

**ПРИМЕНЕНИЕ
РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА
РАСТЕНИЙ, УДОБРЕНИЙ
И СПОСОБОВ
ПРЕДПОСЕВНОЙ
ПОДГОТОВКИ СЕМЯН
В ЛЕСНОМ И СЕЛЬСКОМ
ХОЗЯЙСТВЕ.**



СЕРГЕЙ
КЛИМОВ

МГТУ
ИМ. И. П. ГОМЯКИНА

Министерство образования Республики Беларусь

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

Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»

Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина

Ботанический сад – институт Академии наук Монголии

ПРИМЕНЕНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ,
УДОБРЕНИЙ И СПОСОБОВ ПРЕДПОСЕВНОЙ
ПОДГОТОВКИ СЕМЯН
В ЛЕСНОМ И СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Справочник

Мозырь
МГПУ им. И. П. Шамякина
2022

УДК 630*232.411.3
ББК 34.751
П76

Составители:

В. В. Копытков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры биологии и экологии УО МГПУ им. И. П. Шамякина;
В. Н. Навныко, кандидат физико-математических наук, доцент, ректор УО МГПУ им. И. П. Шамякина;
С. В. Ребко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой почвоведения и лесных культур УО БГТУ;
Ч. Доржсурэн, доктор биологических наук, профессор, академик Академии наук Монголии, заведующий лабораторией лесной фитоценологии (Ботанический сад Академии наук Монголии);
С. А. Коваленко, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий сектором Института леса НАН Беларуси;
А. В. Боровков, кандидат сельскохозяйственных наук, координатор проекта Всемирного банка Комитета лесного хозяйства и животного мира Республики Казахстан;
Ю. А. Таирбергенов, старший преподаватель кафедры экологии и лесного хозяйства Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина;
О. П. Позывайло, кандидат ветеринарных наук, доцент, заведующий кафедрой биологии и экологии УО МГПУ им. И. П. Шамякина

Рецензенты:

доктор биологических наук, член-корреспондент НАН Беларуси *В. Н. Прохоров*;
кандидат сельскохозяйственных наук *А. В. Козел*

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

Применение регуляторов роста растений, удобрений и способов П76 предпосевной подготовки семян в лесном и сельском хозяйстве : справочник / сост.: В. В. Копытков [и др.] – Мозырь : МГПУ им. И. П. Шамякина, 2022. – 76 с. ISBN 978-985-477-807-5.

В справочнике подробно рассмотрены вопросы о роли микроудобрений в питании растений, дана характеристика основных регуляторов роста растений, применяемых при возделывании сельскохозяйственных растений и в питомническом хозяйстве.

Издание предназначено для студентов биологических специальностей, изучающих дисциплину «Основы общего земледелия». Также может быть использовано для проведения полевых и лабораторных исследований с целью сбора материала для выполнения дипломной работы.

УДК 630*232.411.3
ББК 34.751

ISBN 978-985-477-807-5

© Копытков В. В., Навныко В. Н., Ребко С. В., Доржсурэн Ч., Коваленко С. А., Боровков А. В., Таирбергенов Ю. А., Позывайло О. П., составление, 2022
© УО МГПУ им. И. П. Шамякина, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Перечень сокращений	4
Введение.....	5
Глава 1. Применение регуляторов роста растений, удобрений и способов предпосевной подготовки семян в лесном и сельском хозяйстве	6
1.1 Роль микроудобрений в питании растений и характеристика основных регуляторов роста растений.....	12
1.1.1 Способы приготовления рабочего раствора с микроудобрениями	16
1.1.2 Особенности регуляторов роста, используемых в возделывании сельскохозяйственных растений	17
1.2 Применение регуляторов роста на овощных культурах.....	26
1.3 Способы предпосевной обработки семян.....	31
Глава 2. Использование удобрений в интенсивных технологиях выращивания лесного посадочного материала	45
2.1 Применение минеральных удобрений в питомническом хозяйстве	45
2.1.1 Азотные удобрения	46
2.1.2 Калийные удобрения	46
2.1.3 Фосфорные удобрения	47
2.2 Диагностика минерального питания сеянцев.....	55
2.3 Вынос питательных веществ сеянцами и саженцами из почвы питомников	57
2.4 Предпосевное удобрение.....	58
2.5 Минеральные подкормки сеянцев и саженцев	60
Глоссарий.....	63
Нормативные ссылки.....	64
Список использованной литературы.....	65

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

ГПЛХО – государственное производственное лесохозяйственное объединение

РЛССЦ – республиканский лесной селекционно-семеноводческий центр

ТКП – технический кодекс установившейся практики

ГОСТ – государственный стандарт

УФ – ультрафиолетовый свет

КМ – композиционный материал

А – норма высева семян с учетом их фактической массы

A_1 – средняя норма высева семян по справочным данным

В – фактическая масса 1000 шт. семян

B_1 – 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)

К. ед. – кормовая единица. За одну кормовую единицу принят 1 кг овса среднего качества, из которого в организме крупного рогатого скота при откорме предполагается получение 150 г жира

П. м. – погонный метр. Единица измерения количества длинномерных объектов (так называемых погонажных изделий, материалов и т. п.), соответствующая куску или участку длиной 1 метр

КГС – килограмм-сила

Д. в. – действующее вещество

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы большое значение имеет повышение урожайности и качества сельскохозяйственных культур. Важная роль отводится применению физиологически активных веществ и микроудобрений, позволяющих направленно регулировать рост и развитие растений и эффективнее реализовывать потенциальные возможности растений. Рост и развитие растений осуществляется в результате дифференциации развития клетки, ткани, органа и целого организма. Наличие в растительной клетке эндогенной системы регуляции, координации 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 степень изменения указанных процессов различна.

Важным аспектом действия регуляторов роста и микроэлементов является повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды – высоким и низким температурам, недостатку влаги, фитотоксическому действию пестицидов, поражению болезнями. Все эти свойства регуляторов роста особенно необходимо учитывать при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур и лесного посадочного материала. Эффективность регуляторов роста связана с элементами 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 микроудобрений совместно с инсектофунгицидами, гербицидами и внесением жидких удобрений.

В данном справочнике представлены регуляторы роста растений и микроудобрения, которые прошли государственные испытания и рекомендованы для использования их в сельском хозяйстве и лесопитомническом хозяйстве при выращивании сеянцев.

ГЛАВА 1 ПРИМЕНЕНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ, УДОБРЕНИЙ И СПОСОБОВ ПРЕДПОСЕВНОЙ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН В ЛЕСНОМ И СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Большое значение для рационального использования дорогостоящих микроэлементов, стимуляторов роста и целевых добавок имеет практическое применение для предпосевной обработки семян [1; 2]. В последнее время большое внимание уделяется инкрустированию семян с использованием различных полимеров и целевых добавок. При инкрустировании семена намачивают в водных растворах полимеров с введением микроэлементов и стимуляторов роста. Введение микроэлементов и стимуляторов роста определяется в зависимости от вида семян. Исследования академика А.Р. Родина [3] показали, что под воздействием стимуляторов роста и микроэлементов улучшается качество посадочного материала и повышается выход саженцев в питомниках. При обработке сеянцев сосны обыкновенной 0,01 % раствором гетероауксина увеличивается фитомасса корней на 25–34 % по сравнению с контрольной. В результате этого у саженцев соотношение фитомассы надземных органов и корней находилось в пределах оптимального – 2:1 – 3:1, в то время как у контрольных оно составило 4,5:1 и более. Обработка сеянцев сосны микроэлементами (марганцем и йодом) была менее эффективной. Под их воздействием усиливается в основном рост надземной части и в меньшей степени корней, что неизбежно приводило к некоторой диспропорции фитомассы ассимилирующих и всасывающих органов. Для приготовления защитно-стимулирующего состава используют полимерную композицию: гуминовые препараты и протравитель [4].

Наиболее перспективным и безопасным способом предпосевной обработки семян является применение ультрафиолетового (УФ) света. Обработка семян ультрафиолетовым излучением стимулирует физиологическую активность зародыша, повышая его энергию, и не оказывает отрицательного действия на наследственную систему. У семян, облученных УФ светом, энергия прорастания на 20–30 %, а всхожесть на 15–25 % выше по сравнению с необлученными [5–7].

Недостаточным экспериментальным обоснованием можно объяснить низкую эффективность предлагаемых способов предпосевной обработки семян основных лесообразующих пород [8; 9].

Получены данные о перспективности использования парааминобензойной кислоты (ПАБК) в растениеводстве [10–12]. В то же время существуют определенные препятствия на пути широкого использования ПАБК в биологии – это необходимость установления для каждого вида своих условий обработки семян, позволяющих увеличить всхожесть и выход стандартных сеянцев. Российскими учеными А.Е. Проказиным,

Л.А. Атрощенко и др. [9] была достигнута цель по оптимальным режимам предпосевной обработки семян сосны обыкновенной и ели европейской ультразвуком и ПАБК.

Исследования С.А. Станко [13] показали, что облучение растительных объектов оптимальной дозой светового потока обеспечивает наибольший эффект.

При посеве семян норму высева и глубину их заделки российские ученые предлагают дифференцировать в зависимости от почвенно-экологических условий и фактического уровня агротехники в питомниках [14].

Необходимо отметить, что российские ученые рекомендуют использовать для посева сухие семена хвойных пород. По данным многочисленных исследований, сухие семена хвойных пород не эффективно использовать при посеве семян для выращивания посадочного материала [15; 16; 5]. Для условий Беларуси эффективность использования дорогостоящих семян хвойных пород по данным МЛХ РБ не превышает 30 %.

Применяемая в настоящее время агротехника выращивания посадочного материала хвойных пород в соответствии с «Наставлениями...» [5] определяет норму высева семян сосны обыкновенной первого класса качества в количестве 60 кг/га. Для уменьшения нормы высева семян сосны обыкновенной с 60 кг/га до 50 кг/га необходима оптимизация почвенно-экологических условий лесных питомников по содержанию гумуса, основных элементов питания и влажности [15]. Большое значение при этом имеет предпосевная обработка семян.

Исследованиями Е.Г. Парамонова и другими [17] определена биологическая эффективность выращивания сеянцев сосны при точечном высеве семян. Названными авторами установлено, что при точечном высеве семян сосны обеспечивается экономия посевного материала до 30 кг/га. При этом увеличивается выход стандартных сеянцев с 1 га до 76 % и составляет 2 млн шт./га. При точечном посеве сосны обыкновенной семена располагаются в 1 см друг от друга и на 1 п.м. посевной строчки составляют 70–110 шт. семян. Точечный посев семян сосны обыкновенной обеспечивает примерно одинаковую грунтовую и лабораторную всхожесть семян за счет создания благоприятных условий для прорастания и нормального роста растений. Предпосевная обработка сосны обыкновенной заключается в замачивании семян на 18–24 часа в растворе микроэлементов. Объем раствора должен быть в 3–4 раза больше объема замачиваемых семян. Семена за сутки до посева подсушивают под навесом до степени сыпучести и протравливают фундазолом из расчета 6 г/кг семян [18].

По данным М.Е. Ананьева [18], в лесопитомническое хозяйство внедрена агротехника выращивания сеянцев при снижении нормы высева семян на 20 кг/га при 4-строчной схеме посева.

Во многих странах для посева семян хвойных пород в открытом и закрытом грунте испытывались носители из бумаги. Исследования ученых

Германии, проводивших посев семян хвойных указанным методом, показали, что, несмотря на интенсивный полив во время прорастания семян, бумага разлагается медленно и неравномерно. Поэтому многие всходы вынуждены преодолевать дополнительное сопротивление бумажной ленты. Это приводило к повреждению растений и уменьшало выход стандартных сеянцев [19].

Аналогичные исследования проведены в БГТУ им. С.М. Кирова (Минск) и МГУЛ (Москва). По данным Н.И. Якимова, Л.Ф. Поплавской [20–22], наибольший выход сеянцев хвойных пород при различных нормах высева семян получен при точечном посеве. В исследованиях российских ученых [23; 17; 18] первостепенное внимание с учетом максимального выхода стандартных сеянцев уделяется точечному или адресному посеву семян в лесных питомниках. Этот способ посева является наиболее эффективным и способствует уменьшению нормы высева семян на 30–40 %.

Одной из сложных проблем при выращивании посадочного материала является получение равномерного высева семян и одинаковой глубины их заделки. Биометрические показатели семян хвойных пород, их размеры и масса варьируются в больших пределах, что затрудняет создание дозирующих высевающих механизмов, способных обеспечить точный посев. Установлено, что размеры семян в одной партии различаются по длине в 1,5 раза, ширине – 1,9 раза, толщине – в 1,6 раза [19]. Точно дозировать семена можно только при низкой скорости движения сеялки и высоком уровне предпосевной обработки почвы. Использование носителей семян позволяет устранить эти недостатки. Носители семян изготавливают в виде шнуров, сеток, лент, пластин или матов из природных, искусственных и синтетических материалов. Важным преимуществом такого вида посева является возможность устанавливать любой шаг размещения семян на носителе с высокой точностью [19].

Для определения фактической массы 1000 шт. семян сосны обыкновенной и ели европейской в БГТУ им. С.М. Кирова учеными Н.И. Якимовым, А.А. Колесником, Л.Л. Застенской [20] проведены исследования определения массы семян в отдельных партиях, собранных в лесхозах Беларуси в разрезе каждого ГПЛХО. Выполненная статистическая обработка результатов позволила с достаточно высокой степенью точности определить среднюю массу 1000 шт. семян, которую необходимо использовать при расчетах нормы высева семян в каждом ГПЛХО Беларуси. По полученным данным средняя масса 1000 шт. семян сосны, собранных в насаждениях, колеблется в пределах от 6,25 г до 7,00 г, причем имеется тенденция к увеличению массы семян по мере продвижения с севера республики на юг. Семена, заготавливаемые с лесосеменных плантаций, по своей массе практически не отличаются от семян, собранных в насаждениях. В соответствии с последним «Наставлением по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых видов в лесных

питомниках Республики Беларусь» [15] средняя масса 1000 шт. семян равна 6,0 г, а по «Наставлению по выращиванию посадочного материала деревьев и кустарников в лесных питомниках Белоруссии» [5] – 5,6 г. Данные показатели массы семян ниже полученных фактических данных (6,25–7,0).

