

*На правах рукописи*

Макаров Сергей Сергеевич

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КЛОНАЛЬНОГО  
МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ  
И ВВЕДЕНИЕ ИХ В КУЛЬТУРУ НА ВЫРАБОТАННЫХ  
ТОРФЯНИКАХ**

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Пушкино – 2019

Работа выполнена в ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства»

**Научный руководитель:** **Родин Сергей Анатольевич,**  
доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

**Официальные оппоненты:** **Зарубина Лилия Валерьевна,**  
доктор сельскохозяйственных наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Вологодская государственная  
молочнохозяйственная академия имени  
Н.В. Верещагина», профессор кафедры лесного  
хозяйства»;

**Шабунин Дмитрий Александрович,**  
кандидат биологических наук, ФБУ «Санкт-  
Петербургский научно-исследовательский институт  
лесного хозяйства», ведущий научный сотрудник  
научно-исследовательского отдела селекции,  
воспроизводства и химического ухода за лесом.

**Ведущая организация:** ФБУ «Северный научно-исследовательский институт  
лесного хозяйства»

Защита состоится 25 декабря 2019 года в 12:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.008.03 на базе ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» по адресу: 163002, г. Архангельск, набережная Северной Двины, 17.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» - [www.narfu.ru](http://www.narfu.ru)

Автореферат разослан « \_\_\_ » октября 2019 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Клевцов Денис Николаевич

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Важную роль в организации многоцелевого, непрерывного и неистощительного использования лесов играет использование недревесных ресурсов леса, в частности – пищевых ягодных ресурсов. При этом существует необходимость искусственного культивирования ягодных растений в районах с низкой обеспеченностью ресурсами дикорастущих ягодников. Природные ресурсы некоторых видов лесных ягодных растений (голубика, княженика, жимолость) ограничены и часто подвержены антропогенному стрессу, в то время как рыночная стоимость ягод княженики и жимолости высока и спрос на них очень велик. Княженика арктическая (*Rubus arcticus* L.) – малоизученная в условиях *in vitro* ягодная культура, поэтому поисковые работы по оптимизации технологии клонального микроразмножения данного растения являются актуальными. Голубике принадлежит особое место в программах рекультивации земель, в частности выработанных торфяников.

Создание на выработанных торфяниках посадок лесных ягодных растений (княженики арктической, жимолости съедобной, голубики полувысокой) является одним из видов биологической рекультивации неиспользуемых земель лесного фонда, в частности вышедших из-под торфодобычи, и способствует их рациональному использованию, а также снижению их пожароопасности, прекращению водной и воздушной эрозии, существенному уменьшению эмиссии парниковых газов. Целесообразно закладывать плантации лесных ягодных растений оздоровленным посадочным материалом, для получения которого применяются современные методы размножения с помощью культуры клеток и тканей и регуляторов роста растений.

**Степень разработанности темы.** На сегодняшний день технология клонального микроразмножения не может в полной мере реализовать возможный потенциал лесных ягодных растений в культуре *in vitro* и требует разработки различных приемов на разных стадиях клонального микроразмножения, позволяющих снизить длительность периода субкультивирования с увеличением коэффициента размножения эксплантов, уменьшить длительность этапа корнеобразования, повысить приживаемость растений на этапе адаптации и обеспечить получение качественного посадочного материала. Изучению данной проблемы посвящено настоящее исследование.

**Цель работы** – усовершенствование технологии клонального микроразмножения лесных ягодных растений для массового получения посадочного материала.

Для достижения цели исследования в работе были поставлены следующие **задачи**:

1) усовершенствовать технологию размножения лесных ягодных растений в условиях *in vitro*;

2) выявить оптимальные стерилизаторы для стерилизации эксплантов при введении в культуру *in vitro*;

3) выявить оптимальные типы эксплантов для введения в культуру *in vitro*;

4) выявить оптимальный состав питательных сред для этапа «собственно микроразмножение»;

5) выявить оптимальную концентрацию цитокининов и ауксинов на стадии размножения и укоренения растений *in vitro*;

6) оптимизировать технологию адаптации клонируемых растений *in vitro* к нестерильным условиям *in vivo*;

7) определить урожайность лесных ягодных растений, полученных способом клонального микроразмножения, на выработанных торфяниках;

8) оценка экономической эффективности клонального микроразмножения лесных ягодных растений.

**Научная новизна.** Впервые проведены исследования на всех этапах клонального микроразмножения лесных ягодных растений с использованием новых стерилизаторов и добавления в питательную среду БАВ. Впервые использовался ряд препаратов (Экостерилизатор безхлорный, Имуноцитифит, Домоцвет, Экогель), которые не использовались на этапах введения в культуру, собственно микроразмножения, адаптации к нестерильным условиям и доращивания. Проведены испытания эффективности препаратов нового поколения при доращивании растений (хитозановый стимулятор роста растений «Слок Эко Артемия»).

**Теоретическая и практическая значимость работы.** В ходе исследования были изучены климатические характеристики и почвенно-грунтовые условия на опытных участках в районе исследований, составы питательных сред для выращивания посадочного материала лесных ягодных растений (голубика полувысокая, княженика арктическая, жимолость съедобная) *in vitro*, составы почвенных субстратов для адаптации растений в условиях *in vivo*, влияние регуляторов роста цитокининовой и ауксиновой групп на биометрические показатели растений. Полученные в работе результаты позволяют сделать выводы о закономерностях влияния комплекса факторов (питательная среда, росторегулирующие и стерилизующие вещества, почвенный субстрат) на получение оздоровленного посадочного материала лесных ягодных растений методом клонального размножения. Результаты лабораторных и полевых наблюдений могут быть включены в учебный процесс в качестве методологического материала для практических работ по дисциплинам в направлении плодоводства и сельскохозяйственной биотехнологии. Предложенные автором рекомендации могут быть использованы крестьянско-фермерскими хозяйствами и сельскохозяйственными предприятиями для промышленного (плантационного) выращивания лесных ягодных растений при проектировании и реализации мероприятий по получению оздоровленного посадочного материала хозяйственно ценных лесных ягодных растений с

высокой урожайностью, рекультивации выработанных торфяных месторождений, сохранению и повышению биологического разнообразия.

**Методология** исследования основана на системном подходе в изучении комплексного воздействия факторов на рост и развитие лесных ягодных растений в условиях *in vitro* с последующей адаптацией в условиях *in vivo*. Исследования по выращиванию растений *in vitro* проводились в лабораторных условиях по общепринятой методике. Экспериментальные работы по адаптации посадочного материала к условиям *in vivo* проводились на опытных участках, где велись регулярные морфологические обследования высаженных растений. По результатам лабораторных и полевых наблюдений выявлялись взаимосвязи между биометрическими и морфологическими параметрами растений и различным воздействием на них ряда факторов.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Оптимальный состав питательных сред для этапа «собственно микроразмножения» и оптимальная концентрация цитокининов и ауксинов на стадии размножения и укоренения лесных ягодных растений (княженика, голубика, жимолость).

2. Технология использования экопрепаратов при адаптации лесных ягодных растений (княженика, голубика, жимолость) *in vitro* в нестерильных условиях.

3. Технология размножения лесных ягодных растений (княженика, голубика, жимолость) в условиях *in vitro*.

**Степень достоверности результатов.** Достоверность и обоснованность результатов исследований подтверждается значительным объемом экспериментального материала, применением современных методов статистического анализа и использованием общепринятых в биотехнологии методов исследования. Статистическая обработка данных проводилась с помощью программного обеспечения Microsoft Office 2016, AGROS 2011.

