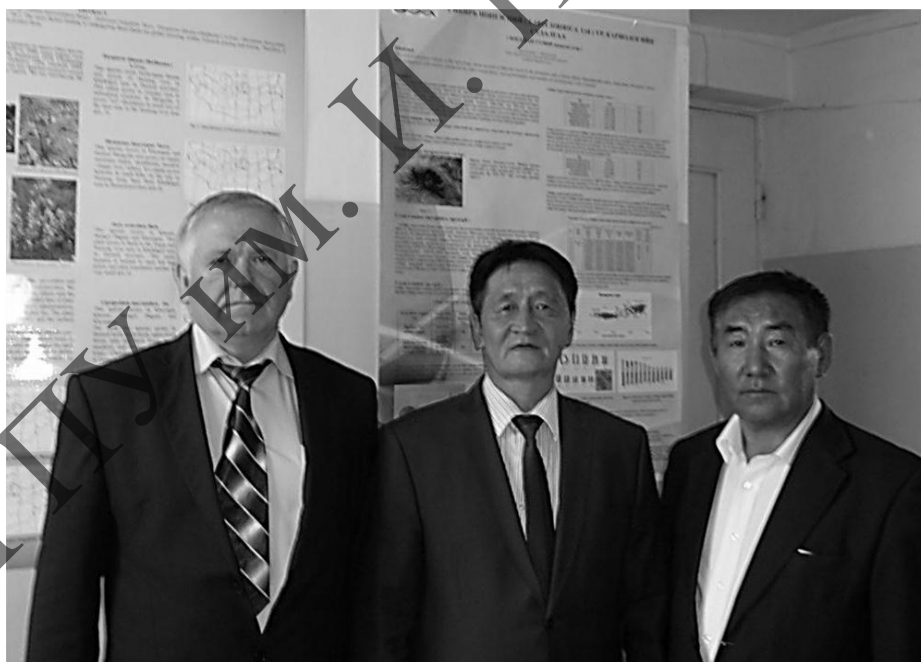
(слева направо: д-р биол. наук, профессор, академик Академии наук Монголии З. Цогт; зав. сектором ИЛ НАН Беларуси В.В. Копытков; академик АНМ, профессор, заведующий лабораторией лесных питомников Ч. Дугаржав)
Рисунок 5.13. – Участники Международной конференции «Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития» 8–10 сентября 2015 г., Монголия, г. Улан-Батор



(зав. сектором В.В. Копытков, д-р биол. наук, профессор, академик Ч. Доржсурэн, директор Ветковского спецлесхоза В.А. Судаков)
Рисунок 5.14. – Посещение Ветковского спецлесхоза и ознакомление с опытными объектами, которые созданы методом посадки с использованием композиционного материала «Корпансил», г. Ветка, май 2022 г.



Рисунок 5.15. – Слева направо: зав. сектором ИЛ НАН Беларуси В.В. Копытков, заместитель Министра образования, культуры и науки Монголии Б. Тулгаа, Монголия, г. Улан-Батор, 2015 г.



(слева направо: зав. сектором ИЛ НАН Беларуси В.В. Копытков; академик, профессор Ч. Доржсурэн; зав. лабораторией интродукции, д-р биол. наук, профессор С. Жамъянсурэн)

Рисунок 5.16. – Участники секции № 5 Международной конференции «Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития» 8–10 сентября 2015 г., Институт ботаники Академии наук Монголии, г. Улан-Батор

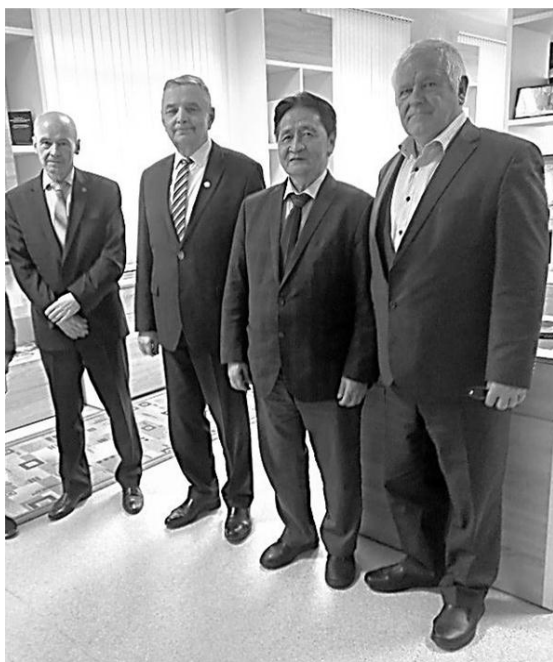


Рисунок 5.17. – Обсуждение результатов исследований в Институте химии и химической технологии Академии наук Монголии, г. Улан-Батор, 2015 г.



(справа налево: зам. начальника российско-монгольской экспедиции А.Д. Гунин; директор ИММС НАНБ, д-р техн. наук, профессор, член-корр. НАНБ А.Я. Григорьев; д-р биол. наук, профессор, академик Ч. Доржсурэн; зав. отделом, д-р техн. наук, профессор, академик НАНБ Н.К. Мышкин; д-р с.-х. наук, профессор В.В. Копытков)

Рисунок 5.18. – Посещение Института механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси, май 2022 г.



**Рисунок 5.19. – Посещение Института леса НАН Беларуси,
г. Гомель, май 2022 г.**

5.3 Научное сотрудничество Института леса НАН Беларуси с Институтом почвенных удобрений и водосберегающего земледелия Академии сельскохозяйственных наук Ганьсу Китайской Народной Республики

В режиме видеоконференции 7 апреля 2022 года состоялось заседание по обсуждению перспектив сотрудничества между Институтом леса

Национальной академией наук Беларуси (г. Гомель, Республика Беларусь) и Академией сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу (Китайская Народная Республика). Программа конференции представлена ниже.

ПРОГРАММА
видеоконференции

Председатель заседания с белорусской стороны – директор Института леса Национальной академии наук Беларуси **Александр Иванович Ковалевич**.

(заместитель директора по научной и инновационной работе Института леса Национальной академии наук Беларуси – Егор Васильевич Чурило)

Председатель заседания с китайской стороны – начальник отдела Европы, Америки и Океании Канцелярии внешних связей Правительства провинции Ганьсу – **Чжао Цзюнь**.

Участники с белорусской стороны:

1. **Александр Иванович Ковалевич** – директор Института леса Национальной академии наук Беларуси;

2. **Егор Васильевич Чурило** – заместитель директора по научной и инновационной работе Института леса Национальной академии наук Беларуси;

3. **Копытков Владимир Васильевич** – заведующий сектором биорегуляции выращивания лесопосадочного материала Института леса Национальной академии наук Беларуси;

4. **Родионов Сергей Федорович** – младший научный сотрудник Института леса Национальной академии наук Беларуси;

5. **Маховик Игорь Валентинович** – научный сотрудник сектора пищевых и лекарственных ресурсов леса Института леса Национальной академии наук Беларуси;

6. **Коваленко Снежана Александровна** – заведующий сектором пищевых и лекарственных ресурсов леса Института леса Национальной академии наук Беларуси.

Участники с китайской стороны:

1. **Чжао Цзюнь** – начальник отдела Европы, Америки и Океании Канцелярии внешних связей Правительства провинции Ганьсу;

2. **Ван Минь** – начальник отдела научно-технического сотрудничества и обмена Академии сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу;

3. **Тан Ин** – директор, ассоциированный исследователь Института почв, удобрений и водосберегающего земледелия Академии сельскохозяйственных наук Ганьсу;

4. **Чжан Лицзюнь** – заместитель директора отдела научно-технического сотрудничества и обмена Академии сельскохозяйственных наук Ганьсу;

5. **Ян Сыцунь** – заместитель директора, исследователь Института почв, удобрений и водосберегающего земледелия Академии сельскохозяйственных наук Ганьсу;

6. **Ян Цзяньцзе** – директор и ассоциированный исследователь отдела исследований съедобных грибов Научно-исследовательского института овощей Академии сельскохозяйственных наук Ганьсу;

7. **Жэнь Аймин** – исследователь Научно-исследовательского института овощей Академии сельскохозяйственных наук Ганьсу;

8. **Го Цюаньэнь** – ассоциированный исследователь Института почв, удобрений и водосберегающего земледелия Академии сельскохозяйственных наук Ганьсу;

9. **Чжао Сюй** – ассоциированный исследователь Института почв, удобрений и водосберегающего земледелия Академии сельскохозяйственных наук Ганьсу;

10. **Ли Вэйци** – ассистент-исследователь Института почв, удобрений и водосберегающего земледелия Академии сельскохозяйственных наук Ганьсу;

11. **Чжу Цзытин** – сотрудник Отдела научно-технического сотрудничества и обмена Академии сельскохозяйственных наук Ганьсу.

**Тематика, время и авторы выступлений в рамках видеоконференции
от Института леса Национальной академии наук Беларуси
7 апреля 2022 года**

| Дата, время | Вопрос программы | Ответственный |
|---|---|--|
| 7 апреля 2022 г. | | |
| 10.00–10.10 (по минскому времени) | Открытие заседания. Приветствие участников видеоконференции | |
| 15.00–15.10 (по пекинскому времени) | 1. Китайская сторона представляет участников встречи 2. Институт леса Национальной академией наук Беларуси представляет участников встречи 3. Выступление начальника отдела Европы, Америки и Океании Канцелярии внешних связей Правительства провинции Ганьсу Чжао Цзюнь | Ван Минь – Начальник отдела научно-технического сотрудничества и обмена Академии сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу Ковалевич Александр Иванович – директор Института леса НАН Беларуси Чурило Егор Васильевич – заместитель директора по научной и инновационной работе Чжао Цзюнь – Начальник отдела Европы, Америки и Океании Канцелярии внешних связей Правительства провинции Ганьсу |

| Выступления участников видеоконференции (с презентацией) | | |
|---|---|--|
| <p>10.10–10.30 (по минскому времени)</p> <p>15.10–15.30 (по пекинскому времени)</p> | <p>4. Разработка инновационной технологию получения органических удобрений на основе использования отходов лесного и сельскохозяйственного производства без использования торфа для выращивания посадочного материала</p> <p>5. Актуальная информация об Институте почв, удобрений и водосбережения Академии сельскохозяйственных наук Ганьсу</p> | <p>Копытков Владимир Васильевич – заведующий сектором биорегуляции выращивания лесопосадочного материала</p> <p>Тан Ин – директор, ассоциированный исследователь Института почв, удобрений и водосберегающего земледелия Академии сельскохозяйственных наук Ганьсу</p> |
| <p>10.30–11.00 (по минскому времени)</p> <p>15.30–16.00 (по пекинскому времени)</p> | <p>6. Особенности культивирования древесного черного гриба (<i>Auricularia spp.</i>) в условиях Беларуси</p> <p>Состояние и перспективы изучения трутовика скошенного (чакэ) в Республике Беларусь</p> <p>Коллекция штаммов грибов государственного научного учреждения «Институт леса Национальной академии наук Беларуси»</p> | <p>Родионов Сергей Федорович – младший научный сотрудник</p> <p>Маховик Игорь Валентинович – научный сотрудник сектора пищевых и лекарственных ресурсов леса</p> <p>Коваленко Снежана Александровна – заведующий сектором пищевых и лекарственных ресурсов леса</p> |
| <p>11.00–11.15 (по минскому времени)</p> <p>16.00–16.15 (по пекинскому времени)</p> | <p>7. Развитие съедобных грибов в провинции Ганьсу и технические характеристики выращивания древесного черного гриба</p> | <p>Ян Цзяньцзе – директор и ассоциированный исследователь отдела исследований съедобных грибов Научно-исследовательского института овощей Академии сельскохозяйственных наук Ганьсу</p> |
| <p>11.15–11.30 (по минскому времени)</p> <p>16.15–16.30 (по пекинскому времени)</p> | <p>8. Обсуждение вопросов и перспектив сотрудничества, закрытие видеоконференции</p> | <p>Ковалевич Александр Иванович – директор Института леса НАН Беларуси</p> <p>Чурило Егор Васильевич – заместитель директора по научной и инновационной работе</p> |

Подписание Соглашений о научно-техническом сотрудничестве между государственным научным учреждением «Институт леса Национальной академии наук Беларуси» и Научно-исследовательским институтом овощей Академии сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу, Институтом

почвенных удобрений и водосберегающего земледелия Академии сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу прошло 7 июня 2022 г. по двум направлениям: получение органоминеральных удобрений на основе использования отходов лесного хозяйства и сельскохозяйственного производства и грибное направление.

На видеоконференции представлен проект «Разработать инновационную технологию получения органических удобрений на основе использования отходов лесного и сельскохозяйственного производства без использования торфа для выращивания посадочного материала». Цель проекта – разработать технологию получения органических удобрений на основе использования отходов лесного и сельскохозяйственного производства для повышения почвенного плодородия и увеличения выхода лесного посадочного материала и урожайности сельскохозяйственных культур.



(справа налево: ученый секретарь Института леса НАН Беларуси И.В. Бордок; зам. директора по научной и инновационной работе Е.В. Чурило; директор Института леса НАН Беларуси А.И. Ковалевич; зав. сектором С.А. Коваленко, зав. сектором В.В. Копытков, аспирант С. Родионов)
Рисунок 5.20. – Участники видеоконференции 07.04.2022 г. по обсуждению перспектив дальнейшего сотрудничества между Институтом леса НАН Беларуси и Академией сельскохозяйственных наук провинции Ганьсу, Китайская Народная Республика

Для достижения поставленной цели намечены следующие этапы работ:

- Изучить особенности технологий получения органических удобрений с использованием отходов лесного и сельскохозяйственного производства.
- Подобрать оптимальные концентрации органоминеральных компостов для проведения лабораторных исследований. Изучить их физико-химические свойства.
- Разработать оптимальные критерии качества органических удобрений с использованием отходов лесного и сельскохозяйственного производства.
- Дать оценку эффективности применения органических удобрений при выращивании посадочного материала.

В Институте леса разработаны Технические условия состава «Агрополикор» для повышения почвенного плодородия питомников. Состав представляет собой рассыпчатую массу темно-коричневого цвета на основе хвойной коры, торфа и др.

