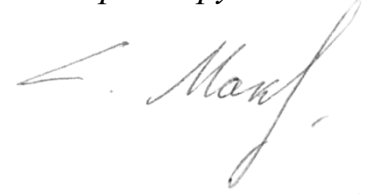


На правах рукописи



Макаров Сергей Сергеевич

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
РАЗМНОЖЕНИЯ И ПЛАНТАЦИОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ
ЛЕСНЫХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ**

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Пушкино – 2022

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

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

Официальные оппоненты: **Беляева Наталия Валерьевна,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
профессор кафедры лесоводства ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова»

Егошина Татьяна Леонидовна,
доктор биологических наук, профессор, заведующий
Отдела экологии и ресурсоведения растений ФГБНУ
«Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б.М. Житкова»

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

Ведущая организация: ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии»

Защита состоится «08» июня 2022 года в 10:00 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, ауд. 1220.

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

Автореферат разослан «__» марта 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Тюкавина Ольга Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В качестве решения актуальных задач развития лесного хозяйства РФ предусматривается более полное вовлечение и эффективное использование всех лесных ресурсов, включая пользование недревесными ресурсами леса. В последние годы увеличивается спрос на ягодную продукцию таких растений как голубика узколистная, княженика арктическая и клюква болотная, которые высоко ценятся в силу их пищевых и лечебно-профилактических достоинств. Существующая потребность в ягодной продукции в настоящее время не обеспечивается имеющимися в стране лесными ягодниками. Интенсивные антропогенные нагрузки (сплошные механизированные рубки, техногенное загрязнение, пожары, нерегулируемая эксплуатация высокопродуктивных естественных угодий ягодников и др.) приводят к истощению природных запасов дикорастущих ягодных растений и обеднению их генофонда.

Важной мерой сохранения недревесных ресурсов леса и активизации их заготовки является организация выращивания лесных ягодников, в связи с чем работа по созданию промышленных ягодных плантаций в России имеет большое практическое и актуальное значение. Однако при закладке высокопродуктивных плантаций лесных ягодных растений необходимо использовать оздоровленный сортовой посадочный материал и применять специальную агротехнику возделывания. Для повышения рентабельности плантационного выращивания лесных ягодных растений необходимо увеличение производства посадочного материала на базе высокопродуктивных, поддающихся механизации, хорошо адаптированных сортов и селекционных форм с использованием оптимальных технологий. Кроме того, получение высоких урожаев ягод зависит в значительной мере правильного и своевременного применения мер борьбы с сорняками и защиты растений от вредителей и болезней, что особенно актуально при культивировании лесных ягодников.

Актуальной остается задача быстрого размножения сортовых растений лесных ягодных культур с целью получения посадочного материала для рекультивации выработанных торфяников. Выработанные торфяные месторождения в лесном фонде РФ занимают значительные площади и являются причиной возникновения торфяных пожаров, засорения водоемов и других негативных явлений. Проблема биологической рекультивации выработанных торфяников и других неиспользуемых нелесных земель является достаточно серьезной проблемой лесопользования, имеющей важное природоохранное и народнохозяйственное значение и особенно актуальна для центральной зоны ЕЧР, где сосредоточено более 70% выработанных торфяников. Для решения сразу целого ряда вышеобозначенных проблем целесообразно использовать метод клонального микроразмножения, позволяющий вне сезона и в короткий срок получать огромное количество оздоровленных сортовых растений для закладки плантаций из небольшого количества исходного материала.

Создание высокоурожайных сортов лесных ягодных растений (в частности, голубики узколистной, клюквы болотной, княженики арктической), перспективных для выращивания на нелесных землях (включая выработанные торфяники), и промышленных посадок с их использованием будет способствовать организации многоцелевого, рационального и неистощительного использования лесов, снижению пожароопасности выработанных торфяников, восстановлению природных ресурсов дикорастущих ягодников и сохранению их генетического биоразнообразия.