**Апробация работы и публикации.** Результаты научных исследований представлены на международных и всероссийских научно-практических конференциях и форумах:

IV научно-практической конференции с международным участием «Молодые ученые и фармацевтика XXI века» (Москва, 2016); Международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 100-летию И.С. Шатилова (Москва, 2017); Международной научно-практической конференции «Эколого-генетические резервы селекции, семеноводства и размножения растений» (Ялта, 2017); Международной научно-практической конференция «Актуальные проблемы ботаники и охраны природы», посвященной 150-летию со дня рождения профессора Г.Ф. Морозова (Симферополь, 2017); Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе» (Каравеево, 2018, 2019); Международной научно-практической конференции «Ягоды России – 2018» (Московская область, 2018); Межрегиональном научно-практическом семинаре «Базис развития промышленного выращивания лесных ягод на северных территориях России и Сибири» (Кострома,

Архангельск, 2018); Международной научно-практической конференции «Современному АПК – эффективные технологии», посвященной 90-летию д.с.-х.н., профессора В.В. Макаровой (Ижевск, 2018); национальной научно-практической конференции «Потенциал науки и современного образования в решении приоритетных задач АПК и лесного хозяйства» (Рязань, 2019); национальной научно-практической конференции с международным участием «Инновации природообустройства и защиты окружающей среды» (Саратов, 2019); Всероссийской научной конференции с международным участием «Физиология растений – основа создания растений будущего» (Казань, 2019). По теме диссертации автором опубликовано 24 печатных работы, в том числе 12 статей в научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Исследования проводились в рамках выполнения темы НИР № 7 (№ госрегистрации АААА-А17-117041010032-0) «Изучение, анализ и оценка форм лесных ягодных растений, перспективных для выращивания на выработанных торфяниках» государственного задания «Проведение прикладных научных исследований», утвержденного приказом Рослесхоза от 25.12.2018 №1061. Полученные результаты научно-исследовательской работы внедрены в учебный процесс на кафедре биологии, агрохимии, и защиты растений ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», а также в использование при закладке питомников в ФХ «ЯгодаМир» (Будо-Кошелевский р-н Гомельской области, Республика Беларусь), ООО «Чихачи» (Торопецкий р-н Тверской области), ООО «Ягоды Югры» (г. Ханты-Мансийск), ИП глава КФХ Романов (Шимский р-н Новгородской области), ИП глава КФХ Монахова (Костромской р-н Костромской области).

**Соответствие темы диссертации требованиям паспорта специальности.** Диссертационная работа выполнена в рамках специальности 06.03.02. – «Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация», тема диссертации соответствует пункту 12 области исследования: Разработка и изучение мероприятий, направленных на совершенствование использования недревесной продукции леса.

**Личный вклад.** Автором сформулированы цели и задачи исследования, собран и проанализирован экспериментальный материал. Обобщены результаты исследований, на основе которых предложено практическое применение метода культуры клеток и тканей *in vitro* на всех этапах (введение в культуру, собственно микроразмножение, адаптация растений к почвенным условиям). На основе проведенных исследований разработана технология размножения растений в условиях *in vitro*, а также их адаптация в нестерильные условия *in vivo*.

**Структура и объем диссертации.** Работа состоит из введения, 5 глав, выводов, рекомендаций производству, заключения, списка литературы, включающего 178 наименований, из них 27 на иностранных языках. Текст диссертации изложен на 132 страницах, включая 39 таблиц, 14 рисунков и 3 приложения.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Организация устойчивого управления лесами, многоцелевое их использование при сохранении и повышении ресурсно-экологического потенциала – приоритетные направления развития лесного хозяйства и лесопромышленного комплекса на период до 2020 г., согласно документам стратегического планирования как федерального. Более полное вовлечение и эффективное использование всех лесных ресурсов, включая пользование недревесными ресурсами леса – один из способов решения проблемы устойчивого развития лесного хозяйства России. Многоцелевое лесопользование предусматривает использование всего потенциала лесных ресурсов, совмещая различные виды использования лесов на одной и той же территории. При этом доля продукции побочного пользования лесом составляет свыше 10% от общей стоимости всей лесной продукции, а в некоторых случаях сопоставима со стоимостью древесины и даже превышает ее [Леса Костромской области ..., 2006]. Одной из задач лесного хозяйства является обеспечение рентабельности использования побочной продукции (недревесные ресурсы леса). Создание плантаций лесных ягодных растений на выработанных торфяниках является одним из факторов, повышающих эффективность работы отрасли.

В главе приводится исторический аспект культивирования лесных ягодных растений (голубика полувысокая, княженика арктическая, жимолость съедобная). В последние годы как в России, так и за рубежом возникает большой интерес к культуре лесных ягодных растений, которые рекомендуются и широко используются для создания ценных сортов, а также с целью их промышленное выращивание и создания посадок на нелесных землях, в том числе на осушенных и выработанных торфяниках [Noormets, Karp, Paal, 2003; Vahejõe, et al., 2010; Тяк, 2016 и др.].

Основным из традиционных способов вегетативного размножения лесных ягодных культур являются зеленое черенкование, которое обеспечивает высокий выход посадочного материала, и размножение одревесневшими черенками, имеющее наименьший процент приживаемости. В среднем, с одного маточного растения получают большое количество зеленых черенков, укореняемость которых в зависимости от сорта, применения регуляторов роста, условий года (выход стандартных саженцев может достигать 40...60%). При благоприятных условиях за два года, с учетом доращивания, этот способ позволяет получить небольшое количество посадочного материала с одного маточного растения, что не позволяет размножать лесные ягодные культуры в промышленных масштабах.

При использовании клонального микроразмножения возможно получать в большом количестве оздоровленный посадочный материал трудноразмножаемых традиционными способами видов растений, предназначенных как для садоводов, так и для промышленного

выращивания, в условиях круглогодичной работы в лаборатории с планированием выпуска растений к определенному сроку и возможностью их хранения в пробирках растений в течение длительного времени [Бутенко, 1999; Сельскохозяйственная биотехнология ..., 2015; Калашникова, Киракосян, 2016].

## **ГЛАВА 2. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Полевые исследования были сосредоточены в юго-западной части Костромской области на территории Костромского района. Климат умеренно-континентальный с четким делением года на сезоны. Район исследований расположен в зоне избыточного увлажнения. В целом распределение осадков в течение периода вегетации растений неравномерное, что приводит в отдельные годы к продолжительным засушливым периодам. Почвы в основном дерново-сильнопodzолистые суглинистые, большей части хорошо дренированные, однако имеются выработанные торфяные месторождения верхового, низинного и переходного типа [Агроклиматический справочник ..., 1961; Масалев, 1973; Леса Костромской области ..., 2006; Дудин, 2011].

Леса Костромской области обладают большими запасами недревесных лесных ресурсов. Природно-ресурсный потенциал лесного фонда региона позволяет осуществлять все виды использования лесов, предусмотренные статьей 25 Лесного кодекса РФ, что создает необходимые условия для интенсификации многоцелевого лесопользования. Для района исследований характерно наличие площадей сосновых типов леса сфагновой олиготрофной и, частичной, мезотрофной групп (V класса бонитета и ниже, с мощностью торфа более 1 м), которые следует отводить под хозяйство на ягодники. По состоянию на 01.01.2017 г., в Костромской области, площадь земель, нарушенных в результате торфяных разработок для промышленных целей, составляет 118,6 тыс. га.

Опытные участки для адаптации посадочного материала лесных ягодных растений находятся на территории выработанных торфяных месторождений переходного типа.

