

**РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ
ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ
В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

МГТУ ИМ. И. П. ШАМКИНА



ISBN 978-985-477-827-3



9 789854 778273

Министерство образования Республики Беларусь

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

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ
ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ
В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Монография

Под общей редакцией
доктора технических наук, профессора, члена-корреспондента
НАН Беларуси, заслуженного деятеля науки Республики Беларусь
Ю. М. Плескачевского

Мозырь
МГПУ им. И. П. Шамякина
2022

УДК 631.8
ББК 40.40
P17

Авторы:

В. В. Копытков, В. Н. Навныко, А. А. Кулик, Вл. В. Копытков,
О. В. Кондратенко, В. А. Сатишур, В. В. Савченко

Рецензенты:

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

В. Ф. Багинский;

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий лабораторией
кормления и физиологии питания крупного рогатого скота

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству»

В. Ф. Радчиков

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

Разработка и применение органоминеральных удобрений и
регуляторов роста растений в народном хозяйстве : моногр. /
P17 В. В. Копытков [и др.] ; под общ. ред. Ю. М. Плескачевского. –
Мозырь : МГПУ им. И. П. Шамякина, 2022. – 237 с.

ISBN 978-985-477-827-3.

В монографии представлены сведения об органоминеральных удобрениях и регуляторах роста, используемых в лесном и сельском хозяйствах. Даны теоретические основы применения новых органоминеральных удобрений при выращивании лесного посадочного материала и ряда сельскохозяйственных культур. Органоминеральные удобрения и регуляторы роста способствуют увеличению выхода стандартных семян лесных пород и повышают урожайность сельскохозяйственных растений. Приведены экономические результаты использования органоминеральных удобрений и регуляторов роста в народном хозяйстве.

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

Табл. 110. Ил. 44. Библиогр.: 207 назв.

УДК 631.8
ББК 40.40

ISBN 978-985-477-827-3

© УО МГПУ им. И. П. Шамякина, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Перечень сокращений	5
Введение.....	6
Глава 1. Опыт использования органоминеральных удобрений и регуляторов роста растений в народном хозяйстве	8
1.1 Использование органоминеральных удобрений и регуляторов роста при выращивании сельскохозяйственных культур для повышения урожайности.....	8
1.2 Применение органоминеральных удобрений и регуляторов роста для повышения грунтовой всхожести и увеличения выхода стандартных семян лесных пород	39
1.3 Технология получения и применения регуляторов роста для защиты корневых систем семян лесных пород от иссушения ..	52
Глава 2. Получение органоминеральных удобрений с использованием компонентов растительного и животного происхождения	83
2.1 Лабораторные исследования по влиянию компонентов растительного и животного происхождения на степень готовности органоминеральных удобрений.....	83
2.2 Основы технологии получения органоминеральных удобрений в производственных условиях.....	92
Глава 3. Изучение влияния использования органоминеральных удобрений и регуляторов роста в лесном и сельском хозяйстве на биометрические показатели растений и их урожайность	125
3.1 Влияние применения средств защиты растений, органоминеральных удобрений и регуляторов роста на урожайность грибов.....	125
3.2 Влияние органоминеральных удобрений и регуляторов роста на развитие семян лесных пород и выход стандартного посадочного материала.....	158
3.3 Изучение влияния регуляторов роста на приживаемость лесных культур.....	170
Глава 4. Влияние сочетания типов органоминеральных удобрений и регуляторов роста в лесном и сельском хозяйстве на рост и развитие растений.....	181

4.1 Исследование влияния органоминеральных удобрений и регуляторов роста на выход стандартных семян лесных пород.....	181
4.2 Влияние органоминеральных удобрений и регуляторов роста на урожайность сельскохозяйственных культур	188
Глава 5. Эффективность использования органоминеральных удобрений и регуляторов роста растений в народном хозяйстве.....	202
Заключение	213
Благодарности.....	217
Список использованных источников	219

МГТУ им. И. П. Шамякина

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

ИЛ НАН Беларуси – Институт леса Национальной академии наук Беларуси
ГПЛХО – государственное производственное лесохозяйственное объединение
СООО – совместное общество с ограниченной ответственностью
РЛССЦ – республиканский лесной селекционно-семеноводческий центр
ГПНИ – Государственная программа научных исследований
БРФФИ – Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований
РАН – Российская академия наук
УААН – Украинская академия аграрных наук
КЭЛБ – Корневая экспериментальная лесная база
ООО – общество с ограниченной ответственностью
ОАО – открытое акционерное общество
ТКП – технический кодекс установившейся практики
ГОСТ – государственный стандарт
УФ – ультрафиолетовый свет
А – норма высева семян с учетом их фактической массы
А₁ – средняя норма высева семян по справочным данным
В – фактическая масса 1000 шт. семян
В₁ – средняя масса 1000 шт. семян, приведенных по справочным материалам
Т – техническая всхожесть семян
К – поправочный коэффициент на грунтовую всхожесть семян
Ч – чистота семян
КРС – крупный рогатый скот
НРК – комплексное удобрение (азот, фосфор, калий)
Д. в. – действующее вещество
ОМС – органоминеральный субстрат
КПС – композиционный полимерный состав
БЭ – биологическая эффективность
КМ – композиционные материалы
ОКС – открытая корневая система
ЗКС – закрытая корневая система
ОЖП – отходы жизнедеятельности птиц
ПАА – полиакриламид
NaКМЦ – натрий карбоксиметилцеллюлоза
ПС – полимерный состав
ВП – водорастворимый полимер
ЭПИН – эпибрасинолид

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы большое внимание уделяется повышению урожайности сельскохозяйственных культур и увеличению выхода стандартного посадочного материала лесных пород. Важная роль отводится применению органоминеральных удобрений и регуляторов роста, позволяющих направленно регулировать рост и развитие растений и эффективнее реализовывать потенциальные возможности растений. Рост и развитие растений осуществляется в результате дифференциации развития клетки, ткани и целого организма. Наличие в растительной клетке эндогенной системы регуляции и саморегуляции является основой для управления ими с помощью экзогенных регуляторов роста. Как показали исследования, экзогенные регуляторы роста оказывают существенное влияние на многие реакции обмена веществ, затрагивают генный и гормональный уровни регуляции. Однако в зависимости от вида и сорта растений степень изменения указанных процессов различна.

Важным аспектом действия органоминеральных удобрений и регуляторов роста является повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды – высоким и низким температурам, недостатку влаги, фитотоксическому действию пестицидов, поражению болезнями. Все эти факторы особенно необходимо учитывать при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур и лесного посадочного материала. Эффективность органоминеральных удобрений и регуляторов роста связана с типом используемых элементов питания, своевременным выполнением технологических приемов внесения минеральных и органических удобрений, использованием современных средств защиты растений. Экономически выгодным и экологически целесообразным является применение регуляторов роста и органоминеральных удобрений совместно с микроудобрениями.

Проблема отходов лесного и сельскохозяйственного производства является острой экологической задачей современности, так как они служат источником загрязнения, ухудшают санитарно-эпидемиологические и эстетические качества природной среды. Между тем, некоторые отходы обладают свойствами, обуславливающими возможность их хозяйственного использования, что предопределяет интерес к отходам как вторичному материальному ресурсу, а их возвращение в материальный круговорот приобретает важное экологическое, экономическое и ресурсосберегающее значение. В целом такие отходы могут использоваться в разных отраслях народного хозяйства, но в настоящее время имеют большой спрос в лесном и сельскохозяйственном производстве. По данным Министерства лесного хозяйства, в Беларуси в 2020 г. отходы в виде древесных опилок составили 400 тыс. м³, что по сравнению с 2010 г. больше в 4 раза. По данным СООО «Бонше», в Брестском районе ежегодно образуются отходы грибного производства в количестве 16,8 тыс. тонн. При выращивании вешенки обыкновенной и

шиитаки на Кореневской 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.

В представленной монографии использованы полученные результаты научных исследований и разработок по следующим заданиям и темам:

– ГПНИ «Природопользование и экология», подпрограммы «Биоразнообразие, биоресурсы, экология», задание 2.43 «Исследовать влияние различных агротехнологий выращивания сеянцев дуба черешчатого с закрытой корневой системой на динамику их роста и развития»;

– Проект БРФФИ № 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»;

– Договор с ООО «Бонше» «Оценка хозяйственной и биологической эффективности применения средств защиты растений (Mirage 450, Armex 5 + Mexamid) при выращивании шампиньонов»;

– Договор с ООО «Бонше» «Оценка хозяйственной и биологической эффективности применения средств защиты растений (Cyromex, Promex 50) при выращивании шампиньонов»;

– Договор с ОАО «Дрожжевой комбинат» «Оценка хозяйственной и биологической эффективности применения регулятора роста «Ростмомент» при выращивании шампиньонов».

– Договор с ОАО «Селекционно-гибридный центр «Западный» «Провести оценку хозяйственно биологической эффективности применения биоудобрения гранулированного на культурах дуба черешчатого (*Quercus robur*), ели европейской (*Picea abies*), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum*) и брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea*)».

Авторы монографии являлись научными руководителями и ответственными исполнителями перечисленных заданий и тем.

ГЛАВА 1

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Одной из главных причин низкой эффективности лесного питомнического хозяйства является недостаточное обеспечение почв элементами питания, и прежде всего гумусом. Для повышения содержания гумуса в почве важную роль играют органические удобрения и регуляторы роста. Применение органоминеральных удобрений и регуляторов роста в лесных питомниках является важным звеном в повышении плодородия дерново-подзолистых почв при выращивании стандартных семян. Интенсификация выращивания лесных пород за счет внесения органоминеральных удобрений и использования регуляторов роста способствуют не только повышению плодородия лесных почв элементами питания, но и обогащению ее полезными микроорганизмами, которые стимулируют микоризообразование на корневых системах семян лесных пород.

1.1 Использование органоминеральных удобрений и регуляторов роста при выращивании сельскохозяйственных культур для повышения урожайности

В решении вопроса повышения урожайности сельскохозяйственных культур и улучшения их качества особое значение имеет обеспечение растений всеми необходимыми минеральными элементами питания. При высоком уровне применения органоминеральных удобрений под культуры, возделываемые по интенсивным технологиям, резко возрастает роль регуляторов роста в создании оптимального баланса питательных веществ.

Регуляторам роста принадлежит разнообразная агрохимическая и физиологическая роль. Положительное действие регуляторов роста обусловлено тем, что они принимают участие в окислительно-восстановительных процессах, углеводном и азотном обменах. Под влиянием регуляторов роста в листьях увеличивается содержание хлорофилла, интенсифицируется фотосинтез, усиливается ассимилирующая деятельность всего растения. Каждый микроэлемент выполняет определенную функцию в растении, недостаток их в питании вызывает нарушения биохимических и физиологических процессов в растительных организмах, что приводит к получению низких и неполноценных по качеству урожаев. Они влияют на обмен веществ, устраняют функциональные нарушения, активизируют интенсивность роста и развития растений. Микроэлементы входят в состав большого количества ферментов, гормонов, при участии которых происходят все биохимические реакции в растениях, участвуют в образовании биологически активных веществ, витаминов. Они повышают устойчивость растений к болезням и неблагоприятным условиям внешней среды.

Такие болезни, как бактериоз льна, сердцевинная гниль и дуплистость свеклы, парша картофеля, слабые или белые и пустые колосья злаков, пятнистость и различные хлорозы листьев, являются следствием резкого недостатка микроэлементов в питании сельскохозяйственных культур.

Большое значение имеют регуляторы роста для повышения эффективности усвоения растениями азота, фосфора, калия. Регуляторы роста влияют на передвижение и перераспределение минеральных элементов в растении. Существенное влияние регуляторы роста оказывают на процесс поглощения растениями элементов питания и на проницаемость клеточных мембран. Например, марганец влияет на передвижение фосфора из стареющих листьев к молодым. Молибден способствует поглощению растениями фосфора за счет участия в метаболизме азота. Улучшает поступление азота также применение меди и бора. Бор ускоряет передвижение фосфора из стеблей в листья. Цинк изменяет проницаемость мембран для калия и магния. У растений с дефицитом цинка отмечается повышенная концентрация неорганического фосфора.

Отдельные микроэлементы позволяют направленно усиливать фиксацию молекулярного азота, что имеет огромное практическое значение.

Молибден и медь положительно влияют на синтез аминокислот и белков в клубеньках бобовых культур. Недостаток бора, меди, цинка ведет к значительному увеличению содержания свободных аминокислот, что указывает на нарушение синтеза белка при недостатке указанных микроэлементов.

Микроэлементы влияют не только на растения. Некоторые заболевания человека и животных могут быть связаны с количеством микроэлементов, поступающих в организм с продуктами питания и кормами. Оптимизация питания растений микроэлементами имеет актуальное значение в сельском хозяйстве, так как здесь производятся основные продукты питания. При возделывании сельскохозяйственных культур чаще всего приходится иметь дело с отсутствием внешних признаков дефицита микроэлементов, но рост и развитие замедляется, продуктивность растений понижается.

Требование сбалансированного питания для обеспечения максимальных сборов высококачественной продукции не только не исключает, но, наоборот, усиливает необходимость строго дифференцированного подхода к применению регуляторов роста с учетом обеспеченности почв доступными формами микроэлементов, почвенно-агрохимических факторов, биологических особенностей культур.

Некоторое количество микроэлементов входит в состав традиционных известковых, органических, минеральных удобрений и вносится в почву при возделывании сельскохозяйственных культур. Однако часто возникает необходимость дополнительного применения их в форме микроудобрений. Дефицит меди, цинка, бора, марганца и молибдена в почве может препятствовать достижению наибольшей продуктивности и эффекта от внесения основных видов удобрений.

Для каждой культуры имеются важнейшие микроэлементы, недостаток которых в питании вызывает стрессовое состояние растений и значительно снижает их продуктивность. Поэтому для правильного применения микроудобрений важно знать потребность различных культур в микроэлементах (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Потребность сельскохозяйственных культур в микроэлементах

Элемент	Культура
Бор	Лен, рапс, сахарная и кормовая свекла, картофель, зернобобовые, семенники многолетних бобовых трав
Медь	Озимые и яровые зерновые, рапс, многолетние злаковые травы
Цинк	Лен, кукуруза, многолетние бобовые травы
Марганец	Озимые и яровые зерновые, кукуруза, рапс, многолетние злаковые и бобовые травы
Молибден	Семенники многолетних бобовых трав
Кобальт	Зернобобовые, многолетние бобовые травы

Потребность сельскохозяйственных культур в микроэлементах удовлетворяется за счет следующих микроудобрений:

Борная кислота (H_3BO_3) – мелкокристаллический порошок белого цвета, содержит 17,3 % бора.

Сульфат меди (медь сернокислая) ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) – кристаллическая соль голубовато-синего цвета, содержит 25 % меди.

Сульфат цинка (цинк сернокислый) ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) – кристаллический порошок белого цвета, содержит 22 % цинка.

Сульфат марганца (марганец сернокислый) ($MnSO_4 \cdot 5H_2O$) – кристаллический порошок белого цвета, содержащий 22,8 % марганца.

Молибдат аммония (аммоний молибденовокислый) ($(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$) – мелкокристаллический порошок белого цвета, содержащий 52 % молибдена.

Для пересчета доз микроэлементов в удобрения и удобрений в соответствующие элементы применяются коэффициенты (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Коэффициенты пересчета микроэлементов в удобрения и удобрений в соответствующие элементы

Коэффициенты пересчета элементов в удобрения	Микроэлементы	Микроудобрения	Коэффициенты пересчета удобрений в элементы
4,00	Cu	Медь сернокислая	0,25
5,78	B	Борная кислота	0,173
4,52	Zn	Цинк сернокислый	0,22

Продолжение таблицы 1.2

1,92	Mo	Молибдат аммония	0,52
4,39	Mn	Марганец сернокислый	0,228

Для приготовления рабочих растворов важно знать растворимость микроудобрений. Предельная растворимость солей микроэлементов в 1 л водного раствора при температуре 20 °С:

Борная кислота (H_3BO_3) – 45 г;

Сульфат меди ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) – 150 г;

Сульфат марганца ($MnSO_4 \cdot 5H_2O$) – 380 г;

Сульфат цинка ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) – 360 г;

Молибдат аммония ($(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$) – 300 г.

Наряду с простыми микроудобрениями в сельском хозяйстве широкое применение получили органоминеральные и хелатные соединения микроэлементов. Использование их обуславливается в первую очередь финансовыми возможностями хозяйств, поскольку все они, как правило, дороже перечисленных выше неорганических форм микроудобрений.

Ниже представлены основные формы хелатных микроудобрений.

Эколист моно Бор – жидкий концентрат удобрения, содержащий 11 % бора в органо-минеральной форме. В одном литре удобрения содержится 150 г бора.

Эколист моно Медь – жидкий концентрат удобрения, содержащий 7 % меди в хелатной форме, 6 % азота и 4 % серы. В одном литре удобрения содержится 88 г меди, 75 г азота и 65 г серы.

Эколист моно Марганец – жидкий концентрат удобрения, содержащий 12 % марганца в хелатной форме, 6 % азота и 4,5 % серы. В одном литре удобрения содержится 174 г марганца, 87 г азота и 50 г серы.

Эколист моно Цинк – жидкий концентрат удобрения, содержащий 8 % цинка в хелатной форме, 6 % азота и 3,8 % серы. В одном литре удобрения содержится 108 г цинка, 81 г азота и 51 г серы.

Для рационального использования хелатных микроудобрений необходимо емкость опрыскивателя заполнить до половины водой и в нее добавить составляющие в нижеуказанной последовательности при работе опрыскивателя в режиме перемешивания:

– мочевины (если необходимо);

– растворы неорганических солей микроэлементов или растворы, содержащие микроэлементы в форме хелатных соединений (Эколист + вода – 1:4);

– пестицид, разведенный водой согласно инструкции.

Далее необходимо добавить воду до полного объема и приступить к обработке посевов. Приготовление растворов баковых смесей рекомендуется проводить непосредственно перед их применением.

Для внесения рабочего раствора микроудобрений используются дефлекторные распылители РД-110-4 или щелевые РЩ-110-4 и РЩ-110-2,5. При выборе оптимального срока проведения некорневой подкормки учитывают не только биологические потребности культуры, но и погодные условия, так как время поглощения растениями микроэлементов составляет от 1 до 2 дней. Не рекомендуется опрыскивание на сырые или покрытые росой листья, а также в условиях интенсивного солнечного освещения. Опрыскивание посевов растворами микроудобрений лучше проводить в послеобеденное время или в пасмурную погоду.

Большое значение в повышении урожайности сельскохозяйственных культур имеют регуляторы роста. Ниже представлены основные регуляторы роста, используемые при выращивании сельскохозяйственных растений.

Эмистим С. Высокоэффективный биостимулятор роста растений широкого спектра действия, продукт биотехнологического выращивания грибов-эпифитов, выделенных из корневой системы лекарственных растений (женьшеня и облепихи). Препаративная форма – прозрачный бесцветный водно-спиртовой раствор. Содержит сбалансированный комплекс фитогормонов ауксиновой, цитокининовой природы, аминокислот, углеводов, жирных кислот, микроэлементов. Увеличивает энергию прорастания и полевую всхожесть семян, повышает устойчивость растений к стрессовым факторам (высоким и низким температурам, засухе, фитотоксическому действию пестицидов), повышает урожай и улучшает качество растительной продукции. Применяется на зерновых, зернобобовых культурах, льне, кукурузе, сахарной свекле и картофеле, овощных и плодово-ягодных культурах.

Агростимулин. Комплекс регуляторов роста природного происхождения и синтетических аналогов фитогормонов. Препаративная форма – прозрачный бесцветный водно-спиртовой раствор. Повышает урожай, улучшает качество продукции, увеличивает устойчивость к стрессовым факторам. Применяется на зерновых, зернобобовых культурах, льне-долгунце, многолетних травах.

Бетастимулин. Композиция регуляторов роста природного происхождения и синтетических аналогов фитогормонов. Препаративная форма – прозрачный бесцветный водно-спиртовой раствор. Уникальный препарат для сахарной свеклы. Повышает устойчивость к корнееду, церкоспорозу и другим болезням. Увеличивает урожай корнеплодов, повышает сахаристость, улучшает технологические свойства сырья для переработки.

Ивин. Аналог природных фитогормонов, эффективный регулятор роста овощных культур: огурцов, томатов, перца, капусты, моркови и цветов. Препаративная форма – прозрачный бесцветный водный раствор. Способствует изменению сексуализации растений, увеличению женских цветков, снижению заболевания растений, уменьшению поступления радионуклидов и тяжелых металлов в овощную продукцию.

Потейтин. Наиболее эффективный регулятор роста картофеля. Препаративная форма – прозрачный бесцветный водный раствор. Стимулирует рост и развитие растений, повышает устойчивость к болезням, повышает

урожаем клубней, улучшает их качество. Снижает поступление радионуклидов и нитратов в клубни. Под влиянием регулятора снижается поражаемость растений колорадским жуком, заболевания фитопфторозом.

Люцис. Белый кристаллический порошок, композиция синтетических аналогов фитогормонов и парамолибдата аммония. Применяется для повышения семенной продуктивности и урожая зеленой массы люцерны и клевера, способствует триппингу цветков люцерны.

При применении рострегулирующих препаратов необходимо учитывать, что каждый из них создан для стимулирования роста, развития и продуктивности определенных сельскохозяйственных культур при соответствующих дозах и способах применения.

Несмотря на малые дозы внесения и высокий уровень безопасности новых регуляторов, во время их хранения и использования необходимо придерживаться требований безопасности, предусмотренных санитарными нормами и правилами «Требования к применению, условиям перевозки и хранения пестицидов (средств защиты растений), агрохимикатов и минеральных удобрений», гигиеническим нормативом «Гигиенические нормативы содержания действующих веществ пестицидов (средств защиты растений) в объектах окружающей среды, продовольственном сырье, пищевых продуктах», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 27.09.2012 № 149.

Регуляторы роста применяют в виде водных растворов, которые готовят в день их использования. Дозы препаратов на 1 тонну семян или на 1 гектар посевов очень малы, поэтому важно, чтобы они были равномерно распределены в рабочем растворе. Для этого в стеклянной или эмалированной посуде предварительно готовят маточные растворы этих препаратов. Для обработки 1 тонны семян рекомендованную дозу регулятора растворяют в 200–250 мл воды, для опрыскивания посевов – в 1 литре воды. Маточные растворы тщательно перемешивают и добавляют к 10 литрам инкрустирующего раствора, содержащего также пестицид (на 1 тонну семян), или при опрыскивании посевов в маточный раствор добавляют также пестицид и разбавляют водой из расчета расхода на 1 га 200–250 л. Маточные и рабочие растворы должны храниться не более 1 суток.

Опрыскивают посевы водными растворами с помощью штанговых опрыскивателей. Наиболее эффективным временем для опрыскивания являются утренние часы до 10 ч и вечерние после 17 ч. Не допускается обработка наземной аппаратурой при скорости ветра более 4 м/сек.

Наиболее эффективным способом использования регуляторов роста является их применение при выращивании грибов в искусственных средах.

СООО «БОНШЕ» является первым в Республике Беларусь предприятием по производству шампиньонов – свежих, культивируемых, охлажденных, в основе которого лежит голландская технология выращивания и европейское сырье. Аналогов производства в Республике Беларусь пока не существует.

Для совершенствования собственного производства и увеличения объемов выращиваемого гриба эта компания привлекла иностранного (польского) технолога с целью получения практического опыта.

Для обеспечения нормального протекания технологического процесса в цехе выращивания грибов предусмотрена автоматизация работы обогревателя и холодильного оборудования, кондиционера голландского производства, а также регулирование и контроль параметров микроклимата в камерах выращивания грибов.

В настоящее время мощности действующего производства составляют 460 т грибов в месяц и идет постоянное наращивание объемов выпускаемой продукции [1].

Существует пять разных технологий выращивания шампиньонов. У каждой системы есть свои достоинства и недостатки:

1. На грядах. Гряды (гребни) для выращивания шампиньонов обычно используют в подземных выработках: шахтах, иногда в пустующих овощехранилищах, птичниках и т. п. Готовый компост укладывается в гряды на поверхность пола, лучше на полиэтиленовую пленку. Засев мицелия можно провести непосредственно в грядку. Большое значение имеют размеры гряды. Основной плюс данной технологии – отсутствие затрат на какие-то либо емкости (стеллажи, контейнеры и т. п.) для компоста.

В настоящее время этот способ выращивания используется достаточно редко. Причины заключаются в следующем:

- при формировании гряд, нанесении покровной почвы и выгрузке отработанных партий используется в основном ручной труд;

- трудно производить качественную уборку помещения, отсутствует возможность мытья пола и, как следствие, увеличиваются шансы заражения компоста и покровной почвы болезнетворными микроорганизмами и вредителями, занесенными с помощью обуви;

- при заражении какого-либо участка гряды инфекцией, болезнь может распространиться по всей поверхности грядки;

- после окончания цикла выращивания и уборки помещения есть риск заражения новой партии, так как на полу могут оставаться микрочастицы компоста, содержащие возбудителей различных заболеваний;

- неполное использование объема помещения выращивания грибов.

Эту технологию можно рекомендовать в осенний, зимний и весенний периоды, при наличии дешевых больших площадей с ограниченной высотой [2].

2. На полках. Полочную систему выращивания грибов часто называют голландской, скорее всего из-за того, что в этой стране подавляющее большинство шампиньонов выращивается на полках. В Голландии также разработан и запатентован полный комплекс оборудования, позволяющий максимально механизировать технологический процесс производства грибов при использовании полочной системы. Это оборудование для загрузки и

выгрузки компоста с полок, механизмы для нанесения покровной почвы на полки и ее (покровной почвы) рыхления, приспособления для полива грибов и многое другое. Безусловно, такое оборудование очень недешево, и рассчитывать на окупаемость предприятия можно только при высокой урожайности шампиньонов с квадратного метра как можно в более короткие сроки.

Что касается преимуществ и недостатков этого способа выращивания шампиньонов, можно сказать следующее. По сути, полочная система – это доведенный до совершенства способ выращивания грибов на грядах, позволяющая использовать более рационально объем помещения и полностью механизировать производственный процесс.

К сожалению, недостатки технологии на грядах, связанные с болезнями и вредителями шампиньонов, за некоторым исключением присущи и полочной системе. В первую очередь – это распространение болезней и вредителей по полке, причем здесь это еще возможно и по вертикали, лишняя вода, стекая с верхнего яруса, имеющего какие-либо болезни или вредителей, может разнести их на ниже расположенные полки [3].

3. В мешках. Эта система наиболее популярна у мелких и средних производителей, использующих как пустующие приспособленные помещения (шахты, овощехранилища, птичники, свинарники и т. п.), так и специально построенные для выращивания грибов. Особенно актуально выращивание шампиньонов в мешках на предприятиях, где нет возможности использовать пар для обработки отработанного компоста и помещения для выращивания грибов. Использование мешков требует меньших капиталовложений по сравнению с полочной и контейнерной системами.

Одно из основных преимуществ мешочной системы – это возможность более эффективной борьбы с распространением вредителей и болезней. При использовании мешков легче локализовать вредителей и болезни (в любой момент, пораженный мешок можно закрыть и вынести). В то же время использование под мешки многоярусных подставок в сочетании с большим слоем компоста в мешках значительно повышает эффективность использования объема помещения для выращивания грибов в сравнении с использованием гряд.

Отрицательные моменты заключаются в большом количестве ручного труда при забивке мешков компостом (особенно при отсутствии специального оборудования), при переносе и установке мешков на место, и при нанесении покровной почвы на заросший компост. Также следует заметить, что при выращивании шампиньонов в мешках весьма затруднительно использование добавок для заросшего компоста.

Из технологических особенностей при использовании мешочной системы следует отметить значение количества компоста в мешках, правильность заполнения и размеры мешков, а также свои требования к отдельным параметрам компоста и некоторые «хитрости» по уходу за грибами [4].

4. В контейнерах. Эта система в большей степени распространена в Америке, Канаде, Австралии. Там используются специально изготовленные для грибных производств деревянные контейнеры, которые подвергаются особой обработке против плесневых грибов.

Использование контейнерной системы позволяет практически полностью механизировать процесс выращивания грибов. Размещение компоста в отдельных емкостях (контейнерах), препятствует распространению болезней и вредителей шампиньонов, что в сочетании с возможностью проведения фаз роста грибов в разных помещениях делает эту технологию очень привлекательной с точки зрения санитарии и гигиены, при условии решения вопроса мойки, дезинфекции и хранения контейнеров.

Пожалуй, единственным и весьма существенным недостатком является высокая стоимость оборудования для заполнения контейнеров компостом и его выгрузки, нанесения покровной почвы, плюс стоимость самих контейнеров [4].

5. Выращивание в блоках. В последние годы все большее количество грибководов начинает выращивать шампиньоны в блоках (брикетах). Это связано с тем, что многие предприятия по выращиванию грибов предпочитают работать на покупном компосте. Готовый компост прессуют и упаковывают в термоусадочную пленку. Такие брикеты проще транспортировать, они легко укладываются в машину в большем количестве, по сравнению с мешками и, тем более, компостом рассыпью.

Блоки можно использовать в полочных и контейнерных системах, укладывая их на полки и поддоны. Несмотря на то, что для укладки блоков требуется ручной труд, при выращивании на полках можно использовать машинку для нанесения и рыхления покровной почвы. Кроме того, работая с готовыми блоками, производителю не потребуется техника для забивки компоста на полки или в поддоны. И, конечно, организация в грибном производстве только цикла выращивания грибов, без компостного производства, намного проще и дешевле, при условии наличия в продаже качественного компоста по приемлемой цене [5].

По питательности шампиньоны не уступают белым грибам, по некоторым пищевым показателям превосходят их, а также многие овощи, фрукты, ягоды и даже мясо. По содержанию отдельных витаминов шампиньоны превосходят мясные, рыбные, молочные продукты, а также овощные и плодово-ягодные культуры.

В состав шампиньонов входит значительное количество углеводов, жиров, органических кислот, минеральных веществ и целый комплекс витаминов. Основными компонентами, составляющими плодовые тела шампиньонов, являются азотистые вещества (60,3 %), в том числе белки – 32,1 %, а также зольные элементы. Исследования показали, что в грибах присутствуют более 20 аминокислот, в том числе все незаменимые для питания человека: метионин, цистеин, цистин, триптофан, треонин, лизин и фенилаланин.

Шампиньон содержит в себе 88 % – 92 % воды, ценные белки, углеводы, органические кислоты, минеральные вещества и витамины: РР (никотиновая кислота), Е, D, витамины группы В, железо, фосфор, калий и цинк, полезный для иммунной системы организма. По содержанию фосфора шампиньоны не уступают рыбопродуктам [6].

Калорийность этого гриба 27,4 ккал на 100 г, что позволяет использовать шампиньон в разнообразных диетах и не лишать себя необходимых белков, микроэлементов и витаминов. Низкое содержание натрия позволяет использовать шампиньоны в бессолевых диетах.

Диабетики также могут употреблять эти грибы – ведь в них совсем не содержится сахара и жиров, особенно в маленьких и непритязательных шампиньонах. Содержание витаминов группы В в шампиньонах выше, чем в свежих овощах, особенно рибофлавина (В2) и тиамина, который помогает избежать головных болей и мигрени. А содержащаяся в шампиньоне пантотеновая кислота помогает снять усталость. Кроме того, эти замечательные грибы помогают поддерживать кожу в хорошем состоянии. Всё это говорит о том, что шампиньоны не только вкусные, но и весьма полезные грибы, которые необходимо включать в свой рацион. Их низкокалорийность способствует здоровому образу жизни и поддержанию фигуры в тонусе.

Шампиньоны содержат в своем составе и особые вещества, разрушающие холестериновые бляшки. Способствуют они и борьбе с опухолями.

Японские исследователи установили, что шампиньоны отличаются повышенным содержанием аргинина и лизина, благотворно влияющих на развитие памяти и умственных способностей человека. Зольная часть грибов представлена в основном такими элементами, как фосфор, калий, сера, кальций, марганец и магний. Среди минеральных веществ основное место принадлежит солям фосфора (84 мг на 100 г сухой массы) и калия (277 мг на 100 г сухой массы). По содержанию солей фосфора шампиньоны можно приравнять к рыбным продуктам [7].

Выращивание грибов – это тщательно контролируемый процесс, его целью является получение максимального урожая хорошо сформированных грибов. Успешное культивирование зависит от многих взаимосвязанных факторов, и часто случается, что производителю не удается получить максимальный урожай грибов. Кроме того, форма определенного количества грибов каждого урожая хуже, чем того требует стандарт, поэтому их стоимость снижается.

Нет организмов, которые бы ничем не болели. Шампиньон не исключение. Всем известна поговорка: «Болезнь легче предупредить, чем лечить». Применима она и к шампиньону. При четком соблюдении технологии, выполнении требований гигиены и проведении профилактических мероприятий можно избежать большинства проблем, связанных со вспышками заболеваний и вредителями [8].

Как показывает опыт лучших предприятий, иногда полезно вводить систему штрафов за нарушения санитарных правил, не забывая при этом

премии за хороший урожай. Иначе удастся собрать лишь одну-две первые «волны», а в тяжелых случаях урожай не появляется вовсе [9].

Среди бактериальных болезней плодовых тел шампиньона наиболее часто встречается бурая пятнистость. На шляпках грибов появляются пятна бурого и коричневого цвета, которые могут охватить всю поверхность. Ткань шляпки в пораженных местах становится водянистой и отмирает.

Всякая болезнь использует свои способы распространения. Вирусные заболевания – через споры шампиньона, при помощи клещей и насекомых. Грибные патогены – через насекомых и руки рабочих при уборке урожая. Бактерии – с каплями брызг при поливе и при помощи насекомых во взрослом крылатом состоянии. Вредители расползаются и разлетаются сами, при этом нематоды, а вместе с ними личинки грибных комариков заползают в мелкие трещины древесины, откуда их выкурить почти невозможно [10].

Французский специалист Жак Дельма предложил «десять заповедей» [11], при соблюдении которых можно помочь избежать 9/10 неприятностей, связанных с паразитическими или конкурирующими организмами:

1. Необходима тщательная дезинфекция всего, что имеет отношение к грибам: помещений, оборудования, инструментов, корзин, ящичков для грибов и т. д.

2. Помещения (камеры), где растут грибы, должны быть как можно более тщательно изолированы от проникновения посторонних организмов. Источники вредителей и болезней должны быть надежно перекрыты.

3. Покровная почва при выращивании шампиньонов должна быть стерилизованной либо изначально стерильной. Покровная смесь может служить убежищем самым различным микроорганизмам. Стерилизованной считается смесь, обработанная паром либо формалином; стерильную добывают в подземных выработках.

4. Все отходы производства должны быть немедленно вынесены наружу.

5. Возле шампиньонницы не должно быть источников биологического загрязнения (навоза, отработанного компоста, собранных грибов, а также отходов производства). Следует опасаться и химического загрязнения в виде ядовитых паров и дымов, которые могут распространяться через вентиляционную систему.

6. Помещения, где вспыхнуло заболевание, нужно немедленно изолировать от остальных и продезинфицировать, не жалея ни дезинфектанта, ни грибницы.

7. Технологию компостирования нужно соблюдать очень тщательно, причем готовить компост только на бетонном (асфальтовом) полу.

8. Приготовление компоста нужно проводить в условиях контролируемой температуры, аэрации и влажности, чтобы готовый субстрат был селективным для гриба, т. е. лучше подходил для него, чем для конкурирующих микроорганизмов.

9. В течение всех стадий выращивания грибов необходимо как можно более тщательно следить за оптимальными условиями микроклимата.

10. Всякая работа или движение в шампиньоннице должны производиться в направлении от тех помещений, где выращивание грибов только начинается (от молодых культур), к тем, где сбор урожая заканчивается (к старым культурам). В обратном направлении двигаться нельзя [11].

Формалин – необходимая принадлежность при выращивании грибов. Правда, он малоэффективен против насекомых и не весьма надежно уничтожает споры грибов в воздушно-сухом состоянии. Второй по значимости источник возникновения болезней после отработанного субстрата – это пыль, поэтому перед каждой дверью в камеру кладут мокрый мат, пропитанный дезинфектантом. Все работники в обязательном порядке должны на него наступать. Слабым 2 %-м раствором формалина нужно ежеутренне поливать все проходы. В растворе формалина замачивают инструменты после использования [6]. Аккуратное соблюдение технологического регламента также служит одной из мер борьбы с заболеваниями. Если компост приготовлен хорошо, то мицелий растет на нем быстро, обгоняя и подавляя рост посторонних микроорганизмов. Это качество компоста зовется селективностью и означает способность субстрата создавать преимущественные условия для роста определенного нужного организма. Селективность субстрата проявляется особенно ярко, если соблюдены необходимые условия температуры и влажности для роста и плодоношения шампиньона.

Грибы великолепно «чувствуют» смену сезонов года, даже находясь за толстыми стенами, в камерах с кондиционированным воздухом. Для шампиньонов лето – пора роста болезней и падения урожаев. Поэтому очень важно правильно выбрать время начала выращивания, чтобы сезон был благоприятным для гриба. Кроме низких концентраций, есть еще одна особенность применения пестицидов в шампиньонницах: их часто включают в состав компоста или покровной смеси либо растворяют в воде, которой поливают грядки. Со временем патогены, конечно, вырабатывают устойчивость к химическим средствам борьбы, так что время от времени пестициды необходимо заменять новыми [12]. Против вирусов не существует химических средств борьбы, нужно пользоваться здоровым посадочным материалом, поставить надежный фильтр на приточную вентиляцию и тщательно проводить терминальную обработку, чтобы споры шампиньона в воздухе погибали (болезнь передается прежде всего через них).

Против бактерий средство только одно, но зато эффективное: грядки поливают 0,25 %-м раствором хлорной извести в воде (0,5 % – 0,6 % активного хлора), следя за тем, чтобы под покровным слоем не образовалась черная зона. Против бактерий вообще хороши водные растворы любых галогенов [10].

С насекомыми борьба идет при помощи диазинона, эндосульфана, малатиона, дихлофоса и других инсектицидов. Диазинон – профилактическое средство, им ежемесячно обрабатывают пустые шампиньонницы, снаружи и внутри, в период между урожаями (летом). Кроме того, если пастеризация

субстрата проводится в камерах, на стеллажах («однозональная система», о ней подробно речь дальше), обработку диазиноном проводят снаружи и внутри перед пастеризацией, посевом и гобтировкой.

Обработки дихлофосом в камерах проводят еженедельно и, кроме того, его применяют при вспышках численности вредителей: так, при массовом размножении ногохвосток стены и пол опрыскивают 0,03 %-м водным раствором дихлофоса. Хорошо чередовать какие-нибудь два инсектицида, тогда вредителям труднее приспособиться. Но главное – уничтожать насекомых высокой температурой во время пастеризации субстрата, не оставляя щели в камерах, фильтровать поступающий воздух и тщательно проводить терминальную обработку [8]. По рекомендации болгарских грибоводов, профилактическую обработку покровного материала фундазолом проводят в дозировке 15 г/м². Препарат вносят при увлажнении покровной смеси перед засыпкой. При реальной угрозе вспышки сухой или белой гнили, а также паутинистой плесени, дозировку увеличивают до 35–45 г/м. Если грибное заболевание начинает распространяться, фундазолом обрабатывают всю шампиньонницу в дозе 0,5–1 г/м² производственной площади. Существуют и другие препараты, эффективные против грибных заболеваний, среди них чаще всего используются Цинеб и Манкоzeb, а также Манеб. Сложнее организовать борьбу с клещами и нематодами, которые накапливаются в компосте, питаясь мицелием шампиньона. Здесь основной мерой борьбы служит качественная пастеризация субстрата [13].

Все меры общесанитарного характера особенно важны для борьбы с грибными паразитами и конкурентами, сражаться с которыми при помощи только химических средств достаточно трудно. Шампиньоны, как и возбудители, – грибы, и поэтому фунгициды могут повредить урожаю. Наиболее эффективный системный фунгицид-беномил, который встречается также под названиями «бенлат» и «фундазол». Для фундазола обычно применяют вдвое более высокую концентрацию, чем для беномила или бенлата, так как этот препарат ниже качеством.

Таким образом, для выращивания грибов широко используют различные средства защиты растений. В Польше и Голландии отработаны технологии применения наиболее эффективных средств защиты растений при выращивании наибольшего количества шампиньонов на 1 м². Ассортимент этих препаратов все время обновляется.

На количество в почве элементов питания растений фосфора и калия существенно влияет исходный уровень их количества в почве, нормы внесения удобрений и способ использования почвы. Поэтому существенную роль в мобилизации подвижных форм элементов питания играют минеральные удобрения [14].

Известно, что азот – важнейший элемент питания, входит в состав таких важных органических веществ, как белки, нуклеиновые кислоты, хлорофилл и других. При недостатке азота в почве тормозится рост растений, ослабляется образование боковых побегов, наблюдается мелколистность.

Фосфор занимает важное место среди элементов питания растений. Отсутствие достаточного количества фосфора отрицательно сказывается, в первую очередь, на образовании плодов, а при крайнем недостатке его приостанавливается также рост стебля и листьев.

Калий наряду с азотом и фосфором – один из важнейших элементов почвенного питания растений. Однако в почвах усвояемый калий содержится в незначительных количествах в виде различных солей, степень усвояемости растениями которых неодинакова. В доступной для растений форме он находится в почве в водорастворимом и обменном состояниях.

Достаточное содержание азота в почве, доступного растениям, увеличивает образование белков и аминокислот в растениях. Фосфор и калий, вносимые с удобрениями в почву, способствуют накоплению углеводов – сахаров, крахмала, клетчатки и жиров.

При недостатке калия в почве происходит торможение процесса образования органической массы в осевых органах, усиливаются потери органического вещества за счет дыхания растений, задерживаются ростовые процессы.

Вместе с тем, торфяная почва, как и остаточный слой выработанного торфяника, имеет значительно меньшее содержание подвижных форм калия и фосфора. Это, в первую очередь, связано здесь с уровнем грунтовых вод. Большая часть валового фосфора связана с органическим веществом торфа. Около 25 % общего фосфора представляет собой фосфор минеральных малоподвижных соединений, и лишь 1 % – 2 % находятся в подвижной форме. Динамика содержания обменного калия в почве определяется применением калийных удобрений [15].

Фосфорные удобрения, применяемые отдельно и в сочетании с калийными, заметно увеличивают количество легкогидролизующего азота, причем фосфор повышает вынос азота растениями. Резкое действие на увеличение количества легкогидролизующего азота оказывает калий, также способствуя более интенсивному поглощению азота. Причем замечено, что содержание подвижных форм фосфора, калия и легкогидролизующего азота в торфяных почвах подвержено сезонным колебаниям [15], что имеет значение при расчете доз используемых минеральных удобрений.

Для нормального роста и развития голубики требуется ежегодное восполнение микроэлементов. В небольших количествах требуются такие макро- и микроэлементы, как бор, марганец, медь, цинк, железо, молибден, кобальт. Доза самих удобрений зависит от типа почвы, возраста и развития растений, а также от типа самих удобрений. Большинство торфяно-болотных почв не содержат достаточного количества микроэлементов, поэтому они вносятся тогда, когда выявляются симптомы дефицита. В литературных источниках нет единого мнения о дозах и соотношениях в них отдельных компонентов. Разовое применение этих веществ дает эффект на несколько лет. При наличии в почве микроэлементов растения лучше используют азотные, фосфорные и калийные удобрения [14, 16].

Необходимо отметить отсутствие в доступной научной литературе описания положительного опыта применения органических либо органоминеральных удобрений как в практике плантационного выращивания голубики высокорослой, так и при выращивании ее посадочного материала.

Брусника обыкновенная является ценным ягодным и лекарственным растением. Благодаря своим пищевым и лечебно-профилактическим свойствам она издавна используются в быту, находит применение в пищевой и медико-фармацевтической промышленности. Ценность ее пищевых и лечебно-профилактических свойств обусловлена содержанием в побегах, листьях и плодах данного вида значительного количества физиологически активных веществ, таких как: органические кислоты, сахара, пектины, витамины, фенольные соединения, арбутин и микроэлементы [17].

Создание оптимальных условий питания является одним из наиболее важных элементов агротехники для культурных растений. Большинство растений проявляет положительную реакцию на определенный режим минерального питания, обусловленный их биологическими особенностями. Исследования, проводимые в странах Западной Европы еще на ранних этапах введения брусники в культуру (в 70-е годы XX-го века), показали ее малую отзывчивость на применение удобрений [16, 18]. В отдельных случаях при применении высоких доз удобрений наблюдалось уменьшение урожайности и морфометрических показателей растений [19].

Применение минеральных подкормок не оказало достоверного влияния на продуктивность брусники в опытах Д.К. Будрюнене и Ю.Б. Лабюкаса [20], проведенных в Литве. В опытах А.К. Рипы с соавторами [21] по использованию разных доз удобрений и типов субстрата установлено, что активизацию роста и плодоношения брусники вызывает лишь обогащение торфа и его смеси с минеральной почвой нитрофоской в дозе 25 кг/га. И.Н. Лукиным отмечается достаточно высокая эффективность подкормок культур брусники при внесении небольших доз полных минеральных удобрений ($N_{20}P_{30}K_{40}$), азотно-фосфорных ($N_{20}P_{20}$), а также фосфорно-калийного и фосфорного в дозах 40 кг/га. Удобрения способствовали, прежде всего, интенсификации роста побегов [22, 23]. Положительный эффект, отразившийся на росте и урожайности брусники при выращивании ее на выработанных торфяниках верхового типа в Костромской области, получен при использовании полного ($N_{30}P_{60}K_{90}$) и фосфорного (P_{60}) удобрений [24].

Согласно исследованиям белорусских ученых, минеральные удобрения на торфяно-болотных почвах в дозах $N_{50}P_{100}$ и N_{50} в год внесения положительно повлияли на рост и развитие брусники. Хорошие результаты получены от внесения полных минеральных удобрений в небольших дозах ($N_{50}P_{25}K_{30}$) в форме сернокислых солей и гранулированного двойного суперфосфата [25].

Есть мнение, что значение минеральных подкормок при выращивании брусники в культуре преувеличено и растения гораздо больше нуждаются в стимуляторах микоризообразования [26].

Таким образом, как для голубики высокорослой, так и для брусники обыкновенной изучение вопросов применения органоминеральных удобрений при выращивании посадочного материала остаются актуальными.

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

Преимущество применения микробных препаратов в сравнении с химическими заключается в том, что микробы являются гораздо более эффективными при применении их активных соединений. Они производят вторичные метаболиты практически только на поверхности корней растений или внутри растений, тогда как основное количество внесенных в почву химических соединений даже не успевает войти в контакт с растением и может загрязнять окружающую среду [27].

Исследовали ряд микробных препаратов, разработанных Южной опытной станцией Института сельскохозяйственной микробиологии Украинской академии аграрных наук, которые содержат активные штаммы микроорганизмов, способные к ассоциативной азотфиксации, фосфатмобилизации, а также обладают ростстимулирующим и биопротекторным действием. Комплекс микробных препаратов получали путем механического смешивания Диазофита, Фосфозитерина и Биополицида в равных количествах из расчета 300 мл/га и растворяли его в воде (3:100) [28].

Институтом микробиологии НАН Беларуси и Центральным ботаническим садом НАН Беларуси проведены исследования по влиянию микробных препаратов на рост и развитие декоративных древесных растений. Испытывали препараты Гордебак и Бактопин. Ими обрабатывали корневые системы и вегетирующие органы укорененных черенков декоративных древесных интродуцентов. В первом варианте корневые системы укорененных черенков декоративных древесных растений перед посадкой на доращивание замачивали в 2 %-м растворе препарата Гордебак в течение 12 часов. В другом варианте высаженные в субстрат укорененные черенки поливали 2,5 %-м раствором препарата Бактопин. В опытных вариантах у обоих видов развивалась более мощная и длинная корневая система, растения имели также большую высоту, особенно в варианте с поливом. В сравнительном плане препарат Бактопин представляется более эффективным препаратом. Оба препарата существенно влияли на качество корневой системы. Она формировалась более мочковатой, что имеет важное значение в дальнейшем при пересадке растений, создавая значительные преимущества для приживаемости, роста и развития [29].

В настоящее время стратегия создания биопрепаратов сместилась в направлении разработки многовидовых ассоциаций микроорганизмов, композиций микроорганизмов с физиологически активными веществами, гуматами или микроэлементами [30].

Институтом микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины проведены исследования с целью создания комплексных полифункциональных препаратов на основе объединения свойств микроорганизмов разных физиологических групп и их сочетаний с регуляторами роста растений. В условиях вегетационных опытов с соей инокуляцию семян проводили микроорганизмами их селекции: клубеньковыми бактериями сои *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В-6035 и УКМ В-6018; свободноживущими diaзотрофами *Azotobacter chroococcum* УКМ В-6082; фосформобилизующими бактериями *Bacillus megaterium* УКМ В-5724. В композиции ризобии + азотобактер в соотношении 1:1; в композиции ризобии + бациллы – 2:1. Инокуляционная нагрузка составляла 650–680 тыс. клеток на семя. Кроме того, использовали регулятор роста растений Биосил (разработанный в МНТЦ НАН и МОН Украины «АгроБИОТЕХ»). Была поставлена задача создать концентрацию фитостимуляторов, которая бы оказывала наибольший стимулирующий эффект, т. е. уменьшить дозу Биосила. В условиях вегетационного опыта во всех вариантах с применением микробных культур и Биосила была получена достоверная прибавка урожая по сравнению с контролем [31].

Одной из ценнейших в пищевом отношении культур, выращиваемых в сооружениях защищенного грунта, является шампиньон. Его можно получать непрерывно круглый год, используя специализированные культивационные сооружения – шампиньонницы. Крупные промышленные комплексы по производству шампиньонов являются предприятиями с высоким (до 90 %) уровнем механизации и автоматизации технологических процессов. Для поддержания оптимального температурно-влажностного режима, регулирования подачи воздуха с заданными параметрами и отвода газообразных продуктов обмена веществ культивационные сооружения оборудованы системами кондиционирования воздуха, вентиляции, отопления, водо- и пароснабжения, а также системами автоматического контроля и регулирования параметров микроклимата.

Повышение спроса на грибы на мировом рынке способствовало дальнейшему усовершенствованию методов их выращивания на основе глубокого изучения биологии культуры. Ежегодный рост объемов производства промышленных грибов в мире свидетельствует об увеличении популярности данного вида продукта и признании его как питательной и полезной составляющей здорового пищевого рациона человека, чему способствовали разработка и воплощение индустриальных методов выращивания культурных грибов за последние 35–40 лет.

В настоящее время мировое промышленное производство грибов демонстрирует динамичную картину развития, увеличиваясь ежегодно на 12 % – 20 %. Самыми популярными грибами, которые культивируются

практически во всем мире, являются шампиньоны (37,2 %), второе место по объему выращивания занимают грибы вешенка (21,5 %), также в последнее время активно развивается культивирование экзотического гриба шиитаки (12,3 %) в таких странах, как Китай, Япония, Тайланд [32].

Культивирование шампиньонов распространено в странах Европы и Северной Америки. Страны Юго-Восточной Азии (Китай, Япония, Тайланд) отдают предпочтение выращиванию экзотических грибов вешенки и шиитаке.

Абсолютным лидером как среди производителей, так и потребителей культивированных грибов является Китай. В Китае за последние десятилетия производство грибов выросло в 3 раза – с 7,5 млн т в 2001 г. до 22 млн т в 2010 г. Оборот грибной индустрии оценивается в 21 млрд долл. США, экспорт китайской грибной продукции составляет 2 млрд долл. В грибную индустрию Китая вовлечено около 25 млн чел. С коммерческими целями в Китае культивируются около 30 видов грибов. Рост популярности грибной продукции, в частности в экономически развитых странах Европы, обусловил потребление данного продукта до уровня 2–3,2 кг грибов на душу населения [32].

Увеличение производства и потребления культивируемых грибов можно проследить в тенденциях самой распространенной грибной культуры: в 50-х годах прошлого века в странах Европы и США потребление шампиньонов составляло от 50 до 240 г на человека в год, в 60-х – от 250 до 600 г, в 70-х – от 560 до 1000 г, в 80-х – от 1 до 2,5 кг, а в настоящее время эта цифра по отдельным оценкам в среднем достигает 4–5 кг [33, 40].

Основными странами-производителями шампиньонов являются Китай, США, Нидерланды, Франция, Ирландия, Польша. Грибная индустрия Украины за последние годы также совершила серьезный рывок и вошла в десятку стран крупнейших производителей шампиньонов в Европе.

Плодовые тела шампиньона содержат в своем составе полноценные белки, комплекс витаминов и высокоактивных ферментов, экстрактивные и минеральные вещества и представляют ценный диетический пищевой продукт, оказывающий определенное лечебное действие. В грибах содержатся вещества, способные снижать уровень холестерина в крови и способные ингибировать склеивание кровяных шариков. Уровень жиров в плодовых телах шампиньона низок и представлен в основном ненасыщенными жирными кислотами [34, 35].

По данным немецких исследователей [36], в 100 г свежих шампиньонов содержится: 15 ккал; 2,7 г белка; 0,2 г жира; 0,6 г углеводов; 58 мг пурина; 8 мг натрия; 417 мг калия; 13,5 мг магния; 11,3 мг сальция; 1,3 мг железа; 0,4 мг меди; 7 мкг селена; 18 мкг йода; 1,9 мкг витамина D; 0,12 мг витамина E; 14 мкг витамина K; 0,1 мг витамина B₁; 0,44 мг витамина B₂; 0,07 мг витамина B₄; 25 мкг фолиевой кислоты; 21 мг пантатеновой кислоты; 16 мкг биотина; 5,2 мг ниацина и 4,9 мг витамина C. Холестерин не обнаружен. Таким образом, шампиньоны являются ценным источником минеральных веществ (K, Fe, Cu, Se) и витаминов (D, группы B и др.).

Следовательно, культивирование грибов позволяет получать высокобелковый, экологически чистый пищевой продукт, используются при этом в качестве субстратов для выращивания грибов различные отходы сельского и лесного хозяйства [37–39].

Переход на индустриальный путь производства шампиньонов был обусловлен применением новой технологии, разработанной на основе следующих составляющих: научные исследования; подготовка высококвалифицированных специалистов; централизованное снабжение производителей шампиньонов посевным мицелием, компостом, покровной землей и средствами защиты культуры от болезней и вредителей; поставка технологического оборудования и приборов для механизации и автоматизации производства специализированными машиностроительными фирмами; ежегодный обмен опытом представителей ассоциаций производителей шампиньона и работа курсов повышения квалификации специалистов грибных хозяйств в научных центрах по шампиньоноводству [38, 40].

Наличие в экономически развитых странах такой научно-технической базы позволило за последние десятилетия значительно усовершенствовать и обновить технологию производства шампиньона. Был обеспечен стабильный рост производства. Сбор свежих грибов за один оборот возрос до 30–45 кг с 1 м², а с учетом повышения числа оборотов до 6 и более в год, общий сбор поднялся до 400–500 кг в год с 1 м² площади шампиньонницы [34, 40].

Для шампиньонов, относящихся к гетеротрофным организмам, важнейшее значение имеет углеродное и азотное питание. Как и большинство грибов, шампиньон усваивает не только простые сахара, но и более сложные (пентозы, гексозы, дисахариды, многие органические кислоты, пектин). Гриб с успехом усваивает углерод из сложных азотсодержащих соединений. Способность шампиньона усваивать углерод из сложных соединений питательной среды – очень важный фактор, так как бурное развитие микрофлоры в период приготовления субстрата (ферментация) очень сильно обедняет последний простыми формами соединений углерода.

Лучшие источники азотного питания для шампиньона – белки, пептоны и аминокислоты. Усвоению сложных органических соединений азота способствуют протеолитические ферменты, активность которых у шампиньона высока. Шампиньон может усваивать азот и из неорганических соединений, причем лучше усваивается аммонийная форма азота. Определенное значение в питании шампиньона имеет соотношение углеродсодержащих и азотсодержащих соединений в среде. При обилии источников органического азота и недостатке углеводистого питания шампиньон быстро прекращает плодоношение и урожай культуры снижается. Для жизнедеятельности шампиньона важно также присутствие в питательном субстрате зольных элементов, источником которых служит конский навоз, птичий помет или материалы растительного происхождения (солома злаковых культур и др.). Необходимыми для гриба являются К, Са, Р, Mg, S и Fe [36–42].

Культура шампиньона получила широкое распространение благодаря ряду положительных хозяйственных качеств, так как, являясь сапротрофом, гриб растет на субстратах, приготовленных из отходов сельского хозяйства: соломе злаковых культур, навозе, птичьим помете и пр. Таким образом, культивирование шампиньонов способствует решению проблемы утилизации сельскохозяйственных отходов при высоком выходе высококачественного пищевого продукта. Субстрат после выращивания шампиньонов используют как органическое удобрение для открытого грунта, т. е. производство является безотходным [35, 36, 43, 44].

Во многих странах мира производство шампиньонов поставлено на промышленную основу. Основными проблемами в производстве грибов являются приготовление питательного субстрата, интенсификация технологического процесса, способы культивирования грибов, повышение выхода продукции с единицы площади. Отмечается узкая специализация таких стадий технологии, как производство посевного мицелия, питательного субстрата (компоста), покровной земли и т. д. В настоящее время расширяются масштабы их производства, однако существует много актуальных проблем, от решения которых зависит дальнейшая интенсификация процессов и снижение себестоимости грибов.

Технологический процесс выращивания шампиньонов включает в себя четыре самостоятельные, но взаимосвязанные технологии: приготовление питательного субстрата (компоста), приготовление покровного материала, выращивание посадочного материала (грибницы) и выращивание культуры шампиньона. В современном промышленном производстве существуют однозональная и многозональная системы выращивания шампиньонов. Каждая из них имеет принципиальные отличия в технологии. Многозональная система выращивания шампиньонов на стеллажах послужила первым шагом к созданию специальных помещений для выращивания шампиньонов.

Урожайность шампиньона при промышленном культивировании зависит от многих факторов: состава культивационного компоста и покровной почвы, микроклиматических условий, качества посевного мицелия и т. д. При создании оптимальных условий культивирования шампиньона важную роль играет качество субстрата (его химический состав, питательная ценность, доступность основных питательных веществ для грибного организма и пр.), на котором выращивается гриб, и факторы окружающей среды (влажность воздуха и субстрата, температура, содержание CO₂ и пр.) [35, 36, 39–41].

Важной особенностью грибного производства является короткий срок между посевом и сбором урожая по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами. Поскольку производители грибов могут заниматься их выращиванием круглогодично, то общий уровень урожайности грибов по сравнению с другими основными культурами является достаточно высоким.

Благодаря современным достижениям по механизации трудоемких процессов, созданию автоматизированных систем кондиционирования, использованию высокоурожайных селектированных штаммов, в экономически развитых странах был обеспечен стабильный рост производительности. Сбор свежих шампиньонов за один оборот достиг 40–45 кг/м² субстрата. В поисках дальнейших возможностей повышения экономической эффективности производства шампиньонов, дорогие массивные сооружения заменяются легкими, свободнонесущими и каркасными конструкциями с легкими стенами и перекрытиями, обтянутыми современными изоляционными материалами. В экономически развитых странах в настоящее время все больше внедряется централизованное приготовление инкубированного субстрата и поставка его в специализированные хозяйства по выращиванию грибов. Наблюдается тенденция к развитию специализированных предприятий по производству посевного мицелия, приготовлению компоста, покровной земли, а также механизмов и оборудования для промышленного культивирования шампиньона. Ведутся работы по увеличению урожайности грибной культуры, по сокращению длительности производственного цикла, по рациональному вторичному использованию отработанного субстрата после выращивания шампиньонов [32, 45].

Для поддержания конкурентоспособности, особенно для участников мирового рынка, необходимо внедрять новейшие методы промышленного культивирования в области грибоводства. В последние годы для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур все шире используют стимуляторы роста. Их применение дает возможность целенаправленно регулировать важнейшие процессы в растительном организме, полнее реализовать потенциальные возможности роста, заложенные в геноме. Важнейший аспект их действия – повышение устойчивости растений к заболеваниям и неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам.

В любом растении есть определенный набор фитогормонов, каждый из которых отвечает за свой процесс жизнедеятельности растения. Примером таких соединений можно назвать наиболее известные многим из нас гиббереллины, цитокинины и ауксины. Каждый из названных фитогормонов ведаёт определенным процессом. Так, гиббереллины отвечают за цветение и плодоношение растений, ауксины регулируют образование корневой системы и обмен веществ, а цитокинины отвечают за рост почек и побегов. Благодаря выделению учеными гормонов растений, удалось наиболее удачно подойти к вопросу улучшения и некоторой трансформации агротехники, в которой теперь вполне могут принять участие специальные вещества, которые являются аналогами фитогормонов. Это стимуляторы и регуляторы роста.

Вещества, вырабатываемые растениями и способствующие их росту, получали различные названия: ростовые вещества, гормоны роста, фитогормоны, стимуляторы роста и т. д. В 1961 году решением специального научного комитета по физиологии растений в США для этих веществ было

принято единое название – «регуляторы роста». При этом имелось в виду, что эти вещества стимулируют рост в одних, в других тормозят его. И во всех случаях они рассматриваются как физиологически активные вещества, включающиеся в обмен веществ в растении и оказывающие влияние на ход этого обмена. Изучение регуляторов роста во многом зависело от возможности получения этих веществ в достаточных количествах [46].

На данный момент, популярен способ производства специальных веществ, которые положительно влияют на растения и обеспечивают их энергией для роста и развитие, это выделение специальных элементов и веществ из бактерий, грибов, угля, торфа, водорослей и других природных доноров. Например, гиббереллин является активатором роста. Первоначально он был обнаружен в выделениях гриба *Gibberella fujikuroi*, а позднее найден во многих растениях. Но есть и синтетические аналоги, которые мало отличаются от натуральных. Используя тот или другой стимулятор, можно получить совершенно разные результаты, ведь синтезированные фитогормоны отражаются на разных этапах развития и системах жизнедеятельности растений.

После того как физиологам стали доступны достаточные количества химически чистого кристаллического препарата гетероауксина, работа по изменению действий этого регулятора роста на растительный организм получили огромных размах. И уже после открытия и синтеза гетероауксина было испытано действие на растительный организм других органических кислот, типа гетероауксина. В настоящее время синтезировано большое количество органических соединений, обладающих физиологической активностью, подобно гетероауксину, но не обнаруженных в растительном организме. Все эти вещества называют синтетическими регуляторами роста.

Естественные и синтетические регуляторы роста получили широкое распространение при исследованиях возможности воздействия на растительный и грибной организм с целью управления их ростом и развитием. Было проведено большое количество исследований по выяснению свойств регуляторов роста и их физиологической роли, распространению регуляторов роста в растительном мире, способов их передвижения по тканям.

Оказалось, что регуляторы роста не являются специфичными, т. е. будучи образованными в одном организме, они эффективны по отношению к другим, подчас систематически далеким. Скорость распространения регуляторов роста по тканям значительно превышает скорость обычной диффузии. Движение регуляторов роста в организме происходит главным образом полярно, т. е. в одном направлении.

В последние годы можно отметить исследования по эффективности применения стимуляторов роста при промышленном выращивании вешенки и шампиньона. По данным литературных и электронных ресурсов, выявлен ряд биостимуляторов (Симпо, Эмистим С, Биолан, Champlus и другие), применение которых в процессе выращивания грибов (вешенка, шиитаке,

шампиньон) оказывает положительный эффект и является экономически выгодными, так как способствует активному и экологически чистому повышению урожая [47].

Биостимулятор Эмистим С представляет собой набор органических веществ, выделенных из корневой системы лекарственных растений женьшеня и облепихи на основе продуктов жизнедеятельности грибов-эпифитов, содержит в себе сбалансированный комплекс фитогормонов цитокининовой, ауксиновой природы, углеводов, аминокислот, микроэлементов и жирных кислот. В его состав входит сбалансированная смесь свободных жирных кислот, хитозана, олигосахаридов, фитогормонов, аминокислот, биогенных микроэлементов (Na, Mg, Ca, K, Cu, Fe) и витаминов.

Биостимуляторы более позднего поколения Биолан и Симпо имеют также биологическое происхождение. Препараты созданы путем биотехнологического выращивания на корневой системе женьшеня гриба-эпифита. Биостимуляторы состоят из композиции свободных жирных кислот, фитогормонов, витаминов, аминокислот, хитозана, олигосахаридов, биогенных микроэлементов (Na, Fe, Zn, Mn, Cu, Mg, Ca, K) и биозащитного комплекса.

Регуляторы роста растений Эмистим С, Биолан и Стимпо применяются для опрыскивания растений в различных фазах вегетации. При этом существенно повышается энергия прорастания, а также полевая всхожесть семян, раскрывается весь потенциал сорта. Препараты способствуют ускоренному делению клеток, развитию мощнейшей корневой системы, содержанию хлорофилла и увеличению площади листа растения. При использовании препаратов Биолан и Стимпо снижается фитотоксическое действие различных пестицидов, улучшается качество продукции, повышается устойчивость к различного рода стрессовым факторам (природного и антропогенного происхождения). Препараты активно усиливают иммунитет растения и активизируют «ген устойчивости». Биостимуляторы Эмистим С, Биолан и Стимпо повышают урожайность абсолютно всех сельскохозяйственных культур, на которых они применяются. Одним из достоинств данных препаратов является способность защищать растение от насекомых-фитофагов и фитонематод, от болезней, которые проявляются от грибов-фитопатогенов. Рекомендуемыми фазами для внесения биостимуляторов являются:

- в фазу ферментации субстрата проводят увлажнение его водным раствором Эмистима С 0,1 % (1 мл на 10 л воды) или Симпо и Биолана 1 % (1 мл на 1 л воды);

- в фазу пастеризации субстрата осуществляют увлажнение подобно фазе 1;

- в фазу внесения мицелия и последующего покрытия поверхности компоста бумагой проводят увлажнение раствором Эмистима С (1 мл в 10 л воды);

- в фазу нанесения покровной земли осуществляют ее полив 2–3 раза раствором Эмистима С (1 мл в 20 л воды).

В Таврическом государственном агротехнологическом университете О.С. Мироничевым были проведены исследования по применению этих биостимуляторов при культивировании шампиньона двуспорового. Установлено, что применение препаратов Симпо, Биолан и Эмистим С в концентрациях 1 % и 0,1 % соответственно увеличивает урожайность шампиньона (штамм А-15) в 2,3 и 2,4 раза по сравнению с вариантом без обработок. Препараты вносили вместе с водой для полива в день нанесения покровной земли в количестве 1 л на 1 м² (Биолан – 1 % раствор, Эмистим С – 0,1 % раствор). Выявлено, что использование препаратов активизирует иммунитет грибной культуры. Применение описанной технологии позволяет на 18 % – 43 % повысить урожай грибов, в зависимости от культуры и технологии применения [48].