Степень разработанности. Несмотря на большой период изучения клонального микроразмножения голубики, большинство работ посвящено культивированию высокорослых видов и полувисокорослых гибридов, тогда как данному методу размножения низкорослых видов (в частности голубики узколистной) до сих пор уделено небольшое внимание (Nickerson, Hall, 1976; Frett, Smagula, 1983). Также по сравнению с клюквой крупноплодной, данных по клональному микроразмножению клюквы болотной не так много. Исследований по размножению княженики арктической в культуре *in vitro* также известно крайне мало (Константинов, Химченко, Кулагин, 2012; Макаров, Кузнецова, Смирнов, 2017, 2018; Зонтиков и др., 2020), и технология клонального микроразмножения данной культуры находится на стадии разработки. В связи с этим требуется проведение комплекса экспериментальных работ и дополнительное изучение влияния питательных сред, росторегулирующих веществ и других препаратов на рост и развитие растений голубики узколистной, княженики арктической и клюквы болотной в условиях *in vitro*. Поскольку исследований по культивированию видов лесных ягодных растений *in vitro* с использованием светодиодного освещения встречается не так много, (в частности это работы, посвященные выращиванию малины, земляники, высокорослой голубики), то актуально проведение исследований по применению светодиодных ламп с различным спектральным диапазоном (включая комбинирование) при клональном размножении лесных ягодных растений (голубика узколистная, княженика арктическая, клюква болотная). Существуют единичные исследования по использованию биопрепаратов на микоризной основе при адаптации и доращивании в нестерильных условиях *ex vitro* клюквы крупноплодной (Debnath, McRae, 2001), однако практически не встречается подобных исследований для голубики узколистной, клюквы болотной и княженики арктической. Комплексных удобрений для повышения продуктивности голубики узколистной на сегодняшний день очень мало, в связи с чем требуется разработка состава нового вида органоминерального удобрения для данного вида.

Цель и задачи исследований. Цель – разработка технологии клонального микроразмножения сортового посадочного материала лесных ягодных растений с целью создания плантаций на нелесных землях.

Задачи:

- разработать технологию клонального микроразмножения лесных ягодных растений (голубика узколистная, княженика арктическая, клюква болотная);
- выявить оптимальные стерилизующие агенты для стерилизации эксплантов лесных ягодных растений при введении в культуру *in vitro*;
- выявить оптимальный состав питательных сред для клонального микроразмножения лесных ягодных растений (голубика узколистная, княженика арктическая, клюква болотная) на этапах «собственно микроразмножение» и «укоренение микропобегов *in vitro*»;
- определить оптимальные концентрации росторегулирующих веществ и препаратов в питательной среде на стадии размножения и укоренения растений *in vitro*;
- определить оптимальный спектральный состав освещения при культивировании лесных ягодных растений *in vitro*;
- усовершенствовать технологию адаптации микроклонов лесных ягодных растений к нестерильным условиям *ex vitro*;
- разработать технологию адаптации лесных ягодных растений (голубика узколистная, княженика арктическая, клюква болотная), полученных способом клонального микроразмножения, к условиям выработанных торфяников;
- определить урожайность лесных ягодных растений (голубика узколистная, княженика арктическая, клюква болотная), полученных способом клонального микроразмножения, на выработанных торфяниках;
- провести оценку экономической эффективности клонального микроразмножения лесных ягодных растений (голубика узколистная, княженика арктическая, клюква болотная);
- выявить оптимальную концентрацию гербицидов для борьбы с сорной растительностью при выращивании лесных ягодных растений на выработанных торфяниках;
- усовершенствовать меры борьбы с болезнями и вредителями лесных ягодных растений (голубика узколистная, княженика арктическая, клюква болотная);
- создать коллекцию гибридных форм лесных ягодных растений (голубика узколистная, княженика арктическая, клюква болотная), перспективных для плантационного выращивания;
- разработать оптимальный состав минеральных удобрений для подкормки лесных ягодных растений.

Научная новизна. Созданы первые отечественные сорта княженики арктической (Галина), голубики узколистной (Лакомка, Нея), а также новый высокоурожайный сорт клюквы болотной (Фомич). Впервые для созданного сортового посадочного материала голубики узколистной, княженики арктической и клюквы болотной проведены исследования на всех этапах клонального микроразмножения с использованием новых стерилизующих

веществ, регуляторов роста и препаратов. Проведены исследования по влиянию светодиодного освещения различного спектрального состава на морфометрические показатели лесных ягодных растений (голубика узколистная, княженика арктическая, клюква болотная) при клональном микроразмножении. Проведены испытания эффективности биопрепаратов на микоризной основе при адаптации лесных ягодных растений к нестерильным условиям *ex vitro*. Подобраны оптимальные меры по улучшению фитосанитарного состояния посадок лесных ягодных растений на выработанных торфяниках верхового и переходного типа в условиях центральной зоны европейской части России. Разработан состав нового вида органоминерального удобрения для выращивания голубики узколистной.