Разработана инновационная технология получения органических удобрений буртовым способом. В Кобринском опытном лесхозе получают органические удобрения в объеме 140 тыс. тонн. Используют древесные опилки, кору, куриный помет, отходы грибного производства.

Представлены используемые ингредиенты для получения органоминеральных удобрений:

- Древесные опилки;
- Древесная кора;
- Отходы грибного производства;
- Навоз;
- Птичий помет (гусиный, утиный, куриный);
- Солома;
- Растительные отходы;
- Зеленая масса трав, сорняки;
- Известь;
- Минеральные удобрения;
- Яблочные отжимы и др.

Институтом леса НАН Беларуси установлены наиболее эффективные целевые добавки, которые способствуют получению органических удобрений в течение 3–10 месяцев.

Использование математических методов планирования эксперимента позволяет не только в значительном объеме сократить число экспериментов для многокомпонентных систем, но и иметь возможность прогнозировать технологические свойства для любой концентрации компонентов.

Для получения органических удобрений без использования торфа на основе выбранных ингредиентов и целевых добавок исследования проводятся в лабораторных условиях при 2-х температурных режимах (18 °С и 35 °С). В результате полученных лабораторных данных на основе построения матрицы планирования эксперимента и определения значений функций отклика получаем оптимальное органическое удобрение с заданными агрохимическими свойствами.

Дальнейшие исследования по оптимизации органического удобрения для определенного вида растений проводятся в полевых условиях. Влажность исследуемого субстрата играет большую роль, поэтому её нужно поддерживать на определенном уровне.

Рациональное применение отходов для получения органических удобрений способствует снижению нагрузки на экологическое состояние окружающей среды.

Выходная продукция:

– Материалы по выбору ингредиентов и оптимизации получения органических удобрений.

– Зависимость степени готовности органических удобрений от используемых ингредиентов и целевых добавок.

– Рекомендации по определению степени готовности органических удобрений для выращивания сеянцев лесных и сельскохозяйственных культур.

– Методические указания по получению оптимальных органических удобрений.

– Заявка на патент «Композиция для получения органоминеральных составов».

– Материалы для опубликования совместных научных работ.

Для повышения эффективности проведения научных исследований предлагается на базе Института леса НАН Беларуси (директор А.И. Ковалевич) и Института почвоведения, удобрений и водосберегающего сельского хозяйства Академии сельскохозяйственных наук Ганьсу (директор Тан Ин) создание Белорусско-Китайской «Лаборатории по получению новых видов удобрений».

Предложено сотрудничество в участии в конкурсе совместных научных проектов БРФФИ и Национального фонда естественных наук Китая «БРФФИ-НФЕНК-2023» по теме: «Исследовать и оптимизировать агрохимические показатели разрабатываемых субстратов на основе отходов многокомпонентных ингредиентов и целевых добавок для выращивания микоризованных сеянцев».

Планируется получение опытных партий органических удобрений при выращивании растений как в Беларуси, так и в Китае, а также в издании учебно-методических пособий для студентов в системе образования и получении патента на изобретения «Композиция для получения органоминеральных составов». Практическая значимость заключается в том, что имеющиеся отходы в лесном и сельскохозяйственном производстве планируется использовать для получения новых органических удобрений, которые способствуют повышению почвенного плодородия и улучшают их физико-химические свойства, а также обеспечивают выращивание стандартного посадочного материала с хорошо развитой корневой системой и надземной частью.

Сектор биорегуляции выращивания лесопосадочного материала на протяжении многих десятилетий, начиная с 1986 года, проводит научные исследования по разработке и получению новых удобрений пролонгированного действия с учеными многих организаций как Беларуси, так и других стран.

В БелНИПА с д.с.-х.н., профессором Г.В. Пироговской разрабатывали медленнодействующие удобрения применительно для сельского хозяйства.

В УкрНИИЛХА с д.с.-х.н. Ю.Е. Малюгой и д.с.-х.н. И.И. Смоляниновым проводили исследования по получению акклюдированных удобрений для лесного и сельского хозяйства.

В России во ВНИИЛМе с к.б.н. А.Б. Воронковой и к.с.-х.н. В.Н. Кураевым испытывали новые формы медленнодействующих удобрений при выращивании лесного посадочного материала.

В Гомеле благодаря нахождению двух академических институтов и наличия на территории Гомельской области Гомельского химического завода им. 50-летия СССР исследования по разработке технологии получения медленнодействующих удобрений осуществляли в лабораторных и производственных условиях. Большая роль в этих исследованиях принадлежит ИММС им. В.А. Белого НАН Беларуси д.т.н., профессору Л.С. Корецкой, к.т.н. Э.Г. Ильиной и др.

Сектор биорегуляции осуществляет научное сотрудничество и с другими странами ближнего и дальнего зарубежья: Япония, Франция, Украина, Латвия, Россия и др.



Рисунок 5.21. – Делегация специалистов из Японии на научно-практическом семинаре по созданию лесных культур на землях с повышенным уровнем радиоактивного загрязнения почвы в ГСЛХУ «Ветковский спецлесхоз»





(слева направо: зав. лабораторией ИЛ НАН Беларуси Н.И. Булко, корреспондент из Японии Ichiyo Ishikawa, зав. сектором ИЛ НАН Беларуси В.В. Копытков, лесничий Светиловичского лесничества В.Е. Рассафонов)
 Рисунок 5.22. – Ознакомление с новыми технологиями создания лесных культур (автосевом и аэросевом) с использованием композиционных полимерных составов в Светиловичском лесничестве ГСЛХУ «Ветковский спецлесхоз»



(на переднем плане: чл.-корр. Национальной академии аграрных наук Украины, д-р с.-х. наук, профессор, Лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники, директор УкрНИИЛХ В.П. Ткач)
 Рисунок 5.23. – Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию УкрНИИЛХ, г. Харьков, 2010 г.



(слева в.н.с., канд. с.-х. наук В.Н. Угаров; справа от него д-р с.-х. наук, профессор В.В. Усенья)

Рисунок 5.24. – Участники конференции на опытном объекте по созданию лесных культур дуба черешчатого, г. Харьков, 2010 г.



(слева направо: с.н.с. ИММС НАН Беларуси, канд. техн. наук, доцент В.Вл. Копытков; зам. генерального директора Гомельского ГПЛХО А.П. Василенко; зам. директора по научной работе Института агроэкологии и экономики природопользования Украинской академии аграрных наук Н.Д. Кучма; зав. сектором ИЛ НАН Беларуси В.В. Копытков; проректор по научной работе УО «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», д-р экон. наук, профессор А.И. Капштык; главный лесничий ГСЛХУ «Ветковский спецлесхоз» А.Н. Скурлов)

Рисунок 5.25. – Участники Международного семинара в ГСЛХУ «Ветковский спецлесхоз», 27 января 2011 г.



(слева направо: зам. директора УкрНИИЛХ В.С. Горосов,
зав. сектором ИЛ НАН Беларуси В.В. Копытков)

Рисунок 5.26. – Международная научно-практическая конференция,
посвященная 85-летию Института леса НАН Беларуси, г. Гомель, 2015 г.

МГТУ им. И. П. Шамякина

ГЛАВА 6

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИИ

Лесоводственная эффективность научно-технической продукции рассчитывается согласно «Методическим рекомендациям по оценке эффективности использования в лесном хозяйстве результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ» [257].

Наши исследования направлены на формирование лесов будущего нашего государства и улучшение экологической обстановки в Республике Беларусь за счет выращивания стандартных сеянцев с микоризованной корневой системой.

Большое значение при лесовыращивании придается определению экономической эффективности. Экономическая эффективность при выращивании лесопосадочного материала имеет свои особенности, как и определяемая эффективность при создании лесных культур различными методами. [258; 259; 301].

В практике ведения питомнического хозяйства необходимо учитывать и экономическую эффективность. Под экономической эффективностью выращивания посадочного материала понимают отношение стоимости выращивания стандартных сеянцев в отпускных (оптовых) ценах к сумме произведенных на это затрат трудовых и материальных ресурсов, выраженных в деньгах. С применением различных агротехнологий выращивания посадочного материала увеличивается выход стандартных сеянцев с единицы площади. Вместе с тем, увеличиваются затраты на новые технологии выращивания посадочного материала.

Экономический эффект от использования агротехнических приемов при выращивании посадочного материала в питомнике определяется формулой:

$$\mathcal{E} = [(I_0 K_n - I_1 K_n) + E_n (I_0 K_n - I_1 K_n) C_1 K_{II}] \cdot B,$$

где \mathcal{E} – экономический эффект от использования дражированных семян, тыс. руб.;

I_0, I_1 – издержки на выращивание сеянцев базового и сравниваемого вариантов на га, тыс. руб.;

K_0, K_1 – удельные капитальные затраты базового и сравниваемого вариантов, тыс. руб.;

E_n – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности, равный для лесного хозяйства 0,15;

C_1 – стоимость дополнительного выхода сеянцев сравниваемых вариантов по оптовым ценам, тыс. руб.;

K_{II} – коэффициент приведения разновременных затрат и эффекта к текущему времени, при норме приведения 0,12;

B – общая площадь питомника, где произведен посев семян, га.

Издержки на выращивание посадочного материала складываются из затрат по операциям работ за весь период выращивания сеянцев.

Сравнительная экономическая эффективность показывает, насколько один вариант агротехники выращивания посадочного материала эффективнее другого. В издержки вариантов I_0 , I_1 необходимо включать основные и вспомогательные материалы (удобрения, семена, заработную плату, амортизационные отчисления и прочие производственные затраты). При посеве дражированных семян выход стандартных сеянцев фактически составил 3065–3710 тыс. шт./га. На базовом варианте опыта выход стандартных сеянцев составил 2490 тыс. шт./га.

При высеве семян сосны обыкновенной в соответствии с «Наставлением по выращиванию посадочного материала деревьев и кустарников в лесных питомниках Белоруссии» их количество составляет 60 кг/га, а при посеве инкрустированных семян норма посева уменьшается до 42 кг/га.

Экономическая эффективность при выращивании посадочного материала в лесных питомниках может определяться с целью:

- а) обоснования целесообразности проектирования новых или реконструкции существующих питомников;
- б) выбора оптимального размера площади питомника и видового состава выращиваемого посадочного материала;
- в) оценки прогнозной или фактической экономической эффективности использования результатов НИОКР и ОТР при выращивании посадочного материала и др.

Целесообразность проектирования новых или реконструкции действующих питомников с использованием результатов НИОКР и ОТР определяется по показателю абсолютной экономической эффективности и нормативному сроку окупаемости.

Затраты на закладку и содержание питомника подразделяются на единовременные, или капитальные, и текущие. Единовременные затраты связаны с организацией территории питомника и необходимым производственным и хозяйственным строительством (корчевка пней, планировка участка, прокладка дорог, устройство канав, живой изгороди, забора, строительство водоемов и устройств для полива, строительство производственных и хозяйственных зданий и сооружений и др.). Текущие производственные расходы включают стоимость семян и все затраты по выращиванию посадочного материала, в том числе его выкопку, сортировку и упаковку.

При закладке крупных питомников (30 га и более) единовременные затраты выше, чем при закладке небольших временных питомников. Однако крупные питомники с высоким уровнем механизации трудоемких процессов и применением удобрений и современных средств защиты растений экономически более эффективны. В крупных питомниках прямые затраты на 1 тыс. шт. двухлетних сеянцев сосны на 17,7 %, а трехлетних сеянцев других видов на 29,3 % ниже, чем в небольших питомниках.

В целом по лесному хозяйству установлен нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений на уровне не ниже 0,15, что соответствует сроку окупаемости 6,6 лет.

В практике ведения питомнического хозяйства необходимо учитывать и экономическую эффективность. Под экономической эффективностью выращивания посадочного материала понимаем отношение стоимости выращивания стандартных сеянцев в отпускных (оптовых) ценах к сумме произведенных на это затрат трудовых и материальных ресурсов, выраженных в деньгах.

В большинстве питомников посадочный материал выращивается несколько лет, до достижения им стандартных размеров. Исчисление себестоимости следует проводить за несколько лет. Причем затраты необходимо отражать по годам. По способу отнесения на себестоимость расходы делятся на прямые и косвенные. Прямые расходы непосредственно связаны с выращиванием того или иного вида растений, а также расходы на содержание парующего поля севооборота, по устройству изгороди, по оформлению питомника этикетками и др. Совокупность прямых затрат составляет технологическую себестоимость.

К косвенным расходам относятся такие, которые связаны с деятельностью всего лесхоза и питомника. К ним относятся общепроизводственные расходы на содержание аппарата.

Для того, чтобы показатель чистой продукции действовал в отрасли, необходимы научно обоснованные оптовые цены всех затрат и учет производственной себестоимости выращивания посадочного материала. Применяемые в настоящее время оптовые цены на посадочный материал устарели. Они не соответствуют проводимым затратам и научно обоснованной норме рентабельности выращивания растений.

Анализ факторов, которые влияют на сумму чистой продукции, показывает, что она имеет некоторые недостатки. Использование ее приведет к увеличению выпуска посадочного материала более рентабельных, древесно-кустарниковых растений, несмотря на то, что для лесовосстановления такие периоды могут иметь ограниченное значение. Ориентация на чистую продукцию сведется к выгоде выращивания более дорогого посадочного материала, материальные затраты на производство которого преобладают над затратами живого труда, что не всегда правильно с точки зрения интересов государства.

Устранить это можно путем планирования и стимулирования производства сеянцев и саженцев тех пород, которые необходимы для выполнения лесовосстановительных и озеленительных работ.

Вопросы качества и эффективности имеют большое значение для лесопитомнического хозяйства. Одним из действенных методов повышения качества работ и продукции является стандартизация. Эффективность работ по воспроизводству лесных ресурсов неразрывно связано с качеством используемого для этих целей семенного и посадочного материала, а также с уровнем агротехники создания лесных культур.

В результате проведенных исследований разработан новый композиционный материал для получения органических удобрений «Агрополикор». Органические удобрения использованы при выращивании семян лесных пород в лесхозах МЛХ РБ.

Внекорневая обработка семян дуба черешчатого композиционным материалом способствует увеличению роста надземной части растений на 10 % – 12 %. Использование трех разработанных КМ («Агрополикор», «Полигумин», «Комповег») для получения органических удобрений, предпосевной подготовки желудей и внекорневой обработки семян способствует увеличению биометрических показателей надземной части семян на 10 % – 18 %, но и увеличивает число боковых корней и число микориз [261–264].