## **ГЛАВА 3. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Лабораторные исследования проводили в лаборатории клонального микроразмножений растений на базе ФБУ «ВНИИЛМ». Объектами исследований являлись растения-регенераты, полученные путем введения в культуру сортов лесных ягодных культур: голубики полувысокой (сорта Northblue, Northcountry); княженики арктической (сорта Sofia, Anna); жимолости съедобной (сорта Морена, Андерма).



Процесс клонального микроразмножения состоит из 4 этапов:

1. Введение в культуру *in vitro* – выбор растения-донора, изолирование эксплантов и получение хорошо растущей стерильной культуры;
2. Собственно микроразмножение – получение максимального количества меристематических клонов за счет добавки цитокининов;
3. Укоренение размноженных побегов благодаря добавке ауксинов;
4. Адаптация растений *in vivo* в нестерильных условиях и подготовка их к реализации или посадке в поле.

При культивировании эксплантов в течение 25–30 дней поддерживали температуру +18...+25°C, 16-часовой фотопериод, освещенность 2500–4000 лк. Субкультивирование регенератов в виде побегов с 1–2 междоузлиями на питательной среде осуществляли каждые 4 недели. Использовали питательные среды MS, WPM. Повторность опыта трехкратная. В качестве регуляторов роста мы применяли синтетические аналоги природных фитогормонов: ауксины (ИМК, ИУК), цитокинины (6-БАП, Дропп, Цитодеф) и адаптогены (эпин, Иммуноцитифит, Домоцвет) в концентрациях 0,1; 0,2; 0,5 и 1,0 мг/л в зависимости от вида лесного ягодного растения и происхождения регулятора роста. В качестве стерилизующих агентов использовали растворы стерилизаторов с различной экспозицией: моющее средство «Белизна» в разведении водой 1:5 (15 мин); «Доместос» в разведении водой 1:5 (15 мин); 5%-й раствор экостерилизатора бесхлорного (“Sinergetic”) в разведении водой 1:1 (15 мин); сулема 0,1% (5 мин).

На этапе «собственно микроразмножение» мы изучали рост и развитие растений-регенерантов на питательных средах в зависимости от влияния цитокининов на процесс побегообразования в концентрациях 0,1; 0,2; 0,5 и 1,0 мг/л, а также добавки эпина в концентрации 0,1...0,5 мг/л. Учитывали количество и длину побегов, рассчитывали суммарную длину побегов путем перемножения ранее перечисленных показателей. Повторность опыта трехкратная, в каждой повторности – 10 пробирочных растений.

На этапе укоренения лесных ягодных растений изучали рост корневой системы на разных питательных средах с добавлением ауксинов и препарата Домоцвет в концентрациях 0,5...1,0 мг/л.

Адаптацию пробирочных лесных ягодных растений к нестерильным условиям *in vivo* осуществляли на 3 субстратах (торф верховой; торф + песок 1:1; кокосовый субстрат) в течение 14 дней в контролируемых условиях при освещенности 3000 лк, температуре +22...+25°C, влажности 85...90%. На 10-й день производилась подкормка растений минеральными солями питательной среды MS в разведении водой 10:1 и экопрепаратами. Полевые исследования (высадка адаптированных лесных ягодных растений с закрытой корневой системой) проводили на выработанном торфяном месторождении переходного типа на опытных участках, расположенных в Костромском районе Костромской области. Урожайность (г) учитывали с 1 м<sup>2</sup>. Схему размещения для каждого вида лесных ягодных растений на опытных делянках определяли по методике полевого опыта А.В. Доспехова (1985).

## ГЛАВА 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 4.1. Технология клонального размножения голубики полувысокой

В ходе исследований на этапе введения в культуру мы выявили, что наиболее эффективными оказались Экостерилизатор и хлорная известь при экспозиции 15 и 20 мин, где жизнеспособность эксплантов составляла 90%, 95% и 75%, 95%, соответственно. Следует отметить достаточно высокую жизнеспособность эксплантов при обработке сулемой в течение 15 мин, но при увеличении экспозиции до 20 мин она резко снижалась до 25%. Это связано, по-видимому, с фитотоксичностью хлорида ртути. При экспозиции 10 и 15 мин процент жизнеспособных эксплантов при обработке исследуемыми стерилизующими агентами, кроме Экостерилизатора, был низким и не превышал 20–25%, остальные экспланты погибали от инфекции.

На этапе «собственно микроразмножение» количество побегов голубики полувысокой сорта Northcountry незначительно увеличивалось с уменьшением концентрации питательных элементов в питательной среде и составляло в среднем: на питательной среде WPM – 3,7 шт., на WPM 1/2 – 4,2 шт., на WPM 1/4 – 5,2 шт. Повышение концентрации в питательной среде цитокинина 6-БАП от 1,0 до 2,0 мг/л оказало существенное влияние на количество побегов голубики сорта Northcountry и составило в среднем 4,1 и 4,6 шт., соответственно. Аналогичная закономерность проявлялась и в опыте с сортом Northblue, где количество побегов было наибольшим на питательной среде WPM 1/4 и составляло в среднем 4,5 шт., а на WPM и WPM 1/2 – по 3,7 шт. Различия в количестве побегов в зависимости от концентрации в питательной среде цитокинина 6-БАП были не существенны.

Суммарная длина побегов голубики полувысокой сорта Northcountry существенно увеличивалась при использовании питательной среды WPM 1/4 (15,0 см) по сравнению с WPM (9,9 см) и WPM 1/2 (9,4 см). Увеличение концентрации цитокинина 6-БАП от 1,0 до 2,0 мг/л способствовало значительному уменьшению суммарной длины побегов от 13,3 до 9,5 см. У сорта Northblue также наблюдалось существенное увеличение суммарной длины побегов в питательной среде WPM 1/4 до 13,0 см, в сравнении с WPM (8,9 см) и WPM 1/2 (9,0 см). С увеличением концентрации 6-БАП от 1,0 до 2,0 мг/л суммарная длина побегов голубики сорта Northblue уменьшалась от 12,0 до 8,6 см.

По многолетним данным, исследуя количество пассажей, наблюдаются как максимальный, так и минимальный коэффициенты размножения голубики полувысокой. Анализируя данные графика на рисунке 1, можно сделать вывод, что у сорта Northcountry наивысший коэффициент размножения отмечается на 6–8-й пассажи, а у сорта Northblue – на 5–7-й. У обоих сортов голубики полувысокой резко снижается коэффициент размножения с 9–10-го пассажа.

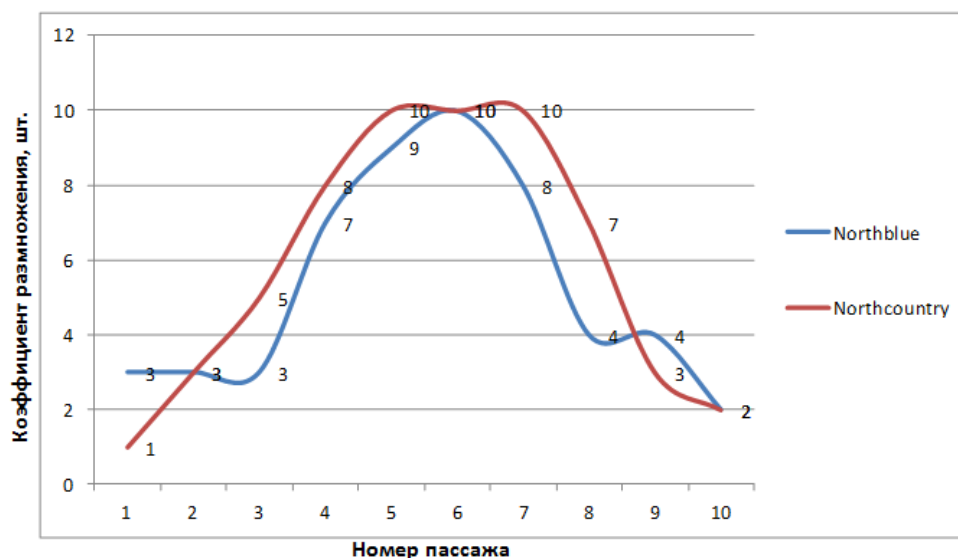


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента размножения сортов голубики полувысокой от количества пассажей