Теоретическая и практическая значимость работы. В ходе исследования были изучены климатические характеристики и почвенно-грунтовые условия на опытных участках в районе исследований. Проведены испытания отобранных гибридных форм голубики узколистной и клюквы болотной на урожайность, крупноплодность, устойчивость к низким температурам, вредителям и болезням. Усовершенствована методика выполнения работ по клональному микроразмножению лесных ягодных растений на всех этапах. Экспериментально выявлено оптимальное соотношение стерилизующих веществ и времени стерилизации эксплантов растений голубики узколистной, княженики арктической и клюквы болотной на этапе «введение в культуру *in vitro*». Подобран оптимальный состав питательных сред для выращивания лесных ягодных растений в условиях *in vitro*. Установлены оптимальные концентрации цитокининов (6-БАП, 2-іР, ТДЗ) и ауксинов (ИМК, ИУК) на этапах «собственно микроразмножение» и «укоренение микропобегов». Показано влияние на морфогенетический потенциал лесных ягодных растений *in vitro* при добавлении в питательную среду современных росторегулирующих веществ (Домоцвет, Корнерост, Экогель, Эпин-Экстра). Подобран оптимальный спектральный состав светодиодного освещения для улучшения морфометрических показателей лесных ягодных растений (голубика узколистная, княженика арктическая, клюква болотная) при клональном микроразмножении. Экспериментально установлен и выявлен оптимальный состав субстрата (торфяной, кокосовый) для адаптации лесных ягодных растений (голубика узколистная, княженика арктическая, клюква болотная), полученных методом клонального микроразмножения, к нестерильным условиям *ex vitro*. Показана эффективность добавления к торфяным субстратам биопрепаратов на микоризной основе (Микогель, Биомикориза) для улучшения адаптации и доращивания лесных ягодных растений. В результате посадочный материал, полученный методом клонального микроразмножения, за один год достигает стадии развития, соответствующей техническим требованиям Национального стандарта РФ (ГОСТ 3 53135-2008). Показано влияние органоминеральных удобрений на продуктивность и качество продукции лесных ягодных растений.

Результаты исследований автора были использованы при выполнении тем НИР: Сводного плана прикладных научных исследований, утвержден Распоряжением Федерального агентства лесного хозяйства №11-р от 29.03.2011 г.; тема 6 «Разработать методические указания по уходу за посадками дикорастущих ягодных растений (княженики арктической, морошки приземистой, голубики узколистной) на выработанных торфяниках» (2011–2013 гг.); государственного задания по теме 6 «Научное обеспечение подбора посадочного материала лесных ягодных растений для биологической рекультивации лесных площадей, вышедших из-под торфодобычи» (2014–2016 гг.) (госрегистрационный № 114071440017 от 14.07.2014); по теме 7 «Изучение, анализ и оценка форм лесных ягодных растений, перспективных для выращивания на выработанных торфяниках» (2017–2020 гг.) (госрегистрационный № АААА-А17-117041010032-0 от 10.04.2017); по теме 18 «Разработка способов получения посадочного материала лесных ягодных растений для выращивания на нелесных землях» (2020–2022 гг.) (госрегистрационный № АААА-А20-120021390059-6 от 13.02.2020).

Основные теоретические и практические положения диссертационной работы могут быть использованы в учебном процессе при подготовке студентов сельскохозяйственных и лесохозяйственных специальностей при изучении следующих дисциплин: «Агрономия», «Физиология растений», «Основы биотехнологии», «Сельскохозяйственная биотехнология», «Клеточная биология», «Биоинженерия растений», «Фитопатология», «Агрохимия». Кроме того, результаты исследований могут использоваться специалистами сельскохозяйственных и лесохозяйственных предприятий в практической деятельности, а также представителями агробизнеса в практической деятельности.