По данным белорусских ученых [20–22], для расчетов было принято: оптимальное число растений на 1 п. м, при котором наблюдается нормальный рост и развитие сеянцев сосны обыкновенной – 100 шт.; минимальное значение всхожести семян сосны обыкновенной – 95 %; минимальное значение чистоты семян сосны обыкновенной – 92 %; поправочный коэффициент на грунтовую всхожесть семян сосны – 0,6. Масса 1000 шт. семян принималась согласно полученным результатам по каждому ГПЛХО Республики Беларусь.

В БГТУ Н.И. Якимовым и Л.Ф. Поплавской [22] проведены исследования по установлению оптимальных норм высева семян сосны с целью получения планового выхода стандартных сеянцев хвойных пород.

Полученные результаты позволяют предположить, что оптимальной нормой высева семян сосны, обеспечивающей наибольший выход сеянцев при наименьшем расходе семян, является 1,0 г на погонный метр, что соответствует расходу семян сосны обыкновенной при 5-строчной схеме посева около 35 кг на 1 га [22].

По наблюдениям Е.Г. Орленко [24], зависимость между массой семян сосны обыкновенной и ростом сеянцев проявляется только у однолетних растений.

Учеными БГТУ им. Кирова [21] выявлено отсутствие четкой зависимости показателей качества семян от их географического происхождения. Установлено, что рост однолетних сеянцев сосны обыкновенной зависит от крупности семян и их абсолютной массы.

Важнейшая роль в повышении плодородия почв, увеличении урожайности сельскохозяйственных культур и улучшении их качества принадлежит органическим удобрениям. Систематическое применение органических удобрений способствует накоплению гумуса, улучшает физико-химические свойства почвы, увеличивает запас питательных веществ, понижает кислотность, повышает содержание поглощенных оснований, поглонительную способность и буферность, влагоемкость, скважность и водопроницаемость, обогащает почву микрофлорой, усиливает ее биологическую активность и выделение углекислоты, уменьшает сопротивление почвы при механической обработке, создает оптимальные условия для минерального питания растений, повышает устойчивость земледелия при неблагоприятных погодных условиях [28–35].

В общем балансе элементов питания, вносимых ежегодно под сельскохозяйственные культуры, на долю органических удобрений приходится от 30 до 40 %. Около 75 % органических удобрений от внесенного

количества минерализуется и участвует в питании растений, а 25 % гумифицируется и идет на восполнение потерь гумуса при возделывании сельскохозяйственных культур. При сложившейся структуре посевных площадей на пахотных землях минерализуется в среднем 1,0–1,2 т/га гумуса в год. За счет растительных остатков на связных почвах восстанавливается около 50 %, на легких почвах – около 40 % потерь гумуса; остальное количество должно быть восполнено за счет органических удобрений (в среднем 9,4 т/га севооборотной площади) [36–39].

За последние 10 лет отмечено существенное снижение объемов заготовки и применения органических удобрений. Так, если в 1986–1990 гг. на пашне в среднем вносилось 14,4 т/га, то в 2004 г. – только 6,2 т/га органических удобрений, что не обеспечивает бездефицитного баланса гумуса в пахотных почвах. В настоящее время более чем в половине районов Республики Беларусь отмечено снижение средневзвешенного содержания гумуса на пашне.

Внесение органических удобрений в оптимальных дозах имеет также высокую агрономическую эффективность: нормативная прибавка урожая от 1 т навоза для озимых зерновых составляет 25 кг зерна, картофеля – 105 кг клубней, сахарной свеклы – 125 кг корнеплодов, кормовых корнеплодов – 200 кг корней, кукурузы на силос – 190 кг зеленой массы, всех культур на пашне – 30 к.ед. [40–42].

К наиболее распространенным органическим удобрениям относятся подстилочный и бесподстилочный навоз, птичий помет, сапропель, торф, зеленое удобрение, а также различные компосты (торфонавозные, торфопометные, вермикомпосты, с использованием соломы, костры льна, лигнина, растительных, древесных и бытовых отходов и т. д.).

При определении доз органических удобрений учитывается уровень планируемых урожаев, гранулометрический состав почв и содержание в них гумуса, а также биологические особенности возделываемых культур [42–43].

Применение органических удобрений на дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава обеспечивает высокие показатели агрономической, агрохимической и экономической эффективности как в основных типах полевых севооборотов, так и при возделывании отдельных видов сельскохозяйственных культур. При этом эффективность удобрений зависит от типа севооборота, доз и качества удобрений, биологических особенностей возделываемых культур и их отзывчивости на удобрения, а также стоимости товарной продукции и затрат на приготовление, доработку и внесение органических удобрений.

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве внесение органических удобрений (подстилочный навоз КРС) обеспечило в зависимости от типа севооборота и органической нагрузки прибавку продуктивности 5,2–10,8 ц/га к.ед, при чистом доходе 8,5–25,9 \$/га, рентабельности 11–42 % и воспроизводстве содержания гумуса в пахотном горизонте [40–42].

В исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной на морене почве внесение различных видов органических удобрений (подстилочный навоз, жидкий навоз, солома) на фоне NPK обеспечило прибавку продуктивности севооборота 2,8–6,9 ц/га к.ед., чистый доход 7,9–16,5 \$/га при воспроизводстве содержания гумуса в пахотном горизонте.

В опытах на рыхлосупесчаной подстилаемой рыхлыми песками, почве применение органических удобрений способствовало возрастанию продуктивности зернопропашных севооборотов на 0,5–9,0 ц/га к.ед., на дерново-подзолистой песчаной почве – на 2,4–7,9 ц/га к.ед. при сохранении и повышении содержания гумуса в пахотном горизонте.

В качестве органических удобрений на дерново-подзолистых почвах рекомендуется использование подстилочного навоза, бесподстилочного навоза, компостов, соломы (при совместном внесении с минеральным азотом из расчета 10 кг азота на 1 т соломы зерновых, крупяных и крестоцветных культур, 8 кг азота на 1 т соломы зернобобовых культур или жидкого навоза в эквивалентных дозах азота). Резервом пополнения запасов органического вещества и элементов питания в почвах и источником увеличения продуктивности пахотных земель разного гранулометрического состава является своевременный посев пожнивных культур, высеваемых после уборки основных зерновых и зернобобовых культур в срок до 15 августа [43–44].

Содержание элементов питания в органических удобрениях в зависимости от вида подстилки, типа кормления животных, метода уборки и сроков хранения может изменяться в широких пределах. Поэтому необходим периодический контроль за качеством органических удобрений и содержанием в них основных элементов питания (азота, фосфора и калия) для корректировки средних доз органических удобрений.

Из подстилочного навоза в год внесения используется 20–25 % азота, 25–30 % фосфора и 50–60 % калия; из бесподстилочного – 30–50 % азота, 30–40 % фосфора и 50–65 % калия. На второй год из подстилочного навоза используется 20 % азота, 10–15 % фосфора и 10–15% калия; из бесподстилочного – соответственно 15–20% азота и 10 % фосфора и калия [45].

Главное условие эффективного использования органических удобрений – равномерное их внесение в оптимальные сроки и своевременная заделка в почву. Основным сроком внесения подстилочного навоза компостов на связных почвах является осеннее внесение под зяблевую вспашку [42–45].

Правильно забуртованные навоз и компосты к осени хорошо вызревают, в них погибает большинство возбудителей болезней и семян сорных растений. Следует также учитывать, что основная масса питательных веществ органических удобрений становится доступной для питания растений только после минерализации. Весной сроки внесения органических удобрений затягиваются из-за переувлажнения почвы,

напряженного графика весеннего сева и других полевых работ; происходит переуплотнение почвы; для заделки органических удобрений требуются дополнительные обработки почвы.

На легких почвах для уменьшения потерь питательных веществ возможно также весеннее внесение подстилочного навоза или компостов.

Зеленое удобрение в зависимости от типа использования (полное, отавное, заплата корневых и пожнивных остатков) запахивается осенью до наступления заморозков. Для корректировки доз внесения различных видов органических удобрений со средним содержанием элементов питания рекомендуются следующие коэффициенты: подстилочный навоз и торфонавозные компосты – 1,0; полужидкий навоз КРС – 0,6; полужидкий свиной навоз – 0,8; жидкий навоз КРС – 0,35; жидкий свиной навоз – 0,45; навозные стоки – 0,1; подстилочный помет – 4,0; бесподстилочный помет и торфопометный компост – 2,0; сухой помет – 12,0; сапропель – 0,8. Для расчета рекомендованная доза подстилочного навоза делится на данный коэффициент [25; 26].

Пример: под кукурузу вносят 60 т/га соломистого навоза или торфонавозных компостов; 100 т/га полужидкого навоза КРС ($60 : 0,6 = 100$); 15 т/га подстилочного помета ($60 : 4 = 15$); 5 т/га сухого помета ($60 : 12 = 5$); 30 т/га торфопометных компостов ($60 : 2 = 30$) или 75 т/га сапропеля ($60 : 0,8 = 75$).

Если содержание питательных веществ в органических удобрениях существенно отличается от средних значений, то доза того или иного органического удобрения устанавливается по содержанию в нем азота. Дозы минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры корректируются с учетом поступления азота, фосфора и калия с органическими удобрениями.

Пример: под кукурузу рекомендуется внесение 60 т/га соломистого навоза ($60 \cdot 5 = 300$ кг/га азота). В хозяйстве имеется бесподстилочный навоз с содержанием азота 4 кг/т (0,4 %). Для внесения эквивалентного количества азота требуется внесение 75 т/га данного бесподстилочного навоза ($75 \cdot 4 = 300$ кг/га азота).

1.1 Роль микроудобрений в питании растений и характеристика основных регуляторов роста растений

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

Микроэлементам принадлежит разнообразная агрохимическая и физиологическая роль. Положительное действие микроэлементов обусловлено тем, что они принимают участие в окислительно-восстановительных процессах, углеводном и азотном обменах. Под влиянием микроэлементов в листьях увеличивается содержание хлорофилла, улучшается 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, 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 микроэлементы для повышения эффективности азота, фосфора, калия и их поступления в растения. Микроэлементы влияют на передвижение и перераспределение минеральных элементов в растении. Существенно влияние микроэлементов 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 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 микроудобрений 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 получению 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).

Таблица 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 поставок в республику 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) $((\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O})$ – мелкокристаллический порошок белого цвета, содержащий 52 % молибдена.

Для пересчета доз микроэлементов в удобрения и удобрений в соответствующие элементы применяются коэффициенты (таблица 2).

Таблица 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
1,92	Mo	Молибдат аммония	0,52
4,39	Mn	Марганец	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 $(\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O})$ – 150 г;

Сульфат марганца $(\text{MnSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O})$ – 380 г;

Сульфат цинка $(\text{ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O})$ – 360 г;

Молибдат аммония $((\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O})$ – 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.

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.

1.1.1 Способы приготовления рабочего раствора с микроудобрениями

Емкость опрыскивателя заполняется до половины водой, и в нее добавляются 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 РЦ-110-4 и РЦ-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.

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

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.

1.1.2 Особенности регуляторов роста, используемых в возделывании сельскохозяйственных растений

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.

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, большего накопления сахаров и некоторого углубления 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 [25]. 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 3, 4).

Таблица 3. – 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
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. – Влияние регуляторов роста на урожайность тритикале

Район, хозяйство	Вариант опыта	Урожай, ц/га	Прибавка, ц/га	Прибавка, %
Пинский р-н, ОАО Оснежицкое	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 [25].

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 кущения-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 кущения 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 5).

Таблица 5. – 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
НСР ₀₅	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 6).

Таблица 6.– 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 Василишки	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 [25].

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 7–10 приведены данные о влиянии регуляторов роста растений на урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы.

Таблица 7. – 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
НСР ₀₅	10,5				

Таблица 8. – Влияние регуляторов роста на урожай и качество корнеплодов сахарной свеклы сорта Кристалл

Вариант опыта	Урожай		Сахаристость, %	Выход сахара, ц/га	Потери сахара в меласе, %	Потреб. свеклы на 1 ц сахара, ц	Аминный азот	Калий	Натрий
	ц/га	прибавка							
Контроль	511	–	16,34	70,3	2,57	7,3	2,39	5,82	1,88
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
НСР ₀₅	10,5								

Таблица 9. – Влияние регуляторов роста на урожай и качество корнеплодов сахарной свеклы сорта 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
НСР ₀₅	16,2		0,79	

Таблица 10. – 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 влия-

нием 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 [25].

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 11).

Таблица 11. – 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	%		
СИК «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				
СПК «им. 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 12). В результате увеличивается содержание крахмала в клубнях.

Таблица 12. – 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 вне-

сения Эмистима С или Агростимулина –10 мл на 1 тонну в 5 л защитно-стимулирующего раствора (таблицы 13, 14).

Таблица 13. – 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 14. – Влияние регуляторов роста на урожайность и качество льна

Район, хозяйство	Вариант опыта	Льносомломка		Льносемя		Содержание волокна в		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
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 ускоряются рост и развитие корневой системы, листовой поверхности, повышается устойчивость растений кукурузы к высоким температурам и засухе [25].

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 15).

Таблица 15.– 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 «Снов»	Контроль	440,0	–	–
	Эмистим С	474,0	34,0	7,5

1.2 Применение регуляторов роста на овощных культурах

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 % [25].

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 листов 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 высокоэффективных 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 [25].

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 льносемена на 1,1 ц/га, содержание волокна в тресте возросло на 10–15 % [25].

Применение регуляторов роста Эмистима С, Агростимулина и Бета-стимулина 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 [25].

Значение удобрений в увеличении урожайности сельскохозяйственных культур, повышении и сохранении плодородия почв доказано многочисленными опытами и подтверждено практикой мирового земледелия [26; 27].

1.3 Способы предпосевной обработки семян

Для повышения интенсивности и рентабельности работы 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).