Н.А. Бисько с соавторами [49] также были проведены исследования по изучению возможностей использования стимулятора роста Эмистим С при выращивании шампиньона. Учеными было изучено действие препарата на рост, развитие и урожайность шампиньона двуспорового, а также разработана соответствующая методика для промышленных условий. Эксперименты велись в камерах комплекса по выращиванию шампиньонов агрокомбината «Пуца-Водица» (Киев). В работе использовали чистую культуру шампиньона двуспорового (промышленно культивируемый штамм № 5437 из коллекции культур шляпочных грибов Института ботаники им. Н.Г. Холодного НАНУ). Культивирование осуществляли по применяемой на комбинате технологии [50].

Изучалось влияние внесения разных доз препарата (0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2 мл/100 кг) на развитие культуры шампиньона. Препарат предварительно растворяли в 0,25 л воды. Контролем служил вариант, обработанный водой без препарата. Повторность опытов 4-кратная. Поливы проводили на стадии покровной почвы до рыхления, перед первой, второй и третьей волнами плодоношения шампиньона. Для изучения влияния времени обработки на развитие шампиньона поливы препаратом осуществляли только перед первой, второй и третьей волнами плодоношения.

В варианте с обработкой Эмистимом С в дозе 0,02 мл/100 кг субстрата исследователями получен наибольший прирост урожайности. Поэтому далее ими изучалось действие только этой дозы препарата на урожайность шампиньона на протяжении трех волн плодоношения. Полученные результаты свидетельствовали о значительном приросте урожайности во вторую волну плодоношения и снижении урожайности по сравнению с контролем в первую волну. Общий прирост урожайности за три волны плодоношения при 4-кратной обработке превысил 12 %. Обработка данной дозой препарата способствовала увеличению длительности волны плодоношения на 1–1,5 суток. В период плодоношения плодовые тела в опытном варианте дольше сохраняли свой товарный вид и нераскрытое покрывало.

Полученный общий прирост урожайности (18,6 %) и увеличение количества грибов первого сорта (на 42,3 %) позволили ученым рекомендовать к использованию 3-кратную обработку Эмистимом С в концентрации

0,02 мл/100 кг субстрата при выращивании шампиньона для повышения его урожайности и качества плодовых тел. При этом особое внимание уделялось срокам обработки, поскольку их нарушение может привести к снижению урожайности в период первой волны плодоношения, а именно не следует проводить обработку препаратом до полного выхода мицелия на поверхность грунта. Применение препарата Эмистим С позволяет в условиях промышленного культивирования снизить дозу вносимого в компост инокулюма, увеличить урожайность и качество плодовых тел гриба [49].

Внесение в компост веществ, которые мог бы усваивать именно шампиньон, является одним из способов увеличения его урожайности. Было установлено, что существует четкая взаимосвязь между содержанием белка в том или ином веществе и увеличением урожайности. Начиная с 60-х годов прошлого столетия было исследовано множество веществ, богатых белком, для того чтобы подобрать наиболее подходящие из них и использовать в качестве добавок при выращивании шампиньонов. В результате была отобрана группа веществ, в которую вошли следующие белковые продукты: соевая мука, кукурузная мука, высушенный картофельный белок, арахисовая мука, перьевая мука, мука хлопковых семян, мясокостная мука. Наибольшее распространение из этой группы веществ получили добавки на основе растительного белка, а именно соевой муки. Однако внесение в компост чистой соевой муки может вызвать быстрое потребление грибом этого высокодоступного растительного белка, а следовательно, приведет к резкому возрастанию температуры компоста. Кроме того, наличие легкодоступного белка в компосте связано с высоким риском развития конкурентных плесеней. Для того чтобы защитить культуру шампиньона от этих рисков, исследователям необходимо было создать продукт, белок которого был бы менее доступен и использовался грибом постепенно. Такой эффект возможен при тепловой либо химической обработке белка (денатурация белка). В результате обработки молекулы белка сворачиваются, становятся менее доступными и потребляются медленнее. Соевую муку подвергли специальной обработке и получили два препарата разной степени денатурации – Милли Шамп 6000 и Милли Шамп 3000. Использование же просто соевой муки, которая не была подвергнута обработке, может не только не увеличить урожай, а привести к его полной потере [51].

Эти белковые добавки использовали в России и Украине при выращивании шампиньонов. Применение добавки Милли Шамп 6000 выявило несколько преимуществ. Во-первых, добавка вносится в компост во время посева мицелия, что обеспечивает равномерное ее перемешивание с компостом и одновременно с мицелием и не требует выполнения дополнительной работы. Во-вторых, белок добавки труднодоступен, и хотя селективность компоста несколько снижается, риск использования добавки конкурентами небольшой. Главное же преимущество использования добавки – это увеличение урожайности культуры. Исследования показали, что урожайность шампиньона в зависимости от качества и количества компоста на 1 м²

может увеличиться на 1–3 кг/м². Основная часть урожая обычно была получена за первые две волны плодоношения, и его повышение происходило за счет увеличения количества завязей. Средний вес грибов не изменялся. На качество грибов добавки не оказывали негативного влияния. Согласно мнению некоторых грибоводов, качество грибов даже становилось несколько лучше [51].

Обычно использовали 1 % – 1,5 % Милли Шамп 6000 на 1 м², что соответствовало 3 % – 5 % белка на сухое вещество. При увеличении нормы внесения добавки увеличивался риск ее использования. Это связано с тем, что при потреблении белка мицелием гриба происходит выделение тепла и температура компоста поднимается. Чем большее количество добавки внесено, тем сложнее контролировать температуру в компосте. Милли Шамп 6000 вносили в компост одновременно с мицелием грибов. Добавку вносили в компост Фазы 2 несколькими способами: путем распределения вместе с мицелием по поверхности компоста в тоннеле перед выгрузкой; путем внесения через дозатор, как и мицелий, во время движения компоста Фазы 2 по транспортеру; путем использования машины для посева мицелия и уплотнения компоста на полке. Одним из главных требований являлось равномерное распределение добавки в компосте и недопускании ее концентрации в одном месте. Для того чтобы выбрать ту или иную добавку, необходимо, прежде всего, решить две проблемы: оценить риск использования добавки с точки зрения качества компоста и доступности белковой добавки, найти метод, с помощью которого можно равномерно смешать добавку с компостом.

Милли Шамп 3000 – это белковая добавка, которая вносится в полностью колонизированный мицелием компост перед нанесением покровной почвы. Если сравнить Милли Шамп 6000 и Милли Шамп 3000 по степени доступности белкового питания, то последний, безусловно, более доступен как для мицелия шампиньона, так и для его конкурентов. За рубежом, где наибольшее распространение получил именно Милли Шамп 3000, его применяют в тех случаях, когда Фаза 3 осуществляется в тоннеле. Заращивание компоста в тоннеле дает гарантию, что данный компост свободен от конкурентов и в этом случае риск использования Милли Шамп 3000 минимален. Когда же заращивание компоста происходит на полке, то гарантировать «чистоту» компоста очень трудно. Поэтому использование в России труднодоступной белковой добавки Милли Шамп 6000 с этой точки зрения абсолютно оправдано.

Равномерное внесение и смешивание добавки с компостом является одним из основных правил их использования. Для того чтобы внести Милли Шамп 3000, добавку необходимо сначала очень равномерно распределить по поверхности. Метод внесения Милли Шамп 6000 одновременно с мицелием прост, технологичен и обеспечивает гомогенное распределение добавки в компосте. Проблемы при использовании белковых добавок могут возникать в том случае, если их внесение осуществляется неаккуратно или в компосте присутствует большое количество конкурентных плесеней. В этих

случаях урожайность может уменьшиться, а не увеличиться. При внесении добавок следует пристальное внимание уделять гигиене производства [51].

Представители фирмы Sylvan, ведущей мировой компании в области производства грибной продукции, постоянно стремятся к совершенствованию качества, повышению урожайности и рентабельности грибных производств. В последние годы фирма Sylvan рекомендует грибоведам использовать белковую добавку SuperChamp F2/F3 Basic, производимую компанией E.G van Korlaar (Голландия). Использование данной добавки позволяет улучшить рациональное сочетание питательных веществ в субстрате и постепенное высвобождение нутриентов во время роста грибницы шампиньона, способствует получению оптимальной урожайности высококачественных грибов. В оптимальных условиях наблюдается повышение урожайности грибов прекрасного качества на 15 % – 25 %. Подкормка SuperChamp может использоваться как при посеве мицелия, так и при нанесении покровной почвы. Для получения максимальных результатов SuperChamp рекомендуется распределять в компосте равномерным образом. Обычная норма 1,0–1,5 кг на 1 м² компоста, что соответствует 1 % – 1,5 % влажного компоста [52].

Ян Хайс (Голландия) [53], рассматривая механизм действия дополнительных добавок в компост при выращивании шампиньонов, отмечает, что дополнительные расходы на питательную добавку, даже к «богатому» компосту, оправдываются, так как компенсируются более высоким урожаем или качеством грибов. Возможно, что существует дефицит доступных для использования питательных веществ непосредственно в компосте, который может быть обусловлен ростом грибов первой или второй волны. Чем выше урожай на первых волнах, тем большее количество питательных веществ используется из компоста. Возникает необходимость улучшить эффективность использования грибом питательных компонентов субстрата. Ключом к питанию гриба является действие его ферментов, вызывающих деградацию (разрушение) сложных нерастворимых источников питания, содержащихся в компосте. Затем осуществляется селективное поглощение компонентов с низкомолекулярным весом, образовавшихся в результате этого разрушения и их усвоение. Иногда снижение ферментной активности мицелия, что может быть связано с экзогенными факторами, такими как температура, pH, влажность и концентрация CO₂.

Важно компенсировать эту недостаточную активность, добавив в компост доступные питательные вещества. Тем самым можно стимулировать деятельность ферментов и обеспечить гриб недостающими питательными веществами. Добавки могут также быть полезны для нейтрализации или для инактивации выделяющихся во время роста культуры метаболитов, таких, например, как оксалат кальция. Очень важно, чтобы потребление дополнительных белков происходило постепенно. Грибам же необходимо получить дополнительный белок в таком виде, чтобы обеспечить его медленное потребление.

Тепловая энергия всегда является важным элементом питания, в том числе и при выращивании грибов. В течение компостирования самая большая часть легкодоступной энергии обеспечивается за счет разложения белков, углеводов и жирных кислот. Эта энергия выражается подъемом температуры в течение компостирования на Фазе 1 и во время проведения Фазы 2. Доступная энергия позволяет создать необходимые селективные условия для накопления биомассы, при этом аммиак используется микроорганизмами для образования микробных белков. В результате получаем селективный (готовый к посеву) компост. Однако селективность компоста не означает, что ему не нужна дополнительная энергия для получения максимально возможных урожаев грибов. Напротив, некоторая энергия, поставщиком которой являются определенные белки, углеводы и жирные кислоты, может улучшить условия производства и обеспечить необходимую активность в нужный период времени, дает возможность получить большее количество грибов лучшего качества [53].

Одно из основных качеств дополнительных белков, используемых при выращивании грибов, – они должны медленно потребляться мицелием гриба. При этом нельзя забывать, что дополнительный белок необходим мицелию не только на первой волне, но и на второй и последующих волнах. Биомасса компоста, безусловно, является хорошим источником концентрированного микробного белка и других веществ, необходимых, но недостаточных для питания гриба. Недостающее питание должно поступать в компост в виде добавки.

Хорошая добавка – это комбинация медленно усваиваемых белков, углеводов, жиров и небольшого количества ростовых ингибиторов. Ее внесение не должно отрицательно влиять на селективность компоста или резко увеличивать его активность. Вышеуказанным требованиям соответствует добавка Champlus – экологически чистая, натуральная, стерильная добавка для шампиньонов, которая вносится в компост и способствует увеличению урожая на каждый квадратный метр площади. Champlus произведена из натуральных кератиновых протеинов с использованием термических процессов (путем гидролиза перьевой муки) и сертифицирована в соответствии с международной системой контроля качества ISO-9002, имеет гомогенную структуру, поэтому легко смешивается с компостом и снабжает субстрат дополнительными питательными веществами. Важное качество данной добавки – отсутствие стимуляции роста конкурентных микроорганизмов и экологичность.

Champlus можно использовать при посеве и перед нанесением покровной почвы. Благодаря улучшенному пищевому балансу и более последовательному освобождению питательных веществ (энергии, протеинов и минералов), получают шампиньоны лучшего качества, закрытые, крепкие и чисто белые. Применение Champlus дает экономическую прибыль – урожайность увеличивается примерно на 25 % – 30 % (с 1 кв. м на 2–5 кг) [53].

Российские производители рекомендуют применение ЭМ-технологии при выращивании шампиньонов. Опытным путем ими было установлено, что препарат Байкал ЭМ-1, введенный в количестве 25 мл в компост каждого блока контейнера, оказывает наиболее сильное влияние на энергию прорастания, рост мицелия, скорость формирования примордиев и повышение урожайности в разведении 1:800 (на 10 л воды 12,5 мл ЭМ-препарата). С 1 м² контрольной партии собрали 12,6 кг шампиньонов, а с опытной – 18,7 кг. Таким образом, урожайность превысила контроль на 47 % [54].

Эпибрассинолид (ЭПИН) довольно широко известен как регулятор роста, он характеризуется исключительно малым расходом на единицу обрабатываемой площади или веса продукции, высокой эффективностью, хорошо разводится в воде. Однако все известные применения ЭПИНа известны для растений, картофеля, деревьев, но не для грибов. Экологическая безопасность препарата была одним из основных требований при применении его в грибоводстве [55].

Российскими учеными запатентован способ стимуляции роста шампиньонов и вешенки препаратом эпибрассинолид [56]. Шампиньоны выращивали в полиэтиленовых мешках вместимостью 10 кг пастеризованного субстрата с площадью поверхности 0,1 м². Приготовление субстрата, посев мицелия и уход за культурой осуществляли по стандартной методике в соответствии с промышленной технологией выращивания шампиньонов. На стадии плодообразования поверхность субстрата обрабатывали ЭПИНОм из расчета 1 л рабочего раствора на 1 м². Препарат предварительно разводили в воде и готовили растворы различных концентраций. Данный способ стимуляции роста шампиньонов и вешенки включал предпосевную обработку мицелия и/или поверхности субстрата с грибницей росторегулирующей добавкой эпибрассинолид (ЭПИН), при этом мицелий обрабатывают эпибрассинолидом из расчета 10⁻⁴–10⁻¹ мл/кг веса мицелия, а поверхность субстрата с грибницей 10⁻⁴–10⁻¹ мл/м². При этом нанесение осуществляли разведенным в воде эпибрассинолидом в соотношении 5 (10⁻⁶–10⁻¹):1. Наиболее эффективная концентрация препарата, обеспечивающая существенно значимую прибавку урожая грибов, составила 1,25·10⁻³ мг д.в./л, что соответствует 0,005 мл препарата на 1 л раствора. Техническим результатом данного изобретения явилось повышение продуктивности выращиваемых грибов с одновременным увеличением продуктивности не только в целом по циклу выращивания, но и в каждой фазе (волне) сбора, а также наблюдалось сокращение длительности всего цикла выращивания грибов за счет увеличения скорости плодообразования. Прибавка урожая составила 42,2 % по отношению к контролю [56]. Известен способ стимуляции роста шампиньонов и повышения урожайности грибной культуры [57], который заключается в том, что в питательный субстрат для выращивания шампиньонов вводят белкосодержащую добавку, являющуюся побочным продуктом производства чистого белка путем экстракции дрожжей

Candida и/или бактерий *Methylococcus*. Добавку вводят в субстрат с проросшей грибницей или смешивают с субстратом и посевным мицелием шампиньона при засевании в виде сухого порошка в количестве 10–50 г/кг субстрата.

В последние десятилетия научная деятельность в области культивирования съедобных грибов направлена на разработку способов увеличения урожайности плодовых тел и сокращения сроков получения урожая, при этом биологические способы являются приоритетными для пищевой промышленности. Стоит отметить ряд запатентованных способов увеличения урожайности грибов с помощью добавления в субстрат или посевной материал азотфиксирующих бактерий. Так, российскими учеными запатентован способ выращивания вешенки с использованием дрожжей (Способ выращивания съедобных грибов из рода *Pleurotus*. Патент № 2442823. 17.07.2009) [58]. Дрожжи, обитающие на поверхности растений (на листьях, плодах, стеблях травянистых и древесных растений), являются в некотором роде естественными природными «соседями» грибов. Многие виды дрожжей широко используются в пищевой промышленности (например, дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* применяются в хлебопечении, *Cryptococcus albidus* – в производстве пищевых добавок), а значит, могут быть без опасений применены для стимуляции роста съедобных грибов, что немаловажно при современных требованиях к технологии пищевого производства и качеству продукции. Преимущество такого биологического способа стимуляции роста состоит в том, что однократное внесение «подкормки» из дрожжей позволяет вешенке в дальнейшем использовать дрожжи в качестве дополнительного питания в течение всего цикла плодоношения, поскольку дрожжевые клетки имеют свойство сохранять жизнеспособность на субстрате длительный период времени.

В лабораторных условиях выявлено, что дрожжи могут служить для грибного мицелия дополнительным источником азотного питания. Урожайность вешенки повышалась при добавлении дрожжей во всех случаях. Биомасса плодовых тел *Pl. citrinopileatus* повышалась на 43,6 % в присутствии дрожжей *Cr. albidus* и на 39,2 % – 44,9 % в присутствии *S. cerevisiae*. Биомасса плодовых тел *Pl. djamor* в 1-ой волне увеличивалась по сравнению с контролем в образцах с добавлением *Cr. albidus* на 24,6 % и с добавлением *S. cerevisiae* на 49,1 %. По результатам двух волн плодоношения вешенки в условиях грибоводческой фермы средняя масса урожая плодовых тел вешенки *Pl. djamor* при добавлении дрожжей увеличивалась в 1-ой волне – на 52,8 %, во 2-ой волне – на 18 %.

Исследователями [58] установлено, что культивирование вешенки с применением дрожжей не только обеспечивает повышение урожайности, но и влияет на грибной аромат. Плодовые тела, выращенные «на дрожжах», отличались более выраженным ароматом, а также наличием сладковатых цветочных оттенков на фоне основного «грибного» запаха. Хроматомасс-спектрометрический анализ выявил в экстрактах из плодовых тел вешенки,

выращенных с применением дрожжей, ряд специфических химических соединений, которые обуславливают сладкие «цветочные» ароматы (индольные соединения, жирные кислоты) и «рыбные» запахи (алкиламида).

Новинкой на белорусском рынке является препарат Ростмомент – экологически безопасный и высокоэффективный биорегулятор и стимулятор жизнедеятельности растений на основе дрожжей (хлебопекарных, пивных, винных, спиртовых) без химических добавок производства ОАО «Дрожжевой комбинат». Действие регулятора роста Ростмомент основано на нормализации биохимических процессов в живой клетке и улучшении обмена веществ. Широкий спектр аминокислот, являющихся кирпичиками роста растений и содержащихся в регуляторе роста Ростмомент, обладает повышенным биостимулирующим действием на рост и развитие растений и отличается высокой миграционной подвижностью в почве.

Данный препарат представляет собой сушеные дрожжи, действующим веществом которого являются дрожжи р. *Saccharomyces* и продукты их метаболизма, содержит в себе биологически активные вещества, а именно: белковые вещества – 20 аминокислот, из них 8 – незаменимых; моно- и полисахариды; макро- и микроэлементы (калий, магний, фосфор, марганец, железо, медь, кальций, натрий и другие); производные витаминов В1, В2, В3, В6, РР. Использование данного препарата позволяет улучшить рост и развитие растений, повысить их урожайность.

В Республике Беларусь испытания регулятора роста Ростмомент проводились в хозяйствах Минской области совместно с НИИ защиты растений НАН Беларуси при выращивании ряда сельскохозяйственных культур. Препарат сертифицирован по международным стандартам ISO 9001:2008, предназначен для применения в организациях агропромышленного комплекса, личных подсобных хозяйствах, дачных участках и квартирах и применяется способом полива и опрыскивания растений.

Таким образом, анализ литературных и электронных источников по вопросам использования биологически активных веществ, стимуляторов роста и различных добавок при культивировании съедобных грибов показал, что в последние годы для улучшения роста и развития грибной культуры, повышения урожайности и качества плодовых тел возможно использование различных регуляторов роста и белковых добавок. В настоящее время альтернативой искусственным химическим препаратам могут служить экологически безопасные стимуляторы роста на основе жизнедеятельности микроорганизмов, в частности, дрожжей, которые являются для грибного мицелия дополнительным источником азотного питания. Применение данных препаратов позволяет сократить сроки выгонки и увеличить массу грибного урожая, получить экологически чистую продукцию, а также открывает перспективу для дальнейших экспериментов с целью выращивания грибов с новыми оригинальными ароматами.

1.2 Применение органоминеральных удобрений и регуляторов роста для повышения грунтовой всхожести и увеличения выхода стандартных сеянцев лесных пород

Для повышения интенсивности и рентабельности работы лесных питомников в условиях хозрасчета требуется поиск новых высокоэффективных способов предпосевной обработки семян и создания оптимальных почвенно-экологических условий. Разработка таких способов возможна при использовании достижений науки в различных областях знаний. По анализу публикаций о роли предпосевной подготовки семян в повышении грунтовой всхожести семян и увеличению выхода стандартного посадочного материала выявлены наиболее перспективные направления: инкрустирование и дражирование. В настоящее время известно около 5 тыс. соединений различного происхождения (химического, микробного, растительного), обладающих росторегулирующим действием.

При обобщении опыта различных способов предпосевной обработки семян нами составлена их классификация. Основными способами предпосевной обработки семян являются физический, химический и комбинированный (рисунок 1.1).

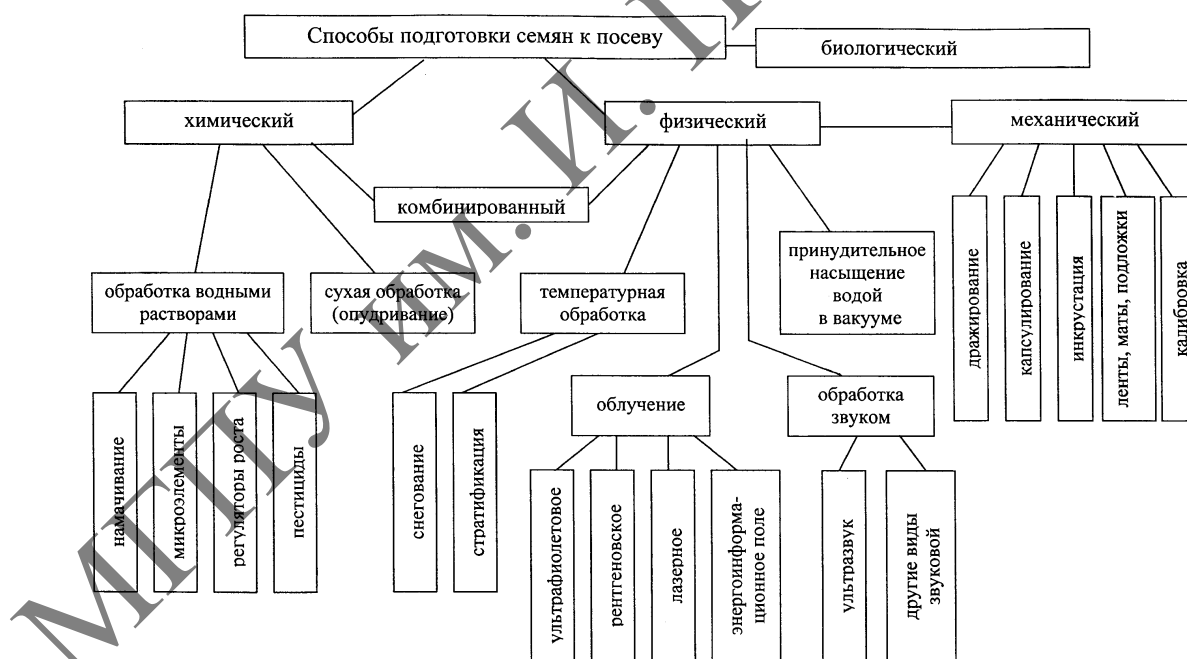


Рисунок 1.1 – Способы предпосевной обработки семян

Наиболее перспективным может быть комбинированный способ подготовки семян к посеву. Комбинированным способом подготовки семян к посеву является последовательное использование химических и физических методов. Например, производят снегование семян и затем их облучают ультрафиолетовым светом с последующим намачиванием в водных

растворах композиционных материалов с использованием микроэлементов или регуляторов роста.

Большое значение для рационального использования дорогостоящих микроэлементов, стимуляторов роста и целевых добавок имеет практическое применение композиционных материалов для предпосевной обработки семян. В последнее время большое внимание уделяется инкрустированию семян с использованием различных водорастворимых полимеров и целевых добавок. Инкрустирование семян представляет собой процесс предпосевной их подготовки путем замачивания в водных растворах полимеров и целевых добавок (микроэлементы, стимуляторы роста и др.).

Одной из основных задач лесопитомнического производства при выращивании посадочного материала является улучшение посевных качеств семян и грунтовой всхожести. Не менее важным является сокращение срока выращивания сеянцев, повышение выхода их с единицы площади питомника и улучшение приживаемости лесных культур. Для решения этих проблем особое значение приобретают регуляторы роста.

Интересным и важным является изучение действия этих стимуляторов на посадочном материале сосны обыкновенной. Значение этой породы трудно переоценить, и оно определяется холодоустойчивостью, малой требовательностью растений к плодородию почв, а также быстротой роста и ценными техническими качествами древесины.

В настоящее время для практического использования предлагается множество приемов активации посевного и посадочного материала. Однако физические способы воздействия требуют специального оборудования и могут использоваться однократно только при обработке семян, тогда как химические способы более удобны в использовании и позволяют воздействовать на растения на любой стадии развития для улучшения биометрических характеристик растений. Именно поэтому регуляторы роста растений эффективно используют как в садоводстве, так и в сельском хозяйстве.

Данные исследований указывают на тот факт, что в зависимости от доз стимуляторов роста одно и то же вещество может оказывать на растения как положительное, так и отрицательное, в том числе мутагенное, действие. Ряд авторов отмечает, что стимуляция роста растений под воздействием регуляторов роста иногда наступает после этапа ингибирования. Иногда максимальный эффект стимулятора проявляется на 2-3 год после его применения.

На протяжении ряда лет особое внимание исследователей было обращено на отечественные препараты растительного происхождения, представляющие собой синтетические аналоги природных фитогормонов. По данным многих исследователей, к наиболее эффективным можно отнести крезацин, мивал, полигумин, фумар, фумаран, амбиол, гидрогумат, оксигумат, препараты на основе вытяжек из торфа и др.

Известно, что с увеличением сроков хранения семян значительно снижается энергия их прорастания, техническая всхожесть, темпы роста

проростков. Применение стимуляторов позволяет повысить посевные качества семян, хранившихся длительное время.

Регуляторы роста также способствуют повышению устойчивости растений к различным заболеваниям. Кроме того, применение стимуляторов роста позволяет увеличивать выход стандартных сеянцев с единицы площади. Ускорению прорастания семян и появлению массовых всходов в лесных питомниках способствует предпосевная обработка семян различными способами и методами. Основными способами предпосевной обработки семян являются физический, химический, механический и комбинированный. При физическом способе предпосевной обработки семян хвойных пород их подвергают различному воздействию физических факторов. Например, на семена воздействуют ультрафиолетовым светом или электромагнитным излучением в течение определенного времени и с заданными параметрами излучения. Химический способ предусматривает намачивание семян в водном растворе с использованием различных микроэлементов, стимуляторов роста, биологически активных веществ и других целевых добавок. При химическом способе на семена воздействуют различные органические и неорганические вещества и соединения. Наиболее перспективным является комбинированный способ подготовки семян к посеву. При комбинированном способе подготовки семян к посеву происходит последовательное использование химических и физических методов. Например, производят снегование семян и их облучение ультрафиолетовым светом с последующим намачиванием в водных растворах микроэлементов или регуляторов роста.

Предпосевная обработка семян химическими растворами с целью повышения их посевных качеств, несмотря на эффективность, не всегда применима. Недостатки – отсутствие механизации, длительность обработки (замачивание от 2 до 24 часов), невозможность заблаговременной обработки, потеря сыпучести и осложнение сева в связи с этим.

Среди многообразия методов предпосевной обработки с целью стимуляции роста растений особое место занимают методы, основанные на использовании физических факторов воздействия (рисунок 7).

Особую проблему лесного семеноводства представляет защита семян от вредителей и болезней. В решении этой проблемы чаще используются химические средства защиты. Однако наиболее перспективным и эффективным является применение ультрафиолетового (УФ) излучения. Известно, что на микроорганизмы и болезнетворные клетки УФ-излучение оказывает губительное и мутагенное действие.

Применение УФ-излучения особенно эффективно при предпосевной обработке семян хвойных пород с целью повышения их грунтовой всхожести. Эффективность действия УФ-излучения зависит, главным образом, от длины волны падающего света и времени облучения. Такое излучение характеризуется длиной волны в диапазоне 250–360 нанометров, является холодным излучением (тела не нагреваются) и отличается от остального излучения солнечного спектра высокой энергией.

Воздействие УФ-излучения на семена заключается в изменении фотоэнергетики клеток и нефотосинтетических превращениях квантов света. Обработка семян таким излучением стимулирует физиологическую активность зародыша, повышая его энергию, но не оказывает отрицательного действия на наследственную систему.

Выращивание сеянцев и саженцев в питомниках при выращивании стандартного посадочного материала на промышленной основе должна рассматриваться с точки зрения экологической безопасности применяемых методов. Одним из таких безопасных и перспективных приемов является применение микробных препаратов на основе эндофитных бактерий. Большинство исследований направлено на эндофитные бактерии, ассоциированные с корнями древесных растений, которые отличаются по разнообразию и функциям от бактерий, ассоциированных с побегами [59, 60]. Надземная часть деревьев подвергается ультрафиолетовому облучению, быстро меняющейся температуре, влажности и обладает лимитированным количеством питательных веществ по сравнению с корнями. В тканях стволов деревьев доминируют пигментированные бактерии, что редко встречается в корнях; утилизация метанола – типичная способность бактерий, ассоциированных с надземной частью дерева [61, 62].

Интерес, который вызывает в мире изучение эндофитных бактерий, связан в первую очередь с перспективой их практического применения, что объясняется экологической нишей, в которой находятся эндофиты. Эндофитные бактерии – основная часть микробиома древесных растений, – обладают ценными функциональными свойствами для растений-хозяев и перспективны как биотехнологический ресурс в целях создания комплексных микробных препаратов для сельского и лесного хозяйства.

Растение-хозяин защищает их от биотических и абиотических стрессов, снабжает питанием, получая взамен продукты и свойства, которых не имел. Таким образом, эндофитные бактерии, находясь внутри растения-хозяина, могут стимулировать рост растений прямым или косвенным путем [62]. Прямая стимуляция роста растений связана с продукцией фитогормонов или с улучшением питания. Косвенная стимуляция роста растений может зависеть от присутствия фитопатогенов, поллютантов или других стрессовых условий. Таким образом, понятен и набор возможных микробных препаратов с заданными функциональными свойствами для растений. Наиболее востребованными будут микробные препараты с биоконтрольной функцией (антибиоз и индуцированная системная устойчивость), используемых эндофитных бактерий, которые защитят растение-хозяина изнутри [63]. К другой востребованной группе микробных препаратов можно отнести препараты, обеспечивающие растения фитогормонами и улучшающие их питание [64].

По результатам исследований, один из эндофитов меристемы *Methylobacterium extorquens* DSM13060 колонизирует растение-хозяина

путем активного проникновения в эпидермис в корнях или столовой части, или через устьица. При этом бактерии формируют инфекционные нити и инфекционные «карманы», подобно ризобиям, образующим клубеньки на стеблях растений, и колонизируют столовую часть через сосуды ксилемы [65]. После 2 месяцев колонизации бактерии значительно увеличивали рост и развитие саженцев сосны, как и микоризные грибы [66]. Эндифиты сосны обыкновенной не производят наиболее распространенные фитогормоны, но авторы выявили ряд новых ростстимулирующих соединений, таких как производные аденина [67].

Для восполнения запаса элементов питания используют минеральные удобрения. Однако их избыточное внесение повреждает корневые окончания древесных растений, приводит к изменению аборигенной почвенной микрофлоры и появлению резистентных форм фитопатогенных микроорганизмов. Одним из подходов к совершенствованию агротехники выращивания посадочного материала в лесных питомниках на слабо окультуренных почвах является частичная замена традиционных минеральных удобрений биологическими препаратами, созданными на основе ризосферных микроорганизмов [68–70].

Препараты, биоагентами которых являются азотфиксирующие и фосфатмобилизующие микроорганизмы, способны обеспечивать растения азотом и фосфором [71, 72], улучшать их развитие [73], оказывать антимикробное действие [74].

Институтом микробиологии НАН Беларуси проведены исследования по получению 4 бактериальных компонентов, состоящих из азотфиксирующего и фосфатмобилизующего штаммов: *R. aquatilis* + *Serratia sp.*, *R. aquatilis* + *P. putida*, *B. phytofirmans* + *Serratia sp.*, *B. phytofirmans* + *P. Putida*, которые являются перспективными в качестве основы бактериальной составляющей микробного препарата. Был выявлен максимальный эффект для стимуляции роста и развития сеянцев сосны и ели при обработке семян штаммами *R. aquatilis* и *P. Putida* [75].

Одним из путей повышения эффективного плодородия почвы является применение активных штаммов азотфиксирующих и фосфатмобилизующих микроорганизмов [76], которые успешно используют при выращивании зерновых, бобовых, овощных, кормовых и других культур. Ростстимулирующие препараты способны улучшать всхожесть и рост вегетирующих растений, улучшать качество продукции [77, 78].

Проведены испытания эффективности действия микробного препарата Бактопин на рост и развитие сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской. Учеными установлено, что предпосевная обработка семян сосны и ели микробным препаратом Бактопин повышает грунтовую всхожесть семян сосны в сравнении с контролем в 1,6 раза, ели – в 1,4 раза; увеличивается среднее количество растений сосны в 2,0 раза, ели – в 1,5 раз; улучшается приживаемость сеянцев сосны в конце вегета-

ционного периода в сравнении с контролем на 10,9 %, ели – на 7,1 %. Препарат микробный Бактопин, созданный на основе естественных азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих почвенных бактерий, а также арбускулярных микоризных грибов, улучшает рост растений, экологически безопасен и его применение для обработки хвойных пород не приводит к загрязнению окружающей среды [79].

Между растениями и населяющими их поверхность микроорганизмами складываются самые разнообразные симбиотические взаимоотношения. Микроорганизмы получают от растения органические вещества и иногда воду, при этом они могут приносить растению пользу (взаимовыгодный симбиоз – мутуализм) или вред (паразитизм) или не оказывать на него существенного влияния (нахлебничество – комменсализм). Между эпифитными микроорганизмами возникает конкуренция за источники питания, причем у здорового развитого растения нормальная микрофлора подавляет патогенную (как правило, выделяя антибиотики). Поэтому необходимо как можно раньше обеспечить растение полезной микрофлорой. Этого можно достичь путем инокуляции семян, опрыскивания проростков или растений или обработкой корней при пересадке суспензией нужных микроорганизмов, а также внесения их в почву.

Многие бактерии имеют слизистую капсулу, причем составляющие ее полисахариды (декстран, ксантан), так называемые микробные слизи, синтезируются микроорганизмами в огромных количествах. В растворе эти полисахариды образуют гели, при засыхании – тонкие пленки, проницаемые для кислорода, но непроницаемые для воды. Микробные слизи в растениеводстве используют для сохранения корней рассады от высыхания.

Все микробные препараты содержат живые организмы, и необходимо очень четко соблюдать условия их применения. Внесение препаратов в почву или распыление по растениям следует проводить утром или после дождя, но ни в коем случае не в солнечную погоду, так как солнечные лучи губительно действуют на микроорганизмы и могут снизить эффективность препаратов.

На развитие микроорганизмов влияет и температура, поэтому вносить препарат в почву желательно в теплую погоду. Эффективность любых микробных препаратов увеличивается при одновременном использовании органических удобрений.

Успешное выращивание древесных растений с закрытой корневой системой в контейнерах во многом определяется составом субстрата. Излишне богатый состав субстрата впоследствии отрицательно сказывается на устойчивости растений при пересадки их на лесокультурную площадь, особенно когда они попадают в бедные почвы. Субстрат должен обладать устойчивой структурой, высокими буферными свойствами, оптимальной величиной pH, стерильностью относительно патогенных бактерий и грибов [80].

В Финляндии и Швеции используют хорошо разложившийся фрезерованный торф или торфяную крошку. В Канаде предпочитают хорошо разложившийся просеянный торф с добавкой минеральных удобрений. По вопросам оптимального состава субстрата высказывались разные мнения о том, что тяжелый и плотный торф даже в смеси с песком не является лучшим, так как сильно задерживает влагу [81].

Хорошие результаты получены в Канаде при использовании смеси торфа и вермикулита (2:1) при рН 6,5. Для выращивания хвойных пород использовали контейнеры объемом 37 см³, для лиственных – 131–150 см [82].

Учеными Карелии разработана технология переработки порубочных остатков в компонент субстрата для выращивания семян с ЗКС. Наилучший результат при выращивании семян сосны обыкновенной в условиях защищенного грунта были получены при использовании субстрата с содержанием порубочных остатков ольхи от 6,5 % до 25 %, березы от 6,5 % до 25 % и ивы от 6,5 % до 33 % [83].

По данным С.А. Степанова [84], хорошие результаты были получены при использовании субстрата на основе торфа фрезерной заготовки с добавлением финских удобрений и доломитовой муки, уровень рН – 4,5–5,5; зольность до 4 %, сухой массой 60–80 г/л.

При заполнении контейнеров обычной почвой, влияние небольшого объема ее на минеральное питание и водоснабжение устраняется частым поливом, что приводит к ухудшению аэрации почвы. Для нормализации последней в обычную почву контейнеров добавляют грубые материалы (песок, опилки, кора, гравий, торф, компост и т. д.). Недостаточное внесение этих материалов может ухудшить аэрацию, излишек же приводит к иссушению почвы. Многие исследователи также предлагают использовать в качестве субстрата для выращивания посадочного материала контейнерах компостированную кору лиственных и хвойных пород [85, 86], а вместо торфа добавлять в субстрат компостированные древесные опилки [87].

Использование в качестве субстрата низинного торфа не обеспечивает получение высокого эффекта. Необходимо подбирать или получить на основе местных компонентов субстрат для выращивания семян в контейнерах, который бы не уступал по своим физико-химическим свойствам верховому торфу, широко применяемому для этих целей в скандинавских странах и на северо-западе России.

Результатом проведенных исследований по выращиванию семян дуба обыкновенного с закрытой корневой системой в условиях левобережной лесостепи Украины приоритетными субстратами оказались торфо-содержащие: торф и почва (66:34) и торф, почва (50:50). Среди вариантов без содержания торфа в составе субстрата, лучшие показатели отмечены на варианте почва, перегной, опилки (50:40:10) [88].

В комплексе Даниловского исследовательского гослесхоза УкрНДИЛГА для выращивания дуба с ЗКС использовали гумусовый темно-серый среднесуглинистый грунт, торф переходного типа с отходами древесины (тирса или стружка) [89].

Лучшим субстратом для выращивания контейнеризированных сеянцев, по данным ряда ученых [90–92], считается верховой слаборазложившийся сфагновый торф фрезерной заготовки. В рекомендациях американских ученых есть предложение смешивать в равных пропорциях верховой торф с вермикулитом. Однако опыт скандинавских стран показывает, что использование верховых торфов со степенью разложения более 15 %, а также переходного и низинного торфов затрудняет работу механизмов по заполнению контейнеров. Применение в качестве субстрата других компонентов требует специальных исследований и переналадки оборудования [92].

Рецептура минеральных добавок зависит от используемой в питомнике схемы применения удобрений. Для доведения солевого рН-водной вытяжки субстрата до 4,5–5,0 добавляют соответствующие дозы молотого доломитизированного известняка. Внесение полной дозы фосфорных и калийных удобрений может осуществляться при приготовлении субстрата – 0,8–2,0 кг основных удобрений с микроэлементами на 1 м³ торфа. Эта доза покрывает 20 % – 50 % потребности однолетнего сеянца в питании в течение первого вегетационного периода. Очень важно, чтобы питательный субстрат был однородным, а удобрения распределялись в нем равномерно. Для производства одного миллиона сеянцев необходимо около 100–130 кубометров питательного субстрата [81].

Приготовление питательного субстрата должно осуществляться на специальном оборудовании, которое позволяет равномерно и однородно перемешать все составляющие. При приготовлении питательного субстрата на первоначальном этапе засыпается просеянный от крупных и средних фракций торф. Далее происходит тщательное перемешивание торфа с одновременным увлажнением. Увлажнять необходимо таким образом, чтобы при сжимании смеси в руках она сохраняла форму, но не происходило выделение излишков влаги. Однако при снижении влажности субстрата происходит плохое уплотнение его в контейнерах. По мере того как происходит тщательное перемешивание питательного субстрата, необходимо добавлять известковый материал, комплексное минеральное удобрение, агроперлит.

При выращивании сеянцев древесных и кустарниковых пород в питомниках рекомендуют использовать удобрения: основные – для внесения при подготовке почвы и рядковые – одновременно с посевом семян и в виде подкормок во время усиленного роста сеянцев. По мнению Г.И. Редько [93], органические удобрения следует вносить в сочетании с минеральными фосфорными удобрениями, так как внесение высоких доз органического

удобрения (более 40 т/га), в котором азот преобладает над фосфором, приводит к удлинению вегетации и образованию рыхлых тканей и, в конечном итоге, к снижению морозостойкости сеянцев. Нормой внесения органического удобрения автор считает дозу 15–25 т/га.

Н.А. Смирнов [94] отмечает, что к концу вегетационного периода однолетние сеянцы сосны и ели, выросшие на торфяном субстрате имели несколько большие биометрические показатели (высоту, диаметр стволика) по сравнению с сеянцами, выросшими на супесчаной почве и значительно большую высоту стволика (на 30 % – 40 %), чем у сеянцев, выросших на песке. Автор считает, что как альтернативу торфу в качестве субстрата можно использовать молотую кору. При использовании компостов из еловой коры семена сосны и ели имели высокую грунтовую всхожесть. При изготовлении корового компоста смесь еловой (30 %) и сосновой (70 %) коры компостируют с добавлением извести и минеральных удобрений. После компостирования смесь измельчают до частиц менее 0,5 см.

Разработка системы мер по интенсификации выращивания посадочного материала хвойных пород с применением компостов на основе древесной коры в качестве органических удобрений является важным звеном в повышении плодородия почв. Компостирование органических отходов является очень распространенным способом получения высокоэффективных органических удобрений. Дополнительный экономический эффект при этом получается за счет утилизации большого количества отходов растениеводства, животноводства, деревообработки или бытовых стоков. Так, В.Ф. Дунаев [95] предлагает древесную кору хвойных пород длительного срока хранения (более 5 лет) подвергать аэрации, просеиванию в ситах с отверстиями, минимальный размер которых не более 3 мм, и отбирать мелкую фракцию в качестве готового органического удобрения.

В.А. Шапиро и Л.И. Шлейман [96] запатентовали способ получения органического удобрения из древесной коры, который состоит в том, что древесную кору измельчают и добавляют в нее готовое органическое удобрение в количестве 5 % – 30 % от массы коры, затем полученную смесь смешивают с жидкими органическими азотсодержащими отходами целлюлозно-бумажного производства и выдерживают ее до окончания биотермических процессов.

Ученые Института общей и экспериментальной биологии СО РАН [97] запатентовали способ получения коропометного удобрения пролонгирующего действия, который позволяет утилизировать отходы птицеводства и лесоперерабатывающих предприятий. Способ заключается в том, что коровые отходы с влажностью около 7,5 %, измельченные до 7–10 мм, смешивают с птичьим пометом с влажностью порядка 76 % в весовом отношении 1:2. Данное соотношение компонентов компоста обеспечивает первоначальное содержание углерода и азота в соотношении 20,3:1. Компостирование ведут в течение 30 суток.

Ученые Белорусского государственного технологического университета [98] запатентовали способ получения органоминерального удобрения из отходов древесины, включающий измельчение, увлажнение отходов и их смешение с источником азота или источником азота, фосфора и калия, биодеструкцию полученной смеси при саморазогревании и аэрацию массы. В качестве источника азота используют нитраты щелочных или щелочно-земельных металлов в количестве 1,5 % – 6,5 % к массе абс. сухого вещества или в качестве источника азота, фосфора и калия – нитроаммофоску в количестве 4,5 % – 12,0 % к массе абс. сухого вещества. Аэрацию осуществляют с массовым расходом кислорода воздуха 0,5–20,0 г/час на кг абс. сухого вещества, а процесс ведут в течение 20–50 суток.

В «Рекомендациях по приготовлению органических удобрений на основе древесных отходов и куриного помета» [99], разработанных учеными Архангельского института леса и лесохимии, отмечается, что хорошими сырьевыми компонентами для приготовления органических удобрений являются кора, одубина, опилки, гидролизный лигнин и куриный помет. Большая поглотительная способность древесных материалов позволяет создавать на их основе удобрения с высоким содержанием основных макро- и микроэлементов. Однако удобрительная ценность древесных отходов в свежем виде невелика. Они бедны азотом и элементами минерального питания растений. При внесении в почву микробиологическое разложение их происходит за счет почвенных запасов этих элементов и тем самым ухудшает питание растений. Поэтому все древесные отходы должны применяться только в сочетании с другими сырьевыми компонентами, богатыми основными питательными элементами и, прежде всего, азотом. Хорошим сырьевым компонентом для получения полноценных удобрений из древесных отходов является куриный помет, который характеризуется повышенным содержанием азота, фосфора, калия, кальция и других элементов в легкоусвояемых формах. Приготовление удобрений из древесных отходов и помета способствует устранению негативных качеств исходного сырья, усиливает удобрительное и мелиоративное действие их на почву, снижает опасность загрязнения окружающей среды.

В «Рекомендациях...» [99] представлены два способа компостирования в зависимости от влажности используемого помета, а именно буртовой, предусматривающий компостирование древесных отходов с пометом, влажностью до 75 % и смешанный траншейно-буртовой с использованием помета влажностью свыше 75 %.

Применять удобрения из древесных отходов и куриного помета можно на вновь осваиваемых и старопахотных почвах различного механического состава и уровня плодородия. Применение таких удобрений на мелиорируемых торфяных землях вызывает биологическую активизацию торфа и способствует повышению плодородия почв. Все виды древесно-пометных удобрений можно применять в системе с минеральными удобрениями.

Последствие удобрений продолжается на протяжении не менее 4–5 лет. При использовании коропометных удобрений в посевном и школьном отделениях лесных питомников авторы рекомендуют учитывать повышенную чувствительность хвойных пород к содержанию в почве подвижных форм питательных элементов, особенно азота. Поэтому здесь рекомендуется готовить удобрения с широким отношением коры к помету (4:1 – 6:1). Это дает возможность применять даже повышенные дозы коропометных удобрений (до 200 т/га) без риска вызвать угнетение и гибель сеянцев. Удобрение следует вносить в паровое поле в дозе 40–50 т/га перед очередной 3–4-летней ротацией выращивания сеянцев [99].

Компостирование – это биологический процесс, при котором совокупность различных микроорганизмов разлагает органическое вещество осадков при определенных условиях (влажность, содержание кислорода, температура и др.) таким образом, что в конце процесса образуются гумусоподобные вещества, двуокись углерода, вода и неорганические соли, а также антибиотические вещества.

Биотермическая обработка (компостирование) осуществляется с целью обеззараживания, стабилизации и подготовки осадков сточных вод к утилизации в качестве биотоплива или органического удобрения. Это зависит от времени биотермической переработки осадка. Если процесс компостирования прекращен сразу же после окончательного обеззараживания, компост может быть использован в качестве биотоплива, когда процесс продолжается далее после окончательного обеззараживания с целью получения полуразложившегося продукта – как органическое удобрение.

Влажность компостируемого материала – важнейший экологический фактор, воздействующий на жизнедеятельность микроорганизмов и определяющий длительность биотермического процесса и качество конечного продукта переработки – компоста. Влияние влажности на скорость биотермического процесса зависит не только от филогенетической приспособленности микробов к жизнедеятельности в водном растворе с определенной концентрацией питательных веществ и соответствующим осмотическим давлением, но и от того, что биохимическое действие энзиматических систем проявляется только во влажной среде.

Диапазон оптимальной температуры процесса компостирования в целом весьма широк и составляет от 35 °С до 65 °С. Выделяющееся под влиянием жизнедеятельности термофильных микроорганизмов тепло приводит к «саморазогреву» компостируемого материала в штабеле. При этом наружные слои компостируемого материала разогреваются меньше, чем внутренние, и служат теплоизоляцией для внутренних саморазогревающихся слоев отходов.

Компостируемый осадок должен находиться в диапазоне термофильных температур в течение длительного времени по нескольким причинам: оптимальная температура развития некоторых организмов,

участвующих в процессе компостирования, находится в термофильном диапазоне, большинство патогенных организмов и вредных семян не выдерживают длительного пребывания при термофильных условиях.

Одним из важных требований к биогенным элементам в процессе компостирования является поддержание углеродно-азотного баланса или соотношение C/N. Часть углерода теряется в виде CO₂, а в клетках микроорганизмов углерод содержится в больших концентрациях чем азот, поэтому углерод требуется в больших количествах чем азот. Оптимальное содержание C/N = 20...25/1. Чем больше отклонение соотношение C/N от оптимального, особенно в сторону верхних границ допустимого диапазона, тем слабее протекает процесс компостирования.

Результатом компостирования является продукт, обладающий конкретными потребительскими свойствами. К критериям качества компоста, определяющим его потребительские свойства, относят стабильность, зрелость, наличие патогенных веществ, размеры и содержание мусора и инертных включений, концентрацию растворенных солей, pH и др.

Химический элементный состав компостов определяется в основном исходными компонентами. Наиболее сильно от свойств сырья зависит наличие соединений тяжелых металлов и нелетучих, устойчивых к разложению токсических органических соединений. Физико-химические, физические и биохимические свойства в большей мере определяются условиями протекания компостирования и его законченности.

Стабильность компоста зависит от степени разложения органического вещества и биологической активности компоста. Зрелость компоста определяется наличием или отсутствием фитотоксичных органических кислот. При компостировании осадков сточных вод особое значение имеет вид используемого наполнителя. Как уже отмечалось, по содержанию питательных веществ осадки – весьма подходящий материал для получения высококачественного органического удобрения – компоста. Однако сами по себе осадки, даже обезвоженные до влажности 40 %, не могут служить субстратом, способствующим развитию аэробных сапрофитных микроорганизмов, осуществляющих термогенез, так как они имеют высокую плотность и сильно слеживаются при хранении, т. е. не являются пористым материалом. Активный газообмен, а следовательно, и компостирование такой массы невозможны.

Для решения проблемы газообмена, а также с целью увеличения в компостной массе содержания углерода при компостировании осадков необходимо использовать специальные добавки – наполнители. Наполнитель должен быть твердым и его в системе должно быть такое количество, чтобы частицы касались друг друга и образовывали пористую структуру. Если наполнителя в системе мало, то его частицы не касаются друг друга и со всех сторон окружены осадками. В этом случае наполнитель не выполняет своей роли. Кроме того, наполнитель должен обладать свойством впитывать влагу.

Использование торфа в качестве наполнителя при биотермической переработке осадков основывается, прежде всего, на его способности в сухом состоянии впитывать влагу. Как правило, с этой целью применяется верховой торф, который не пригоден для других целей. Но структура торфа такова, что его требуется больше, чем коры. Оптимальным соотношением торфа и осадков является 5:1–4:1 (по объему).

Разработанная принципиальная схема технологии производства альтернативных органических удобрений из отходов предприятий рыбопереработки и грибного производства (рисунок 1.2) включает в себя следующие технологические операции [32, 33, 40]:

1. Транспортировка отходов на компостную площадку;
2. Складирование отходов в бурты высотой 2,0 м, шириной 4,5 м, длиной 50 м;
3. Увлажнение отходов 10 %-м раствором микроорганизмов-деструкторов органических веществ;
4. Перелопачивание отходов с использованием аэратора-смесителя компостов типа АСК-3,5;
5. Грануляция альтернативного органического удобрения.

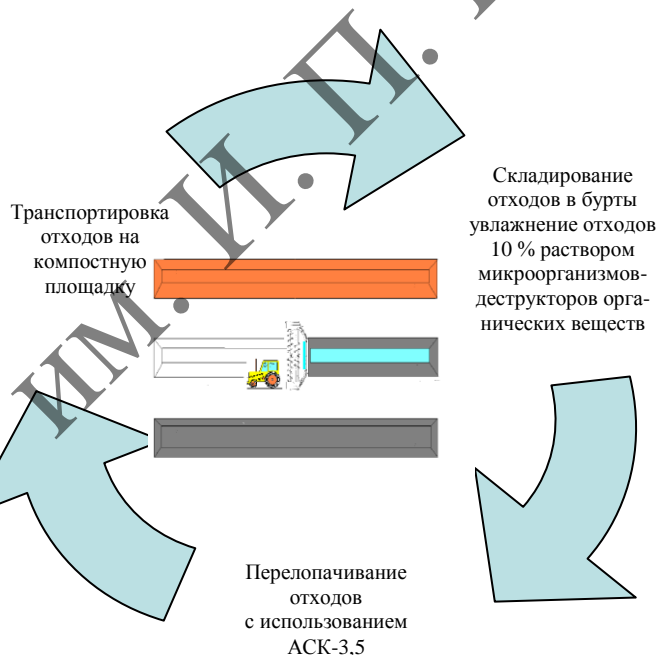


Рисунок 1.2 – Принципиальная схема технологии производства альтернативных органических удобрений из отходов предприятий рыбопереработки и грибного производства

Аэратор-смеситель компостов является техническим средством для обработки компостных буртов, разработан в РУП «НПЦ НАН Беларусь по механизации сельского хозяйства» [30, 33, 62].

1.3 Технология получения и применения регуляторов роста для защиты корневых систем сеянцев лесных пород от иссушения

В связи с увеличением масштабов лесовосстановления проблема создания устойчивых насаждений приобретает большую актуальность. Одним из способов повышения качества работ по лесовосстановлению является разработка новых композиционных полимерных составов для защиты корневых систем сеянцев хвойных пород от иссушения. Для повышения приживаемости лесных культур широко используется предпосадочная обработка корневых систем растений специальными полимерными составами, которые способны формировать защитно-стимулирующие покрытия на корневых системах растений [100]. Одним из наиболее перспективных и интенсивно развивающихся направлений является создание и изучение так называемых интеллектуальных систем, которые позволяют исследователям получать материалы с заранее запрограммированными свойствами. К интеллектуальным системам в полной мере относятся гидрофильные (водорастворимые и водонабухающие) стимул-чувствительные полимеры, обладающие рядом уникальных свойств, перспективных для исследователей в различных смежных областях химии: нанотехнологии, лесовыращивания и биологии [101, 102].

В качестве основы в большинство известных составов входит один матричный полимер, хотя интенсивное изучение интерполимерных комплексов (ИПК), образованных макромолекулами полиэлектролитов и неионогенных полимеров позволило установить, что наличие двух полимеров способствует улучшению свойств составов за счет физического и химического взаимодействий между ними [103–105]. В большей степени исследовались ИПК, образованные схожими по строению гибкоцепными макромолекулами. Смеси полимеров, различающихся по строению и жесткости цепи, изучены не столь подробно [106, 107].

В.А. Каргин с сотрудниками [108–110] показал, что «свойства полимерных и полимерсодержащих тел тесно связаны со способностью полимеров к надмолекулярному структурообразованию, а существование разнообразных упорядоченных структур определяет важнейшие свойства как полимеров, так и их растворов». В связи с тем, что существует взаимосвязь между механическими свойствами полимерных покрытий и их структурой, которая часто создается в растворе, в технологическом плане важным является определение оптимальных режимов получения составов, показывающих высокую влагоудерживающую способность и образующих на корневых системах растений прочные покрытия. Поэтому важным является выбор полимеров и установление закономерностей структуры и свойств составов и покрытий [111, 112].

Для удержания влаги в околокорневой зоне посадочного материала с целью продления сроков посадки необходимо создавать на корневой

системе барьерный слой. Саму корневую систему сеянцев можно представить как вертикальную поверхность. Поэтому для улучшения смачивания поверхностей, удержания влаги на вертикальной поверхности при одновременном отсутствии вредного экологического воздействия на окружающую среду начинают активно применяться гелеобразные составы. Между макромолекулами водорастворимого полимера и защищаемой вертикальной поверхностью возникает адгезия, за счет физического и химического взаимодействия макромолекул полимера и поверхности.

Известно, что водорастворимые полимеры и их производные благодаря наличию реакционно-активных гидроксильных групп легко вступают в различные химические реакции, позволяющие целенаправленно изменять их физико-химические свойства.

В процессе гелеобразования в растворах водорастворимых полимеров происходит образование пространственных структур и переход системы из свободнодисперсного состояния в связнодисперсное, при этом сильно увеличивается вязкость, что обусловлено, в первую очередь, образованием водородных связей между гидроксильными и карбоксильными группами полимерных цепей [113, 114].

Для сохранения физиологических свойств сеянцев при транспортировке от питомника к потребителю в последнее время появляется большое количество запатентованных составов, содержащих вещества, способные удерживать влагу и целевые добавки. Во многих составах одним из компонентов используют альгинат натрия. Так, в патенте [115] предлагается средство для защиты корневых систем от иссушения в виде водного раствора альгината натрия с бурой, казеином, борной кислотой и микроэлементами. Также для обработки корневых систем растений используют составы, состоящие из водного раствора альгината натрия с поливиниловым спиртом и сульфонафтеновой кислотой [116]. В некоторых патентах предлагается использовать состав на основе мочевиноформальдегидной смолы и азотно-кислого аммония [117]. Мочевиноформальдегидная смола является экологически вредной и в последнее время резко ограничена в использовании во многих странах мира.

Кроме вышеперечисленных полимеров, для обработки саженцев при их пересадке используют низкомолекулярные полиэтилен и полипропилен с обязательной добавкой фотосенсибилизатора 2,2-бис-(1,1-диэтилфенол) пропан, полиэтиленовым воском [118]. Также считается перспективным использование для защиты посадочного материала растений расплава низкомолекулярного полиэтилена с вазелиновым маслом и парафином [119]. Однако, попав в почву, полиэтилен разлагается в течение нескольких лет, что отрицательно сказывается на окружающей среде.

Для лучшей приживаемости сеянцев древесных культур используются алкилиновые (аллиловый и кротиловый) эфиры этиленхлоргидрина. По данной технологии сеянцы в период интенсивного роста опрыскивают

раствором препарата, что способствует получению посадочного материала с мощной корневой системой и улучшает приживаемость и развитие растений. Такие работы требуют значительных затрат, которые несоизмеримо больше, чем эффект от их использования [120].

Для предотвращения потерь воды корневыми системами предлагается образовывать на их поверхности покрытие пеной из водосодержащего состава с раствором поверхностно-активных веществ [121]. В этом изобретении в качестве газообразного наполнителя пены используют инертные газы (азот, двуокись углерода) или газообразные фумиганты (бромистый метил, оксиды серы). Недостатком данного метода борьбы с потерей влаги является короткий срок жизни получаемых покрытий (несколько часов).

Во многих странах для увеличения влагоудерживающей способности материалов проводят модифицирование высокомолекулярных веществ путем химического сшивания [122–124]. Такое модифицирование позволяет получать материалы, способные 2–3 года находиться возле корневых систем растений и обеспечивать их влагой за счет уменьшения гравитационных стоков.

Известно, что процесс гелеобразования водорастворимых полимеров является кинетическим и может развиваться в течение длительного времени [125]. На основании исследований [114], было установлено, что наиболее активно процесс набухания альгината натрия происходит в период с 5 до 25 минут после внесения в водную среду. В связи с этим все исследования начинали проводить спустя 25 минут с момента добавления порошка альгината натрия в водную среду.

Альгинат натрия – органическое соединение с химической формулой $(C_6H_7O_6Na)_n$ представляет собой семейство неразветвленных двойных сополимеров: остатков Р-D-маннуроносовой кислоты и α-L-гулууроносовой кислоты, соединенных 1–4 гликозидными связями.

По своим физическим свойствам альгинат натрия – это порошок кремового или светло-коричневого цвета, который хорошо растворяется в воде, удерживает влагу, обладает стабилизирующим действием и является желеобразующим веществом. Применение альгината натрия во многих отраслях промышленности основано на его способности образовывать гели [126].

Производят альгинат натрия из красных и бурых водорослей, добываемых на Филиппинах и в Индонезии. США, Франция, Китай и Япония являются основными производителями альгината натрия. Также есть небольшие производства в России, Индии, Чили.

Вязкость альгинатных растворов практически не изменяется в интервале температур воды от 20 °С до 80 °С. Поэтому все исследования были проведены при температуре 23 ± 2 °С и относительной влажности воздуха 85 % [114].

В настоящее время гуаровая камедь является основным пленкообразующим компонентом для получения экологически безопасных упаковок.

Гуаровая камедь, как высокомолекулярное соединение, весьма гидрофильна и благодаря наличию реакционно-активных гидроксильных групп легко вступает в различные химические реакции, позволяющие целенаправленно изменять физико-химические и медико-биологические свойства растворов на их основе.

Технология получения гуаровой камеди основана на водной экстракции полисахаридов из измельченного растительного сырья с последующим выделением и очисткой экстракта, обработкой его спиртом для выделения целевого продукта, который затем отфильтровывают, высушивают и измельчают. Это нейтральный на вкус и запах серовато-белый порошок. Применение гуаровой камеди во многих отраслях промышленности основано на его способности образовывать гели [127–129].

Во многих странах для увеличения влагоудерживающей способности материалов проводят модифицирование высокомолекулярных веществ путем химического сшивания [130, 131]. Такое модифицирование позволяет получать материалы, способные 2–3 года находиться возле корневых систем растений и обеспечивать их влагой за счет уменьшения гравитационных стоков. При выборе режимов сшивания необходимым условием получения водонерастворимых полимеров с высокой адсорбционной способностью является определение степени сшивания, т. к. она должна быть выше минимального значения, чтобы полимер был водонерастворим, и ниже максимального значения с тем, чтобы полимер мог набухать в воде и тем самым адсорбировать требуемое количество воды. Водонерастворимые полимеры могут находиться в различных формах, в том числе в виде частиц, хлопьев или волокон, а их адсорбционная способность может превышать 1 литр воды на 1 грамм полимера. Так, например, использование материала на основе полимеризованной акриловой кислоты позволяет достичь влагоудерживающей способности до 1290 мл воды на 1 г полимера. Для получения материалов с высокой адсорбционной способностью необходимо знать приемы и способы модифицирования полимеров [130, 132].

В защитных и защитно-стимулирующих композициях лесохозяйственного назначения чаще всего используется NaКМЦ [133]. Полимерная пленка, образующаяся на поверхности семян или вегетирующих растений, закрепляет различного рода целевые добавки и позволяет избежать их потерь вследствие осыпания [134]. Такой полимер экологически безопасен и хорошо сбраживается микроорганизмами [135], его можно использовать в качестве регулятора влажности и структурообразователя. Известно, что 1 г NaКМЦ способен впитать до 80–100 г воды [136]. Сам полимер при двойном поглощении воды по массе не изменяет своего внешнего вида. Прибавление большего количества воды вызывает образование геля. При дальнейшем разбавлении, когда концентрация сухого вещества становится ниже 5 % – 10 %, образуется вязкий раствор. К недостаткам натриевой соли карбоксилметилцеллюлозы можно отнести то, что она не обеспечивает достаточно прочного закрепления вещества препаратов на растениях [134].

При обработке водными растворами корневых систем растений немаловажным фактором, влияющим на приживаемость, является адгезия покрытий, получаемых из разработанных составов, к древесной целлюлозе. С помощью адсорбции радиоактивного изотопа C^{14} установлена слабая адгезия между покрытиями из NaКМЦ и древесной целлюлозой, которая почти не зависит от степени замещения карбоксиметильных групп. Для растворов NaКМЦ установлена прямолинейная зависимость вязкости от температуры (в полулогарифмической шкале координат). При охлаждении наблюдается такая же зависимость, а кривая, отвечающая за нее располагается несколько ниже, чем первая. Это свидетельствует о гистерезисном характере изменений вязкости растворов NaКМЦ под действием температуры. Уменьшение вязкости является следствием весьма низкой скорости релаксации в таких высокомолекулярных системах, как водный раствор NaКМЦ. Время установления равновесия в них может быть весьма велико, так что за измеряемый промежуток времени система не успевает вернуться в исходное состояние. При нагревании наблюдается некоторая деградация макромолекул, что ведет к необратимым изменениям вязкости [114].

Вязкость раствора NaКМЦ имеет максимум в пределах рН от 6 до 9. При рН ниже 6 она быстро падает, что является следствием постепенного выпадения в осадок свободной NaКМЦ, полностью заканчивающегося при рН=2,5. При значении рН выше 9 вязкость раствора также начинает уменьшаться: сначала медленно, потом более быстро, когда величина рН достигает 11,5. Изменение вязкости является процессом обратимым, она может быть вновь восстановлена до своей максимальной величины. В ряде работ [137, 138] показано, что механическая обработка составов в условиях высокоскоростного сдвига позволяет увеличить их динамическую вязкость более чем в 3 раза [139].

В связи с тем, что в некоторых странах наблюдается неравномерное выпадение осадков в течение года, иногда требуются материалы с высокой адсорбционной способностью и относительно медленной скоростью поглощения жидкости. Разработанные в настоящее время технологии получения таких материалов основаны на совмещении кислотного и основного набухаемого в воде водоудерживающих полимеров.

Природа функциональных групп имеет большое технологическое значение, т. к. варьированием рН среды можно значительно изменять адсорбционную способность. В связи с этим все полимеры можно разделить на два класса – кислотные и щелочные. Кислотные – набухаемые в воде водонерастворимые полимеры, содержащие функциональные группы, способные действовать как слабые кислоты (фосфатные, сульфитные, сульфатные, карбоксильные). Обычно такие функциональные группы присоединены к шитой полимерной основе (на основе полиакриламида, поливинилового спирта, сополимеров этилена и малеинового ангидрида, поливинилового эфира полиакриловой кислоты, поливинилпирролидона, поливинилморфолина, и их сополимеров). Также «могут быть использованы полимеры

на основе синтетических полипептидов (полиаспарагиновая кислота и полиглутаминовая кислота) и природных полисахаридов (карбоксиметилцеллюлоза, карбоксиметилкрахмалы, гидроксипропилцеллюлоза, альгины, альгинаты, каррагинаны, акриловые привитые крахмалы, акриловые привитые целлюлозы, и их сополимеры). Основные – набухаемые в воде водонерастворимые полимеры, содержащие функциональные группы, способные действовать как основания (первичные, вторичные или третичные аминогруппы, иминогруппы, имидогруппы и амидогруппы). Функциональные группы присоединены к сшитой полимерной основе (полиамины, полиэтиленимины, полиакриламиды и полисоединения четвертичного аммония и их сополимеры)» [140]. Также могут быть использованы полимеры на основе природных полисахаридов (хитин и хитозан) и синтетические полимеры (полиаспарагины, полиглутамины, полилизины и полиолефины) [130].