Разработанная технология получения композиционного материала для защиты корневых систем растений позволит повысить приживаемость лесных культур, сократить трудозатраты на посадке леса и сохранить первоначальные физиологические качества семян лесных пород.

Нами проведены исследования по определению лесоводственной эффективности разработанного композиционного материала, предназначенного для обработки корневых систем семян дуба черешчатого от иссушения.

В таблице 6.1 представлена сравнительная характеристика композиционных материалов для обработки корневых систем семян дуба черешчатого при создании лесных культур.

Таблица 6.1. – Сравнительная характеристика композиционных материалов для обработки корневых систем семян дуба черешчатого

| Показатели | Композиционные полимерные составы | |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| | Композиционный материал | «Гидрогель» (Англия) |
| Количество погибших растений, % | 3 | 8 |
| Вид аналогов | водный раствор | твердая форма |
| Стоимость 1 л состава, бел. рублей | 3,84 | 10,5 |
| Расход на 1000 шт. семян, л | 2,0–3,0 | 2,2–3,5 |
| Происхождение ингредиентов | Беларусь | Англия |
| Адгезия покрытия к поверхности корневой системы, Н/м | 80–82 | 43–47 |
| Внутренние напряжения покрытия, МПа | 0,21–0,23 | 0,64–0,67 |

Сравнительный анализ стоимости различных композиционных материалов для защиты корневой системы семян дуба черешчатого показал, что затраты на приобретение 1 л английского препарата «Гидрогель» более чем в 2 раза превышают затраты на наш композиционный материал.

Приведенные расчеты показывают, что затраты на создание лесных культур незначительно колеблются по способам производства, а лесоводственная оценка по материалам обследования значительно выше у куль-

тур, созданных посевом. Большим преимуществом создания лесных культур методом аэросева и автосева является минимальное соприкосновение и нахождение работников, принимающих участие в этих мероприятиях, с радиоактивно загрязненной землей. Значительно дешевле способ создания лесных культур в условиях радиоактивного загрязнения методом автосева в практике лесовыращивания в последние годы не используется.

Экономическая оценка в лесокультурном производстве имеет целью обоснование выбора:

- а) способа лесовосстановления;
- б) главной древесной породы для конкретных природно-экономических условий;
- в) варианта технологии лесовосстановления, обеспечивающего максимальный результат при минимальных затратах.

В лесохозяйственной практике применяются в основном три способа лесовосстановления вырубок: естественное возобновление с различными мерами содействия; искусственное возобновление путем создания культур посевом семян или посадкой сеянцев.

При искусственном возобновлении вырубок можно избежать экономических потерь на приросте и снижения экономической продуктивности. Однако создание культур требует значительных трудовых и материальных затрат. Стоимость искусственного лесовосстановления существенно зависит от технических приемов и применяемых при этом средств механизации трудовых процессов. Вот почему в каждом конкретном случае следует тщательно проанализировать все доступные способы лесовосстановления и выбрать из них экономически более целесообразный.

В соответствии с одобренным Коллегией Министерства лесного хозяйства РБ планом внедрения «Технологии выращивания, хранения и транспортировки посадочного материала с использованием композиционных полимерных составов» и заказом МЛХ РБ на препарат «Корпансил» Корневской ЭЛБ ИЛ НАНБ наработан и реализован композиционный полимерный состав «Корпансил» для лесхозов Министерства лесного хозяйства и других организациях. Акт наработки и реализации препарата «Корпансил» утвержден Министерством лесного хозяйства Республики Беларусь. Акт внедрения в производство научной разработки также утвержден Первым заместителем Министра лесного хозяйства Республики Беларусь и проректором по научной работе БГТУ.

Производственная проверка внедряемой научной разработки показала высокую эффективность использования композиционного состава «Корпансил» при предпосадочной обработке корневых систем растений. По сравнению с контролем (необработанные корневые системы) приживаемость лесных культур увеличилась на 10 % – 15 %. Внедрение композиционного полимерного состава предотвращает иссушение корневых систем растений, уменьшает повреждаемость растений при автоматизированной посадке

до 15 %, продлевает период посадки леса и исключает необходимость последующего дополнения лесных культур, а также позволяет сократить трудозатраты при посадке 1000 штук однолетних сеянцев на 0,7–0,9 чел./час, а при посадке двухлетних – на 1,7–1,8 чел./час.

Расчетный экономический эффект от применения композиционного полимерного состава «Корпансил» в расчете на 1 га составил 50 рублей.

Анализ показывает, что использование композиционного полимерного состава «Корпансил» в производственных условиях при создании лесных культур оказало положительное влияние на приживаемость лесных культур. Приживаемость однолетних сеянцев с обработанными корневыми системами увеличилась на 11 % – 18 %, двухлетних сеянцев сосны – на 6 % – 19 %, саженцев ели 2+1 – на 4 % – 12 %, саженцев ели 2+2 – на 3 % – 15 %, саженцев ели 2+3 – на 15 % – 20 %.

В таблице 6.2 представлены объемы наработки концентрированного композиционного полимерного состава «Корпансил» на Корневской ЭЛБ ИЛ НАН Беларуси и его поставки в лесхозы МЛХ РБ.

Таблица 6.2. – Количество наработанного композиционного полимерного состава «Корпансил» и площадь созданных лесных культур в Беларуси

| Годы наработки «Корпансила» | Количество лесхозов, шт. | Количество полученного препарата, л | Площадь созданных лесных культур, га |
|-----------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 2004 | 60 | 12 500 | 9816 |
| 2005 | 70 | 15 000 | 11 780 |
| 2006 | 75 | 16 000 | 12 565 |
| 2007 | 86 | 17 665 | 13 858 |
| 2008 | 92 | 23 790 | 18 690 |
| 2009 | 90 | 17 680 | 13 900 |
| 2010 | 90 | 18 780 | 11 238 |
| 2011 | 90 | 21 660 | 12 291 |
| 2012 | 94 | 25 950 | 14 725 |
| 2013 | 90 | 19 500 | 11 065 |
| 2014 | 92 | 22 690 | 12 875 |
| 2015 | 92 | 19 960 | 11 326 |
| 2016 | 92 | 19 220 | 10 821 |
| 2017 | 84 | 19 840 | 11 115 |
| 2018 | 87 | 21 480 | 12 189 |
| 2019 | 94 | 24 400 | 14 399 |
| 2020 | 80 | 25 755 | 13 710 |
| 2021 | 94 | 30 285 | 16 121 |
| 2022 | 95 | 37 520 | 21 290 |
| Итого: | | 409 675 | 232 484 |

За период с 2004 по 2022 гг. наработано более 409 тыс. л и концентрированного композиционного полимерного состава. Стоимость одного литра реализуемого концентрированного композиционного полимерного состава

«Корпансил» для лесхозов Беларуси составляет 4 рубля 80 копеек или 2,0–2,5 долларов США.

Корневская ЭЛБ ИЛ НАН Беларуси реализовала «Корпансил» за период с 2004 по 2022 гг. $409 \text{ тыс. л.} \times 4,8 \text{ рубля} = 1963 \text{ тыс. руб.}$ или 755 тыс. дол. США. Расчетный экономический эффект от использования «Корпансила» за этот же период составил: $232 \text{ тыс. га} \times 50 \text{ руб.} = 11\,600 \text{ тыс. руб.}$ или 4461 тыс. дол. США.

В агротехнике создания лесных культур в любых лесорастительных условиях существенная роль отводится технологической операции по обработке почвы. Низкобалльные сельскохозяйственные земли в этом отношении не являются исключением. Но ввиду того, что основной фон этих земель представлен легкими дренированными почвами, главной целью при обработке почвы на участках, зарастающих сорной растительностью (свежие песчаные и особенно супесчаные почвы), является борьба с ней, как опасным конкурентом, а часто и причиной гибели создаваемых культур. В таких условиях обработка почвы производится плужными бороздами глубиной до 15 см. Но, если в травостое преобладают корневищные злаки, такой способ обработки, если даже значительно увеличить глубину нарезаемых борозд, может оказаться малоэффективным. В борьбе с корневищными злаками эффективной может быть только правильно проведенная сплошная обработка почвы гербицидом.

На участках со слабой степенью задернения обработка почвы может и не производиться, но при условии машинной посадки культур.

Следует отметить, что на незадернелых и слабозадернелых песках приемлема обработка полосами, подготовленными путем глубокого безотвального рыхления. Такой способ обработки почвы существенно снижает возможность возникновения ветровой эрозии и способствует сохранению влаги. Лучший срок проведения работ – осень (октябрь месяц).

Сохранность и интенсивность роста лесокultur, а также характер формирования лесонасаждений на закультивируемых участках в значительной мере зависят от своевременности и правильности ухода за ними. Лесные культуры, заложенные даже на хорошо подготовленной почве и при высоком качестве выполненных работ, но оставленные без ухода, не дают ожидаемого эффекта и нередко гибнут.

Расчетно-технологические карты отражают технологию лесоразведения методом посадки и посева лесных культур на землях бывшего сельхозпользования с достаточно низким баллом плодородия, исходящую из обособленной и рекомендуемой на перспективу агротехники выполнения работ.

В расчетно-технологических картах приводится технология работ в последовательном порядке производственных операций, применяемые машины и орудия, тарифный разряд работ и количество рабочих в звене, наименование нормативного документа и нормы выработки по нормативным документам, потребность в трудозатратах, машинном времени и материалах,

расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, общий фонд заработной платы и сумма прямых затрат на единицу выполняемой работы. В качестве основного энергетического средства предусмотрено использование трактора МТЗ-82. Для определения тарифных разрядов работ, количества рабочих в звене и норм выработки на механизированных и ручных работах использован сборник 4 «Отраслевые республиканские нормы выработки и расценки на работы в лесном хозяйстве», лесовосстановительные, лесозащитные и противопожарные работы, а также имеющиеся материалы фотохронометражных наблюдений. Расчет норм стоимости машиносмен тракторов в агрегате с лесохозяйственными и сельскохозяйственными машинами и орудиями произведен в ценах 2003 года. Перерасчет дневных тарифных ставок произведен в соответствии с Постановлением Совмина РБ № 1211. Сумма прямых затрат на создание 1 га лесных культур состоит из: расходов на содержание и эксплуатацию технических средств, заработной платы рабочих без начислений и стоимости материалов. Разработанные расчетно-технологические карты призваны оказать содействие работникам лесного хозяйства, связанным с облесением низкобалльных сельхозземель, в конкретных условиях выполнения работ, подобрать наиболее приемлемый вариант технологии создания лесных культур, обеспечивающий качественное выполнение работ при наименьших трудовых и эксплуатационных затратах с максимально возможным использованием имеющегося в отрасли машинно-тракторного парка [265; 266].

Таким образом, значительные объемы лесокультурных работ обуславливают необходимость выращивания стандартного посадочного материала. Процесс выращивания семян является сложным и трудоемким, требует выполнения большого числа агротехнических и технологических операций, от которых зависит эффективность производства посадочного материала. Она может быть в значительной степени повышена за счет оптимизации почвенно-экологических условий на основе использования композиционных материалов. Внедрение композиционных материалов при лесовыращивании обусловлено их ценными физико-механическими, химическими и эксплуатационными свойствами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многолетние комплексные исследования по разработке и применению композиционных материалов для выращивания посадочного материала и созданию лесных культур на землях с различной плотностью радиоактивного загрязнения почвы показали лесоводственно-экономическую эффективность их использования в Беларуси, Казахстане и Монголии. В последние годы в связи с изменением климата на Земле роль композиционных материалов резко возросла. Многие страны (Чили, Китай, Монголия, Казахстан, Турция, Северная Корея и др.) имеют практический интерес к созданию лабораторий по наработке композиционных полимерных составов для предпосадочной обработки корневых систем древесных и кустарниковых пород с целью повышения приживаемости растений и продления сроков их посадки. Первые шаги в этом направлении Институт леса НАН Беларуси уже сделал: в 2012 году в двух регионах Республики Казахстан (Кызылординская область, Казалинский лесной питомник по выращиванию семян саксаула черного для создания лесомелиоративных насаждений на дне Аральского моря; Семипалатинский филиал резервата «Семей орманы» Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан) были созданы две лаборатории по наработке композиционного полимерного состава «Тамыркүш». Композиционный полимерный состав «Тамыркүш» является аналогом белорусского препарата «Корпансил».

Для условий Беларуси проведены комплексные исследования по выращиванию посадочного материала и научно обоснованы технологии использования композиционных материалов для выращивания семян и защиты их корневых систем от иссушения.

Впервые разработана технология получения органических удобрений буртовым способом с использованием отходов лесного и сельскохозяйственного производства. Разработан композиционный материал для получения органических удобрений, состоящий из древесных опилок, куриного помета и отходов грибного производства в соотношении 1:1:0,3.

Готовые органические удобрения представляют собой однородную рассыпчатую массу темно-бурого цвета без резкого запаха и имеют следующие физико-химические показатели: влажность 60 % – 65 %; объемная масса 0,15–0,20 г/см³; рНКСl 5,5–6,0; содержание общего азота в абсолютно сухой массе 1,5 % – 2,0 %; общего фосфора 1,3 % – 1,7 % и общего калия 0,5 % – 0,7 %.

Полученные готовые органические удобрения могут отличаться агрохимическими показателями в зависимости от применяемых в буртах различных соотношений древесных опилок, отходов грибного производства, куриного помета и микробиологического препарата «Экобактер-терра».

При выращивании семян дуба черешчатого с закрытой корневой системой наиболее эффективно использовать пенополистирольные польские

белые кассеты высотой 18 см с количеством ячеек 54 шт. Перед посевом желудей в кассеты делают их обрезку на $\frac{1}{4}$ длины со стороны шляпки. Высевают только доброкачественные желуди, что способствует увеличению грунтовой всхожести, а также равномерному росту и развитию всех сеянцев.

Разработана технология зимнего хранения желудей в холодильных камерах, которая заключается в их сортировке по массе и хранении в 220-литровых полиэтиленовых бочках с использованием перфорированной трубы для отвода воды. Это обеспечивает постоянный контроль качества желудей и дает возможность их доступности для своевременных сроков посева.