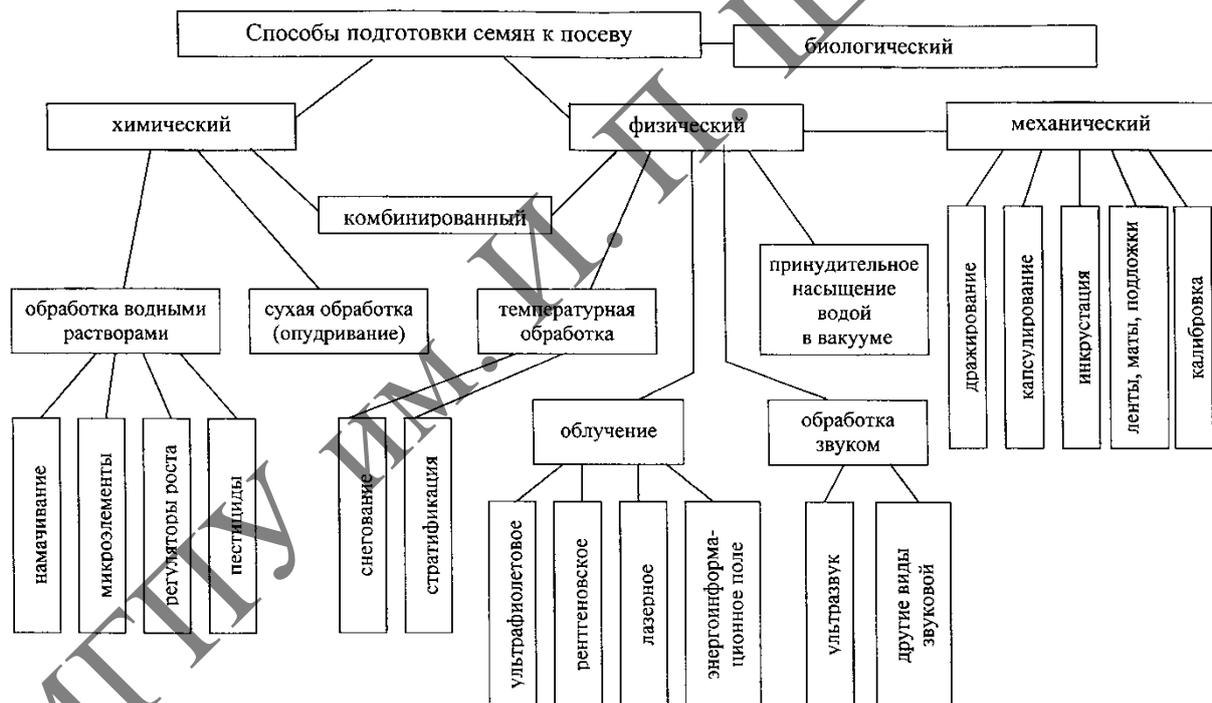


Рисунок 1. – Способы предпосевной обработки семян

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.).

Перед размещением 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 1×2 м. Наибольшая грунтовая всхожесть семян сосны получена при обработке их медью и цинком (таблица 16).

Таблица 16. – 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 17).

Таблица 17. – 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 18). 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 % 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.

Таблица 18. – 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

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 сантиметрового 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 19).

Таблица 19. – 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 взошло 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-й день, а на субстрате – на 15-й 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 20 и 21.

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 20. – 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 21. – 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 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 семя заключается в изменении фотоэнергетики 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.

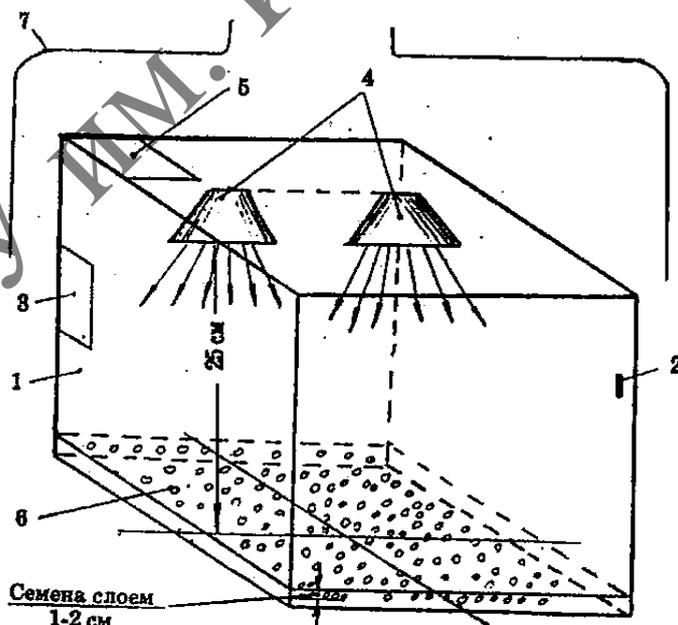
Проростки, полученные из облученных ультрафиолетовым светом семян, получаются крепкими и утолщенными. Посев, проведенный облученными ультрафиолетовым светом семенами, дает более ранние и массовые всходы. Обработка семян ультрафиолетовым светом способствует оздоровлению хранившихся семян и препятствует развитию болезнетворных микроорганизмов:

Паразитные грибы, возбудители инфекционного загнивания семян и проростков, полегания и увядания всходов (*Botritiscinerea* Pers., *Pythiumdebaryanum* Hesse, *Alternaria* Nees, *Fusarium* Link, *Verticillium* Ness и 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. Etde Not, *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 высеванных 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 высеванных семян.

Для обеспечения обработки семян ультрафиолетовым излучением необходимы камеры (термостаты), снабженные источниками излучения, могут быть любые лампы с мощностью ультрафиолетового потока 64Вт/м в диапазоне длины волны 320–860 нанометров (нм). Например, ртутно-кварцевые лампы типа ДРТ-400. На рисунке 2 представлена принципиальная схема устройства для облучения семян, отобранных для проращивания [46].



1 – камера (стеллаж) для облучения; t – открывающаяся дверца камеры;
S – блок включения лампы; 4 – лампы ДРТ-400; 5 – вентиляционное отверстие;
6 – кювета (противень) с семенами; 7 – вентиляционный зонд
Рисунок 2. – 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: фанеры, ДВП, ДСП, железа, алюминия 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 [5] 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 испытывался композиционный материал, содержащий стимулятор роста и полимерное связующее. В качестве полимерного связующего использовали натрий карбоксиметилцеллюлозу (NaКМЦ), а в качестве стимулятора роста растений – эпин и экстракт торфа водный «Черный доктор» (таблица 22).

Таблица 22. – 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

Продолжение таблицы 22

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» – 14масс.%, эпина – 4 масс.% и остальное – вода.

Нами проведены исследования по влиянию не только одного полимера на всхожесть семян сосны обыкновенной и выход стандартных сеянцев с единицы площади, но и совместное действие 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 23).

Таблица 23. – 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 [80]. 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 24).

Таблица 24. – 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 25).

Таблица 25. – 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

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.

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 % получено 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, %. 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 высевающим аппаратом сеялок и обладает хорошей водопоглощительной 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 26). 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.

Таблица 26. – 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

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 27 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.

Математический анализ морфометрических показателей гранул (таблица 28) показывает, что при дражировании семян сосны обыкновенной органоминеральное покрытие равномерно покрывает каждое семя.

Таблица 27. – 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

Так, показатели среднего квадратичного отклонения, масса 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 %.

Таблица 28. – 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

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 растворёнными в нем макро- и микроэлементами. Увлажненные семена опудривают торфяной пылью и вновь увлажняют питательно-клеящим раствором. Цикл повторяют несколько раз до накапывания 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.% : сапрпель – 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 дражиратор, в котором ее увлажняют водой до получения одно-

родной 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») [47]. 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 является одной из актуальных проблем лесовыращивания. Особенно это актуально для Республики Беларусь в связи с экологически неблагоприятными условиями.

Существующие методы заготовки и хранения семян лесных культур не обеспечивают их надежной защиты от болезней и вредителей и не гарантируют высокие посевные кондиции.

Для повышения качества и всхожести семян, улучшения жизнедеятельности всходов используют различные технологические приемы и химические препараты, оказывающие влияние на биологию и физиологию растений.

ГЛАВА 2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УДОБРЕНИЙ В ИНТЕНСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛЕСНОГО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА

2.1 Применение минеральных удобрений в питомническом хозяйстве

Одной из основных задач лесохозяйственной деятельности является выращивание высококачественного стандартного посадочного материала по новым технологиям с применением новых комплексных удобрений. Интенсивное выращивание посадочного материала включает в себя постоянное потребление химических элементов питания из почвы. Этого невозможно добиться без повышения плодородия почв лесных питомников. В современных рыночных условиях высокая стоимость традиционных органических и минеральных удобрений ограничивает возможность своевременного восстановления плодородия почв питомников. В связи с применением минеральных удобрений, пестицидов, машин и механизмов происходят не только процессы ухудшения агрохимических свойств почвы, но и негативные изменения в количественном и качественном составе почвенной микрофлоры. В конечном итоге в ряде случаев становится невозможным обеспечение планового выхода стандартного посадочного материала. Одним из методов при выращивании посадочного материала является применение удобрений, в первую очередь азотных, которые широко используются в лесных питомниках.

По мнению ряда ученых, снижение доз азотных удобрений, их эффективное использование имеет как экономическое, так и экологическое значение. В природе, как правило, количественные проявления роста всегда сопровождаются более или менее глубокими качественными изменениями формы, строения, физико-химического состава организма и его частей. Изучение биологии роста и развития посадочного материала в лесных питомниках стало настоятельной необходимостью [48–50].

Как считают И.Г. Серебряков, В.А. Брынцев и Д.А. Сабинин, морфогенез соединяет в себе две составляющие – влияние внешних условий и внутреннего развития, а его изучение, в практическом плане, дает материал, как для агротехники выращивания, так и для селекции [51–53]. Например, проблему сроков и доз внесения удобрений в питомниках нельзя решить без знаний особенности морфогенеза культивируемых видов в конкретных условиях выращивания. При разработке системы внесения минеральных подкормок нецелесообразно устанавливать жесткие календарные сроки, их необходимо координировать со временем проявления наиболее характерных морфологических признаков, связанных с соответствующими периодами развития растений, поскольку агротехнические воздействия, в частности применение удобрений, влияет как на рост, так и на развитие растений [54–58].

2.1.1 Азотные удобрения

Среди всех элементов минерального питания, используемых растениями, важная роль принадлежит азоту. Азот, способствуя ассимиляции органических веществ, стимулирует нарастание вегетативной массы и развитие растений. При его недостатке снижается фотосинтетическая активность растений, синтез ферментов, аминокислот и других соединений, слабо развивается вегетативная масса. Острая нехватка азота задерживает образование репродуктивных органов и даже приводит к гибели посевов.

Аринушкина С.В. и др. утверждают, что азот, поступивший в почву в виде минеральных удобрений, связывается с различными почвенными соединениями. От того, насколько далеко зашли процессы связывания химического элемента почвенной средой, зависит вовлечение азота удобрений в активный круговорот. Часть азота, содержащаяся в массе и продуктах метаболизма микроорганизмов, при непосредственной реминерализации становится наиболее доступной для питания растений. Часть закрепленного в почве азота при дальнейших преобразованиях трансформируется в устойчивые соединения, которые слабо разлагаются и не могут использоваться растениями [59–61].

2.1.2 Калийные удобрения

Для растений основным источником калия является поглощенный калий. Почвы, тяжелые по механическому составу, с большей емкостью поглощения катионов, обычно лучше обеспечены калием, чем легкие песчаные почвы с малым количеством обменных катионов и в том числе калия. Доступность поглощенного калия зависит от степени насыщенности им почв: чем выше степень насыщенности, тем в большей мере калий усваивается растениями [62].

Рассматривая калийные удобрения, представляющие собой хлориды или сульфаты калия, хорошо растворимы в воде. В почве данные удобрения быстро исчезают из почвенного раствора, переходя в поглощенное состояние. Внесенные калийные удобрения слабо передвигаются в почве, в основном оставаясь в поверхностном слое. Главным положительным аспектом поглощения является отсутствие вымывания калия осадками. Калий может быть вымыт только лишь в легких песчаных почвах [63; 64].

По результатам исследований Д.Н. Иванова, А.В. Петербургского и др. [65; 66], кроме перехода в обменное состояние, калийные удобрения в некоторых случаях могут в почве подвергаться фиксации (необменному поглощению). Калийные удобрения следует заделывать в почву сразу на некоторую глубину, не оставляя их в верхнем, часто пересыхаемом слое. Благодаря тому, что калий находится в доступной для растений форме, он

полностью используется растениями: на 60–70 % в первый же год после внесения; последствие внесения калийного удобрения может сказываться на плодородии почвы в последующие годы. В легких почвах запас подвижного калия быстро заканчивается, и внесение калийных удобрений делается совершенно необходимым условием для повышения плодородия почвы. На почвах более тяжелого механического состава (суглинистых и глинистых), которые содержат большое количество подвижного калия, снижение этого вещества происходит медленнее, однако и здесь для увеличения плодородия почв также необходимо внесение калийных удобрений [65; 66].

2.1.3 Фосфорные удобрения

Рассматривая фосфорные удобрения, невозможно не отметить, что биологически необходимые микроэлементы в избыточно высоких концентрациях могут оказывать фитотоксичное действие, связанное с нарушением многих метаболических процессов, что при выращивании сельскохозяйственных растений приводит к снижению биомассы и качества продукции. Концентрацию подвижных форм элементов в почвах и их поступление в растения можно регулировать внесением различных агрохимических средств. Влияние фосфорных удобрений на снижение фитотоксичности металлов посредством уменьшения их подвижности, а следовательно, и их доступности растениям, изучалось многими исследователями [67; 68].

По мнению многих авторов [69–72], занимающихся изучением данных удобрений, фосфорные удобрения отличаются по своей растворимости: суперфосфат содержит фосфор в основной части в виде водорастворимого монокальциевого фосфата; фосфоритная мука – не растворима в воде и мало растворима в слабых кислотах; остальные фосфорные удобрения по своей растворимости занимают промежуточные места между суперфосфатом и фосфоритной мукой. При внесении суперфосфата в почву разбросным способом и заделки его на ту или иную глубину монофосфат кальция удобрения растворяется в почвенном растворе и быстро вступает в взаимодействие с твердыми фазами почвы. При систематическом внесении суперфосфата происходит постепенное обогащение почвы доступными растениям формами фосфора: увеличивается степень насыщенности почвы обменно способными формами фосфора, увеличивается общий запас усваиваемых фосфатов Ca, Mg и Al; при этом постепенно повышается коэффициент использования вновь вносимого суперфосфата. Систематическое и бесконтрольное внесение фосфорных удобрений не дает никакого положительного эффекта посадочному материалу.

Рассматривая изменения в растении содержания азота, фосфора, калия или суммы зольных веществ, видим, что они имеют много общего.