Оптимальный водно-воздушный режим для растений создают гидрогели на основе полиакриламида (ПАА). Поэтому именно ПАА в той или иной степени является основой большинства известных коммерческих влагонабухающих полимерных гидрогелей [141]. Структурные превращения в макромолекулах ПАА происходят при образовании (разрыве) внутримолекулярных контактов ковалентными и/или химическими связями и стабилизированных гидрофобными взаимодействиями неполярных групп в воде, водородными связями, электростатическими, лиофобными взаимодействиями в органических растворителях и др. [142, 143].

В настоящее время по патентованным технологиям производится большое количество сшитых сополимеров, которые находят широкое применение в сельском и лесном хозяйствах. Как пример можно привести широкие исследования, выполненные в Пензенской государственной сельскохозяйственной академии под руководством Б.Ф. Блинохвотова и А.Ф. Кузина [144]. Было установлено, что полиакриламидные сополимеры обеспечивают почвенный слой влагой в течение длительного времени за счет уменьшения гравитационных стоков и испарения.

Становится очевидным, почему некоторые страны аридной зоны (Египет, Судан, ЮАР, Мексика, США) для решения задач жизнеобеспечения всерьез взяли за внедрение влагонабухающих полимерных гидрогелей в сельское хозяйство. Ряд зарубежных фирм освоили и быстро развивают производство влагонабухающих полимерных гидрогелей, объемы которых уже к 1987 году достигли 18 тыс. тонн в Японии, 38 тыс. тонн в США, 12 тыс. тонн в Западной Европе.

С целью снижения стоимости химических сшитых материалов и уменьшения вредного воздействия на окружающую среду, появилось много работ, посвященных получению и применению набухающих глинистых минералов [145, 146]. Такие материалы получают при помощи полимеризации полимеров с глинистыми минералами. Технология получения таких материалов заключается в погружении глинистых минералов в водную

среду с $\text{pH}=5-9$ и выдержке в течение 2–5 часов в диапазоне температур $125\text{ }^{\circ}\text{C} - 350\text{ }^{\circ}\text{C}$. Степень набухания, характеризующаяся отношением массы набухшего геля к массе сухого геля, таких материалов в водной среде или солевых растворах может превышать 85 [147].

Для улучшения свойств водных растворов полимеров природной и синтетической природы целесообразно вводить пластификаторы и модификаторы, которые в водном растворе могут взаимодействовать с полимером и с молекулами воды и значительно изменять свойства последнего [148]. При взаимодействии полимер – модификатор образуются прочные блочные структуры, в результате растет молекулярная масса полимера и повышаются его флокулирующие и загущающие свойства. Изучена энтальпия взаимодействия между крахмалом различной природы и NaKMЦ . Показано, что «сильные энергетические взаимодействия обусловлены образованием водородных связей между водородом группы – OH крахмала и кислородом NaKMЦ группы $\text{COO} -$ » [149].

Институтом леса НАН Беларуси в 2000 году был разработан композиционный состав «Корпансил», который предназначен для защиты корневых систем сеянцев сосны обыкновенной от иссушения [150]. В 2003 году на Корневской ЭЛБ Института леса НАН Беларуси был налажен промышленный выпуск данного препарата по разработанным техническим условиям и рекомендациям. Прошли годы, и появились новые полимеры и целевые добавки, которые существенно могут изменять динамику потери воды корневыми системами сеянцев хвойных пород и соответственно удерживать влагу в ризосферной зоне.

На основании вышеизложенного краткого литературного обзора можно сделать следующий вывод, что на сегодняшний день интеллектуальные полимерные материалы, благодаря целому ряду полезных качеств, нашли свою нишу в различных областях и являются частью научного прогресса. Комплексообразование полимерных систем водорастворимой и водонабухающей природы благодаря специфическим видам взаимодействия с различными поверхностями и соединениями синтетического и биологического характера подтолкнуло к изучению разнообразных систем обладающих интеллектуальной способностью и их физико-химической особенностью. Водорастворимые полимеры являются одними из наиболее перспективных стимул-чувствительных полимеров, обладающих широким спектром потенциального применения. Исследования в этой области требуют разработки, внедрения новых полимеров, а также оптимизации существующих систем, обладающих определенными свойствами.

Таким образом, полученные результаты позволяют констатировать, что разработанные композиционные полимерные составы за счет своей технологичности (увеличении влагоудерживающей способности и срока хранения составов) могут быть успешно использованы при обработке корневых систем растений при создании лесных культур.

Для получения рабочего раствора необходимо концентрированный композиционный полимерный состав (КПС) разбавить водой при комнатной температуре в соотношении 1:5, т. е. на 1 литр концентрата использовать 5 литров воды.

После получения рабочего раствора композиционного полимерного состава корневые системы сеянцев сосны обыкновенной погружают в раствор препарата до корневой шейки на 5–10 с. Данная технология позволяет обрабатывать корневые системы посадочного материала как в пучках, так и отдельных растений.

После обработки корневых систем сеянцев хвойных пород КПС в лабораторных условиях в течение 72 часов определяют потерю воды корневыми системами. В таблице 1.3 представлено влияние композиционного полимерного состава от времени на потерю влаги корневыми системами сеянцев хвойных пород.

Таблица 1.3 – Влияние обработки корневых систем сеянцев хвойных пород композиционным полимерным составом на потерю воды, (%)

Вид сеянцев	Варианты опыта	Время после обработки, час										
		0,25	0,5	1	2	3	4	5	8	24	48	72
Сосна обыкновенная	Контроль	4,9	7,0	10,0	15,3	19,3	20,3	22,0	40,0	51,0	53,0	54,0
	КПС	3,1	4,3	5,4	10,1	14,8	16,2	18,4	32,4	40,4	44,6	49,0
Ель европейская	Контроль	5,7	8,3	13,2	17,4	20,1	22,2	26,4	43,2	52,4	54,3	58,1
	КПС	3,9	4,1	8,6	10,0	15,2	17,3	20,1	23,7	28,6	32,4	40,2
Лиственница европейская	Контроль	6,1	10,6	20,1	22,3	28,6	30,1	34,2	50,1	54,3	60,0	63,7
	КПС	3,2	4,7	8,9	11,3	14,2	17,4	22,1	25,7	28,6	31,4	35,9

Примечание – КПС – композиционный полимерный состав.

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.

Высоту 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. Полученные лабораторные и полевые результаты исследований обрабатывают методами математической статистики [151].

На опытный объект составляют паспорт и указывают схему размещения и натурального оформления опытного объекта, схему создания лесных культур и указывают планируемые лесохозяйственные мероприятия.

В таблице 1.4 представлены результаты полевых исследований по влиянию обработки корневых систем сеянцев сосны разработанным композиционным полимерным составом.

Таблица 1.4 – Влияние предпосадочной обработки корневых систем сеянцев 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
КПС	3,9±0,15	92

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

Состав должен соответствовать требованиям технических условий ТУ «Состав «Корпансил» для обработки корневой системы растений» [150], т. е. соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Состав «Корпансил» для обработки корневой системы растений

Наименование показателя	Значение и характеристика
Внешний вид, цвет	Жидкость от светло-серого до темно-коричневого цвета. Должна соответствовать образцу-эталону
Массовая доля общих фосфатов, %	0,01–2,0
Массовая доля аммонийного азота, %	0,01–0,04
Массовая доля воды, %	80–95
Кинематическая вязкость состава, с	7–22
Влагостойкость покрытия, балл	4–5
Атмосферостойкость покрытия, балл	6–7

Состав упаковывают в полиэтиленовые канистры или бутылки из полимерных материалов с плотно закрывающимися крышками по техническим нормативным правовым актам.

Номинальное количество состава в упаковке должно быть 10 л. Допускаемое отклонение содержимого упаковочной единицы от номинального количества – ±1,5 %.

Упаковка должна быть заполнена составом не более чем на 95 % вместимости.

Упаковка должна полностью обеспечивать сохранность состава при транспортировании и хранении.

К каждой упаковочной единице прикрепляют этикетку с указанием:
– наименования изготовителя и его товарного знака (при наличии);

- местонахождения (страна, юридический адрес);
- наименования и назначения продукта;
- даты изготовления (месяц, год);
- номера партии;
- обозначения настоящих технических условий;
- номинального объема, л;
- номера тарной этикетки;
- номера регистрационного удостоверения;
- срока годности;
- предупредительных надписей и мер предосторожности;
- условий хранения.

Допускается маркировочные данные наносить на каждую упаковочную единицу типографским способом или с помощью клише, трафаретов.

Состав относится к малоопасным веществам и по степени воздействия на организм человека, в соответствии с ГОСТ 12.1.007, относится к 4-му классу опасности.

Использование состава должно быть организовано в соответствии с санитарными нормами и правилами «Требования к условиям труда работающих и содержанию производственных объектов», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 85 от 08.07.2016 г. при соблюдении требований правил техники безопасности пожарной безопасности. Сточные воды, твердые и жидкие отходы в производстве состава отсутствуют.

Состав не обладает способностью образовывать токсичные соединения в воздушной среде и в сточных водах. В соответствии с ГОСТ 12.1.005 содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать гигиенических регламентов.

Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны и периодичность их контроля должна соответствовать требованиям санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ», организация технологического процесса должна соответствовать требованиям санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Гигиенические требования к организации технологических процессов и производственному оборудованию».

Персонал, занятый на использовании препарата, должен проходить медицинский осмотр в порядке, установленном Министерством здравоохранения Республики Беларусь.

Работающие с составом должны соблюдать следующие меры предосторожности:

- работать в резиновых перчатках и защитных очках;
- в случае попадания состава на кожу, необходимо смыть водой.

В помещениях, где проводятся работы по изготовлению состава, запрещается прием пищи и хранение продуктов питания.

Использование методов планирования эксперимента позволяет значительно сократить объем эксперимента при изучении многокомпонентных систем, отпадает необходимость в пространственном представлении сложных поверхностей, так как свойства можно определить из уравнений. При этом сохраняется возможность графического интерпретирования результатов. При планировании эксперимента для решения задач на диаграммах «состав-свойство» предполагается, что измеряемое свойство является непрерывной функцией аргументов и может быть с достаточной точностью определено полиномом.

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.

Планирование эксперимента в задачах со смесями предполагает изучение диаграмм «состав-свойство» и «состав-состояние». Для этого необходимо полное описание системы, при котором приходится учитывать условие нормированности суммы независимых переменных x_i ($i=1,2,\dots,q$), определяющих концентрацию соответствующего ингредиента в композиционном материале.

При построении диаграмм «состав-свойство» (рисунок 1.3) оперируют с факторным пространством в виде симплексов, поэтому целесообразным оказывается определение координат компонент не в обычной системе координат, а в специальной – симплексной, в которой пропорции каждого компонента откладываются вдоль соответствующих граней (ребер) симплекса. Геометрическое место точек, удовлетворяющее условию нормированности суммы переменных, представляет собой $(q-1)$ -мерный правильный симплекс (треугольник для $q=3$, тетраэдр для $q=4$ и т. д.). Каждой точке такого симплекса соответствует смесь определенного состава, и, наоборот, любой комбинации относительных содержаний q -компонентов соответствует определенная точка на симплексе.

Исследования получения композиционных материалов для защиты корневых систем сеянцев дуба черешчатого определяются наличием количества компонентов. Число x_1 долей (частей) отрезка ob длиной 1 равно x_1 долям отрезка ab , т. е. относительное содержание (пропорция) $x_1 = x_1^1$. Поэтому в дальнейшем при рассмотрении симплексов штрих опускается – относительное содержание компонентов на его сторонах обозначается просто через x_i [152].

При наличии второго компонента вдоль оси x_2 от центра координат будет соответствовать перемещение точки вдоль стороны bc .

Третий компонент на треугольной диаграмме (рисунок 1.4) откладывается вдоль стороны ca , начиная от точки c с нулевым содержанием данного компонента до точки a , где $x_3 = 1$.

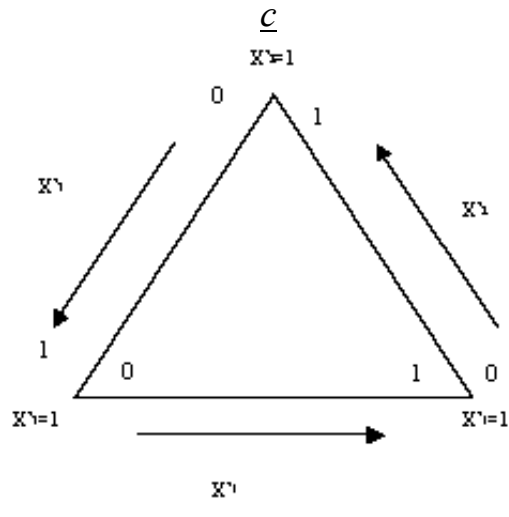


Рисунок 1.3 – Треугольная система координат – диаграмма «состав-свойство»

Если в декартовой системе координат для определения уровня первого компонента, соответствующего какой-нибудь точке M смеси, достаточно взять отсекаемый на оси x_3 отрезок Om , то в симплексной (треугольной) системе координат это аналогично проведению через точку M прямой, параллельной стороне x_3 (ca), и взятию отрезка $x_1=am'$. Для определения второй координаты точки M через эту точку проводится прямая, параллельная стороне x_1 , и берется отсекаемый на стороне bc отрезок x_2 . Аналогично пропорция третьего компонента определяется путем проведения через точку M прямой, параллельной стороне x_2 (рисунок 1.4).

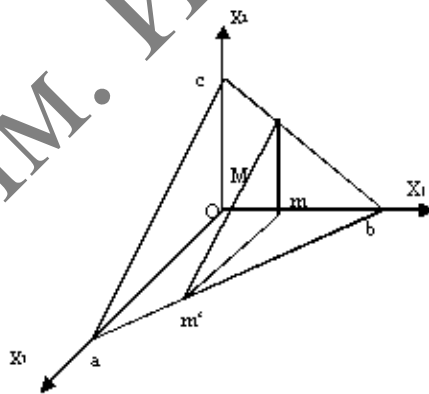


Рисунок 1.4– Определение уровня первого компонента в точке M трехкомпонентной смеси

При планировании эксперимента для решения задач на диаграммах «состав-свойство» предполагается, что измеряемое свойство является непрерывной функцией аргументов и может быть с достаточной точностью определено регрессионной моделью-полиномом. Для описания таких поверхностей необходимы полиномы высоких степеней. Полином степени n от q переменных имеет вид:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^q b_{ij} x_i + \sum_{1 \leq i < j \leq q}^m b_{ij} x_i x_j + \sum_{1 \leq i < j < k \leq q}^m b_{ij} x_i x_j x_k + \dots$$

Переменные смеси удовлетворяют условию нормированности суммы, значит не являются независимыми, поэтому оценка коэффициентов в полиномиальной модели невозможна (матрица коэффициентов $B = (X^T X)^{-1} X^T Y$ (X – матрица планирования композиционного полимерного состава, Y – вектор-столбец результатов экспериментов – матрица откликов), но матрица $X^T X$ вырождена, поэтому обратная к ней не существует).

В настоящее время для оптимизации составов наибольшее применение получили симплекс-решетчатые планы, предложенные Шеффе, который ввел каноническую форму полинома степени n для решения задачи построения математической модели «состав-свойство», включающей все компоненты системы:

$$\hat{y} = \sum_{1 \leq i \leq q} \beta_i x_i + \sum_{m=2}^n \left(\sum_{1 \leq i < j \leq q} \beta_{ij} x_i x_j (x_i + x_j)^{m-2} \right) + \sum_{m=3}^n \left(\sum_{1 \leq i_1 < i_2 < \dots < i_m \leq q} \beta_s x_{i_1}^{s_1} \dots x_{i_m}^{s_m} \right)$$

где $s = i_1^{s_1} \cdot \dots \cdot i_m^{s_m}$, $s_1 + s_2 + \dots + s_m = n$.

Полиномы такого вида – приведенные полиномы – получаются из обычных полиномов соответствующей степени для q переменных введением соотношения $x_1 + x_2 + \dots + x_q = 1$, $x_i \geq 0$ ($i=1, 2, \dots, q$), и содержат C_{q+n-1}^n коэффициентов.

Для оценки коэффициентов приведенного полинома были предложены планы, обеспечивающие равномерный разброс экспериментальных точек по $(q-1)$ -мерному симплексу. Точками таких планов являются узлы $\{q, n\}$ -симплексных решеток. В $\{q, n\}$ -решетке для каждого компонента используется $n+1$ равнорасположенных уровней в интервале от 0 до 1 ($x_i = 0, 1/n, 2/n, \dots, 1$) и берутся все возможные их комбинации. Число таких комбинаций равно числу оцениваемых коэффициентов в приведенном полиноме степени n .

Множество координат точек симплексной решетки образует матрицу планирования. Оценки коэффициентов аппроксимирующего приведенного полинома степени n , учитывая свойство насыщенности плана, получаются методом подстановки: для получения расчетных формул в полином последовательно подставляются координаты всех точек плана $\{q, n\}$ -решетки, реализуются опыты (таблица 1.6), определяются отклики системы y и подставляются вместо выходов системы.

Под y могут подразумеваться как результаты единичного определения, так и средние значения нескольких определений. Удобно ввести специальные обозначения для этих откликов.

Таблица 1.6 – Число опытов для полиномов разных степеней

Число компонентов, q	Степень полиномов, n			
	2	3 (неполная)	3	4
3	6	7	10	15

Продолжение таблицы 1.6

4	10	14	20	35
5	15	25	35	70
6	21	41	56	126
8	36	92	12	330
10	55	175	220	715

Отклик для смесей, содержащих только один ненулевой компонент (вершины симплекса, т. е. точки с координатами $(0, \dots, 0; 1; 0, \dots, 0)$), обозначается через y_i , отклик для 1:1 бинарной смеси компонентов i и j – через y_{ij} ($i < j$), отклик для 1:1:1 тройной смеси компонентов i, j, k – через y_{ijk} ($i < j < k$), отклик для 2:1 и 1:2 бинарных смесей компонентов i и j соответственно – через y_{iij} и y_{ijj} ($i < j$) т. д. В общем случае индексы y откликов y вводятся с тем расчетом, чтобы их общее число было равно n ; число различных индексов указывало бы количество компонентов, применяемых в соответствующей данной точке смеси; число одинаковых индексов показывало бы относительное содержание компонентов.

Модель первого порядка для q -компонентного состава:

$$\hat{y} = \sum_{1 \leq i \leq q} \beta_i x_i,$$

где $\beta_i = y_i$.

Модель второго порядка для q -компонентного состава:

$$\hat{y} = \sum_{1 \leq i \leq q} \beta_i x_i + \sum_{m=2}^n \beta_{ij} x_i x_j,$$

где $\beta_i = y_i$, $\beta_{ij} = 4y_{ij} - 2y_i - 2y_j$.

Аналогично определяются модели более высоких порядков.

Полный переход к модели более высокого порядка путем достройки симплексной решетки осуществляют в том случае, если модель окажется неадекватной при верификации. Иногда можно не делать полный переход к полиному более высокой степени. Для этого можно добавить к имеющемуся неадекватному полиному некоторые члены из полинома более высокой степени (переход от полинома второй степени к полиному неполной третьей степени), добавить к плану второго порядка тройных точек с равными пропорциями компонентов, увеличить информацию о центральной области симплекса без резкого увеличения степени полинома. В таком случае можно добавлять, например, к планам второго или третьего порядка средние точки из плана четвертого порядка. Аналогичным образом можно усиливать информацию о любой части симплекса.

После определения оценок коэффициентов уравнения регрессии проводится статистический анализ полученных результатов: проверяется адекватность уравнения, строятся доверительные интервалы значений отклика, предсказываемые по уравнению регрессии. «Симплекс-решетчатые» планы Шефе не имеют степеней свободы, поэтому для проверки адекватности проводят опыты в дополнительных «контрольных точках». Полученные аппроксимирующие модели различных порядков могут быть использованы для предсказания откликов в любой точке симплекса. Точность предсказания отклика какой-либо фиксированной моделью различна в разных точках симплекса и кроме координат точки зависит также от экспериментальной ситуации (дисперсии опыта, количества параллельных наблюдений в узлах симплексной решетки).

Зная дисперсию предсказанного значения отклика и число параллельных опытов r , легко найти ошибку предсказанных значений отклика в любой точке диаграммы «состав-свойство», воспользовавшись для этого соответствующей величиной ξ . Проверку адекватности проводят в каждой контрольной точке. Для этого используют статистику:

$$t = \frac{\Delta y \sqrt{r}}{\sigma_y^2 \sqrt{1 + \xi}},$$

где $\Delta y = |y_{\text{эксперимента}} - y_{\text{расчетное}}|$,

r – число параллельных опытов в каждой точке.

Величина t , распределенная по критерию Стьюдента, сравнивается с табличным значением $t_{p/2l}(f)$,

где p – уровень значимости;

l – число контрольных точек;

f – число степеней свободы дисперсии.

Гипотеза об адекватности уравнения принимается, если $t_{\text{эксперимента}} < t_{\text{табличное}}$ для всех контрольных точек. Так как оптимальные значения концентраций ингредиентов полимерных составов для одних свойств максимальны, а для других минимальны, то на основании применения коэффициентов значимости можно определить концентрации, которые будут способствовать оптимальному проявлению сразу нескольких факторов.

Метод математического планирования эксперимента в исследованиях оптимального набора ингредиентов композиционных полимерных материалов в лабораторных условиях, в условиях питомника позволяет минимизировать количество проводимых опытов, получить математические модели, устанавливающие оптимальные концентрации целевых добавок композиционного материала для получения максимального лесоводственного и экологического эффекта.

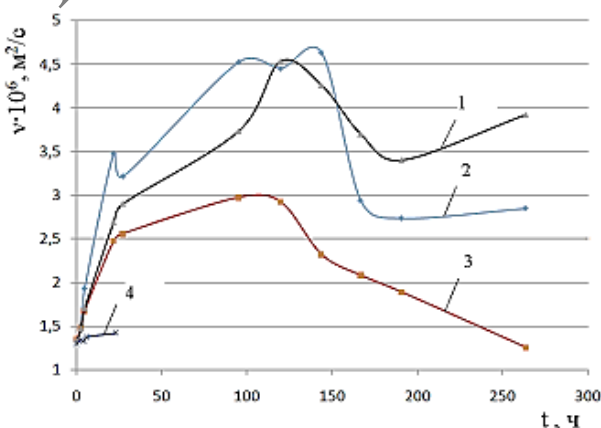
Для приготовления составов, которыми можно без травмирования обрабатывать корневые системы сеянцев дуба черешчатого, придерживались следующих значений концентраций водорастворимых полимеров, которые находятся в диапазоне: натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы – $3,5 \pm 0,3$ мас.%; гуаровая камедь – $0,5 \pm 0,03$ мас.%

Дальнейшее увеличение концентраций водорастворимых полимеров приводит к резкому увеличению вязкости, и как следствие, ухудшению технологичности обработки корневых систем сеянцев дуба черешчатого.

Изменение концентраций натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы до 3 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 гуаровой камеди 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 (рисунок 1.5, кривая 4). Сульфат меди в водной среде диссоциирует на ионы и оказывает экранирующее действие на ионизированные группы, что как следствие, приводит к изменению между ними взаимодействия. Молекулы мочевины и глицерина способны взаимодействовать с активными центрами макромолекул водорастворимых полимеров, образуя сложные структуры за счет водородных сил.

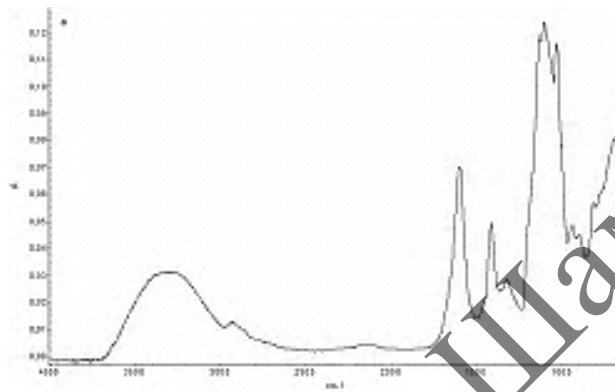
Из рисунка 1.5 (кривые 1–3) видно, что при добавлении целевых добавок вязкость всех растворов увеличивается в первые 120 часов с момента наблюдения. В дальнейшем вязкость растворов уменьшается, что связано с деструкцией макромолекул и, как следствие, уменьшением количества взаимодействующих активных центров гуаровой камеди – целевая добавка.



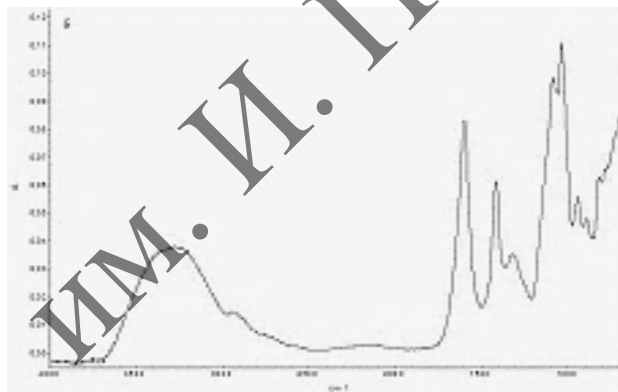
добавки: 1 – глицерин, 2 – сульфат меди, 3 – мочевина, 4 – без добавок
Рисунок 1.5 – Кинетика изменения вязкости композиционного материала на основе гуаровой камеди во времени

В течение 120–150 часов с момента проведения экспериментов вязкость уменьшается за счет деструкции в водной среде макромолекул сульфата меди. 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 3000–3600 см^{-1} (рисунок 1.6).

а)



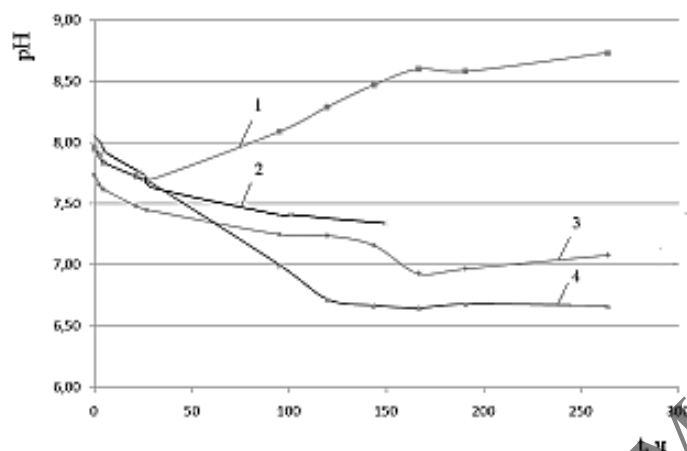
б)



а – спустя час с момента проведения эксперимента; б – спустя 72 часа
Рисунок 1.6 – ИК-спектры композиционных материалов на основе гуаровой камеди

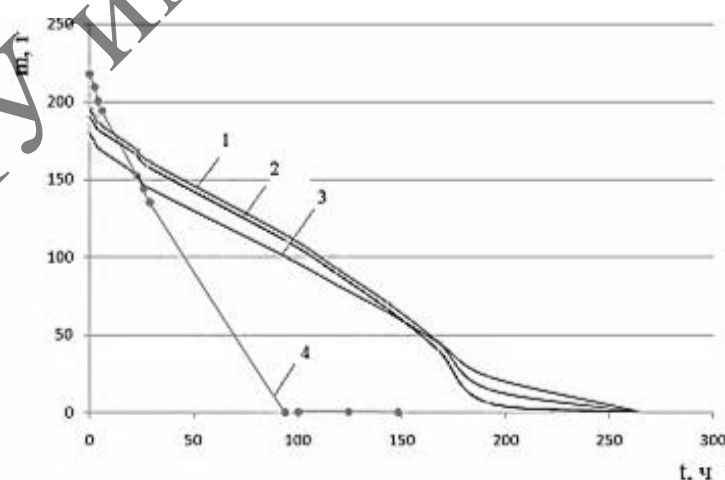
Стабилизация вязкости либо незначительное ее изменение спустя 170 часов с момента проведения эксперимента может свидетельствовать о протекании двух конкурирующих факторов – деструкция полимера и образование сложных макромолекул за счет взаимодействий гуаровой камеди – целевая добавка. Наименьшее падение вязкости наблюдается в водном растворе на основе альгинат натрия – глицерин. Это связано с тем, что глицерин может выступать акцептором ОН-радикала, который предотвращает деструкцию сульфата меди.

Изменение рН-среды связано с накоплением ионов OH^- (кривая 1) и H^+ (рисунок 1.7, кривые 2–4), что также свидетельствует о деструкции макромолекул.



добавки: 1 – мочевина, 2 – без добавок, 3 – сульфат меди, 4 – гуаровая камедь
Рисунок 1.7 – Кинетика изменения кислотности во времени

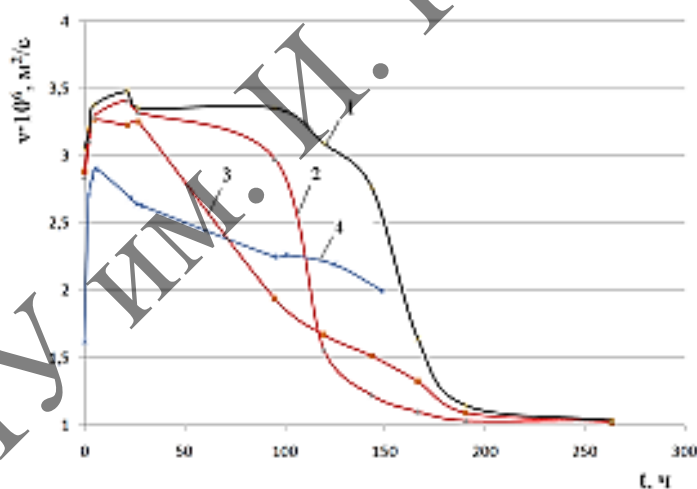
Добавление целевых добавок в растворы гуаровой камеди приводит к образованию сложных структур (рисунок 1.8). Влагоудерживающая способность «мокрых» покрытий, полученных методом налива из образовавшегося геля на основе одного альгината натрия (кривая 4) будет выше на 10 %, чем с добавлением третьего компонента. При этом сама природа целевых добавок существенно не влияет на влагоудерживающую способность и кинетику испарения влаги (кривые 1–3).



добавки: 1 – мочевина, 2 – сульфат меди, 3 – сапропель, 4 – без добавок
Рисунок 1.8 – Кинетика изменения влагоудерживающей способности композиционных материалов во времени

При введении целевых добавок образующаяся сложная структура увеличивает влагоудерживающую способность. Так, спустя 100 часов эксперимента в покрытии 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.

На рисунке 1.9 представлена кинетика изменения вязкости композиционного полимерного состава 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 $3,45 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}$, 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.

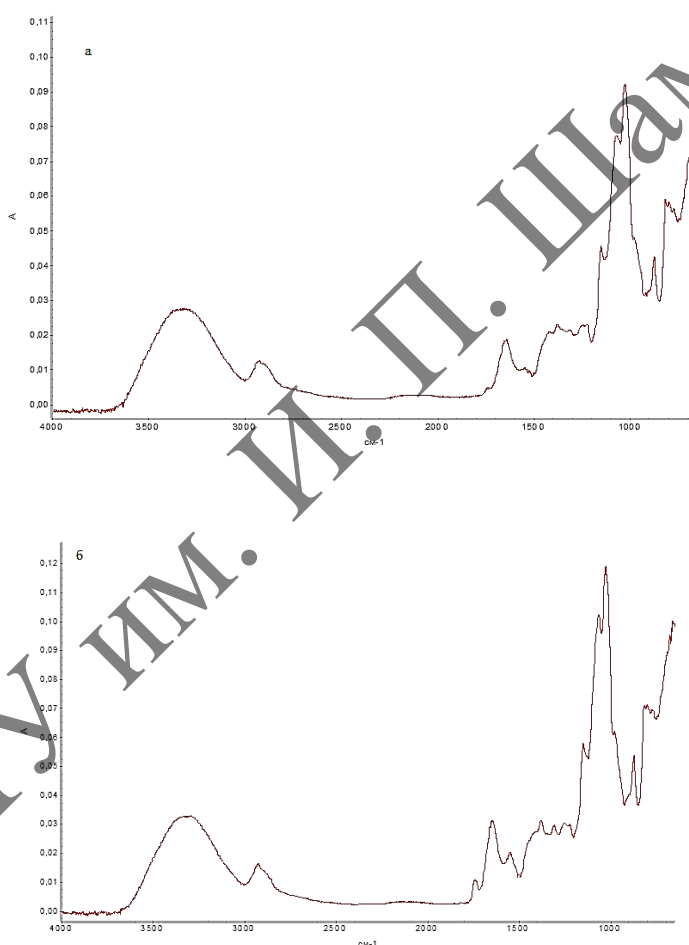


добавки: 1 – сапрпель, 2 – мочеви́на, 3 – сульфат меди, 4 – без добавок
Рисунок 1.9 – Кинетика изменения вязкости композиционных материалов на основе гуаровой камеди во времени

Наибольшей вязкостью при хранении обладает водный раствор на основе гуаровой камеди и аммония фосфорнокислого. 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 1.10).

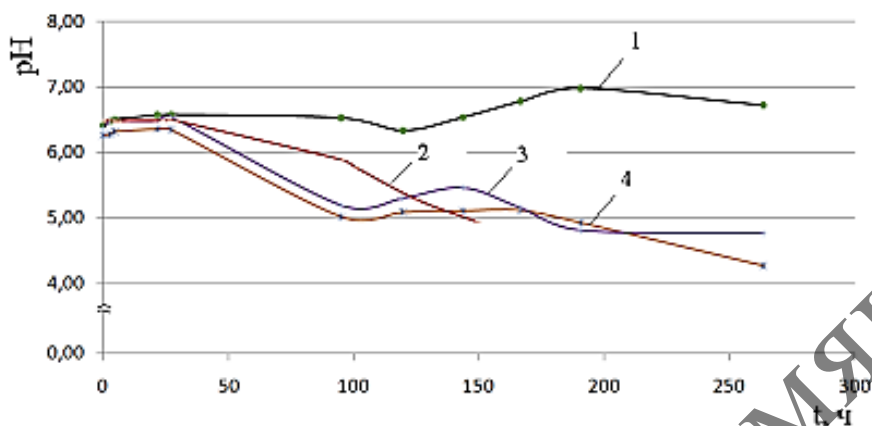


а – спустя час с момента проведения эксперимента; б – спустя 72 часа

Рисунок 1.10 – ИК-спектры композиционных материалов на основе гуаровой камеди

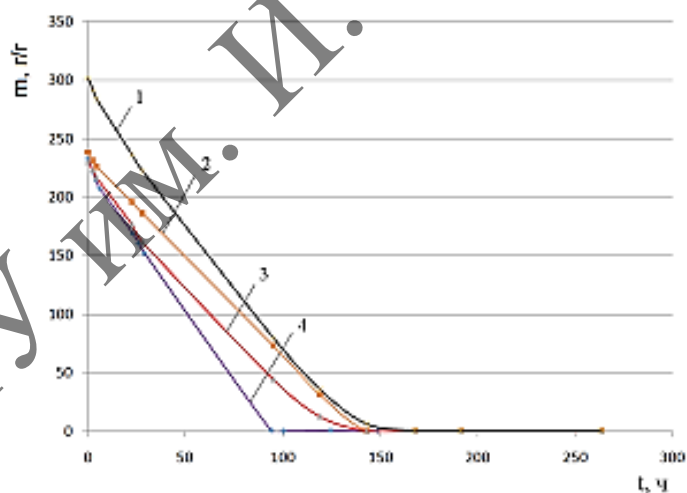
В растворах гуаровой камеди и целевых добавок падение вязкости наблюдается до значений, соответствующих вязкости воды. Введение в растворы гуаровой камеди целевых добавок не приводит к изменению рН-среды (рисунок 1.11), но с течением времени значение рН-среды

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.



добавки: 1 – мочевина, 2 – без добавок, 3 – сапропель, 4 – сульфат меди
Рисунок 1.11 – Кинетика изменения кислотности композиционных материалов во времени

Добавление целевых добавок в растворы гуаровой камеди приводит к образованию сложных структур (рисунок 1.12).



добавки: 1 – сапропель, 2 – сульфат меди, 3 – мочевина, 4 – без добавок
Рисунок 1.12 – Кинетика изменения влагоудерживающей способности композиционных материалов во времени

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 сульфат меди. На наш взгляд, это связано с тем, что в таком

растворе не только образуются сложные системы, но и сам аммоний фосфорнокислый активно способствует связыванию и удержанию влаги.

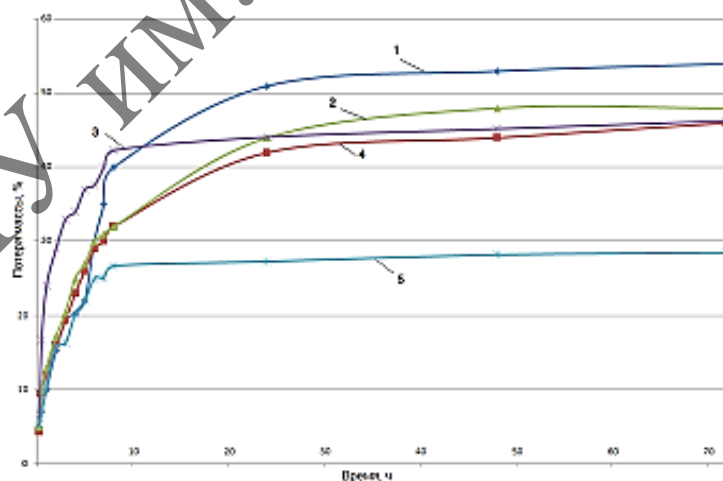
Спустя 100 часов с начала проведения эксперимента в покрытии, полученном из раствора гуаровой камеди, осталась только связанная вода, которая в последующем не испарилась после часа сушки при температуре 70 °С. В то же время влагоудерживающая способность покрытий, образованных из составов с целевыми добавками, 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 семян дуба черешчатого следующими биометрическими показателями: толщина стволика у корневой шейки – 2,6 мм; высота надземной части – 16,3 см.

Оптимальные концентрации полимерных пленкообразующих компонентов определялись в процессе обработки корневых систем семян дуба черешчатого водными растворами NaКМЦ, ПВС и ПАА различных концентраций от 3 до 10 мас.%. 10%-ные концентрации пленкообразующих компонентов были использованы только в варианте с NaКМЦ, т. к. были определенные технологические трудности формирования пленки покрытия из-за большой вязкости. После обработки корневых систем семян хвойных пород композиционным материалом происходит замедление скорости испарения влаги корневыми системами.

Влияние природы и концентрации пленкообразователей на потерю массы корневыми системами семян дуба черешчатого показано на рисунке 1.13.



1 – корневые системы семян дуба черешчатого без обработки; 2 – корневые системы семян дуба черешчатого, обработанные ПВС; 3 – корневые системы семян дуба черешчатого, обработанные ПВА; 4 – корневые системы семян дуба черешчатого, обработанные NaКМЦ; 5 – корневые системы семян дуба черешчатого, обработанные ПАА

Рисунок 1.13 – Влияние природы пленкообразователей концентрацией 3,5 мас.% на потерю массы корневыми системами семян дуба черешчатого

Влияние природы пленкообразователя концентрацией 3,5 мас.% на потерю массы корневыми системами семян дуба черешчатого можно описать уравнениями:

корневые системы семян дуба черешчатого без обработки:

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

корневые системы семян дуба черешчатого, обработанные ПВС:

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

корневые системы семян дуба черешчатого, обработанные ПВА:

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

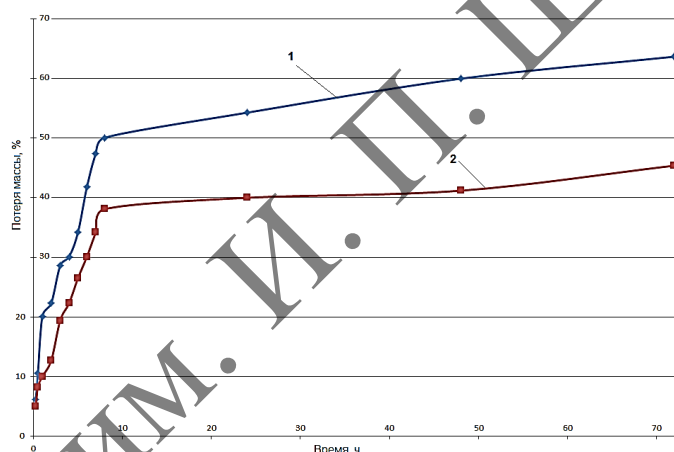
корневые системы семян дуба черешчатого, обработанные NaКМЦ:

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

корневые системы семян дуба черешчатого, обработанные ПАА:

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

Влияние композиционных материалов на основе NaКМЦ на потерю массы корневыми системами семян дуба черешчатого представлено на рисунке 1.14.



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

Рисунок 1.14 – Зависимость потери массы корневыми системами семян дуба черешчатого от момента времени обработки

Зависимость потери массы корневыми системами семян дуба черешчатого от момента времени обработки можно описать уравнениями (10):

без обработки корневых систем:

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

обработанные корневые системы на основе NaКМЦ + добавки:

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

В таблице 1.7 представлено влияние композиционного материала от времени на потерю влаги корневыми системами семян дуба черешчатого.

Таблица 1.7 – Влияние обработки корневых систем сеянцев дуба черешчатого композиционным материалом на потерю воды (%)

Варианты опыта	Время после обработки, час												
	0,25	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	24	48	72
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
NaКМЦ+ 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

Композиционный материал для защиты корневых систем сеянцев дуба черешчатого представлен NaКМЦ, гуаровой камедью, сульфатом цинка и сапропелью. 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 1–2 мм, а при наличии дисперсных структурообразователей толщина может достигать 3–4 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 переходить обратно в гель.

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

Анализ данной таблицы показывает, что на потерю влаги влияет обработка корневых систем КМ. Наименьшая потеря воды корневыми системами наблюдается у сеянцев дуба черешчатого, обработанных КМ. 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 1.8.

Таблица 1.8 – Композиционный материал для защиты корневой системы сеянцев дуба черешчатого

Компоненты и свойства	Содержание составов, масс.%		
	предлагаемые		
	I	II	III
I. Компоненты			
Натрийкарбоксилметилцеллюлоза	3	3,5	4
Гуаровая камедь	0,3	0,5	0,7
Сульфат меди	0,004	0,005	0,006
Субстрат сапропелевый	0,3	0,5	0,7
Вода	96,396	95,495	94,594
II. Свойства			
Эластичность полимерного покрытия, мм	6	7	7
Однородность покрытия, класс	4	4	4
Вязкость, с	150	165	170

Как видно из таблицы, сочетание выбранных компонентов позволило увеличить эластичность полимерного покрытия на 20 % – 33 %, улучшить однородность покрытий, а также обеспечить оптимальную вязкость 150–170 с. Отсутствие в растворе гуаровой камеди и аммония фосфорнокислого приводит к ухудшению свойств разработанного композиционного полимерного состава.

Для улучшения качества покрытий композиционного материала на поверхности корневой системы сеянцев дуба черешчатого за счет получения более гомогенного состава проведены исследования по изучению условной вязкости состава на основе NaКМЦ и целевых добавок в виде гуаровой камеди и сульфата меди. При увеличении концентрации гуаровой камеди до 0,7 мас.% условная вязкость композиционного полимерного состава составила 190 с и превысила оптимальный показатель на 12 % – 14 %. При снижении концентрации гуаровой камеди до 0,3 мас.% условная вязкость снизилась до 140 с. При использовании целевой добавки сульфата меди 0,003 мас.% и 0,007 мас.% условная вязкость композиционного материала изменилась и составила 140 и 190 с соответственно.

Оптимальная полимерная композиция для защиты корневой системы сеянцев дуба черешчатого состоит из натрийкарбоксилметилцеллюлозы 3,5 мас.%, а в качестве целевых добавок содержит гуаровую камедь 0,5 мас.%, сульфат меди 0,005 мас.% и субстрат сапропелевый – 0,5 мас.%.

Нами проведены исследования по влиянию различных концентраций гуаровой камеди в водном растворе на вязкость его раствора (таблица 1.9).

Таблица 1.9 – Влияние различных концентраций гуаровой камеди на условную вязкость его раствора (вискозиметр ВЗ-3)

Варианты опыта	Параметр	Концентрация полимера в растворе, мас.%				
		3	4	5	7	10
1	условная вязкость, с	141	141	168	168	247
2	условная вязкость, с	144	141	174	168	251

Экспериментально установлено, что оптимальная концентрация водорастворимых полимеров в водном растворе должна находиться в интервале 4–5 мас.%. Оптимальный водородный показатель для хвойных пород составляет 4,5–5,5 единиц. Соответственно рН-состав для обработки корневых систем растений должен лежать в таком диапазоне.

Составы для обработки корневых систем растений должны обладать тиксотропными свойствами, т. е. обладать способностью самопроизвольно восстанавливать структуру после прекращения действия на нее внешних механических воздействий. В качестве внешних воздействий на композиционные полимерные составы выступает механическое погружение в последние посадочного материала до уровня корневой шейки. При погружении корневой системы и ее движении в составе возникают касательные напряжения, способствующие разрушению структуры. После этого разрушенная структура состава должна восстановиться за короткий срок и за счет физического взаимодействия с корневой системой образовать сплошное покрытие. Время восстановления структуры влияет на время обработки корневых систем растений в разработанных составах. Уменьшение продолжительности времени одновременной обработки партии, состоящей из 10 растений, на 1 минуту позволяет уменьшить время обработки 1000 растений на 100 минут, что в конечном итоге приводит к снижению трудозатрат и повышению рентабельности лесокультурных мероприятий.

Чтобы оценить вклад целевых добавок на тиксотропные свойства, были исследованы реологические свойства следующих растворов на основе гуаровой камеди (таблица 1.10).

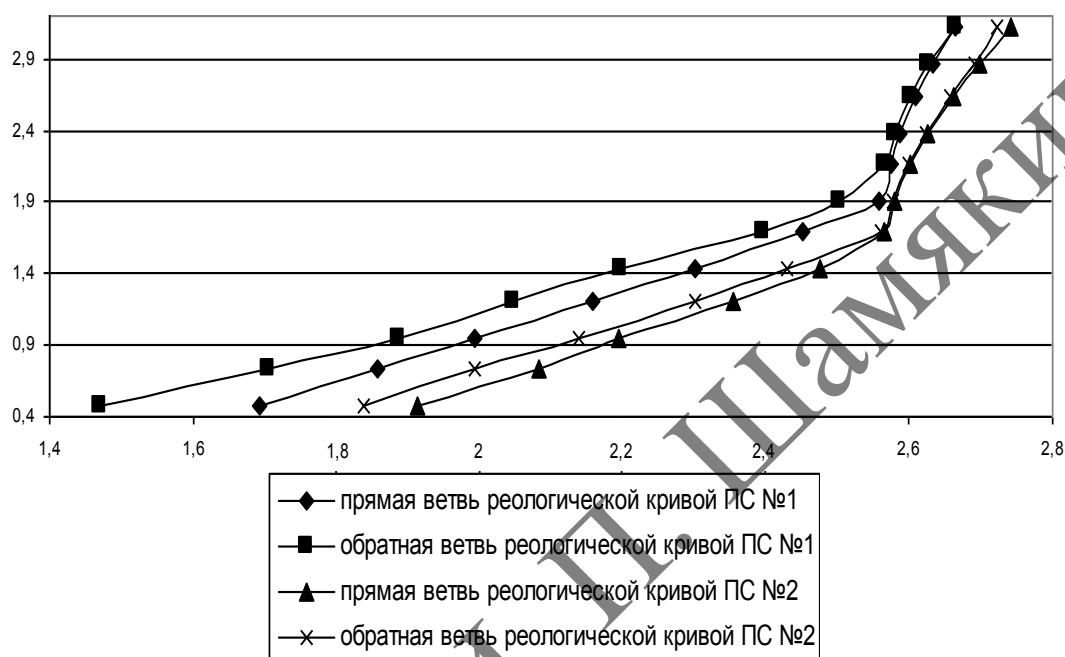
Таблица 1.10 – Исследуемые водные растворы

№ состава	Ингредиенты и их соотношения, время с момента приготовления
1	5,00 Гуаровая камедь : 0,3 ПАА, 2 часа
2	5,00 Гуаровая камедь, 2 часа
3	5,00 Гуаровая камедь : 0,3 ПАА : 0,10 мочевины, 2 часа
4	5,00 Гуаровая камедь : 0,3 ПАА : 0,10 хлорид калия, 2 часа

Тиксотропные свойства полимерных составов на основе совмещенных водорастворимых полимеров (ВП) выше, чем у полимерного состава (ПС) на основе гуаровой камеди. На наш взгляд, это связано с тем, что водный

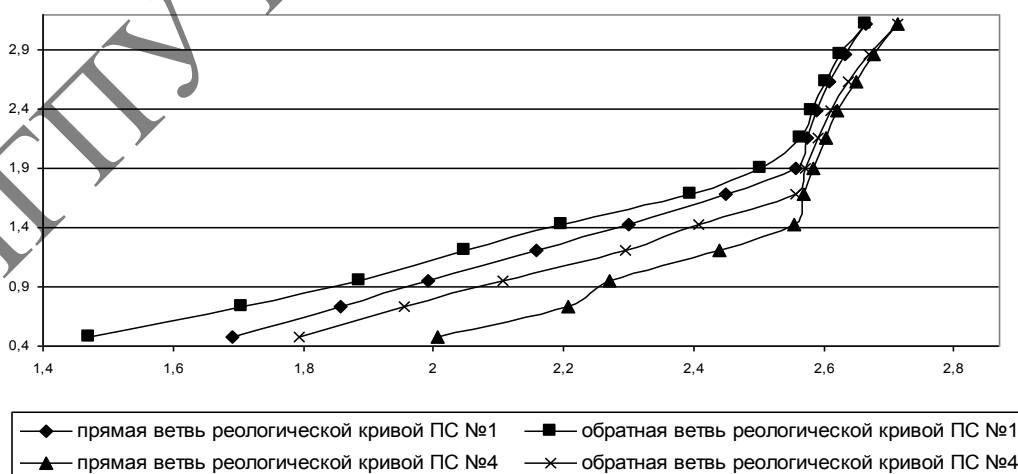
раствор гуаровой камеди имеет щелочную среду, в которой наблюдается частичное превращение амидных групп ПАА в карбоксилатные, а также увеличение размеров макромолекулярных клубков и вязкости вследствие электростатических отталкиваний одноименных зарядов цепи (рисунок 1.15).

Введение в качестве элемента питания хлорида калия способствует изменению тиксотропных свойств.



τ_r - касательное напряжение, Па; D_g – градиент напряжения на срез, см^{-1}
 Рисунок 1.15 – Тиксотропные свойства составов № 1 и № 2

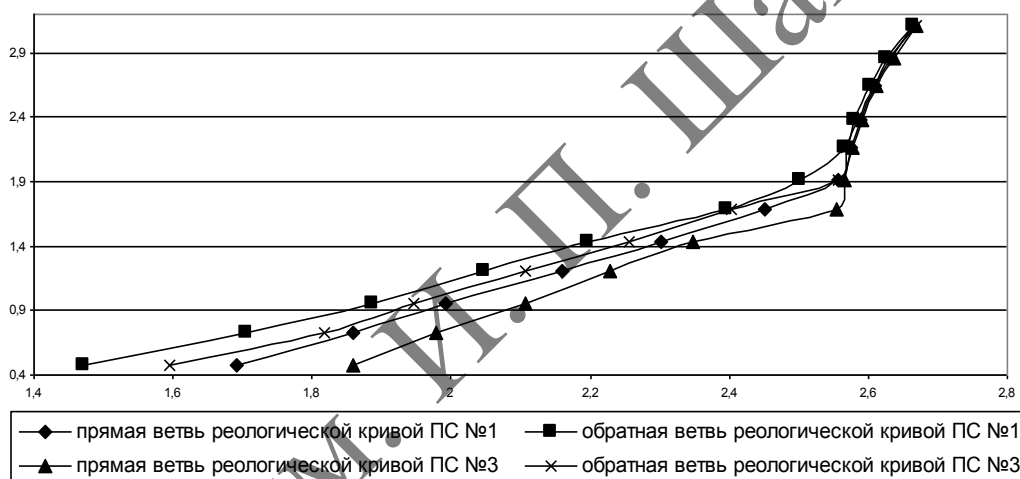
На рисунке 1.16 представлены тиксотропные свойства составов № 1 и № 4 с добавкой хлорида калия и без него.



τ_r - касательное напряжение, Па; D_g – градиент напряжения на срез, см^{-1}
 Рисунок 1.16 – Тиксотропные свойства составов № 1 и № 4

Их сравнительный анализ позволяет сделать вывод, что введение хлорида калия в количестве 0,10 % увеличивает тиксотропные свойства (разность касательных напряжений, соответствующих реологическим кривым, при градиенте сдвига $26,957 \text{ с}^{-1}$ в таких ПС в 3,3 раза больше, чем в водных растворах полимеров). После приложения касательных напряжений структура разрушается, все макромолекулы под действием этих напряжений ориентируются вдоль их линии действия. После прекращения действия касательных напряжений, кроме броуновского движения макромолекул, на наш взгляд, в упорядочение структуры вносят вклад диполи K^+ и Cl^- , которые электростатически воздействуют (притягивают или отталкивают) на активные центры макромолекул.

Анализ зависимостей, представленных на рисунке 1.17, свидетельствует, что введение в состав на основе двух ВП в качестве целевой добавки мочевины не оказывает существенного влияния на тиксотропные свойства.



τ_r - касательное напряжение, Па; D_r – градиент напряжения на срез, см⁻¹
Рисунок 1.17 – Тиксотропные свойства составов № 1 и № 3

Нами разработана математическая модель защиты корневых систем семян от иссушения от воздействия температуры окружающей среды. При транспортировке семян с обработанными корневыми системами важным является способность компонентов состава создавать благоприятные условия в околокорневой зоне. Эта способность определяется в первую очередь физическими свойствами компонентов состава, особенно таким, как способность состава препятствовать нагреву корневых систем, т. е. таким параметрам, как коэффициенты теплопроводности и удельной теплоемкости состава.

Температура во внутреннем слое геля, нанесенном на корневую систему, будет определяться из уравнения.

Из уравнения определим температуру гелевой жидкости в границе с корневой системой, т. е. при $x=0$. Пользуясь уравнением, составленным

уже из предположения нагрева корневой системы, и решая его, найдем распределение температуры в любой точке КПС.

В качестве иллюстрации закономерностей распределения температурного поля, описываемого решением на рисунке 1.18, представлена зависимость температуры от плотности теплового потока в течение 20 минут воздействия такого потока на обработанную КПС корневую систему при толщине защитного покрытия в 1 см.

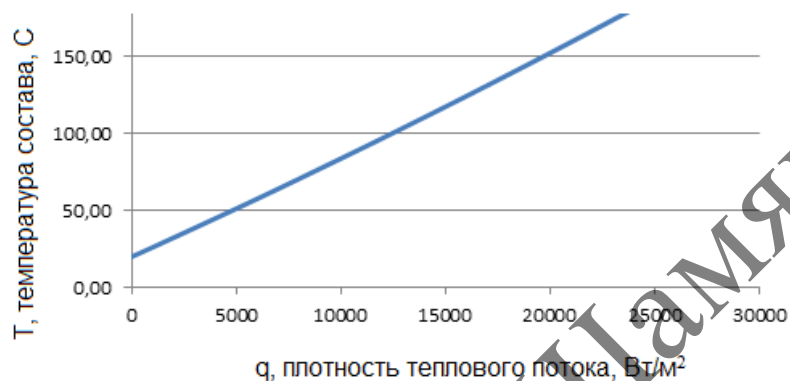


Рисунок 1.18 – Зависимость температуры от плотности теплового потока в течение 20 минут воздействия такого потока на обработанную композиционным материалом корневую систему

На рисунке 1.19 представлена зависимость температуры слоя КПС от времени воздействия на него тепловым потоком 20 кВт/м².

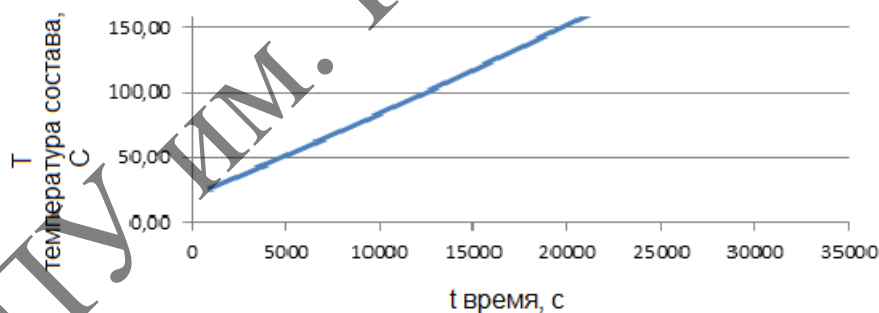


Рисунок 1.19 – Зависимость температуры образца от времени воздействия на него тепловым потоком 20 кВт/м²

Наблюдается прямолинейная зависимость температуры образца от времени воздействия на него тепловым потоком и от плотности теплового потока.

Доступность микроэлементов во многом определяется кислотностью почвенной среды. Дерновоподзолистые почвы характеризуются довольно низким содержанием бора, меди, кобальта, молибдена и ряда других микроэлементов. В то же время кислые почвы хорошо обеспечены марганцем. Усвоение растениями бора, меди, кобальта и цинка возрастает на кислых

почвах, а молибдена – на щелочных. Микроэлементы используют обычно растворов слабых концентраций (от 0,01 % до 0,1 %). Возможно применение микроудобрений совместно с основными удобрениями (NPK), вносимыми в почву.

При разработке рецептуры учитывали верхний диапазон концентраций макроэлементов – 1 мас.%; микроэлементов – 0,1 мас.%. В связи с тем, что элементы питания и стимуляторы роста не только целесообразно вводить с физиологической точки зрения, но и за счет выбора природы и концентрации компонентов, размера частиц, формы, функциональной направленности и т. д. можно регулировать в самых широких пределах физико-химические свойства композиционных материалов (величину влагопоглощения, вододерживающую способность, коэффициент сорбции, проницаемости, диффузии жидких сред, стойкость композиционного материала в жидких средах), то диапазон концентраций будет сужен после установления влияния солей на разрабатываемые составы. При этом следует учитывать, что введение солей в полимерные составы также часто приводит к изменению pH и выпадению в них нерастворимого осадка, и, как следствие, становится невозможным использовать их по назначению.

Физиологические свойства семян хвойных пород зависят от количества влаги в корневых системах растений. В качестве растворителя в составах важно использовать воду, которая будет физически доступна растению. Возможно использовать смесь растворителей, но при условии, что растворители не будут вступать между собой во взаимодействия и вода будет по-прежнему физически доступна корневым системам.

На Корневской экспериментальной лесной базе Института леса НАН Беларуси в промышленных условиях отработана технология, которая позволила выявить и устранить проблемы при наработке опытных партий.

1. При проведении лабораторных исследований нами ранее предлагалось при постоянном перемешивании в водной среде растворять необходимое количество целевых добавок. Однако в промышленном масштабе (без использования закрытых емкостей, способных к вращению во всех плоскостях) возникают проблемы при перемешивании объемов жидкости свыше 50 литров. Это связано с тем, что при перемешивании часть жидкости выливается, что приводит к увеличению концентраций целевых добавок. При этом определить количество вылитой жидкости с требуемой погрешностью не представляется возможным.

2. При проведении лабораторных исследований предлагается полностью растворения водорастворимого полимера оценивать по отсутствию видимых остатков полимера.

3. Для стабилизации вязкости, полученной в результате растворения водорастворимых полимеров гелеобразной композиции, оставляли её в покое как минимум на 1 час.

4. С целью недопущения «высаливания» макромолекул водорастворимого полимера при реагировании его с целевыми добавками недопустимо

в концентрированный раствор целевых добавок добавлять гелеобразную композицию.

5. Полученный концентрированный раствор целевых добавок выливали в технологическую емкость.

6. С целью получения требуемых концентраций целевых добавок в концентрированный раствор добавляли необходимый объем воды.

7. В полученный объем раствора добавляли при перемешивании гелеобразную композицию.

8. Полученный состав перемешивали в течение 5–10 минут.

Предлагаемая технология позволила получить гомогенный состав, в котором все компоненты распределены равномерно по всему объему.

На рисунке 1.20 представлен комплекс оборудования для исследования используемых нами пленочных композиционных материалов.



Рисунок 1.20 – Комплекс оборудования для исследования пленочных композиционных материалов

ГЛАВА 2

ПОЛУЧЕНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОНЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Интенсификация питомнического хозяйства и увеличение выхода стандартного посадочного материала с единицы площади могут быть достигнуты на основе совершенствования технологии, 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 прежде всего гумусом. Для повышения содержания гумуса в почве важную роль играют органические удобрения. Систематическое применение органических удобрений увеличивает запас питательных веществ в почве, повышает 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. Наличие на корнях сеянцев древесных растений микоризы и степени ее развития – существенный показатель их качества [153]. Древесные растения с хорошо развитыми корневыми системами лучше растут и приживаются при пересадке. В настоящее время агротехника выращивания посадочного материала в лесных питомниках не в полной мере учитывает специфику микоризообразования.

Оценка успешности микоризообразования на корнях сеянцев хвойных пород, по мнению Д.В. Веселкина [153], должна стать одной из процедур контроля качества посадочного материала. Показатели микоризообразования на корневых системах позволяют наряду с другими факторами реально оценить фактическое состояние почв исследуемых лесных лесопитомников.

2.1 Лабораторные исследования по влиянию компонентов растительного и животного происхождения на степень готовности органоминеральных удобрений

В настоящее время в питомниках Беларуси ежегодная потребность в компостах составляет 40–45 тыс. т. В то же время ежегодное количество отходов в виде коры составляют 450–500 тыс. м³, и часть из них может быть использована на производство органических удобрений. Поэтому разработка системы мер по интенсификации выращивания посадочного материала хвойных пород с применением компостов на основе древесной коры является важным звеном в рациональном использовании отходов

деревообрабатывающей промышленности и повышении плодородия почв лесных питомников республики. В «Наставлении по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых видов в лесных питомниках Республики Беларусь» [154] указано, что компостирование коры и других древесных отходов может служить одним из возможных резервов для получения органических удобрений в лесных питомниках. Поэтому нами использованы составы коровых компостов путем введения органоминеральных добавок в виде хвойной коры, торфа переходного, куриного помета и полимерного структурообразователя, а также разработана принципиально новая технология приготовления компостов – буртовым способом, а не траншейным.

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 [154].

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 [154]. Для сокращения срока готовности компоста и улучшения его качества компост 2-3 раза перемешивают. В связи с большим интервалом срока готовности коровых компостов нами поставлена задача изучить влияние различных компонентов на период их готовности.

Изучение процессов, протекающих при компостировании коровых субстратов с органоминеральными добавками в лабораторных условиях, проводили при двух температурах 20 °С и 45 °С на 1-й, 3-й и 7-й месяцы эксперимента по следующим вариантам опыта:

- 1 – контроль – хвойная кора (К-1);
- 2 – хвойная кора с минеральными удобрениями (В-1);
- 3 – хвойная кора с куриным пометом в соотношении 4:1 (В-2);
- 4 – хвойная кора с торфом и куриным пометом в соотношении 4:1:1 (В-3);
- 5 – хвойная кора с яблочными отжимами и куриным пометом в соотношении 1:1:1 (В-4); контроль – лиственная кора (К-2);
- 6 – лиственная кора с куриным пометом в соотношении 4:1 (В-5);
- 7 – лиственная кора с торфом и куриным пометом в соотношении 4:1:1 (В-6).

Результаты физико-химического анализа исходных компонентов компоста на основе хвойной и лиственной коры, хвойных опилок с органоминеральными добавками для последующих лабораторных и производственных исследований приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Компоненты исходных компостов и их физико-химические свойства

Компоненты компостов	Влажность, %	РН _{НСИ}	Зольность	Содержание основных элементов			
				азота		фосфора, %	калия, %
				общего, %	аммиачного, мг/100 г		
Хвойная кора	52,8	3,5	66,57	0,44	–	0,05	–
Лиственная кора	61,2	5,6	40,71	0,99	–	0,09	–
Торф переходной	61,1	3,0	26,44	0,63	–	0,03	–
Хвойные опилки	23,9	5,3	1,05	0,12	–	0,01	–
Отжимы яблочные	80,6	3,3	28,69	0,63	–	0,10	–
Куриный помет на опилках	32,3	8,0	12,33	4,42	563,40	3,76	–

Химический анализ показал, что во всех используемых исходных компонентах компостов (кора, хвойные опилки, торф и яблочные отжимы) содержание общего азота находится в пределах от 0,12 до 0,99 %. В курином помете на опилках содержание общего азота составляет 4,42 %. В этом субстрате выявлено большое содержание аммиачного азота (563,4 мг/100 г субстрата) и общего фосфора (3,76 %). Следовательно, такая целевая добавка, как куриный помет на опилках, 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 мочевой 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.

Показатели динамики влажности субстратов на основе хвойной и лиственной коры с органоминеральными добавками, термостатируемые при двух температурах в лабораторных условиях в течение семи месяцев представлены в таблице 2.2. В процессе исследований через 1 месяц после постановки эксперимента наблюдалось повышение влажности в среднем на 1,5–4 % во всех вариантах опыта по сравнению с исходным показателем, кроме вариантов К-1 (45), В-1 (20) и В-1 (45), где отмечено небольшое снижение влажности субстратов. После трех месяцев эксперимента в вариантах К-1 (20), К-1 (45), В-1 (20), В-1 (45) и В-3 (45) влажность компостов снизилась. В то время как в вариантах с добавлением куриного помета и яблочных отжимов влажность субстратов продолжала повышаться

соответственно: В-2 (20) – на 4,0 %, В-2 (45) – на 2,2 %, В-4 (20) – на 7,0 % и В-4 (45) – на 3,5 % по сравнению с исходным показателем.

В результате исследований установлена динамика влажности различных субстратов при двух температурах.