На этапе «укоренение *in vitro*» количество корней у растений-регенерантов голубики полувысокой сорта Northblue было больше на питательной среде WPM 1/4, чем на WPM 1/2, и составляло в среднем 5,5 и 3,2 шт., соответственно. С повышением концентрации ауксина ИМК от 0,5 до 1,0 мг/л количество корней увеличивалось незначительно – от 3,7 до 3,9 шт. При использовании препарата Домоцвет в концентрации 0,5 мг/л количество корней составляло 5,0 шт., при 1,0 мг/л – 4,7 шт.

Средняя длина корней у растений-регенерантов голубики была больше на питательной среде WPM 1/4 и составляла в среднем 1,6 см, а на среде WPM 1/2 – 1,3 см. При повышении концентрации ауксина ИМК от 0,5 до 1,0 мг/л средняя длина корней уменьшалась от 1,7 до 1,3 см, а при аналогичных концентрациях препарата Домоцвет она составляла 1,4 и 1,5 см, соответственно.

Суммарная длина корней голубики полувысокой сорта Northblue была в 2 раза больше на питательной среде WPM 1/4 (8,8 см), чем на WPM 1/2 (4,2 см). С повышением концентрации ауксина и препарата Домоцвет от 0,5 до 1,0 мг/л она уменьшалась с 6,6 см до 4,9 см и от 7,5 до 7,0 см, соответственно. Суммарная длина корней голубики при добавлении в питательную среду препарата Домоцвет в концентрациях 0,5 и 1,0 мг/л была больше, чем при использовании ауксина ИМК в аналогичных концентрациях.

#### 4.2. Технология клонального размножения княженики арктической

В результате наших исследований мы выявили, что на этапе введения в культуру *in vitro* наиболее эффективным оказался экостерилизатор бесхлорный, где приживаемость составила 90–93%. Ниже был процент приживаемости в варианте с Сулемой 0,1% (79–82%), еще ниже – при стерилизации раствором моющего средства Белизна в разведении 1:3 (лишь 65–70%).

На этапе «собственно микроразмножение» мы выявили существенное влияние добавления в питательную среду Мурасиге-Скуга цитокинина 6-БАП и незначительное – адаптогена эпина. Так, количество микропобегов на одно пробирочное растение княженики на безгормональной среде (контроль) составило в среднем 1,2 шт., а добавление в питательную среду цитокинина 6-БАП в концентрации 0,5 и 1,0 мг/л способствовало значительному увеличению количества микропобегов до 2,9 и 5,0 шт., соответственно.

При добавлении в питательную среду эпина в концентрации 0,1 мг/л мы наблюдали незначительное увеличение количества побегов, которое составило в среднем 3,2 шт, а без эпина – 2,9 шт. По взаимодействию факторов наибольшее количество побегов наблюдалось в варианте с концентрацией цитокинина 6-БАП 1,0 мг/л с эпином с концентрацией 0,1 мг/л, оно достигало 5,0 шт.

Суммарная длина побегов у княженики арктической существенно различалась в зависимости от добавления цитокинина 6-БАП и эпина. Так, в контроле она составила в среднем 2,65 см, а в вариантах с 6-БАП 0,5 и 1,0 мг/л – 5,95 и 3,0 см, соответственно. Причем между вариантами с разной концентрацией 6-БАП различия существенны.

Добавление эпина способствовало значительному увеличению суммарной длины побегов, которая составила в среднем 4,7 см, а без эпина лишь 3,0 см. Анализируя взаимодействие факторов, следует выделить вариант с концентрацией 6-БАП 0,5 мг/л с добавлением эпина, где суммарная длина микропобегов была максимальна и достигала 7,8 см, в то время как в других вариантах с цитокинином она была незначительно меньше, а в вариантах без 6-БАП минимальна (2,7 и 2,6 см, соответственно).

Мы также проанализировали влияние количества пассажей растений-регенерантов на коэффициент размножения сортов княженики арктической. До 4-го пассажа наблюдалось стремительное увеличение коэффициента размножения до 12 у обоих исследуемых сортов княженики арктической. У сорта Sofia максимальный коэффициент размножения сохранялся с 4-го по седьмой пассаж, затем снижался до 4 на одиннадцатом пассаже. У сорта Анна, начиная с 5-го пассажа коэффициент размножения, плавно уменьшался до 8 на 7-м пассаже, затем опять увеличился до 12 на 9-м пассаже. Далее коэффициент размножения у обоих сортов уменьшался (рисунок 2).

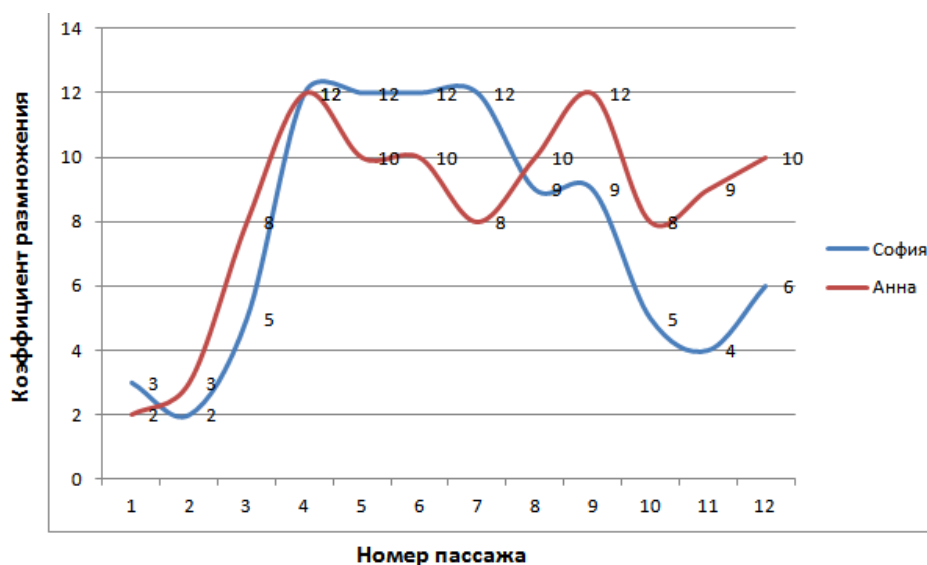


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента размножения сортов княженики арктической от количества пассажиров

При концентрации ауксина ИМК 1,0 мг/л формировалось большее, чем при концентрации ИМК 0,5 мг/л или в вариантах с ИУК количество корней в среднем 4,8 шт. В зависимости от наличия в питательной среде Экогеля (0,5 мг/л) различия были не существенны – в среднем 4,2 и 4,4 шт.

При взаимодействии факторов наибольшее количество корней княженики образовывалось при добавлении в питательную среду ИМК в концентрации 1,0 мг/л и Экогеля 0,5 мг/л, оно составляло 5,0 шт.