Их накопление на первых этапах развития растения происходит очень медленно, затем наблюдается быстрое увеличение в период интенсивного роста и образования большой массы органического вещества. В конце вегетации у некоторых растений общее количество питательных веществ уменьшается. Последнее иногда объясняется тем, что не учитывается их частичное вымывание и потеря вместе с засыхающими листьями. Но в ряде случаев исследователям удавалось установить потерю растением отдельных веществ в результате жизнедеятельности.

Рассматривая каждый из элементов минерального питания в растительном организме, видим, что каждый элемент выполняет свои специфические функции и, как правило, не может быть заменен другим. Недосток основных питательных веществ может быть установлен не только на основе химических анализов растений и физико-химических анализов почвы, но также и визуально, посредством наблюдений за изменениями окраски и формы хвои (листьев), времени их опадания и продолжительности их вегетации.

Многие авторы [73–76], которые занимались исследованиями вопроса, касающегося химических элементов в жизни растений, зафиксировали разнообразные проявления внешних симптомов недостатка элементов питания у древесных растений. Все эти изменения в разных почвенных и климатических условиях проявляются очень своеобразно, что не позволяет привести их в стройную систему, удобную для надежной диагностики питания растений. Всему этому мешают и сложные взаимодействия как между самими элементами питания, так и между ними и условиями окружающей среды. Нуждаемость древесных растений в элементах питания можно определить по внешним признакам с достаточной степенью надежности только в том случае, если это уже привело к серьезным изменениям и расстройству физиологических функций растения, которые отразились на его внешнем виде (пожелтение хвои, угнетенный вид и т. д.). Практически это проявляется в сильной задержке ростовых процессов, видимой даже невооруженным глазом.

Макроэлементы. Рассматривая питание растений, необходимо в первую очередь уделить внимание макроэлементам, содержащимся в почве, которые необходимы растениям в наибольших количествах [77].

Азот (N) в растениях находится преимущественно в форме органических соединений. Важнейшее назначение этого элемента в жизни любого растения – участвовать в построении белков, являющихся основой протоплазмы. Как считает В.Г. Минеев, недостаток азота тормозит фотосинтез сильнее, чем недостаток какого-либо другого элемента, вызывает уменьшение поверхности листьев, ухудшает работу устьичного аппарата. Все это в конечном итоге отрицательно сказывается на росте и развитии растений. При недостатке азота – хвоя (листья) редкая, бледно-зеленой окраски с желтоватым оттенком, часто наступает ярко выраженный

хлороз; у сеянцев нарушается правильное соотношение между надземной частью, рост которой задерживается, и корнями за счет разрастания их скелетной части в «поисках» азота; при резком недостатке сокращается средняя продолжительность периода вегетации: почки распускаются позднее, а осеннее пожелтение и опад хвои (листьев) наступает раньше и даже в летнее время наблюдаются массовое пожелтение и опад, особенно на внутренней части кроны [78].

Фосфор (P) также является одним из важнейших элементов питания растений, который принимает непосредственное участие в процессе фотосинтеза [79]. На рост и развитие сеянцев сосны обыкновенной в лесных питомниках значительное влияние оказывают как применяемые фосфорные удобрения и способы их внесения, так и обеспеченность почв данным элементом. Из наблюдений многих исследователей сложилось мнение, что с увеличением содержания в почве подвижных фосфатов рост и развитие сеянцев сосны обыкновенной повышается, а эффективность фосфорных удобрений снижается [80]. Переизбыток в почве фосфорных удобрений в большинстве случаев является нерентабельным при выращивании посадочного материала, в то время как недостаток данного элемента влечет за собой замедление роста и развития сеянцев, но и нерациональное использование других видов (чаще всего азотных) удобрений [81].

В настоящее время И.Н. Чумаченко считает, что нужно сокращать дозировки фосфорных удобрений в связи с острым дефицитом и высокой ценой, а также уменьшением внесения данных удобрений в связи с остатком в почвах стартовых доз [82]. Большое влияние этот элемент в растениях оказывает на процессы превращения и передвижения углеводов, на активацию сахаров при дыхательном процессе. Фосфор находится в растениях в двух формах: органической и неорганической. В корнях старых растений преобладает органически связанный, а в листьях минеральный фосфор. Минеральные фосфаты участвуют в явлениях тургора, в создании буферных свойств и влияют на реакцию клеточного сока. Недостаток фосфора подавляет ассимиляцию углекислого газа. Передвижение подвижного фосфора в восходящем направлении регулируют корневые системы. Характер деятельности корней существенно изменяется в зависимости от состояния организма в данный период вегетации. По мере старения растения корневая система меньше поглощает фосфора, но больше транспортирует его в хвою и листья [83].

Многие исследователи [84–88], занимающиеся изучением содержания подвижного фосфора в почве, отмечали следующую закономерность: у растений, развивавшихся на бедных почвах с содержанием малого количества фосфора, обнаруживается способность к интенсивному поглощению этого элемента после перенесения их на более плодородные почвы. Высокая интенсивность поглощения фосфора в растениях, которые подверглись фосфорному голоданию, обусловлена изменениями метаболизма в процессе

реутилизации имевшегося в них фосфора. Об этом свидетельствует содержание подвижного фосфора в корнях и хвое через короткий срок после помещения растений, которые были подвержены фосфорному голоданию, на плодородные почвы. Содержание фосфора в хвое растений после фосфорного голодания значительно выше, чем в хвое растений, все время развивающихся на плодородных почвах. Содержание подвижного фосфора в корнях растений на бедных почвах не выходит за пределы нормы.

Малое количество подвижного фосфора в почвах является столь существенным фактором, что вызывает нарушение метаболизма в корнях даже у растений, хорошо обеспеченных фосфором через надземные органы. Перенесение этих растений с бедных почв на более плодородные, вызывает характерные качественные показатели последствия фосфорного голодания [89–91].

Согласно литературным источникам, калий (K) не входит в состав важнейших органических соединений, хотя может образовываться временно с органическими веществами. Он содержится в клеточном соке растений в минеральной и ионной формах и не содержится в ядре, однако в недостаточно адсорбированном состоянии, чем объясняется его значительная подвижность внутри растения. Калий легко передвигается из старых органов растений в молодые, а перед опадением хвои или листьев – в ветви и ствол. В наибольших количествах калий сосредотачивается в молодых тканях. Содержащийся в растении калий может быть полностью выщелочен водой [92–97].

Физиологическая роль калия в жизни растений заключается главным образом в поддержании оптимальных для жизни клетки свойств протоплазмы – оводненности, вязкости. Калий повышает интенсивность окислительных процессов, активно участвует в ассимиляции углекислоты при фотосинтезе, влияет на синтез и отток углеводов из листьев в ствол и семена, усиливает синтез белков и образование сахаров. Поддерживая необходимое осмотическое давление в клетках, калий оказывает положительное влияние на устойчивость растений к изменению водного режима. Растение, обеспеченное калием в достаточном количестве, более морозоустойчиво, так как увеличение концентрации сока вакуолей понижает температуру замерзания. В большинстве случаев посадочный материал достаточно обеспечен калием, за исключением почв, бедных гумусом [98–100].

Наряду с азотом и фосфором сера (S) входит в состав белков, где ее содержание достигает до 1,5 %. Поскольку в почве сера содержится всегда, растения от ее недостатка в лесных питомниках при выращивании посадочного материала не страдают. Сера имеет большое значение для фотосинтеза, при ее недостатке уменьшается количество хлорофилла в ассимиляционном аппарате, что в свою очередь обусловлено приос-

тановлением синтеза белков, что в дальнейшем ведет к накоплению растворимых азотистых соединений и углеводов [101].

Дефицит серы связан с переходом на минеральные удобрения, которые в небольшом количестве или совсем не содержат серы, а также и с сокращением применения органических удобрений, в связи с заражённостью их сорняками. Недостаток серы обусловлен также снижением поступления ее из атмосферы. Вынос серы посадочным материалом хвойных пород составляет примерно 10–30 кг/га. Она хорошо растворима, что в свою очередь значительно велики ее потери вследствие вымывания атмосферными осадками. Из-за отрицательного баланса серы почти половина пахотного слоя лесных питомников имеет низкую обеспеченность, площади эти постоянно увеличиваются [102; 103].

Дефицит серы не только сдерживает продуктивность, но и ухудшает качество стандартного посадочного материала, снижает устойчивость к заболеваниям и вредителям. Сера входит в состав всех белков. Негативно влияя на метаболизм азота, недостаток серы приводит к возрастанию потерь азота из почвы и загрязнению им природных вод [104; 105].

Кальций (Ca) регулирует в растениях кислотно-щелочное равновесие, способствует росту корней сеянцев, влияет на физиологическую уравновешенность протоплазмы. Недостаток катионов кальция и избыток катионов магния в почве способствуют приостановлению роста и развития корней (они не образуют боковых корешков и корневых волосков), возникновению ослизнения, разрушению клеток в зоне роста корня. Кальций играет важную роль в передвижении углеводов, ускоряет распад запасных белков, усиливает обмен веществ и регулирует потребление воды растениями. При недостатке кальция происходит такой процесс, как подавление поглощения нитратов и синтез белков. Подвижность кальция в растении очень мала [106–108].

Анализ литературных источников показывает, что магний (Mg) – единственный из зольных элементов входит в состав хлорофилла, что, в свою очередь, оказывает непосредственное влияние на фотосинтез. Внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений на малобуферных легких почвах с кислой реакцией не устраняет потребность растений в магнии, а чаще, наоборот, даже усиливает ее [109–112].

Железо (Fe) поступает в растения из почвы в окисленной форме, а в них находится в связанном состоянии. Исследователи утверждают, что само железо в состав хлорофилла не входит, но недостаток его приводит к обеднению молодых листьев и хвои этим пигментом (к хлорозу), так как железо необходимо при синтезе хлорофилла в качестве катализатора. Железо принимает непосредственное участие в процессе дыхания, является составной частью окислительно-восстановительных ферментов, обладая способностью переходить из закисной форму в окисную и обратно.

Наиболее эффективно внесение солей железа в качестве удобрения на карбонатных и сильно известкованных почвах. Железо является одним из наиболее распространенных в природе элементов [113–115].

Дефицит железа – для растений довольно распространенное явление в природе. В интервалах рН в почвах оксидные и гидроксидные соединения железа практически нерастворимы. Из двухвалентных соединений больше всего растениями поглощаются водорастворимые и обменные формы. Однако они образуются в хорошо дренированных почвах. Поэтому основную роль в образовании биодоступных форм железа играет восстановительная способность микроорганизмов и корневых выделений растений [116–120].

Марганец (Mn) стимулирует образование хлорофилла и фотосинтез, некоторые активизируемые им ферменты участвуют в построении углеводов, он необходим для синтеза витамина С, влияет на ассимиляцию нитратов и образование белков в растении. Недостаток марганца проявляется на почвах с нейтральной и слабощелочной реакцией, а на кислых дерново-подзолистых почвах он может находиться в избытке и оказывать даже отрицательное (токсическое) действие на растение [121].

Микроэлементы. Элементы этой группы влияют на ферментные реакции, физико-химические свойства коллоидов плазмы и на обмен веществ. Для нормального роста и развития растений, прежде всего, необходимы медь, цинк, молибден, цинк, бор, кобальт.

Медь (Cu) присутствует в растениях в форме комплексно-химических соединений и прочно связана с белковыми структурами цитоплазмами. Большая часть меди локализована в хлоропластах листьев: входит в состав флавопротеидов, участвующих в восстановлении NO_3 , а также в состав окислительных ферментов. Недостаток меди в растениях резко подавляет фотосинтез. Медь придает стабильность хлорофиллу в коллоидной системе хлоропластов и защищает их от преждевременного разрушения. В обмене веществ она является катализатором биологических окислительных процессов. Медь усиливает интенсивность дыхания, участвует в превращениях углеводов и белков. Исследователями было отмечено, что проявление недостатка меди тесно связано с условиями азотного питания: чем выше содержание в растении азота, тем сильнее проявляются признаки недостатка меди. Внесение меди необходимо также на сильно-оподзоленных и легких дерново-подзолистых почвах. Однако большие дозы меди ядовиты для растений. Загрязнение почв тяжелыми металлами – одна из самых насущных проблем современной экологии. Последствия загрязнения сказываются на всех компонентах биосферы и прежде всего на почве и растениях. Передвигаясь по трофическим цепям и накапливаясь в организме животных и человека, тяжелые металлы вызывают ряд тяжелых заболеваний [122; 123].

В почвоведении и агрохимии актуально изучение взаимосвязей между содержанием тяжелых металлов в почве, продуктивностью растений и качеством посадочного материала. Медь относится к группе приоритетных загрязнителей почв и является физиологически активным микроэлементом. Ей принадлежит важная роль в физиологических процессах, в ускорении развития, а также в повышении адаптивных способностей растений [124].

Роль меди, как и других микроэлементов, возрастает при применении средств химизации, когда нарушается сбалансированность между макро- и микроэлементами [125]. На почвах с низким содержанием меди важным остается и улучшение микроэлементного состава посадочного материала. Поведение меди в системе почва – растение определяется ее содержанием в почве. В оптимальных концентрациях она обеспечивает нормальные условия жизнедеятельности растений, при ее избытке механизмы блокирования не выдерживают высоких концентраций и медь интенсивно поступает в растения, ингибируя их рост и развитие [126; 127].

Многие исследователи утверждают, что цинк (Zn) оказывает влияние на синтез углеводов и содержание витаминов С и Р, на вододерживающую способность тканей. В старых листьях и хвое, а также и в растениях он малоподвижен, является составной частью хлоропластов. При недостаточном обеспечении цинком еще до наступления видимых симптомов (деформация листьев и хвои, уменьшение размеров) значительно снижается интенсивность ассимиляции.

Недостаток цинка проявляется чаще всего на карбонатных, реже на нейтральных и на легких дерново-подзолистых почвах. Кислые почвы отличаются повышенным его содержанием. Цинк, являясь физиологически активным микроэлементом, так же, как и медь относится к группе приоритетных загрязнителей почв. В оптимальных количествах он повышает активность физиологических процессов в растениях и их продуктивность, при избытке – ингибирует их рост и развитие, что в свою очередь, в дальнейшем снижает выход и качество стандартного посадочного материала. Влияние элемента на растение во многом определяется его содержанием в почве, защитными способностями вида растения и типом почвы [124; 125; 128; 129].