При выращивании сеянцев дуба черешчатого большое влияние на качество сеянцев оказывает предпосевная подготовка желудей и внекорневая обработка растений. Установлено влияние комбинированного способа (физического и химического) предпосевной подготовки желудей на грунтовую всхожесть и выход стандартных сеянцев. При физическом способе осуществляли обрезку желудей на 20 % – 25 % их длины со стороны шляпки. Сразу после обрезки желудей осуществляется их деление на две фракции: доброкачественные и недоброкачественные. Доброкачественные желуди имели на срезе ровную светло-желтую поверхность, а недоброкачественные – черные или коричневые образования.

После обрезки желудей осуществляли предпосевную подготовку химическим способом путем замачивания в водном растворе композиционного материала (микроудобрения «Наноплант» и удобрения «АДОБ-бор»).

Использование комбинированного способа предпосевной обработки желудей способствует достижению наибольшей грунтовой всхожести (85 % – 95 %) и равномерному росту и развитию сеянцев дуба черешчатого в течение всего вегетативного периода. На данном варианте опыта зафиксированы наибольшие биометрические показатели сеянцев дуба черешчатого (высота сеянцев составила 13–18 см, длина главного корня 20–28 см и диаметр корневой шейки 3,5–4,0 мм).

На способ посева желудей при выращивании сеянцев дуба черешчатого с закрытой корневой системой получен патент «Способ посева желудей в контейнеры при выращивании сеянцев дуба черешчатого с закрытой корневой системой» от 27.05.2022 г. (авторы: В.В. Копытков, Н.А. Ламан, М.В. Сущевский, С.И. Хвойницкий, В.В. Савченко).

Повышение эффективности выращивания стандартных сеянцев лесных пород обеспечивается внекорневой обработкой надземной части сеянцев композиционным материалом (удобрение «Эколист-Стандарт» и сульфат цинка). Внекорневая обработка сеянцев дуба черешчатого композиционным материалом способствовала увеличению массы надземной части сеянцев дуба черешчатого на 10 % – 12 % и корневой системы на 8 % – 15 %.

Разработан новый композиционный материал на основе водорастворимого полимера и целевых добавок с оптимальным значением pH=5,5–6,0.

Композиционный материал состоит из NaКМЦ (3,5 мас.%), гуаровой камеди (0,5 мас.%), сапропеля (0,5 мас.%) и сульфата меди (0,005 мас.%).

Целевые добавки улучшают физико-химические и эксплуатационные свойства композиционного материала. Снижение рН композиционного материала для обработки корневых систем сеянцев дуба черешчатого с оптимальных показателей 5,5–6,0 до 3,5–4,5 приводит к угнетению ростовых процессов и, соответственно, к снижению приживаемости лесных культур.

Обработка корневых систем сеянцев лесных пород разработанным композиционным материалом уменьшает потери влаги корневых систем на 15 % – 18 % и увеличивает водопоглощение на 10 % – 14 %, а также увеличивает приживаемость лесных культур на 10 % – 18 % и прирост в высоту на 15 % – 20 %.

Установлено, что при создании лесных культур аэросевом обычных и дражированных семян сосны обыкновенной 62 % – 69 % растений относится к 1-ому классу биологической устойчивости, 13 % – 25 % – к 2-му классу и 8 % – 18 % – к 3-му классу. Аналогичная закономерность прослеживается и при создании лесных культур автосевом.

Обследование опытных объектов на 11 пробных площадях показало, что к 1-му классу биологической устойчивости насаждений относятся лесные культуры, созданные аэросевом обычных и дражированных семян сосны обыкновенной, а также лесные культуры, которые созданы посадкой однолетними сеянцами сосны обыкновенной с открытой и закрытой корневой системой. К 2-му классу биологической устойчивости насаждений относятся лесные культуры, которые созданы автосевом с использованием обычных и дражированных семян сосны обыкновенной.

К 3-му классу биологической устойчивости насаждений относятся лесные культуры дуба черешчатого в составе насаждений 8Д2С и 9Д1Б.

Комплексное использование композиционных материалов для предпосевной подготовки желудей, внекорневой обработки сеянцев и получения органических удобрений на основе отходов лесного хозяйства и сельскохозяйственного производства способствует повышению эффективности выращивания посадочного материала за счет увеличения выхода стандартных сеянцев лесных пород.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стратегический план развития лесохозяйственной отрасли на период с 2015 по 2030 годы : утв. Заместителем Премьер-министра Респ. Беларусь М.И. Русым 23 дек. 2014 г., № 06/201-271. – 20 с.
2. Николаева, М.Г. Биология семян / М.Г. Николаева, И.В. Лазунова, Л.П. Поздова. – СПб. : Российская академия наук. Ботанический сад им. В.Л. Комарова, 1999. – 232 с.
3. Родин, А.Р. Лесные культуры : учеб. для ВУЗов / А.Р. Родин, Е.А. Калашникова, С.А. Родин. – М. : ГОУ ВПО МГУ, 2011. – 346 с.
4. Рекомендации по повышению грунтовой всхожести семян с помощью ультрафиолетового излучения / В.В. Копытков [и др.] – Гомель : ИЛ НАН Беларуси, 1997. – 4 с.
5. Копытков, В.В. Методические указания по способам и срокам посева семян в питомнике / В.В. Копытков. Внесены в реестр нормативных документов 30.05.2007 г. за № 000075. – 13 с.
6. Победов, В.С. Исследование и обоснование применения минеральных удобрений в интенсивном лесном хозяйстве : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / В.С. Победов. – М., 1981. – 38 с.
7. Рахтеенко, Л.И. Минеральные удобрения в повышении продуктивности сосновых культур фитоценозов / Л.И. Рахтеенко, В.В. Савельев. – Минск : Наука и техника, 1985. – 136 с.
8. Малюга, Ю.Е. Теоретическое обоснование эффективности азотных удобрений пролонгированного действия в лесном и сельском хозяйстве Украины / Ю.Е. Малюга. – Харьков : ЧПИ «Новое слово», 2006. – 438 с.
9. Пироговская, Г.В. Агрэколагічная роля медленнадействующих удобрений с добавками регуляторов роста растений на почвах Беларуси : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Г.В. Пироговская. – Минск, 2001. – 45 с.
10. Родин, А.Р. Перспективы использования полимеров в лесокультурном производстве / А.Р. Родин // Лесное хозяйство. – 1990. – № 12. – С. 11–15.
11. Интенсификация выращивания лесопосадочного материала / А.Р. Родин [и др.] ; под ред. проф. А.Р. Родина. – М. : Агропромиздат, 1989. – 78 с.
12. Корецкая, Л.С. Атмосферостойкость полимерных материалов / Л.С. Корецкая. – Минск : Навука і тэхніка, 1993. – 206 с.
13. Копытков, В.В. Современные технологии и агротехнические приемы по выращиванию, хранению и транспортировке посадочного материала с использованием композиционных полимерных составов / В.В. Копытков. – Минск : Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2007. – 147 с.
14. Беспалов, Ю.А. Многокомпонентные системы на основе полимеров / Ю.А. Беспалов, Н.Г. Коваленко. – Л., 1981. – 88 с.
15. Лесные культуры / А.Р. Родин [и др.]. – М., 2002. – 436 с.

16. Родин, А.Р. Теоретические и практические аспекты повышения результативности искусственного выращивания леса / А.Р. Родин, С.А. Родин // Лесное хозяйство. – 2005. – № 1. – С. 36–39.

17. Родин, А.Р. Использование полимерных материалов в лесокультурном производстве / А.Р. Родин, С.А. Родин // Лесное хозяйство. – 2005. – № 5. – С. 42–44.

18. Рекомендации по повышению грунтовой всхожести семян с помощью ультрафиолетового излучения / В.В. Копытков [и др.]. – Минск : ИПП Минэкономики РБ, 1997. – 5 с.

19. Рыхлецкая, О.С. Оценка стимулирующего действия НДММ и ПАБК по молекулярным и клеточным параметрам эмбрионального развития / О.С. Рыхлецкая // Химический мутагенез в создании сортов с новыми свойствами. – М., 1986. – С. 253–255.

20. Перспективы использования энерго-информационного поля при искусственном лесовыращивании / Е.А. Калашникова [и др.] // Лесное хозяйство. – 1998. – № 4. – С. 21–23.

21. Использование ультразвука и парааминобензойной кислоты при предпосевной подготовке лесных семян / А.Е. Проказин [и др.] // Лесное хозяйство. – 1990. – № 3. – С. 46–49.

22. Состав для предпосевной обработки семян хвойных пород деревьев : пат. 1727601, МПК А01С 1/00, А01С 1/06 / В.В. Копытков ; заявитель Белорусский научно-исследовательский институт лесного хозяйства. – № 4791735 ; заявл. 16.02.1990 ; опубл. 23.04.1992 // Бюл. / Государственный комитет по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР. – № 15. – 11 с.

23. Савченко, А.И. Подготовка к посеву семян лесобразующих пород / А.И. Савченко. – Минск : Ураджай, 1997. – 96 с.

24. Четвериков, А.В. Рекомендации по агротехнике интенсивного выращивания посадочного материала в лесных питомниках Белоруссии / А.В. Четвериков, П.С. Шиманский. – Гомель, 1988. – 10 с.

25. Устойчивое лесопользование и лесопользование. Наставление по лесовосстановлению и лесоразведению : ТКП 047-2006 (02080). – Введ. 01.01.2007. – Минск : Минлесхоз, 2007. – 134 с.

26. Разработать перспективный план инновационного развития лесопитомнических хозяйств на 2011–2020 гг. [Текст] : отчет о НИР (заключ.) / ИЛ НАН Беларуси ; рук. В.В. Копытков. – Гомель, 2010. – 103 с. – № ГР 20102368.

27. Программа развития лесных питомников в организациях Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь на 2010–2015 гг. – Минск : МЛХ РБ, 2010. – 28 с.

28. Методические рекомендации по применению композиционных материалов при лесовыращивании / А.Р. Родин [и др.]. – М., 1991. – 21 с.

29. Родин, А.Р. Теоретические и практические аспекты повышения эффективности и качества искусственного лесовозобновления / А.Р. Родин // Лесное хозяйство. – 1986. – № 1. – С. 32–37.

30. Копытков, В.В. Биоэкологические основы выращивания стандартного посадочного материала в питомниках Беларуси / В.В. Копытков // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. / ИЛ НАН Беларуси. – Гомель, 2000. – Вып. 51. – С. 94–105.

31. Наставление по выращиванию посадочного материала деревьев и кустарников в лесных питомниках Белоруссии / Гос. ком. СССР по лесн. хозяйству, МЛХ БССР ; сост.: А.И. Савченко [и др.]. – Минск : Ураджай, 1986. – 111 с.

32. Копытков, В.В. Перспективы развития питомнического хозяйства Беларуси / В.В. Копытков // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. / ИЛ НАН Беларуси. – Гомель, 2001. – Вып. 53. – С. 250–253.

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

34. Авсиевич, Н.А. Влияние ультразвука на посевные качества семян / Н.А. Авсиевич, Л.А. Атрощенко, Н.М. Тихонравова. – 1987. – С. 45–46.

35. Козубов, Г.М. Влияние ультразвука на семена древесных и кустарниковых пород / Г.М. Козубов, Л.Г. Ганюшкина // Ботанический журнал. – 1964. – Т. 49, № 7. – С. 57–65.

36. Рубан, Е.Л. Обработка семян древесных и кустарниковых пород ультразвуком / Е.Л. Рубан, И.А. Комаров // Бюллетень ГБС. – 1954. – Вып. 17. – С. 54–56.

37. Нефедьева, Е.Э. Физиолого-биохимические процессы и морфогенез у растений после действия импульсного давления на семена : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Е.Э. Нефедьева. – М., 2011. – 40 с.

38. Рапопорт, И.А. Действие генетически активных веществ на фенотип и чистота генетического состояния / И.А. Рапопорт // Химический мутагенез в повышении продуктивности сельскохозяйственных растений. – М. : Наука, 1984. – С. 3–56.

39. Копытков, В.В. Технология получения дражированных семян с использованием полимерных составов / В.В. Копытков, Е.А. Калашникова // Лесной вестник. – 2015. – Т. 19, № 6. – С. 20–27.

40. Серова, Р.Я. Стимулирующее действие парааминобензойной кислоты при обработке клубней картофеля / Р.Я. Серова, Н.И. Серегина, В.Л. Брокш // Химический мутагенез в повышении продуктивности сельскохозяйственных растений. – М. : Наука, 1984. – С. 171–174.

41. Станко, С.А. Световая и гормональная активация растений и мутагенез : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / С.А. Станко. – М. : Наука, 1997. – 106 с.

42. Ананьев, М.Е. Опыт выращивания посадочного материала в экстремальных условиях / М.Е. Ананьев // Восстановление нарушенных ландшафтов. – Барнаул : Изд.-во Алт. ун-та, 2004. – С. 7–9.

43. Родин, А.Р. Лесные культуры и защитное лесоразведение : учеб. пособие / А.Р. Родин. – 2-е изд. – М. : МГУЛ, 2000. – 118 с.

44. Якимов, Н.И. Расчет нормы высева семян хвойных пород с учетом их фактической массы / Н.И. Якимов, А.А. Колесник, Л.Л. Застенская // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство. – Минск, 1998. – Вып. 6. – С. 179–181.

45. Особенности роста сеянцев сосны обыкновенной, выращенных из семян клоновых семенных плантаций различных лесорастительных районов Беларуси / В.К. Гвоздев [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство. – Минск, 2000. – Вып. 8. – С. 164–169.

46. Якимов, Н.И. Показатели роста и выход сеянцев сосны при разных нормах высева семян / Н.И. Якимов, Л.Ф. Поплавская // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство. – Минск, 1996. – С. 83–86.

47. Орленко, Е.Г. Методы ранней диагностики при оценке наследственных свойств плюсовых деревьев / Е.Г. Орленко. – М. : ЦБНТИлесхоз, 1971. – 44 с.

48. Копытков, В.В. Рациональное расходование семян при посеве / В.В. Копытков // Проспект ВДНХ СССР. – М. : ВНИИЦ лесресурс, 1990. – 3 с.

49. Копытков, В.В. Особенности выращивания крупномерного посадочного материала хвойных пород / В.В. Копытков, Н.К. Крук // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство. – Минск, 2009. – Вып. XVII. – С. 171–174.