Таблица 2.2 – Показатели средней влажности субстратов, термостатируемых в лабораторных условиях

Вариант опыта	Состав опытных субстратов	Средняя влажность субстратов, %						
		в начале эксперимента	термостатируемых при 20 °С			термостатируемых при 45 °С		
			через 1 месяц	через 3 месяца	через 7 месяцев	через 1 месяц	через 3 месяца	через 7 месяцев
К-1	Хвойная кора	53,8 ± 0,91	55,6 ± 1,79	53,5 ± 0,80	51,4 ± 1,20	51,7 ± 0,09	49,2 ± 1,49	41,2 ± 2,27
В-1	Хвойная кора с минеральными удобрениями	55,4 ± 1,39	54,5 ± 0,39	53,2 ± 0,26	50,4 ± 0,68	54,7 ± 1,08	45,9 ± 6,08	32,6 ± 3,97
В-2	Хвойная кора + куриный помет (4:1)	55,1 ± 0,77	56,6 ± 0,30	59,1 ± 0,80	55,5 ± 0,93	56,8 ± 0,39	57,3 ± 0,03	50,7 ± 3,81
В-3	Хвойная кора + торф + куриный помет (4:1:1)	54,9 ± 0,70	58,8 ± 0,41	59,8 ± 1,29	56,2 ± 1,96	59,0 ± 0,29	54,1 ± 1,55	46,9 ± 4,25
В-4	Хвойная кора + яблочные отжимы + куриный помет (1:1:1)	64,3 ± 0,50	67,5 ± 0,19	71,3 ± 0,82	69,7 ± 0,45	71,2 ± 0,07	67,8 ± 0,00	66,1 ± 0,68
К-2	Лиственная кора	63,0 ± 0,44	64,6 ± 1,01	63,7 ± 0,23	62,5 ± 0,048	63,5 ± 0,97	61,4 ± 0,02	49,8 ± 0,87
В-5	Лиственная кора + куриный помет (4:1)	62,9 ± 0,26	65,5 ± 0,38	66,8 ± 0,84	61,4 ± 0,44	66,1 ± 0,29	64,3 ± 1,51	59,6 ± 3,55
В-6	Лиственная кора + торф + куриный помет (4:1:1)	60,1 ± 0,20	62,9 ± 0,44	64,5 ± 0,31	63,5 ± 0,12	63,3 ± 0,17	61,7 ± 0,41	55,8 ± 0,34

Выявлено, что наименьшая влажность субстратов наблюдается в вариантах опыта, термостатируемых при 45 °С. По истечении 7 месяцев после постановки опыта в вариантах, термостатируемых при 20 °С, влажность субстратов составляет от 50,4 до 69,7 %, то термостатируемых при 45 °С – от 32,6 до 66,1 %. Наибольшая влажность субстрата отмечена на варианте, содержащем хвойную кору, куриный помет и яблочные отжимы.

Следовательно, микробиологический процесс разложения опытных компостов в лабораторных условиях с органо-минеральными добавками происходил интенсивнее при более высокой температуре.

В процессе компостирования коровых субстратов в лабораторных условиях определялась динамика рН-субстратов, термостатируемых при двух

температурах в течение 7 месяцев. В результате исследований установлено, что с увеличением времени компостирования в вариантах К-1, В-1, В-2 (20) и В-3 (20) отмечено снижение показателя рН по сравнению с исходным (рисунки 2.1 и 2.2). В вариантах В-2 (45), В-3 (45), В-4 (20) и В-4 (45) показатель рН значительно увеличивается по сравнению с исходным (в среднем в 1,5 раза).

Изучение динамики изменения химического состава компостов по содержанию общего и аммиачного азота, общего фосфора, зольности компостов осуществлялось при температуре 20 °С и 45 °С.

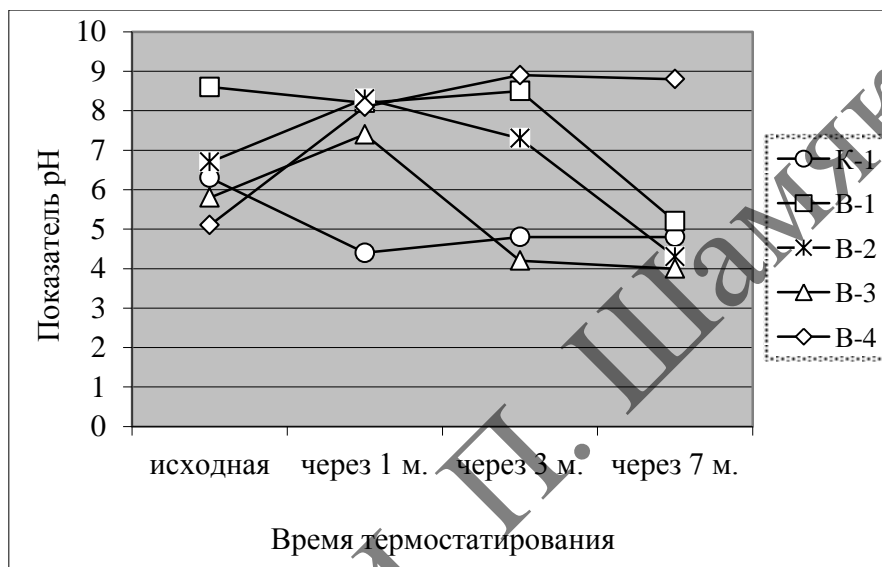


Рисунок 2.1 – Динамика рН-компостов на основе хвойной коры, термостатируемых при 20 °С в лабораторных условиях

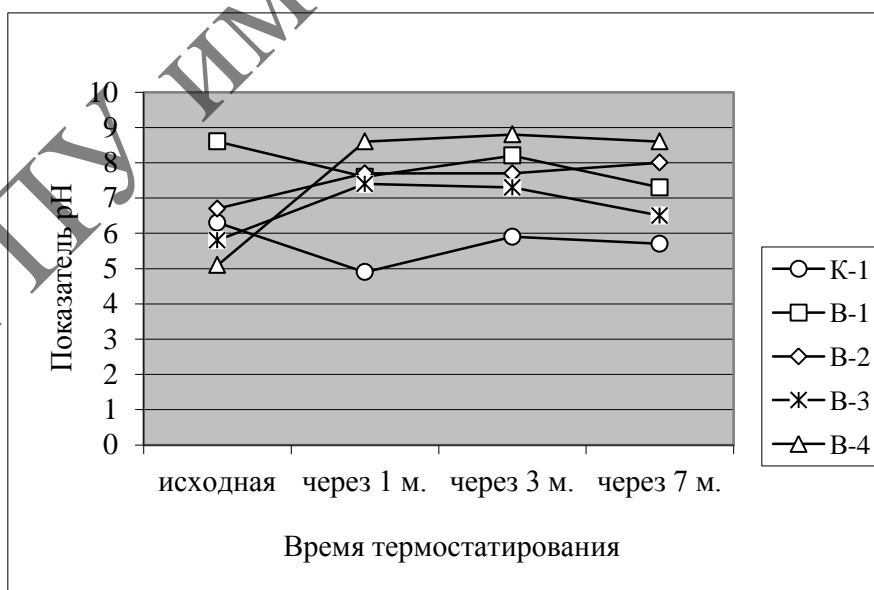
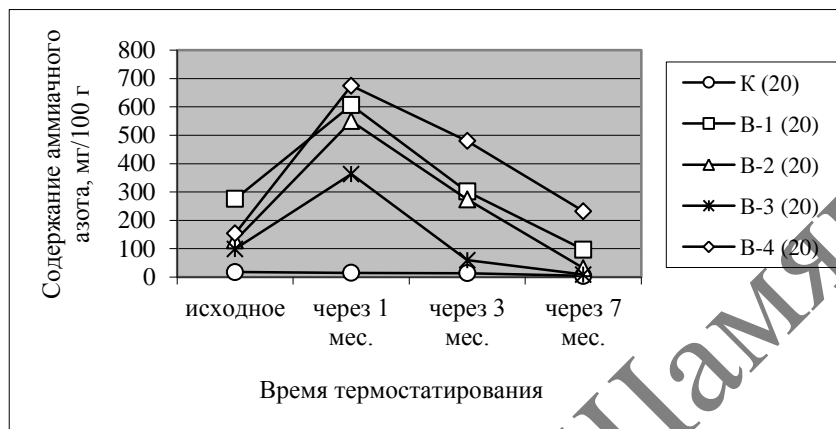
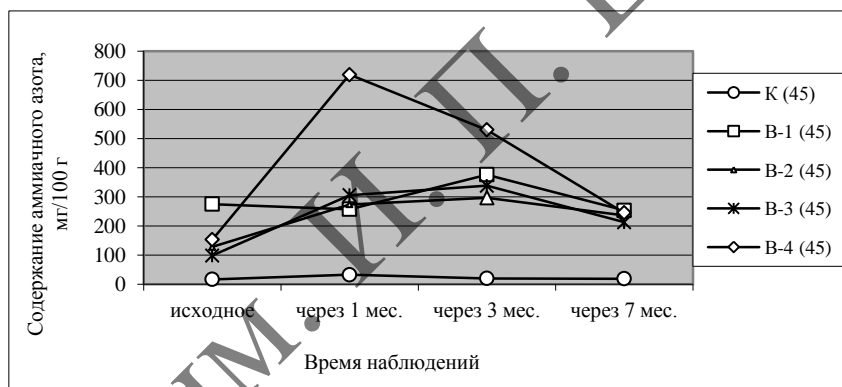


Рисунок 2.2 – Динамика рН-компостов на основе хвойной коры, термостатируемых при 45 °С в лабораторных условиях

Исследования исходных компостных смесей показали, что в контроле К-1 (хвойная кора) содержание аммиачного азота составило 17,4 мг/100 г, а в варианте К-2 (лиственная кора) выявлены только следы этого соединения. Через один месяц после постановки эксперимента выявлены максимальные показатели содержания аммиачного азота в компостах на основе хвойной и лиственной коры с органоминеральными добавками, термостатированных при 20 °С и 45 °С (рисунки 2.3 и 2.4).



А



Б

Рисунок 2.3 – Динамика содержания аммиачного азота в компостах на основе хвойной коры, термостатируемых при двух температурах (А – 20 °С; Б – 45 °С)

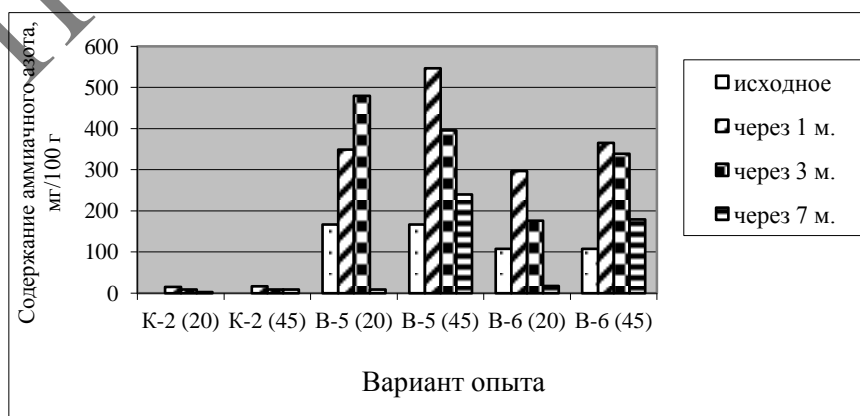


Рисунок 2.4 – Динамика содержания аммиачного азота в компостах на основе лиственной коры, термостатируемых при двух температурах

При дальнейших исследованиях коровых компостов при 20 °С содержание аммиачного азота постепенно снижалось во всех вариантах опыта и через 7 месяцев наблюдений этот показатель уменьшился в среднем в 3–18 раз. Только в варианте В-4 отмечено увеличение содержания аммиачного азота в 2 раза.

Содержание аммиачного азота в коровых компостах при 45 °С также постепенно снижалось, но оставалось выше исходного показателя в среднем в 1,6–2,2 раза. Следовательно, добавление в увлажненную кору органических удобрений, куриного помета, торфа и яблочных отжимов приводит к обогащению субстратов аммиачным азотом. Присутствие в почве аммиачной формы азота стимулирует рост и развитие эктомикоризных грибов, которые используют его для роста микоризы, а избыток элемента поступает в мицелии микоризной оболочки.

Содержание общего азота в коровых компостах через месяц после исследований при двух температурах как на контроле, так и по вариантам опыта уменьшилось в 1,5–2 раза по сравнению с исходным (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Содержание общего азота в субстратах, термостатируемых при двух температурах в лабораторных условиях

Вариант	Состав опытных субстратов	Содержание общего азота (% на а.с.м.) в субстратах						
		в начале эксперимента	термостатируемых при 20 °С			термостатируемых при 45 °С		
			через 1 месяц	через 3 месяца	через 7 месяцев	через 1 месяц	через 3 месяца	через 7 месяцев
К-1	Хвойная кора увлажненная	0,46	0,15	0,90	0,33	0,17	1,50	0,48
В-1	Хвойная кора с минеральными удобрениями	1,27	0,40	1,35	0,83	0,44	1,43	1,26
В-2	Хвойная кора + куриный помет (4:1)	1,34	0,47	1,77	1,20	0,44	1,68	1,91
В-3	Хвойная кора + торф + куриный помет (4:1:1)	1,31	0,50	2,35	0,78	0,49	1,94	1,33
В-4	Хвойная кора + яблочные отжимы + куриный помет (1:1:1)	2,24	0,69	1,55	2,49	0,68	1,86	2,21
К-2	Лиственная кора увлажненная	0,93	0,40	0,86	0,85	0,43	1,16	1,04
В-5	Лиственная кора + куриный помет (4:1)	2,23	0,67	2,14	1,74	0,60	2,50	2,22
В-6	Лиственная кора + торф + куриный помет (4:1:1)	2,00	0,65	2,59	2,10	0,71	2,66	1,97

Через три месяца наблюдений происходило накопление общего азота в компостных смесях. Однако через 7 месяцев в контрольных вариантах опыта этот показатель приблизился к исходному. Во всех компостных смесях, термостатируемых при температурах 20 °С и 45 °С, содержание общего азота практически равнялось исходному показателю.

Прослежена аналогичная динамика содержания общего фосфора в различных компостах при двух температурах (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Содержание общего фосфора в субстратах, термостатируемых при двух температурах в лабораторных условиях

Вариант	Состав опытных субстратов	Содержание общего фосфора (% на а.с.м.) в субстратах						
		в начале эксперимента	термостатируемых при 20 °С			термостатируемых при 45 °С		
			через 1 месяц	через 3 месяца	через 7 месяцев	через 1 месяц	через 3 месяца	через 7 месяцев
К-1	Хвойная кора	0,07	0,02	0,10	0,06	0,02	0,11	0,05
В-1	Хвойная кора с минеральными удобрениями	0,11	0,03	0,11	0,05	0,02	0,09	0,08
В-2	Хвойная кора + куриный помет (4:1)	0,27	0,17	0,53	0,36	0,14	0,45	0,29
В-3	Хвойная кора + торф + куриный помет (4:1:1)	0,20	0,13	0,31	0,29	0,13	0,37	0,18
В-4	Хвойная кора + яблочные отжимы + куриный помет (1:1:1)	0,41	0,25	0,87	0,63	0,32	0,69	0,67
К-2	Лиственная кора	0,04	0,02	0,17	0,09	0,02	0,09	0,08
В-5	Лиственная кора + куриный помет (4:1)	0,29	0,17	0,51	0,54	0,20	0,51	0,44
В-6	Лиственная кора + торф + куриный помет (4:1:1)	0,26	0,13	0,43	0,25	0,11	0,32	0,36

В начале эксперимента (через 1 месяц) наблюдалось снижение содержания общего фосфора по вариантам опыта. Через 3 месяца содержание общего азота возросло по всем вариантам опыта в 1,5–4,0 раза. Химический анализ компостов после 7 месяцев исследований показал небольшое увеличение содержания общего фосфора по сравнению с исходным показателем.

Проведены исследования степени готовности коровых компостов с различными целевыми добавками при температуре 20 °С и 45 °С (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Показатель готовности коровых компостов в лабораторных условиях при различных температурах

Вариант опыта	Состав опытных субстратов	Показатель готовности коровых компостов						
		термостатируемых при 20 °С			термостатируемых при 45 °С			
		через 1 ме-сяц	через 3 ме-сяца	через 7 ме-сяцев	через 1 ме-сяц	через 3 ме-сяца	через 7 ме-сяцев	
К-1	1	Хвойная кора	74,1	68,1	42,8	70,1	59,4	38,5
В-1	2	Хвойная кора с минеральными удобрениями	70,0	58,4	30,4	53,2	50,2	38,1
В-2	3	Хвойная кора + куриный помет (4:1)	67,2	50,3	28,3	59,4	42,1	26,2
В-3	4	Хвойная кора + торф + куриный помет (4:1:1)	65,6	49,7	26,1	57,1	41,4	25,7
В-4	5	Хвойная кора + яблочные отжимы + куриный помет (1:1:1)	53,2	45,6	24,2	47,3	41,0	24,6
К-2	6	Лиственная кора	57,1	44,3	41,0	65,4	47,3	36,5
В-5	7	Лиственная кора + куриный помет (4:1)	53,3	42,1	29,4	60,0	44,2	24,7
В-6	8	Лиственная кора + торф + куриный помет (4:1:1)	50,2	41,6	25,1	57,3	42,6	23,9

Примечание – Показатель готовности коровых компостов составляет ≤ 40 единиц.

Исследования позволили установить готовность коровых компостов в лабораторных условиях при температуре 45 °С через 7 месяцев после начала эксперимента на всех вариантах опыта. При температуре 20 °С через 7 месяцев компостирования только при использовании чистой хвойной и лиственной коры показатель готовности коровых компостов составляет соответственно 42,8 и 41,0 единиц, т. е. превышает верхний предел оптимального соотношения C/N 40 единиц. На всех других вариантах опыта с использованием целевых добавок в виде минеральных удобрений, куриного помета, торфа и яблочных отжимов показатель готовности коровых компостов находится в пределах от 24,2 до 30,4 единиц. Это указывает на готовность коровых компостов для использования при выращивании сеянцев хвойных пород.

Для интенсивного выращивания сеянцев сосны обыкновенной в условиях открытого грунта лесных питомников 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 коры хвойных и лиственных пород, торфа

переходного типа, куриного помета (на опилках), яблочных отжимов и полимерного структурообразователя почвы. Полимерный структурообразователь почвы использовали для ускорения процесса получения готового компоста за счет повышения его влажности. Динамика разложения коровых компостов с различными добавками в лабораторных условиях отличается от получения компостов в производственных условиях. В лабораторных условиях температура воздуха и влажность корового компоста являются постоянными и регулируемые факторами.

2.2 Основы технологии получения органоминеральных удобрений в производственных условиях

Важным этапом при применении компоста в качестве удобрения является получение безопасного в санитарном отношении продукта. Разработано много способов обеззараживания, но одним из рациональных способов является биотермическая обработка (компостирование) состава с иными наполнителями.

В основе процесса компостирования лежит процесс аэробного биотермического разложения органического вещества, происходящего под влиянием микрофлоры, способной в результате энергетического обмена веществ выделять определённое количество энергии. Повышение температуры в процессе компостирования до 65 °С обеспечивает санитарно-эпидемиологическую безопасность получаемого продукта.

Производство органического удобрения можно осуществлять во вращающихся барабанных ферментерах либо в штабелях с применением механизации для погрузки, перемешивания, размельчения и других операций. Штабели имеют вид трапеции с шириной основания 3–4 м, высотой 2–5 м, длиной 10–25 м.

Оптимальная влажность для компостирования находится в пределах 50 % – 60 %, продолжительность – от одного месяца до 1,5 лет. Эффективное осуществление аэробного биотермического процесса в естественных условиях в штабелях возможно при условии достаточной аэрации компостируемого материала.

Учитывая местные условия, состояние экологии и экономики, предлагается к внедрению технология утилизации осадков производственных сточных вод грибопроизводства и рыбопереработки с применением местных материалов.

В результате биотермической обработки получаем органическое удобрение влажностью 50 % – 60 %, при этом происходит процесс обеззараживания. Полученный продукт должен быть подвергнут санитарно-химическому контролю и сертификации. После этого полученное органическое удобрение можно отправлять потребителю.

Исследования проведены осенью 2016 года на территории ОАО «СГЦ «Западный» Брестского района. Смесь осадков производственных сточных вод с отработанным субстратом от производства шампиньонов (1:1) была уложена в бурты высотой 2,0 м, шириной 4,5 м, длиной 50 м. Компостирование отходов длилось в течение 1 месяца. Один раз в 10 дней проводили аэрацию компоста с помощью АСК-3,5 (рисунок 2.5) с увлажнением осадка 10 %-ным раствором микроорганизмов-деструкторов органических веществ.



Рисунок 2.5 – Аэратор смеситель компостов (АСК-3,5)

В результате аэрации компоста с помощью АСК-3,5 происходило разложение органического вещества отходов с 35 % до 20,8 % (рисунок 2.6).

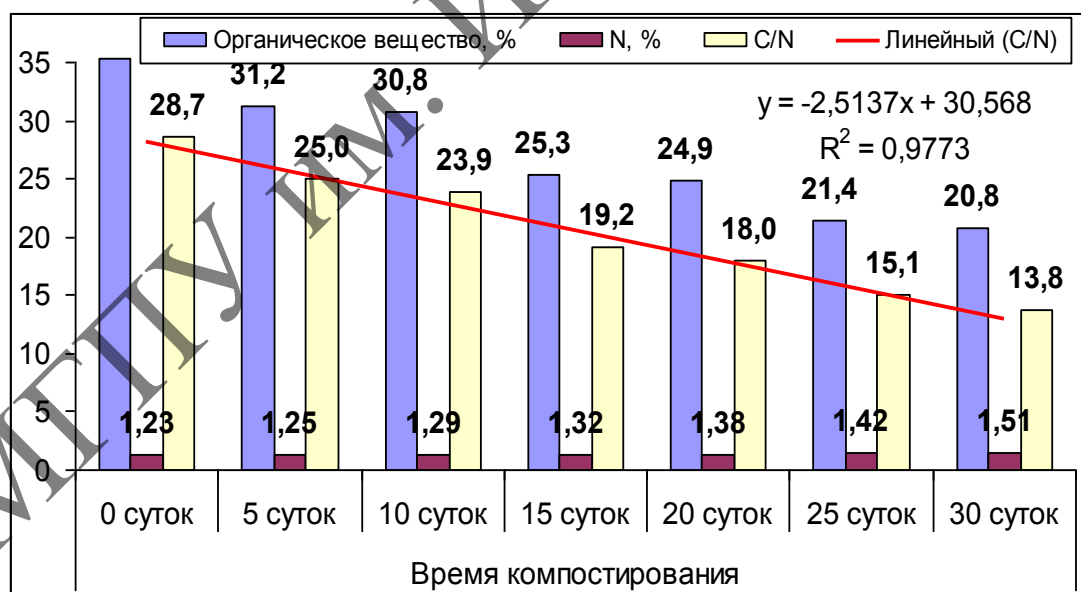


Рисунок 2.6 – Влияние времени компостирования на минерализацию (C/N) органического вещества отходов предприятий рыбопереработки

Соотношения C/N уменьшилось за время компостирования с 28,7 до 13,8.

Увлажнение компостов раствором микроорганизмов-деструкторов органических веществ обеспечило интенсификацию очистки отходов предприятий рыбопереработки от жировых соединений и масел.

Температура компостируемых отходов за время технологического цикла поднялась до 60,3 °С (рисунок 2.7).

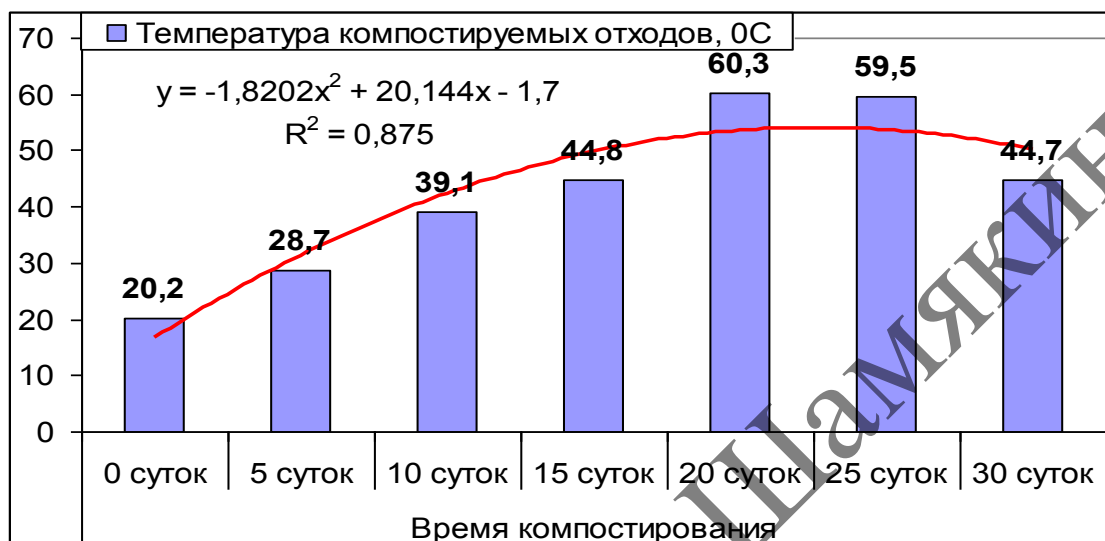


Рисунок 2.7– Изменение температуры компостируемых отходов предприятий рыбопереработки и грибного производства

Влажность компостируемых отходов уменьшилась с 72 % до 63 % (рисунок 2.8).

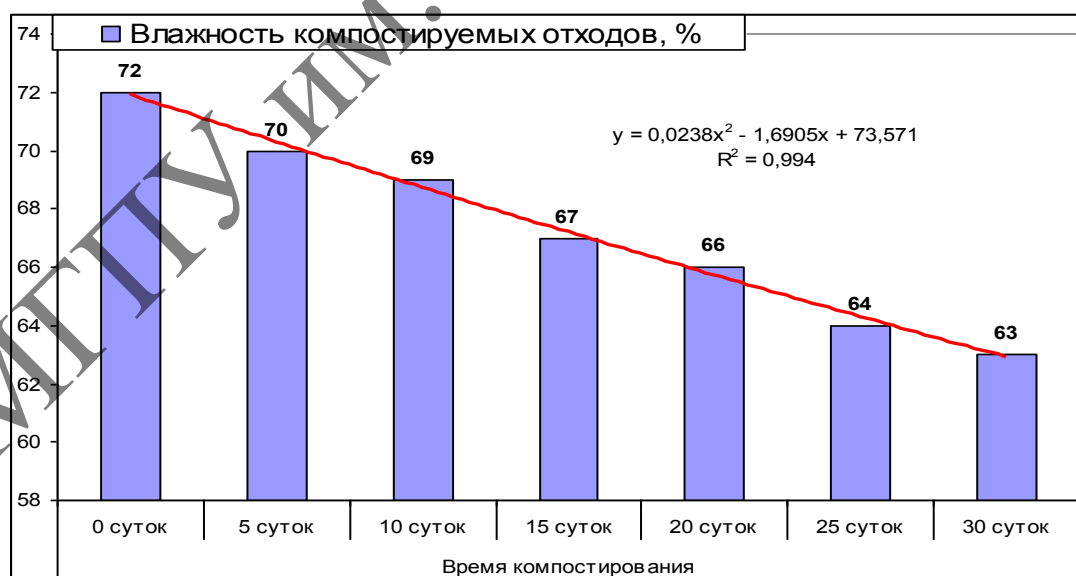


Рисунок 2.8 – Изменение влажности компостируемых отходов предприятий рыбопереработки и грибного производства

В связи с тем, что в лабораторных условиях происходит уменьшение влажности коровых компостов, в дальнейших исследованиях нами в качестве целевой добавки использован полимерный структурообразователь почвы, который способен удерживать воду в десятки раз выше своей массы.

На территории Государственного лесохозяйственного учреждения «Кореневская экспериментальная лесная база Института леса НАН Беларуси» (Кореневская ЭЛБ) на основе древесной коры и целевых добавок был сооружен опытный компостник на 12 ячеек размером $4 \times 2 \times 1,5$ м и вместимостью 4,5 т субстрата каждый. В качестве компонентов компостов использовали хвойную кору, кору лиственных пород, хвойные опилки, куриный помет на опилках, торф переходной, листовой опад, яблочные отжимы и полимерный структурообразователь почвы. В качестве полимерного структурообразователя почвы использовали порошок натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы из расчета 500 г/м^3 компоста. Всего было подготовлено 12 компостных смесей общей массой 54 т.

Процесс компостирования древесной коры – это частичное разложение органического вещества, накопление азотосодержащих веществ и, следовательно, уменьшение 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 [155].

Анализ влажности компостов на основе хвойной коры с целевыми добавками (№ 1–6) после 7 месяцев компостирования показал, что влажность компостируемых субстратов колебалась в пределах 39,3 % – 56,4 % (таблица 2.6).

Наибольшая влажность выявлена в субстратах, состоящих из увлажненной хвойной коры (№ 1), с добавлением к ней минеральных удобрений (№ 2) и с полимерным структурообразователем почвы (№ 12) соответственно 54,8 % – 56,4 %. Наименьший показатель влажности отмечен у субстрата, состоящего из хвойной коры в смеси с хвойными опилками и куриным пометом при соотношении компонентов 1:1:1 – 39,3 %. Выявлена невысокая влажность компостов на основе лиственной коры (субстраты № 7 и № 8) и хвойных опилок (субстраты № 9–11), показатель которой колебался от 37,7 % (субстрат № 10) до 56,4 % (субстрат № 12).

Наибольшее содержание общего азота выявлено в субстрате № 2 с минеральными удобрениями – 0,97 % и субстрате № 3 с куриным пометом при соотношении компонентов 4:1 – 0,90 %. Однако содержание общего фосфора в этих субстратах оказалось в среднем в 2,5–3,0 раза ниже, чем в вариантах № 6 и № 5, где массовая доля коры в компосте была ниже.

Таблица 2.6 – Химический состав компостов на основе органоминеральных добавок в Корневской ЭЛБ ИЛ НАНБ

Состав опытных компостов	№ субстрата	Влажность, %	рН	Содержание аммиачного азота, мг/100 г	Содержание общих форм основных химических элементов, %	
					азота	фосфора
Хвойная кора	1	54,8	5,2	2,29	0,60	0,07
Хвойная кора с минеральными удобрениями	2	55,4	4,7	7,01	0,97	0,08
Хвойная кора + куриный помет (4:1)	3	45,2	5,5	4,18	0,90	0,06
Хвойная кора + торф + куриный помет (4:1:1)	4	49,6	5,4	4,97	0,82	0,15
Хвойная кора + хвойные опилки + куриный помет (1:1:1)	5	39,3	6,0	5,57	0,43	0,21
Хвойная кора + яблочные отжимы + куриный помет (1:1:1)	6	49,4	7,8	62,06	0,82	0,24
Лиственная кора	7	52,9	6,0	5,76	0,94	0,07
Лиственная кора + яблочные отжимы (4:1)	8	42,9	7,4	10,69	0,70	0,11
Хвойные опилки + торф + куриный помет (1:1:1)	9	45,1	6,8	32,49	0,90	0,20
Хвойные опилки + листовенный опад + куриный помет (4:1:0,5)	10	37,7	4,4	9,14	0,62	0,13
Хвойные опилки + яблочные отжимы + куриный помет + листовенная земля (1:1:1:0,5)	11	46,8	5,4	3,30	0,57	0,09
Хвойная кора + торф + куриный помет + полимерный структурообразователь (4:1:1:0,5)	12	56,4	5,3	8,28	0,89	0,14

Анализ химического состава компостов на основе хвойных опилок (субстраты № 9–11) показал, что наибольшее содержание общих форм азота и фосфора отмечено в субстрате, состоящем из опилок, торфа и куриного помета в соотношении компонентов 1:1:1. При сравнении показателей химического состава субстратов на основе листовенной коры (субстрат № 7), а также коры с добавлением яблочных отжимов (субстрат № 8) выявлено, что субстрат № 7 имел оптимальный показатель рН (6,0), более

высокое содержание общего азота (0,95 %) по сравнению с химическим составом субстрата № 8 (рисунок 2.9).

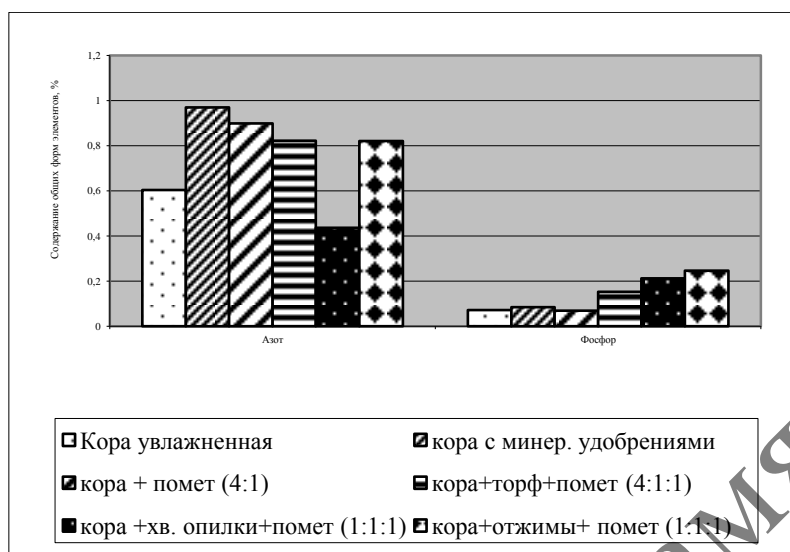


Рисунок 2.9 – Содержание общих форм азота и фосфора в компостах на основе хвойной коры с целевыми добавками

Содержание аммиачного азота в субстратах на основе хвойной коры небольшое и составляет в вариантах № 1–5 в среднем 2,2–7,0 мг на 100 г компоста, однако в субстрате № 6, где к смеси хвойной коры и куриного помета добавлены яблочные отжимы, этот показатель превышает предыдущие в среднем в 9–30 раз в зависимости от целевой добавки.

Содержание аммиачного азота в субстратах на основе хвойных опилок (№ 10–11) невысокое, в среднем 3,3–9,1 мг на 100 г компоста, однако в субстрате № 9 на основе опилок, торфа и куриного помета при соотношении компонентов 1:1:1 этот показатель был высоким и составил 32,5 мг/100 г компоста.

Таким образом, анализ химического состава компостов на основе хвойной коры выявил наибольшее содержание общего азота в субстрате на основе хвойной коры с минеральными удобрениями (0,97 %) и субстрате на основе хвойной коры с куриным пометом при соотношении компонентов 4:1 (0,90 %). Однако содержание общего фосфора в этих субстратах оказалось в среднем в 2,5–3,0 раза ниже, чем в вариантах, где массовая доля коры в компосте была ниже. Содержание аммиачного азота в субстратах на основе хвойной коры небольшое и составляет по вариантам № 1–5 в среднем 2,2–7,0 мг на 100 г компоста. Однако в субстрате, где к смеси хвойной коры и куриного помета добавлены яблочные отжимы, этот показатель превышает предыдущие в среднем в 9–30 раз в зависимости от целевой добавки.

Как отмечено выше, наибольшее содержание общих форм азота и фосфора отмечено в субстрате, состоящем из хвойных опилок, торфа и куриного помета в соотношении компонентов 1:1:1. Содержание аммиачного азота в этом субстрате составило 32,5 мг/100 г, что было в 3,6–10 раз выше, чем в других компостах на основе хвойных опилок.

Изучена динамика содержания общих форм азота, фосфора и калия в коровых компостах с целевыми добавками на разных этапах компостирования (таблица 2.7).

Таблица 2.7 – Содержание общих форм азота, фосфора и калия в компостах с органоминеральными добавками на разных этапах компостирования

Состав компостов	№	Содержание общего азота, %			Содержание общего фосфора, %			Содержание общего калия, %		
		кол-во месяцев								
		7	15	19	7	15	19	7	15	19
Хвойная кора с листовенной землей	1	0,60	0,30	0,20	0,07	0,04	0,04	0,08	0,11	0,11
Хвойная кора с минеральными удобрениями	2	0,97	0,28	0,20	0,08	0,04	0,06	0,08	0,10	0,10
Хвойная кора + куриный помет (4:1)	3	0,90	0,42	0,29	0,06	0,10	0,10	0,04	0,11	0,11
Хвойная кора + торф + куриный помет (4:1:1)	4	0,82	0,26	0,29	0,15	0,05	0,04	0,16	0,10	0,08
Хвойная кора + хвойные опилки + куриный помет (1:1:1)	5	0,43	0,31	0,30	0,21	0,09	0,13	0,10	0,10	0,12
Хвойная кора + яблочные отжимы + куриный помет (1:1:1)	6	0,82	0,47	0,46	0,24	0,18	0,17	0,17	0,19	0,14
Лиственная кора	7	0,94	0,40	0,54	0,07	0,02	0,05	0,04	0,07	0,11
Лиственная кора + яблочные отжимы (4:1)	8	0,70	0,14	0,47	0,11	0,07	0,22	0,10	0,06	0,29
Хвойные опилки + торф + куриный помет (1:1:1)	9	0,90	0,20	0,27	0,20	0,08	0,08	0,08	0,06	0,09
Хвойные опилки + листовенный опад + куриный помет (4:1:0,5)	10	0,62	0,22	0,29	0,13	0,12	0,09	0,10	0,07	0,10
Хвойные опилки + яблочные отжимы + куриный помет + листовенная земля (1:1:1:0,5)	11	0,57	0,24	0,32	0,09	0,14	0,10	0,13	0,08	0,10
Хвойная кора + торф + куриный помет (4:1:1) + полимерный структурообразователь (0,5)	12	0,89	0,30	0,35	0,14	0,16	0,12	0,15	0,10	0,11

Из таблицы 2.7 следует, что с течением времени содержание общих форм фосфора в компостах, в основном, снижается. Так, содержание общего азота в субстратах по всем вариантам опыта после 19 месяцев компостирования снизилось в 1,5–4,9 раза. Наибольшее содержание общего азота на момент исследований выявлено в компостах № 7 и № 8, основу которых составила листовенная кора, составило соответственно 0,54 и 0,47 % на абс. сух. массу субстрата, а в компосте № 6 на основе хвойной коры, куриного помета и яблочных отжимов (1:1:1) – 0,46 % на абс. сух. массу субстрата. Наименьшее содержание общего азота выявлено в компостах № 1 и № 2 на основе хвойной коры и хвойной коры с минеральными удобрениями соответственно 0,20 и 0,20 % на абс. сух. массу субстрата. При компостировании субстратов в течение 19 месяцев установлено, что содержание общего фосфора также снизилось во всех вариантах опыта в 1,4–3,1 раза.

Исключение составили компост № 3 на основе хвойной коры и куриного помета (4:1) и компост № 8 на основе листовенной коры в смеси с яблочными отжимами (4:1), где выявлено увеличение содержания общего фосфора соответственно в 1,5 и 1,9 раза. Анализ содержания общего калия в субстратах показал, что с течением времени в компостах происходит увеличение этого показателя в 1,2–2,9 раза.

Величина соотношения C:N в коровых компостах с органоминеральными добавками после 19 месяцев компостирования по вариантам опыта колеблется в пределах от 19,5 до 68,2 единиц (таблица 2.8).

Таблица 2.8 – Динамика показателя соотношения углерода к азоту в коровых компостах с органоминеральными добавками по вариантам опыта, компостируемых в течение 19 месяцев в условиях компостника Корневской ЭЛБ ИЛ НАН Беларуси

Состав компостов	№	Показатель соотношения C:N, месяц			
		7	10	15	19
Хвойная кора	1	80,4	79,6	71,3	68,2
Хвойная кора с минеральными удобрениями	2	79,4	75,1	70,6	66,9
Хвойная кора + куриный помет (4:1)	3	63,2	51,7	43,5	35,6
Хвойная кора + торф + куриный помет (4:1:1)	4	59,4	53,6	45,6	38,3
Хвойная кора + хвойные опилки + куриный помет (1:1:1)	5	60,2	50,4	36,5	30,1
Хвойная кора + яблочные отжимы + куриный помет (1:1:1)	6	57,4	40,3	25,7	19,5
Листовенная кора	7	59,3	47,2	33,7	27,9
Листовенная кора + яблочные отжимы (4:1)	8	61,2	49,5	37,6	28,7
Хвойные опилки + торф + куриный помет (1:1:1)	9	60,3	40,2	38,3	28,9

Продолжение таблицы 2.8

Хвойные опилки + лиственный опад + куриный помет (4:1:0,5)	10	61,4	40,8	36,4	30,6
Хвойные опилки + яблочные отжимы + куриный помет + лиственная земля (1:1:1:0,5)	11	59,7	41,6	34,2	29,4
Хвойная кора+торф+ куриный помет+ полимерный структурообразователь (4:1:1:0,5)	12	56,8	37,7	31,6	27,0

В компостах № 1 и № 2, основу которых составляла хвойная кора без органических добавок, соотношение С:N превышало оптимальный показатель (40 единиц и менее) более чем в 1,5 раза и составило 67–68 единиц. Следовательно, можно сказать, что данные компосты по своим химическим свойствам не готовы для применения в качестве органического удобрения при выращивании посадочного материала и требуют более длительного периода компостирования.

Использование в качестве целевых добавок торфа переходного и полимерного структурообразователя способствовало получению готовых к применению коровых компостов в течение 10 месяцев (вариант 9). Без полимерного структурообразователя на вариантах опыта № 5–8 компосты готовы через 15–19 месяцев.

Таким образом, изучение степени готовности коровых компостов в производственных условиях Кореневской ЭЛБ в течение 19 месяцев выявило, что процесс компостирования коровых субстратов составляет 15–19 месяцев и более. Особенно это относится к субстратам № 1–2, основу которых составляет хвойная кора. На вариантах опыта с хвойной корой крупные фракции размером 30–40 мм через 19 месяцев не приобрели рыхлой структуры. На варианте с полимерным структурообразователем почвы коровый компост готов к использованию через 10 месяцев после начала компостирования.

Изучено влияние различных коровых компостов на выход стандартных семян сосны обыкновенной в условиях лесного питомника Кореневской ЭЛБ ИЛ НАН Беларуси. Для проведения исследований заложены следующие варианты опыта: 1 – хвойная кора + торф + куриный помет (4:1:1); 2 – хвойная кора + яблочные отжимы + куриный помет (1:1:1); 3 – хвойная кора + торф + куриный помет + полимерный структурообразователь (4:1:1:0,5). Полученные данные по влиянию различных компостов на биометрические показатели семян и выход стандартного посадочного материала представлены в таблице 2.9.

Наибольшая высота надземной части и диаметр корневой шейки семян получены на варианте № 3 с полимерным структурообразователем. При использовании в качестве целевых добавок в компосте торфа и куриного помета (вариант опыта № 1) высота надземной части семян уменьшилась на 7 % по сравнению с вариантом № 3. Наименьшая высота

сеянцев получена на варианте № 2 с использованием в качестве целевых добавок яблочных отжимов и куриного помета.

Таблица 2.9 – Влияние коровых компостов на биометрические показатели сеянцев сосны обыкновенной в лесном питомнике Корневской ЭЛБ ИЛ НАН Беларуси

Состав компостов	№ суб-стратов	Биометрические показатели сеянцев		Выход стандартных сеянцев, млн. шт./га
		высота надземной части, см	диаметр корневой шейки, мм	
Хвойная кора + торф + куриный помет (4:1:1)	1	6,6	2,2	2,3
Хвойная кора + яблочные отжимы + куриный помет (1:1:1)	2	6,3	2,1	2,2
Хвойная кора + куриный помет + торф + полимерный структурообразователь (4:1:1:0,5)	3	7,1	2,3	2,4

На данном варианте опыта высота надземной части сеянцев сосны обыкновенной на 11 % меньше по сравнению с вариантом № 3. Диаметр корневой шейки по вариантам опыта изменяется незначительно. Выход стандартных сеянцев сосны обыкновенной на варианте опыта № 3 с полимерным структурообразователем превышает другие варианты опыта на 4 % – 9 %. Проведенные исследования позволили установить наиболее эффективный коровый компост, состоящий из хвойной коры + торф + куриный помет + полимерный структурообразователь (4:1:1:0,5).

Исследования по получению и применению коровых компостов буртовым способом в производственных условиях проведены в лесном питомнике Кобринского опытного лесхоза.

Для получения коровых компостов использовали кору хвойных пород (рН 5,0) в смеси с органоминеральными добавками (куриный помет, торф переходной, структурообразователь почвы), стимулирующими процесс компостирования. Кора предварительно дробилась (корорубка МК-10) и увлажнялась до 55 % – 60 %.

Куриный помет на опилках имел содержание общего азота – 2 %, фосфора – 1,6 % – 1,9 %, торф переходной с водородным показателем рН = 5–6 и полимерный структурообразователь почвы (натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы).

Для приготовления субстратов использовали торф и кору с различной степенью разложения (до 25 %), зольностью не более 12 %, объемной массой 0,15–0,30 г/см³. Пористость торфа 80 % – 90%, соотношение фракций (твердой, жидкой, газообразной) в состоянии капиллярной влагоемкости 1:3:2, содержание влаги 45 % – 60%. Чтобы создать в субстрате оптимальное

содержание питательных элементов для выращивания сеянцев хвойных пород, вносили следующее количество макроудобрений (кг/м³): аммиачная селитра 0,5–0,6; суперфосфат 1,0–1,2; калий сернокислый 0,6–0,7. Процентное соотношение частиц древесной коры размером менее 10 мм составляло в среднем 50 % – 60 %. Содержание частиц коры размером более 40 мм в различных субстратах находилось в пределах от 13 % до 15 %. При размере частиц коры от 10 до 40 мм содержание их составило 34 % – 38 %.

Компостник заложен в виде бурта следующего размера: ширина – 6 м, длина – 80 м, высота – 2,5 м. В качестве полимерного структурообразователя почвы использовали натриевую соль карбоксиметилцеллюлозы из расчета 500 г/м³.

Заложено 3 варианта опыта коровых компостов:

- В-1 (компост на основе хвойной коры, куриного помета и торфа при соотношении компонентов 4:1:1);
- В-2 (компост на основе хвойной коры и куриного помета при соотношении компонентов 4:1);
- В-3 (компост на основе хвойной коры, куриного помета, торфа и полимерного структурообразователя почвы при соотношении компонентов 4:1:1:0,5).

Данный эксперимент поставлен для исследования степени готовности коровых компостов в производственных условиях и для изучения их влияния на выход стандартных сеянцев сосны обыкновенной.

В таблице 2.10 представлены данные по степени готовности коровых компостов буртовым способом.

Таблица 2.10 – Показателя соотношения углерода к азоту в производственных условиях при получении коровых компостов

Состав компостов	Показатель соотношения C:N, месяц			
	7	10	15	19
Хвойная кора + куриный помет+торф (4:1:1)	60,1	54,9	39,7	34,3
Хвойная кора + куриный помет (1:1)	68,2	60,1	48,7	38,2
Хвойная кора + куриный помет + торф + полимерный структурообразователь (4:1:1:0,5)	57,6	39,2	33,4	28,6

Анализ данной таблицы показывает, что степень готовности коровых компостов зависит от используемых компонентов. При использовании хвойной коры и куриного помета в соотношении 1:1 степень готовности коровых компостов достигается через 19 месяцев, а при использовании хвойной коры + куриный помет + торф (4:1:1) – через 15 месяцев.

Сокращение срока готовности коровых компостов до 10 месяцев достигается при использовании следующих компонентов: хвойная кора + куриный помет + торф + полимерный структурообразователь (4:1:1:0,5).

Использование в качестве компонентов для получения коровых компостов куриного помета, торфа и полимерного структурообразователя способствует более интенсивному микробиологическому разложению хвойной коры и всех составляющих компонентов. Полимерный структурообразователь за счет своей повышенной влагоудерживающей способности ускоряет процесс готовности коровых компостов.

Проведены исследования по влиянию полученных коровых компостов буртовым способом на биометрические показатели однолетних сеянцев сосны обыкновенной и выход стандартного посадочного материала (таблица 2.11).

Таблица 2.11 – Влияние коровых компостов на биометрические показатели сеянцев сосны обыкновенной в лесном питомнике Кобринского опытного лесхоза

Состав компостов	№ суб-стратов	Биометрические показатели сеянцев		Выход стандартных сеянцев, млн. шт./га
		высота надземной части, см	диаметр корневой шейки, мм	
Хвойная кора + куриный помет + торф (1:1:1)	1	7,4	2,2	2,3
Хвойная кора + куриный помет (1:1)	2	6,0	2,1	2,2
Хвойная кора + куриный помет + торф + полимерный структурообразователь (4:1:1: 0,5)	3	8,6	2,4	2,6

Наибольшие биометрические показатели получены с использованием субстрата № 3. Высота надземной части на заданном варианте опыта больше на 16 % и диаметр корневой шейки на 6 % по сравнению с субстратом № 1.

На основании проведенных полевых исследований (вариант 3) разработаны технические условия ТУ РБ 400070994.008-2010 на состав «Агрополикор» [268] и «Рекомендации по выращиванию микоризных сеянцев хвойных пород на субстрате из органоминеральной смеси и целевых добавок» [83].

Техническая характеристика корового компоста «Агрополикор» следующая: внешний вид – рассыпчатая масса темно-коричневого цвета с характерным почвенным запахом; объемная масса – 0,15–,20 г/см³ на абс. сух. массу; величина соотношения углерода к азоту – 39,2; состав не ядовит, экологически безопасен, не взрывоопасен.

Получено заключение Гомельского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды о возможности компостирования коровых субстратов с целевыми добавками буртовым способом (письмо

от 29.07.2010 г. за № 07.2-01/2347). Буртовой способ получения коровых компостов не требует дополнительных затрат по сравнению с траншейным. Для обеспечения лесных питомников органическими удобрениями на основе древесной коры с целевыми добавками при выращивании посадочного материала определены параметры буртового компостника (таблица 2.12).

Таблица 2.12 – Оптимальные рекомендуемые параметры буртового компостника

Показатели компостника	Размеры компостника							
	10	15	15	20	40	60	80	100
Длина, м	10	15	15	20	40	60	80	100
Ширина, м	4	4	6	6	6	6	6	6
Высота, м	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3
Количество получаемого компоста, т	20	30	75	100	200	300	400	600

При потребности лесных питомников в органических удобрениях в количестве 300 тонн длина компостника должна составлять 60 м, ширина – 6 м, высота – 2,5 м.

Нами усовершенствовались составы органических удобрений путем введения в субстрат добавок в виде отходов грибного производства, куриного помета и микробиологического препарата Экобактер-terra. Разработана принципиально новая технология приготовления компостов – буртовым способом.

В результате проведенных исследований разработана система мер по интенсификации выращивания микоризных сеянцев дуба черешчатого с применением компостов. Установлена степень разложения компостов с целевыми добавками, что позволило определить время их готовности (4–5 месяцев). Введение в субстраты целевых добавок в виде куриного помета способствовало более быстрому созреванию компостов. Выявлены оптимальные составы компостов на основе древесных опилок с целевыми добавками в виде отходов грибного производства, куриного помета и микробиологического препарата Экобактер-terra.

Исследования проведены в двух постоянных опытных лесных питомниках Беларуси. В Кобринском опытном лесхозе на постоянном лесном питомнике Засимовичского лесничества исследования проведены с использованием отходов лесного хозяйства (древесные опилки и кора) и отходов сельскохозяйственного производства (отходы грибного производства и куриный помет). В Мозырском опытном лесхозе в Слободском опытно-производственном лесничестве исследования проведены с использованием отходов лесного хозяйства (древесные опилки и кора), а также куриного помета и микробиологического препарата Экобактер-terra.

Одной из важнейших экологических проблем является разработка научно обоснованных мероприятий по рациональному и эффективному использованию отходов лесохозяйственного производства (древесная кора и опилки) и сельского хозяйства (куриный помет, отходы грибного производства).

Большое значение в получении компоста для выращивания лесного посадочного материала имеет степень готовности, которая определяется соотношением углерода к азоту [156]. В соответствии с имеющимися нормативными данными при получении компостов степень их готовности определяется соотношением C:N или 25:1.

Компостирование – это процесс гумификации получения нового органического удобрения из различного природного сырья и отходов сельскохозяйственного производства и лесной деревообрабатывающей промышленности.

В Институте леса НАН Беларуси разработан органоминеральный состав для повышения почвенного плодородия лесных питомников «Агрополикор». Данный состав состоит из древесной коры хвойных пород, торфа и полимерного структурообразователя почвы. Степень его разложения составляет 40 % [157]. Однако данный состав по своим физико-химическим свойствам не является оптимальным для выращивания сеянцев дуба черешчатого, так как имеет pH 6,0-6,5. Кроме того, торф является дорогостоящим сырьем. Поэтому в дальнейших исследованиях мы использовали отходы грибного производства.

По данным Белорусского государственного технологического университета [156], торфяно-перлитные субстраты готовятся отдельно для выращивания каждой лесообразующей 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 %. Для повышения качества органических удобрений и увеличения их объема использовали древесные опилки.

В таблице 2.13 представлены показатели переработанной древесины и полученных опилок в Беларуси за период с 2010 по 2020 годы.

Таблица 2.13 – Показатели переработанной древесины и объемы опилок

Года	Переработано древесины, тыс.м ³		Объем полученных опилок, тыс.м ³
	всего	деловой	
2010	1169	911	100
2011	1462	1025	113
2012	1785	1190	131
2013	2035	1234	136
2014	2489	1418	156
2015	2608	1573	173

Продолжение таблицы 2.13

2016	3148	1650	182
2017	3363,5	1950	215
2018	4867	2200	242
2019	5470	3370	371
2020	5896	3632	400

Для получения качественных органических удобрений использовали отходы грибного производства, химический состав которых представлен в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Содержание элементов питания в отходах грибного производства

Ингредиенты	Химический состав
Влажность, %	20,83
Органическое вещество, %	33,95
pH _{ккл}	7,12
N общ, %	0,68
P ₂ O ₅ , %	1,09
K ₂ O, %	0,69
CaO, %	1,74
B, мг/кг	28,16
Cu, мг/кг	24,93
Mn, мг/кг	247,45
C/N	51,74

Как видно из данной таблицы отходы грибного производства содержат 339,5 кг/т органического вещества: 6,8 кг/т азота; 10,9 кг/т фосфора; 6,9 кг/т калия и другие микроэлементы.

Для получения органических удобрений использовали древесные опилки (pH 5,0) в смеси с куриным пометом и отходами грибного производства.

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

В таблице 2.15 представлены данные по степени готовности исследуемых компостов буртовым способом.

Таблица 2.15 – Показатели соотношения углерода к азоту при получении различных компостов

Состав компостов	Показатель соотношения C:N, месяц				
	1	2	3	4	5
Древесные опилки + куриный помет + отходы грибного производства (1:1:0,3)	60,3± 0,53	56,2± 0,49	24,3± 0,31	20,6± 0,24	19,1± 0,20
Древесные опилки + куриный помет + макроудобрения (1:1:0,3)	57,5± 0,50	54,8± 0,44	26,4± 0,28	21,4± 0,26	19,6± 0,22

Анализ данной таблицы показывает, что через 1 месяц после начала эксперимента показатель готовности органоминерального компоста на варианте с отходами грибного производства превышал на 5,2 % вариант с минеральными удобрениями. Через 3 месяца этот показатель уменьшился на 2,6 %. Через 5 месяцев показатель соотношения углерода к азоту на обеих вариантах опыта находился примерно на одном уровне (19,1 и 19,6 %), что соответствует готовности органоминерального компоста к его использованию для выращивания лесного посадочного материала.

Сокращение срока готовности компостов до 3 месяцев достигается при использовании следующих компонентов: древесные опилки; куриный помет; отходы грибного производства в соотношении (1:1:0,3), а также древесные опилки; куриный помет, 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.

Технология получения органоминеральных компостов буртовым способом с использованием древесных опилок, куриного помета, отходов грибного производства в соотношении 1:1:0,3 использована в постоянных лесных питомниках Мозырского и Кобринского опытных лесхозах. Показана динамика степени готовности компостов для использования при выращивании лесного посадочного материала. Установлено, что при влажности 60 % – 65 % органоминеральных компостов степень их готовности составляет 4-5 месяцев. Применение 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 способствовать снижению нагрузки на экологическое состояние окружающей среды.

Систематическое применение органических удобрений увеличивает запас питательных веществ в почве, повышает 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. Наличие на корнях сеянцев древесных растений микоризы и степени ее развития – существенный показатель их качества [158, 159]. Древесные растения с хорошо развитыми корневыми системами лучше растут и приживаются при пересадке. В настоящее время агротехника выращивания посадочного материала в лесных питомниках не в полной мере учитывает специфику микоризообразования.

Оценка успешности микоризообразования на корнях сеянцев, по мнению Д.В. Веселкина [160], должна стать одной из процедур контроля качества посадочного материала. Показатели микоризообразования на корневых системах позволяют наряду с другими факторами реально оценить фактическое состояние почв исследуемых лесных питомников [161, 162].

Разработка системы мер по интенсификации выращивания посадочного материала с применением компостов на основе древесной коры и опилок является важным звеном в рациональном использовании отходов деревообрабатывающей промышленности и повышении плодородия почв лесных питомников республики. В «Наставлении по выращиванию посадочного материала деревьев и кустарников в лесных питомниках Белоруссии» [154] указано, что компостирование коры и других древесных отходов может служить одним из возможных резервов для получения органических удобрений в лесных питомниках. Поэтому нами использованы составы компостов путем введения органоминеральных добавок в виде хвойной коры, торфа переходного, куриного помета и полимерного структурообразователя, а также разработана принципиально новая технология приготовления компостов – буртовым способом, а не траншейным.

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. 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 компостов нами поставлена задача изучить влияние различных компонентов на степень их готовности.

Анализ влажности компостов на основе хвойной коры с целевыми добавками (№ 1-4) после 5 месяцев компостирования показал, что влажность компостируемых субстратов колебалась в пределах 45,2 % – 56,4 % (таблица 2.16).

Таблица 2.16 – Химический состав компостов на основе различных добавок

Состав опытных компостов	Влажность, %	рН	Содержание аммиачного азота, мг/100 г	Содержание общих форм основных химических элементов, %	
				азота	фосфора
1. Хвойная кора + куриный помет (1:1)	54,8	5,2	2,29	0,60	0,07
2. Хвойная кора + минеральное удобрение (1:0,3)	55,4	4,7	7,01	0,97	0,08
3. Хвойная кора + куриный помет + минеральное удобрение (1:1:0,3)	45,2	5,5	4,18	0,90	0,06
4. Хвойная кора + опилки + куриный помет (1:0,5:1)	56,4	5,3	8,28	0,89	0,14

Наибольшее содержание общего азота выявлено в субстрате № 2 с минеральными удобрениями – 0,97 % и субстрате № 3 с куриным пометом при соотношении компонентов 4:1 – 0,90 %. Однако содержание общего фосфора в этих субстратах оказалось в среднем в 2,0-3,0 раза ниже, чем в варианте № 4.

Динамика показателя соотношения углерода к азоту в компостах показана в таблице 2.17.

Таблица 2.17 – Динамика показателя соотношения углерода к азоту в компостах с различными добавками по вариантам опыта

Состав компостов	Показатель соотношения C:N, месяц				
	1	2	3	4	5
1. Хвойная кора + куриный помет (1:1)	82,9	79,6	72,6	68,7	41,3
2. Хвойная кора + минеральное удобрение (1:0,3)	77,3	75,1	50,5	51,4	30,5
3. Хвойная кора + куриный помет + минеральное удобрение (1:1:0,3)	60,1	53,6	39,4	35,6	24,0
4. Хвойная кора + опилки + куриный помет (1:0,5:1)	54,6	38,4	36,2	23,4	22,1

В компостах № 1 и № 2, основу которых составляла хвойная кора с минеральным удобрением, соотношение C:N превышало оптимальный показатель (40 единиц и менее) в течение 5 месяцев. Данный компост по своим химическим свойствам не готов для применения в качестве органического удобрения при выращивании посадочного материала и требует более длительного периода компостирования.

Для получения компостов в Кобринском опытном лесхозе использовали кору хвойных пород (рН 5,0) в смеси с органоминеральными добавками (куриный помет, отходы грибного производства, Экобактер-terra. Кора предварительно дробилась (корорубка МК-10) и увлажнялась до 55 % – 60 %.

Куриный помет на опилках имел содержание общего азота – 2 %, фосфора – 1,6 % – 1,9 %.

Для приготовления субстратов использовали кору с различной степенью разложения (до 25 %), зольностью не более 12 %, объемной массой 0,15–0,30 г/см³. Чтобы создать в субстрате оптимальное содержание питательных элементов для выращивания семян дуба черешчатого, вносили следующее количество макроудобрений (кг/м³): аммиачная селитра 0,5–0,6; суперфосфат 1,0–1,2; калий сернокислый 0,6–0,7. Процентное соотношение частиц древесной коры размером менее 10 мм составляло в среднем 50 % – 60 %. Содержание частиц коры размером более 40 мм в различных субстратах находилось в пределах от 13 до 15 %. При размере частиц коры от 10 до 40 мм содержание их составило 34 % – 38 %.

Компостник заложен в виде бурта следующего размера: ширина – 4,5 м, длина – 30 м, высота – 2,0 м.

Заложено 3 варианта опыта коровых компостов:

– В-1 (компост на основе хвойной коры, куриного помета и отходов грибного производства при соотношении компонентов 1:1:0,3);

– В-2 (компост на основе хвойной коры, древесных опилок и куриного помета при соотношении компонентов (1:1:1);

– В-3 (компост на основе хвойной коры, куриного помета, отходов грибного производства и «Экобактер-terra» при соотношении компонентов 1:1:0,3:0,1).

В результате исследований установлены оптимальные биометрические показатели буртов и сроки приготовления органических удобрений в зависимости от сезона закладки. Для формирования размеров бурта необходимо учитывать время года. При осеннем сроке закладки органических удобрений буртовым способом параметры его должны быть больше по сравнению с весенним и летним сроками приготовления органических удобрений. Ширина основания при осеннем сроке создания органических удобрений буртовым способом составляет до 4-6 м, а высота 2,0-2,5 м. Длина бурта должна быть не менее 10 м и определяется из потребностей лесопитомнического хозяйства в органических удобрениях. Чем длиннее бурт, тем больший объем органических удобрений будет получен в данном лесхозе.

При таких биометрических показателях температура в буртах на глубине 20–30 см достигает 40–45 °С за счет микробиологических процессов. Микробиологические процессы, происходящие в буртах, способствуют разложению всех составляющих ингредиентов, подавляют всхожесть семян сорных растений и болезнетворных бактерий куриного помета, а также

обеспечивают получение принципиально нового продукта в виде органического удобрения с определенными физико-химическими свойствами, которые получены без использования торфа. Максимальное поглощение древесными опилками куриного помета происходит в течение 50–60 дней. По своим показателям и содержанию элементов питания полученные новые органические удобрения не уступает торфяно-перлитным Докшицкого торфопредприятия.

Для получения органических удобрений и сокращения срока их готовности наиболее эффективным показал себя субстрат на основе хвойной коры, древесных опилок, куриного помета, отходов грибного производства и микробиологического препарата Экобактер-terra в соотношении 1:1:0,3:0,1.

Использование органических удобрений повышает содержание гумуса и элементов питания в почве, что позволяет обеспечить плановый выход стандартных семян дуба черешчатого в условиях как открытого, так и закрытого грунта.

Полученные буртовым способом органические удобрения использовали для выращивания семян дуба черешчатого с закрытой и открытой корневой системой.

При выращивании семян дуба черешчатого с закрытой корневой системой наиболее эффективным оказалось использование органических удобрений в полиэтиленовых черных кассетах «Plantek 35F» с объемом одной ячейки 275 см³ и количеством ячеек в одной кассете 35 шт., а также в польских белых контейнерах из пенополистирола с объемом одной ячейки 300 см³ и количеством ячеек в одной кассете 54 шт.

Использование разработанного органического удобрения с комбинированным способом предпосевной обработки желудей, и внекорневой обработки семян позволило иметь 85 % – 95 %-ю грунтовую всхожесть желудей и дружные всходы появились на 10-15 дней раньше. При дальнейшем росте в высоту сеянцы дуба черешчатого в кассетах равномерно дают текущий прирост и не заглушают друг друга.

В таблице 2.18 представлена динамика численности дождевых червей и показатель готовности компостов по вариантам опыта.

Таблица 2.18 – Динамика показателей соотношения углерода к азоту при получении компостов и численность дождевых червей

Состав компостов	Время исследований компостов после закладки опытных объектов, месяц				
	1	2	3	4	5
Древесные опилки + кора + куриный помет + отходы грибного производства вешенки обыкновенной (1:0,3:1:0,5)	<u>61,4</u> 46	<u>58,3</u> 49	<u>32,6</u> 38	<u>21,4</u> 21	<u>18,9</u> 34

Продолжение таблицы 2.18

Древесные опилки + кора + куриный помет + отходы грибного производства шампиньонов (1:0,3:1:0,5)	<u>57,6</u> 35	<u>51,1</u> 32	<u>21,0</u> 23	<u>20,0</u> 10	<u>20,2</u> 20
Древесные опилки + кора + куриный помет + макроудобрения (1:0,3:1:0,25)	<u>58,8</u> 11	<u>55,7</u> 9	<u>24,6</u> 5	<u>21,7</u> 6	<u>20,1</u> 8
Древесные опилки + кора + куриный помет + макроудобрения (1:0,3:1:0,5)	<u>57,3</u> 10	<u>54,4</u> 7	<u>22,4</u> 3	<u>19,6</u> 4	<u>18,4</u> 6

Примечание – В числителе – показатель соотношения углерода к азоту, в знаменателе – численность дождевых червей, шт./м².

Анализ данной таблицы показывает, что на всех вариантах опыта соотношения углерода к азоту в течение 3-х месяцев меньше 25. Использование куриного помета и древесных опилок в соотношении 1:1 способствовало сокращению времени готовности коровых компостов. Без применения куриного помета и уменьшения дозы его использования степень готовности коровых компостов может составлять 5 месяцев.

Как видно из данной таблицы, численность дождевых червей по вариантам опыта в течение периода исследований изменяется в значительной степени. Наибольшая численность дождевых червей зафиксирована на варианте с использованием отходов грибного производства вешенки обыкновенной, а наименьшее – с использованием наибольшей дозы макроудобрения (0,5). При сравнении двух вариантов опыта с использованием отходов грибного производства с использованием вешенки обыкновенной и шампиньонов можно отметить, что количество дождевых червей в первом варианте в 1,5-2,0 раза больше. Этот факт объясняется тем, что отходы грибного производства шампиньонов в своем составе имеют минеральные удобрения.

Из каждой тонны древесных опилок, внесенных в почву, образуется 60–90 кг/га гумуса, а при внесении компоста этот показатель увеличивается до 150–220 кг/га. Каждая тонна органических отходов способствует получению 550–600 кг высокоэффективного органического удобрения. В результате проведенных исследований установлены количественные показатели полученного компоста по вариантам опыта (таблица 2.19).