Молибден (Mo) необходим для нитратного питания и, в первую очередь, для восстановления нитратов. Недостаток этого элемента приводит к повышенному содержанию NO_3 в листьях и хвое. При связывании N_2 высшими растениями с помощью клубеньковых бактерий необходимо хорошее обеспечение их молибденом. Недостаток молибдена проявляется прежде всего на кислых дерново-подзолистых почвах, где он находится в труднодоступной для растений форме. Эффект от молибденовых удобрений на этих почвах усиливается от совместного

их внесения с нитратной формой азота и с бором. Изучение микроэлементного состава растений занимался ряд ученых [130–136].

Информация о содержании микроэлементов в растениях той или иной территории республики необходима для оценки эколого-биогеохимической обстановки. Содержание микроэлементного состава и особенностей биологического поглощения химических элементов растениями на разных типах почв – предмет изучения исследователей во многих регионах страны и мира Бор (В) влияет на синтез и передвижение углеводов, участвует в окислительно-восстановительных процессах, ускоряет рост корней и необходим для образования придаточных (адвентивных корней). При недостатке бора у посадочного материала подавляется транспорт углеводов, что приводит к избыточному обогащению листьев и хвои сахарами и крахмалом, расстраивается белковый обмен, в связи с чем ухудшается рост и развитие посадочного материала. Внесение бора необходимо на сильно известкованных дерново-подзолистых почвах.

В научной литературе бор относится к группе микроэлементов, необходимость которых для высших растений впервые установлена более 100 лет назад [137] и затем была подтверждена для ряда растений в ранних работах прошлого века [138–140].

В настоящее время четко установлено биологическое значение бора для всех растительных организмов, однако роль и механизм его участия в метаболизме растительной клетки пока недостаточно изучены. Изменения, вызываемые недостатком этого элемента, возникают иногда настолько быстро, что провести четкую грань между ними и предшествующими прямыми нарушениями в физиологических процессах часто бывает невозможно. На основании результатов, выполненных и полученных рядом исследователей еще в первой половине прошлого столетия, стало понятным, что при изучении физиологической роли бора сталкиваются с трудностями [141]. Главным и наиболее важным из симптомов борной недостаточности у двудольных растений является полное подавление роста корней и отмирание точек роста [142].

В условиях невысокой температуры при внесении в питательный раствор свободной РНК устраняются симптомы борного голодания – отмирание точек роста у двудольных растений [143]. Устранение подавления роста корней при борной недостаточности сокращается при внесении в питательный раствор отдельных азотистых оснований, входящих в состав нуклеиновых кислот [144–146].

Учитывая современное состояние знаний и анализ литературных источников о химических свойствах бора, можно сказать, что его влиянию на разнообразные биохимические процессы очень велико, предполагается, что функция этого элемента связана с деятельностью ферментных систем. Этот элемент влияет на скорость и направление ферментных реакций [147].

Кобальт (Co) требуется клубеньковым бактериям и является составной частью витамина B₁₂, который находится в клубеньках. Применение его в качестве удобрения не нашло широкого распространения в мире, однако в растениях кобальт (так же, как и Mn, Cu, B, Mo) оказывает положительное влияние на фотосинтез, активизирует ферменты белкового обмена – аргиназу, лецитиназу, аминопептидазу; положительно влияет на устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды [148; 149].

Прочие элементы. Следует отметить, что роль прочих элементов в жизни растений во многом остается еще не изученной. Как показывает опыт выращивания растений в водных культурах, такие элементы, как хлор, натрий, кремний и некоторые другие, хотя иногда и улучшают рост, но не относятся к необходимым, и растения при их отсутствии развиваются вполне нормально и не ощущают стресса без них. В естественных условиях, а именно в почвах, многие растения накапливают натрий и особенно кремний в больших количествах; хлор необходим растениям для участия в фотосинтезе, способствует лучшему усвоению некоторых катионов. Натрий в почве косвенно улучшает калийное питание (путем высвобождения поглощенного калия), оказывает влияние на углеводный обмен и повышает осмотический потенциал клеток. Кремний выполняет защитные функции, пропитывая оболочки клеток. Он делает их менее проницаемыми для микроорганизмов. Избыток алюминия очень токсичен. Растениям некоторых видов необходим селен, который обычно накапливается в высоких концентрациях [150–152].

2.2 Диагностика минерального питания сеянцев

Минеральное питание – один из наиболее доступных факторов для регулирования жизнедеятельности растений. Поэтому в настоящее время главная задача состоит в своевременном и направленном воздействии через процессы корневого питания на ход и формирования посадочного материала сосны обыкновенной в открытом грунте. Для установления нуждаемости молодых древесных растений в улучшении минерального питания и периодической корректировке системы удобрений используют методы растительной и почвенной диагностики; реже применяют методы полевых или вегетационных опытов с удобрениями, а также балансовый способ расчета и другие [153; 154].

1. Растительная диагностика

Недостаток элементов минерального питания у сеянцев и саженцев обычно проявляется в визуальных признаках: задерживается интенсивность их роста (снижаются биометрические показатели), изменяется окраска и морфология хвои (листьев). Этот метод качественный, простой, быстро и легко выполнимый, однако по ряду причин он недостаточно надежен.

Наиболее чувствительным индикатором обеспеченности древесных растений элементами минерального питания является химический состав хвои (листьев). К системе показателей, тесно коррелирующих с ростом древесных пород, относятся общее содержание в хвое N, P, K, их соотношение (N:P:K), а также накопление этих элементов в массе хвои.

2. Почвенная диагностика

Содержание химических элементов в растении и отдельных его органах определяется спецификой их функций, процессами биосинтеза, физиологическим состоянием органов и тканей. Только постоянное обеспечение растений необходимыми элементами питания в оптимальных их соотношениях на протяжении всего вегетационного периода позволит максимально использовать биологический потенциал каждого растения.

Цель методов почвенной и растительной диагностики, входящих в состав комплексной диагностики питания, – обеспечение постоянного контроля за условиями выращивания корректировки питания растений в процессе вегетации, что способствует более полному использованию питательных элементов почвы и удобрений.

Комплексная диагностика питания состоит из регулярного выполнения агрохимического анализа почв, которая состоит из ежегодной (весенней или осенней) оценки и обеспеченности их азотом, а также оперативной диагностики минерального питания растений в течение вегетации. Почвенная диагностика показывает возможности того или иного типа почвы по обеспечению растений элементами питания.

Для лесных питомников почвенная диагностика минерального питания семян и саженцев применяется в качестве основной, а растительная – дополнительно для текущего контроля условий их минерального питания. В качестве почвенных диагностических показателей используются те же критерии, что и для других открытых агроценозов, т. е. степень окультуренности пахотного слоя почвы, его агрохимические свойства.

Система применения удобрений в питомниках должна сочетаться с другими мероприятиями по окультуриванию почв в системе севооборотов. Для повышения плодородия лесных подзолистых и дерново-подзолистых почв, как правило, кислых и бедных гумусом и питательными веществами, необходим весь комплекс агротехнических мероприятий, характеризующий высокую культуру земледелия – система обработки почвы, применение известкования, использование органических и минеральных удобрений в паровых полях и поддержание высокого уровня минерального питания в период выращивания, борьба с вредителями и болезнями и т. п.

Система применения удобрений разрабатывается для каждого питомника с учетом данных почвенной карты и агрохимических картограмм [155; 156].

2.3 Вынос питательных веществ сеянцами и саженцами из почвы питомников

В практических целях потребность посадочного материала в питательных элементах характеризуют обычно их выносом, извлечение из почвы питомника элементов питания при выкопке посадочного материала. Однако хозяйственный вынос несколько ниже, чем общая потребность в питательных элементах для создания такого же количества посадочного материала. Поскольку лесные культуры создаются на больших площадях посадкой сеянцев 1- и 2-х летнего возраста, вынос питательных элементов из почвы происходит довольно интенсивно. Поэтому применение удобрений в лесных питомниках должно быть тесно увязано с выносом питательных веществ при выкопке посадочного материала.

А.П. Тольский [157] отмечал, что ежегодно при выкопке посадочного материала вместе с растениями выносятся из почвы значительное количество потребленных ими питательных элементов, поэтому при многократном использовании почв питомника необходимо восполнять израсходованные питательные вещества и улучшать физические свойства почв. Исходя из этого, внесение удобрений является одним из существенных агротехнических мероприятий при выращивании посадочного материала.

Из внесенных в почву удобрений от 50 до 75 % азота использовалось растениями на построение прироста; от 5 до 25 % поглощалось почвенными микроорганизмами и превращалось в азот органического вещества почвы; от 10 до 35 % внесенного азота терялось из почвы в результате денитрификации, при этом большие потери имели место при внесении нитратных удобрений и меньшие – аммиачных [158]. Потери азота из почвы в атмосферу происходят не только при внесении минеральных удобрений, но и при удобрении навозом, а также (хотя и в меньших размерах) – на неудобренных участках, как показали непосредственные определения газов, выделяющихся в поле. Потери азота при выщелачивании в результате просачивания атмосферных осадков также значительно больше на парующих участках, чем под растениями [159; 160].

Исходя из поглощенного сеянцами и внесенного в посев удобрениями количества азота, следует считать, что для интенсивного выращивания сеянцев сосны необходимо ежегодно вносить N – 120 кг/га по действующему веществу. Фосфора сеянцами сосны выносятся мало, но фосфор оказывает большое влияние на поглощение сеянцами азота; как доказано рядом исследователей, фосфора в удобрении должно быть в 1,5–2 раза больше, чем азота и калия [161; 162].

Установлено, что для сеянцев сосны обыкновенной соотношение N:P:K в составе удобрений должно составлять 1,0:1,8:1,0. При избыточном азотном питании в растении повышается количество небелкового азота, наступает депрессия роста и развития сеянцев. Отсюда необходимо ежегодно вносить

фосфора (P) – 220 кг/га и калия (K) – 120 кг/га по действующему веществу. В почве обычно содержится большое количество макроэлементов, и поэтому, за исключением марганца (Mn), нет необходимости ежегодно вносить их в почву. В 1 % растворе марганца можно замачивать семена перед посевом. Значительной потребностью в элементах питания обладают однолетние сеянцы хвойных и лиственных пород, особенно в благоприятных климатических условиях и на сравнительно обеспеченных почвах питомников Республики Беларусь.

Вынос сеянцами древесных пород питательных веществ из почвы уменьшается с ухудшением климатических показателей места выращивания. В пределах каждого почвенно-климатического района вынос зависит от обеспеченности почвы, вида и возраста растений, а также от всего комплекса применяемых агротехнических мероприятий. Одна из задач ближайшего будущего состоит в разработке и внедрении в производство интенсивных систем удобрения, а именно применение комплексных минеральных удобрений пролонгированного действия, обеспечивающих в конкретных природных условиях максимально увеличить выход и качество стандартного посадочного материала сеянцев хвойных и лиственных пород.

При регулировании минерального питания посадочного материала сосны обыкновенной с помощью комплексных минеральных удобрений возрастает значение эффективности питательных элементов, темпов изменения эффективности вносимых элементов питания, длительности последствия остатков данных удобрений в почве. Для повышения эффективности удобрений важен учет взаимодействия между внесенными элементами питания, а также между удобрениями и другими факторами, влияющими на рост растений и его развитие. Разработка путей быстрого повышения плодородия почв требует установления оптимальных параметров агрохимических свойств почв и значительных затрат для их достижения. Большое значение имеет выяснение роли комплексных минеральных удобрений пролонгированного действия в ослаблении неблагоприятного воздействия погодных условий, важнейшим из которых является температура, на рост и развитие посадочного материала [163].

2.4 Предпосевное удобрение

С целью повышения содержания в почвах элементов питания производят предпосевное внесение минеральных удобрений. Предпосевное внесение удобрений выполняется до посева и обеспечивает питание растений на протяжении всего периода вегетации. До высева вносят навоз или другие органические удобрения и, как правило, большую часть общей дозы комплексных минеральных удобрений. Основное

внесение проводят осенью или весной в зависимости от почвенно-климатических условий, особенностей удобрений.

Основное внесение фосфорных и калийных удобрений выполняют преимущественно осенью и заделывают под глубокую зяблевую вспашку, чтобы удобрения попали в наименее пересыхающий слой почвы, где размещается основная масса корней. Особое значение имеет глубокая заделка фосфорных удобрений, поскольку фосфор в почве практически не передвигается. Чаще всего в качестве предпосевного вносят часть фосфорного удобрения, оставленную после осеннего внесения основного удобрения. Фосфор усваивается посадочным материалом на раннем этапе их развития, поэтому внесение его в посевные строки при посеве семян оказывается очень эффективным. В качестве предпосевного удобрения лучше всего использовать гранулированный суперфосфат в небольшой дозе (20 кг д.в./га); однако в этом случае можно применять простой порошковидный суперфосфат. В некоторых случаях суперфосфат вносят в посевные строки вместе с перегноем-сырцом [71]. Главная цель предпосевного внесения удобрений – обеспечить оптимальное питание растений в начальные стадии развития и роста [164–166].

Локальное внесение удобрений вместе с семенами обеспечивает растениям благоприятные условия в первый период жизни, что очень важно, особенно в зоне недостаточного увлажнения. Растения быстрее развиваются и легче переносят недостаток влаги, а также повреждения от вредителей и болезней. Это, в свою очередь, создает предпосылки для того, чтобы выдержать конкуренцию с сорняками за элементы питания и дефицитную влагу [167].

В качестве вносимого удобрения используется комплексное минеральное удобрение пролонгированного действия «Осмокот 6М». Удобрение «Осмокот 6М» состоит из NPK элементов, необходимых для роста растения. Каждая гранула покрыта органической полупроницаемой оболочкой (наподобие мембраны) из биоразлагаемой смолы, полученной из растительных жиров и полимера. После внесения удобрения «Осмокот 6М» вода проникает через полупроницаемую оболочку и начинает растворять питательные вещества внутри гранулы. Выделение питательных веществ начинается после их растворения благодаря разнице в осмотическом давлении. После чего растение способно усваивать питательные вещества.

Удобрение начинает действовать на протяжении 1–2 недель, что зависит от длительности удобрения. Гранулы удобрения начинают действовать при температуре выше температуры замерзания. Под воздействием температуры оболочка регулирует на каждодневное выделение питательных веществ. Указанная продолжительность действия удобрения рассчитана на 21°C. При температуре выше – выделение питательных веществ будет быстрее, при низшей – медленнее, согласно требованиям растений в питании.