50. Родин, А.Р. Эффективность предпосевной обработки семян эмицимом на рост сеянцев ели европейской / А.Р. Родин, Н.Я. Попова // Регуляторы роста и развития растений в биотехнологии : VI Международ. конф. – М., 2001. – 270 с.

51. Бобринев, В.П. Ускоренное выращивание древесных пород / В.П. Бобринев. – Новосибирск : Наука, 1987. – 190 с.

52. Липатов, Ю.С. Взаимопроникающие полимерные сетки / Ю.С. Липатов, Л.М. Сергеева. – Киев, 1979. – 160 с.

53. Мэнсон, Дж. Полимерные смеси и композиты / Дж. Мэнсон, Л. Сперлинг. – М., 1979. – 440 с.

54. Белый, В.А. Адгезия полимеров к металлам / В.А. Белый, Н.И. Егоренко, Ю.М. Плескачевский. – Минск : Наука и техника, 1971. – 288 с.

55. Основы материаловедения / под ред. И.И. Сидорина. – М., 1976. – 436 с.

56. Копытков, В.В. Влияние медленнодействующего азотного удобрения на прирост сосновых насаждений и загрязнение среды : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В.В. Копытков. – Харьков, 1986. – 20 с.

57. Копытков, В.В. Руководство по исследованию и применению композиционных материалов при лесовыращивании / В.В. Копытков. – М. : Госкомлес СССР, 1991. – 233 с.

58. Мелони, Т. Современное производство древесностружечных и древесноволокнистых плит / Т. Мелони. – М. : Химия, 1982. – 213 с.

59. Роговин, З.А. Химические превращения и модификация целлюлозы / З.А. Роговин, Л.С. Гальбрайт. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1979. – 208 с.

60. Поллер, Э. Химия на пути в третье тысячелетие / Э. Поллер. – М. : Химия, 1982. – 401 с.

61. Свиткин, М.З. Технология изготовления изделий из измельченной древесины / М.З. Свиткин. – М., 1976. – 162 с.

62. Купчинов, Б.И. Получение, свойства, эффективность применения погонажных изделий из древесных пресс-композиций / Б.И. Купчинов, В.Г. Барсуков, В.М. Шаповалов. – Минск : Наука и техника, Бел НИИТИ, 1989. – 39 с.

63. Родин, С.А. Лесные культуры и защитное лесоразведение : учеб. пособие / С.А. Родин, А.Р. Родин. – М. : МГУЛ, 1999. – 112 с.

64. Шевцова, Л.В. Методические рекомендации по применению регуляторов роста в лесных питомниках / Л.В. Шевцова, В.В. Копытков. – М., 1989. – 8 с.

65. Разработать новые технологии выращивания посадочного материала, обеспечивающие повышение приживаемости и устойчивости лесных культур [Текст] : отчет о НИР (заключ.) / ИЛ НАН Беларуси ; рук. В.В. Копытков. – Гомель, 2000. – 237 с. – № ГР 19993821.

66. Внедрить агротехнологию выращивания посадочного материала с использованием эффективных композиционных материалов и исследовать их действие на рост и приживаемость лесных культур [Текст] : отчет о НИР (заключ.) / ИЛ НАН Беларуси ; рук. В.В. Копытков. – Гомель, 2001. – 21 с. – № ГР 20015187.

67. Разработать и внедрить ресурсосберегающую агротехнологию посева семян хвойных пород для выращивания стандартного посадочного материала: [Текст] : отчет о НИР (заключ.) / ИЛ НАН Беларуси ; рук. В.В. Копытков. – Гомель, 2000. – 31 с. – № ГР 200336880.

68. Разработать и внедрить систему мер по повышению плодородия и оптимизации почвенно-экологических условий при выращивании стандартного посадочного материала [Текст] : отчет о НИР (заключ.) / ИЛ НАН Беларуси ; рук. В.В. Копытков. – Гомель, 2010. – 53 с. – № ГР20065460.

69. Разработать и внедрить интенсивные технологии выращивания посадочного материала древесных пород для условий закрытого грунта [Текст] : отчет о НИР (промежуточ.) / ИЛ НАН Беларуси ; рук. В.В. Копытков. – Гомель, 2011. – 73 с. – № ГР 20114823.

70. Новые композиционные полимерные составы для лесовыращивания в природно-климатических условиях Беларуси и Казахстана / В.В. Копытков [и др.] ; под общ. ред. канд. с.-х. наук, доцента В.В. Копыткова. – Минск : РУП «Издат. дом «Белорусская наука», 2014. – 509 с.

71. Кармазин, А.У. Авиация в лесном хозяйстве / А.У. Кармазин. – М. : Агропромиздат, 1986. – 169 с.

72. Указания по технологии авиационно-химических работ в сельском и лесном хозяйстве СССР. – М. : Воздушный транспорт, 1982. – 120 с.

73. Сысоев, Е.П. Руководство по проведению аэросева семян сосны и ели в таежной зоне европейской части РСФСР / Е.П. Сысоев. – М. : Лесная промышленность, 1969. – 40 с.

74. Справочник лесничего. – 2-е изд. испр. и доп. – М. : Лесная промышленность, 1964. – 673 с.

75. Создание лесных культур на бывших сельскохозяйственных землях / А.Н. Праходский [и др.] // Леса Европейского региона – устойчивое управление и развитие : материалы докл. междунар. науч.-практ. конф. 4–6 дек. 2002 г. – Минск, 2002. – Ч. 1. – С. 151–153.

76. Якимов, Н.И. Исследование продуктивности культур сосны обыкновенной на землях, вышедших из сельскохозяйственного пользования / Н.И. Якимов, А.А. Домасевич // Леса Европейского региона – устойчивое управление и развитие : материалы докл. междунар. науч.-практ. конф. 4–6 дек. 2002 г. – Минск, 2002. – Ч. 1. – С. 154–156.

77. Лес и Чернобыль / В.А. Ипатьев [и др.]. – Минск : МНПП «СТЕНЕР», 1994. – 248 с.

78. Эффективные эколого-ресурсосберегающие технологии создания лесных культур на радиоактивно загрязненных землях / В.П. Тарасенко [и др.] // Современное состояние и перспективы ведения лесного хозяйства на загрязненных радионуклидами землях : материалы междунар. науч.-практ. конф. – Гомель, 2011. – С. 146–150.

79. Маркина, З.Н. Лесные насаждения в мелиоративном комплексе радиоактивно загрязненных земель Брянщины [Текст] / З.Н. Маркина, В.И. Шошин // Изв. ВУЗов. Лесной журнал. – 1976. – № 1–2.

80. Лес. Человек. Чернобыль. Основы радиэкологического лесоводства / В.А. Ипатьев [и др.] ; под общ. ред. В.А. Ипатьева. – Гомель : ИЛ НАН Беларуси, 2005. – 535 с.

81. Поджаров, В.К. Биологические и технологические аспекты лесовосстановления на загрязненных радионуклидами землях / В.К. Поджаров, П.И. Волович // Лес. Человек. Чернобыль. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации. – Гомель : ИЛ НАН Беларуси, 1999. – С. 258–278.

82. Разработать технологию создания и выращивания лесных культур на сельскохозяйственных и лесных землях в районах загрязнения почвы радионуклидами более 40 Ки/км^2 на основе комплексной механизации работ [Текст] : отчет о НИР / БелНИИЛХ ; рук. В.К. Поджаров. – Гомель, 1991. – 77 с.

83. Волович, П.И. Лесовосстановление и лесоразведение на загрязненных радионуклидами землях / П.И. Волович // Современное состояние и перспективы ведения лесного хозяйства на загрязненных радионуклидами землях : материалы междунар. науч.-практ. конф. – Гомель, 2011. – С. 112–115.

84. Якушев, Б.И. Использование результатов радиоэкологических исследований в практике лесного хозяйства / Б.И. Якушев, Б.С. Мартинович, Л.И. Рахтеенко // Основы организации и ведения лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения : тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф., Гомель, 1990 г. / Госкомлес СССР. – Гомель, 1990. – С. 4–5.

85. Зибцева, О.В. Посадочный материал для облесения радиоактивно загрязненных старопахотных земель / О.В. Зибцева // Современное состояние и перспективы ведения лесного хозяйства на загрязненных радионуклидами землях : материалы междунар. науч.-практ. конф. – Гомель, 2011. – С. 121–122.

86. Пути формирования лесов будущего в Беларуси / Н.Т. Юшкевич [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство. – Минск, 1997. – Вып. 5. – С. 3–7.

87. Разработка безопасных и рациональных методов облесения загрязненных радионуклидами земель / П.И. Волович [и др.] // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. / ИЛ НАН Беларуси. – Гомель, 1999. – Вып. 50. – С. 48–54.

88. Исайчиков, М.Ф. Рост древесных пород на выбывших из сельхоз-пользования территориях / М.Ф. Исайчиков, В.К. Поджаров, В.В. Панько // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. / ИЛ НАН Беларуси. – Гомель, 1999. – Вып. 50. – С. 54–60.

89. Материаловедение и конструкционные материалы / Л.С. Пинчук [и др.]. – Минск, 1989. – 506 с.

90. Комплексообразование водных растворов смесей полиакриловой кислоты с поливиниловым спиртом и его сополимерами / Н.Г. Бельникевич [и др.] // ВМС. Сер. А. – 1989. – Т. 31, № 8. – С. 1691–1696.

91. Shalaby, S.W. Adsorbent and biodegradable Polymers / S.W. Shalaby, K.J. Burg. – London : CRS PRESS, 2004. – 304 p.

92. Mashelkar, R. Concise Encyclopedia of Bioresource Technology / R. Mashelkar, V. Jegatheesan ; Ed.A. Pandey. – New York : Haworth Press, 2004. – 735 p.

93. Hassan, A. Characterization and possible agricultural application of polyacrylamide / sodium alginate crosslinked hydrogels prepared by ionizing radiation / A. Hassan, A. El-Rehim // J. App. Polym. Sci. – 2006. – V. 101, Is. 5. – P. 3572–3580.

94. Эмульсии из парафина и растительного масла : пат. 891707 EP, МКИ7 А 01 N 25/34 / I. Klimek, K. Becker ; заявитель Chemtec Leuna Gesellschaft Fuer Chemie Und Technologie Mbh. – № 9711239015 ; заявл. 18.07.97; опубл. 20.01.99 // Изобретения стран мира. – 2000. – Вып. 002. – № 1. – С. 13.

95. Сшитая СО-содержащая полиакриловая кислота в качестве супер-адсорбента : пат. 2074200 RU, МКИ7 С 08 F 22/06 / Е.Л. Жданкович, О.В. Арбузова, В.З. Анненкова [и др.] ; заявитель Иркутский институт органической химии СО РАН. – № 93035870/04 ; заявл. 12.07.93 ; опубл. 27.02.97.

96. Improving the preservability of plants : pat. 971616 Finland, Class A 01 N 3/00, A 23 B 7/154 / K. Jokinen, M. Koivistoinen, R. Rosenqvist [et al.] ; assignee Cultor OY, Inc. – № 19970001616 ; filed 16.04.1997 ; pub. 17.10.1998.

97. Root crop preservation – by covering with layer(s) of a wax material : pat. 8900381 Netherland, Class A 01 N 3/04, A 23 B 7/16 / K. Beheer, B. Asten ; assignee K. Beheer, B. Asten. – № 19890000381 ; filed 16.02.1989 ; pub. 17.09.1990.

98. Синтетические набухающие глинистые минералы : пат. 2163224 RU, МКИ7 С 01 В 33/40 / Р. Мартинус, Й. Вогелс, Д. Геус ; заявитель Шэлл Интернэшнл Рисерч Маатсхаппий Б. В. – № 97105024/12 ; заявл. 31.08.95 ; опубл. 27.04.99.

99. Защитные и защитно-стимулирующие полимерсодержащие композиции сельскохозяйственного назначения / Г.В. Бутовская [и др.] // Поликомтриб-2005 : тезисы междунар. науч. конф. / ИММС НАН Беларуси. – Гомель, 2005. – С. 261–262.

100. Lewis, R.J. Food Additives Handbook / R.J. Lewis. – London, Springer, 1989. – 590 p.

101. Техничко-экономические аспекты применения водорастворимых эфирцеллюлозных полимеров в различных отраслях сельского хозяйства / С.В. Виноградов [и др.] // Использование разработок химической науки при выращивании и хранении плодоовощной и другой сельскохозяйственной продукции : тез. докл. науч.-техн. семинара / ГОУ ВПО «ВлГУ». – Владимир, 1986. – С. 13–16.

102. Петропавловский, Г.А. Гидрофильные частично замещенные эфиры целлюлозы и их модификация путем химического сшивания / Г.А. Петропавловский / Ин-т высокомолекуляр. соед. – Л. : Наука, 1988. – 298 с.

103. Получение и изучение производных карбоксиметилцеллюлозы / Э.М. Ларина [и др.] // Химия древесины. – 1985. – № 5. – С. 13–18.

104. Новые загущающие препараты на основе механохимически модифицированной Na-карбоксиметилцеллюлозы / И.М. Липатова [и др.] // Текстильная химия. – 1997. – № 2. – С. 26–29.

105. Полиакриламид / Л.И. Абрамова [и др.] ; под. ред. В.Ф. Куренкова. – М. : Химия, 1992. – 192 с.

106. Азизбекян, С.Г. Наноплант – новое отечественное микроудобрение / С.Г. Азизбекян, В.И. Домаш // Наше сельское хозяйство. – 2015. – № 7 (Агрономия). – С. 68–71.

107. Аронов, С.Г. Химия твердых горючих ископаемых / С.Г. Аронов, Л.Л. Нестеренко. – Харьков, 1960. – 371 с.

108. Наставление по применению удобрений в лесном хозяйстве Беларуси / П.С. Шиманский [и др.]. – Минск, 1994. – 84 с.

109. Нестерович, Н.Д. Рост и плодоношение древесных растений в зависимости от минеральных удобрений / Н.Д. Нестерович, А.Ф. Иванов // Пути повышения продуктивности лесов. – Минск, 1966. – С. 66–78.

110. Hoffmann, F. Zur Frage der Rentabilität der Forstdüngung / F. Hoffmann // Arch. Forstwes. – 1969. – Bd. 18, N 7. – P. 757–769.