Таблица 2.19 – Количественные показатели полученных компостов, кг

Варианты опыта	Время исследований после закладки опытных объектов, месяц					Средние показатели компостов
	1	2	3	4	5	
Древесные опилки + кора + куриный помет + отходы грибного производства вешенки обыкновенной (1:0,3:1:0,5)	1533	1633	1267	700	1133	1253

Продолжение таблицы 2.19

Древесные опилки + кора + куриный помет + отходы грибного производства шампиньонов (1:0,3:1:0,5)	1167	1067	766	333	667	733
Древесные опилки + кора + куриный помет + макроудобрения (1:0,3:1:0,25)	367	300	167	200	267	260
Древесные опилки + кора + куриный помет + макроудобрения (1:0,3:1:0,5)	333	233	100	133	200	199

Наибольшее среднее количество компоста зафиксировано на 1-ом варианте опыта (1253 кг), на 2-ом варианте опыта на 42 % меньше по сравнению с 1-ым. Наименьшее количество компоста соответственно получено на 3-ем и 4-ом вариантах опыта (260 и 199 кг).

В результате проведенных исследований установлена шкала степени обеспеченности компоста гумусом в зависимости от количественных показателей дождевых червей и вермикомпоста (таблица 2.20).

Таблица 2.20 – Степень обеспеченности компоста гумусом в зависимости от наличия вермикомпоста

Степень обеспеченности компоста гумусом	Отношение содержания углерода к азоту	Количество компоста, кг
Очень хорошая (I)	менее 25	более 1200
Хорошая (II)	25–35	800–1200
Недостаточная (III)	35–45	400–800
Плохая (IV)	более 45	менее 400

Проведение мониторинга за численностью дождевых червей при использовании отходов сельского и лесного хозяйства для получения компостов позволяет наиболее эффективно и с минимальными финансовыми затратами получать качественные органические удобрения.

Выращивание сеянцев дуба черешчатого с закрытой корневой системой с использованием разработанного органического удобрения и комбинированного способа предпосевной обработки желудей позволило получить стандартные сеянцы по биометрическим показателям через 2,0-2,5 месяца после посева.

Исследования проведены на базе двух постоянных лесных питомников Кобринского и Осиповичского опытных лесхозов. Изучение влияния различного органоминерального субстрата при выращивании сеянцев дуба черешчатого проводили в Осиповичском опытном лесхозе Могилевского ГПЛХО, а при выращивании сеянцев сосны обыкновенной в Кобринском

опытном лесхозе Брестского ГПЛХО. Для выращивания сеянцев дуба черешчатого с закрытой корневой системой использовали кассеты «Plantek 35F», а для сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой «Plantek 64F». В каждом варианте опыта использовали 4 кассеты. Повторность каждого варианта опыта – 3-х кратная. В условиях открытого грунта при выращивании сеянцев дуба черешчатого и сосны обыкновенной вносили субстрат в дозе 80 т/га.

Предпосевная подготовка семян сосны обыкновенной и желудей осуществлялась путем их намачивания в водных растворах микроэлементов Наноплант при температуре 18 °С – 20 °С в течение 12 часов. Предпосевную обработку желудей осуществляли после их обрезки на $\frac{1}{4}$ длины со стороны шляпки.

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

В качестве второго органоминерального субстрата использовали компост, полученный из отходов лесного и сельского хозяйства без использования торфа со следующими агрохимическими показателями (ОМС-2): рН_{ккл} – 5,6; содержание органического вещества – 39,4 %; легкогидролизуемый азот – 17,3 мг/100 г почвы; P₂O₅ – 30,3 мг/100 г почвы; K₂O₅ – 25,8 мг/100 г почвы; степень насыщенности оснований – 78,6 %.

Изучение процесса образования микоризы на корневых систем сеянцев дуба черешчатого и сосны обыкновенной по вариантам опыта проводили по общепринятым методикам И.А. Селиванова, Д.В. Веселкина, К.И. Еропкина [163–165]. Изучение микоризообразования на корнях сеянцев дуба черешчатого проводилось путем подсчета количества микоризных корней (проводящих), шт. на 1 растение; количество немикоризных корней (сосущих), шт. на 1 растение и количество микориз на всем растении. При морфологическом анализе корни сеянцев дуба черешчатого рассматривали под биноклем. Отмечали их окраску, характер ветвления корней, наличие или отсутствие корневых волосков и степень их развития, наличие или отсутствие микоризы. Эктомикоризы классифицировали по форме: булабовидная, вильчатая, коралловидная. Определяли цвет (светло-желтая, коричневая, темно-коричневая и т. д.) и форму поверхности эктомикориз на корневых системах сеянцев дуба черешчатого.

Изучение влияния различного органоминерального субстрата при выращивании сеянцев дуба черешчатого и сосны обыкновенной проводили в Осиповичском опытном лесхозе Могилевского ГПЛХО, а при выращивании сеянцев сосны обыкновенной в Кобринском опытном лесхозе Брестского ГПЛХО.

Изучение характеристики корневых систем сеянцев дуба черешчатого проводили путем подсчета на одном растении: корней I, II и III порядков, общего числа корней на 1-ом растении; длины корней I, II и III порядков, суммарной длины боковых корней.

Плотность микориз, т. е. число микориз на 100 мм длины проводящих корней, рассчитывали по И.А. Селиванову. Брали небольшие тонкие боковые корни II и III порядков и с помощью миллиметровой бумаги определяли общую длину корней. У каждого растения измеряли не менее 500 мм таких корешков и подсчитывали количество микоризных окончаний на них с последующим пересчетом на 100 мм длины корня.

Полученные результаты полевых исследований обработаны методом математической статистики с использованием программ Statistica 7.0 [165].

Биометрические показатели сеянцев сосны обыкновенной и дуба черешчатого определяли в соответствии с ТКП-2015 [166].

Исследования по изучению влияния органоминеральных субстратов на рост и развитие сеянцев сосны обыкновенной проведены в постоянном лесном питомнике Кобринского опытного лесхоза. Результаты исследований и полученные данные о влиянии органоминеральных субстратов и предпосевной подготовки семян на рост сеянцев сосны обыкновенной с открытой корневой системой представлены в таблице 2.21.

Как видно из данной таблицы, предпосевная подготовка семян сосны обыкновенной препаратом Наноплант увеличило высоту надземной части сеянцев на 3,3 % по сравнению с контролем. Использование только одних субстратов (ОМС-1 и ОМС-2) при выращивании однолетних сеянцев сосны обыкновенной способствовало увеличению высоты надземной части на 9,9–22,0 %.

Наибольшие показатели высоты надземной части сеянцев сосны обыкновенной получены при комплексном использовании субстрата (ОМС-2) и предпосевной подготовки семян (44,0 %).

Таблица 2.21 – Биометрические показатели сеянцев сосны обыкновенной с открытой корневой системой в Кобринском постоянном лесном питомнике

Варианты опыта	Биометрические показатели сеянцев		Воздушно-сухая масса сеянца, г	
	высота надземной части, см	диаметр стволика у корневой шейки, мм	надземная	корней
1. Контроль	9,1±0,28	1,7±0,10	0,52±0,08	0,22±0,02
2. Предпосевная подготовка семян препаратом Наноплант	9,4±0,30	1,9±0,12	0,54±0,10	0,23±0,03
3. Использование ОМС-1	10,0±0,31	2,1±0,13	0,56 ±0,12	0,24±0,05
4. Использование ОМС-2	11,1±0,28	2,2±0,11	0,58±0,13	0,25 ±0,03

Продолжение таблицы 2.21

5. Внесение ОМС-1 + предпосевная подготовка семян	12,4±0,29	2,2±0,14	0,60±0,14	0,26±0,06
6. Внесение ОМС-2 + предпосевная подготовка семян	13,1±0,31	2,3±0,15	0,64±0,15	0,32±0,05

Примечание – ОМС-1 – органоминеральный субстрат Докшицкого торфопредприятия; ОМС-2 – субстрат, полученный с использованием отходов лесного и сельского хозяйства без использования торфа.

Проведенные исследования позволили установить соотношения массы надземной части сеянцев к корневой системе в зависимости от используемых субстратов и предпосевной подготовки семян. Установлено, что на контрольном варианте опыта данное соотношение составляет 2,4. Предпосевная подготовка семян препаратом Наноплант и использование субстрата (ОМС-1) практически не оказали влияния на данное соотношение (2,3). На варианте опыта с использованием субстрата ОМС-2 совместно с предпосевной обработкой семян сосны обыкновенной препаратом Наноплант данное соотношение составило 2,0. Это соотношение является оптимальным, так как лесные культуры, созданные посадочным материалом, в данном соотношении имели 80 % – 90 % приживаемости. С изменением соотношения массы надземной части сеянцев к корневой системе приживаемость снижалась до 70 %. По литературным данным [93, 167] оптимальное соотношение у однолетних сеянцев хвойных пород между массой надземной части и корневой системой составляет 2:1.

При выращивании сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой наиболее эффективным агротехническим приемом является предпосевная обработка обрезанных желудей препаратом Наноплант и внесение субстрата (ОМС-1). При этом высота надземной части сеянцев превосходит контрольный вариант опыта в 1,9 раза (таблица 2.22). Комплексное использование предпосевной подготовки посевного материала позволяет получать качественные сеянцы сосны обыкновенной с оптимальным соотношением массы надземной части к корневой системе при выращивании их с закрытой корневой системой в кассетах «Plantek 64F».

Таблица 2.22 – Биометрические показатели сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой в Кобринском постоянном лесном питомнике

Варианты опыта	Биометрические показатели сеянцев		Воздушно-сухая масса сеянца, г	
	высота надземной части, см	диаметр стволика у корневой шейки, мм	надземная	корней
1. Контроль	9,7±0,23	1,9±0,11	0,58±0,06	0,25±0,03

Продолжение таблицы 2.22

2. Предпосевная подготовка семян препаратом Наноплант	10,2±0,26	2,0±0,13	0,64±0,08	0,38±0,04
3. Использование ОМС-1	12,4±0,25	2,1±0,14	0,70±0,07	0,39±0,03
4. Использование ОМС-2	12,8±0,26	2,1±0,13	0,71±0,08	0,39±0,03
5. Внесение ОМС-1, предпосевная подготовка семян	18,0±0,28	2,3±0,15	0,80±0,09	0,40±0,04
6. Внесение ОМС-2, предпосевная подготовка семян	17,4±0,30	2,3±0,14	0,84±0,10	0,46±0,03

Данные отраженные в таблице 2.22 позволяют установить, что сеянцы сосны обыкновенной, выращенные с закрытой корневой системой, по высоте надземной части несколько выше сеянцев, которые получены условиях открытого грунта.

Полученные результаты исследований показывают, что высота надземной части сеянцев с закрытой корневой системой на контрольном варианте опыта на 6,6 % больше по сравнению с открытой корневой системой. Получены математически достоверные отличия по высоте надземной части сеянцев сосны обыкновенной по вариантам опыта. Диаметр корневой шейки сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой практически не отличается по сравнению с сеянцами, выращенными с открытой корневой системой. Математическая обработка полученных данных не показала их достоверность.

Как видно из данной таблицы, предпосевная подготовка семян сосны обыкновенной препаратом Наноплант увеличило высоту надземной части сеянцев на 5,2 % по сравнению с контролем. Использование только одних субстратов (ОМС-1 и ОМС-2) при выращивании однолетних сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой способствовало увеличению высоты надземной части на 27,8–32,0 %.

Наилучшие показатели высоты надземной части сеянцев получены при комплексном использовании субстрата (ОМС-1) и предпосевной подготовки семян. На данном варианте опыта диаметр стволика у корневой шейки сеянцев сосны обыкновенной превышал контрольный вариант опыта на 21,1 %.

Проведенные исследования позволили установить соотношения массы надземной части сеянцев к корневой системе в зависимости от используемых субстратов и предпосевной подготовки семян при выращивании сеянцев с закрытой корневой системой. Установлено, что на контрольном варианте опыта данное соотношение составляет 2,3. Предпосевная подготовка семян препаратом Наноплант и использование субстрата (ОМС-1) практически не оказали влияния на данное соотношение. На варианте опыта

с использованием субстрата ОМС-2 совместно с предпосевной обработкой семян сосны обыкновенной препаратом Наноплант данное соотношение составило 1,9. Наибольшая воздушно-сухая масса надземной части сеянцев получена на варианте с использованием ОМС и предпосевной обработкой семян с закрытой корневой системой. На данном варианте опыта воздушно-сухая масса корней на 6 % больше по сравнению с закрытой корневой системой.

Сеянцы сосны обыкновенной с закрытой корневой системой характеризуются наибольшей суммарной длиной боковых корней. У этих сеянцев на корневых системах число микориз наибольшее и составляет 4,4 шт. Суммарная длина боковых корней на контрольном варианте у сеянцев сосны с открытой корневой системой в 1,6-2,5 меньше раза по сравнению с закрытой корневой системой (таблица 2.23).

Таблица 2.23 – Характеристика морфометрических показателей корневых систем сеянцев сосны обыкновенной по вариантам опыта

Варианты опыта	Показатели корневых систем сеянцев					Число микориз на 100 мм длины корней, шт.
	число боковых корней, шт. на 1 растение		длина боковых корней, см			
	I порядка	II порядка	I порядка	II порядка	суммарная длина боковых корней	
С закрытой корневой системой						
1. Контроль	16,1±3,10	19,4±4,80	40,3±4,10	14,4±2,12	54,7±3,14	2,4±0,41
2. Предпосевная подготовка семян препаратом Наноплант	16,8±3,15	19,8±4,92	43,7±4,12	19,4±2,14	63,1±3,27	2,6±0,47
3. Использование ОМС-1	18,6±3,44	22,6±4,10	52,3±4,15	22,3±2,16	74,6±3,39	3,9±0,58
4. Использование ОМС-2	19,4±3,70	25,4±4,15	26,3±4,12	24,4±0,19	80,7±3,27	4,1±0,59
5. Внесение ОМС-1 + предпосевная подготовка семян	29,4±3,50	27,6±3,20	59,4±4,22	26,5±2,30	85,9±3,51	4,2±0,61
6. Внесение ОМС-2 + предпосевная подготовка семян	31,2±3,70	29,7±4,10	62,3±4,30	28,4±2,41	90,7±3,62	4,4±0,57
С открытой корневой системой						
1. Контроль	10,4±1,08	14,1±2,10	22,2±4,12	10,0±2,17	32,2±3,14	1,9±0,62

Продолжение таблицы 2.23

2. Предпосевная подготовка семян препаратом Наноплант	11,6±1,10	15,2±2,60	24,5±4,30	12,1±2,22	36,6±3,19	2,3±0,64
3. Использование ОМС-1	14,2±1,12	16,7±2,82	28,5±4,45	14,7±2,30	42,8±3,27	3,1±0,83
4. Использование ОМС-2	15,3±1,10	17,4±2,85	30,4±4,35	15,3±2,40	45,7±3,20	3,7±0,88
5. Внесение ОМС-1 + предпосевная подготовка семян	16,4±1,15	19,4±2,90	32,4±4,40	16,4±2,34	48,8±3,43	4,0±1,10
6. Внесение ОМС-2 + предпосевная подготовка семян	17,3±1,17	21,8±2,95	34,3±4,32	18,7±2,30	53,0±3,10	4,3±1,13

Проведенные исследования по влиянию условий выращивания сеянцев сосны обыкновенной с открытой и закрытой корневой системой показали, что сеянцы с закрытой корневой системой имеют наибольшую длину боковых корней. На корневых системах сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой число микориз на 10 % – 22 % больше, чем у сеянцев с открытой корневой системой.

Полученные результаты исследований дают основания считать, что выращивание сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой способствует увеличению не только числа боковых корней и суммарной длины боковых корней, но и числа микориз на корневых системах.

При выращивании сеянцев дуба черешчатого с закрытой корневой системой наиболее эффективным агротехническим приемом является предпосевная обработка обрезанных желудей препаратом Наноплант и внесение субстрата ОМС-2. При этом высота надземной части сеянцев превосходит контрольный вариант опыта на 14,4 %.

Изучено влияние различных субстратов на биометрические показатели сеянцев дуба черешчатого с закрытой корневой системой в условиях лесного питомника Осиповичского опытного лесхоза (таблица 2.24).

Таблица 2.24 – Биометрические показатели сеянцев дуба черешчатого с закрытой корневой системой в Осиповичском опытном лесхозе

Варианты опыта	Биометрические показатели сеянцев		Воздушно-сухая масса сеянца, г	
	высота надземной части, см	диаметр стволика у корневой шейки, мм	надземная	корней
1. Контроль	12,5±2,23	3,0±0,11	1,4±0,06	1,1±0,03
2. Предпосевная подготовка семян препаратом Наноплант	14,3±2,3	3,1±0,13	1,5±0,08	1,2±0,04

Продолжение таблицы 2.24

3. Использование ОМС-1	15,0±2,2	3,2±0,14	1,6±0,07	1,3±0,03
4. Использование ОМС-2	16,4±2,1	3,2±0,12	1,6±0,06	1,3±0,04
5. Внесение ОМС-1, предпосевная подготовка семян	17,3±2,2	3,3±0,15	1,7±0,09	1,4±0,04
6. Внесение ОМС-2, предпосевная подготовка семян	17,9±2,3	3,3±0,14	1,9±0,08	1,4±0,05

Предпосевная подготовка желудей препаратом Наноплант увеличила высоту надземной части сеянцев дуба черешчатого на 14,4 % по сравнению с контролем.

Использование только одних субстратов (ОМС-1 и ОМС-2) при выращивании однолетних сеянцев дуба черешчатого способствовало увеличению высоты надземной части на 20,0 % – 31,2 %.

Наибольшие показатели высоты надземной части сеянцев получены при комплексном использовании субстратов и предпосевной подготовки желудей (38,4 % – 43,2 %).

Проведенные исследования позволили установить соотношения массы надземной части сеянцев дуба черешчатого к корневой системе в зависимости от используемых субстратов и предпосевной подготовки желудей. Установлено, что на контрольном варианте опыта данное соотношение составляет 1,3. Предпосевная подготовка желудей препаратом Наноплант и использование различных субстратов практически не оказали влияния на данное соотношение (1,3).

Использование предпосевной подготовки желудей совместно с субстратом (ОМС-1) позволило изменить данное соотношение до 1,2.

Оптимальное соотношение у однолетних сеянцев дуба черешчатого между массой надземной части и корневой системой для условий Беларуси не установлено. По полученным нами данным многолетних исследований в различных лесхозах Беларуси установлено, что оптимальное соотношение массы надземной части сеянцев дуба черешчатого к подземной составляют 1,2-1,3.

По данным А.С. Яковлева [168], для условий среднего Поволжья России, у сеянцев дуба с открытой корневой системой оптимальным считается соотношение 1:1,7.

Как видно из таблицы 2.25, предпосевная подготовка желудей препаратом Наноплант при выращивании сеянцев дуба черешчатого с открытой корневой системой увеличило высоту надземной части сеянцев на 13,4 % по сравнению с контролем. Предпосевная подготовка желудей препаратом Наноплант и использование различных субстратов практически не оказали влияния на данное соотношение (1,3).

Использование предпосевной подготовки желудей совместно с субстратами (ОМС-1 и ОМС-2) позволило получить данное соотношение 1,2 и 1,3.

На вариантах опыта при использовании ОМС, отмечался прирост как надземной, так и подземной массы сеянцев дуба черешчатого по сравнению с контролем практически в 1,5 раза.

Таблица 2.25 – Биометрические показатели сеянцев дуба черешчатого с открытой корневой системой в Осиповичском опытном лесхозе

Варианты опыта	Биометрические показатели сеянцев		Воздушно-сухая масса сеянца, г	
	высота надземной части, см	диаметр стволика у корневой шейки, мм	надземная	корней
1. Контроль	8,2±0,28	2,8±0,10	1,1±0,08	0,8±0,02
2. Предпосевная подготовка семян препаратом Наноплант	9,3±0,80	3,0±0,11	1,1±0,09	0,9±0,03
3. Использование ОМС-1	10,1±1,20	3,0±0,50	1,2±0,10	1,0±0,04
4. Использование ОМС-2	11,3±1,40	3,1±0,50	1,3±0,12	1,0±0,03
5. Внесение ОМС-1, предпосевная подготовка семян	12,4±1,50	3,1±0,40	1,3±0,11	1,1±0,03
6. Внесение ОМС-2, предпосевная подготовка семян	12,6±1,40	3,2±0,60	1,5±0,12	1,2±0,04

Анализ результатов опыта показывает, что использования ОМС оказывает положительное влияние на высоту надземной части сеянцев дуба черешчатого, диаметр корневой шейки и длину боковых корней. Внесение компостов с органоминеральными добавками в виде ОМС оказало влияние на суммарную длину боковых корней (таблица 2.26).

Таблица 2.26 – Характеристика морфометрических показателей корневых систем сеянцев дуба черешчатого по вариантам опыта

Варианты опыта	Показатели корневых систем сеянцев					Число микориз на 100 мм длины корней, шт.
	число боковых корней, шт. на 1 растение		длина боковых корней, см			
	I порядка	II порядка	I порядка	II порядка	суммарная длина боковых корней	
С закрытой корневой системой						
1. Контроль	19,2±3,12	29,5±4,8	50,2±4,1	24,4±2,1	54,7±3,1	3,4±0,4

Продолжение таблицы 2.26

2. Предпосевная подготовка желудей препаратом Наноплант	26,4±3,16	29,6±4,9	53,7±4,1	29,4±2,1	63,1±3,2	3,6±0,4
3. Использование ОМС-1	29,5±3,45	32,4±4,1	62,3±4,1	32,3±2,1	74,6±3,3	4,9±0,5
4. Использование ОМС-2	30,4±3,27	35,7±4,1	65,3±4,1	35,1±2,2	80,4±3,6	5,0±0,5
5. Внесение ОМС-1, предпосевная подготовка желудей препаратом Наноплант	38,5±3,58	37,4±3,2	69,4±4,2	36,5±2,3	85,9±3,5	5,2±0,6
6. Внесение ОМС-2, предпосевная подготовка желудей препаратом Наноплант	37,4±3,48	39,6±3,1	73,2±4,1	39,4±2,4	92,6±3,6	5,5±0,6
С открытой корневой системой						
1. Контроль	16,5±1,0	24,3±2,1	32,2±4,1	20,0±2,17	42,2±3,14	2,9±0,6
2. Предпосевная подготовка желудей препаратом Наноплант	21,4±1,1	25,4±2,6	34,5±4,3	22,1±2,22	46,6±3,19	3,3±0,6
3. Использование ОМС-1	24,4±1,1	16,5±2,8	38,5±4,4	24,7±2,30	52,8±3,27	4,1±0,8
4. Использование ОМС-2	25,6±1,2	28,6±2,6	40,3±4,5	25,1±2,42	55,4±3,30	4,9±1,0
5. Внесение ОМС-1, предпосевная подготовка желудей препаратом Наноплант	26,5±1,1	29,7±2,9	42,4±4,4	26,4±2,34	58,8±3,43	5,0±1,1
6. Внесение ОМС-1, предпосевная подготовка желудей препаратом Наноплант	27,4±1,1	31,2±2,8	45,6±4,3	28,3±2,30	63,0±3,41	5,4±1,1

При выращивании однолетних семян дуба черешчатого с закрытой корневой системой суммарная длина боковых корней зависит от использования органоминеральных составов и предпосевной подготовки желудей.

На варианте опыта с предпосевной подготовкой желудей препаратом Наноплант суммарная длина боковых корней на 11,5 % превышает контрольный вариант опыта. Наибольшая суммарная длина боковых корней получена на варианте опыта с использованием ОМС-2 и предпосевной подготовкой желудей. На данном варианте данный показатель превышал контрольный вариант опыта на 69,3 %.

При выращивании сеянцев дуба черешчатого с открытой корневой системой суммарная длина боковых корней на контрольном варианте опыта была на 29,6 % меньше по сравнению с сеянцами, которые выращены с закрытой корневой системой. Аналогичная закономерность прослеживается и на других вариантах опыта.

Проведенные исследования позволили установить соотношения массы надземной части сеянцев сосны обыкновенной к корневой системе в зависимости от используемых субстратов и предпосевной подготовки семян. Установлено, что на контрольном варианте опыта данное соотношение составляет 2,4. Предпосевная подготовка семян препаратом Наноплант и использование субстрата (ОМС-1) практически не оказали влияния на данное соотношение (2,3). Использование субстрата ОМС-2 совместно с предпосевной обработкой семян сосны обыкновенной препаратом Наноплант изменило данное соотношение (2,0). Это соотношение является оптимальным, так как лесные культуры, созданные посадочным материалом в данном соотношении, имели 80 % – 90 % приживаемости.

Проведенные исследования по влиянию условий выращивания сеянцев сосны обыкновенной с открытой и закрытой корневой системой показали, что сеянцы с закрытой корневой системой имеют наибольшую длину боковых корней. На корневых системах сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой число микориз на 10 % – 22 % больше, чем у сеянцев с открытой корневой системой.

Предпосевная подготовка желудей препаратом Наноплант увеличила высоту надземной части сеянцев дуба черешчатого на 14,4 % по сравнению с контролем. Использование только одних субстратов (ОМС-1 и ОМС-2) при выращивании однолетних сеянцев дуба черешчатого способствовало увеличению высоты надземной части на 20,0 % – 31,2 %.

Оптимальное соотношение у однолетних сеянцев дуба черешчатого между массой надземной части и корневой системой для условий Беларуси составляет 1,2-1,3.

При выращивании сеянцев дуба черешчатого с закрытой корневой системой наиболее эффективным агротехническим приемом является предпосевная обработка обрезанных желудей препаратом Наноплант и использование органоминерального субстрата. Высота надземной части сеянцев дуба черешчатого превосходит контрольный вариант опыта на 23 %.

Комплексное использование предпосевной подготовки посевного материала совместно с органоминеральным субстратом позволяет получать качественные сеянцы лесных пород с оптимальным соотношением массы надземной части к корневой системе.

Нами впервые в мировой науке и практике разработаны принципиально новые органоминеральные удобрения на основе использования отходов лесохозяйственного комплекса и сельского хозяйства с применением целевых добавок, но без торфа. Новые органоминеральные удобрения без торфа получены в постоянных лесных питомниках Кобринского опытного лесхоза, Брестского ГПЛХО, Осиповичского опытного лесхоза Могилевского ГПЛХО, Корневской экспериментальной лесной базе Института леса Национальной академии наук Беларуси, в частном хозяйстве Гомельского района и показали высокую эффективность.

МГТУ им. И. П. Шамякина

ГЛАВА 3

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА В ЛЕСНОМ И СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ И ИХ УРОЖАЙНОСТЬ

Большое значение для выращивания сеянцев лесных пород и различных сельскохозяйственных культур имеют органоминеральные удобрения и регуляторы роста. Органоминеральные удобрения увеличивают в почве содержание гумуса и подвижных элементов питания. Регуляторы роста позволяют управлять биометрическими показателями роста растений.

Применение органоминеральных удобрений в лесных питомниках является важным звеном в повышении плодородия дерново-подзолистых почв и выращивании стандартных сеянцев. Выращивание сеянцев лесных пород за счет внесения органоминеральных удобрений способствует не только повышению плодородия лесных почв элементами питания, но и обогащению ее полезными микроорганизмами, которые стимулируют микоризообразование на корневых системах сеянцев лесных пород.

3.1 Влияние применения средств защиты растений, органоминеральных удобрений и регуляторов роста на урожайность грибов

Производственные испытания применения средств защиты растений Mirage 450 и Armex 5 + Mexacid при выращивании шампиньонов выполнены в 2015 году в соответствии с «Методическими указаниями по проведению регистрационных испытаний на производственной базе СООО «Бонше» Брестского района» (рисунок 3.1).

Исследования проводились в старом корпусе СООО «Бонше» в камерах № 6 (Mirage 450) и № 7 (Armex 5 + Mexacid) в течение двух ротаций выращивания шампиньонов.

Календарные сроки исследований: 1 ротации – начало 27.03.2015 г., окончание 26.04.2015 г; 2 ротации – начало 27.04.2015 г., окончание 26.05.2015 г.

В опыте использованы СЗР:

1) Фунгицид Mirage 450 (раствор прохлораза 450 г/л) производитель Makhteshim Chemical Works Ltd. (84 100, Israel. P.O. Box 60. Industrial Zone, Beer-Sheva).

2) Дезинфектор Armex 5 (диоксид хлора) и активатор дезинфектора МЕХАСИД (раствор лимонной кислоты + 15 % гидросульфата натрия) производитель Мехео (Poland. 47-225 Kedzierzyn-Kozle, Wieslaw Hreczuchul, Energetykov 9), рисунки 3–4.

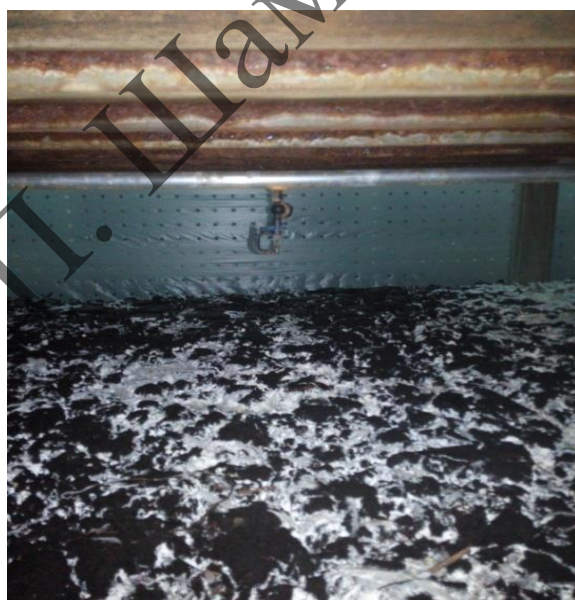


Рисунок 3.1 – Выращивание шампиньонов в культивационных камерах

Внесение воды и раствора СЗР в субстрат для выращивания шампиньонов осуществлено через систему полива.

Схема опыта № 1 включала следующие варианты:

1. Полив водой в дозе 1 л/м^2 (контроль);
2. Полив раствором (1 л *Mirage 450* на 12 л воды) в дозе 1 л/м^2 .

Схема опыта № 2 включала следующие варианты:

1. Полив водой в дозе $2 (1+1) \text{ л/м}^2$ (контроль);
2. Полив раствором (1 л *Artex 5* + 1 л *Mexacid* на 23 л воды) в дозе $2 (1+1) \text{ л/м}^2$.

Площадь одного варианта опыта (полки) составляет $32,16 \text{ м}^2$. Варианты опыта заложены в четырехкратной повторности (по количеству полок

в 1 стеллаже). Расположение вариантов опыта рендомезированное (случайное) выполнено согласно методике полевого опыта Б.А. Доспехова [16].

Микроклимат выращивания шампиньонов в камерах соответствовал общепринятой технологии выращивания шампиньонов. Температура и влажность принудительно регулировались системой кондиционирования.

Результаты наблюдений и графики проведения опытов представлены в таблицах 3.1–3.2.

Таблица 3.1 – Метеоусловия и график проведения опыта № 1 (камера № 6)

Дата	Период развития и выполняемые работы	Температура компоста, °С	Температура воздуха, °С	Влажность, %
1 ротация				
27.03.	загрузка субстрата	23	8–17	94–100
28.03.	полив водой			
29.03.				
30.03.	вегетативная фаза	26	19	94–97
31.03.				
1.04.				
2.04.	генеративная фаза (плодообразование и рост плодовых тел)	20 (охлаждение)	19–17	90–96
3.04.				
4.04.				
5.04.				
6.04.				
7.04.	период плодоношения 1 волны (полив водой или фунгицидом Mirage 450)	21	17	89–91
8.04.				
9.04.				
10.04.				
11.04.				
12.04.	сбор урожая шампиньонов 1 волны	21–24	16–17	87–89
13.04.				
14.04.				
15.04.				
16.04.				
17.04.	окончание сбора 1 волны			
18.04.	полив водой	23–26	20 на 1 сутки	81–83
19.04.	период плодоношения 2 волны	20–21	18	81–83
20.04.				
21.04.				
22.04.	сбор урожая шампиньонов 2 волны	20–21	18	81–83
23.04.				
24.04.				

Продолжение таблицы 3.1

25.04.	пропарка камеры в течение 12 часов	70–72	70–72	81–83
26.04.				
2 ротация				
27.04.	загрузка субстрата	23	8–17	94–100
28.04.	полив водой			
29.04.				
30.04.	вегетативная фаза	26	19	94–97
1.05.				
2.05.				
3.05.	генеративная фаза (плодообразование и рост плодовых тел)	20 (охлаждение)	19–17	90–96
4.05.				
5.05.				
6.05.				
7.05.				
8.05.	период плодоношения 1 волны (полив водой или фунгицидом Mirage 450)	21	17	89–91
9.05.				
10.05.				
11.05.				
12.05.				
13.05.	сбор урожая шампиньонов 1 волны	21–24	16–17	87–89
14.05.				
15.05.				
16.05.				
17.05.				
18.05.	окончание сбора 1 волны			
19.05.	полив водой	23–26	20 на 1 сутки	81–83
20.05.	период плодоношения 2 волны	20–21	18	81–83
21.05.				
22.05.				
23.05.	сбор урожая шампиньонов 2 волны	20–21	18	81–83
24.05.				
25.05.				
26.05.				
27.05.	пропарка камеры в течение 12 часов	70–72	70–72	81–83

Таблица 3.2 – Метеоусловия и график проведения опыта № 2 (камера № 7)

Дата	Период развития и выполняемые работы	Температура компоста, °С	Температура воздуха, °С	Влажность, %
1 ротация				
27.03.	загрузка субстрата	23	8–17	94–100
28.03.	полив водой			
29.03.				

Продолжение таблицы 3.2

30.03.	вегетативная фаза	26	19	94–97
31.03.				
1.04.				
2.04.	генеративная фаза (плодообразование и рост плодовых тел)	20 (охлаждение)	19–17	90–96
3.04.				
4.04.				
5.04.				
6.04.				
7.04.	период плодоношения 1 волны (полив водой или дезинфектором Armex 5 с активатором дезинфектора Mehacid)	21	17	89–91
8.04.				
9.04.				
10.04.				
11.04.				
12.04.	сбор урожая шампиньонов 1 волны	21–24	16–17	87–89
13.04.				
14.04.				
15.04.				
16.04.				
17.04.	окончание сбора 1 волны			
18.04.	полив водой или дезинфек- тором Armex 5 с активатором дезинфектора Mehacid	23–26	20 на 1 сутки	81–83
19.04.	период плодоношения 2 волны	20–21	18	81–83
20.04.				
21.04.				
22.04.	сбор урожая шампиньонов 2 волны	20–21	18	81–83
23.04.				
24.04.				
25.04.	полив водой	23–26	20 на 1 сутки	81–83
26.04.	период плодоношения 3 волны	20–21	18	81–83
27.04.				
28.04.				
29.04.	сбор урожая шампиньонов 3 волны	20–21	18	81–83
30.04.				
1.05.				
2.05.	пропарка камеры в течение 12 часов	70–72	70–72	81–83
2 ротация				
3.05.	загрузка субстрата	23	8–17	94–100
4.05.	полив водой			
5.05.				

Окончание таблицы 3.2

6.05.	вегетативная фаза	26	19	94–97
7.05.				
8.05.				
9.05.	генеративная фаза (плодообразование и рост плодовых тел)	20 (охлаждение)	19–17	90–96
10.05.				
11.05.				
12.05.				
13.05.				
14.05.	период плодоношения 1 волны (полив водой или дезинфектором Argemex 5 с активатором дезинфектора Mehacid)	21	17	89–91
15.05.				
16.05.				
17.05.				
18.05.				
19.05.	сбор урожая шампиньонов 1 волны	21–24	16–17	87–89
20.05.				
22.05.				
23.05.				
24.05.				
25.05.				
26.05.	полив водой или дезинфек- тором Argemex 5 с активатором дезинфектора mehacid	23–26	20 на 1 сутки	81–83
27.05.	период плодоношения 2 волны	20–21	18	81–83
28.05.				
29.05.				
30.05.	сбор урожая шампиньонов 2 волны	20–21	18	81–83
31.05.				
1.06.	полив водой	23–26	20 на 1 сутки	81–83
2.06.	период плодоношения 3 волны	20–21	18	81–83
3.06.				
4.06.				
5.06.				
6.06.	сбор урожая шампиньонов 3 волны	20–21	18	81–83
7.06.				
8.06.				
9.06.				
10.06.	пропарка камеры в течение 12 часов	70–72	70–72	81–83

Учет урожайности шампиньонов выполнен сплошным методом с сортировкой полученных шампиньонов по размерам. Взвешивание продукции проведено на электронных весах (рисунок 2).



Рисунок 3.2 – Учет урожайности шампиньонов

Для изучения качества полученной продукции отбор образцов шампиньонов проводили методом конверта из пяти точек.

В лаборатории «Агробиологии» проведена оценка биологической эффективности применения дезинфектора Armex 5 в сочетании с активатором дезинфектора Mexacid и фунгицида Mirage 450 против комплекса бактериальных и грибных болезней шампиньонов.

Для проведения лабораторных исследований были отобраны образцы субстрата для выращивания шампиньонов и сделаны смывы с поверхностей стеллажей после закладки субстрата в начале эксперимента и до его пропарки в конце ротации. Субстрат отбирали в стерильные чашки Петри стерильным пинцетом. Смывы делали стерильными ватно-марлевыми салфетками, смоченными стерильной дистиллированной водой в стерильные флаконы.

Стерилизовали посуду и инструменты в сухожаровом шкафу 3 часа при $t=180\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Выделение возбудителей проводили во влажных камерах по стандартным методикам [169, 170]. В качестве влажной камеры использовали стерильные чашки Петри, дно нижней и верхней частей которых выстилали стерильной фильтровальной бумагой и увлажняли 5 мл стерильной дистиллированной воды. В чашки помещали образцы субстрата и ватно-марлевые салфетки.

Чашки ставили в термостат с температурой, оптимальной для развития грибов $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и развития бактерий $28\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Через 5 суток во влажных камерах развивался мицелий гриба и колонии бактерий. Для определения и получения чистой культуры возбудителей грибных болезней использовали среду Чапека. Состав среды: сахароза ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) – 30 г; натрий азотнокислый (NaNO_3) – 3 г; калий фос-

форнокислый однозамещенный (KH_2PO_4) – 1 г; магний сернокислый ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) – 0,5 г; калий хлористый (KCl) – 0,5 г; железо сернокислое закисное (FeSO_4) – 0,01 г; агар-агар на 1 л – 15–20 г из расчета на 1 л дистиллированной воды [171].

После смешивания всех компонентов среду стерилизовали в автоклаве одноразово паром при 0,5 атм. (112 °С) в течение 30 мин. После стерилизации среду разливали в стерильные горячие чашки Петри по 15–20 мл. Разлив сред и все работы проводили в боксе-ламинаре в стерильном помещении. В условиях стерильности отвивочной иглой переносили частицы мицелия на питательную среду Чапека на середину чашки Петри. Отвивочную иглу прокаливали над пламенем спиртовки перед посевом и после него. Чашки с культурой гриба помещали в термостат с температурой 24 °С – 25 °С. На 10 сутки проводили определение патогенов микрокопированием под бинокляром с увеличением в 50 раз [172].

Для выделения чистых культур бактерий использовали готовый мясопептонный агар, который стерелизовали в автоклаве при 1 атм. (121 °С) в течение 20 мин. После стерилизации среду разливали в стерильные горячие чашки Петри по 15–20 мл. Разлив сред и все работы проводили в боксе-ламинаре в стерильном помещении.

В условиях стерильности бактериологической петлей переносили частицы колоний на мясопептонный агар на середину чашки Петри. Бактериологическую петлю прокаливали над пламенем спиртовки перед посевом и после него. Чашки с культурой бактерий помещали в термостат с температурой 28 °С. На 5 сутки проводили определение патогенов микрокопированием [173, 174].

Для оценки биологической эффективности применения дезинфектора Armex 5 в сочетании с активатором дезинфектора Mexacid на чашки Петри со средой Чапека и чашки Петри с мясопептонным агаром вносили 20 мл смеси дезинфектора с активатором.

Для оценки биологической эффективности применения фунгицида Mirage 450 вносили на чашки Петри со средой Чапека и мясопептонным агаром 18 мл препарата.

В условиях стерильности переносили частицы колоний бактерий и мицелия грибов на питательную среду на середину чашки Петри. Через 5, 10 и 15 суток оценивали рост колоний бактерий и рост мицелия грибов [175].

В лаборатории «Биохимии» (соответствующей критериям Национальной системы аккредитации Республики Беларусь и аккредитованной на соответствие требованиям СТБ ИСО/МЭК 17025 до 28.02.2017 г.) в соответствии с программой исследований в образцах шампиньонов определяли следующие показатели:

– сухое вещество – высушиванием в сушильном шкафу при температуре 100–105 °С (ГОСТ 27548 – 97 п. 5, п. 7);

- содержание сырого протеина (ГОСТ 13496.4 – 93 п. 2);
- содержание сырого жира (ГОСТ 13496.15 – 97);
- содержание углеводов (ГОСТ 26176 – 91).

Статистическая обработка результатов исследований проведена методом однофакторного дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [176] с использованием соответствующих программ на компьютере.

Таким образом, учеты, наблюдения и лабораторные анализы выполнены с использованием общепринятых методов исследований в соответствии с ГОСТ. Статистическая обработка полученных данных, использованная для анализа и выводов, обеспечивает достоверность полученных результатов испытаний.

При микроскопировании проб, отобранных на контрольном варианте в конце ротации перед пропариванием субстрата, выявлены возбудители грибных и бактериальных болезней шампиньонов: белой гнили (*Mycogone perniciosa* Magn), сухой гнили (*Verticillium malthousei* Ware), фузариозного увядания (*Fusarium*), бурой пятнистости (*Pseudomonas tolaasii* Paine), что свидетельствует о высокой восприимчивости к ним шампиньонов (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Видовой состав микрофлоры шампиньонницы (на контроле)

Род грибов	Наличие инфекции	
	после закладки субстрата	до пропаривания субстрата
Белая гниль (<i>Mycogone perniciosa</i> Magn)	–	+
Сухая гниль (<i>Verticillium malthousei</i> Ware)	–	+
Фузариозное увядание (<i>Fusarium</i>)	–	+
Бурая пятнистость (<i>Pseudomonas tolaasii</i> Paine)	–	+

Примечание – «–» отсутствие инфекции, «+» наличие инфекции.

Белая гниль (микогоноз) вызывается грибом *Mycogone perniciosa* Magn. (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Белая гниль (*Mycogone perniciosa* Magn)

Это наиболее распространенное и вредоносное заболевание. При поражении им происходит деформация плодовых тел – они имеют сильно утолщенную ножку и недоразвитую шляпку. Потом тела размягчаются, темнеют и загнивают по типу мокрой гнили с неприятным запахом. Проявляется болезнь через 10–14 дней после инфекции. Особо благоприятны для развития болезни повышенные влажность и температура. Молодые шампиньоны на стадии «булавочной головки» под воздействием микогона развиваются в бесформенную массу, которую покрывает, словно завитым пухом, мицелий патогена, приобретающий позднее коричневую окраску. На нем появляются красно-коричневые капли неприятно пахнущей жидкости, которые содержат огромное количество спор. Если заражение происходит на более поздних стадиях формирования шампиньонов, тогда микогон развивается у основания шляпки и покрывает низ шляпки пушистым мицелием, на котором позднее выделяются коричневые капли. Патоген сохраняется в субстрате в виде хламидоспор, распространяется по воздуху конидиями или насекомыми. Развитию болезни способствуют повышенная температура и избыточная влажность воздуха [177].

Сухая гниль (вертициллез) вызывается грибом *Verticillium malthousei* Ware (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – Сухая гниль (*Verticillium malthousei* Ware)

По распространенности и вредоносности занимает второе место после микогоноза. Пораженные плодовые тела приобретают конусовидную форму, становятся пористыми и сухими. Затем они темнеют, и от них отслаиваются кусочки ткани. Паразит сохраняется в почве и на растительных остатках. Распространяется насекомыми, а также с инвентарем при уходе за плантациями. Болезнь прогрессирует при повышенных температурах и влажности воздуха [177].

Фузариозное увядание вызывается грибами из рода *Fusarium* sp. Чаще всего *F. oxysporum* Schleht. emend. Saryd. et Hans. (рисунок.3.5).

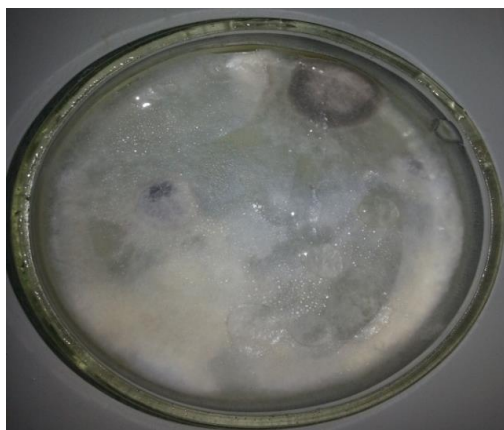


Рисунок 3.5 – Фузариозное увядание (*Fusarium*)

Пораженное плодовое тело уже в молодом возрасте (размер горошины) размягчается, искривляется и темнеет. Процесс сопровождается неприятным запахом. Заражение происходит через почву. Развитию болезни способствуют высокая влажность и повышенная температура субстрата [177].

Бурая пятнистость (бактериоз) вызывается бактерией *Pseudomonas tolaasi* Paine (рисунок 3.6).



Рисунок 3.6 – Бурая пятнистость (*Pseudomonas tolaasi* Paine)

При развитии этой болезни на поверхности грибных шляпок появляются коричневые пятна. При сильном поражении ткань отмирает, шляпка лучеобразно растрескивается и становится асимметричной. Возбудитель сохраняется на остатках больных грибов и распространяется насекомыми, с поливной водой, инвентарем [177].

Отсутствие возбудителей грибных и бактериальных болезней шампиньонов в субстрате после его закладки в культивационную камеру (таблица 1) объясняется тем, что для уничтожения инфекции технология выращивания шампиньонов предусматривает предварительную подготовку субстрата до закладки в камеру (пропариванием при температуре не менее 70 °С).

Для оценки биологической эффективности применения фунгицида Mirage 450 – 18 мл препарата вносили на чашки Петри со средой Чапека и мясопептонным агаром. В условиях стерильности переносили частицы колоний бактерий и мицелия грибов на питательную среду на середину чашки Петри. Через 5, 10 и 15 суток оценивали рост колоний бактерий и рост мицелия грибов (рисунки 3.7а, 3.7б).

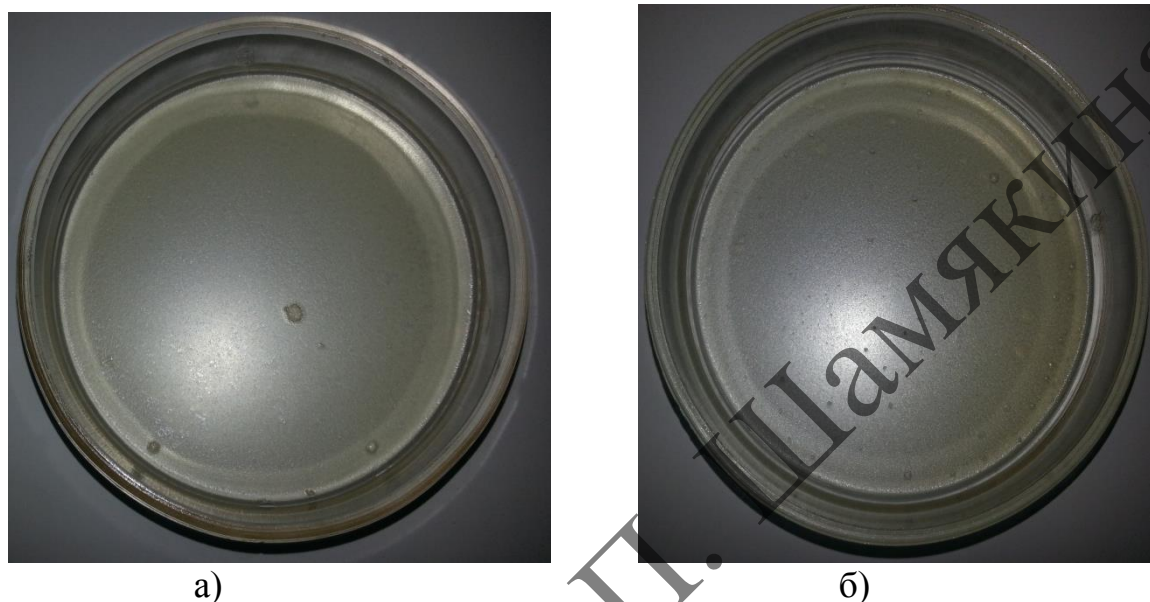


Рисунок 3.7 – Чашки Петри с фунгицидом MIRAGE 450 и возбудителями *Verticillium malthousei* Ware. (а); *F. oxysporum* Schleht. emend. Sirda, et Hans. (б) на 15 сутки культивирования

При анализе биологической эффективности применения фунгицида Mirage 450 против комплекса бактериальных и грибных болезней шампиньонов установлено, что как на 5, так и на 10 и 15 сутки отсутствовал рост бактериальных колоний и мицелия грибов (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Видовой состав микрофлоры шампиньонницы при применении фунгицида Mirage 450

Род грибов	Наличие инфекции			
	после закладки субстрата	5 сутки	10 сутки	15 сутки
Белая гниль (<i>Mycogone pernicioso Magn</i>)	–	–	–	–
Сухая гниль (<i>Verticillium malthousei Ware</i>)	–	–	–	–
Фузариозное увядание (<i>Fusarium</i>)	–	–	–	–
Бурая пятнистость (<i>Pseudomonas tolaasii Paine</i>)	–	–	–	–

Примечание – «–» отсутствие инфекции, «+» наличие инфекции.

Полученные результаты свидетельствуют о 100 % эффективности применения фунгицида Mirage 450 против комплекса бактериальных и грибных болезней.

Изучалось влияние применения фунгицида Mirage 450 на урожайность, крупность и качество шампиньонов (содержание белка, жиров, углеводов). При используемой на СООО «Бонше» голландской технологии выращивания шампиньонов на контрольном варианте за две волны получена урожайность на уровне 18,9–19,1 кг/м². Применение фунгицида Mirage 450 увеличило урожайность шампиньонов на 2,8–3,3 кг/м², прибавка по сравнению с контролем составляет 14,8 % – 16,3 % (таблица 3.5).

Увеличение урожайности шампиньонов при применении фунгицида Mirage 450 произошло за счет увеличения размеров шляпки гриба (таблица 3.6).

Внесение фунгицида Mirage 450 увеличило количество грибов: с диаметром шляпки 30–40 мм на 8 % – 10 %, с диаметром шляпки 40–60 мм на 17 % – 18 % (за счет снижения на 25 % – 28 % численности грибов с диаметром шляпки 20–30 мм).

Проведенным биохимическим анализом образцов шампиньонов установлено, что полученные на контрольном варианте опыта шампиньоны содержали: 6,0 % – 6,1 % белка, 0,47 % – 0,49 % жиров, 2,5 % – 2,8 % углеводов (таблица 3.7).

Внесение фунгицида Mirage 450 увеличило содержание в шампиньонах белка на 0,3 % – 0,4 %, жиров на 0,10 % – 0,13 %, углеводов на 0,4 % – 0,5 %.

Таблица 3.5 – Влияние применения фунгицида Mirage 450 на урожайность шампиньонов

Вариант	Урожайность шампиньонов, кг/м ²										Сум- ма за 1-2 вол- ны	Прибав- ка, кг/м ² (%)
	1 волна					2 волна						
	I	II	III	IV	сред- нее	I	II	III	IV	сред- нее		
1 ротация												
1. Контроль (полив водой 1 л/м ²)	12,3	11,9	12,1	11,7	12,0	6,8	7,3	7,4	6,9	7,1	19,1	–
2. Полив раствором (1 л Mirage 450 на 12 л воды) в дозе 1 л/м ²	13,5	13,8	14,2	13,7	13,8	8,9	8,5	8,3	8,7	8,6	22,4	3,3 (17,3 %)
НСР _{0,05}	0,75					1,01					1,76	
P, %	1,29					2,85					4,14	

Продолжение таблицы 3.5

2 ротация												
1. Контроль (полив водой 1 л/м ²)	10,9	10,5	10,7	10,3	10,6	8,2	8,0	8,5	8,5	8,3	18,9	–
2. Полив раствором (1 л Mirage 450 на 12 л воды) в дозе 1 л/м ²	12,3	12,1	11,5	11,7	11,9	9,9	9,6	9,3	10,4	9,8	21,7	2,8 (14,8%)
НСР _{0,05}	0,64					0,89					0,89	
P, %	1,26					2,18					2,18	
Среднее за 1–2 ротации												
1. Контроль (полив водой 1 л/м ²)	11,6	11,2	11,4	11,0	11,3	7,5	7,7	8,0	7,7	7,7	19,0	–
2. Полив раствором (1 л Mirage 450 на 12 л воды) в дозе 1 л/м ²	12,9	13,0	12,9	12,7	12,9	9,4	9,1	8,8	9,6	9,2	22,1	3,1 (16,3%)
НСР _{0,05}	0,70					0,95					1,65	
P, %	1,28					2,52					3,80	

Таблица 3.6 – Влияние применения фунгицида Mirage 450 на изменение размеров шампиньонов

Вариант	Грибов с диаметром шляпки, %									Прибавка, %		
	1 волна			2 волна			среднее за 1-2 волны					
	20–30 мм	30–40 мм	40–60 мм	20–30 мм	30–40 мм	40–60 мм	20–30 мм	30–40 мм	40–60 мм	20–30 мм	30–40 мм	40–60 мм
1 ротация												
1. Контроль (полив водой 1 л/м ²)	32	47	21	38	43	19	35	45	20	–	–	–
2. Полив раствором (1 л Mirage 450 на 12 л воды) в дозе 1 л/м ²	6	57	36	8	53	40	7	55	38	–28	10	18
2 ротация												
1. Контроль (полив водой 1 л/м ²)	35	41	24	41	37	22	38	39	23	–	–	–
2. Полив раствором (1 л Mirage 450 на 12 л воды) в дозе 1 л/м ²	12	49	39	14	45	41	13	47	40	–25	8	17

Продолжение таблицы 3.6

Среднее за 1–2 ротации												
1. Контроль (полив водой 1 л/м ²)	34	44	23	39	40	20	37	42	22	-	-	-
2. Полив раствором (1 л Mirage 450 на 12 л воды) в дозе 1 л/м ²	9	53	38	11	49	40	10	51	39	-27	9	18

Таблица 3.7 – Влияние применения фунгицида Mirage 450 на изменение качества шампиньонов (содержание белка, жиров, углеводов)

Вариант	Содержание в шампиньонах, %									Прибавка, %		
	1 волна			2 волна			среднее за 1–2 волны			белка	жиров	углеводов
	белка	жиров	углеводов	белка	жиров	углеводов	белка	жиров	углеводов			
1 ротация												
1. Контроль (полив водой 1 л/м ²)	6,4	0,51	2,9	5,8	0,47	2,7	6,1	0,49	2,8	–	–	–
2. Полив раствором (1 л Mirage 450 на 12 л воды) в дозе 1 л/м ²	6,7	0,62	3,4	6,1	0,56	3,0	6,4	0,59	3,2	0,3	0,10	0,4
2 ротация												
1. Контроль (полив водой 1 л/м ²)	6,3	0,47	2,6	5,7	0,43	2,4	6,0	0,45	2,5	–	–	–
2. Полив раствором (1 л Mirage 450 на 12 л воды) в дозе 1 л/м ²	6,7	0,61	3,2	6,1	0,55	2,9	6,4	0,58	3,0	0,4	0,13	0,5
Среднее за 1–2 ротации												
1. Контроль (полив водой 1 л/м ²)	6,4	0,49	2,8	5,7	0,45	2,5	6,1	0,47	2,7	–	–	–
2. Полив раствором (1 л Mirage 450 на 12 л воды) в дозе 1 л/м ²	6,7	0,61	3,3	6,1	0,56	2,9	6,4	0,59	3,1	0,4	0,12	0,5

Полученные за 2 ротации шампиньонов экспериментальные данные свидетельствуют о высокой эффективности применения фунгицида Mirage 450 при выращивании шампиньонов, в связи с чем он рекомендуется для государственной регистрации в Республике Беларусь.

В таблице 3.8 представлен регламент применения испытываемого средства защиты растений, рекомендованного для государственной регистрации.

Таблица 3.8 – Регламент применения средства защиты растений

Заявитель, торговое название, препаративная форма, состав	Норма расхода фунгицида, л/м ²	Растение, на котором применяется удобрение	Способ и сроки применения удобрения	Кратность применения
СООО «Бонше», Фунгицид Mirage 450 (производитель Makhteshim Chemical Works Ltd. (84 100, Israel. P.O. Box 60. Industrial Zone, Beer-Sheva). Фунгицид содержит раствор прохлоразы 450 г/л.	1 л фунгицида на 12 л воды с дальнейшим внесением полученного раствора в дозе 1 л/м ²	шампиньоны	полив субстрата для выращивания шампиньонов	1

Оценка биологической эффективности применения дезинфектора Armex 5 и активатора дезинфектора Mexacid против комплекса бактериальных и грибных болезней шампиньонов

При микроскопировании проб отобранных на контрольном варианте в конце ротации перед пропариванием субстрата выявлены возбудители грибных и бактериальных болезней шампиньонов: белой гнили (*Mycogone perniciosa Magn*), сухой гнили (*Verticillium malthousei Ware*), фузариозного увядания (*Fusarium*), бурой пятнистости (*Pseudomonas tolaasii Paine*), что свидетельствует о высокой восприимчивости к ним шампиньонов (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Видовой состав микрофлоры шампиньонницы (на контроле)

Род грибов	Наличие инфекции	
	после закладки субстрата	до пропаривания субстрата
Белая гниль (<i>Mycogone perniciosa Magn</i>)	–	+
Сухая гниль (<i>Verticillium malthousei Ware</i>)	–	+
Фузариозное увядание (<i>Fusarium</i>)	–	+
Бурая пятнистость (<i>Pseudomonas tolaasii Paine</i>)	–	+

Примечание – «–» отсутствие инфекции, «+» наличие инфекции.

Отсутствие возбудителей грибных и бактериальных болезней шампиньонов в субстрате после его закладки в культивационную камеру объясняется тем, что для уничтожения инфекции технология выращивания шампиньонов предусматривает предварительную подготовку субстрата до закладки в камеру (пропариванием при температуре не менее 70 °С).

Для оценки биологической эффективности применения дезинфектора Armex 5 в сочетании с активатором дезинфектора Mexacid на чашки Петри со средой Чапека и чашки Петри с мясопептонным агаром вносили 20 мл смеси дезинфектора с активатором. В условиях стерильности переносили частицы колоний бактерий и мицелия грибов на питательную среду на середину чашки Петри. Через 5, 10 и 15 суток оценивали рост колоний бактерий и рост мицелия грибов.

При анализе биологической эффективности применения дезинфектора Armex 5 в сочетании с активатором дезинфектора Mexacid против комплекса бактериальных и грибных болезней шампиньонов установлено, что как на 5, так и на 10 и 15 сутки отсутствовал рост бактериальных колоний и мицелия грибов (таблица 3.10).

Полученные результаты свидетельствуют о 100 % эффективности применения дезинфектора Armex 5 в сочетании с активатором дезинфектора Mexacid против комплекса бактериальных и грибных болезней.

Таблица 3.10 – Видовой состав микрофлоры шампиньонницы при применении дезинфектора Armex 5 в сочетании с активатором дезинфектора Mexacid

Род грибов	Наличие инфекции			
	после закладки субстрата	5 сутки	10 сутки	15 сутки
Белая гниль (<i>Mycogone perniciosa</i> Magn)	–	–	–	–
Сухая гниль (<i>Verticillium malthousei</i> Ware)	–	–	–	–
Фузариозное увядание (<i>Fusarium</i>)	–	–	–	–
Бурая пятнистость (<i>Pseudomonas tolaasii</i> Paine)	–	–	–	–

Примечание – «–» отсутствие инфекции, «+» наличие инфекции.

Применение дезинфектора Armex 5 и активатора дезинфектора Mexacid под 1 и 2 волны позволило получить 3 волну шампиньонов и тем самым увеличило урожайность шампиньонов на 11,7 кг/м², прибавка по сравнению с контролем составила 56,2 % (таблица 3.11, рисунок 8).

Таблица 3.11 – Влияние применения дезинфектора Армех 5 и активатора дезинфектора Мехасид на урожайность шампиньонов

Вариант	Урожайность шампиньонов, кг/м ²														
	1 волна					2 волна					3 волна				
	I	II	III	IV	сред- нее	I	II	III	IV	сред- нее	I	II	III	IV	сред- нее
1 ротация															
1. Полив водой в дозе 2 (1+1) л/м ² (контроль)	12,3	12,4	11,7	12,4	12,2	7,8	7,6	7,9	6,7	7,5	0,9	1,2	1,0	1,3	1,1
2. Полив раствором (1 л Армех 5 + 1 л Мехасид на 23 л воды) в дозе 2 (1+1) л/м ²	16,2	15,5	15,9	15,6	15,8	12,0	10,9	11,5	10,8	11,3	5,2	5,0	4,8	4,6	4,9
НСР _{0,05}	0,98					0,78					0,75				
P, %	1,56					1,84					5,76				
2 ротация															
1. Полив водой в дозе 2 (1+1) л/м ² (контроль)	11,1	10,7	10,6	10,8	10,8	8,9	8,5	8,7	8,3	8,6	1,4	1,2	1,1	1,5	1,3
2. Полив раствором (1 л Армех 5 + 1 л Мехасид на 23 л воды) в дозе 2 (1+1) л/м ²	14,5	14,8	14,6	14,9	14,7	13,1	12,7	13,0	12,8	12,9	5,4	5,5	5,0	4,9	5,2
CP _{0,05}	0,62					0,26					0,69				
P, %	1,08					0,54					4,70				
Среднее за 1–2 ротации															
1. Полив водой в дозе 2 (1+1) л/м ² (контроль)	11,7	11,6	11,2	11,6	11,5	8,4	8,1	8,3	7,5	8,1	1,2	1,2	1,1	1,4	1,2
2. Полив раствором (1 л Армех 5 + 1 л Мехасид на 23 л воды) в дозе 2 (1+1) л/м ²	15,4	15,2	15,3	15,3	15,3	12,6	11,8	12,3	11,8	12,1	5,3	5,3	4,9	4,8	5,1
НСР _{0,05}	0,41					0,49					0,61				
P, %	0,67					1,07					4,30				

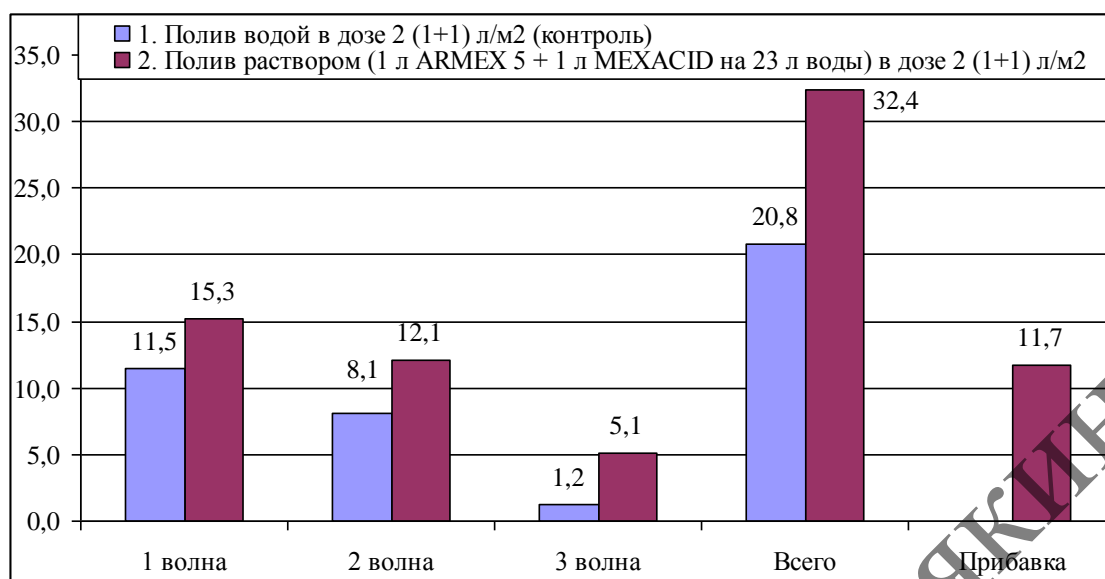


Рисунок 3.8 – Прибавка урожайности шампиньонов от применения дезинфектора Артех 5 и активатора дезинфектора Мехасид

На увеличение урожайности шампиньонов при применении дезинфектора Артех 5 и активатора дезинфектора Мехасид оказало влияние и увеличение размеров шляпки гриба.

Внесение дезинфектора Артех 5 и активатора дезинфектора Мехасид увеличило количество грибов: с диаметром шляпки 30–40 мм на 3 %, с диаметром шляпки 40–60 мм на 11,5 % за счет снижения на 14,5 % численности грибов с диаметром шляпки 20–30 мм (рисунок 3.9, таблицы 3.13, 3.14).

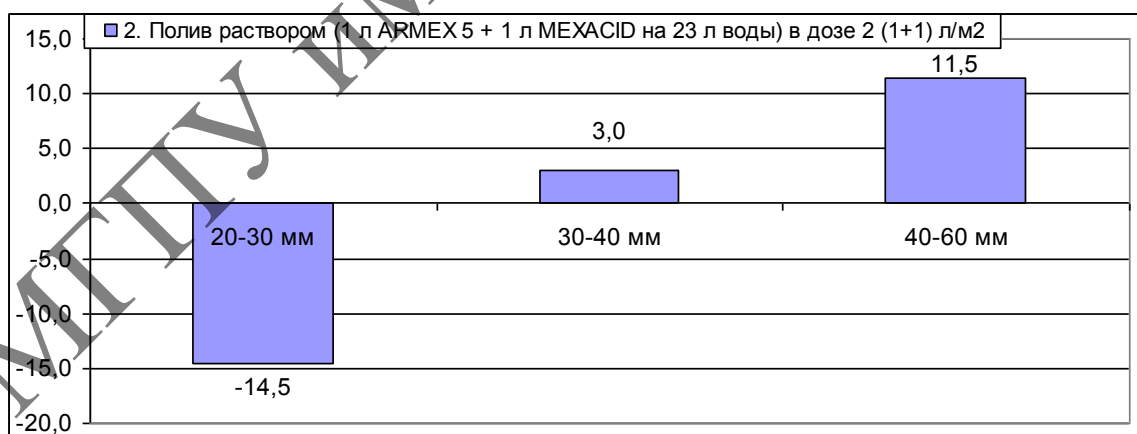


Рисунок 3.9 – Увеличение размеров шампиньонов

Проведенным биохимическим анализом образцов шампиньонов установлено, что полученные на контрольном варианте опыта шампиньоны содержали: 5,7 % белка, 0,45 % – 0,47 % жиров, 2,4 % углеводов.