2.5 Минеральные подкормки сеянцев и саженцев

Для ускорения роста и развития сеянцев в течение вегетационного периода производят подкормки их минеральными (иногда и органическими) удобрениями. Растения подкармливают прежде всего азотными удобрениями (1–3 подкормки в первую половину лета), а для лучшего развития корневой системы и повышения устойчивости против засухи и низких температур в конце вегетации рекомендуется подкармливать их фосфорно-калийными удобрениями. При этом следует учитывать, что фосфорные удобрения являются сравнительно труднорастворимыми химическими соединениями и требуют заделки их в пахотный слой культиватором, в противном случае при поверхностном внесении они остаются лежать на поверхности почвы, не доходя до корней вегетирующих растений.

Нормы подкормок минеральными удобрениями устанавливаются в зависимости от степени обеспеченности пахотного слоя соответствующими элементами минерального питания, от гранулометрического состава почв, а также от породы и возраста сеянцев. Минеральные подкормки обычно производятся в несколько приемов. Первая подкормка сеянцев 1-го года выращивания делается через 1 неделю после появления массовых всходов, вторая и третья подкормки через 10 дней после предшествующей. Вследствие опасности повреждения всходов удобрениями, особенно азотными, их лучше подкармливать в жидком виде (1–2 %-ным раствором удобрений) [167].

Для улучшения питания сеянцев рекомендуются минеральные подкормки. В посевном отделении первого года выращивания сосны обыкновенной в открытом грунте в первой половине вегетационного периода требуется 2–3-кратная корневая подкормка азотными удобрениями. Подкормки следует начинать после массовых всходов или с начала активного роста растений и проводить с интервалом 15–20 дней. Количество удобрений для корневых подкормок установлено в зависимости от степени обеспеченности почв элементами питания и интенсивности применения основных удобрений. В качестве корневых подкормок в лесном хозяйстве Республики Беларусь используются, такие комплексные удобрения, как «Кристалон», аналог «Кристалона» (Гродно), аммофос и др. [168].

Подкормка сеянцев и саженцев фосфорно-калийными удобрениями (так называемая подкормка «закаливания») производится во второй половине лета (в первой половине августа). Калийные удобрения также вносятся вместе с подкормками азотом, если они не были внесены в необходимой дозе в виде основного удобрения в паровом поле осенью или были внесены лишь частично [167].

Корневые подкормки сеянцев и саженцев вносятся и в виде растворов удобрений, но простота и удобство внесения их в сухом виде сделали этот способ более распространенным. Подкормочные удобрения рекомендуется вносить между посевными строчками или рядками растений и заделывать

в почву на глубину распространения их корней. Большое распространение получили некорневые подкормки сеянцев и саженцев, но их необходимо сочетать с корневыми подкормками и применять в качестве дополнительной добавки питательных веществ в наиболее напряженные периоды роста растений. Во избежание ожога хвои (листьев) для этих подкормок применяют растворы слабых концентраций. Опрыскивать растения лучше всего в вечернее время. Нецелесообразно делать его перед дождем, т. к. смыв раствора с хвои (листьев) резко снижает его эффективность. В питомниках также хорошо зарекомендовала себя обработка семян перед посевом микроэлементами (В, Мо, Со, Сu, Zn, Mn) в вышеуказанных концентрациях, бактериальными удобрениями и ростовыми веществами [169].

Режим использования минеральных удобрений несколько изменяется в зависимости от метеорологических условий: в холодную и затяжную весну необходимо увеличить дозы удобрений, особенно азотных; в прохладное лето следует больше вносить калийных удобрений и т. д. Вносятся такие удобрения, как PG-mix, аналог PG-mix, гранулированное удобрение «Флоровит», удобрение пролонгированного действия «Сила роста», удобрение комплексное «Витококтейль» и др. Применение данных удобрений позволит повысить качество, а также выход стандартного посадочного материала сосны обыкновенной в посевном отделении.

Необходимость использования минеральных удобрений в процессе создания и эксплуатации лесосеменных плантаций основных древесных видов с целью заготовки семян лесных растений регламентировано рядом действующих методических рекомендаций и методик [170; 171].

Получение в лесном хозяйстве стандартного посадочного материала является очень сложным процессом при выращивании его в лесных питомниках. Это в первую очередь связано с очень высокими трудозатратами и экономической эффективностью при получении посадочного материала. Ежегодно при выкопке посадочного материала вместе с сеянцами выносятся из почвы значительное количество потребленных ими питательных элементов, поэтому при многократном использовании почв питомника необходимо восстанавливать почвенное плодородие. Исходя из этого, внесение удобрений является одним из существенных агротехнических мероприятий при выращивании посадочного материала. Наиболее целесообразно применять комплексные минеральные удобрения, так как они в основном содержат все необходимые макро- и микроэлементы в необходимом количестве. Также необходимы минеральные подкормки (корневые и внекорневые). Применение комплексных минеральных удобрений пролонгированного действия наиболее целесообразно, так как позволяет существенно сократить количество вносимых удобрений, обеспечивать их доступность во время интенсивного роста сеянцев и сокращения подкормок; увеличить выход и качество стандартного посадочного материала сосны обыкновенной.



Технология предпосевной обработки семян сахарной свеклы с использованием слабых электромагнитных пульсаций с фиксированной экспозицией на основе генератора «Рост-Актив» в РУП «Опытная научная станция по сахарной свекле», г. Несвиж, 2017 г. (слева направо: генеральный директор ООО «Разносервис», к. с.-х. н. А.И. Смирнов; зав. отделом селекции сахарной свеклы С.А. Мелентьева; зав. сектором Института леса НАН Беларуси В.В. Копытков)



Участники научно-практического семинара по способам предпосевной обработки семян лесных и сельскохозяйственных пород, г. Несвиж, 2017 г. (слева направо: генеральный директор ООО «Разносервис», к. с.-х. н. А.И. Смирнов, г. Москва; директор РУП «Опытная научная станция по сахарной свекле», к. с.-х. н. И.С. Татур, г. Несвиж; зав. сектором Института леса НАН Беларуси В.В. Копытков, г. Гомель)

ГЛОССАРИЙ

В настоящих справочных материалах применяются термины, установленные в ТКП 047, СТБ 1358, СТБ 1709, а также следующие термины с соответствующими определениями:

Влажность семян – содержание влаги в семенах, выраженное в процентах к весу семян, взятых для проведения анализа.

Всхожесть семян – способность семян образовывать нормально развитые в определенный срок проростки (ГОСТ 13056.6).

Выемка – небольшое количество семян, отбираемых от партии за один прием щупом или рукой для составления исходного образца.

Доброкачественность семян – количество полнозернистых здоровых семян, с характерной для данного вида окраской зародыша и эндосперма, выраженное в процентах от общего числа семян, взятых для анализа (ГОСТ 13056.8).

Жизнеспособность семян – количество жизнеспособных семян, выраженное в процентах от общего числа семян, взятых для проведения анализа.

Исходный образец – совокупность всех выемок, отобранных от партии семян.

Лесные растения – древесно-кустарниковая растительность, используемая в лесном хозяйстве.

Навеска – часть семян среднего образца, отобранная для определения отдельных показателей качества семян.

Партия семян лесных растений – определенное количество однородных по происхождению и качеству семян лесных растений соответствующего вида.

Посевные качества семян растений – совокупность признаков семян растений, характеризующих их пригодность для посева (посадки).

Проба семян (проба) – часть семян, отобранная от партии семян лесных растений для проведения лабораторного анализа.

Средний образец – часть семян исходного образца, выделенная из него для лабораторного анализа.

Чистота семян – отношение массы чистых семян к первоначальной массе семян, взятых для проведения анализа, выраженное в процентах.

Энергия прорастания – способность семян в определенный срок быстро и дружно прорасти.

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящих справочных материалах использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты, инструкции, методики и методические рекомендации:

Требования к семеноводству лесных растений: утв. Приказом Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 30.12.2019, № 318.

Инструкция о порядке проведения анализа семян лесных растений: утв. Постановлением Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 19.12.2016, № 2.

Инструкция о порядке осуществления семеноводства лесных растений: утв. Постановлением Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 19.12.2016, № 3.

Методика оценки состояния лесосеменных плантаций хвойных видов: утв. Приказом Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 27.11.2017, № 255.

Методические рекомендации по совершенствованию эксплуатации лесосеменных плантаций хвойных видов: утв. Приказом Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 16.11.2021, № 204.

Положение о порядке лесовосстановления и лесоразведения: утв. Постановлением Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 19.12.2016, № 80.

СТБ 1709–2006 Устойчивое лесопользование и лесопользование. Лесное семеноводство. Общие требования.

СТБ 1358–2002 Устойчивое лесопользование и лесопользование. Лесовосстановление и лесоразведение. Требования к технологиям.

ГОСТ 13056.6–97 Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести.

ГОСТ 13056.8–97 Семена деревьев и кустарников. Метод определения доброкачественности.

ТКП 047–2009 (02080) Устойчивое лесопользование и лесопользование. Наставление по лесовосстановлению и лесоразведению в Республике Беларусь.

ТКП 575–2015 (33090) Наставление по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых видов в лесных питомниках Республики Беларусь.

СНиП «Требования к применению, условиям перевозки и хранения пестицидов (средств защиты растений), агрохимикатов и минеральных удобрений», Гигиенический норматив «Гигиенические нормативы содержания действующих веществ пестицидов (средств защиты растений) в объектах окружающей среды, продовольственном сырье, пищевых продуктах», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 27.09.2012 № 149.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по применению композиционных материалов при лесовыращивании / А.Р. Родин [и др.]. – М., 1991. – 21 с.
2. Родин, А.Р. Теоретические и практические аспекты повышения эффективности и качества искусственного лесовозобновления / А.Р. Родин // Лесное хозяйство. – 1986. – № 1. – С. 32–37.
3. Родин, А.Р. Использование полимерных материалов в лесокультурном производстве / А.Р. Родин, С.А. Родин // Лесное хозяйство. – 2005. – № 5. С. 42–44.
4. 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.
5. 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.
6. Копытков, В.В. Перспективы развития питомнического хозяйства Беларуси / В.В. Копытков // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. ИЛ НАН Беларуси. – Гомель, 2001. – Вып. 53. – С. 250–253.
7. Родин, С.А. Перспективы искусственного лесовыращивания : текст лекций / С.А. Родин, А.Р. Родин, Е.А. Калашникова. – М. : МГУЛ, 1995. – 44 с.
8. Ландин, В.П. Радиоэкологические исследования в лесных экосистемах Украины, 1986–2011 годы / В.П. Ландин, В.П. Краснов, А.А. Орлов // Современное состояние и перспективы ведения лесного хозяйства на загрязненных радионуклидами землях : материалы междунар. науч.-практ. конф. – Гомель, 2011. – С. 62–64.
9. Использование ультразвука и парааминобензойной кислоты при предпосевной подготовке лесных семян / А.Е. Проказин [и др.] // Лесное хозяйство. – 1990. – № 3. – С. 46–49.
10. Рапопорт, И.А. Действие генетически активных веществ на фенотип и чистота генетического состояния / И.А. Рапопорт // Химический мутагенез в повышении продуктивности сельскохозяйственных растений. – М. : Наука, 1984. – С. 3–56.
11. Рыхлецкая, О.С. Оценка стимулирующего действия НДММ и ПАБК по молекулярным и клеточным параметрам эмбрионального развития / О.С. Рыхлецкая // Химический мутагенез в создании сортов с новыми свойствами. – М. : Наука, 1986. – С. 253–255.
12. Серова, Р.Я. Стимулирующее действие парааминобензойной кислоты при обработке клубней картофеля / Р.Я. Серова, Н.И. Серегина, В.Л. Брокш // Химический мутагенез в повышении продуктивности сельскохозяйственных растений. – М. : Наука, 1984. – С. 171–174.
13. Станко, С.А. Световая и гормональная активация растений и мутагенез : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / С.А. Станко. – М. : Наука, 1997. – 106 с.

14. Родин, А.Р. Лесные культуры : учеб. для ВУЗов / А.Р. Родин, Е.А. Калашникова, С.А. Родин. – М. : ГОУ ВПО МГУ, 2011. – 346 с.

15. Наставление по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых видов в лесных питомниках Республики Беларусь. – Минск, 2015. – 68 с.

16. Четвериков, А.В. Рекомендации по агротехнике интенсивного выращивания посадочного материала в лесных питомниках Белоруссии / А.В. Четвериков, П.С. Шиманский. – Гомель, 1988. – 10 с.

17. Парамонов, Е.Г. Выращивание сеянцев сосны при точечном высеве семян / Е.Г. Парамонов, М.Е. Ананьев, С.Н. Зыкович // Вестник Алтайского аграрного университета, 2013. – № 8 (106). – С. 48–50.

18. Ананьев, М.Е. Опыт выращивания посадочного материала в экстремальных условиях / М.Е. Ананьев // Восстановление нарушенных ландшафтов. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2004. – С. 7–9.

19. Родин, А.Р. Лесные культуры и защитное лесоразведение : учеб. пособие / А.Р. Родин. – Изд. 2-е. – М. : МГУЛ, 2000. – 118 с.

20. Якимов, Н.И. Расчет нормы высева семян хвойных пород с учетом их фактической массы / Н.И. Якимов, А.А. Колесник, Л.Л. Застенская // Лесное хозяйство. Труды БГТУ. – Минск, 1998. – Вып. 6. – С. 179–181.

21. Особенности роста сеянцев сосны обыкновенной, выращенных из семян клоновых семенных плантаций различных лесорастительных районов Беларуси / В.К. Гвоздев [и др.] // Лесное хозяйство. Труды БГТУ. – Минск, 2000. – Вып. 8. – С. 164–169.

22. Якимов, Н.И. Показатели роста и выход сеянцев сосны при разных нормах высева семян / Н.И. Якимов, Л.Ф. Поплавская // Лесное хозяйство. Труды БГТУ. – Минск, 1996. – С. 83–86.

23. Интенсификация выращивания лесопосадочного материала / А.Р. Родин [и др.] ; под ред. проф. А.Р. Родина. – М. : Агропромиздат, 1989. – 78 с.

24. Орленко, Е.Г. Методы ранней диагностики при оценке наследственных свойств плюсовых деревьев / Е.Г. Орленко. – М. : ЦБНТИлесхоз, 1971. – 45 с.