111. Победов, В.С. Влияние азотного удобрения на хвою сосны / В.С. Победов, В.Е. Волчков // Лесохозяйственная наука и практика. – Минск, 1973. – Вып. 23. – С. 28–32.

112. Рябуха, Е.В. Влияние минеральных удобрений на рост сосны в свежем бору / Е.В. Рябуха // Лесное хозяйство. – 1975. – № 10. – С. 48–50.

113. Gustavsen, H.G. Miten puut reagoivat lannoitukseen varttuneissa metsiköissä / H.G. Gustavsen // Metsä ja puu. – 1976. – N 4. – P. 15–18.

114. Мойко, М.Ф. Внесение минеральных удобрений – эффективное средство повышения продуктивности лесных насаждений / М.Ф. Мойко // Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве : материалы второго коорд. совещ. – Тарту, 1977. – С. 23–28.

115. Победов, В.С. Рекомендации по повышению продуктивности дикорастущей голубики / В.С. Победов, В.В. Гримашевич. – Гомель, 1984. – 18 с.

116. Saramäki, J. Toistuvan tyyp-lilannoituksen vaikutus nuoren metsikön rakenteeseen ja kehitykseen / J. Saramäki, E. Valtanen // Folia forest. – 1981. – N 479. – P. 16.

117. Шпалте, Э.П. Применение минеральных удобрений в лесах Латвийской ССР / Э.П. Шпалте // Комплексное ведение хозяйства в сосновых лесах : тез. докл. науч.-произв. совещ. – Гомель, 1982. – С. 198–199.

118. Кутафьева, Н.П. Влияние удобрений на урожай грибов в сосняках среднего Приангарья / Н.П. Кутафьева // Микология и фитопатология. – 1975. – Т. 9, Вып. 4. – С. 288–293.

119. Валк, У.А. Исследовательские работы по лесоудобрению и внедрению их результатов в Эстонской ССР / У.А. Валк // Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. – Тарту, 1977. – С. 3–7.

120. Сээмен, Х.Х. О влиянии минеральных удобрений на урожай грибов в сосняке-черничнике / Х.Х. Сээмен // Лесоводственные исследования / Эстонский НИИЛХОП, 1977. – Вып. 13. – С. 54–70.

121. Спиридонов, В.Н. Влияние заповедного режима и минеральных удобрений на прирост деревьев в рекреационных насаждениях / В.Н. Спиридонов // Изв. ВУЗов. Лесной журнал. – 1976. – № 1. – С. 152–153.

122. Мелехов, И.С. Состояние лесного хозяйства и повышение продуктивности и сохранности лесов / И.С. Мелехов // Повышение продуктивности и сохранности лесов. – М., 1964. – С. 10–48.

123. Победов, В.С. Современное состояние и перспективы применения удобрений в лесном хозяйстве / В.С. Победов // Повышение эффективности использования минеральных удобрений в лесном хозяйстве : тез. докл. Всесоюзного науч.-техн. совещ. – Гомель, 1984. – С. 7–8.

124. Азниева, Ю.Н. Влияние удобрений на семеношение сосны обыкновенной / Ю.Н. Азниева // Лесоведение и лесное хозяйство. – Минск, 1970. – Вып. 3. – С. 80–85.

125. Якас, П.Ю. Влияние минеральных удобрений на текущий прирост и плодоношение приспевающих сосняков в условиях Литовской ССР / П.Ю. Якас // Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве : материалы науч.-коорд. совещ., Гомель, 25–27 марта 1974 г. – Минск, 1975. – С. 42–45.

126. Данусявичус, Ю.А. Стимулирование семеношения сосны / Ю.А. Данусявичус, Ю.Л. Гиринас // Проспект ВДНХ СССР. – Каунас : Райде, 1977. – 5 с.

127. Валк, У.А. Стимулирование плодоношения сосняков и ельников при помощи удобрений / У.А. Валк, Я.Ю. Пик, Х.Х. Сээмен // Селекция, генетика и семеноводство древесных пород как основа создания высокопродуктивных лесов. – М., 1980. – С. 382–385.

128. Булавик, И.М. Стимулирование цветения сосны минеральными удобрениями на лесосеменных плантациях / И.М. Булавик // Повышение эффективности использования минеральных удобрений в лесном хозяйстве : тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. совещ. – Гомель, 1984. – С. 98–99.

129. Ярошевская, В.Н. Влияние минеральных удобрений на устойчивость к корневой губке сосновых культур в лесах Ровенской области / В.Н. Ярошевская // Научные труды Ленинградской лесотехнической академии. – 1970. – № 120. – С. 79–84.

130. Гримальский, В.И. Устойчивость сосновых насаждений против хвоегрызущих вредителей / В.И. Гримальский. – 2-е изд. испр. и доп. – М. : Лесная промышленность, 1971. – 136 с.

131. Armson, K.A. Review of forest fertilization in Canada / K.A. Armson // Canadian Forest Industrier. – 1967. – N 10. – P. 48.

132. Bongtson, G.W. Forest fertilization research shows increasing promise / G.W. Bongtson // Forest Farmer. – 1972. – V. 32, N 1. – P. 10–11.

133. Franz, F. Zweiter Bericht über die Ergebnisse der Düngungsversuche Erlofs-Osterwald / F. Franz, H. Baule // Forstsamen. Forstpflanzen. – 1972. – Jg. 12, N 2. – S. 37–44.

134. Gussone, H.A. Bericht über den Düngungsversuch Beitzenhagen / H.A. Gussone // 3 – Allg. Forst-Jagd. - Ztg. – 1972. – Jg. 143, N. 3/4. – P. 63–67.

135. Holmen, H. Skogsgödsling i Sverige 1971 / H. Holmen // Kgl. Skogs-Lantbruksakad. Tidskr. – 1972. – 111. – N 1/2. – S. 43–50.

136. Победов, В.С. Сравнительная эффективность разового и дробного внесения азотного удобрения в сосновое насаждение / В.С. Победов, В.Е. Волчков // Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. – Тарту : Эст.НИИЛХОП, 1977. – С. 40–42.

137. Штукин, С.С. Ускоренное выращивание сосны, ели и лиственницы на лесных плантациях / С.С. Штукин. – Минск : ИООО «Право и экономика», 2004. – 242 с.

138. Морозов, В.А. Рост сосны в зависимости от первоначальной чистоты культур и внесения удобрений / В.А. Морозов, П.С. Шиманский, В.В. Усеня // Лесное хозяйство. – 1985. – № 3. – С.41–43.

139. Усеня, В.В. Экономическая эффективность плантационного выращивания ели / В.В. Усеня // Лесовосстановление и лесопользование в Беларуси : сб. науч. тр. / ИЛ НАН Беларуси. – Гомель, 1992. – Вып. 36. – С. 35–40.

140. Штукин, С.С. О стратегии возобновления хвойных лесов в различных лесорастительных условиях / С.С. Штукин // Лесное и охотничье хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 25–31.

141. Плантационное лесоводство / И.В. Шутов [и др.] / под общ. ред. И.В. Шутова. – СПб. : Изд-во Политехнич. ун-та, 2007. – 366 с.

142. Русаленко, А.И. Применение удобрений в лесном хозяйстве / А.И. Русаленко // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство. – Минск, 2001. – Вып. IX. – С. 38–41.

143. Пироговская, Г.В. Медленнодействующие удобрения / Г.В. Пироговская. – Минск : БНИИПА, 2000. – 287 с.

144. Паавилайнен, Э. Применение минеральных удобрений в лесу : пер. с финского / Э. Паавилайнен. – М. : Лесная промышленность, 1983. – 96 с.

145. Borset, O. Aktuelle norwegische Waldbaufragen / O. Borset // Allg. Forstzeitschrift. – 1972. – 27. – N 35. – S. 692–693.

146. Baule, H. Skogsgorlsind i nutid och nara framtid / H. Baule // Sver. skogsvardsforb tidskr. – 1973. – N 5. – S. 405–421.

147. Baule, H. Nawozenie w praktyce lesnictwa swiatowego / H. Baule // 1. Kraje europejskie // Las polski. – 1973. – 47. – N 13. – S. 27–31.

148. Hansson, Arne. Skogsgodsling i Svering 1981 / Arne Hansson // Kgl. skogs-och lantbruksakad. tidskr. – 1983. – 122. – N 3. – P. 167–172.

149. Walddüngung in Skandinavien am Beispiel der Schwedischen Staatsforstverwaltung // Allgem. Forstz. – 1968. – Bd. 33, N 15. – S. 420–427.

150. Мелехов, И.С. Повышение продуктивности лесов / И.С. Мелехов // Лесное хозяйство и промышленное потребление древесины в СССР. – М. : Лесная промышленность, 1966. – С. 30–36.

151. Мелехов, И.С. Научные основы повышения продуктивности лесов / И.С. Мелехов // сб. науч. тр. – М. : МЛТИ, 1968. – Вып. 23. – С. 3–18.

152. Мелехов, И.С. Проблемы современного лесоводства / И.С. Мелехов. – М. : Лесная промышленность, 1969. – 46 с.

153. Мелехов, И.С. Повышение продуктивности лесов в связи с их многоцелевым назначением / И.С. Мелехов // Лесное хозяйство и лесная промышленность СССР. – М. : Лесн. пром-сть, 1972. – С. 134–142.

154. Шумаков, В.С. Достижения и проблемы применения минеральных удобрений в лесном хозяйстве СССР / В.С. Шумаков // Агрохимия. – 1972. – № 7. – С. 145–153.

155. Шумаков, В.С. Применение минеральных удобрений в лесах СССР / В.С. Шумаков // Лесное хозяйство. – 1975. – № 10. – С. 37–40.

156. Победов, В.С. Экономическая эффективность использования минеральных удобрений в лесном хозяйстве / В.С. Победов. – М. : ЦБНТИлесхоз, 1975. – 43 с.

157. Пастернак, П.С. Актуальные вопросы удобрения лесных почв / П.С. Пастернак, И.И. Смольянинов // Агрохимия. – 1974. – С. 76–88.

158. Юркевич, И.Д. Сосновые леса Белоруссии: Типы, ассоциации, продуктивность / И.Д. Юркевич, Н.Ф. Ловчий. – Минск : Наука и техника, 1984. – 176 с.

159. Влияние удобрения на прирост древесины в сосняке на переходном болоте, оцененное различными методами исследования / У.А. Валк [и др.] // Лесоводственные исследования. Эстонский НИИЛХОП, 1977. – Вып. 13. – С. 20–45.

160. Валк, У.А. Применение минеральных удобрений в лесах Эстонской ССР / У.А. Валк, Л. Райд. – Таллин : Валгус, 1981. – 38 с.

161. Лесные культуры в Казахстане : учеб. для вузов. : в 2 кн. / С.Б. Байзаков [и др.]. – Алматы : КазНАУ, 2007. – Кн. 1. – 320 с.

162. Коржицкий, В.Д. Влияние удобрений на развитие и рост сосны / В.Д. Коржицкий, В.К. Куликова // Сосновые леса Карелии и повышение их продуктивности. – Петрозаводск, 1974. – С. 211–230.

163. Победов, В.С. Отечественный опыт удобрения лесов / В.С. Победов, И.М. Булавик, Е.А. Лебедев. – М. : ЦБНТИлесхоз, 1984. – 26 с. – (Обзорная информация).

164. Победов, В.С. Применение минеральных удобрений для повышения природоохранных функций леса / В.С. Победов, И.М. Булавик, Е.А. Лебедев. – М. : ЦБНТИлесхоз, 1981. – 38 с. – (Обзорная информация).

165. Кошельков, С.П. Применение удобрений для улучшения роста сосны / С.П. Кошельков // Лесоведение. – 1969. – № 4. – С. 64–72.

166. Коржицкий, В.Д. Влияние азотных удобрений (мочевины) на рост и развитие сосновых насаждений в условиях Южной Карелии : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В.Д. Коржицкий. – Л., 1977. – 18 с.

167. Победов, В.С. Влияние сроков внесения азотного удобрения и полноты насаждения на прирост в сосновых молодняках / В.С. Победов, П.С. Шиманский // Лесохозяйственная информация. – 1978. – № 16. – С. 6–8.

168. Рекомендации по применению минеральных удобрений в приспевающих и спелых хвойных лесах Белоруссии. – 2-е изд. доп. – Гомель : БелНИИЛХ, 1981. – 25 с.

169. Рекомендации по уточнению сроков применения азотных удобрений в хвойных лесах южной тайги и зоны хвойно-широколиственных лесов центральных районов РСФСР. – М. : ВНИИЛМ. – 18 с.

170. Якас, П.Ю. Влияние времени внесения и разных форм азотных удобрений на изменение текущего прироста приспевающих сосняков / П.Ю. Якас // Комплексное ведение хозяйства в сосновых лесах : тез. докл. науч.-произв. совещ. – Гомель, 1982. – С. 200–201.

171. Победов, В.С. Удобрение леса и охрана природы / В.С. Победов, Е.А. Лебедев, И.М. Булавик // ЦНТИлесхоз, экспесс-информ. – 1980. – № 5. – 44 с.

172. Рекомендации по применению минеральных удобрений в хвойных лесах Европейского Севера. – Архангельск, 1979. – 28 с.

173. Применение минеральных удобрений в лесах северо-западных районов таежной зоны : метод. рекомендации. – Л. : ЛенНИИЛХ, 1976. – 41 с.

174. Laakkonen, O. Typpilannoituksen Kannattavuus verttuneissa kangasmetsissa / O. Laakkonen, K. Keipi, E. Lipas // Folia Forest. – 1983. – P. 577.

175. Keipi, K. Calculations concerning the profitability of forest fertilization / K. Keipi, O. Kekkonen // Folia Forest. – 1970. – V. 84. – P. 23.

176. Melntosh, H. Effect of different forms and rates of nitrogen fertilizer on the growth of lodgepole pine / H. Melntosh // Forestry. – 1982. – V. 55, N 1. – P. 61–68.

177. Weetman, G.F. Ten-year growth results of nitrogen source and interprovincial experiments on jack pine / G.F. Weetman, R.M. Fournier // Can. J. Forest Res. – 1984. – V. 14, № 3. – P. 424–430.