Методология и методы исследований. Методологической основой исследований явилась системный подход в выявлении факторов, влияющих на эффективность культивирования лесных ягодных растений при традиционных и современных методах размножения и их взаимосвязи с урожайностью и качественными показателями изучаемых ягодных культур. Лабораторные исследования по клональному микроразмножению проводились на базе филиала ФБУ ВНИИЛМ «Центрально-европейская лесная опытная станция», по разработке минеральных удобрений – на базе ОАО «Буйский химический завод». Полевые опыты (испытание гибридных форм и размножение лесных ягодных растений традиционными способами; адаптация лесных ягодных растений, размноженных методом клонального микроразмножения, к естественным почвенным условиям; влияние ОМУ на рост и развитие голубики узколистной; изучение болезней, вредителей и сорной растительности и методов борьбы с ними в посадках лесных ягодных растений) проводились на участках выработанных торфяных месторождений верхового и переходного типов на землях лесного фонда в Костромском районе Костромской области. Для проверки выдвинутых положений и решения поставленных задач использовались следующие методы

исследований: анализ литературных источников, проведение лабораторных исследований и полевых опытов, статистическая обработка полученных данных, экономический расчет произведенных затрат.

Положения, выносимые на защиту:

1. Технология клонального микроразмножения лесных ягодных растений (голубика узколистная, княженика арктическая, клюква болотная) на всех этапах (введение в культуру *in vitro*, собственно микроразмножение, укоренение микропобегов, адаптация к нестерильным условиям *ex vitro*);

2. Технология адаптации лесных ягодных растений (голубика узколистная, княженика арктическая, клюква болотная), полученных методом *in vitro*, к условиям выработанных торфяников;

3. Меры борьбы с болезнями и вредителями лесных ягодных растений (голубика узколистная, княженика арктическая, клюква болотная) и сорной растительностью при их выращивании на выработанных торфяниках;

4. Оптимальный состав органоминеральных удобрений при плантационном культивировании лесных ягодных растений;

5. Создание перспективных сортов лесных ягодных растений (голубика узколистная, княженика арктическая, клюква болотная).

Степень достоверности результатов. Научные положения, выводы и предложения производству, сформулированные в диссертационной работе, базируются на полученных в ходе исследований теоретических и экспериментальных данных, не противоречащих известным положениям в биотехнологии, селекции растений, физиологии растений, почвоведении, агрохимии, агрономии. Данные обработаны методами математической статистики (Доспехов, 2011) с использованием программных средств Microsoft Office Excel 2016, StatSoft STATISTICA 10.0.1011 и AGROS v2.11. Использован двухфакторный дисперсионный анализ. Оценка достоверности различий между средними данными вариантов опытов проведена с помощью наименьшей существенной разности для 5%-го уровня значимости (HCp_{05}) и параметрических критериев Стьюдента и Дункана.

Апробация результатов. Основные результаты исследований, вошедшие в диссертацию, были доложены автором и получили одобрение на:

– 10 международных конференциях: «Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе» (Караваево, 2020; 2021); «Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях» (Саратов, 2020); «Леса России: политика, промышленность, наука, образование» (Санкт-Петербург, 2020); «Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения» (Москва, 2020, 2021); «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК» (Брянск, 2021); «Леса Евразии – Карельские леса» (Петрозаводск, 2021); «90 лет – от растения до лекарственного препарата: достижения и перспективы» (Москва, 2021); «Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений» (Красноярск, 2021);

– 5 всероссийских конференциях: «Повышение эффективности лесного комплекса» (Петрозаводск, 2020); «Белозеровские чтения»

(Кострома, 2020); «Современное лесное хозяйство – проблемы и перспективы» (Воронеж, 2020); «Состояние и перспективы развития лесной науки» (Кострома, 2021); «Безопасный Север – чистая Арктика» (Сургут, 2021);

– международных и всероссийских форумах и семинарах: «Экология. Новые вызовы, новые решения» (Доброград, 2017); «Базис развития промышленного выращивания лесных ягод на северных территориях России и Сибири» (Кострома, Архангельск, 2018); «Ягоды России – 2019» (Московская обл., 2019); «Сады России: инвестиции, технологии и инновации» (Москва, 2019); «Югорский промышленный форум – 2019» (Ханты-Мансийск, 2019).

Полученные результаты НИР внедрены в учебный процесс на кафедре биологии и биотехнологии БУ ВО ХМАО – Югры «Сургутский государственный университет» и на кафедре растениеводства, земледелия и агрохимии ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина», а также в использование при создании плантаций в ООО «Кремь» (Костромской р-н Костромской области), ООО «Ягоды Югры» (г. Ханты-Мансийск), СПК «Архангельская клюква» (Холмогорский р-н Архангельской области) и ОАО «Буйский химический завод» (Буйский р-н Костромской области) (Приложение Г). Полученные сорта лесных ягодных растений внесены в «Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию», утвержденный Госсортокомиссией РФ (Приложение Д).