25. Деева, В.П. Рекомендации по применению регуляторов роста в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / В.П. Деева, А.Н. Веденеев, С.И. Пономаренко // ИЭБ им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, протокол от 30.06.2004 г. № 9. – Минск, 2005. – 23 с.

26. Система применения микроудобрений под сельскохозяйственные культуры: рекомендации / РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси». – Минск, 2006. – 28 с.

27. Агрохимические регламенты повышения плодородия почв и эффективного использования удобрений / В.В. Лапа [и др.]. – Горки : БГСХА, 2002. – 48 с.

28. Агрохимия : учеб. / Б.А. Ягодин [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1989. – 639 с.

29. Агрохимия : учеб. / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск : Ураджай, 2001. – 480 с.

30. Босак, В.Н. Агроэкономическая эффективность применения удобрений / В.Н. Босак. – Минск : БелНИВНФХ в АПК, 2005. – 44 с.

31. Босак, В.Н. Краткий нормативный агрохимический справочник / В.Н. Босак. – Минск : БелНИИПА, 2003. – 68 с.

32. Босак, В.Н. Система сбалансированного применения удобрений на хорошо окультуренных дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах : дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.04 / В.Н. Босак. – Минск, 2004. – 295 с.
33. Босак, В.Н. Система удобрения в севооборотах на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах / В.Н. Босак. – Минск : БелНИИПА, 2003. – 176 с.
34. Инструкция по использованию торфа в сельскохозяйственном производстве / В.В. Лапа [и др.]. – Минск : БелНИВНФХ в АПК, 2006. – 25 с.
35. Ионас, В.А. Система удобрения сельскохозяйственных культур / В.А. Ионас, И.Р. Вильдфлуш, С.П. Кукреш. – Минск : Ураджай, 1998. – 287 с.
36. Лапа, В.В. Оптимальные дозы удобрений под сельскохозяйственные культуры / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск : БелНИИПА, 2002. – 20 с.
37. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур : сб. отраслевых регламентов. – Минск : Бел. наука, 2005. – 304 с.
38. Рекомендации по рациональному использованию органических удобрений в хозяйствах Могилевской области / А.Р. Цыганов [и др.]. – Горки : БГСХА, 2000. – 32 с.
39. Справочная книга по производству и применению органических удобрений / А.И. Еськов [и др.]. – Владимир : ВНИПТИОУ, 2001. – 496 с.
40. Справочник агрохимика / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск : Ураджай, 1985. – 214 с.
41. Справочник по анализу органических удобрений / А.И. Еськов [и др.]. – М. : МСХ РФ, 2000. – Ч. 1 : Методы агрохимического анализа органических удобрений. – 220 с.
42. Технология использования соломы на удобрение / В.А. Тикавый [и др.]. – Минск : БелНИИПА, 1991. – 17 с.
43. Технология приготовления органических удобрений на основе промышленных отходов / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск : БелНИИПА, 1991. – 16 с.
44. Sturm, H. Gezielte Düngungen. Integriert, wirtschaftlich, umweltgerecht / H. Sturm, A. Buchner, W. Zerula. – 3. Überarb. Aufl. – Frankfurt : DLG-Verlag, Verlags Union Agrar, 1994. – 471 s.
45. Применение органических удобрений в севооборотах : рекомендации / Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – 20 с.
46. Рекомендации по повышению грунтовой всхожести семян с помощью ультрафиолетового излучения / сост.: В.В. Копытков [и др.]. – Минск, 1997. – 5 с.
47. Способ получения дражированных семян : пат. № 15084 Респ. Беларусь, МПК А 01С 1/06 / В.В. Копытков ; заявитель Государственное научное учреждение «Институт леса Национальной академии наук Беларуси». – № а 20090492 ; заявл. 06.04.2009 ; опубл. 30.12.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 2. – С. 26.
48. Биоэкологические основы выращивания сеянцев сосны и ели в питомниках / Г.И. Редько [и др.]. – М. : Лесная промышленность, 1983. – 64 с.
49. Романов, Е.М. Выращивание сеянцев древесных растений: биоэкологические и агротехнологические аспекты / Е.М. Романов. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2000. – 500 с.

50. Коженкова, А.А. Особенности роста посадочного материала сосны обыкновенной в лесных питомниках Смоленско-Московской возвышенности / А.А. Коженкова, М.И. Захарова // Вестник Московского гос. ун-та леса. – 2015. – № 6. – С. 34–37.

51. Серебряков, И.Г. Морфология вегетативных органов высших растений / И.Г. Серебряков. – М. : Советская наука, 1952. – 390 с.

52. Брынцев, В.А. Особенности расположения метамеров у побегов сосны обыкновенной и кедра сибирского / В.А. Брынцев // Лесоведение. – 1996. – № 6. – С. 62–66.

53. Сабинин, Д.А. Физиология развития растений / Д.А. Сабинин. – М. : Наука, 1963. – 197 с.

54. Брынцев, В.А. Значение фенологических фаз при выращивании сеянцев сосны обыкновенной / В.А. Брынцев, А. Заре // Вестник Московского гос. ун-та леса. – 2007. – № 1. – С. 39–42.

55. Sung, S.S. A nitrogen fertilization and the biology of *Pinustaeda* seedling development / S.S. Sung [et al.]. // Can. J. For. Res. – 1997. – Vol. 27. – P. 1406–1412.

56. Van den Driessche R. Late-Season Fertilization, Mineral Nutrient Reserves, and Retranslocation in Planted Douglas-fir (*Pseudotsugamenziesii* (Mirb.) Franco) Seedlings / R. Van den Driessche // For. Sci. – 1985. – Vol. 31 (2). – P. 485–496.

57. Van den Driessche, R. Nursery growth of conifer seedlings using fertilizers of different solubilities and application time, and their forest growth / R. Van den Driessche // Can. J. For. Res. – 1988. – Vol. 18, № 2. – P. 172–180.

58. Оптимизация применения азотных удобрений при выращивании сеянцев сосны обыкновенной // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (137) – С. 73–78.

59. Аринушкина, С.В. Руководство по химическому анализу почв / С.В. Аринушкина. – М. : Изд-во МГУ, 1970. – С. 29.

60. Гамзиков, Г.П. Баланс и превращение азота удобрений / Г.П. Гамзиков, Г.И. Кострик, В.Н. Емельянова. – Новосибирск : Наука, 1985. – 160 с.

61. Болотина, Н.И. Динамика азота и фосфора на предкавказских черноземах Ростовской области : тр. почв. ин-та / Н.И. Болотина. – 1960. – Т. 55. – С. 62–66.

62. Важенин, И.Г. Методы определения калия в почве / И.Г. Важенин // Агрохимические методы исследования почв. – М. : Наука, 1975. – С. 191–218.

63. Важенин, И.Г. О формах калия в почве и калийном питании растений / И.Г. Важенин, Г.И. Карасева // Почвоведение. – 1959. – № 3. – С. 11–21.

64. Важенин, И.Г. Об агрохимических методах определения подвижных форм калия в почве / И.Г. Важенин, Г.И. Карасева // Почвоведение. – 1959. – № 8. – С. 87–91.

65. Иванов, Д.Н. Пламенная фотометрия. Агрохимические методы исследования почв / Д.Н. Иванов. – М. : Изд. АН СССР, 1960. – 32 с.

66. Петербургский, А.В. Формы калия в почве при многолетнем применении удобрений / А.В. Петербургский // Изв. ТСХА. – 1963. – № 6. – С. 113.

67. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 439 с.

68. Iskandar, I. Environmental restoration of metals-contaminated soils / I. Iskandar (ed.). – CRC Press, 2001. – 317 p.
69. Jackson, M.L. Soil chemical analysis / M.L. Jackson. – NewDelhi, 1975. – 498 p.
70. Аскинази, Д.Л. Минеральные формы фосфора в почве и методы их определения / Д.Л. Аскинази, К.Е. Гинзбург, Л.С. Лебедева // Почвоведение. – 1963. – № 5. – С. 6–20.
71. Авдонин, Н.С. Применение гранулированного суперфосфата / Н. С. Авдонин. – М. : Сельхозгиз, 1950. – 120 с.
72. Накопление и превращение фосфора в различных почвах при длительном применении навоза и минеральных удобрений и доступность его растениям / Л.С. Любарская [и др.] // Удобрение и плодородие почв. – 1966. – С. 5–52.
73. Thomson, G.J. Effect of nitrogen fertilizer form on pH of the bulk soil and rhizosphere, and on the growth, phosphorus, and micronutrient uptake of bean / G.J. Thomson, H. Marshal, V.V. Romheld // J. Plant Nutrition. – 1993. – V. 16, № 3. – P. 493–509.
74. Медведев, С.С. Физиология растений : учеб. / С.С. Медведев. – СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. – 336 с.
75. Полевой, В.В. Физиология растений : учеб. для биол. спец. вузов / В.В. Полевой. – М. : Высш. шк., 1989. – 464 с.
76. Физиология растений : учеб. для студ. вузов / Н.Д. Алехина [и др.] ; под ред. И.П. Ермакова. – М. : Издат. центр «Академия», 2005. – 604 с.
77. Агрохимия / под ред. В.Г. Минеева. – М. : Изд-во МГУ, 2006. – 720 с.
78. Минеев, В.Г. Экологические проблемы агрохимии : учеб. пособие / В.Г. Минеев. – М. : Изд-во МГУ, 1988. – 285 с.
79. Федоров, А.А. Аналитическая химия фосфора / А.А. Федоров. – М. : Наука, 1974. – 220 с.
80. Богдевич, И.М. Агрохимические пути повышения плодородия дерново-подзолистых почв : дис. ... д-ра с.-х. наук в форме науч. докл. / И.М. Богдевич. – Минск, 1993. – 73 с.
81. Прудников, В.А. Обеспеченность почвы фосфатами и эффективность фосфорного удобрения / В.А. Прудников // Льноводство Беларуси : сб. науч. ст. / НАН Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию, Институт льна. – Минск, 2015. – С. 101–111.
82. Чумаченко, И.Н. Фосфор в жизни растений и плодородие почв / И.Н. Чумаченко ; Рос. акад. с.-х. наук, НИИ сел. хоз-ва центр. р-нов Нечернозем. зоны. – М. : ЦИНАО, 2003. – 124 с.
83. Малиновский, В.И. Физиология растений : учеб. пособие / В.И. Малиновский. – Владивосток : Изд-во ДВГУ, 2004. – 110 с.
84. Туева, О.Ф. Фосфор в питании растений / О.Ф. Туева ; Акад. наук СССР, Ин-т физиологии растений им. К.А. Тимирязева. – М. : Наука, 1966. – 296 с.
85. Asling, H.C. The lime and phosphate potentials of soils the solubility and availability of phosphates / H.C. Asling // Yearbook Roy. Veterin Agric. Coll., Copenhagen. – 1954. – Vol. 1. – P. 1–50.

86. Schofield, R.K. Can a precise meaning be given to available soil phosphate / R.K. Schofield // *Soil and Fertilizers*. – 1955. – Vol. 18, № 5. – P. 373–375.

87. Карпинский, Н.П. Подвижный фосфор почвы и использование его растениями / Н.П. Карпинский // Докл. сов. почвоведов к VII Междунар. конгрессу в США. – М. : АН СССР, 1960. – С. 85.

88. Кук, Дж. Регулирование плодородия почвы / Дж. Кук. – М. : Колос, 1970. – 520 с.

89. Похлебкина, Л.П. О плодородии подпахотного горизонта дерново-подзолистой почвы / Л.П. Похлебкина // Бюл. ВИУА. – 1979. – № 47. – С. 75–82.

90. Минеев, В.Г. Подвижность и доступность растениям основных элементов питания при длительном применении удобрений / В.Г. Минеев // Бюл. ВИУА. – 1979. – № 35. – С. 39–48.

91. Бабарина, Э.А. Плодородие почв при систематическом применении удобрений / Э.А. Бабарина // Основные условия эффективного применения удобрений. – М. : Колос, 1983. – С. 206–224.

92. Карпинский, Н.П. Агрохимическая характеристика дерново-подзолистых почв / Н.П. Карпинский // Действие удобрений на урожай и его качество. – М. : Колос, 1965. – С. 288–308.

93. Карпинский, Н.П. Об эффективности удобрений на дерново-подзолистых суглинистых почвах центральной части Нечерноземной зоны / Н.П. Карпинский // Агрохимическая характеристика почв СССР. – М. : Наука, 1972. – С. 120–156.

94. Жукова, Л.М. Изменение подвижности обменного калия в различных почвах и доступность его для растений при систематическом применении удобрений / Л.М. Жукова // Агрохимия. – 1967. – № 8. – С. 59–68.

95. Липкина, Г.С. Влияние удобрений на содержание питательных веществ и их подвижность в легких дерново-подзолистых почвах Мещерской низменности / Г.С. Липкина // Бюл. ВИУА. – 1979. – № 47. – С. 15–17.

96. Жукова, Л.М. Влияние длительного применения удобрений на калийный режим дерново-подзолистых почв и выщелоченных черноземов / Л.М. Жукова, Н.К. Панкова // Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. – М. : Колос, 1985. – С. 5–27.

97. Продуктивность полевого севооборота при длительном применении калийных удобрений на дерново-подзолистой почве / В.У. Пчелкин [и др.] // Агрохимия, 1972. – № 2. – С. 46–51.

98. Егоров, В.Е. Из результатов полувекового полевого опыта ТСХА с удобрениями, севооборотом и монокультурами / В.Е. Егоров // Изв. ТСХА. – 1963. – Вып. 6. – С. 30–56.

99. Забавская, К.М. Влияние длительного применения калийных удобрений на превращение форм калия в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве / К.М. Забавская // Химия в сельском хозяйстве. – 1972. – № 9. – С. 10–14.

100. Сера как источник минерального питания растений / Ю.В. Алексеев [и др.] // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. – № 4. – С. 7–8.

101. Аристархов, А.Н. Оптимизация питания растений и применение удобрений в агроэкосистемах : моногр. / А.Н. Аристархов. – М. : Центральный НИИ агрохимического обслуживания, 2000. – 524 с.

102. Маслова, И.Я. Воздействие содержащих серу аэротехнических веществ на некоторые агрохимически значимые процессы и свойства почв / И.Я. Маслова // Агрохимия. – 2008. – № 6. – С. 80–94.