Применение дезинфектора Armex 5 и активатора дезинфектора Mexacid увеличило содержание в шампиньонах белка на 0,2 %, жиров на 0,02 %, углеводов на 0,1 %.

Таблица 3.13 – Влияние применения дезинфектора Armex 5 и активатора дезинфектора Mexacid на изменение размеров шампиньонов

Вариант	Шампиньонов с диаметром шляпки, %											
	1 волна			2 волна			3 волна			среднее за 1–3 волны		
	20–30 мм	30–40 мм	40–60 мм	20–30 мм	30–40 мм	40–60 мм	20–30 мм	30–40 мм	40–60 мм	20–30 мм	30–40 мм	40–60 мм
1 ротация												
1. Полив водой в дозе 2 (1+1) л/м ² (контроль)	21	59	20	25	56	19	29	54	17	25,0	56,3	18,7
2. Полив раствором (1 л Armex 5 + 1 л Mexacid на 23 л воды) в дозе 2 (1+1) л/м ²	8	61	31	12	58	30	16	55	29	12,0	58,0	30,0
2 ротация												
1. Полив водой в дозе 2 (1+1) л/м ² (контроль)	20	58	22	27	53	20	31	57	12	26,0	56,0	18,0
2. Полив раствором (1 л Armex 5 + 1 л Mexacid на 23 л воды) в дозе 2 (1+1) л/м ²	6	62	32	11	60	29	13	59	28	10,0	60,3	29,7
Среднее за 1–2 ротации												
1. Полив водой в дозе 2 (1+1) л/м ² (контроль)	20,5	58,5	21,0	26,0	54,5	19,5	30,0	55,5	14,5	25,5	56,2	18,3
2. Полив раствором (1 л Armex 5 + 1 л Mexacid на 23 л воды) в дозе 2 (1+1) л/м ²	7,0	61,5	31,5	11,5	59,0	29,5	14,5	57,0	28,5	11,0	59,2	29,8

Таблица 3.14 – Влияние применения фунгицида Mirage 450 на изменение качества шампиньонов (содержание белка, жиров, углеводов)

Вариант	Содержание в шампиньонах, %									среднее за 1–3 волны		
	1 волна			2 волна			3 волна					
	бел-ка	жи-ров	угле-водов	бел-ка	жи-ров	угле-водов	бел-ка	жи-ров	угле-водов	бел-ка	жи-ров	угле-водов
1 ротация												
1. Полив водой в дозе 2 (1+1) л/м ² (контроль)	6,0	0,50	2,8	5,7	0,45	2,3	5,4	0,41	2,1	5,7	0,45	2,4
2. Полив раствором (1 л Армех 5 + 1 л Мехасид на 23 л воды) в дозе 2 (1+1) л/м ²	6,2	0,53	2,9	5,8	0,47	2,4	5,5	0,41	2,1	5,8	0,47	2,5
2 ротация												
1. Полив водой в дозе 2 (1+1) л/м ² (контроль)	5,9	0,52	2,9	5,8	0,49	2,4	5,5	0,39	2,0	5,7	0,47	2,4
2. Полив раствором (1 л Армех 5 + 1 л Мехасид на 23 л воды) в дозе 2 (1+1) л/м ²	6,1	0,54	2,9	5,9	0,50	2,5	5,6	0,40	2,1	5,9	0,48	2,5
Среднее за 1–2 ротации												
1. Полив водой в дозе 2 (1+1) л/м ² (контроль)	6,0	0,51	2,9	5,8	0,47	2,4	5,5	0,40	2,1	5,7	0,46	2,4
2. Полив раствором (1 л Армех 5 + 1 л Мехасид на 23 л воды) в дозе 2 (1+1) л/м ²	6,2	0,54	2,9	5,9	0,49	2,5	5,6	0,41	2,1	5,9	0,48	2,5

Полученные за 2 ротации шампиньонов экспериментальные данные свидетельствуют о высокой эффективности применения дезинфектора Армех 5 и активатора дезинфектора Мехасид при выращивании шампиньонов, в связи с чем он рекомендуется для государственной регистрации в Республике Беларусь.

В таблице 3.15 представлен регламент применения испытываемого средства защиты растений, рекомендованного для государственной регистрации.

Таблица 3.15 – Регламент применения испытываемого средства защиты растений

Заявитель, торговое название, препаративная форма, состав	Норма расхода фунгицида, л/м ²	Растение, на котором применяется удобрение	Способ и сроки применения удобрения	Кратность применения
СООО «Бонше», Дезинфектор Armex 5 (содержит диоксид хлора) и активатор дезинфектора Mexacid (содержит раствор лимонной кислоты + 15 % гидросульфата натрия). Производитель МЕХЕО (Poland. 47-225 Kedzierzyn-Kozle, WieslawHreczuchul, Energetykw 9)	1 л Armex 5 + 1 л Mexacid на 23 л воды с дальнейшим внесением полученного раствора в дозе 1 л/м ²	Шампиньоны	Полив субстрата для выращивания шампиньонов	2

Производственные испытания применения средств защиты растений при выращивании шампиньонов выполнены в 2018 году в соответствии с Методическими указаниями по проведению регистрационных испытаний на производственной базе СООО «Бонше» Брестского района.

Исследования проводились в корпусе СООО «Бонше» в течение двух ротаций выращивания шампиньонов.

Температура и влажность в культивационной камере принудительно регулировались системой кондиционирования согласно используемой технологии. 29–31.12.2018 г. – влажность 94 % – 100 %, температура субстрата 23 °С, температура воздуха 8 °С – 17 °С.

Статистическая обработка результатов исследований проведена методом однофакторного дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [176] с использованием соответствующих программ на компьютере.

Таким образом, учеты, наблюдения и лабораторные анализы выполнены с использованием общепринятых методов исследований в соответствии с ГОСТ. Статистическая обработка полученных данных, использованная для анализа и выводов, обеспечивает достоверность полученных результатов испытаний.

Биологическую эффективность применения инсектицида определяли по проценту снижения численности вредителей по отношению к контролю по следующей формуле:

$$БЭ = (Чк - Чо) / Чк \times 100\%,$$

где БЭ – биологическая эффективность по сравнению с контролем; %

Чк – количество вредителей в контроле, шт.;

Чо – количество вредителей в опыте, шт.

В результате проведенных учетов установлено, что через 14 дней после обработки эталонный препарат Арриво с нормой расхода 0,5 мл/м² доказал 100 % биологическую эффективность защиты шампиньонов от вредителей. Испытываемый препарат Циромекс с нормой расхода 3,0 г/м² доказал высокую биологическую эффективность: 94,1 % от грибных комариков (*Lycoriella solani*, Winn.) при их численности на контроле 17 шт., 90,9 % от мух-горбаток (*Megaselia agarici* Linther) при их численности на контроле 11 шт., 92,8 % от галиц (*Mycophila speyery*) при их численности на контроле 14 шт. (таблица 3.16).

Таблица 3.16 – Количество и видовой состав энтомофауны шампиньонницы в вариантах опыта. Производственный опыт СООО «Бонше»

Вариант опыта	Грибные комарики (<i>Lycoriella solani</i> , Winn.)		Мухи-горбатки (<i>Megaselia agarici</i> Linther)		Галицы (<i>Mycophila speyery</i>)	
	шт. на 100 см ²	БЭ, %	шт. на 100 см ²	БЭ, %	шт. на 100 см ²	БЭ, %
Через 14 дней после обработки						
Контроль (полив водой 1 л/м ²)	17	–	11	–	14	–
Арриво, КЭ (циперметрин 250 г/л) с нормой расхода 0,5 мл/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	0	100	0	100	0	100
Циромекс, П (циромазин 15 %) с нормой расхода 1,5 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	4	76,4	2	81,8	3	78,5
Циромекс, П (циромазин 15 %) с нормой расхода 3,0 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	1	94,1	1	90,9	1	92,8
НСР ₀₅	0,85	–	0,55	–	0,70	–

Продолжение таблицы 3.16

Через 21 день после обработки						
Контроль (полив водой 1 л/м ²)	31	–	19	–	24	–
Арриво, КЭ (циперметрин 250 г/л) с нормой расхода 0,5 мл/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	2	93,5	2	89,4	3	90,5
Циромекс, П (циромазин 15 %) с нормой расхода 1,5 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	17	45,1	10	47,3	12	61,9
Циромекс, П (циромазин 15 %) с нормой расхода 3,0 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	3	90,3	2	89,4	4	83,3
НСР ₀₅	1,55		0,95		1,20	

Примечание – БЭ – биологическая эффективность препарата по сравнению с контролем, %.

Через 21 день после обработки инсектицидом Циромекс биологическая эффективность испытуемого препарата по сравнению с контролем несколько снизилась: до 90,3 % от грибных комариков (*Lycoriella solani*, Winn.) при увеличении их численности на контроле до 31 шт., до 89,4 % от мух-горбатов (*Megaselia agarici* Linther) при увеличении их численности на контроле до 19 шт., до 83,3 % от галиц (*Mycophila speyery*) при увеличении их численности на контроле до 24 шт. В то же время действие испытуемого препарата Циромекс на изменение численности вредителей находилось в пределах ошибки опыта по отношению к эталонному препарату Арриво.

В среднем за две волны содержание сырого белка в шампиньонах составило 5,2 % – 5,3 %, сырого жира 0,60 % – 0,63 %, углеводов 3,2 % – 3,3 % (таблица 3.17).

Таблица 3.17 – Влияние применения инсектицида Циромекс на изменение качества шампиньонов. Производственный опыт СООО «Бонше»

Вариант опыта	Содержание в шампиньонах, %		
	сырого белка	сырого жира	углеводов
1 волна (13–18.01.2019 г.)15			
Контроль (полив водой 1 л/м ²)	5,1	0,59	3,3
Арриво, КЭ (циперметрин 250 г/л) с нормой расхода 0,5 мл/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	5,3	0,61	3,1

Продолжение таблицы 3.17

Циромекс, П (<i>циромазин 15 %</i>) с нормой расхода 1,5 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	5,3	0,63	3,4
Циромекс, П (<i>циромазин 15 %</i>) с нормой расхода 3,0 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	5,2	0,60	3,2
2 волна (23–25.01.2019 г.) ²¹			
Контроль (полив водой 1 л/м ²)	5,3	0,6	3,0
Арриво, КЭ (<i>циперметрин 250 г/л</i>) с нормой расхода 0,5 мл/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	5,2	0,62	3,2
Циромекс, П (<i>циромазин 15 %</i>) с нормой расхода 1,5 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	5,3	0,63	3,2
Циромекс, П (<i>циромазин 15 %</i>) с нормой расхода 3,0 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	5,2	0,61	3,1
Среднее содержание за 1–2 волны			
Контроль (полив водой 1 л/м ²)	5,2	0,60	3,2
Арриво, КЭ (<i>циперметрин 250 г/л</i>) с нормой расхода 0,5 мл/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	5,3	0,62	3,2
Циромекс, П (<i>циромазин 15 %</i>) с нормой расхода 1,5 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	5,3	0,63	3,3
Циромекс, П (<i>циромазин 15 %</i>) с нормой расхода 3,0 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	5,2	0,61	3,2

При используемой на СООО «Бонше» голландской технологии выращивания шампиньонов на контрольном варианте за две волны получена урожайность на уровне 26,8 кг/м². Применение инсектицида Циромекс увеличило урожайность шампиньонов на 4,0 кг/м², прибавка по сравнению с контролем составляет 14,8 % (таблица 3.18).

Таблица 3.18 – Влияние применения инсектицида Циромекс на урожайность шампиньонов. Производственный опыт СООО «Бонше»

Вариант опыта	Урожайность шампиньонов, кг/м ²				
	I	II	III	IV	среднее
1 волна (12-17.04.2015 г.)					
Контроль (полив водой 1 л/м ²)	18,8	17,9	18,6	19,4	18,7
Арриво, КЭ (<i>циперметрин 250 г/л</i>) с нормой расхода 0,5 мл/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	17,0	16,2	16,8	17,5	16,9

Продолжение таблицы 3.18

Циромекс, П (<i>циромазин 15 %</i>) с нормой расхода 1,5 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	18,8	17,8	18,5	19,3	18,6
Циромекс, П (<i>циромазин 15 %</i>) с нормой расхода 3,0 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	18,8	17,9	18,6	19,4	18,7
НСР _{0,05} Р, %				0,09 0,15	
2 волна (22–24.04.2015 г.)					
Контроль (полив водой 1 л/м ²)	11,7	10,6	9,8	10,2	10,6
Арриво, КЭ (<i>циперметрин 250 г/л</i>) с нормой расхода 0,5 мл/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	13,5	12,3	11,3	11,8	12,2
Циромекс, П (<i>циромазин 15 %</i>) с нормой расхода 1,5 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	12,2	11,1	10,2	10,7	11,1
Циромекс, П (<i>циромазин 15 %</i>) с нормой расхода 3,0 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	13,5	12,2	11,3	11,7	12,2
НСР _{0,05} Р, %				0,14 0,38	
Сумма за 1–2 волны					
Контроль (полив водой 1 л/м ²)	28,0	26,1	25,9	27,0	26,8
Арриво, КЭ (<i>циперметрин 250 г/л</i>) с нормой расхода 0,5 мл/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	32,4	30,2	30,0	31,2	30,9
Циромекс, П (<i>циромазин 15 %</i>) с нормой расхода 1,5 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	29,2	27,2	27,0	28,2	27,9
Циромекс, П (<i>циромазин 15 %</i>) с нормой расхода 3,0 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	32,2	30,0	29,8	31,1	30,8
НСР _{0,05} Р, %				0,14 0,15	

Результаты испытаний показали достаточно высокую эффективность инсектицида Циромекс против вредителей шампиньонов (грибных мух и комариков). Биологическая эффективность испытываемого препарата составила 83,3 % – 90,3 %. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о высокой хозяйственной эффективности применения инсектицида Циромекс при выращивании шампиньонов (получена урожайность 30,8 кг/м², прибавка по сравнению с контролем 4,0 кг/м² 14,8 %), в связи с чем он рекомендуется для государственной регистрации в Республике Беларусь. Регламент применения испытываемого средства защиты растений, рекомендованного для государственной регистрации представлен в таблице 3.19.

Таблица 3.19 – Регламент применения испытываемого средства защиты растений, рекомендованного для государственной регистрации

Наименование средства защиты растений, его препаративная форма и действующее вещество, заявитель	Норма расхода средства защиты растений, г/м ²	Растение, на котором применяется средство защиты растений	Вредный организм	Способ и время обработки, ограничения	Кратность применения
Циромекс, производитель «Мексео Центр» Ярослав Гжесевич, Польша, порошок (П. п.), <i>циромазин 15 %</i> , заявитель СООО «Бонше»	3,0	шампиньоны закрытого грунта	против комплекса грибных мух и комариков	полив стеллажей с грибным субстратом на 3 сутки после его загрузки рабочей жидкостью в дозе 1 л/м ²	1

Установлено, что применение препарата Циромекс с нормой расхода 3,0 г/м² оказало высокую биологическую эффективность: 93,3 % от грибных комариков (*Lycoriella solani*, Winn.) при их численности на контроле 15 шт., 88,8 % от мух-горбатов (*Megaselia agarici* Linther) при их численности на контроле 9 шт., 100 % от галиц (*Muscophila spreyeri*) при их численности на контроле 12 шт.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о высокой хозяйственной эффективности применения инсектицида Циромекс при выращивании шампиньонов (получена урожайность 29,8 кг/м², прибавка по сравнению с контролем 4,4 кг/м² 17,6 %), в связи с чем он рекомендуется для государственной регистрации в Республике Беларусь.

Выявлена достаточно высокая эффективность фунгицида Promex 50 против комплекса грибных и бактериальных заболеваний шампиньонов. Эффективность испытываемого препарата в ингибировании роста патогенов составила 100 %.

В связи с высокой эффективностью применения средства защиты растений Promex 50 при выращивании шампиньонов, оно рекомендуется для государственной регистрации в Республике Беларусь.

Разработан регламент применения испытываемых средств защиты растений при выращивании шампиньонов, обеспечивающих наибольшую эффективность и безопасность для здоровья людей и окружающей среды.

КФХ «Грибная страна» – один из крупнейших комплексов по выращиванию шампиньонов. Используемая на предприятии голландская технология выращивания шампиньонов позволила получить на контрольный варианте за три волны урожайность шампиньонов на уровне 28,1 кг/м².

Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов регулятора роста Ростмомент в дозах 50–100 г/м² достоверно увеличило урожайность плодовых тел шампиньонов (за три волны плодоношения) по сравнению с контролем (28,1 кг/м²) на 0,9–1,7 кг/м², прибавка составила 3,2–6,0 % (таблица 3.20).

Таблица 3.20 – Влияние применения регулятора роста Ростмомент на урожайность шампиньонов

Вариант	Урожайность шампиньонов, кг/м ²														Сумма за 3 волны	Прибавка, кг/м ² (%)	
	1 волна					2 волна					3 волна						
	I	II	III	IV	среднее	I	II	III	IV	среднее	I	II	III	IV			среднее
1. Субстрат для выращивания шампиньонов (контроль)	18,4	17,3	17,7	18,2	17,9	7,0	7,4	6,9	7,3	7,2	3,3	2,8	2,9	3,0	3,0	28,1	–
2. Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов регулятора роста Ростмомент в дозе 50 г/м ²	18,6	18,7	18,4	18,7	18,6	7,5	7,2	7,6	7,3	7,4	3,2	2,8	2,9	3,1	3,0	29,0	0,9 (3,2)
3. Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов регулятора роста Ростмомент в дозе 100 г/м ²	19,2	19,1	19,0	19,1	19,1	7,4	7,8	7,5	8,1	7,7	3,1	3,0	2,9	3,0	3,0	29,8	1,7 (6,0)
НСР _{0,05}	0,57					0,54					0,19				1,30		
P, %	0,88					2,09					1,81				4,78		

Наиболее эффективным является использование регулятора роста Ростмомент в дозе 100 г/м². Увеличение урожайности плодовых тел шампиньонов по сравнению с контролем составило: за первую волну плодоношения – 1,2 кг/м² (6,7 %); за вторую волну плодоношения – 0,5 кг/м² (6,9 %); за третью волну плодоношения – отсутствовало (0%). Отсутствие прибавок в урожайности на третьей волне плодоношения шампиньонов объясняется быстрым действием регулятора роста Ростмомент и его использованием грибами первой и второй волны (рисунок 3.10).

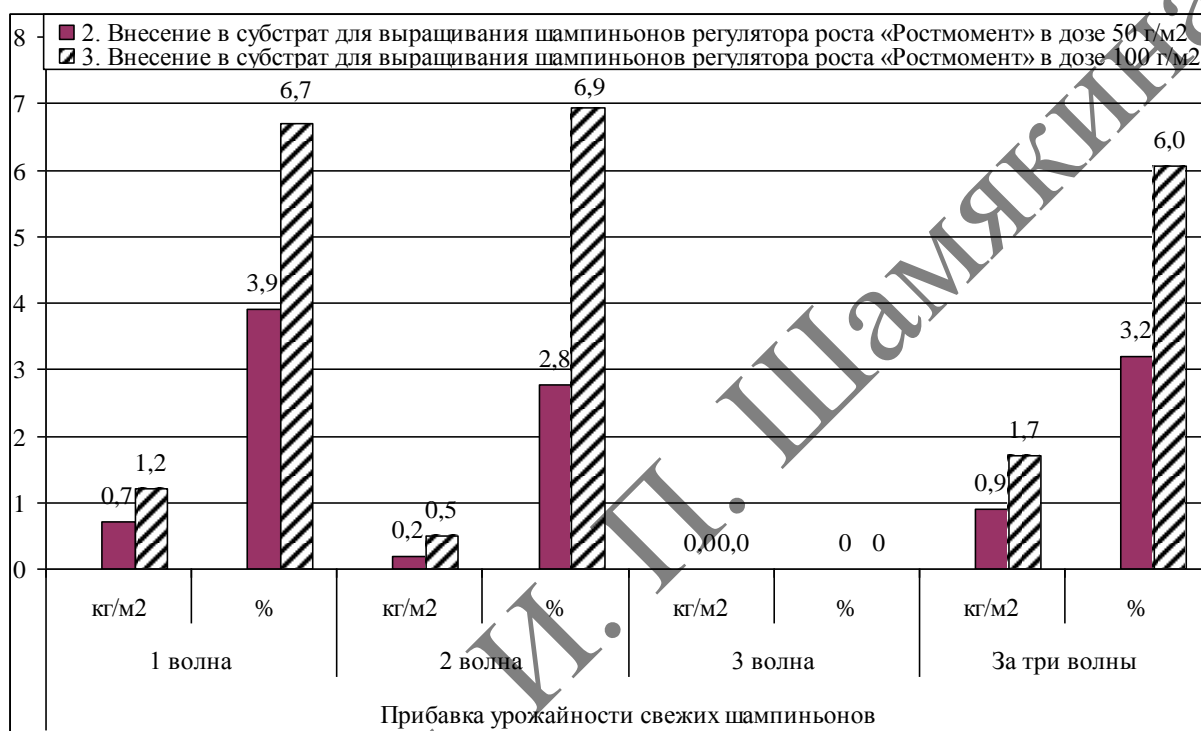


Рисунок 3.10 – Прибавка урожайности шампиньонов от применения регулятора роста Ростмомент

За три волны плодоношения шампиньонов от внесения в субстрат для выращивания регулятора роста Ростмомент в дозе 100 г/м² получено увеличение урожайности плодовых тел шампиньонов по сравнению с контролем (28,1 кг/м²) на 1,7 кг/м² (6,0 %).

Увеличение урожайности шампиньонов при применении регулятора роста Ростмомент произошло за счет увеличения размеров шляпки гриба (таблица 3.21).

Таблица 3.21 – Влияние применения регулятора роста Ростмомент на изменение размеров шампиньонов

Вариант	Грибов с диаметром шляпки, %		
	20-30 мм	30-40 мм	40-60 мм
1 волна			
1. Субстрат для выращивания шампиньонов (контроль)	45	44	11

Продолжение таблицы 3.21

2. Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов регулятора роста Ростмомент в дозе 50 г/м ²	36	47	17
3. Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов регулятора роста Ростмомент в дозе 100 г/м ²	29	50	21
2 волна			
1. Субстрат для выращивания шампиньонов (контроль)	58	33	9
2. Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов регулятора роста Ростмомент в дозе 50 г/м ²	53	36	11
3. Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов регулятора роста Ростмомент в дозе 100 г/м ²	45	43	12
3 волна			
1. Субстрат для выращивания шампиньонов (контроль)	65	30	5
2. Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов регулятора роста Ростмомент в дозе 50 г/м ²	64	31	5
3. Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов регулятора роста Ростмомент в дозе 100 г/м ²	65	30	5

Внесение регулятора роста Ростмомент в дозах 50–100 г/м² в среднем за три волны плодоношения шампиньонов увеличило количество грибов: с диаметром шляпки 30–40 мм на 2,3 % – 5,3 %, с диаметром шляпки 40–60 мм на 2,7 % – 4,4 % (за счет снижения на 5,0 % – 9,7 % численности грибов с диаметром шляпки 20–30 мм). Наибольшее увеличение размера грибов получено при использовании регулятора роста Ростмомент в дозе 100 г/м².

Наряду с урожайностью сельскохозяйственных культур большое значение имеет и качество получаемой продукции. Для нормальной жизнедеятельности организма и его высокой продуктивности необходим целый комплекс питательных веществ. Причем, все питательные вещества в обменных процессах организма взаимосвязано. Недостаток или избыток по сравнению с потребностью в каком-либо питательном веществе обязательно влечет за собой изменения в использовании организмом других питательных

веществ. Жизнедеятельность живого организма неразрывно связана с обменом белковых и азотистых веществ. Поступившие в растения минеральные формы азота проходят сложный цикл превращений, в конечном итоге включаясь в состав органических соединений – аминокислот, амидов и, наконец, белка.

Проведенным биохимическим анализом образцов шампиньонов установлено, что полученные на контрольном варианте опыта свежие шампиньоны содержали: белка 5,8 % – 6,0 % (таблица 3.21), жиров 0,48 % – 0,50 % (таблица 3.22), углеводов 2,8 % – 3,2 % (таблица 3.23), нитратов 27,1 % – 33,7 мг/кг (таблица 3.24).

Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов 50–100 г/м² регулятора роста Ростмомент увеличило содержание белка в грибах на 0,2 % – 0,5 %. Данные многочисленных исследований указывают, что применение удобрений обеспечивает увеличение содержания белка в растениеводческой продукции.

Таблица 3.21 – Содержание белка в свежих шампиньонах при применении регулятора роста Ростмомент

Вариант	Содержание белка в свежих шампиньонах, %				
	1 волна	2 волна	3 волна	среднее за три волны плодоношения	прибавка
1. Субстрат для выращивания шампиньонов (контроль)	6,0	5,9	5,8	5,9	–
2. Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов регулятора роста Ростмомент в дозе 50 г/м ²	6,3	6,0	5,9	6,1	0,2
3. Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов регулятора роста Ростмомент в дозе 100 г/м ²	6,6	6,4	6,2	6,4	0,5

Таблица 3.22 – Содержание жиров в свежих шампиньонах при применении регулятора роста Ростмомент

Вариант	Содержание жиров в свежих шампиньонах, %				
	1 волна	2 волна	3 волна	среднее за три волны плодоношения	прибавка
1. Субстрат для выращивания шампиньонов (контроль)	0,49	0,50	0,48	0,49	–
2. Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов регулятора роста Ростмомент в дозе 50 г/м ²	0,54	0,50	0,51	0,52	0,03

Продолжение таблицы

3. Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов регулятора роста Ростмомент в дозе 100 г/м ²	0,55	0,56	0,55	0,56	0,07
--	------	------	------	------	------

Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов 50–100 г/м² регулятора роста Ростмомент увеличило содержание жиров в грибах на 0,03 % – 0,07 %.

Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов 50–100 г/м² регулятора роста Ростмомент увеличило содержание углеводов в грибах на 0,2 % – 1,3 %.

Таблица 3.23 – Содержание углеводов в свежих шампиньонах при применении регулятора роста Ростмомент

Вариант	Содержание углеводов в свежих шампиньонах, %				
	1 волна	2 волна	3 волна	среднее за три волны плодоношения	прибавка
1. Субстрат для выращивания шампиньонов (контроль)	3,2	2,9	2,8	3,0	–
2. Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов регулятора роста Ростмомент в дозе 50 г/м ²	3,4	3,3	2,9	3,2	0,2
3. Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов регулятора роста Ростмомент в дозе 100 г/м ²	4,4	4,2	4,3	4,3	1,3

Одностороннее избыточное азотное питание может задерживать созревание растений, ухудшать качество продукции. В ней может накопиться опасное для человека и животных количество нитратов. Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов 50–100 г/м² регулятора роста Ростмомент привело к снижению содержания нитратов в свежих грибах на 5,3 % – 6,9 % (таблица 3.24).

Таблица 3.24 – Содержание нитратов в свежих шампиньонах при применении регулятора роста Ростмомент

Вариант	Содержание нитратов в свежих шампиньонах, мг/кг				
	1 волна	2 волна	3 волна	среднее за три волны плодоношения	прибавка
1. Субстрат для выращивания шампиньонов (контроль)	33,7	27,1	29,5	30,1	–

Продолжение таблицы

2. Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов регулятора роста Ростмомент в дозе 50 г/м ²	26,8	23,5	24,1	24,8	-5,3
3. Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов регулятора роста Ростмомент в дозе 100 г/м ²	22,6	23,7	23,3	23,2	-6,9

Согласно действующим нормам, считается, что при таком уровне содержания нитратов шампиньоны безвредны. Снижение содержания нитратов в свежих шампиньонах объясняется нами наблюдающимся «эффектом разбавления», в связи с достоверным ростом урожайности грибов при внесении регулятора роста Ростмомент.

В таблице 3.25 представлен регламент применения регулятора роста Ростмомент, рекомендованного для государственной регистрации.

Таблица 3.25 – Регламент применения регулятора роста Ростмомент, рекомендованного для государственной регистрации

Заявитель, торговое название, препаративная форма, состав	Норма расхода регулятора роста, г/м ²	Растение, на котором применяется регулятор роста	Способ и сроки применения регулятора роста	Кратность применения
ОАО «Дрожжевой комбинат»				
Регулятор роста «Ростмомент» (производитель ОАО «Дрожжевой комбинат»). Регулятор роста состоит из сушеных дрожжей <i>p. Sacharomyces</i> и продуктов их метаболизма (содержит в себе биологически активные вещества, моно- и полисахариды, макро- и микроэлементы, производные витаминов В1, В2, В3, В6, РР).	Внесением в дозе 100 г/м ²	Шампиньоны	Внесение в субстрат для выращивания шампиньонов перед нанесением покровной почвы, при его загрузке в культивационную камеру	1

От внесения в субстрат для выращивания регулятора роста Ростмомент в дозе 100 г/м² получено увеличение урожайности плодовых тел шампиньонов по сравнению с контролем (28,1 кг/м²) на 1,7 кг/м² (6,0 %).

Увеличение урожайности шампиньонов при применении регулятора роста Ростмомент произошло за счет увеличения размеров шляпки гриба.

Внесение регулятора роста Ростмомент в дозах 50–100 г/м² в среднем за три волны плодоношения шампиньонов увеличило количества грибов: с диаметром шляпки 30–40 мм на 2,3 % – 5,3 %, с диаметром шляпки 40–60 мм на 2,7 % – 4,4 % (за счет снижения на 5,0 % – 9,7 % численности грибов с диаметром шляпки 20–30 мм). Наибольшее увеличение размера грибов получено при использовании регулятора роста Ростмомент в дозе 100 г/м².

Наряду с увеличением урожайности шампиньонов внесение в субстрат для выращивания шампиньонов 50–100 г/м² регулятора роста Ростмомент оказало влияние и на улучшение качества получаемой продукции:

- увеличило содержание белка в грибах на 0,2 % – 0,5 %.
- увеличило содержание жиров в грибах на 0,03 % – 0,07 %.
- увеличило содержание углеводов в грибах на 0,2 % – 1,3 %.
- снизило содержание нитратов в свежих грибах на 5,3 % – 6,9 %.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о высокой эффективности применения регулятора роста «Ростмомент» при выращивании шампиньонов, в связи с чем он рекомендуется для государственной регистрации в Республике Беларусь [178].

3.2. Влияние органоминеральных удобрений и регуляторов роста на развитие сеянцев лесных пород и выход стандартного посадочного материала

Перед посевом семян в посевное отделение питомника для появления дружных всходов необходима предпосевная подготовка. Исследования различных способов предпосевной обработки семян и их влияние на всхожесть и выход стандартных сеянцев с единицы площади проводили в Светлогорском лесном питомнике Гомельского ГПЛХО. Все исследования проводили с использованием семян сосны обыкновенной первого и второго класса качества. В лабораторных условиях установлены оптимальные концентрации водных растворов различных микроэлементов. Семена сосны обыкновенной обрабатывали 3%-ными водными растворами натрий карбоксиметилцеллюлозы (NaКМЦ) с микроэлементами: бор (H_3BO_3 – 0,003 %), медь ($CuSO_4$ – 0,0025 %), цинк ($ZnSO_4$ – 0,0035 %), йод (KI – 0,0025 %). Продолжительность обработки семян сосны микроэлементами составляла 12 ч. В качестве контроля использовали семена сосны обыкновенной, которые обрабатывались в растворе перманганата калия. Посев осуществляли по пятистрочной схеме. Норма высева семян для сосны обыкновенной составляла 1,5 г на 1 п. м. Все варианты опыта заложены в трехкратной повторности. Размер одной пробной площадки составил 1x2 м. Наибольшая грунтовая всхожесть семян сосны получена при обработке их медью и цинком (таблица 3.26).

Таблица 3.26 – Влияние предпосевной обработки семян сосны обыкновенной микроэлементами на их сохранность и грунтовую всхожесть

Микроэлемент и концентрация в растворе, %	Грунтовая всхожесть, %	Сохранность, шт./м
Контроль (перманганат калия)	48	100
Бор 0,003	61	125
Медь 0,0025	68	135
Йод 0,0025	65	131
Цинк 0,0035	68	135

При использовании в качестве микроэлементов меди и цинка получена наибольшая сохранность сеянцев, составляющая 135 % по отношению к контролю, наименьшая на варианте с бором – 125 %.

Предпосевная обработка семян сосны обыкновенной водными растворами микроэлементов, кроме цинка, способствует более интенсивному росту сеянцев (таблица 3.27).

Таблица 3.27 – Влияние обработки семян сосны обыкновенной микроэлементами на биометрические показатели однолетних сеянцев

Микроэлементы	Варианты опыта	Высота надземной части сеянцев, см	Длина корневой системы, см
Контроль	1	3,7±0,32	9,6±0,7
Бор	2	5,1±0,40	10,8±1,0
Медь	3	5,0±0,34	11,9±1,2
Йод	4	4,1±0,31	12,2±1,3
Цинк	5	3,8±0,30	10,0±0,8

Наибольшее достоверное влияние на рост сеянцев оказала обработка семян водными растворами бора и меди (таблица 3.28).

Таблица 3.28 – Значение критерия Стьюдента по влиянию предпосевной обработки семян сосны обыкновенной на биометрические показатели сеянцев

Сравнения вариантов опыта	Высота	Длина корней
1–2	27,206	6,213
1–3	36,436	13,109
1–4	8,923	17,526
1–5	1,880	3,744
2–3	1,897	7,007
2–4	4,695	–8,4937
2–5	25,869	–6,214
3–4	24,046	–6,519
3–5	26,338	–1,687
4–5	6,926	–14,344

По сравнению с контролем средняя высота однолетних сеянцев на вариантах увеличилась на 38 и 35 % соответственно. Несколько меньшее воздействие оказала обработка водным раствором йода – на 11 %. На этих трех вариантах увеличился и рост корней – от 13 до 27 % соответственно. Практически никакого влияния не оказала обработка семян сосны обыкновенной раствором цинка.

В Светлогорском лесхозе изучено влияние субстрата и предпосевной подготовки семян сосны обыкновенной (ультрафиолетовое облучение, замачивание в 5%-м водном растворе композиционного материала (КМ) и их сочетание) на всхожесть. В качестве микроэлементов использовали цинк ($ZnSO_4$) и медь ($CuSO_4$) с концентрацией 0,003 %. Продолжительность обработки семян микроэлементами составила 12 часов.

Агрохимическая характеристика посевного отделения лесного питомника Светлогорского лесхоза на минеральной почве имеет следующие показатели: pH_{kcl} – 4,5; гумус – 1,16 %; легкогидролизуемый азот – 3,40 мг/100 г почвы; P_2O_5 – 2,4 мг/100 г почвы; K_2O – 3,1 мг/100 г почвы.

Субстрат готовили на основе торфа в количестве 500 кг/га и удобрений пролонгированного действия в дозе $N_{60}P_{80}K_{60}$, с последующей вспашкой верхнего 15-см слоя почвы. Субстрат имел следующую агрохимическую характеристику: pH_{kcl} – 4,8; гумус – 2,40 %; легкогидролизуемый азот – 7,1 мг/100 г почвы; P_2O_5 – 6,3 мг/100 г почвы; K_2O – 6,4 мг/100 г почвы. Ультрафиолетовое облучение семян сосны обыкновенной с последующим намачиванием в 5%-ном водном растворе КМ оказалось наиболее эффективным способом предпосевной обработки семян сосны обыкновенной (таблица 3.29).

Таблица 3.29 – Количество всходов на минеральной почве и субстрате при разном способе подготовки семян сосны обыкновенной к посеву

Почва	Варианты опыта	Способ обработки семян	Количество всходов (на 1000 семян), шт.				Всего взшло семян, шт.
			число дней после посева				
			12	15	20	25	
Субстрат	1	контроль	–	92	375	24	491
	2	УФ	–	103	405	30	538
	3	КМ	10	390	180	6	580
	4	УФ + КМ	39	565	12	–	616
Минеральная	1	контроль	–	325	89	27	441
	2	УФ	8	460	31	18	517
	3	КМ	17	514	7	3	541
	4	УФ + КМ	12	430	74	–	516

Основное количество всходов сосны на минеральной почве появилось на 20 день, а на субстрате – на 15 день после посева. Предпосевная обработка

семян сосны обыкновенной способствовала не только ускорению, но и повышению их всхожести как на минеральной почве, так и на субстрате. Субстрат способствовал повышению грунтовой всхожести семян на 10 % – 18 %. Наибольшее количество всходов получено на субстрате с комбинированным способом предпосевной обработки семян сосны обыкновенной. Наименьшее количество всходов получено при предпосевной обработке семян только ультрафиолетовым светом. Обработка семян ультрафиолетовым излучением стимулирует физиологическую активность зародыша и увеличивает энергию прорастания на 20 % – 30 %, а всхожесть – на 15 % – 25 % выше по сравнению с необлученными.

Математическая обработка полученных данных о влиянии предпосевной обработки семян сосны обыкновенной на их всхожесть на различных почвах представлена в таблицах 3.30 и 3.31.

Сравнение полученных фактических значений с табличным (2,6) указывает на достоверное отличие между количеством взошедших семян сосны обыкновенной, обработанных разными способами как на субстрате, так и на минеральной почве.

Таблица 3.30 – Фактические значения критерия Стьюдента по влиянию предпосевной обработки семян сосны обыкновенной на их всхожесть

Сравнения вариантов опыта	Почва	
	субстрат	минеральная
1–2	–16,031	–8,595
1–3	–14,287	–15,131
1–4	–23,425	–4,504
2–3	–3,129	–6,346
2–4	–12,217	–34,778
3–4	–7,812	9,572

Таблица 3.31 – Значение критерия Стьюдента по влиянию почвы на всхожесть семян сосны обыкновенной

Сравнения вариантов опыта	Субстрат-минеральная почва
Контроль	–12,251
УФ	–3,514
КМ	–4,767
УФ+КМ	11,956

В последние годы в биологии растений повышается роль физических методов воздействия, например, ультрафиолетового излучения. В основе биологического воздействия ультрафиолетового излучения лежит химическое изменение биополимеров, ферментов, гормонов и других составляющих, входящих в состав клетки. Эти изменения вызываются как непосредственным

поглощением клеткой квантов света, так и образующимися при облучении радикалами воды и других низкомолекулярных соединений.

Применение ультрафиолетового излучения особенно эффективно при предпосевной обработке семян хвойных пород с целью повышения их грунтовой всхожести. Эффективность действия ультрафиолетового излучения зависит, главным образом, от длины волны падающего света и времени облучения. Ультрафиолетовое излучение характеризуется длиной волны в диапазоне 250 : 360 нанометров, является холодным излучением (тела не нагреваются) и отличается от остального излучения солнечного спектра высокой энергией. Механизм воздействия ультрафиолетового излучения на семена заключается в изменении фотозенергетики клеток и не фотосинтетических превращениях квантов света. Обработка семян ультрафиолетовым излучением стимулирует физиологическую активность зародыша, повышая его энергию, и не оказывает отрицательного воздействия на наследственную систему. Энергия прорастания семян, облученных ультрафиолетовым светом, на 20 % – 30 %, а всхожесть на 15 % – 25% выше по сравнению с необлученными.

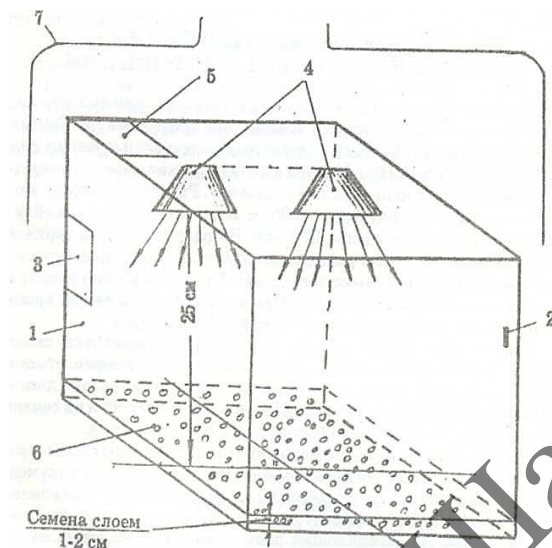
Проростки, полученные из облученных ультрафиолетовым светом семян, получают крепкими и утолщенными. Посев, проведенный облученными ультрафиолетовым светом семенами, дает более ранние и массовые всходы. Обработка семян ультрафиолетовым светом способствует оздоровлению хранившихся семян и препятствует развитию следующих болезнетворных микроорганизмов:

Паразитные грибы, возбудители инфекционного загнивания семян и проростков, полегания и увядания всходов (*Botritiscinerea* Pers., *Pythiumdebaryanum* Hesse, *Alternaria* Nees, *Fusarium* Link, *Verticillium* Nessi др.). Сапрофитные грибы, вызывающие загнивание семян при хранении (*Penicillium* Link, *Helminthosporium* Link, *Aspergillus* Mich, *Cephalosporium* Corda, *Monosporium* Bonorden, *Trichoderma* Pers. и др.) и грибы, вызывающие загнивание семян в результате антисанитарных условий при сборе и обработке (*Thamnidium* Link, *Sordaria* Ces. et deNot, *Pilobolus* Tode, *Gliocladium* Corda, *Stysanus* Corda, *Chaetostylum* Fresenii, *Chaetocladium* Brefeldii).

При выращивании в лесных питомниках сеянцев сосны серьезный ущерб причиняют грибные болезни, нередко вызывающие массовую гибель сеянцев. Наиболее распространенным и вредоносным заболеванием является полегание сеянцев. Отпад от этой болезни в питомниках открытого грунта составляет 10 % – 65 % от числа высеянных семян. При выращивании сеянцев в теплицах создаются оптимальные условия не только для растений, но и для развития болезней, потери от которых достигают 80 % – 100 % от числа высеянных семян.

Для обеспечения обработки семян ультрафиолетовым излучением необходимы камеры (термостаты), снабженные источниками излучения

могут быть любые лампы с мощностью ультрафиолетового потока 64 Вт/м² с в диапазоне длины волны 320–860 нанометров (нм). Например, ртутно-кварцевые лампы типа ДРТ-400. На рисунке 3.11 представлена принципиальная схема устройства для облучения семян, отобранных для проращивания [179].



1– камера (стеллаж) для облучения; **2** – открывающаяся дверца камеры; **3** – блок включения ламп; **4** – лампы ДРТ-400; **5** – вентиляционное отверстие; **6** – кювета (противень) с семенами; **7** – вентиляционный зонд
Рисунок 3.11 – Принципиальная схема для ультрафиолетового облучения семян

Вентиляционное отверстие может иметь различную геометрическую форму (круг, квадрат, прямоугольник и т. д.) следующих размеров: 10x10 см; 8x12 см и т. д. Вентиляционное отверстие должно иметь площадь не более, чем 10 % от величины площади верхней поверхности камеры или стеллажа. Кювету или противень изготавливают из любого материала: фанера, ДВП, ДСП, железо, алюминий и т. д. Камера должна плотно закрываться дверцей.

В плоскую кювету, противень или другую невысокую емкость насыпают слоем в 1–2 см семена, отобранные для проращивания. Семена располагают так, чтобы попадало ультрафиолетовое излучение. Кювету ставят на дно камеры. Камера в данном случае имеет в поперечном сечении форму квадрата площадью 4 м². Расстояние между кюветой и источником облучения – 20–26 см. В качестве источника облучения используют две лампы ДРТ-400. Их располагают на верхней части камеры так, чтобы равномерно излучали ультрафиолетовый свет. Время облучения семян составляет 7 ч, но его можно менять в зависимости от количества ламп. При наличии одной лампы время увеличивается до 14 ч, а при четырех – сокращается до 3,5 ч.

Наибольшая эффективность предпосевной обработки семян хвойных пород происходит при облучении их ультрафиолетовым светом мощностью светового потока 64 Вт/м² в диапазоне длины волны 240–860 нм. Действие ультрафиолетового облучения на семена сохраняется в течение двух месяцев после его проведения.

Расчеты показывают, что норма высева семян сосны обыкновенной 1 класса качества согласно имеющимся нормативным документам [154] составляет 60 кг на 1 га. После проведения обработки семян ультрафиолетовым светом норма высева уменьшается на 15 % – 25 %. На сегодняшний день стоимость 1 кг семян сосны составляет 350–550 тыс. рублей. Затраты на обработку 1 кг семян ультрафиолетовым светом составляют 10–25 тыс. рублей.

Одним из перспективных направлений при выращивании сеянцев сосны обыкновенной является применение регуляторов роста. Изучением их влияния на семена хвойных пород занимались многие ученые. Однако результаты их исследований не всегда однозначны, а порой противоречивы.

Для предпосевной подготовки семян сосны обыкновенной к посеву нами в лабораторных условиях испытывали композиционный материал, содержащий стимулятор роста и полимерное связующее. В качестве полимерного связующего использовали натрийкарбоксиметилцеллюлозу (NaКМЦ), а в качестве стимулятора роста растений – эпин и экстракт торфа водный «Черный доктор» (таблица 3.32).

Таблица 3.32 – Составы композиций для предпосевной обработки семян сосны обыкновенной на основе одного водорастворимого полимера

Компонент и свойства	Содержание составов, масс.%			
	1	2	3	4
1. Компоненты				
Натрийкарбоксиметилцеллюлоза	2	5	10	1,5
Экстракт торфа водный «Черный доктор»	8	14	20	7
Эпин	2	4	6	7
Вода	88	77	64	84,5
2. Свойства				
Лабораторная всхожесть семян, %	96,0	97,1	97,0	95,3
Выход стандартных сеянцев, млн шт./га	2,4	2,6	2,3	2,1

Как показали исследования, введение натрийкарбоксиметилцеллюлозы с концентрацией 2,0 масс.% и 10 масс.% уменьшает выход стандартного посадочного материала. Для повышения лабораторной всхожести семян сосны обыкновенной и увеличения выхода стандартных сеянцев в состав введены эпин (4 масс.%) и экстракт торфа водный «Черный доктор» (14 масс.%). Наиболее оптимальным композиционным материалом является состав 2 при содержании натрийкарбоксиметилцеллюлозы – 5 масс.%, экстракта торфа «Черный доктор» – 14 масс.%, эпина – 4 масс.% и остальное – вода.

Нами проведены исследования не только по влиянию одного полимера на всхожесть семян сосны обыкновенной и выход стандартных сеянцев с единицы площади, но и по совместному действию двух полимеров с введением целевых добавок. В качестве полимерного связующего использовали

мочевиноформальдегидную смолу (2,5 масс.%) и натрийкарбоксиметилцеллюлозу (5 мас%), а в качестве целевых добавок – экстракт торфа водный «Черный доктор» (14 масс.%) и эпин (4 масс.%) (таблица 3.33).

Таблица 3.33 – Составы разработанных композиций для предпосевной обработки семян сосны обыкновенной на основе двух водорастворимых полимеров

Компонент и свойства	Содержание составов, масс.%			
	1	2	3	4
1. Компоненты				
Натрийкарбоксиметилцеллюлоза	2	5	10	1,5
Мочевиноформальдегидная смола	1	2,5	4	0,5
Экстракт торфа водный «Черный доктор»	8	14	20	7,0
Эпин	2	4	6	7,0
Вода	87	74,5	60	84
2.Свойства				
Лабораторная всхожесть семян, %	97,6	98,4	96,4	96,1
Выход стандартных сеянцев, млн. шт./га	2,2	2,5	2,3	2,2

Нами разработан композиционный материал для предпосевной обработки семян сосны обыкновенной «Полигумин», получаемый из водорастворимых полимеров и целевых добавок [180]. Физико-химическая характеристика «Полигумина» представлена ниже. Внешний вид – жидкость от серого до темно-коричневого цвета; массовая доля общих фосфатов, % – 1,1–1,9; массовая доля аммонийного азота, % – 0,01–0,025; массовая доля воды, % – 85–96; состав не ядовит, экологически безопасен, не взрывоопасен.

Для получения рабочего водного раствора необходимо концентрат «Полигумина» разбавить водой комнатной температуры в соотношении 1:20. Для предпосевной обработки семян используют рабочий раствор «Полигумина», в котором семена сосны обыкновенной замачивают в течение 12–18 часов.

В последнее время большое внимание уделяется инкрустированию семян с использованием различных полимерных составов. Изучено влияние четырех модифицированных композиционных материалов на посевные качества семян сосны обыкновенной и выход стандартных сеянцев.

Разработанный нами композиционный материал «Полигумин» модифицирован путем изменения его химического состава путем введения биологически активной добавки и микроэлементов. В качестве биологически активной добавки использовали березовый сок, а в качестве целевых добавок – препараты Стандарт, Моно, Макро 35. Это водорастворимые комплексные, концентрированные минеральные удобрения с микроэлементами. Эти добавки характеризуются высоким коэффициентом использования элементов питания растениями и содержат их в хелатной форме (усвояемость до 70 % – 80%).

Установлено, что при полном наборе микроэлементов в модифицированном составе Полигумин + Макро-35 получаем наибольшую лабораторную всхожесть (87 %) (таблица 3.34).

Таблица 3.34 – Влияние композиционного материала и целевых добавок на всхожесть семян сосны обыкновенной и выход стандартных сеянцев

Варианты опыта	Лабораторная всхожесть семян сосны, %	Выход посадочного материала, млн. шт./га
Полигумин	72	2,1
Полигумин + Стандарт	85	2,6
Полигумин + Моно	73	2,2
Полигумин + Макро 35	87	2,8
Полигумин (на березовом соке)	78	2,5

Проведены исследования способов посева инкрустированных семян сосны обыкновенной при их внесении с использованием различных норм высева и почвенного плодородия. Для посева использовали семена сосны обыкновенной 1-го класса качества. Посев осуществляли ленточным способом по 5-строчной схеме на трех опытных объектах. Были отобраны почвенные образцы для агрохимического анализа почвы, в которых определяли содержание гумуса, насыщенность почвы основаниями, доступные формы азота, фосфора и калия. Агрохимический состав опытного объекта № 1 в лесном питомнике Кобринского опытного лесхоза имеет следующую характеристику: гумус – 1,9 %; подвижные формы фосфора и калия соответственно – 5,7 и 5,9 мг/100 г почвы; подвижные формы кальция и магния соответственно – 2,34 и 0,32 мг-экв/100 г почвы. Характеристика агрохимического состава почвы опытного объекта № 2 следующая: содержание гумуса – 2,8 %; содержание подвижных форм фосфора и калия соответственно – 11,3 и 10,2 мг/100 г почвы; подвижного кальция и магния соответственно – 4,21 и 0,52 мг-экв/100 г почвы. Характеристика агрохимического состава почвы опытного объекта № 3 следующая: содержание гумуса – 3,4 %; содержание подвижных форм фосфора и калия соответственно – 11,5 и 12,0 мг/100 г почвы; подвижного кальция и магния соответственно – 5,30 и 0,65 мг-экв/100 г почвы. Результаты исследований показывают, что наибольшие биометрические показатели получены при посеве инкрустированных семян сосны обыкновенной (таблица 3.35).

Агрохимические показатели почвы на опытном объекте № 2 по содержанию основных элементов питания были выше на 10 % – 25 % по сравнению с почвой опытного объекта № 1. Биометрические параметры однолетних сеянцев сосны обыкновенной на этом объекте по высоте стволика и диаметру корневой шейки на 15 % – 27 % превосходили параметры сеянцев, выращенных на опытном объекте № 1.

Таблица 3.35 – Влияние почвенного плодородия и посева инкрустированных семян сосны обыкновенной на биометрические показатели сеянцев в Кобринском опытном лесхозе

Варианты опыта	Биометрические показатели сеянцев		Выход стандартных сеянцев, млн. шт./га
	высота стволика, см	диаметр корневой шейки, мм	
Объект № 1, содержание гумуса 1,9 %			
1. Посев обычных семян, 60 кг/га	5,0	1,8	2,0
2. Посев инкрустированных семян, 60 кг/га	5,2	2,0	2,2
3. Посев обычных семян, 50 кг/га	5,4	2,0	2,2
4. Посев инкрустированных семян, 50 кг/га	5,5	2,1	2,3
Объект № 2, содержание гумуса 2,8 %			
1. Посев обычных семян, 60 кг/га	6,1	2,0	2,3
2. Посев инкрустированных семян, 60 кг/га	6,5	2,2	2,4
3. Посев обычных семян, 50 кг/га	6,3	2,1	2,5
4. Посев инкрустированных семян, 50 кг/га	7,0	2,2	2,6
Объект № 3, содержание гумуса 3,4 %			
1. Посев обычных семян, 60 кг/га	6,4	2,2	2,4
2. Посев инкрустированных семян, 60 кг/га	7,5	2,4	2,6
3. Посев обычных семян, 50 кг/га	6,9	2,6	2,6
4. Посев инкрустированных семян, 50 кг/га	7,9	2,8	2,7

На объекте № 3 при содержании гумуса в почве, равном 3,4 %, зафиксирован наибольший выход стандартных сеянцев сосны обыкновенной (на 23 %) по сравнению с нормативным показателем (2,2 млн шт./га). Наибольшая высота сеянцев сосны обыкновенной при содержании гумуса 3,4 % получена при внесении инкрустированных семян в дозе 50 кг/га. На данном варианте опыта наблюдался и наибольший диаметр корневой шейки сеянцев сосны обыкновенной.

Нами проведены исследования по получению дражированных семян сосны обыкновенной на основе натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы и поливинилового спирта, мелкодисперсных опилок сосны обыкновенной и березы повислой, стимуляторов роста, торфа, глины, фунгицидов.

Для разработки технологии получения дражированных семян сосны обыкновенной определены и целевые добавки. Разработка композиционных материалов с различными целевыми добавками для дражирования семян сосны обыкновенной проводилась путем сочетания компонентов различных концентраций и природы. Использовали семена от первого до третьего класса качества. Масса 1000 штук семян варьировалась от 6,35 до 7,83 г, а чистота – от 96,0 до 99,1 %. В полученных опытных партиях дражированных семян сосны обыкновенной практически 100 % семян имели оптимальный равномерный размер гранул, а их прочность позволяет использовать

при механизированном посеве в лесных питомниках для выращивания посадочного материала, так как плотность оболочки составляет 20–30 Н. При дражировании семян сосны обыкновенной КМ имеют оптимальную плотность оболочки – 20–30 Н. Такая оболочка не разрушается высевальным аппаратом сеялок и обладает хорошей водопоглотительной способностью и набухающими в почве свойствами, что оказывает стимулирующее действие на всхожесть семян и энергию их прорастания. При отсутствии в составе растительных полисахаридов целевых добавок получить драже семян требуемого размера не представляется возможным. Нами проведены сравнительные исследования различных мелкодисперсных опилок на физико-химические свойства дражированных семян сосны обыкновенной (таблица 3.36).

Таблица 3.36 – Сравнительные результаты исследований физико-химических свойств дражированных семян сосны обыкновенной в зависимости от размера древесных опилок

Исследуемые параметры	Древесные опилки березы		Древесные опилки сосны	
	350	400	350	400
Размер частиц, не более мкм	350	400	350	400
Водопоглощение за 80 с, %	29	27	25	22
Прочность при сжатии, Н	19	17	29	28

Анализируя полученные данные физико-химических свойств разработанных КМ, можно сказать, что водопоглощение зависит от используемых различных мелкодисперсных опилок. Прочность при сжатии при относительной влажности 90 % на варианте опыта с использованием сосновых опилок выше на 54 % – 58 % по сравнению с опилками березы.

Физико-химические свойства исследуемых препаратов во многом зависят от размера их частиц. Фракции используемых ингредиентов и целевых добавок для получения композиционного препарата в первом варианте опыта не превышали 350 мкм, а фракция на втором варианте опыта доходила до 400 мкм.

В таблице 3.37 даны сравнительные результаты лабораторных исследований физико-химических свойств опытных партий дражированных семян сосны обыкновенной с использованием опилок различного размера.

Анализируя полученные данные физико-химических свойств опытных партий дражированных семян сосны обыкновенной, можно отметить следующую закономерность. При увеличении размера частиц мелкодисперсных опилок с 350 до 600 мкм снижается прочность при сжатии гранул и водопоглощение. Оптимальная прочность при сжатии гранул получена при размере частиц не более 400 мкм.

Таблица 3.37 – Сравнительные результаты исследований физико-химических свойств опытных партий дражированных семян сосны обыкновенной

№ партии	Исследуемые параметры		
	размер частиц не более, мкм	водопоглощение за 80 с, %	прочность при сжатии, Н
1	600	25	5
2	600	24	5
3	550	29	7
4	550	29	9
5	500	31	12
6	500	31	11
7	450	36	15
8	400	38	15
9	350	47	15
10	350	46	17

Математический анализ морфометрических показателей гранул (таблица 3.38) показывает, что при дражировании семян сосны обыкновенной органоминеральное покрытие равномерно покрывает каждое семя.

Таблица 3.38 – Математический анализ параметров дражированных семян сосны обыкновенной

Показатели дражированных семян	Среднее, М	Среднее квадр. отклон., σ	Ошибка средней, mM	Процент точности, %	Коэфф. вариации, v , %
Масса 1000 шт. семян, г	7,9	0,4183	0,1871	2,4	5,3
Масса органоминерального покрытия, г	21,4	0,4183	0,1871	0,9	2,0
Общая масса семян с покрытием, г	29,3	0,2739	0,1225	0,4	0,9

Так, показатели среднего квадратичного отклонения массы органоминерального покрытия и общего веса семян, характеризующие степень отклонения вариант данной совокупности от среднего значения, колеблются для семян сосны – в пределах от 0,2739 до 0,4183.

Процент точности опыта, выражающий величину ошибки среднего показателя в процентах от самого среднего показателя и служащий показателем точности определения морфометрических параметров, имел небольшое значение и не превышал 5 %.

Математический анализ морфометрических показателей гранул при дражировании семян сосны обыкновенной позволил сделать вывод, что чем меньше размер семени, тем более равномерно покрывает его композиционным материалом.

На основе проведённых исследований разработан принципиально новый способ получения дражированных семян. Данный способ получения дражированных семян, при котором семена увлажняют 0,005–0,1 %-ным щелочным раствором гумата натрия с рН 7,9–8,7 с растворенными в нем макро- и микроэлементами. Увлажненные семена опудривают торфяной пылью и вновь увлажняют питательно-клеящим раствором. Цикл повторяют несколько раз до накатывания гранул заданного размера. Известный способ требует увлажнения семян щелочным раствором гумата натрия с рН 7,9–8,3, что не отвечает оптимальным критериям водородного показателя для прорастания семян сосны обыкновенной. Кроме того, опудривание происходит торфяной пылью с последующим увлажнением питательно-клеящим раствором и занимает много времени. На это требуется несколько циклов обработки семян, что приводит к неравномерному покрытию и требует значительного количества времени.

Недостатком торфосодержащих драже являются свойства торфа легко терять влагу и медленно ее поглощать, что может неблагоприятно сказаться на прорастании семян в засушливое время. Нами предложен способ получения дражированных семян сосны обыкновенной на основе разработанного композиционного материала, состоящего из следующих компонентов, масс. %: сапропель – 20–50, мелкодисперсные опилки сосны с размером частиц до 0,5 мм – 40–60, натрийкарбоксиметилцеллюлозы – 5–20 и элементов питания и роста – до 1. Полученную смесь подают под давлением в дражирователь, в котором ее увлажняют водой до получения однородной массы с требуемой влажностью и смешивают с семенами. В результате гравитационных эффектов семена сосны обыкновенной обволакиваются увлажненной смесью. Подобранные компоненты смеси позволяют получать дражированные семена сосны обыкновенной без принудительной сушки, что ведет к снижению энергозатрат (патент № 15084 «Способ получения дражированных семян») [181]. Полученные по предлагаемому способу дражированные семена имеют прочность при сжатии 35 Н и водопоглощение за 80 секунд составляет 50 %.

Время дражирования по предлагаемому способу снижается на 50 % по сравнению с прототипом. Сохранение семян лесных культур, повышение их качества и посевных характеристик являются одной из актуальных проблем лесовыращивания. Особенно это актуально для Республики Беларусь в связи с экологически сложными условиями.

3.3 Изучение влияния регуляторов роста на приживаемость лесных культур

Применение посадочного материала с закрытой корневой системой имеет столь же давнюю историю, как использование посадочного материала с открытой корневой системой. Создание лесных культур в Северной

Америке с использованием сеянцев с закрытой корневой системой датируется 1725 г. При проведении лесовосстановительных работ в различных местах на протяжении всего XX столетия в небольших объемах применяли дички с комом. Такие культуры часто имели лучшее состояние, чем те, что создавались посадочным материалом с ОКС. Несмотря на положительные результаты, использование посадочного материала с ЗКС в то время не получило широкого распространения из-за трудоемкости работ и отсутствия средств их механизации. Только с середины XX столетия лесоводы разных стран начали практическое использование такого посадочного материала.

Технологии выращивания посадочного материала с ЗКС можно условно разделить на две группы: посев семян в кассеты или емкости для выращивания сеянцев и посадка сеянцев в питательный субстрат для выращивания саженцев.

Многими учеными установлено, что организация питомников, производящих посадочный материал с ЗКС, более выгодна, чем выращивающих традиционный посадочный материал с ОКС [182–185]. При этом отмечается, что себестоимость выращивания посадочного материала с ЗКС значительно зависит от объема его производства и лесорастительной зоны. Строительство предприятий по выпуску посадочного материала с ЗКС выгодно в районах, где питомническое хозяйство развито слабо или вообще отсутствует.

Использование посадочного материала с ЗКС при создании лесных культур имеет и существенные недостатки. Это, прежде всего, значительная масса посадочного материала в процессе транспортировки и посадки. В этой связи имеются сведения об отказе использования такого вида посадочного материала. В частности, в условиях ЮАР рекомендуется вернуться к использованию посадочного материала с ОКС [186]. В Финляндии отдельные специалисты считали более перспективным использование сеянцев с ОКС [187]. В настоящее время удельный вес посадок с ЗКС существенно увеличился и превысил 90 %.

Основным аспектом проблемы выращивания посадочного материала с ЗКС является выбор достаточно экономичных и технологичных контейнеров, что, в свою очередь, определяет уровень механизации и автоматизации всего технологического процесса. Еще в конце прошлого столетия, анализируя принципиальные особенности выбора конструкции контейнера, Ф. Хан указывал, что «выбор не должен быть обусловлен наличием определенного оборудования и техники как в данном, так и в других хозяйствах, ибо такой путь приведет, как минимум, к неудаче» [188].

При высеве семян в определенные емкости применяются три основных типа контейнеров («трубка», «ком» и «блок»), которые имеют как преимущества, так и недостатки. В каждом конкретном случае это учитывает производитель посадочного материала с ЗКС, что собственно и определяет его эффективность и качество. В целом, агротехника выращивания посадочного материала с ЗКС незначительно отличается от технологии выра-

щивания посадочного материала в условиях теплиц. В настоящее время разработано много практических рекомендаций, учитывающих региональные особенности выращивания сеянцев хвойных и лиственных пород в теплице с полиэтиленовым покрытием.

Исследованием лесоводственно-биологического потенциала разных видов посадочного материала установлено, что темпы роста лесных культур, их устойчивость к неблагоприятным факторам среды определяются исходной массой сеянцев и саженцев. Преимущества крупного посадочного материала проявляются в более жестких условиях роста на лесокультурной площади [189, 190].

Состояние и продуктивность лесных культур зависит от приживаемости высаженных растений, что, прежде всего, определяется их способностью переносить послепосадочную депрессию. Такую возможность, как показывает опыт стран ближнего и дальнего зарубежья, дает использование в лесокультурном производстве посадочного материала с ЗКС [191].

Все имеющиеся технологии создания лесных культур сеянцами с ЗКС условно можно разделить на два способа: ручной и механизированный. Пути замены труда людей на работу машин и механизмов особенно интенсивно развивались в середине 60-х годов XX-го века в странах с высоко развитым лесным хозяйством. Например, в Швеции созданы процессоры «Siiva nova», «Serlachius», «Hilleshog», «Niko», осуществляющие удаление порубочных остатков, обработку почвы, двухрядную и трехрядную точечную посадку контейнерных сеянцев, местное внесение необходимых жидких ядохимикатов или удобрений. Процессоры установлены на базе колесных тракторов (форвардеров). Производительность этих машин 800–1200 штук сеянцев в час [192]. На подготовленных площадях вырубках в Канаде при создании лесных культур сосны Банка (*Pinus banksiana*) применялись посадочные машины «Ройнолс» и «Тейлор» с ручной подачей контейнерных сеянцев в сошники, а также машина «Онтарио», посадочный агрегат которых содержит крестовину с захватами для приема сеянцев. Недостаток агрегатов – невозможность использования на болотных и каменистых почвах, большие затраты на демонтаж и транспортировку на другой участок. В связи с этим экономически выгоднее применять такие агрегаты на больших по площади концентрированных вырубках. В местах, где проход лесохозяйственной техники был затруднен, использовались методы аэросева и аэропосадки (метод *Seedlings away*) контейнерными морозоустойчивыми сеянцами ели черной (*Picea nigra*) и сосны Банка [193].

Разработанные машины и механизмы не нашли широкого применения в лесном хозяйстве зарубежных стран, даже не выйдя в своем большинстве в серийное производство, несмотря на эффективность, высокую производительность и исключение ручного труда. Это объясняется экономическими условиями: лесовладельцы могут нанять рабочих для посадки леса вручную, высокая заработная плата которых не перекрывает затраты на использование

полностью автоматизированной техники [194, 195]. Для посадки лесных культур в условиях России используются различные лесопосадочные машины: ЯК-1, ЛМБ-1, САБ-1, СБН-1А, ЛМД, ОРМ-1,5, КЛМ-1, СЛ- 2 А, ЯЛ-1,3. Каждый из этих механизмов, исходя из своих конструктивных особенностей, при агрегатировании с различными тракторами предназначен для высадки неодинакового по возрасту и виду посадочного материала с ЗКС в различных типах лесорастительных условий с разной густотой и операционностью выполняемых действий [196]. Несмотря на все свои преимущества, у этих машин имеются и недостатки, среди которых низкая производительность, слабое гидрооборудование, ненадежная обработка почвы из-за серьезных препятствий на вырубках при работе почвообрабатывающих орудий [197].

На сегодняшний день в зарубежной научной практике отмечается тенденция к переходу на ручные способы создания лесных культур посадочным материалом с ЗКС. Практически во всех странах, где налажено производство контейнерных сеянцев, применяют финское ручное устройство «Pottiputki» – посадочное ружье, представляющее полую трубу с заостренным наконечником, который заглубляют в почву усилием ноги. Данный метод посадки сеянцев с ЗКС исключает необходимость нагибаться при выполнении посадки. Производительность труда рабочего при таком методе составляет от 1000 до 1500 шт. за одну рабочую смену [198].

В России и бывших республиках Советского Союза также имеется ряд технических решений для производства культур различных пород вручную. Известны такие орудия, как цилиндрическая лопата (мечлопата), «Лилипут», разработанные в ЛатНИИЛХ, которые применяются на песчаных и реже на глинистых почвах, не содержащих твердых включений. Посадка под цилиндрическую лопату более трудоемка, но зато улучшается качество посадочных лунок. Производительность обоих орудий уступает зарубежным аналогам.