178. Валк, У.А. Влияние удобрения на прирост древесины в сосняках на минеральной почве / У.А. Валк, Я.Ю. Пинк, Х.Х. Сээмен // Лесоводственные исследования. – 1985. – № 20. – С. 77–85.

179. Степаненко, И.И. Влияние удобрения сосняков брусничных на динамику радиального прироста сосны [Текст] / И.И. Степаненко // Лесохозяйственная информация. – 2003. – № 10. – С. 6–16.

180. Степаненко, И.И. Влияние минеральных удобрений на физико-механические свойства древесины сосны [Текст] / И.И. Степаненко // Лесохозяйственная информация. – 2008. – № 5. – С. 3–10.

181. Степаненко, И.И. Целевые хозяйства как способ совершенствования лесопользования и повышения продуктивности лесов [Текст] / И.И. Степаненко // Устойчивое управление лесами и рациональное лесопользование : тр. междунар. науч.-практ. конф., 18–21 мая 2010 г. – Минск, 2010. – С. 81–85.

182. Коновалов, В.Н. Особенности физиологических процессов лесной растительности в связи с применением минеральных удобрений / В.Н. Коновалов // Экологические исследования в лесах Европейского Севера. – Архангельск : АИЛиЛХ, 1991. – С. 103–110.

183. Коновалов, В.Н. Особенности CO_2 -газообмена сосны обыкновенной при разных режимах азотного питания / В.Н. Коновалов // Экологическая физиология хвойных : материалы междунар. симп. ИЮФРО. – Абакан-Красноярск, 1991. – С. 54–55.

184. Сляднев, А.П. Влияние аммиачной и калийной селитры на рост сосны / А.П. Сляднев // Изв. ВУЗов. Лесной журнал. – 1970. – № 3. – С. 17–22.

185. Мировой и отечественный опыт применения новых видов и форм минеральных удобрений и задачи по их дальнейшему изучению в нашей стране / Д.А. Кореньков [и др.] // Агрохимия. – 1984. – № 1. – С. 93–105.

186. Петербургский, А.В. Исторические аспекты развития учения об азотном питании растений / А.В. Петербургский // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР : сб. ст. / АН СССР, Комис. по науч. основам сел. хоз-ва при Президиуме АН СССР, Ин-т биохимии им. А.Н. Баха. – М., 1985. – С. 66–74.

187. Артюшин, А.М. Применение удобрений и охрана окружающей среды / А.М. Артюшин // Химия в сельском хозяйстве. – 1975. – № 8. – С. 61–64.

188. Митченков, В.Т. О сравнительной токсичности нитратов и нитритов воды и пищи / В.Т. Митченков // Минеральные удобрения и качество пищевых продуктов. – Таллин : МЭ ЭССР, 1980. – С. 100–101.

189. Державин, Л.М. Применение минеральных удобрений и окружающая среда / Л.М. Державин, Е.В. Седова, А.Ф. Хлыстова // Агрехимия. – 1982. – № 1. – С. 121–133.

190. Vomel, A. Der Versuch einer Nährstoffbilanz am Beispiel verschiedener Lysimeterböden / A. Vomel // Mitt. Wassersickerung und Nährstoffhaushalt. J. Acer.-Pflanzenbau. – 1966. – Bd. 123, N 2. – P. 155–188.

191. Кореньков, Д.А. Использование азота луговыми злаковыми травами и его баланс на некоторых почвенных разностях Нечерноземной зоны СССР / Д.А. Кореньков, Е.В. Руделев, Д.А. Филимонов // Агрехимия. – 1980. – № 2. – С. 3–8.

192. Теренков, Н.И. Палево-подзолистые почвы Белоруссии / Н.И. Теренков. – Минск : Наука и техника, 1980. – 215 с.

193. Сергеев, В.К. Влияние разных форм азотных удобрений и древостоя ели на потери азота с гравитационными водами / В.К. Сергеев // Лесохозяйственная информация. – 1978. – № 16. – С. 8–9.

194. Kreutzer, K. Der Einfluß der Düngung auf die forstliche Production und die dadurch entstehenden Umwelt-probleme / K. Kreutzer // Allgemeine Forst Zeitschrift. – 1981. – N 32. – P. 816–821.

195. Hewgill, D. Lysimeter study with pig slurry / D. Hewgill, S.L. Grice // Agriculture and Water Quality: Technical Bulletin. – London, 1976. – V. 32. – P. 444–460.

196. Hood, A.E. The leaching of nitrates from intensively managed grassland at Yealott's Hill / A.E. Hood // Agriculture and Water Quality : Technical Bulletin. – London, 1976. – V. 32. – P. 201–221.

197. Lung, I. Über die Nährstoffauswaschung nach Zufuhr von Harnstoff und Ammonsulfat zu einem Rohhumusboden im Nodellversuch / I. Lung, I. Dressel // Forstwiss. Obl. – 1970. – Bd. 89, N 3. – P. 171–180.

198. Ognor, Cunnar. Leaching of organic matter from a forest soil after fertilization with urea / Cunnar Ognor // Medd. Norske skogforsksv. – 1972. – V. 30, № 5. – P. 425–440.

199. Сотникова, Н.С. Сезонная динамика состава лизиметрических и ручьевых вод в подзолистых почвах под хвойными лесами / Н.С. Сотникова // Почвоведение. – 1970. – № 10. – С. 31–43.

200. Репневская, М.А. О лизиметрических растворах почв в сосняках Кольского полуострова / М.А. Репневская // Применение лизиметрических методов в почвоведении и ландшафтоведении. – Л., 1972. – С. 94–103.

201. Knight, P.J. A field lysimeter to study water movement and nutrient content in a pumice soil under *Pinus radiata* forest. II. Deep seepage and nutrient leaching in the first 12 years of tree growth / P.J. Knight, G.M. Will // J. Forest Sci. – 1977. – V. 7, N 3. – P. 274–296.

202. Шумаков, В.С. Пути уменьшения непродуктивных потерь азота из азотсодержащих туков в еловых лесах / В.С. Шумаков, А.Б. Воронкова // Пути и методы лесорастительной оценки почв и повышения их продуктивности : тез. докл. Всесоюз. совещ. – М., 1980. – С. 200–201.

203. Победов, В.С. Влияние ингибиторов нитрификации на газообразные потери азота из удобрений в лесных условиях / В.С. Победов, Е.А. Лебедев // Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. – Тарту, 1977. – С. 69–73.

204. Филимонов, Д.А. Газообразные потери аммиака при поверхностном внесении мочевины / Д.А. Филимонов, Р.А. Стрельников // Агрохимия. – 1974. – № 8. – С. 20–25.

205. Рябуха, Е.В. Газообразные потери аммиака при удобрении сосновых культур / Е.В. Рябуха // Агрохимия. – 1980. – № 5. – С. 17–22.

206. Слободян, Я.Н. Интенсивность выделения NH_3 и NO_2 из почвы при внесении азотных удобрений в буковые леса Предкарпатья / Я.Н. Слободян // Лесоводство и агролесомелиорация. – Киев, 1979. – Вып. 53. – С. 47–53.

207. Rubio, J.L. Perdidas por volatilizacion de amoniaco en la aplicacion de fertilizantes nitrogenados a suelos de Valencia / J.L. Rubio, M. Lopez-Cuesta // Rev. agroquim y technolalim. – 1985. – 23. – N 5. – P. 337–350.

208. Rao, D.L. Ammonia volatilization from applied nitrogen in alkali soils / D.L. Rao, L. Vatra // Plant and Soil. – 1983. – V. 70, N 2. – P. 219–228.

209. Победов, В.С. Газообразные потери аммиака из разных форм азотных удобрений на песчаных почвах в сосновом лесу / В.С. Победов, Е.А. Лебедев, В.В. Копытков // Почвоведение. – 1986. – № 1. – С. 98–103.

210. Сапожников, Н.А. Газообразные потери азота удобрения и некоторые пути их сокращения / Н.А. Сапожников, А.И. Осипов // Сообщение II. Медленнодействующие удобрения : труды ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии. – 1984. – № 54. – С. 13–20.

211. Тялли, П.Г. Улетучивание аммиака при поверхностном внесении карбамида в условиях леса / П.Г. Тялли // Агрохимия. – 1982. – № 6. – С. 23–27.

212. Макаров, Б.Н. Газообразные потери азота почвы и удобрений / Б.Н. Макаров // Агрохимия. – 1976. – № 12. – С. 120–130.

213. Малоносова, И.А. Об агрохимической эффективности покрытия удобрений пленками / И.А. Малоносова, Г.В. Фролова // Агрохимия. – 1977. – № 3. – С. 149–155.

214. Борисов, В.М. Современное состояние производства медленнодействующих удобрений / В.М. Борисов, Н.Н. Ромашова // *Агрохимия*. – 1984. – № 7. – С. 114–127.

215. Смоляницкая, Л.Б. О применении стартовых таблетированных удобрений в лесных культурах / Л.Б. Смоляницкая // *Выращивание и формирование высокопродуктивных насаждений в южной подзоне тайги*. – Л. : ЛенНИИЛХ, 1984. – С. 44–46.

216. Копытков, В.В. Медленнодействующие удобрения и композиционные полимерные составы в лесном хозяйстве : учеб.-метод. пособие / В.В. Копытков, В.Вл. Копытков. – Минск : Академия управления при Президенте Республики Беларусь, 2007. – 93 с.

217. Dahiya, S.S. Slow release nitrogenous fertilizers / S.S. Dahiya, S.K. Rastogi // *Arg. and Agro- Ind. J.* – 1979. – 12. – N 3. – P. 19–23.

218. Salenius, P. Potential for controlled release fertilizers in forestry / P. Salenius, N. Adams // *Forestry*. – 1972. – 48. – № 1. – P. 96–97.

219. Пироговская, Г.В. Особенности производства и применения медленнодействующих удобрений (МДУ) в современных системах земледелия. Аналитический обзор / Г.В. Пироговская. – Минск : Беларус. науч.-исслед. ин-т почвовед. и агрохимии, 2000. – 48 с.

220. Малюга, Ю.Е. Эффективность удобрения защитных лесных насаждений на склоновых землях левобережной лесостепи УССР : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Ю.Е. Малюга. – Харьков, 1985. – 21 с.

221. Капсулированные удобрения типа фертилайзер для деревьев и кустарников // *Новое в науке и технике лесного хозяйства : научно-технический реферативный сборник*. – 1983. – № 14. – С. 8.

222. Жук, Е. Влияние локального внесения минеральных удобрений на рост и содержание хлорофилла в хвое однолетних и двулетних саженцев сосны обыкновенной / Е. Жук // *Пути повышения продуктивности лесов Украины и Молдавии*. – Киев, 1983. – С. 20–23.

223. Леонова, Т.М. Производство и эффективность использования медленнодействующих удобрений за рубежом / Т.М. Леонова // *Химическая промышленность за рубежом*. – 1982. – № 4. – С. 24–43.

224. Кореньков, Д.А. Опыт применения новых видов и форм минеральных удобрений и задачи по их дальнейшему изучению / Д.А. Кореньков // *Бюл. Всесоюз. ордена Трудового Красного Знамени НИИ удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова. Новые формы удобрений и их эффективность*. – 1984. – № 68. – С. 3–6.

225. Леонова, Т.М. Химическая промышленность за рубежом / Т.М. Леонова, Р.А. Тихонова. – М. : НИИТЭХим, 1983. – Вып. 7. – С. 19–33.

226. Унанянц, Т.П. Современное состояние и перспективы применения минеральных удобрений в США / Т.П. Унанянц. – М. : ВНИИТЭИсельхоз ВАСХНИЛ, 1975. – 86 с.

227. Jimenes Gomez, S. Estudio de los diagramas de solubilidad como base para la preparacion de fertilizantes de accion controlada con NH_4NO_3 / S. Jimenes Gomez, M.C. Cartagena Causape, J.M. Mateo Lopez // An edafot. y agrobiol. – 1984. – 43. – № 11–12. – P. 162–163.

228. Медленнодействующие азотные удобрения / Р. Прасад [и др.] // Сельское хозяйство за рубежом. – 1972. – № 9. – С. 1–6.

229. Рабинович, Г.Д. Технология производства мочевины и удобрений на ее основе / Г.Д. Рабинович. – М. : ВИНТИ, 1971. – Ч. 2. – С. 7–30.

230. Killan, Walter. Heilmittel für den Wald / Walter Killan // Allg. Forstztg. – 1986. – 97. – № 12. – P. 377–378.

231. Minimizing nutrients losses from sandy soils through some fertilizers-polyacrylamide combinations / O.A. Hady [et al.] // Egypt. J. Soil Sci. – 1986. – 26. Spec. Issue. – P. 129–143.

232. Fuchs, Josef. Der Einsatz von organischen Spezialdüngemitteln bei schwierigen Aufforstungen / Josef Fuchs // Oslerr. Forstztg. – 1987. – № 3. – P. 11–14.

233. Милешина, А.В. Изменение физико-химических свойств дерново-подзолистой песчаной почвы при внесении земляной массы / А.В. Милешина, З.Н. Маркина. В.И. Шошин // Актуальные проблемы лесного комплекса : сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-техн. конф ; под ред. Е.А. Памфилова. – Брянск, 2006. – Вып. 13. – С. 207–209.

234. Копытков, В.В. Медленнодействующие удобрения за рубежом / В.В. Копытков, В.С. Победов // Лесное хозяйство за рубежом. – 1988. – С. 12–29.

235. Mai, Hildemara. Wirkung eines Nitrifizidzusatzes zu Harnstoff auf Mikroorganismen und Nitrifikation im Fichtenrohhumus / Hildemara Mai, Fiedler Hans Joachim // ZBL. Mikrobiol. – 1986. – 141. – № 7. – P. 523–533.

236. Рулев, А.С. Применение полимерных материалов при выращивании полезащитных лесных полос в сухостепной зоне Нижнего Поволжья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 08.03.04 / А.С. Рулев ; ВНИИ Агролесомелиорации. – Волгоград, 1990. – 24 с.

237. Рекомендации по созданию пустынных кустарниковых пастбищ на подвижных песках Средней Азии. – Ташкент : СредазНИИЛХ, 1987. – 14 с.

238. Рекомендации по выращиванию сеянцев саксаула черного в орошаемых лесных питомниках. – Ташкент : СредазНИИЛХ, 1987. – 12 с.