103. Стуйвер, К.Е. Серная недостаточность у *Brassicaoleracea*: особенности развития, биохимические признаки и взаимодействие сера-азот / К.Е. Стуйвер, Л. Дж. Де Кок, С. Вестерман // Физиология растений. – 1997. – Т. 44, № 4. – С. 581–590.

104. Schnudq, E. The pole of sulfur in sustainable agriculture / E. Schnudq, S. Haneklaus // Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 283. – 2005. – P. 131–135.

105. Анопок, П.И. О внесении фосфорно-калийных удобрений в запас / П.И. Анопок // Агрохимия. – 1988. – № 8. – С. 31–37.

106. Влияние удобрений на баланс элементов в почве, растении и организме животных : обзор литературы / М-во сел. хоз-ва СССР. Всесоюз. ин-т науч.-техн. информации по сел. хоз-ву. – М., 1969. – 84 с.

107. Горбылева, А.И. Система параметров оптимальных свойств почвенно-поглощающего комплекса дерново-подзолистой почвы / А.И. Горбылева, М.М. Комаров // Плодородие почвы и качество продукции при биологизации земледелия. – М. : Изд-во МГУ, 1996. – С. 39–44.

108. Мазаева, М.М. Магниевое питание растений и магниевые удобрения : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / М.М. Мазаева ; Науч.-исслед. ин-т по удобрениям и инсектофунгицидам им. Я. В. Самойлова, НИУИФ. – М., 1967. – 42 с.

109. Соколов, А.В. 50 лет советской агрохимии / А.В. Соколов // Агрохимия. – 1967. – № 10. – С. 3–20.

110. Магниевые удобрения в интенсивном земледелии / В.В. Прокошев [и др.]. – М. : ВНИИТЭИ-агропром., 1987. – 52 с. – (Обзорная информация).

111. Ремезов, Н.И. Теория и практика известкования почв / Н.И. Ремезов, С.В. Щерба. – М. : Сельхозгис, 1938. – 347 с.

112. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:200 000 / А.А. Головин [и др.]. – М. : ИМГРЭ, 2002. – 92 с.

113. Зонн, С.В. Железо в почвах (генетические и географические аспекты) / С.В. Зонн. – М. : Наука, 1982. – 207 с.

114. Пигарев, Ф.Т. Комплексная оценка качества посадочного материала и его применение на Европейском Севере / Ф.Т. Пигарев, В.В. Беляев, Р.В. Сунгуров. – Архангельск : АИ ЛиЛХ, 1987. – 14 с.

115. Удельнова, Т.М. Соединения железа, меди и марганца в листьях высших растений / Т.М. Удельнова, С.Г. Юферова, Е.А. Бойченко // Изв. АН СССР. Сер. биол. – 1971. – № 1. – С. 100–105.

116. Чумаков, А.В. Определение недостатка питательных веществ у растений / А.В. Чумаков // Микроэлементы в СССР. – 1980. – Вып. 21. – С. 56–58.

117. Гэлстон, А. Жизнь зеленого растения : пер. с англ. / А. Гэлстон, П. Девис, Р. Сэттер. – М. : Мир, 1983. – 552 с.

118. Lindsay, W.L. The chemistry of iron in soils and its availability to plant / W.L. Lindsay, A.P. Schwab // J. Plant Nutr. – 1982. – Vol. 5. – P. 821–840.

119. Агрохимия и система удобрения : [для агр. спец.] / М.П. Петухов, Е.А. Панова, Н.Х. Дудина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

120. Anke, M. Macro, trace and ultratrace element intake depending on the geological origin of the habitat, time / M. Anke [at al.] // Biogeochem. Geochem. Ecol. – М. : GUN NPC TMG MZ RF, 1999. – P. 235–263.

121. Kovalsky, V.V. Biogeochemical regulation. Local biogeochemical dynamics in the biosphere / V.V. Kovalsky // Biogeochem. Geochem. Ecol. / Ecology and the Biogeochemical Study of Taxons of the Biosphere. – М. : GUN NPC TMG MZ RF, 2001. – P. 13–29.

122. Школьник, М.Я. Микроэлементы в жизни растений / М.Я. Школьник. – Л. : Наука, 1974. – 323 с.

123. Елькина, Г.Я. Сбалансированность элементов питания и продуктивность картофеля на подзолистых почвах / Г.Я. Елькина // Агрохимия. – 2006. – № 1. – С. 23–31.

124. Зырин, Н.Г. Нормирование содержания тяжелых металлов в системе почва-растение / Н.Г. Зырин, Е.В. Каплунова, А.В. Сердюкова // Химия в сел. хоз-ве. – 1985. – № 6. – С. 45–18.

125. Рогозин, М.В. Селекция сосны обыкновенной для плантационного выращивания : моногр. / М.В. Рогозин ; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2013. – 200 с.

126. Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение / В.Б. Ильин. – Новосибирск : Наука, 1991. – 151 с.

127. Черных, Н.А. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами / Н.А. Черных, Н.З. Милащенко, В.Ф. Ладонин. – Пушкино : ОНТИ ПНИ РАН, 2001. – 148 с. – (Экологическая безопасность и устойчивое развитие ; вып. 5).

128. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.

129. Цинк и кадмий в окружающей среде / Рос. акад. наук, Науч. совет по пробл. биосферы ; В.А. Алексеенко [и др.] ; В. В. Добровольский (отв. ред). – М. : Наука, 1992. – 197 с.

130. Боев, В.А. Микроэлементы в почвах и растительности Тюменского федерального заказника / В.А. Боев // Вестн. Тюмен. гос. ун-та. – 2012. – № 12. – С. 64–70.

131. Ермохин, Ю.И. Особенности накопления тяжелых металлов растениями сорго-суданкового гибрида при внесении минеральных удобрений / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко // Рос. с.-х. наука (докл. Рос. акад. с.-х. наук). – 2000. – № 6. – С. 33.

132. Ильин, В.Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва-растение : монография / В.Б. Ильин ; отв. ред. А.И. Сысо ; Российская акад. наук, Сибирское отд-ние, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Новосибирск : Изд-во Сибирского отд-ния Российской акад. наук, 2012. – 218 с.

133. Kabata-Pendias, A. Trace Elements in Soils and Plants / A. Kabata-Pendias. – 4-th Edition. – FL. : Crc Press, 2010. – 548 p.

134. Кашин, В.К. Особенности накопления микроэлементов в зерне пшеницы в Западном Забайкалье / В.К. Кашин, Л.Л. Убугунов // *Агрохимия*. – 2012. – № 4. – С. 68–76.

135. Протасова, Н.А. Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Sr, Ba, B, I, Mo) в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья / Н.А. Протасова, А.П. Щербаков. – Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2003. – 368 с.

136. Сосорова, С.Б. Микроэлементы (Mn, Cu, Zn) в почвах и растениях дельты реки Селенга / С.Б. Сосорова // *Агрохимия*. – 2008. – № 6. – С. 52–61.

137. Agulhon, H. Recherchessur la présence et le rôle du bore chez les végétaux / H. Agulhon. – Paris : These, 1910. – P. 158–163.

138. Brenchley, W.E. Inorganic plant poisons and stimulants/ W.E. Brenchley // *Ann. bot. (Gr. Brit.)*. – 1914. – № 28. – P. 3.

139. Mazé, P. Determination des elements minerauxraresnecessaires as development du mais / P. Mazé // *Compt. Rend. Acad. Sci.* – 1915. – Vol. 160. – P. 211–214.

140. Warrington, K. The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants / K. Warrington // *Ann. bot. (Gr. Brit.)*. – 1923. – Vol. 37, № 148. – P. 629–673.

141. Школьник, М.Я. Общая концепция физиологической роли бора у растений / М.Я. Школьник // *Физиология растений*. – 1974. – Т. 21. – Вып. 1. – С. 174–186.

142. Школьник, М.Я. Роль и значение бора и других микроэлементов в жизни растений / М.Я. Школьник. – Л. : Изд-во АН СССР, 1939. – 222 с.

143. Школьник, М.Я. О физиологической роли бора / М.Я. Школьник, Е.А. Соловьева // *Бот. журн.* – 1961. – Т. 46, № 2. – С. 161–173.

144. Johnson, D.L. Effect of selected nitrogen – bases and boron on the ribonucleic acid content, elongation and visible deficiency symptoms of tomato root tips / D.L. Johnson, L.S. Albert // *Plant Physiol.* – 1967. – Vol. 42, № 9. – P. 1307–1309.

145. Школьник, М.Я. К вопросу о физиологической роли бора у растений / М.Я. Школьник, М.М. Стеклова // *Докл. АН СССР*. – 1951. – Т. 77, № 1. – С. 137–140.

146. Warrington, K. The influence of length of day on the response of plants to boron / K. Warrington // *Annals of Botany*. – 1933. – Vol. 47, № 187. – P. 429–457.

147. Чернавина, И.А. Физиология и биохимия микроэлементов / И.А. Чернавина. – М. : Высш. шк., 1970. – 310 с.

148. Кедров-Зихман, О.К. Действие кобальта на сельскохозяйственные растения в связи с известкованием дерново-подзолистых почв : сб. «Известкование почв и применение микроэлементов» / О.К. Кедров-Зихман, Л.Н. Протащик, А.Н. Кожевникова. – М. : Сельхозгиз, 1957. – 431 с.

149. Кедров-Зихман, О.К. Кобальт как фактор урожайности сельскохозяйственных растений на торфяно-болотных почвах низинного типа : сб. «Известкование почв и применение микроэлементов» / О.К. Кедров-Зихман, Р.Е. Розенберг. – М. : Сельхозгиз, 1957. – 431 с.

150. Сердобольский, И.П. Химия почвы / И.П. Сердобольский. – М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1953. – 176 с.
151. Соколов, А.В. Определение в почве активного алюминия / А.В. Соколов // Химизац. соц. земл. – 1939. – № 7. – С. 70–71.
152. Чернов, В.А. О происхождении обменного алюминия в почвах / В.А. Чернов // Почвоведение. – 1959. – № 10. – С. 25–33.
153. Магницкий, К.П. Полевой контроль питания растений / К.П. Магницкий ; Всесоюз. о-во по распространению полит. и науч. знаний. – М. : Знание, 1958. – 40 с.
154. Магницкий, К.П. Диагностика питания растений по их внешнему виду / К.П. Магницкий // Агрохимические методы исследования почв. – 3 изд. – М. : Изд-во АН СССР, 1960. – С. 360–402.
155. Церлинг, В.В. Растение рассказывает о почве: (Как определить потребность растений в удобрениях) / В.В. Церлинг. – М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1963. – 86 с.
156. Церлинг, В.В. Диагностика питания растений по их химическому анализу / В.В. Церлинг // Агрохимические методы исследования почв. – 4 изд. – М. : Изд-во АН СССР, 1975. – С. 486–525.
157. Тольский, А.П. Лесные питомники (очерк на основании западноевропейских и русских опытных исследований) / А.П. Тольский. – Казань : Изд-во Татсоюза, 1925. – 130 с.
158. Турчин, Ф.В. Превращение азотных удобрений в почве и усвоение их растениями / Ф.В. Турчин // Агрохимия. – 1964. – Вып. 3. – С. 3–18.
159. Макаров, Б.Н. Газовый режим почвы / Б.Н. Макаров. – М. : Агропромиздат, 1988. – 103 с.
160. Бобрицкая, М.А. Превращения азотных удобрений в дерново-подзолистой почве / М.А. Бобрицкая, Т.В. Докшина, Е.А. Андреева // Агрохимия. – 1965. – № 7. – С. 37–41.
161. Крамер, П.Д. Физиология древесных растений / П.Д. Крамер, Т.Т. Козловский. – М. : Лесная промышленность, 1983. – 464 с.
162. Маттис, Г.Я. Теория и практика ускоренного выращивания сеянцев в питомниках / Г.Я. Маттис // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1978. – № 11. – С. 109–114.
163. Иванова, Т.И. Прогнозирование эффективности удобрений с использованием математических моделей / Т.И. Иванова ; ВАСХНИЛ, ВНИИ удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова. – М. : Агропромиздат, 1989. – 232 с.
164. Кальной, П.Г. Система применения удобрений в питомниках / П.Г. Кальной // Лесохозяйственная информация. ЦБНТИлесхоз. – М., 1974. – С. 32–37.
165. Редько, Г.И. Лесные культуры. Лесные питомники / Г.И. Редько. – Л. : ЛТА, 1976. – 66 с.
166. Родин, А.Р. Оптимальные соотношения надземной биомассы посадочного материала и корневых систем хвойных пород / А.Р. Родин, В.В. Грибков, А.В. Никитина // Лесохозяйственная информация. – 1974. – № 15. – С. 13–14.

167. Слухай, С.И. Питание и удобрение молодых древесных растений / С.И. Слухай. – Киев : Наукова думка, 1965. – 301 с.

168. Применение удобрений в лесных питомниках Белоруссии: (рекомендации) / Министерство лесного хозяйства БССР, Белорусский НИИ лесного хозяйства, Институт экспериментальной ботаники АН БССР. – Минск : Ураджай, 1972. – 53 с.

169. Справочник по применению удобрений в лесном хозяйстве / В.С. Победов [и др.] ; Белорус. науч.-исслед. ин-т лесного хоз-ва. – М. : Лесная пром-ть, 1977. – 183 с.

170. Методические рекомендации по совершенствованию эксплуатации лесосеменных плантаций хвойных видов : утв. Приказом Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 16.11.2021, № 204.

171. Методика оценки состояния лесосеменных плантаций хвойных видов : утв. Приказом Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 27.11.2017, № 255.

МГТУ ИМ. И. П. ШАМЯКИНА

Справочное издание

ПРИМЕНЕНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ,
УДОБРЕНИЙ И СПОСОБОВ ПРЕДПОСЕВНОЙ
ПОДГОТОВКИ СЕМЯН
В ЛЕСНОМ И СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Справочник

Составители:

Копытков Владимир Васильевич,
Навнько Валерий Николаевич,
Рибко Сергей Владимирович и др.

Корректор *Т. И. Татаринова*

Оригинал-макет *Е. В. Северин, Ю. С. Карась*

Дизайн обложки *Л. В. Клочкова*

Подписано в печать 24.05.2022. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Ризография. Усл. печ. л. 4,42. Уч.-изд. л. 5,18.

Тираж 66 экз. Заказ 13.

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.