Недостатками вышеперечисленных инструментов является их применение лишь на обработанной или предварительно взрыхленной почве, а также на участках, не требующих предварительной обработки почвы, недостаточно высокое качество заделки корневых систем, что впоследствии приводит не только к деформированности корней, но и к вывалу (механической неустойчивости) деревьев в более старших возрастных группах [199]. Все это свидетельствует о необходимости поиска новых технических решений при посадке саженцев с ЗКС на лесокультурной площади. На основании этого в России разработали ручное устройство для образования лунок и посадки контейнерных сеянцев «РУДОЛ». Производительность работы ручного устройства «РУДОЛ» от 2000 до 2500 посадочных мест за 8-часовой рабочий день, в зависимости от местности, расстояний и квалификации сажальщика. Сравнение данного устройства с традиционными и зарубежными аналогами свидетельствует о его превосходстве как

по технической характеристике, так и по производительности (таблица 3.39). При этом отмечается более качественная заделка корневых систем [200].

Таблица 3.39 – Технические характеристики орудий и механизмов для производства лесных культур посадочным материалом с закрытой корневой системой

Тип устройства	«Pottiputki»	Меч Колесова	«РУДОЛ»
Высота, см	93	80–120	106
Масса, кг	3,0	6,0	2,5
Количество сажальщиков, чел.	1	2	1
Производительность в смену (8 часов) на одного рабочего, шт. пос. мест	1000–1500	600–900	2000–2500

Разработкой и совершенствованием технологий выращивания сеянцев с ЗКС в мировой практике занимаются не одно десятилетие, тем не менее, в этой области остается ряд нерешенных вопросов. Одним из них является асимметричность строения корневой системы сеянцев, выращенных в контейнерах, и поиск решения, как ее максимально уменьшить.

В Беларуси первая специализированная автоматическая линия для посева семян лесных древесных видов используется в Республиканском лесном селекционно-семеноводческом центре (РЛССЦ). Заполнение контейнеров субстратом и высев семян в ячейки осуществляются на специальных автоматических линиях, в частности LANEN производства Финляндии.

В качестве субстрата в РЛССЦ используется торф верховых и низинных болот. Применение смесей из торфа и перлита снижает массу применяемого субстрата и значительно облегчает работу с контейнерами. При приготовлении субстрата сотрудники руководствуются техническими условиями «Субстрат торфяно-перлитный», так как для каждой древесной лесной породы необходимо придерживаться своего значения кислотности субстрата.

В зависимости от используемых компонентов технология подготовки может изменяться, в качестве органических элементов можно использовать торф различной степени разложения, при этом оптимальными свойствами обладает верховой торф.

При создании лесных культур дуба черешчатого используют посадочный материал, который выращен в сходных по эдафическим условиям с лесокультурными площадями [201].

По данным П.И. Воловича и др. [202], особенности технологий создания лесных культур посадочным материалом с ЗКС определяются способом обработки почвы в разных лесорастительных условиях и последующей посадкой лесных растений. Данный автор не рекомендует применять при посадке меч Колесова, т. к. происходит сдавливание корневой системы, находящейся в коме субстрата, а образующаяся щель под ним способствует

подсыханию корневой системы. Установлено, что приживаемость лесных культур, созданных посадочным материалом с закрытой корневой системой, была выше на 4 % – 6 % по сравнению с культурами, созданными посадочным материалом с открытой корневой системой.

Опыт использования посадочного материала с ЗКС в Беларуси достаточно большой. Однако, несмотря на это, актуальность вопроса остается, поскольку не все лесохозяйственные учреждения соблюдают единую систему технологии выращивания такого посадочного материала, и не во всех хозяйствах целесообразно его использование в связи с изменяющимися условиями климата и правильным подбором участков для создания лесных культур.

Исследования по оценке качества созданных лесных культур дуба черешчатого с использованием семян с открытой корневой системой проведены в Корневской экспериментальной лесной базе Института леса НАН Беларуси, в Жорновской экспериментальной лесной базе Института леса НАН Беларуси, Мозырском опытном лесхозе Гомельского ГПЛХО, Гомельском опытном лесхозе Гомельского ГПЛХО, Щучинском лесхозе Гродненского ГПЛХО, Осиповичском опытном лесхозе Могилевского ГПЛХО, Кобринском опытном лесхозе Брестского ГПЛХО и Ивацевичском лесхозе Брестского ГПЛХО.

На рисунках 3.12 и 3.13 показаны однолетние и трехлетние лесные культуры дуба черешчатого Мозырского опытного лесхоза (Моисеевское лесничество).



Рисунок 3.12 – Однолетние лесные культуры дуба черешчатого в Моисеевском лесничестве Мозырского опытного лесхоза (кв. 8, выдел 1, площадь 1,9 га)



Рисунок 3.13 – Трехлетние лесные культуры дуба черешчатого в Моисеевском лесничестве Мозырского опытного лесхоза (кв. 76, выдел 42.2, площадь 5,2 га)

В таблице 3.40 представлены данные по приживаемости и текущему приросту в высоту лесных культур, созданных с использованием семян дуба черешчатого с открытой корневой системой.

Таблица 3.40 – Приживаемость и прирост культур дуба черешчатого с использованием семян с открытой корневой системой

Лесхоз	Лесничество, вид посадочного материала	Прижи- ваемость, %	Прирост лесных культур в высоту, см
Жорновская ЭЛБ	Лапичское л-во, ОКС	84	47,1
Гомельский опытный лесхоз	Долголесское л-во, ОКС	82	49,2
Мозырский опытный лесхоз	Моисеевское л-во, ОКС	80	49,3
Щучинский лесхоз	Ружанковское л-во, ОКС	88	47,1
	Зачепичское л-во, ЗКС	86	50,3
Осиповичский опытный лесхоз	ОКС	85	48,4
	Осиповичское л-во, ЗКС	90	51,2
Кобринский опытный лесхоз	Засимовичское л-во, ОКС	84	59,4

Исследования проведены в течение трех лет (2019–2021 гг.). Как видно из данных таблицы, наибольшая приживаемость лесных культур дуба черешчатого получена в вариантах опыта с использованием посадочного материала семян дуба черешчатого с открытой корневой системой (80 % –

90 %). При использовании сеянцев дуба черешчатого с открытой корневой системой приживаемость составила 80 % – 88 %.

В таблице 3.41 даны результаты исследования по влиянию КМ на приживаемость и прирост лесных культур дуба черешчатого на опытных объектах.

Как видно из данной таблицы, на всех опытных объектах обработка корневых систем сеянцев дуба черешчатого способствовала повышению приживаемости лесных культур на 8 % – 15 % и увеличению прироста в высоту за три года на 6 % – 14 %.

Таблица 3.41 – Влияние композиционных материалов на приживаемость и прирост лесных культур дуба черешчатого в высоту

Лесхоз	Лесничество, вариант опыта	Приживаемость, %	Прирост лесных культур в высоту, см
Жорновская ЭЛБ	Контроль	84	47,1
	Обработка корневых систем КМ	85	53,4
Гомельский опытный лесхоз	Контроль	82	49,2
	Обработка корневых систем КМ	88	51,6
Мозырский опытный лесхоз	Контроль	80	49,3
	Обработка корневых систем КМ	94	52,4
Щучинский лесхоз	Контроль	88	47,1
	Обработка корневых систем КМ	96	51,0
Осиповичский опытный лесхоз	Контроль	85	48,4
	Обработка корневых систем КМ	90	51,2
Кобринский опытный лесхоз	Контроль	84	59,4
	Обработка корневых систем КМ	97	52,1

Для установления закономерностей влияния КМ на повреждаемость корневых систем растений были проведены испытания. В каждом варианте опыта использовали 500 штук сеянцев дуба черешчатого с открытой корневой системой. Повторность опытов пятикратная. Анализ полученных данных показывает, что после обработки корневых систем разработанным композиционным материалом повреждаемость посадочного материала снижается и составляет 2,5 % – 3 %, в то время как на варианте без обработки КМ повреждаемость корневых систем сеянцев дуба черешчатого составляет 5 % – 7 %.

Высоту 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. Для определения приживаемости сеянцев проведена закладка опытно-производственных объектов с использованием модифицированного композиционного полимерного состава. Опытные объекты заложены в Осиповичском опытном лесхозе.

В таблице 3.42 представлены результаты полевых исследований по влиянию обработки корневых систем сеянцев дуба черешчатого разрабатанным композиционным материалом.

Таблица 3.42 – Влияние предпосадочной обработки корневых систем сеянцев дуба черешчатого на приживаемость и текущий прирост в высоту лесных культур

Вариант опыта	Текущий прирост культур в высоту, см	Приживаемость лесных культур, %
Дуб черешчатый		
Контроль (без обработки)	16,9	82
Композиционный материал	20,1	94

Анализ таблицы 3.42 показал, что обработка корневых систем сеянцев модифицированным композиционным материалом на основе выбранного нами водорастворимого полимера и целевых добавок приводит к увеличению приживаемости и прироста культур в высоту.

При разработке технологического регламента получения модифицированного композиционного материала для обработки корневых систем сеянцев в качестве объектов исследования был выбран водный раствор полимера натриевой соли карбоксилметилцеллюлозы с целевыми добавками. В связи с тем, что при растворении в водной среде полимера часто наблюдается эффект геля-блокирования, который не позволяет полностью раствориться полимеру и соответственно, составы не будут обладать требуемыми свойствами, то важным являлось разработка технологического регламента получения данного модифицированного композиционного полимерного состава для обработки корневых систем сеянцев хвойных пород.

Нами проведены исследования лесоводственно-экономической эффективности разработанного модифицированного композиционного материала и аммонийного гидрогеля, предназначенных для обработки корневых систем растений от иссушения. Обработка корневых систем сеянцев композиционными материалами позволяет предотвратить иссушение и повысить приживаемость их на лесокультурной площади.

В таблице 3.43 представлена сравнительная характеристика композиционных материалов для обработки корневых систем сеянцев дуба черешчатого.

Обработка корневых систем семян дуба черешчатого водным раствором композиционного материала способствует повышению адгезии покрытия к поверхности корневой системы по сравнению с импортным Гидрогелем (Англия) более чем в 2 раза.

Таблица 3.43 – Сравнительная характеристика композиционных полимерных составов для обработки корневых систем семян дуба черешчатого от иссушения

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

Анализ стоимости различных композиционных материалов для защиты корневых систем семян дуба черешчатого показывает, что наибольшие затраты на приобретение 1 л английского Гидрогеля составляют 10,5 бел. рублей. Это в 2,9 раза больше по сравнению с модифицированным композиционным материалом.

На базе Мозырского опытного лесхоза (Моисеевское лесничество, кв. 76, выдел 42.2, площадь 5,2 га) изучена динамика текущего прироста в высоту лесных культур дуба черешчатого в течение 3-х лет. Для создания лесных культур дуба черешчатого использовали семена с открытой корневой системой, которые выращены в условиях открытого грунта Мозырского лесного питомника. В таблице 3.44 даны результаты математической обработки высоты надземной части однолетних семян дуба черешчатого.

Таблица 3.44 – Результаты математической обработки однолетних семян дуба черешчатого

Среднее	11,81
Стандартная ошибка	0,098156
Стандартное отклонение	0,694071
Дисперсия выборки	0,481735
Экссесс	0,168273
Уровень надежности (95,0 %)	0,197253

Анализ данных таблицы показал, что высота стволика сеянцев дуба находилась в пределах от 10,2 до 13,1 см (среднее значение составило 11,81 см). Изменчивость полученных данных доказывает, что совокупность данных является однородной, т. к. коэффициент вариации менее 30 %. Точность полученных данных высокая.

Динамика текущего прироста в высоту лесных культур дуба черешчатого за 2019–2021 гг. представлена в таблице 3.45.

Таблица 3.45 – Динамика текущего прироста в высоту лесных культур дуба черешчатого

Лесничество, вариант опыта	Текущий прирост		
	2019	2020	2021
Моисеевское лесничество			
Контроль	20,97	35,64	46,92
Обработка корневых систем КМ	21,65	38,92	49,84

Как видно из данной таблицы, обработка корневых систем сеянцев дуба черешчатого способствовала увеличению текущего прироста в высоту лесных культур дуба черешчатого в течение трех вегетационных периодов. Суммарный текущий прирост в высоту лесных культур дуба черешчатого на контрольных вариантах опыта был на 12 % меньше по сравнению с применением КМ для предпосадочной защиты корневых систем сеянцев.

ГЛАВА 4

ВЛИЯНИЕ СОЧЕТАНИЯ ТИПОВ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА В ЛЕСНОМ И СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

При выращивании различных сельскохозяйственных культур и лесного посадочного материала используют органоминеральные удобрения и регуляторы роста. В настоящее время изучено влияние некоторых органоминеральных удобрений и регуляторов роста на грунтовую всхожесть семян, выход стандартного посадочного материала и урожайность сельскохозяйственных растений. Однако применение новых органоминеральных удобрений может существенно повлиять на содержание в почве гумуса, валовых форм азота, фосфора и калия. Сочетание новых видов органоминеральных удобрений и регуляторов роста может оказать существенное влияние на рост и развитие всех растений.

Интенсификация выращивания лесных пород и сельскохозяйственных культур за счет внесения органоминеральных удобрений совместно с регуляторами роста способствует не только повышению почвенного плодородия, но и обогащению ее полезными микроорганизмами, которые стимулируют наибольший выход стандартных сеянцев лесных пород и урожайность сельскохозяйственных культур.

4.1 Исследование влияния органоминеральных удобрений и регуляторов роста на выход стандартных сеянцев лесных пород

Качество посадочного материала во многом определяется линейными размерами, массой и пропорциональностью развития саженцев. Растения, имеющие оптимальные биометрические показатели и отвечающие существующим стандартам, являются залогом успешного осуществления искусственного лесовосстановления. Получение качественного и здорового посадочного материала, снижение химического влияния средств защиты и ухода, сокращение сроков выращивания и тем самым уменьшение себестоимости позволит получить ощутимый социально-экономический эффект применения органических удобрений.

Использование биоудобрения гранулированного в условиях теплицы лесного питомника Корневской ЭЛБ ИЛ НАНБ при выращивании дуба черешчатого с закрытой корневой системой представлено в таблице 4.1.

Применение биоудобрения гранулированного способствовало повышению грунтовой всхожести желудей, улучшению морфометрических показателей сеянцев и увеличению выхода посадочного материала, а также положительно сказалось на качестве посадочного материала. Внесение в субстрат биоудобрения гранулированного при выращивании дуба черешчатого с закрытой корневой системой способствовало защите сеянцев

от фитопатогенов и улучшению их морфометрических показателей. Результаты свидетельствуют о том, что используемое биоудобрение гранулированное может быть рекомендовано при искусственном лесоразведении для получения качественного посадочного материала.

Таблица 4.1– Биометрические показатели роста сеянцев дуба черешчатого по вариантам опыта

№ варианта	Варианты опыта	Высота сеянца, см	Диаметр корневой шейки, мм	Количество листьев, шт.
1	Контроль (торфяно-перлитный субстрат)	16,10±0,30	3,40±0,1	7,00±0,1
2	Биоудобрение гранулированное	21,18±0,62	4,40±0,1	11,00±0,62

Биометрические показатели дуба черешчатого по высоте стволика к концу вегетационного периода выше по сравнению с контролем в 1,3 раза. Схожая закономерность наблюдается и по диаметру корневой шейки.

В таблице 4.2 представлены морфометрические показатели сеянцев дуба черешчатого.

Таблица 4.2 – Морфометрические показатели сеянцев дуба черешчатого по вариантам опыта

№ п/п	Варианты опыта	Масса надземной части, г	Масса листьев, г	Масса корней, г
1	Контроль (торфяно-перлитный субстрат)	6,5	3,2	5,2
2	Биоудобрение гранулированное	7,4	4,7	8,2

Наибольшая масса надземной части отмечена на варианте опыта с использованием биоудобрения гранулированного (в 1,1 раз больше по сравнению с контролем). Аналогичная закономерность наблюдается по массе листьев и массе корней.

На основании полученных данных по высоте надземной части и диаметру корневой шейки сеянцев дуба черешчатого построены графики динамики биометрических показателей в течение вегетационного периода 2021 года (рисунки 4.1, 4.2). Установлено, что показатели массы надземной части на варианте 2 в среднем на 14 % выше по сравнению с контролем. Диаметр корневой шейки при использовании биоудобрения гранулированного увеличивается по сравнению с контролем в среднем на 29 %.

Основным показателем при выращивании сеянцев является выход стандартного посадочного материала. Стандартные сеянцы дуба черешчатого должны иметь высоту надземной части не менее 12 см и диаметр корневой шейки не менее 3 мм. Параметры сеянцев дуба черешчатого соответствуют по высоте стандартным требованиям.

Высота стволика, см

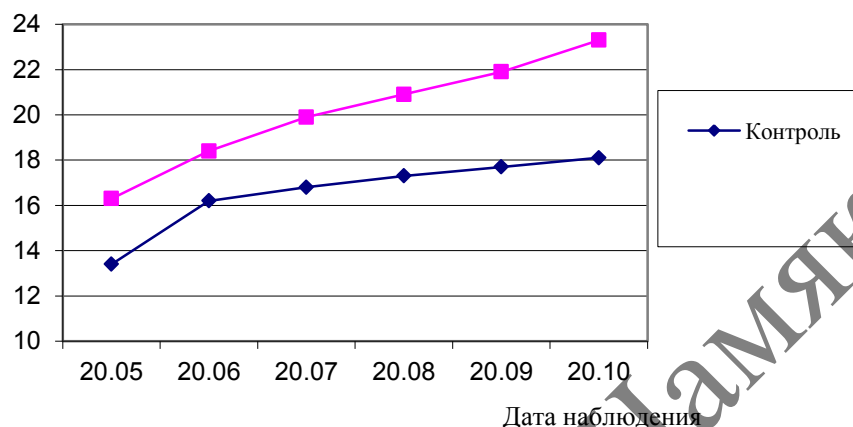


Рисунок 4.1 – Динамика высоты надземной части сеянцев дуба черешчатого

Диаметр корневой шейки, мм

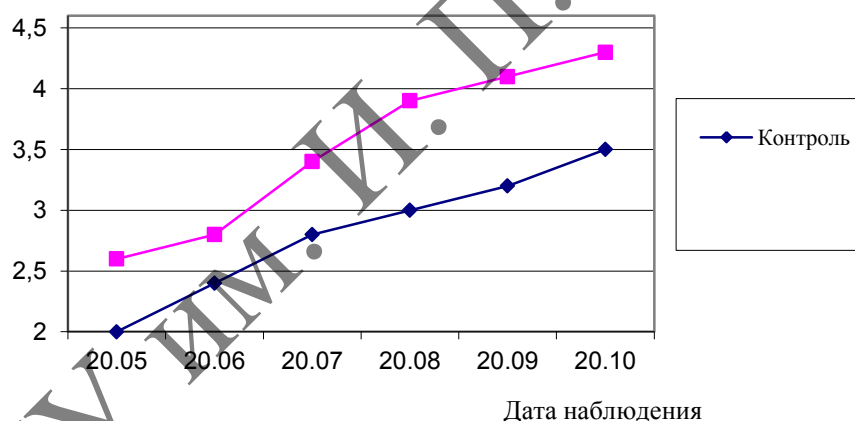


Рисунок 4.2 – Динамика диаметра корневой шейки дуба черешчатого

Для оценки эффективности использования биодобрения гранулированного были определены сохранность и выход стандартных сеянцев дуба черешчатого (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Выход стандартных сеянцев дуба черешчатого и их сохранность

Варианты опыта	Сохранность сеянцев, %	Доля стандартных сеянцев, %
Корневская ЭЛБ ИЛ НАН Беларуси		
1. Контроль	80,23	78,59
2. Внесение биодобрения гранулированного	95,51	89,61

Использование такого агротехнического приема, как внесение биоудобрения гранулированного (вариант 2), позволило получить максимальное количество стандартных семян. Сохранность семян дуба черешчатого составила 95,51 %.

Установлено влияние применения биоудобрения гранулированного на биометрические показатели однолетних семян сосны обыкновенной с закрытой и открытой корневой системой.

Исследования по использованию биоудобрения гранулированного и результаты практического применения данного приема показали, что наиболее эффективно его применение повлияло на семена сосны обыкновенной с открытой корневой системой (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Влияние внесения биоудобрения гранулированного на биометрические показатели семян сосны обыкновенной

Варианты опыта	Биометрические показатели семян	
	высота стволика, см	диаметр корневой шейки, мм
Закрытая корневая система		
1. Контроль (торфяно-перлитный субстрат)	7,4±0,18	2,00±0,03
2. Биоудобрение гранулированное	8,3±0,20	2,10±0,04
Открытая корневая система		
1. Контроль (торфяно-перлитный субстрат)	7,5±0,19	2,01±0,03
2. Биоудобрение гранулированное	8,0±0,19	2,03±0,03

Семена во всех вариантах по средним показателям высоты и диаметра корневой шейки превышали контрольные показатели.

Использование биоудобрения гранулированного позволяет вырастить качественный однолетний посадочный материал.

На основании полученного экспериментального материала можно утверждать об эффективности мероприятий, направленных на внедрение биоудобрения гранулированного в технологию выращивания посадочного материала. Анализируя средние показатели длины надземной (высота стволика) и подземной (длина корневой системы) частей и диаметра корневой шейки, можно сказать о широком спектре влияния биоудобрения гранулированного, где присутствуют варианты с положительным результатом.

В таблице 4.5 показано влияние биоудобрения гранулированного на биометрические показатели семян ели европейской.

Таблица 4.5 – Влияние биоудобрения гранулированного на биометрические показатели ели европейской

Вариант опыта	Биометрические показатели, (M±m)	
	высота стволика, см	диаметр корневой шейки, мм
Контроль (торфяно-перлитный субстрат)	2,4± 0,02	0,69 ± 0,09
Биоудобрение гранулированное	2,3 ± 0,03	0,60 ± 0,02

Анализируя полученные данные, следует отметить угнетение влияния биоудобрения гранулированного при выращивании сеянцев ели европейской.

Морфометрические параметры роста и развития сеянцев сосны и ели на опытных объектах в середине первого вегетационного периода представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Морфометрические показатели сеянцев сосны и ели на опытных объектах

Вариант компоста	Морфометрические показатели сеянцев хвойных пород (M±m)				
	высота, см	диаметр стволика, мм	степень охвоенности, см	длина главного корня, см	общая масса растения, г
Корневская ЭЛБ ИЛ НАНБ (сеянцы сосны)					
Контроль	7,4±0,18	2,0±0,03	2,0±0,03	6,3±1,15	0,04±0,08
Биоудобрение гранулированное	8,3±0,20	2,1±0,04	2,4±0,06	8,7±1,23	0,07±0,04
Корневская ЭЛБ ИЛ НАНБ (сеянцы ели)					
Контроль	2,4±0,02	0,69±0,09	0,8±0,24	3,9±1,41	0,04±0,06
Биоудобрение гранулированное	2,3±0,04	0,60±0,02	0,7±0,10	4,0±0,94	0,05±0,04

Анализ данных таблицы 4.6 показал, что внесение биоудобрения на опытных объектах привело к увеличению параметров роста и развития сеянцев сосны обыкновенной. Морфометрические показатели сеянцев сосны обыкновенной общей массы растений в 1,75 раза превышал данные показатели по сравнению с контролем.

Характеристика корневых систем сеянцев сосны обыкновенной приведена в таблице 4.7.

Из таблицы видно, что на корневых системах сеянцев сосны первого года вегетации отмечается присутствие корней I, II и III порядков, причем максимальное развитие приходится на корни I и II порядков. Корневые

системы сеянцев ели в варианте с внесением компостов практически не отличались от контроля.

Таблица 4.7 – Характеристика корневых систем сеянцев сосны и ели в середине первого вегетационного периода на опытных объектах

Вариант внесённого компоста	Средние показатели корневых систем сеянцев, М (в знаменателе – ошибка средней, m _М)							
	число боковых корней, шт. на 1 растение				длина боковых корней, см			
	I порядка	II порядка	III порядка	общее число корней	I порядка	II порядка	III порядка	суммар- ная длина боковых корней
Корневая ЭЛБ ИЛ НАИБ (сеянцы сосны)								
Контроль	$\frac{14,7}{1,81}$	$\frac{12,1}{2,63}$	$\frac{1,9}{1,24}$	$\frac{28,7}{2,54}$	$\frac{53,1}{4,12}$	$\frac{36,3}{3,54}$	$\frac{2,3}{1,89}$	$\frac{91,7}{4,57}$
Био-удобрение гранулированное	$\frac{19,6}{1,97}$	$\frac{15,8}{1,95}$	$\frac{3,3}{2,13}$	$\frac{38,7}{3,17}$	$\frac{78,9}{5,07}$	$\frac{54,5}{4,12}$	$\frac{10,4}{2,34}$	$\frac{143,8}{5,28}$
Корневая ЭЛБ ИЛ НАИБ (сеянцы ели)								
Контроль	$\frac{13,9}{1,33}$	–	–	$\frac{13,9}{1,33}$	$\frac{18,2}{2,72}$	–	–	$\frac{18,2}{2,72}$
Био-удобрение гранулированное	$\frac{15,0}{1,14}$	–	–	$\frac{15,0}{1,14}$	$\frac{19,3}{2,25}$	–	–	$\frac{19,3}{2,25}$

Визуальные наблюдения за развитием микоризных окончаний на корневых системах сеянцев сосны и ели по вариантам опыта показали, что у сеянцев, выращенных с применением биоудобрения гранулированного, форма микоризных окончаний представлена двумя видами: булавовидной и вильчатой.

В результате исследования закономерностей роста и развития посадочного материала, установлено, что проведение такого агротехнического приема, как применение биоудобрения гранулированного, приводит к увеличению биометрических параметров роста и развития сеянцев сосны обыкновенной.

На композицию получения органоминеральных удобрений подана заявка от 14.12.2020 г на патент «Состав для получения компоста на основе древесной коры» (В.В. Копытков, А.А. Кулик, В.Г. Майсюк, Г.В. Переход, В.В. Савченко.) и 21.04.2022 г. получено решение о выдаче патента на изобретение.

Нами изучено влияние отдельно взятых агротехнических приемов органоминеральных удобрений и регуляторов роста растений на грунтовую всхожесть желудей и выход стандартного посадочного материала. Кроме того, изучено комплексное влияние этих агроприемов на грунтовую всхожесть и выход стандартных сеянцев дуба черешчатого.

В таблице 4.8 представлены полученные данные полевых исследований при выращивании сеянцев дуба черешчатого.

Таблица 4.8 – Влияние различных агротехническим приемов на грунтовую всхожесть и выход стандартных сеянцев дуба черешчатого

Варианты опыта	Высота сеянца (см) $M \pm m$	Длина корневой системы (см) $M \pm m$	Грунтовая всхожесть, %	Выход стандартных сеянцев, %
1. Контроль	15,3±0,92	14,5±0,78	47	42
2. Применение разработанных органоминеральных удобрений	20,1±0,67	17,8±0,64	68	54
3. Применение регуляторов роста	16,1±0,98	16,1±0,71	53	48
4. Применение органоминеральных удобрений + регуляторы роста	22,4±1,00	19,4±1,70	75	68

Анализ данной таблицы показывает, что при использовании только органоминеральных удобрений грунтовая всхожесть желудей выше контрольного варианта опыта на 45 %, а выход стандартных сеянцев – выше на 29 %.

При использовании одного регулятора роста растений при выращивании сеянцев дуба черешчатого грунтовая всхожесть желудей выше контроля на 13 %, а выход стандартных сеянцев дуба черешчатого превышал контроль на 14 %.

Комплексное использование разработанных органоминеральных удобрений совместно с регуляторами роста растений способствует повышению грунтовой всхожести желудей на 60 % и увеличению выхода стандартных сеянцев дуба черешчатого на 62 % по сравнению с контрольным вариантом опыта.

Таким образом, впервые в лесоводственной науке нами показан синергизм во влиянии на биометрические показатели растений совместного действия органоминеральных удобрений и регуляторов роста.

4.2 Влияние органоминеральных удобрений и регуляторов роста на урожайность сельскохозяйственных культур

Выращивание пшеницы, ржи и тритикале

Существенным резервом интенсификации производства зерна и улучшения его качества наряду с основными приемами возделывания культур, является использование регуляторов роста растений (РРР). Особенно это важно для озимых культур, учитывая способность регуляторов роста повышать устойчивость растений к низким температурам благодаря стимуляции роста корневой системы, большому накоплению сахаров и некоторому углублению узла кущения. Их рекомендуется применять как при предпосевной обработке семян, так и при опрыскивании посевов во время вегетации.

Предпосевная обработка семян. Обработку семян регуляторами роста целесообразно совмещать с протравливанием для усиления ростовых процессов, снятия токсического действия пестицидов, формирования благоприятного микробного ценоза в зоне роста корневой системы. Оптимальные дозы препаратов на 1 тонну семян составляют: Эмистим С – 10 мл, Агростимулин – 10 мл. Защитно-стимулирующий раствор используется в объеме 10–15 л на 1 тонну семян.

Опрыскивание посевов. Проводят после возобновления весенней вегетации в фазе кущения-начала выхода в трубку. Оптимальные дозы препаратов составляют:

Эмистим С – 10 мл, Агростимулин – 10 мл на 1 гектар. Опрыскивание посевов водным раствором регуляторов роста целесообразно совместить с внесением гербицидов. Рекомендовано внесение РРР с пестицидами для борьбы с вредителями, болезнями или подкормкой растений жидкими удобрениями в общих баковых смесях.

Широкие производственные испытания регуляторов роста, проведенные в 2003–2004 гг. в Республике Беларусь в разных областях, районах и сельскохозяйственных предприятиях, показали увеличение урожайности на 12 % – 17 % и улучшение качества продукции [203]. Так, под влиянием Эмистима при опрыскивании растений в фазе кущения совместно с фунгицидами на фоне принятой в хозяйствах технологии возделывания зерновых культур заметно увеличивался урожай зерна яровой и озимой пшеницы, ячменя, тритикале, хотя и в разной степени, в зависимости от особенностей почв и технологии (таблицы 4.9, 4.10).

Таблица 4.9 – Влияние регуляторов роста на урожайность яровой пшеницы

Район, хозяйство	Вариант опыта	Урожай, ц/га	Прибавка, ц/га	Прибавка, %
Гродненская область				
Волковысский п-н РУСП Племзавод Россь	Контроль	62,3	–	–
	Эмистим С	67,2	4,9	7,3

Продолжение таблицы 4.9

Щучинский р-н, С-з к-т Василишки	Контроль	54,6	–	–
	Эмистим С	58,7	4,1	7,5
Брестская область				
Дрогичинский р-н, СПК Бездеж-Агро	Контроль	35,0	–	–
	Эмистим С	42,0	7,0	17,0

Таблица 4.10 – Влияние регуляторов роста на урожайность тритикале

Район, хозяйство	Вариант опыта	Урожай, ц/га	Прибавка, ц/га	Прибавка, %
Пинский р-н, ОАООснежицкое	Контроль	65,1	–	–
	Агростимулин	72,3	7,2	11,1
Волковысский р-н, РУСП Племзавод Россь	Контроль	78,4	–	–
	Эмистим С	86,0	7,6	8,8

Выращивание ячменя

Яровой ячмень – важная продовольственная, кормовая и техническая культура, в Республике Беларусь он занимает значительные площади. Важным резервом повышения урожайности ячменя и улучшения качества продукции является использование регуляторов роста, которые применяются путем обработки семян или опрыскивания растений [203].

Предпосевную обработку семян целесообразно объединить с протравливанием. Оптимальные дозы регуляторов из расчета на 1 тонну семян составляют: Эмистима С – 10 мл или Агростимулина – 10 мл, объем защитно-стимулирующего раствора – 15 л.

Опрыскивание посевов. По данным исследований, лучшим сроком опрыскивания посевов является период конец кушения-начала выхода в трубку. Оптимальные дозы на 1 га: Эмистима С или Агростимулина – 10 мл, объем рабочего раствора – 250–300 л. Опрыскивание посевов водным раствором регуляторов роста целесообразно совместить с внесением гербицидов и пестицидов для борьбы с вредителями и болезнями.

Многочисленные полевые опыты, подтверждают заметное влияние регуляторов роста при опрыскивании растений в фазу кушения на урожай зерна ячменя. Был отмечен более интенсивный рост растений с образованием большего числа боковых продуктивных побегов, увеличение фотосинтетической активности и ассимиляционной листовой поверхности (таблица 4.11).

Таблица 4.11 – Влияние регуляторов роста на урожай при обработке зерна ячменя сорт Тутэйшы

Варианты	Урожай		
	ц/га	прибавка	
		ц/га	%
Контроль	32,1	–	–
Агростимулин	35,7	3,6	12
Эмистим С	35,5	3,4	11
НСР05	2,9		

Широкие производственные испытания, проведенные в 2003–2004 гг. в областях, районах и отдельных хозяйствах на больших площадях, также показали, что, наряду с основными агротехническими приемами, существенным резервом в повышении продуктивности является применение регуляторов роста. В зависимости от уровня технологии выращивания, почвенно-климатических условий, эффективность препаратов различается, их применение в большинстве случаев было эффективным (таблица 4.12).

Таблица 4.12 – Влияние регуляторов роста на урожайность ячменя

Район, хозяйство	Вариант опыта	Урожай, ц/га	Прибавка, ц/га	Прибавка, %
Брестская область				
Дрогичинский р-н, СПК Бездеж-Агро	Контроль	31,0	–	–
	Эмистим С	42,0	11,0	26,2
Пинский р-н, ОАО Оснежицкое	Контроль	43,6	–	–
	Агростимулин	51,2	7,6	17,4
Гродненская область				
Волковысский р-н, РУСП Племзавод Россь	Контроль	59,7	–	–
	Эмистим С	64,0	4,3	6,7
Щучинский р-н, С-з к-т Василичи	Контроль	57,8	–	–
	Эмистим С	61,7	3,9	6,3

Выращивание сахарной свеклы

В последние годы значительно увеличились посевные площади под сахарной свеклой, что требует большого внимания к повышению урожайности и увеличению сахаристости корнеплодов. Исследования показали, что наряду с основными технологическими приемами важным резервом повышения урожайности и сахаристости корнеплодов сахарной свеклы является применение регуляторов роста растений, которые способствуют усилению функционирования ферментных систем, ответственных за накопление сахаров и их отток в корнеплоды, улучшают качество сырья и сохранность при хранении до переработки. Регуляторы роста растений используют

как путем предпосевной обработки семян, так и при опрыскивании в период вегетации растений [203].

В данных технологиях применяются регуляторы роста Эмистим С и Бетастимулин.

Бетастимулин – уникальный препарат для сахарной свеклы. Повышает устойчивость к корнееду, церкоспорозу и другим болезням. Увеличивает урожай корнеплодов, повышает сахаристость, улучшает технологические свойства сырья для переработки.

Предпосевную обработку семян объединяют с инкрустацией и протравливанием. На семенных заводах применение регуляторов роста включают в общий технологический процесс подготовки семян. Семена вместе с протравителем обрабатывают регуляторами роста Эмистимом С или Бетастимулином в дозе 15 мл на 1 тонну.

Опрыскивание растений проводят в фазе 6-8 листков, повторно в период смыкания листьев в междурядьях. Оптимальные дозы Эмистима С или Бетастимулина составляют 10 мл на 1 га, объем рабочего раствора – 200 литров. Опрыскивание посевов регуляторами роста целесообразно объединить с применением пестицидов для борьбы с болезнями и вредителями или одновременно с внесением борных удобрений.

Опрыскивание посевов регуляторами роста усиливает интенсивность фотосинтеза, рост и развитие растений на последующих этапах роста и усиливает отток углеводов и других ассимилятов в корнеплоды, в результате увеличивается урожай и сахаристость, но в разной степени, в зависимости от сорта.

В таблицах 4.13–4.16 приведены данные о влиянии регуляторов роста растений на урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы.

Таблица 4.13 – Влияние бетастимулина на урожай сахарной свеклы сорта Кобра

Вариант опыта	Урожай корнеплодов, ц/га	Прибавка		Выход сахара	
		ц/га	%	ц/га	%
Контроль	295	–	–	38,2	–
Бетастимулин	364	69	23	54,3	14,2
НСР05	10,5				

Таблица 4.14 – Влияние регуляторов роста на урожай и качество корнеплодов сахарной свеклы, сорт Кристалл

Вариант опыта	Урожай		Сахари- стость, %	Выход сахара, ц/га	Поте- ри сахара в мелас- се, %	Потреб. свеклы на 1 ц сахара, ц	Амин- ный азот	Калий	Натрий
	ц/га	при- бавка							
Контроль	511	–	16,34	70,3	2,57	7,3	2,39	5,82	1,88

Продолжение таблицы 4.14

Эмистим С	526	15	16,98	76,0	2,53	6,9	2,21	5,70	1,87
Бетастимулин	530	19	17,18	78,1	2,43	6,8	2,05	5,54	1,81
НСР05	10,5								

Таблица 4.15 – Влияние регуляторов роста на урожай и качество корнеплодов сахарной свеклы, сорт Ганусовская односемянная 55 (усредненные данные за четыре года)

Вариант опыта	Урожай		Сахаристость, %	Выход сахара, ц/га
	ц/га	прибавка		
Контроль	380	–	16,00	60,8
Эмистим С	430	50	17,60	75,68
Бетастимулин	426	46	17,60	74,98
НСР05	16,2		0,79	

Таблица 4.16 – Влияние регуляторов роста на урожайность сахарной свеклы

Район, хозяйство	Вариант опыта	Урожай, ц/га	Прибавка, ц/га	Прибавка, %
Гродненская область				
Волковысский р-н, РУСП Племзавод Россь	Контроль	493,0	–	–
	Бетастимулин	545,0	52,0	9,6
Гродненский р-н, СПК Обухово	Контроль	510,2	–	–
	Бетастимулин	561,4	51,2	9,1
Минская область				
Воложинский р-н, СПК «Дорский»	Контроль	400,0	–	–
	Эмистим С	465,0	65,0	16,3
Брестская область				
Ивановский р-н, СПК «Бакулево»	Контроль	310,0	–	–
	Эмистим С	350,0	40,0	12,9
Ивановский р-н, СПК «Машеровский»	Контроль	189,0	–	–
	Бетастимулин	205,0	16,0	8,5
Пинский р-н, ОАО Оснежицкое	Контроль	423,0	–	–
	Эмистим С	450,0	27,0	6,0

При производственном испытании регуляторов роста на сахарной свекле в 2003–2004 гг. кроме Бетастимулина применялся и Эмистим С. Как показывают результаты Эмистим и Бетастимулин при обработке растений в период вегетации, являются эффективными препаратами, хотя и имеются некоторые различия, зависящие от условий выращивания сахарной свеклы.

Примером изменения качества корнеплодов сахарной свеклы при применении регуляторов роста являются результаты, где были использованы Эмистим С и Бетастимулин. В данных опытах Бетастимулин был более эффективным, чем Эмистим С, особенно по показателям качества. Заметно

увеличилась сахаристость корнеплодов, что отразилось на таких показателях, как выход сахара с гектара и в потребности объема корнеплодов для получения 1 ц сахара.

Выращивание картофеля

Исследования показали, что наряду с основными традиционными приемами в интенсивных технологиях возделывания картофеля одним из наиболее важных резервов является использование регуляторов роста. Под влиянием регуляторов роста ускоряется рост и развитие картофеля на начальных фазах и, что очень важно, подземных побегов-столонов, в результате чего увеличивается количество клубней и их масса. Заметно повышается содержание крахмала в клубнях. Регуляторы роста применяются путем обработки клубней и опрыскиванием растений во время вегетации [203].

Предпосадочная обработка клубней проводится путем смачивания клубней раствором регулятора роста. Норма расхода рабочего раствора составляет 30 л на 1 тонну клубней. Во время проведения этой операции важно обеспечить равномерное распределение биостимулятора на поверхности клубней. Рекомендуется обработку клубней регуляторами роста проводить совместно с фунгицидом. Оптимальные дозы препаратов: Потейтина – 5 мл. Эмистима С – 5 мл в 30 литрах воды на 1 тонну клубней.

Как вариант, возможно смачивание раствором регулятора роста клубней картофеля, находящихся в контейнере с поддоном для сбора излишнего раствора (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Влияние Потейтина на урожай и качество картофеля различных сортов

Вариант опыта	Сорт картофеля	Урожай клубней, ц/га	Прибавка к контролю		Крахмал, %	Нитраты, мг/кг
			ц/га	%		
СПК «Рассвет»						
Контроль	Темп	159	–	–	14,8	47
Потейтин		183	24	15	15,2	36
НСР ₀₅		19				
СПК «Полочаны»						
Контроль	Фреска	209	–	–	10,6	43
Потейтин		231	22	11	10,8	38
НСР ₀₅		20				
СЗАО «Беларусь»						
Контроль	Росинка	143	–	–	14,9	53
Потейтин		169	26	18	17,0	49
НСР ₀₅		22				

Продолжение таблицы 4.17

СПК «Имени Карла Маркса» Воложинского р-на						
Контроль	Никита раннеспелый	241	–	–	10,7	70
Потейтин		270	29	12	10,5	43
НСР ₀₅		27				

Опрыскивание растений водным раствором регулятора роста проводят в начале фазы бутонизации или одновременно с внесением пестицидов (в баковых смесях) при борьбе против колорадского жука, фитофторы. Оптимальные дозы регуляторов роста: Эмистима С – 10 мл/га, Потейтина – 10 мл/га на 200 л воды на 1 га.

Как показали полевые опыты с рядом сортов картофеля, Потейтин – специфический регулятор роста для данной культуры, при обработке растений во время вегетации оказывал заметное влияние на рост, развитие и образование клубней картофеля, их урожай и качество. Отзывчивость разных сортов на воздействие препаратов необходимо учитывать в технологиях.

Производственные испытания Потейтина в сельскохозяйственных предприятиях показали также его высокую эффективность при обработке вегетирующих растений на разных фонах и почвах за счет усиления образования клубней и оттока ассимилятов из листьев в клубни (таблица 4.18). В результате увеличивается содержание крахмала в клубнях.

Таблица 4.18 – Влияние регуляторов роста на урожайность картофеля

Район, хозяйство	Вариант опыта	Урожай, ц/га	Прибавка	
			ц/га	%
Минская область				
Несвижский р-н, Агрокомбинат «Снов»	Контроль	415,0	–	–
	Потейтин	445,0	30,0	7,2
Несвижский р-н, КДП «1 мая»	Контроль	240,0	–	–
	Потейтин	263,0	23,0	9,5
Несвижский р-н, РУПЭ/Б «Свекловичная»	Контроль	191,0	–	–
	Потейтин	211,0	20,0	11,0
Брестская область				
Ивановский р-н, СПК «Бакулево»	Контроль	190,0	–	–
	Потейтин	213,0	23,0	12,0
Ивановский р-н, СПК «Достоево»	Контроль	204,0	–	–
	Потейтин	231,0	27,0	13,0
Ивановский р-н, средние по хозяйствам	Контроль	199,0	–	–
	Потейтин	224,0	25,0	12,0

Выращивание льна-долгунца

Лен-долгунец – одна из важнейших технических культур Беларуси. Однако урожайность льна-долгунца и качество волокна недостаточно высоки. Перспективным направлением решения указанной задачи, наряду с широким применением макро- и микроудобрений, прогрессивных технологий возделывания, является использование высокоэффективных регуляторов роста нового поколения, что подтверждено исследованиями белорусских и украинских ученых.

При обработке растений льна регуляторами роста увеличивается урожай и содержание длинного волокна, улучшается качество продукции.

Применение регуляторов роста возможно двумя путями – предпосевной обработкой семян и опрыскиванием растений во время вегетации.

Предпосевную обработку семян регуляторами роста целесообразно объединить с протравливанием семян фунгицидами. Оптимальные дозы внесения Эмистима С или Агростимулина – 10 мл на 1 тонну в 5 л защитно-стимулирующего раствора (таблицы 4.19, 4.20).

Таблица 4.19 – Влияние регуляторов роста на урожай льна-долгунца, сорт К-65 (1996–2000 гг.), БСХА

Вариант опыта	Волокно, ц/га					Крепость КГС	Номер
	Всего			в т.ч. длинные волокна			
	ц/га	прибавка		ц/га	прибавка		
	ц/га	%					
Контроль	13,1	–	–	7,4	–	26	1,67
Эмистим С	15,9	2,7	20,6	9,9	2,5	28	2,0
Агростимулин	15,4	2,3	17,6	9,5	2,1	28	1,92

Таблица 4.20 – Влияние регуляторов роста на урожайность и качество льна

Район, хозяйство	Вариант опыта	Льносоломка		Льносемя		Содержание волокна в тресте		Номер
		урожай, ц/га	прибавка, ц/га	урожай, ц/га	прибавка, ц/га	%	прибавка, %	
Пуховичский район								
СПК «Свислочь»	Контроль	47,5	–	6,7	–	28	–	0,75
	Эмистим С	52,0	4,5	7,8	1,1	29	3,6	1,25
	Агростимулин	53,8	6,3	8,0	1,3	31	10,7	1,25
Дзержинский район								
СПК «Октябрьская революция»	Контроль	40,1	–	6,2	–	27	–	1,00
	Эмистим С	44,0	3,9	6,9	0,7	33	22,2	1,50
	Агростимулин	45,9	5,8	7,1	0,9	33	22,2	1,25

Продолжение таблицы 4.20

Молодечненский район								
СПК «Восход»	Контроль	25,0	–	3,2	–	23	–	0,50
	Эмистим С	28,0	3,0	4,1	0,9	27	17,4	0,75
	Агростимулин	29,0	4,0	4,2	1,0	25	8,7	0,75

Опрыскивание посевов регуляторами роста проводят в фазу елочки. Оптимальные дозы: Эмистима С – 10 мл или Агростимулина – 10 мл в 200 л рабочего раствора на 1 га. Целесообразно проводить опрыскивание посевов одновременно с внесением гербицидов и фунгицидов.

Выращивание кукурузы

Важным резервом повышения урожайности и улучшения качества зерна и зеленой массы кукурузы является применение регуляторов роста путем обработки семян и опрыскивания посевов во время вегетации. Установлено, что после применения регуляторов роста ускоряется рост и развитие корневой системы, листовой поверхности, повышается устойчивость растений кукурузы к высоким температурам и засухе [203].

Предпосевную обработку семян регуляторами роста объединяют с протравливанием семян. На кукурузно-калибровочных заводах применение регуляторов роста включают в общий технологический процесс подготовки семян. Оптимальные дозы внесения регулятора роста Эмистима С составляет: 20 мл на 1 тонну семян в составе защитно-стимулирующих композиций.

Опрыскивание посевов проводят водным раствором регулятора роста в фазе 5-7 листьев при расходе рабочего раствора 200 л/га, оптимальная доза внесения Эмистима С составляет 10 мл/га при возможности объединить с внесением гербицидов (таблица 4.21).

Таблица 4.21 – Влияние регуляторов роста на урожай зеленой массы кукурузы

Район, хозяйство	Вариант опыта	Урожай, ц/га	Прибавка, ц/га	Прибавка, %
Брестская область				
Ивановский р-н, СПК «Снитово-Агро»	Контроль	280,0	–	–
	Эмистим С	309,0	29,0	7,0
Ивановский р-н, СПК «Присельдний»	Контроль	270,0	–	–
	Эмистим С	300,0	30,0	11,0
Ивановский р-н, средние по хозяйствам	Контроль	183,0	–	–
	Эмистим С	210,0	27,0	14,0
Минская область				
Несвижский р-н, Агрокомбинат	Контроль	440,0	–	–
	Эмистим С	474,0	34,0	7,5

Выращивание огурцов

Предпосевное замачивание семян Ивином или Эмистимом С способствует повышению на 5 % – 9 % энергии прорастания и всхожести семян. Ускоряется рост и развитие растений в начальный период: усиливается рост зачаточного корня и боковых побегов, увеличивается площадь листовой поверхности, содержание хлорофилла в листьях, стимулируются физиологические процессы, увеличивается количество женских цветков и завязей. Созревание плодов ускоряется на 2–5 суток. Улучшается качество и товарность продукции: содержание сухого вещества увеличивается на 0,4 % – 0,7 %, витамина С – на 2 % – 10 мг% [203].

Многолетняя опытно-производственная проверка препаратов в научных и производственных учреждениях Украины и других стран на многих сортах огурцов показала прибавку урожая в открытом грунте на 12–71 ц/га (15 % – 62 %). В закрытом грунте препараты дают положительный эффект как в осенне-зимнем, так и в зимне-весеннем культурооборотах на различных самоопыляющихся и партенокарпических сортах. Прибавка урожая огурцов составляет 1,4–5,1 кг/м², при этом выход ранней продукции увеличивается на 15 % – 30 %.

Способ применения:

1. Предпосевная обработка:

– инкрустация семян совместно с пестицидами и пленкообразователем.

Норма расхода на 1 кг семян: 0,02 г Ивина (2 ампулы по 10 мг д. в.) или 1 мл Эмистима С;

– предпосевное замачивание семян на 18–20 часов в рабочем растворе 0,02 г Ивина (2 ампулы по 10 мг д. в.) или 1 мл Эмистима С в 2 л воды на 1 кг семян;

– 0,2 мг Ивина (2 ампулы по 0,1 мг д. в.) в 20 мл воды на 10 г семян.

2. Опрыскивание посевов проводят в фазе 3–4 настоящих листьев повторно одновременно с фитосанитарными обработками (3–4 раза) за вегетацию.

Норма расхода на 1 га: 0,3 г Ивина (3 ампулы по 100 мг д. в.) в 300–400 л воды или Эмистима С – 10 мл в 200–250 л воды.

Выращивание томатов

Обработка семян регуляторами роста Ивином или Эмистимом С способствует повышению на 5 % – 8 % энергии прорастания и полевой всхожести семян, ускорению появления всходов, формированию развитой корневой системы, а также непатогенной микрофлоры в зоне роста корней. Рассада имеет более яркую зеленую окраску листьев за счет активации синтеза хлорофилла, лучше приживается. Обработка растений ускоряет цветение на 2–4 суток, увеличивает количество цветков и завязей, снижает их опадание, ускоряет созревание плодов на 2–7 суток, улучшает их качество: содержание сухого вещества увеличивается на 0,3 % – 0,9 %, витамина С –

на 2,6–4,2 мг%, сахаров – на 0,3 % – 0,6 %, снижается содержание нитратов и ионов тяжелых металлов. Ценным свойством Ивина является его способность повышать устойчивость плодов к травмированию, что уменьшает их повреждение при сборе урожая и транспортировке.

Многолетние опытно-производственные испытания в научных учреждениях и хозяйствах показали, что под действием этих препаратов, как в открытом, так и в закрытом грунте, наблюдается снижение поражаемости томатов фитофторозом, повышается ранний и общий урожай. В зависимости от сорта и условий выращивания прибавка раннего урожая составляет 11 % – 30 %, общего – 20 % – 35 % (35–160 ц/га). В закрытом грунте с 1 м² в среднем дополнительно получают по 2,7–5,3 кг плодов.

За последние 10 лет в ряде хозяйств Киевской области при применении Ивина и Эмистима С прибавка урожая в полевых условиях составляла 35–88 ц/га (20 % – 30 %), в закрытом грунте агрокомбината «Пуца-Водица» урожай был на 14 % – 33 % выше контроля.

Способ применения:

1. Предпосевная обработка:

– инкрустация семян совместно с пестицидами и пленкообразователем при норме на 1 кг семян: 0,01 г Ивина (1 ампула по 10 мг д. в.) или 1 мл Эмистима С;

– предпосевное замачивание семян на 18–20 часов в рабочем растворе: 0,01 г Ивина (1 ампула 10 мг д. в.) в 2 л воды на 1 кг семян или на 8 часов в растворе Эмистима С – 1 мл в 2 л воды на 1 кг семян;

– 1 мг Ивина (1 ампула 0,1 мг д. в.) в 20 мл воды на 10 г семян.

2. Опрыскивание посевов проводят в фазе 3-4 настоящих листьев, повторно – перед высадкой рассады в грунт и в фазе бутонизации.

Норма расхода: смесь 100 мг Ивина (1 ампула 5 мл) и 3 мл Эмистима С в 300–350 л воды на 1 га или 5 мл Эмистима С в том же объеме воды на 1 га. При совместном применении Ивина и Эмистима С прибавка урожая томатов в теплицах составляет 3,8–4,5 кг/м².

Регуляторы роста целесообразно вносить совместно со средствами защиты при обработках растений против фитофтороза и колорадского жука.

Выращивание капусты

Предпосевное замачивание в растворе Ивина или инкрустация семян препаратом вместе со средствами защиты способствует повышению энергии прорастания и всхожести на 5 % – 7 %, стимулирует рост проростков, повышает устойчивость растений к болезням, улучшает качество плодов: увеличивает содержание сахара, витамина С, повышает урожай на 15 % – 30 % (30–50 ц/га). Стабильные результаты получены в хозяйствах Киевской, Черкасской, Полтавской и Хмельницкой областей при использовании Ивина совместно с Эмистимом С для опрыскивания

посевов. На сортах Новинка, Харьковская, Дымерская в среднем дополнительный урожай капусты составлял 31–55 ц/га (15 % – 30 %).

Способ применения:

– семена замачивают на 8–12 часов в растворе 0,01 г Ивина (1 ампула 10 мг д. в.) в 2 л воды на 1 кг семян и после подсушивания высевают в грунт;

– рассаду капусты опрыскивают раствором Ивина (1 ампула 10 мг д. в.) или Эмистима С (1 ампула, 1 мл) в 10 л воды;

– растения капусты опрыскивают рабочим раствором в фазе 3-4 листков раствором, содержащим 100 мг д. в. Ивина (1 ампула 5 мл) и 5 мл Эмистима С в 300 л воды на 1 га, повторно – через 10–14 суток после высадки рассады в грунт.

Выращивание перца сладкого

Предпосевная обработка семян и опрыскивание посевов Ивином или Эмистимом С способствует повышению полевой всхожести на 10–25 %, лучшей приживаемости растений, уменьшению поражаемости болезнями. Улучшается качество рассады: она имеет лучше развитую корневую систему, более интенсивную окраску листьев. Препараты стимулируют закладку большего количества цветков и завязей, ускоряют на 6–8 суток созревание плодов и на 20 % – 30 % увеличивают урожайность. Производственные испытания в хозяйствах Киевской области показали, что использование Ивина и Эмистима С при обработке семян и при опрыскивании посевов обеспечивает прибавку урожая на 26–33 ц/га (24 % – 31 %).

Способ применения:

1. Предпосевная обработка:

– инкрустация семян совместно с пестицидами при расходе на 1 кг семян 0,01 г Ивина (1 ампула по 10 мг д. в.) или 1 мл Эмистима С;

– семена после обработки 1 % раствором перманганата калия замачивают на 18–20 часов в растворе Ивина или на 8 часов в растворе Эмистима С при расходе на 1 кг семян 0,01 г Ивина (1 ампула – 10 мг д. в.) или 1 мл Эмистима С в 2 л рабочего раствора. Семена после замачивания подсушивают и высевают в грунт;

– при использовании Ивина для обработки семян на приусадебных участках 1 ампулу (0,1 мг д. в.) растворяют в 20 мл воды и замачивают в этом растворе 10 г семян.

2. Опрыскивание посевов:

– растения опрыскивают водным раствором препаратов: Ивином в фазе 3–4 настоящих листков или перед высадкой рассады в грунт, повторно – перед цветением, Эмистимом С – перед началом цветения или одновременно с проведением фитосанитарных обработок против болезней.

Норма расхода на 1 га: 250–350 л рабочего раствора, содержащего 0,3 г Ивина (3 ампулы по 100 мг д. в.) и 5 мл Эмистима С.

Выращивание моркови

Предпосевная обработка Ивином на 10 % – 13 % повышает энергию прорастания и полевую всхожесть семян, ускоряет появление дружных всходов, стимулирует рост и развитие растений, увеличивает площадь листовой поверхности, что способствует формированию большего корнеплода. Препарат ускоряет созревание, увеличивает выход стандартных корнеплодов, повышает урожай на 35–50 ц/га (19 % – 27 %).

Производственные испытания в хозяйствах Киевской области показали, что наиболее эффективным является использование Ивина для замачивания семян и опрыскивание посевов совместно с Эмистимом С в фазе 3–4 листков и одновременно с проведением фитосанитарных обработок посевов. Прибавка урожая в зависимости от сорта и условий выращивания составляет 35–60 ц/га. Препараты способствуют повышению устойчивости растений к болезням.

Способ применения:

– семена замачивают на 18–20 часов в растворе 5 мг д. в. Ивина (половину содержимого ампулы 10 мг д. в.) в 2 л воды на 1 кг семян и после подсушивания высевают в грунт;

– растения опрыскивают в фазе 3–4 листков рабочим раствором, содержащим 100 мг Ивина (1 ампула по 100 мг д. в.) и 5 мл Эмистима С в 300–350 л воды на 1 га посевов.

Результаты исследований и производственная проверка свидетельствует о том, что применение регуляторов роста растений в земледелии является одним из наиболее доступных и высококорентабельных агроприемов для улучшения качества продукции и повышения урожайности основных сельскохозяйственных культур.

Исследования ученых показали, что наибольшая эффективность действия регуляторов роста достигается при двукратном внесении – предпосевной обработке семян и опрыскивании посевов с соблюдением вышеуказанных технологий. Совместное применение регуляторов роста с пестицидами и протравителями позволяет уменьшить нормы применения последних без снижения защитного эффекта, а также снижает вредное действие пестицидов, особенно на начальный рост растений. За счет повышения энергии прорастания и полевой всхожести, повышения степени перезимовки и лучшего кущения имеется реальная возможность сэкономить до 15 % посевного материала. Внесение препаратов не требует дополнительных затрат, вписывается в существующие агроприемы и позволяет улучшить качество зерна по содержанию белка и клейковины, повысить урожайность, усилить устойчивость растений к полеганиям, стрессовым факторам, повреждениям бурой ржавчиной, корневыми гнилями и другими болезнями [203].

Использование регуляторов роста позволило хозяйствам повысить урожайность по зерновым культурам в среднем на 3–3,5 ц/га, по сахарной

свекле – на 25 ц/га, по картофелю – на 22 ц/га, урожайность льносоломки возросла в среднем на 3,5 ц/га, урожайность льносемени – на 1,1 ц/га, содержание волокна в тресте возросло на 10 % – 15 % [203].

Применение регуляторов роста Эмистима С, Агростимулина и Бетастимулина экономически эффективно. Так, в среднем при затратах на обработку регуляторами 1 га зерновых в размере 10 тыс. рублей получено дополнительного урожая на 65 тыс. рублей, по сахарной свекле – 20 тыс. рублей к 175 тыс. рублей, по картофелю – 10 тыс. рублей к 200 тыс. рублей, по льну – 12 тыс. руб. к 75 тыс. рублей [203].

Значение удобрений в увеличении урожайности сельскохозяйственных культур, повышении и сохранении плодородия почв доказано многочисленными опытами и подтверждено практикой мирового земледелия [204–205].

МГТУ им. И. П. Шамякина

ГЛАВА 5

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Большое внимание при лесовыращивании уделяется определению экономической эффективности. Экономическая эффективность при выращивании лесопосадочного материала имеет свои особенности, как и определяемая эффективность при создании лесных культур различными методами [206, 207].

В практике ведения питомнического хозяйства необходимо учитывать и экономическую эффективность. Под экономической эффективностью выращивания посадочного материала понимают отношение стоимости выращивания стандартных семян 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 семян с единицы площади. Вместе с тем, увеличиваются затраты на новые технологии выращивания посадочного материала.

Экономический эффект от использования дражированных семян 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 семян 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 семян 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 семян.

Сравнительная экономическая эффективность показывает, насколько один вариант агротехники выращивания посадочного материала эффективнее

другого. В издержки вариантов И₀, И₁ 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 высева 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 дражированных семян норма высева уменьшается до 42 кг/га.

Дополнительные затраты на получение инкрустированных и дражированных гранул для их высева на 1 га с учетом материалов (органоминеральная смесь, целевые добавки, композиционное полимерное связующее) составляют: масса органоминеральной смеси – 617 кг, масса 3-4%-ного водного раствора полимера составляет 411 кг, масса семян – 32 кг. Итого: 1060 кг. Стоимость 617 кг органоминеральной смеси составляет 185,1 тыс. бел. руб. Стоимость 411 кг 3-4%-ного водного раствора полимера не превышает 40,0 тыс. бел. руб.

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 (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 и более га) 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 выращивание 1 тыс. 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.

Все расчеты по экономической оценке вариантов использования результатов НИОКР и ОТР выполняются с учетом количества выращиваемого посадочного материала с единицы площади и времени его выращивания. Стоимость сеянцев и саженцев рассчитывается по действующим оптовым ценам. Себестоимость выращивания и реализации посадочного материала определяется в соответствии с нормативами.

Сравнительная экономическая эффективность прогнозной и базовой технологии выращивания посадочного материала определяется на основе показателей рентабельности:

$$P = \left(\frac{P_i}{C_i} \right) - 100,$$

где P – показатель рентабельности;

P_i – прибыль от реализации посадочного материала по i -тому варианту;

C_i – полная себестоимость выращивания посадочного материала по i -тому варианту.

После сравнения выбирается вариант, который обеспечивает плановый выход и более высокую рентабельность посадочного материала.

Для определения экономической эффективности выращивания лесопосадочного материала ниже приводим нормативы выхода стандартных сеянцев древесных и кустарниковых пород в лесных питомниках Беларуси и средний выход стандартных сеянцев с 1 пог. м посевной строчки (таблицы 5.1, 5.2).

Таблица 5.1 – Нормативы выхода стандартных сеянцев древесных и кустарниковых пород в лесных питомниках Беларуси

Древесные и кустарниковые породы	Выход стандартных сеянцев, тыс. шт./га
Акация белая	650
Акация желтая	1000
Бархат амурский	800
Бересклет бородавчатый	500
Бересклет европейский	550
Береза бородавчатая (пушистая)	800
Бузина красная и черная	800

Продолжение таблицы 5.1

Граб	800
Груша лесная	500
Дуб красный	600
Дуб черешчатый	600
Ель обыкновенная	1800
Жимолость	1800
Ильмовые	700
Калина	700
Клен остролистный	600
Клен ясенелистный	900
Липа мелколистная	600
Лиственница	1000
Лещина	550
Ольха черная	400
Орехи (грецкий, серый и другие)	400
Рябина	800
Сирень обыкновенная	700
Сосна обыкновенная	2200
Сосна веймутова	1800
Тополь	600
Черемуха	700
Шелковица	800
Яблоня	500
Ясень обыкновенный	800
Ясень зеленый, пушистый	1000

Таблица 5.2 – Средний выход стандартных семян с одного метра посевной строчки

Древесные и кустарниковые породы	Выход стандартных семян, шт.	
	однолетних	двулетних
Акация желтая	45	35
Бархат амурский	30	25
Береза	35	20
Бересклет	25	20
Груша	30	25
Дуб	20	18
Ель	80	70
Жимолость	40	25
Ильмовые	25	20
Клен остролистный	25	20
Калина	30	25
Лещина	20	16
Липа	20	18
Лиственница	80	70

Продолжение таблицы 5.2

Орех маньчжурский	10	7
Рябина	30	25
Сосна	70	60
Ясень	25	20

Эффективность применения фунгицида Mirage определяли по проценту ингибирования роста колоний по формуле Эббота:

$$T = (D_k - D_o) / D_k \times 100 \%,$$

где T – ингибирование роста по сравнению с контролем, %;

D_к – диаметр колонии в контроле, мм;

D_о – диаметр колонии в опыте, мм.

В результате проведенных учетов установлено, что испытываемый препарат Mirage 450 на 5 сутки после обработки на 100 % ингибировал рост: белой гнили (*Mycogone perniciosa Magn*) при диаметре колонии в контроле 21,8 мм, сухой гнили (*Verticillium malthousei Ware*) при диаметре колонии в контроле 26,8 мм, бурой пятнистости (*Pseudomonas tolaasii Paine*) при диаметре колонии в контроле 54,0 мм, фузариозного увядания (*Fusarium*) при диаметре колонии в контроле 9,3 мм. На 10-15 сутки после обработки Mirage 450 ингибирование роста колоний белой гнили (*Mycogone perniciosa Magn*), сухой гнили (*Verticillium malthousei Ware*), бурой пятнистости (*Pseudomonas tolaasii Paine*), фузариозного увядания (*Fusarium*) сохранялось на 100 % (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Ингибирование роста колоний бактерий и рост мицелия грибов в вариантах опыта (лабораторный опыт, 2015 г.)

Вариант опыта	<i>Mycogone perniciosa Magn</i>		<i>Verticillium malthousei Ware</i>		<i>Pseudomonas tolaasii Paine</i>		<i>Fusarium</i>	
	d, мм	T, %	d, мм	T, %	d, мм	T, %	d, мм	T, %
5-е сутки после обработки								
Контроль	21,8	–	26,8	–	54,0	–	9,3	–
Фунгицид Mirage 450 с нормой расхода 0,08 л/м ²	0	100	0	100	0	100	0	100
10-е сутки после обработки								
Контроль	35,7	–	60,3	–	90,2	–	13,0	–
Фунгицид Mirage 450 с нормой расхода 0,08 л/м ²	0	100	0	100	0	100	0	100

Продолжение таблицы 5.3

15-е сутки после обработки								
Контроль	62,3	–	90,0	–	90,5	–	17,5	–
Фунгицид Mirage 450 с нормой расхода 0,08 л/м ²	0	100	0	100	0	100	0	100

Примечание – d – диаметр колоний гриба, мм; Т – ингибирование колоний гриба по сравнению с контролем, %.

Установлено, что применение фунгицида Mirage 450 с нормой расхода 0,08 л/м² оказало положительное влияние на увеличение содержания в шампиньонах в среднем за две волны сырого белка на 0,3 %, сырого жира на 0,10 %, углеводов на 0,4 % (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Влияние применения фунгицида Mirage 450 на изменение качества шампиньонов. Производственный опыт СООО «Бонше», 2015 г.

Вариант опыта	Содержание в шампиньонах, %		
	сырого белка	сырого жира	углеводов
1 волна (12–17.04.2015 г.)			
Полив водой в дозе 1 л/м ² (без применения средства защиты растений)	6,4	0,51	2,9
Обработка фунгицидом Mirage 450 с нормой расхода 0,08 л/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	6,7	0,62	3,4
2 волна (22–24.04.2015 г.)			
Полив водой в дозе 1 л/м ² (без применения средства защиты растений)	5,8	0,47	2,7
Обработка фунгицидом Mirage 450 с нормой расхода 0,08 л/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	6,1	0,56	3,0
Среднее содержание за 1–2 волны			
Полив водой в дозе 1 л/м ² (без применения средства защиты растений)	6,1	0,49	2,8
Обработка фунгицидом Mirage 450 с нормой расхода 0,08 л/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	6,4	0,59	3,2

Оценка хозяйственной эффективности средства защиты растений: при используемой на СООО «Бонше» голландской технологии выращивания шампиньонов на контрольном варианте за две волны получена урожайность на уровне 19,1 кг/м². Применение фунгицида Mirage 450 увеличило урожайность шампиньонов на 3,3 кг/м², прибавка по сравнению с контролем составляет 17,3 % (таблица 5.5).