Средняя длина корней княженики была значительно больше в вариантах с ИМК (1,1 и 1,2 см), чем с ИУК (0,9 см). Наличие в питательной среде Экогеля способствовало существенному увеличению средней длины корней. Максимальная длина корней также была в варианте ИМК 1,0 мг/л + Экогель 0,5 мг/л и составляла 1,3 см.

Суммарная длина корней княженики также была значительно больше в вариантах с ИМК, она достигала в среднем при концентрации 1,0 мг/л 5,4 см, при 0,5 мг/л – 4,3 см, а с ИУК – 3,4 и 3,8 см, соответственно. При добавлении в питательную среду Экогеля в концентрации 0,5 мг/л суммарная длина корней княженики была значительно больше. Наибольшая суммарная длина корней также была в варианте ИМК 1,0 мг/л + Экогель 0,5 мг/л и составляла 6,3 см.

Таким образом, добавление в питательную среду цитокинина 6-БАП способствовало значительному увеличению количества побегов, уменьшению их средней длины и увеличению суммарного прироста. Это объясняется тем, что при добавлении цитокинина 6-БАП в питательную среду снимается апикальное доминирование, развиваются боковые побеги, их много, но они небольшой длины. Оптимальным вариантом, где формировалось максимальное количество, средняя и суммарная длина корней оказался вариант с добавлением ИМК 1,0 мг/л и Экогель 0,5 мг/л.

### 4.3. Технология клонального размножения жимолости съедобной

В результате исследований нами установлено положительное влияние Экостерилизатора бесхлорного и 0,1% раствора сулемы на этапе введения в культуру эксплантов растений жимолости съедобной. При использовании Экостерилизатора бесхлорного при времени экспозиции 15 мин наблюдалась наибольшая жизнеспособность эксплантов *in vitro* сортов Андерма и Морена (65% и 60%, соответственно), а при использовании 0,1% раствора сулемы при том же времени экспозиции данные сорта имели более низкую приживаемость (45% и 42%, соответственно).

Выявлено существенное влияние добавления в питательную среду Мурасиге-Скуга цитокинина 6-БАП и адаптогена эпин на этапе «собственно микроразмножение». По данным, установленным на 1-й год выращивания, количество побегов на безгормональной среде (в контроле) было 2,2 шт., а при концентрации цитокинина 6-БАП 0,5 и 1,0 мг/л значительно увеличивалось до 4,8 и 5,6 шт., соответственно. Добавление в питательную среду эпина в концентрации 0,1 мг/л способствовало незначительному уменьшению количества побегов. При взаимодействии факторов наибольшее количество побегов было в варианте с концентрацией цитокинина 6-БАП 1,0 мг/л без эпина и достигало 7,2 шт.

По данным проведенного учета по влиянию концентраций цитокинина 6-БАП, сохранилась аналогичная закономерность. Так, наименьшее количество микропобегов на одно пробирочное растение жимолости было на безгормональной среде и составило в среднем 2,0 шт., а при добавлении в питательную среду 6-БАП в концентрации 0,5 и 1,0 мг/л количество микропобегов значительно увеличивалось в среднем до 5,1 и 6,1 шт., соответственно. Добавление в питательную среду эпина в концентрации 0,1 мг/л способствовало незначительному уменьшению количества побегов, которое составило в среднем 4,1 шт., а без эпина – 4,7 шт. По взаимодействию факторов наибольшее количество побегов также было в варианте с концентрацией цитокинина 6-БАП 1,0 мг/л без эпина – 7,6 шт., а наименьшее количество побегов наблюдалось в вариантах на питательной среде без 6-БАП с эпином и без эпина – всего 2,4 и 1,6 шт.

Нами выявлены существенные различия по суммарной длине побегов у жимолости сорта Морена в зависимости от добавления цитокинина 6-БАП и эпина. На безгормональной среде она составила в среднем 5,6 см, а в вариантах с 6-БАП 0,5 и 1,0 мг/л 9,0 и 8,2 см, соответственно. Причем между вариантами с разной концентрацией цитокинина различия статистически не значимы. При добавлении эпина значительно увеличивалась суммарная длина побегов, составившая в среднем 8,3 см, а без эпина лишь 6,9 см. По взаимодействию факторов максимальная суммарная длина была в варианте с концентрацией 6-БАП 0,5 мг/л с добавлением эпина, она достигала 10,4 см, в то время как в других вариантах с цитокинином она была незначительно меньше, а в вариантах без 6-БАП минимальна – 6,9 и 4,2 см.

При добавлении эпина значительно увеличилась суммарная длина побегов, которая составила в среднем 8,7 см, а без эпина – лишь 7,1 см. При взаимодействии факторов в варианте с концентрацией 6-БАП 0,5 мг/л с добавлением эпина наблюдалась максимальная суммарная длина микропобегов жимолости, которая составила 10,8 см, в то время как в других вариантах с цитокинином 6-БАП она была незначительно меньше, а в вариантах без 6-БАП – минимальна (7,8 и 3,7 см).

Регуляторы роста в больших концентрациях угнетают растения, поэтому следует отдать предпочтение вариантам с концентрацией 6-БАП 0,5 мг/л. При взаимодействии 6-БАП 0,5 мг/л с эпином отмечен максимальный суммарный прирост микропобегов. А чем больше суммарный прирост, тем больше микрочеренков можно нарезать с одного растения. В вариантах с эпином растения выглядели более крупными и жизнеспособными.

Для изучения влияния последствия эпина на интенсивность процесса побегообразования исследуемые растения высаживали на безгормональную питательную среду Мурасиге-Скуга. Мы наблюдали значительное увеличение количества, средней и суммарной длины побегов у растений жимолости *in vitro*, пересаженных с питательной среды с добавлением эпина. Так, количество побегов составило 2,4 шт., их средняя длина – 4,5 см, а суммарный прирост побегов – 11,9 см. Последствие эпина оказывало стимулирующее воздействие на процесс побегообразования *in vitro*, и способствовало увеличению количества побегов жимолости в 1,7, их средней длины – в 2,1, а суммарного прироста – в 4,25 раза.

Коэффициент размножения в начале клонирования увеличивался достигая у сорта Андерма 7 на третьем пассаже, а у Морены 9 на пятом пассаже. Затем наблюдались его колебания у сорта Андерма от 4-5 до 8, а у сорта Морена от 4 до 6-7 (рисунок 3).

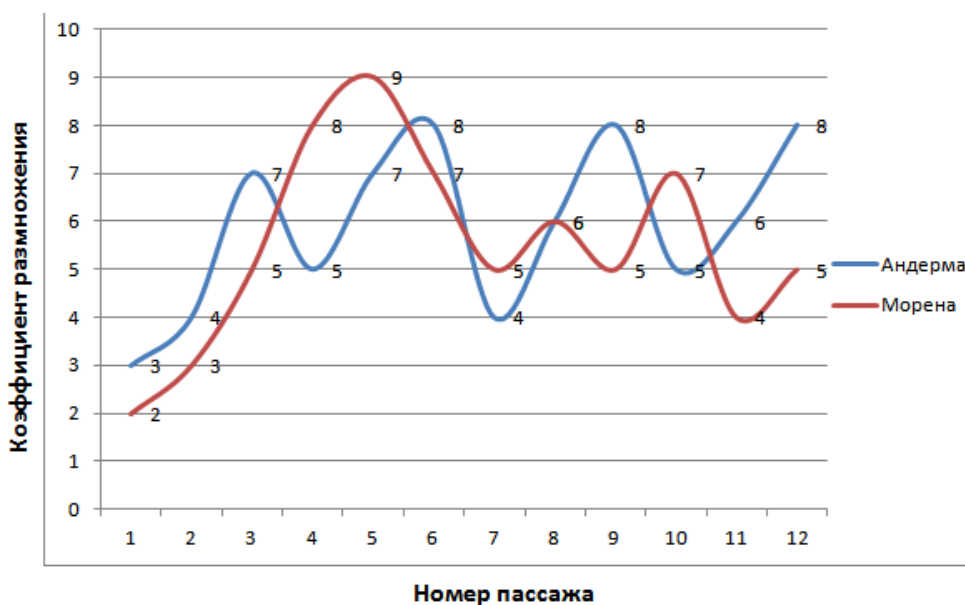


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента размножения сортов жимолости съедобной от количества пассажей

Количество микропобегов у растений-регенерантов жимолости зависело от типа цитокининов и их концентрации. При увеличении концентрации цитокининов 6-БАП и Дропп от 0,5 до 1,0 мг/л количество побегов увеличивалось, а у Цитодеф – незначительно снижалось.