239. Рекомендации по выращиванию посадочного материала ценных пород в питомниках Узбекской ССР на базе комплексной механизации. – Ташкент : СредазНИИЛХ, 1983. – 59 с.

240. Перспективные формы минеральных удобрений и оптимизация почвенного плодородия при выращивании посадочного материала / В.В. Копытков [и др.] // Известия Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. – 2009. – Ч. 1, № 3 (54). – С. 85–91.

241. Копытков, В.В. Действие медленнодействующих удобрений на прирост древесины и структуру баланса использования туков в сосновых насаждениях БССР / В.В. Копытков, В.С. Победов, И.М. Булавик // Ведение лесного хозяйства в Белорусской ССР : сб. науч. тр. – М., 1988. – С. 26–35.

242. Копытков, В.В. Ресурсосберегающие технологии выращивания посадочного материала и создания лесных культур в Беларуси с использованием композиционных материалов : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / В.В. Копытков. – Брянск, 2017. – 49 с.

243. Булавик, И.М. Действие азотных удобрений на режим питания и прирост древесины в сосняках БССР : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / И.М. Булавик. – Минск, 1977. – 24 с.

244. Копытков, В.В. Газообразные потери азота в форме аммиака при осеннем сроке внесения удобрений в сосновых насаждениях / В.В. Копытков // Агрохимия. – 1990. – № 10. – С. 17–20.

245. Победов, В.С. Перспективы использования медленнодействующих удобрений в лесном хозяйстве / В.С. Победов, В.В. Копытков // Лесоводственные исследования XXII. Осушение и удобрение лесов. – Таллин : Валгус, 1987. – С. 128–133.

246. Победов, В.С. Потери азота с инфильтрационными водами из обычных и медленнодействующих форм азотных удобрений в сосновых культурах / В.С. Победов, В.В. Копытков, Е.А. Лебедев // Агрохимия. – 1988. – № 4. – С. 11–15.

247. Потери азота из почвы с инфильтрационными водами в удобренном сосновом насаждении / В.С. Победов [и др.] // Почвоведение. – 1989. – № 6. – С. 105–109.

248. Копытков, В.В. Газообразные потери аммиака при внесении разных форм мочевины на дерново-подзолистой почве в лесу / В.В. Копытков, С.И. Кулешова // Агрохимия. – 1989. – № 12. – С. 8–11.

249. Копытков, В.В. Физико-химические свойства медленнодействующих азотных удобрений / В.В. Копытков // Повышение эффективности использования минеральных удобрений в лесном хозяйстве : тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. совещ. – Гомель : БелНИИЛХ, 1984. – С. 140–141.

250. 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.

251. Копытков, В.В. Биоэкологические основы выращивания стандартного посадочного материала в питомниках Беларуси / В.В. Копытков // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. / ИЛ НАН Беларуси. – Гомель, 2000. – Вып. 51. – С. 94–105.

252. Синников, А.С. Результаты полевого опыта с компостами из коры / А.С. Синников, А.Л. Першевников, В.А. Черных // Использование древесных отходов и побочных продуктов леса : сб. науч. ст. / Арх. ин-т леса и лесохим. ; под ред. А.С. Синникова. – Архангельск, 1977. – С. 57–60.

253. Федорец, Н.Г. Приготовление и использование компостов из отходов лесной промышленности / Н.Г. Федорец, О.Н. Бахмет // Лесное хозяйство. – 2008. – № 3. – С. 7–9.

254. Копытков, В.В. Влияние различных коровых компостов и целевых добавок на рост и развитие сеянцев хвойных пород / В.В. Копытков, Н.П. Охлопкова // Лесное и охотничье хозяйство. – 2009. – № 9. – С. 21–27.

255. Копытков, В.В. Перспективы выращивания лесопосадочного материала на основе применения новых видов компостов / В.В. Копытков, Н.П. Охлопкова // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. / ИЛ НАН Беларуси. – Гомель, 2010. – Вып. 70. – С. 247–259.

256. Рекомендации по выращиванию посадочного материала хвойных пород с использованием композиционных полимерных составов / В.В. Копытков, Н.П. Охлопкова. – Внесены в реестр технических нормативных правовых актов № 000184 от 04.10.2010 г.

257. Методические рекомендации по оценке эффективности использования в лесном хозяйстве результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ // Научно-техническая информация в лесном хозяйстве. – Минск, 2005. – № 6. – 50 с.

258. Копытков, В.В. Композиционные полимерные материалы при лесовыращивании / В.В. Копытков. – Минск : РУП «Издательский дом «Белорусская наука», 2008. – 304 с.

259. Маттис, Г.Я. Научные основы интенсификации выращивания посадочного материала для защитного лесоразведения : автореф. дис. ... д-ра. с.-х. наук / Г.Я. Маттис. – Л., 1979. – 49 с.

260. Родин, А.Р. Высокоэффективные биопрепараты для лесных питомников / А.Р. Родин, Н.Я. Попова, Е.В. Кандыба // Лесное хозяйство. – 1997. – № 1. – С. 28–30.

261. Рекомендации по выращиванию микоризных сеянцев хвойных пород на субстрате из органоминеральной смеси и целевых добавок / сост. В.В. Копытков, Н.П. Охлопкова. – Внесены в реестр технических нормативных правовых актов 14.10.2010 г. за № 000184. – 16 с.

262. Копытков, В.В. ТУ ВУ 400070994.008–2010 «Состав “Агрополикор” для повышения почвенного плодородия питомников» / В.В. Копытков, Н.П. Охлопкова. – Внесены в реестр госуд. регистрации 14.12.2010 г. за № 030745. – 13 с.

263. Копытков, В.В. Выращивание сеянцев хвойных пород в лесных питомниках на основе использования компостов / В.В. Копытков, Н.П. Охлопкова, О.В. Кондратенко // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства : материалы IV Междунар. науч. экологич. конф., 24–25 марта 2015 г. – Краснодар, 2015. – Ч. II. – С. 32–39.

264. Копытков, В.В. Влияние различных способов предпосевной обработки семян на рост сеянцев и выход посадочного материала / В.В. Копытков // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. / ИЛ НАН Беларуси. – Гомель, 2002. – Вып. 55. – С. 61–70.

265. Наставление по лесовосстановлению и лесоразведению в Республике Беларусь : ТКП 047-2009 (02080). – Минск, 2009. – 105 с.

266. Правила ведения лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения / Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь. – Гомель : Институт радиологии, 2009. – 52 с.

267. Получение и применение органоминеральных компостов и создание лесных культур с использованием композиционного полимерного состава: справочник / сост. В.В. Копытков. – Мозырь : МГПУ им. И.П. Шамякина, 2021. – 66 с.

268. Состав для покрытия гранул азотных удобрений [Текст] : пат. 13688 Респ. Беларусь, МПК (2009) С 05G 5/00 / В.В. Копытков ; заявитель ГНУ «Институт леса НАН Беларуси» ; заявл. 21.10.2008 ; опубл. 30.10.2010 // Афіцыйны бюл. – № 5 (76). – С. 87.

269. Влияние полимерного покрытия аммиачной селитры на потери азота при ее внесении в лесу / В.С. Победов [и др.] // Агрохимия. – 1989. – № 10. – С. 13–15.

270. Состав для капсулирования гранул минеральных удобрений [Текст] : пат. 1075631 СССР, Кл. С 05 С 9/02 / А.И. Свириденко, Э.Г. Ильина, Л.С. Корецкая, Т.Е. Куфайкина, Т.А. Котова, В.С. Победов, В.В. Копытков ; заявители ИММС АН БССР и БелНИИЛХ. ; заявл. 24.08.1982 ; опубл. 03.04.1985 // Бюл. – № 40. – С. 8.

271. Способ получения медленнодействующего удобрения [Текст] : пат 916515 СССР, Кл. С 05 С 9/02 / С.В. Плышевский, В.В. Копытков, В.С. Победов, С.И. Кулешова, В.В. Печковский ; заявители БТИ им. С.М. Кирова и БелНИИЛХ ; заявл. 29.12.1986 ; опубл. 30.10.1989 // Бюл. – № 40. – С. 8.

272. Копытков, В.Вл. Полимерные составы для обработки корневых систем сеянцев сосны : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.Вл. Копытков. – Минск, 2007. – 21 с.

273. Копытков, В.В. Методологические и практические аспекты применения композиционных препаратов при лесовыращивании / В.В. Копытков, Н.П. Охлопкова, О.В. Кондратенко // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство. – 2015. – № 1 (174). – С. 141–144.

274. Ахназаров, С.Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии : учеб. пособие для хим.-технол. спец. вузов / С.Л. Ахназаров, В.В. Кафаров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1985. – 327 с.

275. Родин, С.А. Обоснование способов увеличения периода посадки саженцев ели в Центральной части зоны хвойно-широколиственных лесов : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / С.А. Родин. – М., 1989. – 20 с.

276. Суворов, В.И. Уборка, транспортировка и хранение посадочного материала хвойных пород с открытой корневой системой (Рекомендации для опытно-производственной проверки) / В.И. Суворов, Г.Б. Климов, С.А. Родин. – М. : ВНИИЛМ, 1988. – 12 с.

277. Зайцев, Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М. : Наука, 1984. – 424 с.

278. Справочник таксатора / В.С. Мирошников [и др.] ; под общ. ред. В.С. Мирошникова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Ураджай, 1980. – 360 с.

279. Сироткин, Ю.Д. Лесные культуры / Ю.Д. Сироткин, А.Н. Праходский. – Минск : Высшая школа, 1988. – 96 с.

280. Разработать и исследовать эффективные технологии создания лесных культур на загрязненных радионуклидами землях с использованием полимерных материалов [Текст] : отчет о НИР / ИЛ НАН Беларуси ; рук. В.В. Копытков. – Гомель, 2011. – 73 с. – № ГР 20091498.

281. Копытков, В.В. Особенности облесения территорий при радиоактивном загрязнении / В.В. Копытков // Вопросы экологии и моделирования лесных экосистем. – М., 1993. – Вып. 248. – С. 74–77.

282. Копытков, В.В. Санитарно-экологические особенности аэросева в зоне с повышенным уровнем радиации / В.В. Копытков // Вопросы экологии и моделирования лесных экосистем. – М., 1993. – Вып. 248. – С. 77–80.

283. Компосты из коры. Технические условия : ОСТ 56-56-83. – Введ. 08.12.1983. – М. : Гос. ком. СССР по лесн. хоз-ву: Архангельский институт леса и лесохимии, 1983. – 12 с.

284. Басловская, С.С. Практикум по физиологии растений / С.С. Басловская, О.М. Трубецкова. – М. : МГУ, 1964. – 328 с.

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

286. Ахромейко, А. Как обеспечить лесопосадки микоризой / А. Ахромейко // Социалистическое земледелие. – 1949. – № 68. – С. 14–16.

287. Опыт выращивания сеянцев в базисных питомниках Литовской ССР : метод. рекомендации / сост.: М.В. Вайчис, Л.В. Славенене, В.М. Онюнас. – Каунас, 1982. – 17 с.

288. Оптимизация биологической активности дерново-поззолистой почвы как фактор повышения ее плодородия / Я.К. Куликов [и др.] // Региональные проблемы экологии: пути решения : тез. докл. III междунар. эколог. симп. в городе Полоцке : в 2 т. – Полоцк : ПГУ, 2006. – Т. 1. – С. 188–189.

289. Выращивание сеянцев с закрытой корневой системой в малых тепличных комплексах / Е.М. Романов [и др.] // Лесное хозяйство. – 2007. – № 1. – С. 26–27.

290. Производство и применение нетрадиционных органических удобрений в лесных питомниках : учеб. пособие / Е.М. Романов [и др.]. – Йошкар-Ола, 2001. – 156 с.

291. Малюга, Ю.Е. Теоретическое обоснование эффективности азотных удобрений пролонгированного действия в лесном и сельском хозяйстве Украины / Ю.Е. Малюга. – Харьков : ЧПИ «Новое слово», 2006. – 438 с.

292. Методические указания по агротехнике выращивания посадочного материала / МЛХ РБ / ИЛ НАН Беларуси ; сост.: В.В. Копытков [и др.]. – Минск, 1997. – 31 с.

293. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М. : МГУ, 1962. – С. 345–346.

294. Коробченко, Ю.Т. Определение легкогидролизуемого азота в почвах / Ю.Т. Коробченко // Агрохимия. – 1975. – № II. – С. 106–108.

295. Никитин, Б.А. Методика определения содержания гумуса в почве / Б.А. Никитин // Агрохимия. – 1972. – № 3. – С. 123–125.

296. Мещеряков, А.М. Разложение почв серной и хлорной кислотами для определения азота и фосфора / А.М. Мещеряков // Почвоведение. – 1963. – № 5. – С. 96–101.

297. Ускоренный метод сжигания почв и растений / К.Е. Гинзбург [и др.] // Почвоведение. – 1963. – № 5. – С. 89–96.

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

299. Веселкин, Д.В. Микоризообразование у сосны обыкновенной и ели сибирской в лесных питомниках [Электронный ресурс] / Д.В. Веселкин. – 2007. – Режим доступа: <http://mycorrhiza.narod.ru>. – Дата доступа: 24.04.2022.

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

301. Применение регуляторов роста растений, удобрений и способов предпосевной подготовки семян в лесном и сельском хозяйстве : справочник / сост.: В.В. Копытков [и др.]. – Мозырь : МГПУ им. И.П. Шамякина, 2022. – 76 с.

Научное издание

Копытков Владимир Васильевич

**НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ
И ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ**

Монография

Корректор *Т. И. Татарина*

Оригинал-макет *Ю. С. Карась*

Дизайн обложки *Л. В. Клочкова*

Иллюстративный материал на первой странице обложки заимствован из общедоступных ресурсов сети Интернет, который не содержит указания на авторов этих материалов и ограничения на их заимствование.

Подписано в печать 11.10.2022. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Цифровая печать. Усл. печ. л. 11,04. Уч.-изд. л. 14,81.

Тираж 40 экз. Заказ 29.

Издатель и полиграфическое исполнение:

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

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий N 1/306 от 22 апреля 2014 г.

Ул. Студенческая, 28, 247777, Мозырь, Гомельская обл.

Тел. (0236) 24-61-29.