Таблица 5.5 – Влияние применения фунгицида Mirage 450 на урожайность шампиньонов. Производственный опыт СООО «Бонше», 2015 г.

Вариант опыта	Урожайность шампиньонов, кг/м ²				
	I	II	III	IV	среднее
1 волна (12–17.04.2015 г.)					
Полив водой в дозе 1 л/м ² (без применения средства защиты растений)	12,3	11,9	12,1	11,7	12,0
Обработка фунгицидом Mirage 450 с нормой расхода 0,08 л/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	13,5	13,8	14,2	13,7	13,8
НСР _{0,05} Р, %	0,75 1,29				
2 волна (22–24.04.2015 г.)					
Полив водой в дозе 1 л/м ² (без применения средства защиты растений)	6,8	7,3	7,4	6,9	7,1
Обработка фунгицидом Mirage 450 с нормой расхода 0,08 л/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	8,9	8,5	8,3	8,7	8,6
НСР _{0,05} Р, %	1,01 2,85				
Сумма за 1–2 волны					
Полив водой в дозе 1 л/м ² (без применения средства защиты растений)	19,1	19,2	19,5	18,6	19,1
Обработка фунгицидом Mirage 450 с нормой расхода 0,08 л/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	22,4	22,3	22,5	22,4	22,4
НСР _{0,05} Р, %	1,76 4,61				

Биологическую эффективность применения инсектицида Циромекс определяли по проценту снижения численности вредителей по отношению к контролю по следующей формуле:

$$БЭ = (Чк - Чо) / Чк \times 100 \%;$$

где БЭ – биологическая эффективность по сравнению с контролем, %;

Чк – количество вредителей в контроле, шт.;

Чо – количество вредителей в опыте, шт.

В результате проведенных учетов установлено, что через 14 дней после обработки эталонный препарат Арриво с нормой расхода 0,5 мл/м² оказал 100 %-ую биологическую эффективность защиты шампиньонов от вредителей. Испытываемый препарат Циромекс с нормой расхода 3,0 г/м² показал высокую биологическую эффективность: 94,1 % от грибных

комариков (*Lycoriella solani*, Winn.) при их численности на контроле 17 шт., 90,9 % от мух-горбатов (*Megaselia agarici* Linther) при их численности на контроле 11 шт., 92,8 % от галиц (*Mycophila speyery*) при их численности на контроле 14 шт. (таблица 5.6).

Через 21 день после обработки инсектицидом Циромекс биологическая эффективность испытуемого препарата по сравнению с контролем несколько снизилась: до 90,3 % от грибных комариков (*Lycoriella solani*, Winn.) при увеличении их численности на контроле до 31 шт., до 89,4 % от мух-горбатов (*Megaselia agarici* Linther) при увеличении их численности на контроле до 19 шт., до 83,3 % от галиц (*Mycophila speyery*) при увеличении их численности на контроле до 24 шт. В то же время действие испытуемого препарата Циромекс на изменение численности вредителей находилось в пределах ошибки опыта по отношению к эталонному препарату Арриво.

Таблица 5.6 – Количество и видовой состав энтомофауны шампиньонницы в вариантах опыта. Производственный опыт СООО «Бонше», 2019 г.

Вариант опыта	Грибные комарики (<i>Lycoriella solani</i> , Winn.)		Мухи-горбатки (<i>Megaselia agarici</i> Linther)		Галицы (<i>Mycophila speyery</i>)	
	шт. на 100 см ²	БЭ, %	шт. на 100 см ²	БЭ, %	шт. на 100 см ²	БЭ, %
Через 14 дней после обработки						
Контроль (полив водой 1 л/м ²)	17	–	11	–	14	–
Арриво, КЭ (циперметрин 250 г/л) с нормой расхода 0,5 мл/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	0	100	0	100	0	100
Циромекс, П (циромазин 15 %) с нормой расхода 1,5 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	4	76,4	2	81,8	3	78,5
Циромекс, П (циромазин 15 %) с нормой расхода 3,0 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	1	94,1	1	90,9	1	92,8
НСР ₀₅	0,85	–	0,55	–	0,70	–

Продолжение таблицы 5.6

Через 21 день после обработки						
Контроль (полив водой 1 л/м ²)	31	–	19	–	24	–
Арриво, КЭ (циперметрин 250 г/л) с нормой расхода 0,5 мл/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	2	93,5	2	89,4	3	90,5
Циромекс, П (циромазин 15 %) с нормой расхода 1,5 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	17	45,1	10	47,3	12	61,9
Циромекс, П (циромазин 15 %) с нормой расхода 3,0 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	3	90,3	2	89,4	4	83,3
НСР ₀₅	1,55		0,95		1,20	

Примечание – БЭ – биологическая эффективность препарата по сравнению с контролем, %.

В среднем за две волны содержание сырого белка в шампиньонах составило 5,2 % – 5,3 %, сырого жира – 0,60 % – 0,63 %, углеводов – 3,2 % – 3,3 % (таблица 5.7).

Таблица 5.7 – Влияние применения инсектицида Циромекс на изменение качества шампиньонов. Производственный опыт СООО «Бонше», 2019 г.

Вариант опыта	Содержание в шампиньонах, %		
	сырого белка	сырого жира	углеводов
1 волна (13–18.01.2019 г.) 15			
Контроль (полив водой 1 л/м ²)	5,1	0,59	3,3
Арриво, КЭ (циперметрин 250 г/л) с нормой расхода 0,5 мл/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	5,3	0,61	3,1
Циромекс, П (циромазин 15 %) с нормой расхода 1,5 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	5,3	0,63	3,4
Циромекс, П (циромазин 15 %) с нормой расхода 3,0 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	5,2	0,60	3,2

Продолжение таблицы 5.7

2 волна (23–25.01.2019 г.) 21			
Контроль (полив водой 1 л/м ²)	5,3	0,6	3,0
Арриво, КЭ (циперметрин 250 г/л) с нормой расхода 0,5 мл/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	5,2	0,62	3,2
Циромекс, П (циромазин 15 %) с нормой расхода 1,5 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	5,3	0,63	3,2
Циромекс, П (циромазин 15 %) с нормой расхода 3,0 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	5,2	0,61	3,1
Среднее содержание за 1–2 волны			
Контроль (полив водой 1 л/м ²)	5,2	0,60	3,2
Арриво, КЭ (циперметрин 250 г/л) с нормой расхода 0,5 мл/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	5,3	0,62	3,2
Циромекс, П (циромазин 15 %) с нормой расхода 1,5 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	5,3	0,63	3,3
Циромекс, П (циромазин 15 %) с нормой расхода 3,0 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	5,2	0,61	3,2

Оценка хозяйственной эффективности средства защиты растений: при используемой на СООО «Бонше» голландской технологии выращивания шампиньонов на контрольном варианте за две волны получена урожайность на уровне 26,8 кг/м². Применение инсектицида Циромекс увеличило урожайность шампиньонов на 4,0 кг/м², прибавка по сравнению с контролем составляет 14,8 % (таблица 5.8).

Таблица 5.8 – Влияние применения инсектицида Циромекс на урожайность шампиньонов. Производственный опыт СООО «Бонше», 2019 г.

Вариант опыта	Урожайность шампиньонов, кг/м ²				
	I	II	III	IV	среднее
1 волна (12–17.04.2015 г.)					
Контроль (полив водой 1 л/м ²)	18,8	17,9	18,6	19,4	18,7
Арриво, КЭ (циперметрин 250 г/л) с нормой расхода 0,5 мл/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	17,0	16,2	16,8	17,5	16,9
Циромекс, П (циромазин 15 %) с нормой расхода 1,5 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	18,8	17,8	18,5	19,3	18,6

Продолжение таблицы 5.8

Циромекс, П (<i>циромазин 15 %</i>) с нормой расхода 3,0 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	18,8	17,9	18,6	19,4	18,7
НСР _{0,05} Р, %			0,09 0,15		
2 волна (22–24.04.2015 г.)					
Контроль (полив водой 1 л/м ²)	11,7	10,6	9,8	10,2	10,6
Арриво, КЭ (<i>циперметрин 250 г/л</i>) с нормой расхода 0,5 мл/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	13,5	12,3	11,3	11,8	12,2
Циромекс, П (<i>циромазин 15 %</i>) с нормой расхода 1,5 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	12,2	11,1	10,2	10,7	11,1
Циромекс, П (<i>циромазин 15 %</i>) с нормой расхода 3,0 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	13,5	12,2	11,3	11,7	12,2
НСР _{0,05} Р, %			0,14 0,38		
Сумма за 1–2 волны					
Контроль (полив водой 1 л/м ²)	28,0	26,1	25,9	27,0	26,8
Арриво, КЭ (<i>циперметрин 250 г/л</i>) с нормой расхода 0,5 мл/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	32,4	30,2	30,0	31,2	30,9
Циромекс, П (<i>циромазин 15 %</i>) с нормой расхода 1,5 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	29,2	27,2	27,0	28,2	27,9
Циромекс, П (<i>циромазин 15 %</i>) с нормой расхода 3,0 г/м ² (норма расхода рабочей жидкости 1 л/м ²)	32,2	30,0	29,8	31,1	30,8
НСР _{0,05} Р, %			0,14 0,15		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для условий Беларуси проведены комплексные исследования по выращиванию посадочного материала лесных и сельскохозяйственных растений и научно обоснованы технологии использования органоминеральных удобрений и регуляторов роста для выращивания посадочного материала.

Для повышения содержания гумуса в почве важную роль играют органические удобрения и регуляторы роста. Применение органоминеральных удобрений и регуляторов роста в лесных питомниках является важным звеном в повышении плодородия дерново-подзолистых почв при выращивании стандартных сеянцев. Интенсификация выращивания лесных пород за счет внесения органоминеральных удобрений и использования регуляторов роста способствует не только повышению плодородия лесных почв элементами питания, но и обогащению ее полезными микроорганизмами, которые стимулируют микоризообразование на корневых системах сеянцев лесных пород. Комплексное применение разработанных органоминеральных удобрений совместно с регуляторами роста растений способствует повышению грунтовой всхожести желудей на 28 % и увеличению выхода стандартных сеянцев дуба черешчатого на 26 % по сравнению с контрольным вариантом опыта.

Впервые разработана технология получения органоминеральных 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; рН KCl – 5,5–6,0; содержание общего азота в абс. сухой массе – 1,5 % – 2,0 %; общего фосфора – 1,3 % – 1,7 % и общего калия – 0,5 % – 0,7 %.

На композицию получения органоминеральных удобрений подана заявка от 14.12.2020 г. на патент «Состав для получения компоста на основе древесной коры» (В.В. Копытков, А.А. Кулик, В.Г. Майсюк, Г.В. Переход, В.В. Савченко.) и 21.04.2022 г. получено решение о выдаче патента на изобретение.

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.

В результате проведенных исследований разработана система мер по интенсификации выращивания микоризных сеянцев дуба черешчатого

с применением компостов. Установлена степень разложения компостов с целевыми добавками, что позволило определить время их готовности (4–5 месяцев). Введение в субстраты целевых добавок в виде куриного помета способствовало более быстрому созреванию компостов. Выявлены оптимальные составы компостов на основе древесных опилок с целевыми добавками в виде отходов грибного производства, куриного помета и микробиологического препарата Экобактер-терра.

При выращивании сеянцев 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.

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 подана заявка от 21.10.2020 г. на патент «Способ посева желудей в контейнеры при выращивании сеянцев дуба черешчатого с закрытой корневой системой» (В.В. Копытков, Н.А. Ламан, М.В. Сущевский, С.И. Хвойницкий, В.В. Савченко.) и 27.05.2022 г. получено решение о выдаче патента на изобретение.

Для улучшения качества покрытий композиционного материала на поверхности корневой системы сеянцев дуба черешчатого за счет получения более гомогенного состава проведены исследования по изучению условной вязкости состава на основе NaКМЦ и целевых добавок в виде

гуаровой камеди и сульфата меди. При увеличении концентрации гуаровой камеди до 0,7 мас.% условная вязкость композиционного полимерного состава составила 190 с и превысила оптимальный показатель на 12 % – 14 %. При снижении концентрации гуаровой камеди до 0,3 мас.% условная вязкость снизилась до 140 с. При использовании целевой добавки сульфата меди 0,003 мас.% и 0,007 мас.% условная вязкость композиционного материала изменилась и составила 140 и 190 с соответственно.

Оптимальная полимерная композиция для защиты корневой системы сеянцев дуба черешчатого состоит из натрийкарбоксилметилцеллюлозы 3,5 мас.%, а в качестве целевых добавок содержит гуаровую камедь – 0,5 мас.%, сульфат меди – 0,005 мас.% и субстрат сапропелевый – 0,5 мас.%.

Разработан новый композиционный материал для защиты корневых систем сеянцев лесных пород на основе водорастворимого полимера и целевых добавок с оптимальным значением рН=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 КМ 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 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 прироста в высоту на 15 % – 20 %.

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.

Нами впервые проведены исследования по использованию пяти фунгицидов для выращивания грибов, и они внесены в реестр государственной регистрации Республики Беларусь для широкого их применения.

Установлено, что применение фунгицида Mirage 450 с нормой расхода 0,08 л/м² оказало положительное влияние на увеличение содержания в шампиньонах в среднем за две волны сырого белка на 0,3 %, сырого жира на 0,10 %, углеводов на 0,4 %.

При используемой на СООО «Бонше» голландской технологии выращивания шампиньонов на контрольном варианте за две волны получена урожайность на уровне 19,1 кг/м². Применение фунгицида Mirage 450

увеличило урожайность шампиньонов на 3,3 кг/м², прибавка по сравнению с контролем составляет 17,3 %.

Показана достаточно высокая эффективность фунгицида Mirage 450 против комплекса грибных и бактериальных заболеваний шампиньонов. Эффективность испытываемого препарата в ингибировании роста патогенов составила 100 %. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о высокой хозяйственной эффективности применения фунгицида Mirage 450 при выращивании шампиньонов (получена урожайность 22,4 кг/м², прибавка по сравнению с контролем 3,3 кг/м² – 17,3 %).

Показана достаточно высокая эффективность применения дезинфектора Armex 5 в сочетании с активатором дезинфектора Mexacid против комплекса грибных и бактериальных заболеваний шампиньонов. Эффективность испытываемого препарата в ингибировании роста колоний белой гнили (*Mycogone perniciosa* Magn), сухой гнили (*Verticillium dahliae* Ware), фузариозного увядания (*Fusarium*) составила 100 %.

Установлено, что применение дезинфектора Armex 5 в сочетании с активатором дезинфектора Mexacid оказало положительное влияние на увеличение содержания в шампиньонах в среднем за три волны сырого белка на 0,1 %, сырого жира на 0,02 %, углеводов на 0,1 %.

При используемой на СООО «Бонше» голландской технологии выращивания шампиньонов на контрольном варианте за три волны получена урожайность на уровне 20,8 кг/м². Применение дезинфектора Armex 5 в сочетании с активатором дезинфектора Mexacid увеличило урожайность шампиньонов на 11,2 кг/м², прибавка по сравнению с контролем составляет 53,8 %.

В связи с высокой эффективностью применения средств защиты растений Mirage 450 и Armex 5 + Mexacid при выращивании шампиньонов они внесены в реестр государственной регистрации Республики Беларусь.

Разработан регламент применения испытываемых средств защиты растений при выращивании шампиньонов, обеспечивающих наибольшую эффективность и безопасность для здоровья людей и окружающей среды.

Впервые показано, что комплексное применение разработанных органоминеральных удобрений совместно с регуляторами роста растений способствует повышению грунтовой всхожести желудей на 60 % и увеличению выхода стандартных семян дуба черешчатого на 62 % по сравнению с контрольным вариантом опыта.

Таким образом, обнаружен синергизм совместного влияния указанных факторов на биометрические показатели семян дуба черешчатого. Исследования в этом перспективном направлении по широкой номенклатуре различных растений будут нами продолжены.

БЛАГОДАРНОСТИ

Написание данной монографии осуществлено благодаря творческому коллективу единомышленников, которые с 2014 года проводили научные исследования по получению и применению органоминеральных удобрений и регуляторов роста растений для выращивания лесных и сельскохозяйственных культур. На протяжении всего этого пути мы ощущали поддержку и понимание правильности выбора направления исследований нашего редактора, доктора технических наук, профессора, члена-корреспондента НАН Беларуси Юрия Михайловича Плескачевского, который взял на себя труд по творческой доработке рукописи перед сдачей в печать, за что мы ему очень благодарны.

Значительную часть работы по литературному обзору первоисточников, оформлению иллюстраций и набору текста выполнили научный сотрудник сектора биорегуляции выращивания лесопосадочного материала Института леса НАН Беларуси Ольга Владимировна Кондратенко и аспирант этого же сектора Виталий Викторович Савченко. Премного благодарны им за терпение и неоднократную переработку рукописных материалов.

Очень благодарны председателю Научного совета Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований академику Сергею Васильевичу Гапоненко и начальнику отдела зарубежных связей и информационного обеспечения Елене Тихоновне Титовой за поддержку нашего сотрудничества с учеными и специалистами Монгольской Народной Республики и Республики Казахстан по проведению научно-исследовательских работ и разработке технологий получения и применения композиционных полимерных составов для защиты корневых систем семян лесных пород от иссушения с целью продления периода посадки леса.

Особые слова искренней благодарности директорам, главным лесничим, начальникам питомников и специалистам лесхозов: Кобринского опытного лесхоза Брестского ГПЛХО (Ольге Григорьевне Остапук, Борису Александровичу Рябоконт, Елене Васильевне Михальчук, Светлане Алексеевне Назарук); Осиповичского опытного лесхоза Могилевского ГПЛХО (Андрею Ивановичу Сороке, Алле Николаевне Кононовой, Виктору Степановичу Артемчику); Мозырского опытного лесхоза Гомельского ГПЛХО (Андрею Константиновичу Марачковскому, Григорию Григорьевичу Коноплич, Олесе Игоревне Силич, Надежде Александровне Гадлевской); Буда-Кошелевского опытного лесхоза Гомельского ГПЛХО (Сергею Николаевичу Лозко, Ольге Ивановне Горбачевской); Щучинского лесхоза Гродненского ГПЛХО (Сергею Иосифовичу Хвойницкому, Александру Михайловичу Трахимчику); Ивацевичского лесхоза Брестского ГПЛХО (Викентию Станиславовичу Койпашу, Роману Леонтьевичу Метечко); Корневской экспериментальной лесной базы Института леса НАН Беларуси (Артему Сергеевичу Разумову, Виктории Николаевне Мартыненко).

Особую благодарность выражаем директору Общества с дополнительной ответственностью «Агросемпродукт» Владимиру Геннадьевичу Майсюку и коммерческому директору данного предприятия Владимиру Иосифовичу Кузьмичу, а также директору совместного общества с ограниченной ответственностью «Адоб-Агро» Григорию Васильевичу Переходу за разностороннюю поддержку научных исследований по получению органоминеральных удобрений и их использованию при выращивании лесных древесных пород.

Отдельная благодарность от авторов директору общества с дополнительной ответственностью «Бонше» Вячеславу Валерьевичу Турбину за активное и результативное совместное сотрудничество в проведении научных исследований при выращивании шампиньонов.

Выражаем благодарность директору иностранного общества с ограниченной ответственностью «Валбрента кемикалс» Роману Викторовичу Козко и главному технологу данного предприятия Виталию Сергеевичу Стельмаху за предоставленные модифицированные микробиологические препараты Экобактер и Экобактер-терра для проведения лабораторных и полевых исследований, а также за активное участие в закладке опытно-производственного объекта по получению новых органоминеральных удобрений в постоянном лесном питомнике Мозырского опытного лесхоза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СООО «Бонше» – резидент СЭЗ «Брест» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bonshe.by/>. – Дата доступа: 08.07.2015.
2. Морозов, А.И. Выращивание шампиньонов / А.И. Морозов. – М. : АСТ ; Сталкер, 2001. – 48 с.
3. Билай, В. Грибной бизнес в Австралии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ovoshevodstvo.com/journal/browse/102009/article/151/. – Дата доступа: 07.07.2015.
4. Хренов, А.В. World Food / А.В. Хренов // Школа грибоводства. – 2010. – № 5. – С. 10.
5. Хренов, А.В. Колонка редактора / А.В. Хренов // Школа грибоводства. – 2010. – № 5. – С. 2.
6. Дудка, И.А. Культивирование съедобных грибов / И.А. Дудка, Н.А. Бисько, В.П. Билай. – Киев : Урожай, 1992. – 158 с.
7. Морозов, А.И. Лекарственные грибы / А.И. Морозов. – М. : Издательство АСТ, 2003. – С. 207.
8. Ранчева, Ц. Интенсивное производство шампиньонов / Ц. Ранчева. – М., 1990. – 191 с.
9. Сычев, П.А. Развитие грибоводства в Донбассе. Научно-методические основы / П.А. Сычев [и др.] // Материалы II Междунар. конф. «Методологические основы познания биологических особенностей грибов- продуцентов физиологически активных соединений и пищевых продуктов». – Донецк, 2002. – С. 67–70.
10. Fletcher, J.T. Mushrooms: Pest and disease control (2 ND edition) / J.T. Fletcher, P.F. White, R.H. Gaze, 1989. – 174 p.
11. Способы профилактики и лечения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gribnikk.tk/publ/vyrashhivanie_gribov_v_domashnikh_usloviyakh/osobennosti_ukhoda/profilaktika_boleznej_gribov/33-1-0-500. – Дата доступа 08.07.2015.
12. Дудка, И.А. Грибы : справочник миколога и грибника / И.А. Дудка, С.П. Вассер. – Киев : Наукова думка, 1987. – 535 с.
13. Вредители шампиньонов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gribnoybiz.ru/content/view/274/>. – Дата доступа: 08.07.2015.
14. Калмыков, Г.С. Особенности плодородия осваиваемых торфяно-болотных почв при применении удобрений // Почвоведение. – 1973. – № 2. – С. 102–110.
15. Вайнилович, Н.А. Влияние удобрений на динамику подвижных форм элементов питания торфяно-болотных почв / Н.А. Вайнилович, В.П. Шевченко // Агрохимия. – 1967. – № 4. – С. 82–86.
16. Тяк, Г.В. Опыт выращивания брусники в условиях Костромской области / Г.В. Тяк, А.Ф. Черкасов, С.А. Алтухова // Вопросы использования

и восстановления древесных и недревесных ресурсов леса южной тайги : сб. науч. тр. – М. : ВНИИЛМ, 1998. – С. 50–63.

17. Интродукция нетрадиционных плодовых, ягодных и овощных растений в Западной Сибири / А.Б. Горбунов [и др.] ; науч. ред. И.Ю. Коропачинский, А.Б. Горбунов ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Центральный сибирский ботанический сад. – Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2013. – 290 с.

18. Tear, J. Vegetative growth and fruit production in wild and cultivated cowberry / J. Tear // Ph.D. Dissertation. – Alnarp : Institute of Horticulture, 1972. – P. 6–8.

19. Kruger, E. Mineralstoffbedarf von *Vaccinium vitis-idaea* L. cv. «Koralle». I. Variation von N, P, K, Ca, Mg, Cu und pH-Wert. / E. Kruger. – W.D. Naumann // Gartenbauwissenschaft. 1984. В. 49, Н. 3. – S. 122–127.

20. Лабокас, Ю.Б. Выращивание посадочного материала брусники с применением минеральных удобрений / Ю.Б. Лабокас, Д.К. Будрюнене // Экологические свойства брусничных ягодных растений в природе и культуре : тез. докл. Межресп. совещ. – Рига, 1989. – С. 75–76.

21. Рипа, А.К. Клюква крупноплодная, голубика высокая, брусника / А.К. Рипа, В.Ф. Коломийцева, Б.А. Аудриня. – Рига : Зинатне, 1992. – 216 с.

22. Лукин, И.Н. Выращивание брусники в Архангельской области. Рекомендации. – Архангельск, 1982. – 5 с.

23. Лукин, И.Н. Опыт культуры брусники // Матер. отчетн. сессии по итогам науч.-исслед. работ в десятой пятилетке (1976–1980). – Архангельск, 1981. – С. 72–73.

24. Тяк, Г.В. Введение в культуру голубики и брусники в Костромской области / Г.В. Тяк, А.Ф. Черкасов // Экологические свойства брусничных ягодных растений в природе и культуре : тез. докл. Межресп. совещ. – Рига, 1989. – С. 134–135.

25. Павловский, Н.Б. Сортовая брусника в Белорусском Полесье / Н.Б. Павловский, Н.Н. Рубан ; под общ. ред. Ж.А. Рупасовой. – Минск : Тэхналогія, 2000. – 230 с.

26. Zillmer, A. Some thoughts about the cultivation of lingonberries *Vaccinium vitis-idaea* L. / A. Zillmer // Metsanduslikud uurimused, XXX: International Conference «Wild Berry culture: an exchange of Western and Eastern experiences», Tartu, 10–13 August, 1998 / Estonian Agricultural University. Tartu. 1998. – P. 207–208.

27. Mercado-Bianco, J. Biotechnological applications of bacterial endophytes // J. Mercado-Bianco, B.J.J. Lugtenberg. – Cur. Biotechnol. – 2014. – Vol. 3. – P. 60–75.

28. Воздействие микробных препаратов на рост и развитие плодовых саженцев / О.Е. Клименко [и др.] // Сб. науч. тр. ГНБС. – 2014. – Т. 139. – С. 90–101.

29. Гаранович, И.М. Влияние микробиологических препаратов на рост и развитие декоративных древесных растений / И.М. Гаранович, З.М. Алещенкова // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты : тез. докл. IX Междунар. науч. конф., Минск, 7–11 сент. 2015 г. – Минск, 2015. – С. 84–85.

30. Иутинская, Г.А. Биологические препараты комплексного действия для повышения эффективности микробно-растительных систем // Биологические препараты и регуляторы роста растений в сельском хозяйстве : материалы шестой междунар. конф., 24–25 ноября 2010 г. – Краснодар, 2010. – С. 19–24.

31. Технологии применения регуляторов роста растений в земледелии : методическое пособие / Л.А. Анишин [и др.]. – Киев : МНТЦ «Агробиотех». – 2006. – 32 с.

32. Бисько, Н.А. Современные тенденции развития грибоводства в мире / Н.А. Бисько // Агро Перспектива. – 2012. – № 2 (26). – С. 18–19.

33. Грибоедова, И.А. Перспективы промышленного грибоводства в Беларуси: аспекты импортозамещения и диверсификации экспорта / И.А. Грибоедова // Экономический бюллетень Научно-исследовательского института Министерства экономики Респ. Беларусь. – 2014. – № 4 – С. 52–62.

34. Девочкин, Л.А. Шампиньоны / Л.А. Девочкин. – М. : Агропромиздат, 1989. – 175 с.

35. Ранчева, Ц. Интенсивное производство шампиньонов / Ц. Ранчева ; пер. с болг. Г.Ф. Карасева ; под ред. и с предисл. Л.А. Девочкина. – М. : Агропромиздат, 1990. – 190 с.

36. Кърпер, С. Der Kulturechampignon aus ernährungsphysiologischer Sicht / С. Кърпер // Champignon. – 1997. – № 399. – S. 218–220.

37. Яковенко, А.З. Достижение технологии производства шампиньонов и ксилофилов (Обзорная информация) / А.З. Яковенко, А.А. Жемойц. – М., 1978. – 64 с.

38. Дудка, И.А. Грибы: Справочник миколога и грибника / И.А. Дудка, С.П. Вассер. – Киев : Наукова думка, 1987. – 536 с.

39. Все о грибах / М.В. Горленко [и др.]. – М. : Лесная промышленность, 1986. – 280 с.

40. Промышленное культивирование съедобных грибов / под общ. ред. И.А. Дудки. – Киев : Наукова думка, 1978. – 264 с.

41. Раптунович, Е.С. Искусственное выращивание съедобных грибов / Е.С. Раптунович, Н.И. Федоров. – Минск : Вышэйшая школа, 1994. – 206 с.

42. Насонов, С.Ю. Механизация приготовления субстратов для промышленного грибоводства / С.Ю. Насонов, Г.В. Левченко // Специалисты АПК нового поколения : материалы Всероссийской науч.-практ. конф. – Саратов, 2011.

43. Researches to study used mushroom compost / Earth and Miner. Sci. – 1997. – 66, № 2. – P. 21–22.

44. Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре / Н.А. Бисько [и др.]. – Киев : Наукова думка. 1983. – 146 с.

45. Селезнева, Л.В. Обзор мирового рынка консервированных маринованных грибов за 2013–2014 гг. [Электронный ресурс] / Л.В. Селезнева. – Режим доступа: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1413882979>. – Дата доступа: 11.11.2015.

46. Выращивание грибов вешенка обыкновенная с помощью регуляторов роста [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kzdocs.docdat.com/docs/index-30618.html>. – Дата доступа: 11.11.2015.

47. Биостимуляторы и регуляторы роста для грибов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [<http://pikprom.com/biostimulators/regulatory-rosta-rastenij-dlya-kultur/griby.html>]. – Дата доступа: 11.11.2015.

48. Регуляторы роста растений Эмистим С, Биолан и Стимпо применяют в технологиях выращивания грибов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agrobiotech.com.ua/ru/primenenie/drugie-kultury/griby>. – Дата доступа: 11.11.2015.

49. Интенсификация технологических этапов промышленного культивирования шампиньона двуспорового [Электронный ресурс] / Н.А. Бисько [и др.]. – Режим доступа: <http://www.agroxxi.ru/journal/20060709/20060709018.pdf>. – Дата доступа: 19.11.2015.

50. Культивирование съедобных и лекарственных грибов / А.С. Бухало [и др.] ; под общ. ред. А.С. Бухало. – Киев : «Чернобыльинтеринформ», 2004. – 128 с.

51. Сафрай, А.И. Использование питательной добавки «Милли Шамп 6000» при выращивании шампиньона / А.И. Сафрай // Школа грибоводства. – 2004. – № 2. – С. 19–22.

52. SuperChamp – белковая добавка для грибов // Школа грибоводства. – 2013. – № 2 (80). – С. 49.

53. Хайс, Я. Использование добавок при выращивании грибов / Я. Хайс // Школа грибоводства. – 2008. – № 2. – С. 13–16.

54. Применение ЭМ-технологии при выращивании шампиньонов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.biozemledelie.com.ua/content/kultivirovanie-shampinonov>. – Дата доступа 11.11.2015.

55. Защита и карантин растений : Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению в Российской Федерации. – М. : Колос, 1998. № 5. – С. 188–192.

56. Способ стимуляции роста шампиньонов и вешенки [Электронный ресурс] : пат. 2160000 Росс. Федерация, А01G1/04 / К.Л. Алексеева (RU), Н.Н. Малеванная (RU), В.А. Хрипач (BY), В.Н. Жабинский (BY); заявитель Некоммерческое научно-производственное партнерство «НЭСТ М» (RU);

опубл. 11.03.2007. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/216/2160000.html>. – Дата доступа 02.12.2015.

57. Способ стимуляции роста шампиньонов [Электронный ресурс] : пат. 1731096 (RU), A01G1/04 / В. Вейсфлог, П. Меккель, Б. Фоигт, Й.О.Б. Пюшель, В. Зонненкальб. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/173/1731096.html>. – Дата доступа 02.12.2015.

58. Новоселова, Д.Н. Выращиваем вешенку на «дрожжах» / Д.Н. Новоселова // Школа грибоводства. – 2013. – № 2(80). – С. 42–45.

59. Рыбалко, Т.М. Бактериозы хвойных Сибири / Т.М. Рыбалко, А.Б. Гукасян. – Новосибирск : Наука, 1986. – 84 с.

60. Эндوفитные бактерии в микробных препаратах, улучшающих развитие растений / В.К. Чеботарь [и др.] // Прикл. биохим. и микробиол. – 2015. – Т. 51. – № 3. – С. 1–8.

61. Fall, R. Cycling of methanol between plants, methylotrophs and the atmosphere // Microbial growth on Cl-compounds / R. Fall, M.E. Eds Lidstrom, F.R. Tabita. – Dordrecht : Kluwer. – 1996. – P. 343–350.

62. Association of methylotrophic bacteria with plants: Metabolic aspects / E.G. Ivanova [et al.] // Prospects and applications for plant associated microbes. A laboratory manual. Part A : Bacteria / Eds Sorvari S., Pirttila A.M. Turku, Finland : Biobien Innovations, 2008. – P. 225–231.

63. Colonization process of olive tissues by *Verticillium dahliae* and its in planta interaction with the biocontrol root endophyte *Pseudomonas fluorescens* PICF7 / P. Prieto [et al.] // Microbial. Biotechnol. – 2009. – Vol. 2, – P. 499–511.

64. Nejad, P. Endophytic bacteria induce growth promotion and wilt disease suppression in oilseed rape and tomato / P. Nejad, P.A. Johnson // Biol. Control. – 2000. – Vol. 18. – P. 208–215.

65. The intracellular scots pine shoot symbiont *Methylobacterium extorquens* DSM13060 aggregates around the host nucleus and encodes eukaryote-like proteins / J.J. Koskimaki [et al.] // M. Bio. 2015. Vol. 6. doi : 10.1128/mBio.00039-15.

66. Interaction with ectomycorrhizal fungi and endophytic *Methylobacterium* affects nutrient uptake and growth of pine seedlings in vitro/ J. Pohjanen [et al.] // Tree Physiol. – 2014. – Vol. 34. – P.993–1005. doi: 10.1093/treephys/tpu062.

67. Bud endophytes of scots pine produce adenine derivatives and other compounds that affect morphology and mitigate browning of callus cultures / A.M. Pirttila [et al.] // Physiol. Plan-tarum. – 2004. – Vol. 121. – P. 305–312.

68. Штукин, С.С. Ускоренное выращивание сосны, ели и лиственницы на лесных плантациях / С.С. Штукин. – Минск : Право и экономика, 2004. – 242 с.

69. Штукин, С.С. Энергетические плантации в Беларуси / С.С. Штукин // Сахаровские чтения 2007 года: экологические проблемы XXI века : материалы 7-й междунар. науч. конф., 17–18 мая 2007 г., Минск, Респ. Беларусь / под общ. ред. С.П. Кундаса, С.Б. Мельнова, С.С. Позняка. – Минск, 2007. – 305 с.

70. Муравин, Э.А. Агрохимия / Э.А. Муравин. – М. : Колос, 2003. – 384 с.

71. Effect of biofertilizers with nitrogen levels on growth, productivity and economics in wheat (*Triticum aestivum*) / A.K. Barik [et al.] // *Indian J. of Agronomy*. – 2003. – Vol. 48, № 2. – P.100–102.

72. Response of Tomato seed to different Bioinoculants at different levels of Nitrogen, Phosphorus and Potassium / S. Kumar [et al.] // *Environment and Ecology*. – 2006. – Vol. 24, № 2. – P. 327–330.

73. Надкернична О.В. Особливості взаємодії мікро- і макросимбіонтів в системі діазотрофі-небобова рослина : автореф. дис. ... д-ра біол. наук : 03.00.16 / О.В. Надкернична; Ін-т сільськогосподарської мікробіології Української академії аграрних наук. – Київ, 2004. – 30 с.

74. Отбор ризобактерий – антагонистов фитопатогенных грибов на корнях проростков овощных культур / А.И. Шапошников [и др.] // С.-х. микробиология в XIX–XXI веках : тез. докл. Всерос. конф., С.-Петербург, 14–19 июня 2001 г. / Всерос. НИИ с.-х. микробиологии ; редкол.: И.А. Тихонович [и др.]. – СПб., 2001. – С. 81.

75. Получение бактериальной составляющей микробного препарата для стимуляции роста сеянцев сосны и ели / Г.В. Сафронова [и др.] // *Микробные технологии: фундаментальные и прикладные аспекты* : сб. науч. трудов. – Минск, 2014 – Т. 6. – С. 215–227.

76. Роль почвенных микроорганизмов в фосфорном питании растений / Г.С. Муромцев [и др.] // *Успехи микробиол.* – 1985. – Т. 20, № 2. – С.174–198.

77. Влияние двойной инокуляции биопрепаратами на основе азотфиксирующих и фосфатмобилизующих микроорганизмов на продуктивность сои и содержание подвижных форм азота и фосфора в почве ризосферы / Н.М. Лабутова [и др.] // *Біологічні науки і проблеми рослинництва* : зб. наук. праць Уманського держ. агроун-ту. – Умань, 2003. – С. 262–266.

78. Татаринев, А.Н. Питомник плодовых и ягодных культур / А.Н. Татаринев, В.Ф. Зуев. – М. : Россельхозиздат, 1984. – 270 с.

79. Испытание эффективности действия микробного препарата Бактопин (торфяной) на рост и развитие сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской / М.Я. Острикова [и др.] // *Современные экологические проблемы развития Полесского региона и сопредельных территорий: наука, образование, культура* : материалы VII Междунар. заочной науч.-практ. конф. – Мозырь, 2016. – С. 82.

80. Бурцев, Д.С. Обзор мировой практики выращивания сеянцев дуба с закрытой корневой системой / Д.С. Бурцев, Т. Мусаралиев // Инновации и технологии в лесном хозяйстве – 2013 : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., 22–24 мая 2013 г., С-Петербург, ФБУ «СПбНИИЛХ». СПб., 2013. – Ч. 1. – 309 с.

81. Хирвонен, В. Выращивание саженцев лесных пород с закрытой корневой системой / В. Хирвонен // Рекомендации Хельсинки : Лесная служба Финляндии, 1997. – 18 с.

82. Grainger, G. Growing deciduous and after plant material in small containers. *Tree Planters Notes* / G. Grainger. 1978. – Vol. 29, n. 3, p. 9–11.

83. Зайцева, М.И. Экологические и технико-экономические аспекты использования порубочных остатков при выращивании сеянцев с закрытой корневой системой / М.И. Зайцева // Леса России в XXI веке. Третья Интернет-конференция. – СПбГЛТА, 2009. – С. 251–254.

84. Степанов, С.А. Выращивание и использование посадочного материала с закрытой корневой системой : [учеб. пособ.] / С.А. Степанов, М.И. Зайцева ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. – Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2016. – 31 с.

85. Krapfenbauer, A. Die Wirkung von Rinden-kompost im Vergleich zu andern Substraten auf das Wachstum der Fichte ein aefassversuch / A. Krapfenbauer. – *Cbl. des Forstwesen*, 1977, Bd.94, N.4-, S.224–236.

86. Dusek, V. Pestovani velkych obalenych sazenic a coucasne možnosti jejich vyuziti / V. Dusek. *Lesn. Prace*. 1981, sv. 60, n.1, s. 5–12.

87. Mauer O. Prve skusenosti a pilinovym sybstratmi pri vyrobe semenacikov a sadenik. *Les*, 1979, zv. 25, n.1, s. 7–10.

88. Лялін, О.І. Субстрат для створення лісових культур із закритою кореневою системою / О.І. Лялін // Аграрна наука – виробництву : матеріали V Державної наук.-практ. конф. (23–25 листопада 2006 р., м. Біла церква). – Біла Церква, 2006. – С. 23.

89. Манойло, В.О. Вирощування сянців дуба звичайного у контейнерах з «повітряним підризанням» кориння / В.О. Манойло // Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.1. – С. 14–19.

90. Перспективы выращивания сеянцев дуба черешчатого (*Quercus robur L.*) с закрытой корневой системой в условиях Воронежской области / О.М. Корчагин [и др.] // Инновации и технологии в лесном хозяйстве – 2013 : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., 22–24 мая 2013 г., С-Петербург, ФБУ «СПбНИИЛХ». СПб., 2013. – Ч. 2. – С. 32–39.

91. Жигунов, А.В. Посадочный материал с закрытой корневой системой / А.В. Жигунов // Лесное хозяйство. – 1995. – № 4. – С. 33.

92. Zhigunov, A. Fundamentals of container tree seedling production. / A. Zhigunov, T. Saksa, J. Sved. – St. Petersburg, Suonenjoki : St. Petersburg Forestry Research Institute // METLA. – 2011. – 28 p.

93. Биоэкологические основы выращивания сеянцев сосны и ели в питомниках / Г.И. Редько [и др.]. – М. : Лесная промышленность, 1983. – 64 с.

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

95. Способ получения органического удобрения из древесной коры хвойных пород : пат. России, МПК C05F-11/00 / В.Ф. Дунаев. – № 02053986; заявл. 06.08.92; опубл. 10.02.96.

96. Способ получения органического удобрения из древесной коры : пат. России, МПК C05F-11/00 / В.А. Шапиро, Л.И. Шлейман – № 02066678; заявл. 22.11.91; опубл. 20.09.96.

97. Способ получения солоमисто-пометного компоста пролонгирующего действия : пат. России, МПК C05F-11/00, 3/00 / Г.Д. Чимитдоргиева, Р.А. Егорова, Ц.Д.Ц. Корсунова; заявитель Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН – № 02186048; заявл. 09.01.01; опубл. 27.07.02.

98. Способ получения органоминерального удобрения из отходов древесины : пат. Респ. Беларусь, МПК C05G 1/00 / М.С. Кебич, М.А. Зильберглейт, И.В. Горбатенко, Н.И. Якимов, Л.Ф. Поплавская, Б.А. Гурьян; заявитель Белорусский гос. технологический ун-т. – № 2163 С2; заявл. 30.05.96; опубл. 30.06.98 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 1998. – № 2. – С. 122.

99. Рекомендации по приготовлению органических удобрений на основе древесных отходов и куриного помета / Арханг. ин-т леса и лесохимии ; сост. З.С. Кулагина [и др.]. – Архангельск, 1987. – 13 с.

100. Интенсификация выращивания посадочного материала / А.Р. Родин [и др.] ; под ред. проф. А.Р. Родина. – М. : Наука, 1989. – 78 с.

101. Osada, Y. Intelligent gels. American. / Y. Osada, S.B. Ross-Murphy // J. Sci. – 1993. – Vol. 268, № 5. – P. 82–87.

102. Advanced polymer architectures with stimuli-responsive properties starting from inimers / K.V. Bernaerts [et al] // Macromol. – 2008. – Vol. 41, № 7. – P. 2593–2606.

103. Особенности равновесий при образовании комплексов поликислот и полиэтиленгликолей / А.Д. Антипина [и др.] // ВМС. Сер. А. – 1972 – Т. 14, № 4. – С. 941–949.

104. Бимендина, Л.А. Интерполимерные комплексы полимеров и сополимеров, стабилизированные водородными связями, в растворах : автореф. ... дис. д-ра хим. наук : 02.00.06 / Л.А. Бимендина ; Урал. отд-ние Башк. науч. центр. ин-т химии. – Уфа, 1989. – 36 с.

105. Комплексообразование в водных растворах смесей полиакриловой кислоты с поливиниловым спиртом и его сополимерами /

Н.Г. Бельникевич [и др.] // ВМС. Сер. А. – 1989. – Т. 31, № 8. – С. 1691–1696.

106. Свойства пленок, растворов и гелей приготовленных из смесей NaKMЦ с синтетическими полимерами / Т.Е. Князева [и др.] // ВМС. Сер. Б. – 2006. – Т. 48, № 5. – С. 864–868.

107. Межмолекулярные взаимодействия в смесях полуразбавленных водных растворов полиакриловой кислоты и эфиров целлюлозы / О.В. Николаева [и др.] // ВМС. Сер. А. – 1999. – Т. 41, № 7. – С. 1176–1182.

108. Каргин, В.А. Избранные труды. Проблемы науки о полимерах / В.А. Каргин. – М. : Наука, 1986. – 278 с.

109. Каргин, В.А. Краткие очерки по физикохимии полимеров / В.А. Каргин, Г.Л. Слонимский. – М. : Химия, 1967. – 230 с.

110. Каргин, В.А. Роль структурных явлений в формировании свойств полимеров / В.А. Каргин // Успехи химии. – 1966. – № 5. – С. 1006–1012.

111. Тагер, А.А. Физикохимия полимеров : учеб. пособие для студентов вузов / А.А. Тагер. – 3 изд., перераб. – М. : Химия, 1978. – 544 с.

112. Курбаналиев, М. Влияние природы растворителя на кривые течения растворов ацетата целлюлозы и долговечность пленок получаемых из растворов / М. Курбаналиев, А. Тагер, В. Древаль // Механика полимеров. – 1968. – № 2. – С. 358–363.

113. Савицкая, Т.А. Съедобные полимерные пленки и покрытия: история вопроса и современное состояние / Т.А. Савицкая // Полимерные материалы и технологии. – 2016. – Т. 2, № 2. – С. 6–36.

114. Влияние различных технологических факторов на реологические характеристики альгинатных гелей / Л.С. Большакова [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – С. 52–67.

115. Состав для защиты корневой системы растений от иссушения : пат. 9928 Респ. Беларусь, МПК А 01 G 7/06 / В.В. Копытков, Л.С.Корецкая, В.Вл. Копытков; заявители ГНУ «Институт леса НАН Беларуси» и ГНУ «ИММС НАН Беларуси»; заявл. 21.01.2005; опубл. 30.08.2006 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – № 4(51). – С. 5–6.

116. Состав для обработки корней саженцев лесных культур : пат. 9918 Респ. Беларусь, МПК 7 А 01 G 7/06 / В.В. Копытков, Л.С. Корецкая, В.Вл. Копытков; заявители ГНУ «Институт леса НАН Беларуси» и ГНУ «ИММС НАН Беларуси»; заявл. 15.02.2005; опубл. 30.10.2006 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – № 5(52). – С. 4.

117. Состав для защиты посадочного материала растений от иссушения [Электронный ресурс] : пат. 1153403 СССР, МКИ7 А 01 N 3/00 / Г.П. Малых, М.З. Бородулина, А.И. Калюжный; заявитель Всерос. науч.-исл. инст-т виноградарства и виноделия. – № 3571320/15; заявл. 01.10.83;

опубл. 02.10.96. // MIMOSA : Полные описания изобретений. – Диск № 4(12). – 1996. – Электрон. опт. диск (CD-ROM).

118. Состав для защиты корневой системы сеянцев : а. с. 1780640 СССР, МКИ5 А 01 G 7/06, А 01 G 23/02 / Т.И. Клещев, В.П. Ботенков, В.П. Попов; Всесоюзн. науч.-исслед. инст-т противопожарн. охраны лесов и мех-ции лесного хоз-ва. – № 4928566/15; заявл. 04.02.91; опубл. 15.12.92 // Изобрет. – 1992. – № 46. – С. 11.

119. 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. – № 01. – С. 13.

120. Стимуляторы роста сеянцев древесных культур [Электронный ресурс] : пат. 1681751 SU, МКИ7 А 01 N 3/00 / О.Н. Михантьева, В.Б. Михантьев, Н.Я. Попова и др.; заявитель Воронеж. универ. им. Ленинского комсомола и Московский лесотехнический институт. – № 4730574115; заявл. 22.03.89; опубл. 07.10.91. – Режим доступа: <https://patents.su/2-1681751-stimulyator-rosta-seyancev-drevesnykh-kultur.html>. – Дата доступа: 01.11.2021.

121. Способ защиты растений от вредных экологических факторов [Электронный ресурс] : пат. 2156057 RU, МКИ7 А 01 G 13/00 / А.А. Журба, А.А. Беляев; заявитель Новосиб. инст-т механизации сельск. хоз-ва при Новосиб. гос. аграр. универ. – № 99114825/13; заявл. 07.07.99; опубл. 20.09.00 // MIMOSA : Полные описания изобретений. – Режим доступа: <https://patents.su/2-1681751-stimulyator-rosta-seyancev-drevesnykh-kultur.html>. – Дата доступа: 01.11.2021

122. Process for adding superadsorbent to a pre-formed fibrous web using two polymer precursor streams : пат. 6918981 США, МПК7 В 05 D1/36 / С. Ко Young, S. Kellenberger, J. Martin and other; заявлено Kimberly-Clark Worldwide, Inc. – № 10/017760; заявл. 14.12.01; опубл. 19.07.05; НПК 156/181. Англ. // РЖ. 47 / Химическое, нефтеперерабатывающее и полимерное машиностроение. – 2006. – № 4. – С. 4–6.

123. Chen, J. Synthesis of superporous hydrogels: Hydrogels with fast swelling and superabsorbent properties / J. Chen, H. Park, K. Park // Journal of Biomedical Materials Research. – 1999. – Is. 1. – С. 53.

124. Griskey, R.G. Polymer Process Engineering / R.G. Griskey. – New York, Char-man&Hall, 1995. – P. 333.

125. Реологическое поведение гелей желатины с добавками анионного полисахарида / А.А. Маклакова [и др.] // Известия КГТУ. – 2012. – Т. 25. – С. 90–97.

126. Usov, A.I. Uspehi himii / A.I. Usov. – 1999. – Vol. 68, issue 11. – P. 1051–1061.

127. Donhowe, G. Edible films and coatings: characteristics, formation, definitions, and testing methods / G. Donhowe, O. Fennema // *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. Ed. By Krochta J., Baldwin E., Nisperos-Carriedo M. CRC Press : Boca-Raton, 1994. – P. 1–23.

128. Laaman, Ed. *Hydrocolloids in Food Processing* / Ed. Laaman. – Oxford, UK : Wiley-Blackwell, 2010. – 360 p.

129. Бокова, Т.И. Экологические основы инновационного совершенствования пищевых продуктов : монография / Т.И. Бокова; Новосиб. гос. аграр. ун-т, СибНИИ переработки с.-х. продукции. – Новосибирск : Изд-во НГАУ, 2011. – 284 с.

130. Адсорбирующая композиция и адсорбирующий продукт одноразового использования (варианты) [Электронный ресурс] : пат. 2183648 RU, МКИ7 С 08 L 5/08 / Д. Квин, П. Валладжапет, заявитель Кимберли-кларк уорлдвайд, ИНК. – № 99114009/04; заявл. 25.11.97; опубл. 20.06.02 // MIMOSA : Полные описания изобретений. – Режим доступа: <http://allpatents.ru/patent/2183648.html>. – Дата доступа: 09.08.2020.

131. 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. – Vol. 101, Is. 5. – P. 3572–3580.

132. Сшитая СО-содержащая полиакриловая кислота в качестве суперадсорбента : 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. – MIMOSA: Полные описания изобретений. – 1997.

133. Состав для защиты корневой системы растений от иссушения. Авторское свидетельство № 1629011. МПК А01 N3/00 / В.В. Копытков, В.А. Морозов; заявитель БелНИИЛХ; заявл. 13.02.1989; опубл. 23.02.1991 // Бюл. № 7. Открытия. Изобретения. – 1991. – № 7. – С. 25.

134. Защитные и защитно-стимулирующие полимерсодержащие композиции сельскохозяйственного назначения / Г.В. Бутовская [и др.] // Поликомтриб-2005 : тез. Межд. науч. конф. / ИММС НАН Б. – Гомель, 2005. – С. 261–262.

135. Lewis, R.J. *Food Additives Handbook* / R.J. Lewis. – London, Springer, 1989. – 590 p.

136. 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.

137. Петропавловский, Г.А. Гидрофильные частично замещенные эфиры целлюлозы и их модификация путем химического сшивания /

Г.А. Петропавловский ; Ин-т высокомолекулярных соедин. – Л. : Наука, 1988. – 298 с.

138. Получение и изучение производных карбоксиметилцеллюлозы / Э.М. Ларина [и др.] // Химия древесины. – 1985. – № 5. – С. 13–18.

139. Новые загущающие препараты на основе механохимически модифицированной Na-карбоксиметилцеллюлозы / И.М. Липатова [и др.] // Текстильная химия. – 1997. – № 2. – С. 26–29.

140. Chemistry in the Oil industry VII Performance in a Challenging Environment / H. Craddock [et al.] – London : Royal Society of chemistry, 2002. – 291 p.

141. Кротов, П.В. Влияние влагонабухающих гидрогелей на оптимальное влагообеспечение и питание сельскохозяйственных культур в звене севооборота / П.В. Кротов ; дис.... канд. с.-х. наук : 06.01.04. – Суздаль, 1996. – 183 л.

142. Влияние молекулярной массы на получение и свойства полиакриламидных гидрогелей / Л.Б. Якимцева [и др.] // Материалы. Технологии. Инструменты. – 2001. – Т. 6, № 4. – С. 57–61.

143. Ануфриева, Е.В. Динамика полимерных цепей в процессах структурных и химических превращений макромолекул / Е.В. Ануфриева, М.Г. Краковяк // ВМС. Сер. А. – 1987. – Т. 29, № 2. – С. 211–222.

144. Пензенская государственная сельскохозяйственная академия – Научная работа: исследования и достижения // Применение водопоглощающего полиакриламидного полимера В-415К при выращивании культур в закрытом грунте [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://pgsha.penza.com.ru/science/result/result12.html>.

145. 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 and other; assignee Cultor OY, Inc. – 19970001616; filed 16.04.1997; pub. 17.10.1998 / [Electronic resource]. – 2016. – Mode of access: <http://v3.espacenet.com/textdoc/DB=EPODOC&IDX=WO09846074&F=0&RPN=F1971616&DOC>.

146. Root crop preservation – by covering with layer(s) of a wax material [Electronic resource] : 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. – 2016. – Mode of access: <http://v3.espacenet.com/textdoc/DB=EPODOC&IDX=NL8900381&F=0&QPN=NL8900381>.

147. Синтез, набухание и адсорбционные свойства композитов на основе полиакриламидного геля и бентонита натрия / О.В. Евсикова [и др.] // ВМС. Сер. А. – 2002. – Т. 44, № 5. – С. 802–808.

148. Pourjavadi, A. Modification of Carbohydrate Polymers via Grafting in Air. 2. Ceric-Initiated Graft Copolymerization of Acrylonitrile onto Natural and Modified Polysaccharides / A. Pourjavadi, M. Zohuriaan-Mehr // Starch – Stdrke. – 2002. – Vol. 54, Is. 10. – P. 482–488.

149. Энтальпия взаимодействия производных целлюлозы с крахмалом / А.И. Суворова [и др.] // ВМС. Сер. А. – 2000. – Т. 42, № 5. – С. 822–827.

150. Копытков, В.В. ТУ РБ 00969712.02-2000 «Состав «Корпансил» для защиты корневой системы растений» / В.В. Копытков. – Внесены в реестр госуд. регистрации 19.08.2010 г. за № 010484/02. Продлен срок действия до 19.08.2015 г.

151. Зайцев, Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М. : Наука, 1984. – 424 с.

152. Авдашкова, Л.П. Математические методы и модели при разработке композиционных полимерных составов для лесовыращивания // Материалы научн-практич. семинара «20-летие сектора биорегуляции выращивания лесопосадочного материала Института леса НАН Беларуси», 13 сентября 2017 г. Гомель, 2017. – С. 37–45.

153. 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>.

154. Наставление по выращиванию посадочного материала деревьев и кустарников в лесных питомниках Белоруссии / Гос. ком. СССР по лесн. хоз-ву, МЛХ БССР; сост. А.И. Савченко [и др.]. – Минск : Ураджай, 1986. – 111 с.

155. ОСТ 56-56-83. Технические условия : Компосты из коры. – Введ. 08.12.1983. – М. : Гос. ком. СССР по лесн. хоз-ву : Архангельский институт леса и лесохимии, 1983. – 12 с.

156. Субстраты торфяно-перлитные. Технические условия : ТУ ВУ 100061961.002.2015. – Внесены в реестр госуд. регистрации 24.04.2015 г.

157. Рекомендации по выращиванию микоризных семян хвойных пород на субстрате из органоминеральной смеси и целевых добавок / Копытков В.В., Охлопкова Н.П. Внесены в реестр технических нормативных правовых актов 14.10.2010 г. за № 000184.

158. Опыт выращивания семян в базисных питомниках Литовской ССР : Методические рекомендации / Сост. Вайчис М.В., Славенене Л.В., Онюнас В.М. – Каунас. – 1982. – 17 с.

159. Оптимизация биологической активности дерновопозволистой почвы как фактор повышения ее плодородия / Я.К. Куликов [и др.] // Региональные проблемы экологии: пути решения : тез. докл. III междунар. эколог. симпозиума в городе Полоцке : в 2 т. – Полоцк, 2006. – Т.1. С. 188–189.

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

161. Проблемы и перспективы получения различных компостов для выращивания стандартных семян лесных пород / В.В. Копытков [и др.] //

Вестн. Мозыр. гос. пед. ун-та им. И.П. Шамякина. – 2020. – № 2 (56). – С. 26–31.

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

163. Микоризообразование у сосны обыкновенной и ели сибирской в лесных питомниках [Электронный ресурс] / Д.В. Веселкин. – 2007. – Режим доступа: <http://mycorrhiza.narod.ru>. – Дата доступа: 26.12.2019.

164. Еропкин, К.И. О взаимосвязи форм микоризных окончаний у хвойных / К.И. Еропкин // Микориза растений: межвузов. сб. науч. тр. Пермского и Абаканского пединститутов. – Пермь, 1979. – С. 61–77.

165. Зайцев, Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М. : Наука, 1984. – 424 с.

166. ТКП ТКП/ПР-1-2015. Наставление по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых видов в лесных питомниках Республики Беларусь – Минск : Минлесхоз, 2015 г. – 55 с.

167. Копытков, В.В. Композиционные полимерные материалы при лесовыращивании / В.В. Копытков. – Минск : Издат. дом «Белорусская наука», 2008. – 304 с.

168. Яковлев, А.С. Дубравы Среднего Поволжья / А.С. Яковлев, И.А. Яковлев. – Йошкар Ола : МарГТУ, 1999. – 352 с.

169. Методические указания по экспериментальному изучению фитопатогенных грибов / сост. М.К. Хохряков. – Л. : ВИЗР, 1979. – 78 с.

170. Методы экспериментальной микологии / И.А. Дудка [и др.]. – Киев : Наукова думка, 1982. – 552 с.

171. Семенов, С.М. Лабораторные среды для актиномицетов и грибов : справочник / С.М. Семенов. – М. : Агропромиздат, 1990. – 240 с.

172. Войтова, Л.Р. Практикум по фитопатологии : учеб. пособие / Л.Р. Войтова. – М. : Ураджай 1988. – 198 с.

173. Звягинцев, Д.Г. Почва и микроорганизмы / Д.Г. Звягинцев. – М. : Изд-во МГУ, 1987. – 256 с.

174. Большой практикум по микробиологии / Т.В. Аристовская [и др.]; под общ. ред. Г.Л. Селибера. – М. : Высшая школа, 1962. – 491 с.

175. Исидоров, В.А. Экологическая химия : учеб. пособие для вузов / В.А. Исидоров. – СПб. : Химиздат, 2001. – 302 с.

176. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М. : Агропромиздат. – 1985. – 156 с.

177. Атлас болезней сельскохозяйственных культур : в 4 т. / под ред. Станчевой Й. ; пер. с болг. София. – М. : ПЕРСОФТ, 2001–2003. – 4 т.

178. Сатишур, В.А. Влияние минеральных удобрений на качество белка семян гороха в зависимости от степени кислотности и обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы калием / В.А. Сатишур // Современные технологии сельскохозяйственного производства : материалы

XII междунар. науч. конф. / М-во с.-х. и продов. Респ. Беларусь, Гродн. гос. аграр. ун-т. – Гродно, 2009. – С. 235.

179. Рекомендации по повышению грунтовой всхожести семян с помощью ультрафиолетового излучения / Рекомендации рассмотрены и одобрены научно-методической комиссией Ученого Совета Института леса АНБ, протокол № 2 от 19.12.1996 г. и научно-техническим советом Мин-ва лесного хозяйства Респ. Беларусь 08.03.1997 г. Сост.: В.В. Копытков, Л.С. Корецкая, В.В. Соколов, Л.В. Рудаковская. – Минск, 1997. – 5 с.

180. 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.

181. Способ получения дражированных семян : пат. № 15084 Респ. Беларусь МПК (2009) А 01С 1/06 / В.В. Копытков, заявитель ГНУ «Институт леса НАН Беларуси»; заявл. 06.04.2009; опубл. 30.12.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 6 (83). – С. 53.

182. Жигунов, А.В. Посадочный материал с закрытой корневой системой // Лесное хозяйство. – 1995. – № 4. – 33 с.

183. Лесопосадочный материал «Брика» / М.К. Буш [и др.] – Рига : Зинатне, 1974. – 136 с.

184. Жиганов, Ю.И. Новые методы выращивания посадочного материала (древесно-кустарниковых пород) / Ю.И. Жиганов, С.Ф. Покровская. – М. : ВНИИТЭИСХ, 1975. – 71 с.

185. Выращивание сеянцев хвойных пород в теплицах с полиэтиленовым покрытием / Е.Л. Маслаков [и др.]. – Л. : ЛенНИИЛХ, 1974. – 18 с.

186. Guldin, R.W. Container grown longleaf pine regeneration in the sand hills // S.F. Appl. Forestry. – 1982. – Vol. 6, № 1. – P. 33–39.

187. Harstela P. Technology of the production of bareroot seedling / P. Harstela, L. Tervo // Metsantutkimuslaitoksen Communications. – 1983. – № 110. – P. 1–51.

188. Hahn, P.F. A historical overview of the use of containerized seedling for operation reforestation. – How did we get where we are today? // Proceedings of the Southern Containerized Forest Tree Seedling Conference. – Savannah. – 1982. – P. 7–12.

189. Маркова, И.А. Агротехника и технология создания высокопродуктивных культур ели и сосны промышленными методами на Северо-Западе РСФСР : автореф. дис. ... д-ра. с.-х. наук / И.А. Маркова. – Л. : ЛТА, 1989. – 40 с.

190. Матюхина, З.Ф. Лесокультурная оценка разных видов посадочного материала сосны и ели / З.Ф. Матюхина, А.В. Жигунов,

Т.А. Шестакова // Посадочный материал для создания плантационных культур. – Л. : ЛенНИИЛХ, 1986. – С. 3–10.

191. Agidius, P.V. Саженцы с комом надежно, но дороже / P.V. Agidius // Ballenpflanzen : Fortschr. Landwirt. – 1998. – С. 10–11.

192. Огиевский, Д.В. Использование посадочного материала с закрытой корневой системой (ПМЗК) в лесокультурном производстве / Д.В. Огиевский, Л.Б. Смоляницкая, В.И. Евсюнин. – М. : ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1987. – 30 с.

193. Калущий, К.К. Лесовосстановление в Канаде / К.К. Калущий // Лесное хозяйство за рубежом. Экспресс-информация. – М. : ЦБНТИлесхоз, 1982. – Вып. 4. – С. 4–30.

194. Тищенко, А.И. Индустриализация лесовосстановительных работ в Швеции / А.И. Тищенко // Лесное хозяйство за рубежом. Экспресс-информация. – М. : ЦБНТИлесхоз, 1987. – Вып. 12. – С. 9–15.

195. Крылов, И.Е. Оборудование для лесных питомников фирмы «Lanen Tehtaat Oу» / И.Е. Крылов // Лесное хозяйство за рубежом. – 1991. – № 3. – С. 15–17.

196. Посадочный материал с закрытой корневой системой / Е.Л. Маслаков [и др.]. – М. : Лесн. пром-ть, 1981. – 144 с.

197. Состояние вырубок после заготовки древесины агрегатной техникой и пути их лесовосстановления на Среднем Урале / Г.Г. Терехов [и др.] // Леса Урала и хозяйство в них. – Свердловск : УРОАН СССР, 1989. – С. 45–58.

198. Проворная, С.В. Технология создания культур сеянцами в бумажных стаканчиках / С.В. Проворная // Обзорная информация. – М. : ЦБНТИлесхоз, 1972. – Вып. 5. – С. 1–7.

199. Жигунов, А.В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой для лесовосстановления : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / А.В. Жигунов. – СПб. : СПбЛТА, 1988. – 47 с.

200. Ушнурцев, А.В. Выращивание сеянцев сосны и лиственницы в контейнерах для создания лесных культур в условиях Республики Мордовия : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.В. Ушнурцев. – Саранск, 2004. – 19 с.

201. Гримашевич, В.В. Рекомендации по восстановлению и повышению устойчивости дубрав Беларуси на зонально-типологической основе / В.В. Гримашевич / Внесен в реестр технических нормативных правовых актов МЛХ РБ № 000195 от 10 марта 2011 г. – Минск, 2011. – С. 34.

202. Волович, П.И. Особенности технологий создания лесных культур посадочным материалом с закрытой корневой системой / П.И. Волович, А.И. Сорока, Ж.Ю. Пименова // Материалы междунар.

науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию Института леса НАН Беларуси (Гомель, 13–15 ноября 2020 г.), 2020. – С. 119–122.

203. Рекомендации по применению регуляторов роста в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / В.П. Деева, А.Н. Веденеев, С.П. Пономаренко // ИЭБ им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, протокол от 30.06.2004 г. № 9. – Минск, 2005. – 23 с.

204. Система применения микроудобрений под сельскохозяйственные культуры: рекомендации / РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси». – Минск, 2006. – 28 с.

205. Агрохимические регламенты повышения плодородия почв и эффективного использования удобрений / В.В. Лапа [и др.]. – Горки : БГСХА, 2002. – 48 с.

206. Инструкция по оценке эффективности использования в народном хозяйстве республики результатов научно-исследовательских и опытно-технологических работ : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, 18 мая 2000 г., № 637. – Минск, 2002. – 19 с.

207. Янушко, А.Д. Экономика лесного хозяйства : учеб. пособие для студентов вузов / А.Д. Янушко. – Минск : УП «ИВЦ Минфина», 2004. – 368 с.

МГТУ ИМ. И. П. ШАМШУКИНА

АВТОРЫ



Копытков Владимир Васильевич, заведующий сектором Института леса НАН Беларуси, профессор кафедры Мозырского государственного педагогического университета им. И.П. Шамякина.



Навныко Валерий Николаевич, ректор Мозырского государственного педагогического университета им. И.П. Шамякина.



Кулик Александр Антонович, Министр лесного хозяйства РБ, соискатель Института леса НАН Беларуси.



Копытков Владимир Владимирович, начальник кафедры Гомельского филиала Университета гражданской защиты МЧС Республики Беларусь.



Кондратенко Ольга Владимировна, научный сотрудник Института леса НАН Беларуси.



Сатишур Виктор Андреевич, главный специалист по реализации инновационных проектов ОАО «Селекционно-гибридный центр «Западный».



Савченко Виталий Викторович, аспирант Института леса НАН Беларуси.

РЕДАКТОР



Плескачевский Юрий Михайлович, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, заслуженный деятель науки Республики Беларусь.

Научное издание

**Копытков Владимир Васильевич,
Навныко Валерий Николаевич,
Кулик Александр Антонович и др.**

**РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ
ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ
В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Монография

Корректор *Т. И. Татарина*
Оригинал-макет *Е. В. Северин*
Дизайн обложки *Л. В. Клочкова*

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

Подписано в печать 15.11.2022. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 13,78. Уч.-изд. л. 17,94. Тираж 100 экз. Заказ 33.

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.