Наибольшее количество побегов формировалось при добавлении в питательную среду Мурасиге-Скуга цитокининов Дропп 1,0 мг/л и Цитодеф 0,5 мг/л и составляло в среднем 13,3 и 13,5 шт., соответственно. Наличие в питательной среде адаптогена Иммуноцитифит в вариантах с одинаковыми концентрациями 6-БАП не оказывало значительного влияния на количество побегов, то же самое наблюдалось и в вариантах с цитокинином Дропп. Иначе проявлялось действие Иммуноцитифита в вариантах с одинаковыми концентрациями Цитодефа, где количество побегов значительно уменьшалось. Так, в среднем количество побегов при концентрации Цитодефа 0,5 мг/л составляло 13,5 шт., при 1,0 мг/л – 12,2 шт., а при добавлении Иммуноцитифита – 11,7 и 10,7 шт. соответственно.

Средняя длина побегов уменьшалась при увеличении концентрации от 0,5 до 1,0 мг/л каждого из регуляторов роста от 2,8–3,0 до 1,5–1,7 см. При одинаковых концентрациях различия средней длины побегов в зависимости от типа регулятора роста составляли 0,2 см, а от сорта – 0,1 см.

Суммарная длина побегов жимолости зависела от типа и концентрации росторегулирующих веществ. У каждого из цитокининов при концентрации 0,5 мг/л она была больше, чем при 1,0 мг/л. В вариантах с одинаковыми концентрациями наибольшая суммарная длина побегов отмечена при добавлении в питательную среду цитокинина Цитодеф, а наименьшей – 6-БАП. Присутствие Цитодефа 0,5 мг/л в питательной среде способствовало значительному снижению суммарной длины побегов жимолости.

В опыте по изучению влияния концентраций ауксина ИМК на корнеобразование микропобеги жимолости пересадили на питательную среду Мурасиге-Скуга, содержащую ИМК в концентрации 0,5 и 1,0 мг/л. На 1-й год выращивания количество корней у жимолости на питательной среде без факторов роста было наименьшим, а при концентрации ауксина ИМК 0,5 и 1,0 мг/л значительно увеличивалось, достигая 3,2 и 5,4 шт., соответственно. По данным учета, проведенного в марте 2016 г. по влиянию концентрации ИМК, сохранилась та же закономерность – с увеличением содержания в питательной среде ауксина от 0,5 до 1,0 мг/л количество корней увеличивалось. При этом суммарная длина корней была в 1,5 раза больше.

#### **4.4. Адаптация к нестерильным условиям *in vivo* лесных ягодных растений, выращенных в условиях *in vitro***

При пересадке растений-регенерантов исследуемых культур для адаптации в нестерильные условия в разные сроки (через каждые 10 дней) приживаемость растений в марте у растений голубики и жимолости составила 35%, у княженики 76%. В апреле приживаемость растений голубики 48%, княженики 80%, жимолости 55%. Наилучшая приживаемость



отмечена в мае: у голубики – 68%, княженики – 80%, жимолости – 85%. Самым благоприятным и оптимальным сроком для пересадки растений регенерантов голубики и жимолости в нестерильные условия является месяц май. Пересадку растений регенерантов княженики можно производить с марта по май включительно.

У различных культур состав субстрата по-разному влиял на процент приживаемости, длину побегов и количество листьев. У голубики полувысокой максимальная приживаемость у сортов Northblue и Northcountry была при использовании субстрата из торфа, она достигала 97,4–99,8%. На субстрате торф + песок 1:1 приживаемость составляла 69,4–72,5%, а на кокосовой стружке была наименьшей – всего 32,8–42,3%. Аналогичная закономерность наблюдалась и по средней длине побегов, и по количеству листьев – наибольшие показатели на субстрате из торфа, а наименьшие – на кокосовой стружке. У княженики арктической самая высокая приживаемость у сортов Anna и Sofia была на субстратах из торфа и кокосовой стружки – 89,9–90,1%, а на субстрате «торф + песок» 1:1 лишь 49,7–50,4%. По длине побегов и количеству листьев четкой закономерности не прослеживалось. Для жимолости сортов Морена и Андерма максимальная приживаемость отмечена на субстрате из кокосовой стружки – 90,8–93,1%, а на субстрате из торфа и песка 1:1 была меньше – 79,6–80,1%, на торфе еще меньше – 45,0–70,0%. Средняя длина побегов и количество листьев оказались наименьшими у растений на субстрате из торфа и песка 1:1 – 2,0–2,5 см и 6,8–7,3 шт., соответственно, в то время как на торфе и кокосовой стружке длина побегов варьировала от 2,8 до 3,2 см, а количество листьев от 7,6 до 8,2 шт.

Хитозановый стимулятор роста растений «Слокс Эко Артемия» оказывал положительное влияние на приживаемость адаптируемых к нестерильным условиям растений-регенерантов различных культур (таблица 1). При опрыскивании данным препаратом в концентрации 1,0 мл/л приживаемость в среднем составляла 78%, при концентрации 2,0 мл/л – 89%, тогда как в контрольном варианте, при опрыскивании водой – лишь 44%. Наиболее высокий процент приживаемости отмечен у княженики арктической при обработке раствором «Слокс Эко Артемия» в концентрации 1,0 мл/л – 94%, а у голубики полувысокой и жимолости съедобной при концентрации 2,0 мл/л – 90–92%.

**Таблица 1 – Влияние стимулятора роста растений «Слокс Эко Артемия» на приживаемость лесных ягодных растений в условиях *in vivo* при опрыскивании**

Название культуры	Приживаемость, %			
	Вода (контроль)	Хитозановый стимулятор роста растений «Слокс Эко Артемия»		Среднее
		1,0 мл/л	2,0 мл/л	
Голубика полувысокая	49	68	92	70
Княженика арктическая	45	94	85	75
Жимолость съедобная	38	72	90	67
Среднее	44	78	89	-

Была выявлена урожайность культур лесных ягодных растений, полученных способом клонального микроразмножения, на выработанных торфяниках (таблица 2). Средняя урожайность княженики арктической сорта Anna составила 73,2 г/м<sup>2</sup>, сорта Sofia – 71,0 г/м<sup>2</sup>. Урожайность сортов жимолости съедобной Андерма и Морена на учетных площадках с гнездовым способом размещения посадок (5 кустов на 1 м<sup>2</sup>) составила 90,5 и 108,9 г/м<sup>2</sup> соответственно. У полувысокой голубики сортов Nothblue и Northcountry в 2019 г. были отмечены только единичные ягоды.