Автор занимал первые места по результатам Конкурса научных и опытно-исследовательских проектов аспирантов, молодых ученых научно-исследовательских институтов и организаций, находящихся в ведении Рослесхоза (2018, 2019, 2020, 2021) и проекта «Лучший Молодой ученый – 2020» среди научно-образовательных учреждений СНГ (2020) (Приложение Ж).

Декларация личного участия. Диссертационная работа является результатом многолетних (2010–2021 гг.) исследований автора. Работа выполнена самостоятельно и с участием автора на всех ее этапах: выбор и формулирование темы, обозначение, цели и задач, разработка организационно-методической структуры, выбор и обоснование методологической основы, проведение опытов и обеспечение их рабочими методиками, практическая реализация лабораторных и полевых исследований, статистическая обработка информации, обобщение фактических данных, написание выводов, заключений и рекомендаций производству, формирование аналитического обзора и списка цитированных литературных источников. Все опубликованные работы написаны лично автором или при его непосредственном участии (в соавторстве).

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 467 страницах машинописного текста и состоит из введения, 8 глав, заключения, практических рекомендаций, списка используемой литературы и

приложений. Работа содержит 106 таблиц, 60 рисунков. Список литературы включает 721 наименование, в том числе 310 на иностранных языках.

Публикации. Основные результаты по теме диссертационных исследований опубликовано в 36 научных работ, в том числе: 21 статья в рецензируемых научных журналах, рекомендуемых ВАК при Минобрнауки РФ, 3 статьи в изданиях, индексируемых в международной базе данных Web of Science; 2 статьи в международной наукометрической базе Scopus.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность: сотрудникам ФБУ «Всероссийский НИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства» и филиала ФБУ ВНИИЛМ «Центрально-европейская лесная опытная станция» за организационную поддержку в проведении опытных работ; профессорско-преподавательскому составу кафедры агрохимии, биологии и защиты растений ФБГОУ ВО «Костромская ГСХА» и кафедры биологии и биотехнологии БУ ВО ХМАО – Югры «Сургутский государственный университет» за методическую и техническую помощь в проведении лабораторного этапа работ; профессору ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова» Бабичу Н.А. за методическую помощь и научные консультации; руководителю исследовательской лаборатории ФГБУ ГСАС «Костромская» Хитровой В.И. за помощь в проведении агрохимических анализов почвы.

Глава 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В настоящее время потребность в ягодной продукции не обеспечивается имеющимися в стране лесными ягодниками. Интенсивный антропогенный пресс (сплошные механизированные рубки, гидролесомелиорация, техногенное загрязнение, пожары, а также нерегулируемая эксплуатация высокопродуктивных естественных угодий ягодников) приводит к истощению природных запасов дикорастущих ягодных растений и к обеднению их генофонда. Помимо этого существуют такие проблемы как удаленность от дорог и населенных пунктов наиболее высокопродуктивных естественных ягодников и уменьшение численности потенциального для заготовки дикорастущих ягод населения и др. (Черкасов, 1983; Недревесные лесные ресурсы ..., 2006; Тяк, Курлович, Тяк, 2016; Макаров и др., 2019).

Значение дикорастущих ягодных растений в экономике России постоянно возрастает, поэтому в стране, как и за рубежом, возрастает интерес к плантационному выращиванию лесных ягодных растений. На сегодняшний день промышленные плантации клюквы и голубики имеются лишь в ряде стран (США, Канаде, Беларусь, ЮАР и др.). При закладке высокопродуктивных плантаций лесных ягодных растений в промышленных масштабах необходимо использовать оздоровленный сортовой посадочный материал, применять специальную агротехнику возделывания. Обширным зарубежным опытом и отечественными научными разработками доказано, что плантационное выращивание лесных ягодных растений становится

высокорентабельным только на базе высокопродуктивных, поддающихся механизации, хорошо адаптированных сортов и селекционных форм (Noormets, Karp, Paal, 2003; Vahejõe et al., 2010; Тяк, Курлович, Тяк, 2016). Для решения данной проблемы необходимо увеличивать производство селекционного посадочного материала с использованием оптимальных технологий, что создает актуальность проведения исследований по подбору и разработке наиболее экономичных и эффективных методов и способов ускоренного размножения сортов и перспективных гибридных форм лесных ягодных растений и получению качественного посадочного материала. Необходима дальнейшая работа по созданию высокопродуктивных форм, гибридов и сортов клюквы болотной, голубики узколистной и княженики арктической соответствующих природно-климатическим условия региона.