**Таблица 2 – Урожайность лесных ягодных растений, полученных методом клонального микроразмножения, на выработанных торфяниках**

Вид культуры	Сорт	Год		Средняя урожайность, г/м <sup>2</sup>
		2018	2019	
Голубика полувысокая	Nothblue	0		единичные ягоды
	Northcountry	0		единичные ягоды
Княженика арктическая	Anna	31,1	115,3	73,2
	Sofia	29,6	112,4	71,0
Жимолость съедобная	Андерма	60,4	120,6	90,5
	Морена	78,3	139,5	108,9

## **5. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ**

По результатам экономических расчетов на примере княженики арктической, в структуре производственных затрат наибольший удельный вес составляют затраты на саженцы (840 807,78 руб. при выходе растений 20 800 шт.). Себестоимость выращивания одного растения составила 40,42 руб. Получены показатели, характеризующие экономическую эффективность производства княженики (таблица 3).

**Таблица 3 – Экономическая эффективность выращивания княженики арктической**

Показатель	Значение
Полная себестоимость 1 шт, руб.	43,6
Цена реализации 1 шт, руб	200
Прибыль, убыток (–) от реализации 1 шт, руб.	156,3
Уровень рентабельности, %	358,2

Рентабельность составила 358,2%, следовательно, на каждый рубль возмещенных затрат будет получено 3 рублей 58 копеек прибыли. Таким образом, выращивание княженики таким методом экономически выгодно и ее можно рекомендовать для выращивания на предприятиях.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие **выводы:**

1. Введение в культуру лесных ягодных растений (голубика полувысокая, княженика арктическая, жимолость съедобная) является одним из эффективных способов биологической рекультивации выработанных торфяников в виде создания целевых плантаций для получения пищевой товарной продукции, а также закладки культур ягодных растений в целях увеличения биразнообразия и ценности естественно и искусственно формирующихся лесов.

2. В результате выполненной работы усовершенствована технология размножения лесных ягодных растений (голубики, княженики, жимолости) в условиях *in vitro*, что позволяет более полно реализовать их биологический потенциал, и обеспечит ускоренное массовое получение качественного посадочного материала на промышленной основе.

3. Создание посадок ягодных растений (голубика, княженика, жимолость) на выработанных торфяниках способствует рациональному использованию лесных земель, введению их в хозяйственный оборот, а также снижает их пожароопасность, предотвращает водную и ветровую эрозию, уменьшает эмиссию парниковых газов.

4. При введении в культуру голубики полувысокой в качестве основных стерилизаторов наиболее эффективными оказались 5% раствор Экостерилизатора (безхлорного) в разведении 1:1 и хлорная известь в разведении 1:2 при экспозициях 15 и 20 мин, а также 0,1% раствор сулемы при экспозиции 15 мин, где жизнеспособность эксплантов составляла 75–95%.

5. При культивировании растений-регенерантов голубики полувысокой сортов Northcountry и Northblue на питательной среде WPM 1/4 их суммарная длина побегов была значительно больше, чем у растений на средах WPM и WPM 1/2.

6. Наличие в питательной среде Экогеля способствовало существенному увеличению количества корней голубики, средней и суммарной длины корней в среднем в 1,2 раза.

7. На этапе «укоренение *in vitro*» голубики полувысокой сорта Northblue при использовании препарата Домоцвет в концентрациях от 0,5 до 1,0 мг/л количество и суммарная длина корней больше, чем при добавлении в питательную среду ИМК в таких же концентрациях.

8. Экогель в концентрации 0,5 мг/л способствовал увеличению длины корней княженики на этапе укоренение растений *in vitro*.

9. Наиболее высокий процент приживаемости отмечен у княженики арктической при обработке раствором «Слокс Эко Артемия» в концентрации 1,0 мл/л – 94%, а у голубики полувысокой и жимолости съедобной при концентрации 2,0 мл/л – 90–92%.

10. Отмечено положительное влияние эпина в концентрации 0,1 мг/л на биометрические показатели растений жимолости съедобной. Наибольшие количество побегов и суммарный прирост наблюдались при взаимодействии эпина с 6-БАП в концентрации 0,5 мг/л.

11. При клональном микроразмножении жимолости регуляторы роста Дроп и Цитодеф проявляли большую цитокининовую активность по сравнению с 6-БАП.

12. Наибольшая суммарная длина побегов жимолости была отмечена при наличии в питательной среде Мурасиге-Скуга цитокинина Цитодеф в концентрации 0,5 мг/л.

13. На этапе «укоренение *in vitro*» повышение концентрации ауксина ИМК от 0,5 до 1,0 мг/л способствовало увеличению количество корней у растений жимолости в 1,2–1,7 раза, незначительному снижению средней длины, но суммарный прирост корней при этом отличался несущественно.

14. Выращивание посадочного материала методом клонального микроразмножения по нашей технологии, по результатам экономической эффективности, экономически выгодно. Рентабельность составила 358,2%.

15. Разработаны рекомендации по технологии и агротехнике плантационного возделывания голубики полувысокой на осушенных и выработанных торфяниках в целях рекультивации данных земель. Разработан регламент микроразмножения голубики полувысокой. Определены оптимальные концентрации фитогормонов.

Для промышленного (плантационного) выращивания лесных ягодных растений при проектировании и реализации мероприятий по получению оздоровленного посадочного материалы хозяйственно ценных лесных ягодных растений с высокой урожайностью целесообразно дать следующие практические **рекомендации производству**:

1. Значение дикорастущих ягодных растений в экономике страны постоянно возрастает. В последние годы расширяется спрос на свежие, замороженные и переработанные лесные ягоды как со стороны российских, так и зарубежных потребителей. Урожай дикорастущих ягодников сильно варьирует по годам, а в отдельные годы может практически отсутствовать. Поэтому производство, основанное на заготовке и переработке дикорастущих ягод, не может быть стабильно рентабельным. Как показывает мировой опыт, наиболее эффективным является промышленное выращивание лесных ягодных растений на специализированных плантациях.

2. Для создания посадок на больших площадях в оптимальные сроки необходимо большое количество селекционного посадочного материала. Для этого необходимы подбор и разработка наиболее экономичных и эффективных способов получения качественного оздоровленного посадочного материала, сохраняющего сортовые свойства используемых видов ягодных растений.

3. Наиболее эффективным способом получения оздоровленного качественного посадочного материала является способ размножения с использованием культуры клеток и тканей растений.

4. Согласно результатам проведенных исследований, на этапе «собственно микроразмножение» голубики полувысокой, княженики арктической, жимолости съедобной рекомендуется в питательную среду Мурасиге-Скуга добавлять цитокинин 6-БАП в концентрации 0,5 мг/л и адаптоген эпин в концентрации 0,1 мг/л; на этапе «укоренение in vitro» – ИМК в концентрации 1,0 мг/л; для адаптации можно использовать субстрат, состоящий из кокосовой стружки.

5. При выборе питательной среды для княженики арктической на этапе «собственно микроразмножение» в питательную среду Мурасиге-Скуга добавлять цитокинин 6-БАП в концентрации 0,5 мг/л и адаптоген эпина; на этапе «укоренение in vitro» – в питательную среду Мурасиге-Скуга с добавлять ИМК в концентрации 1,0 мг/л и Экогель в концентрации 0,5 мг/л.

6. Для адаптации растений-регенерантов голубики полувысокой рекомендуется использовать субстрат из торфа, для княженики арктической – из торфа и кокосовой стружки, для жимолости съедобной – из кокосовой стружки.

7. По результатам экономических расчетов установлено, что поэтапное выращивание княженики биотехнологическим методом размножения с последующим доращиванием в кассетах и выращиванием в полевых условиях является экономически выгодным производством. Рентабельность от продажи готовых саженцев превышает 300%, что позволит обеспечить предприятие оздоровленным посадочным материалом в короткие сроки.

## **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Статьи, опубликованные в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования основных результатов**

1. **Макаров С.С.,** Кузнецова И.Б., Смирнов В.С. Влияние регуляторов роста на органогенез растений при клональном микроразмножении княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) [Электронный ресурс] // Лесохозяйственная информация. – 2017. – № 2 (4). – С. 103–108. Режим доступа: <http://lhi.vniilm.ru/>

2. **Макаров С.С.,** Калашникова Е.А. Влияние состава питательной среды на клональное микроразмножение жимолости съедобной // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – Т. XLIX. – С. 217–222.

3. **Макаров С.С.,** Калашникова Е.А., Киракосян Р.Н. Вегетативное размножение жимолости синей (*Lonicera ceruleae* L.) в условиях in vivo и in vitro // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 82–91.

4. **Макаров С.С.,** Кузнецова И.Б., Смирнов В.С. Влияние регуляторов роста на органогенез жимолости при клональном микроразмножении // Вестник НГАУ. – 2018. – № 4. – С. 36–42.

5. **Макаров С.С.,** Кузнецова И.Б., Смирнов В.С. Влияние способов стерилизации и типов эксплантов жимолости синей на их жизнеспособность

в условиях *in vitro* [Электронный ресурс // Лесохозяйственная информация. – 2018. – № 2. – С. 96–101. Режим доступа: <http://lhi.vniilm.ru/>

6. **Макаров С.С.**, Кузнецова И.Б. Корнеобразование *in vitro* и адаптация *ex vitro* княженики арктической при клональном микроразмножении // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 6 (74). – С. 52–55.

7. **Макаров С.С.**, Калашникова Е.А., Румянцева Е.П. Продуктивность растений жимолости съедобной в зависимости от технологии их размножения // Вестник Поволжского гос. технол. ун-та. Серия «Лес. Экология. Природопользование». – 2018. – № 3 (39). – С. 76–83.

8. **Макаров С.С.**, Кузнецова И.Б., Смирнов В.С. Совершенствование технологии клонального микроразмножения княженики арктической [Электронный ресурс] / С. С. Макаров, И. Б. Кузнецова, В. С. Смирнов // Лесохозяйственная информация. – 2018. – № 4. – С. 91–97. Режим доступа: <http://lhi.vniilm.ru/>

9. Тяк Г.В., **Макаров С.С.**, Калашникова Е.А., Тяк А.В. Размножение и культивирование княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) // Плодоводство и ягодоводство России. – 2018. – Т. 52. – С. 95–99.

10. Коренев И.А., Тяк Г.В., **Макаров С.С.** Создание новых сортов лесных ягодных растений и перспективы их интенсивного размножения (*in vitro*) [Электронный ресурс] // Лесохозяйственная информация. – 2019. – № 3. – С. 180–189. Режим доступа: <http://lhi.vniilm.ru/>

11. **Макаров С.С.**, Кузнецова И.Б. Клональное микроразмножение голубики полувысокой на этапах «введение в культуру» и «собственно микроразмножение» // Вестник БГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2019. – № 3 (56). – С. 28–33.

12. **Макаров С.С.**, Кузнецова И.Б. Особенности органогенеза голубики полувысокой на разных этапах клонального микроразмножения // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 4 (78). – С. 105–106.

#### Публикации в других научных изданиях:

1. **Макаров С.С.**, Кузнецова И.Б. Влияние росторегулирующих веществ при клональном микроразмножении жимолости сорта Морена // Первые шаги в науке. Тр. Костромской ГСХА. – Кострома: КГСХА, 2015. – Вып. 83. – С. 22–26.

2. **Макаров С.С.**, Калашникова Е.А. Влияние регуляторов роста на размножение жимолости съедобной *in vitro* // Молодые ученые и фармация XXI века: сб. тр. IV науч.-практ. конф. с междунар. участием. – М.: ВИЛАР, 2016. – С. 74–76.

3. **Макаров С.С.** Вегетативное размножение княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) *in vitro* // Актуальные проблемы ботаники и охраны природы : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., посв. 150-летию со дня рождения профессора Г. Ф. Морозова (Симферополь, 28–30 ноября 2017 г.). – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2017. – С. 72–76.

4. **Макаров С.С.**, Румянцева Е.П. Методика возделывания и уборки культур жимолости съедобной в Нечерноземье // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: сб. ст. 69-й Междунар. науч.-практ. конф. (Караваево, 18 января 2018 г.). – Караваево: Костромская ГСХА, 2018. – Т. 1. – С. 77–81.

5. Кузнецова И.Б., **Макаров С.С.** Влияние цитокининов на процесс побегообразования при клональном микроразмножении жимолости синей (*Lonicera caerulea* L.) // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе : сб. ст. 70-й Междунар. науч.-практ. конф. (Караваево, 17 января 2019 г.). – Караваево : Костромская ГСХА, 2019. – Т. 1. – С. 64–68.

6. **Макаров С.С.**, Чудецкий А.И. Влияние видов черенкования на продуктивность жимолости синей [Электронный ресурс] // Современному АПК – эффективные технологии: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посв. 90-летию д.с.-х.н., проф. В.В. Макаровой (Ижевск, 11–14 декабря 2018 г.). – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – Т. 1. Агрономия. – С. 288–291. Режим доступа: [https://izhgsha.ru/images/DOCS/Nauka/Konferenc/11-14\\_dec-2018/Makarova\\_tom\\_1.pdf](https://izhgsha.ru/images/DOCS/Nauka/Konferenc/11-14_dec-2018/Makarova_tom_1.pdf)

7. **Макаров С.С.**, Кузнецова И.Б., Чудецкий А.И. Влияние росторегулирующих веществ на органогенез при клонировании княженики арктической // Инновации природообустройства и защиты окружающей среды: мат-лы I Национальной науч.-практич. конф. с междунар. участием (Саратов, 23–24 января 2019 г.). – Саратов: ООО Изд-во «КУБиК», 2019. – С. 554–559.

8. **Макаров С.С.**, Кузнецова И.Б. Оптимизация адаптации и размножения жимолости съедобной (*Lonicera edulis*) // Потенциал науки и современного образования в решении приоритетных задач АПК и лесного хозяйства : мат-лы юбилейной нац. науч.-практ. конф. (Рязань, 20–21 февраля 2019 г.). – Рязань: Изд-во РГАУ, 2019. – С. 212–215.

9. **Макаров С.С.**, Родин С.А., Чудецкий А.И. Методические рекомендации по выращиванию посадочного материала лесных ягодных культур *in vitro* и *in vivo* : метод. реком. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2019. – 24 с.

10. Тяк Г.В., **Макаров С.С.**, Тяк А.В. Размножение и культивирование голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Ait.) // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: сб. ст. 70-й Междунар. науч.-практ. конф. (Караваево, 17 января 2019 г.). – Караваево: Костромская ГСХА, 2019. – Т. 1. – С. 98–101.

11. Выращивание лесных ягодных растений в условиях *in vitro*: лабораторный практикум / сост. **С.С. Макаров**, Е.А. Калашникова, И.Б. Кузнецова, Р.Н. Киракосян. – Караваево: Костромская ГСХА, 2019. – 48 с.

12. **Макаров С.С.**, Кузнецова И.Б., Чудецкий А.И. Влияние фитогармонов на органогенез княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) [Электронный ресурс] // Физиология растений – основа создания растений будущего : тезисы докладов Всеросс. науч. конф. с междунар. участием (г. Казань, 18–24 сентября 2019 г.). URL: <https://congresskazan2019.ofr.su/viewthesis?id=675>.