Актуальной остается задача быстрого размножения сортовых растений лесных ягодных культур с целью получения посадочного материала для рекультивации выработанных торфяников. Выработанные торфяные месторождения в лесном фонде РФ занимают значительные площади и являются причиной возникновения торфяных пожаров, засорения водоемов паводковыми стоками и других негативных явлений. Проблема рекультивации выработанных торфяников особенно актуальна, в особенности для центральной зоны ЕЧР, где сосредоточено более 70% выработанных торфяников (Оленин, 1985; Скоропанов, 1985; Торфяные болота России ..., 2001; Выработанные торфяные месторождения ..., 2007). На торфяных залежах верхового и переходного типов до их разработки нередко произрастают дикорастущие ягодники – клюква, брусника, голубика, княженика. Такой способ рекультивации выработанных торфяников, как создание на них плантаций хозяйственно ценных лесных ягодных растений, в значительной мере будет способствовать восстановлению их зарослей, что подтверждается опытом как стран ближнего и дальнего зарубежья, так и России (Noormets, Karp, Paal, 2003; Vahejõe et al., 2010; Тяк, Курлович, 2016).

Поскольку голубика является трудноукореняемой культурой, до сих пор ведется поиск методов ускоренного размножения с целью увеличения регенерационной способности данной культуры. В работах большого количества исследователей рассматривались вопросы размножения голубики одревесневшими (Moore, Ink, 1964; Shelton, Moore, 1981; Gough, 1994; Курлович, Босак, 1998; Тяк, Алтухова, 2002; Pliszka, 2002; Mainland, 2006; Smolarz, 2009; Морозов, Гордей, 2010; Павловский, 2010; Упадышев, 2010; Бордок и др., 2012; Моисеева и др., 2014; Жмурко, Парасюк, Положевец, 2017 и др.) и зелеными (Douglas, 1966; Буткене, Буткус, 1976; Горбунов, Шмидт, 1980; Снакина, 1983; 2007; Коломийцева, 1990; Курлович, 1990; Рипа, Коломийцева, Аудриня, 1992; Курлович, Босак, 1998; Павловский, 2008, 2010; Суслин, Пчелинцев, 2011; Моисеева и др., 2014; Морозов и др., 2016; Saha, 2016; Воскобойников и др., 2019) черенками. Влияние стимуляторов роста на корнеобразование черенков голубики исследовалось рядом ученых (Курлович, 1987; Рипа, Коломийцева, Аудриня, 1992; Fischer et al., 2008, 2012, 2016; Упадышев, 2010; Суслин, Пчелинцев, 2011; Mihaljević,

Salopek-Sondi, 2012; Braha, Rama, 2016, 2018, 2020; Witcher, Pounders, 2016; Жмурко, Парасюк, Положевец, 2017; Colombo et al., 2018; Воскобойников и др., 2019; Haishan et al., 2019 и др.). Многие вопросы вегетативного размножения различных видов и сортов голубики изучены не в полной мере. Имеющиеся литературные данные часто противоречивы, и рассматриваемые вопросы нуждаются в дальнейшем изучении, при этом в каждом конкретном случае выбор метода размножения должен определяться целями работы, количеством маточных растений, разработанностью технологий размножения и рядом других факторов.

Исследованиями установлено, что по сравнению с клюквой крупноплодной клюква болотная менее урожайна, сильнее угнетается сорными растениями и сложнее поддается механизированной уборке урожая ягод, однако для возделывания в таежной зоне России клюква болотная, в силу невысокой потребности в тепле, более перспективна, чем клюква крупноплодная (Черкасов, Буткус, Горбунов, 1981). При выращивании на плантациях клюква болотная значительно повышает свою урожайность и ее культура более эффективна, чем эксплуатация естественных зарослей (Рекомендации по созданию ..., 1977). Выращивание высокопродуктивных сортов и гибридов клюквы болотной способствует еще большему повышению урожайности плантаций этого ягодного растения (Тяк и др., 2014). Вегетативное размножение сортов и форм клюквы болотной является основным методом получения посадочного материала для плантаций (Буткус, Рузгене, 1976; Опыт выращивания ..., 1979; Жуйкова, Минаева, 1983; Временные рекомендации ..., 1985 и др.), однако имеющиеся в научной литературе данные, в том числе об оптимальных сроках заготовки и посадки одревесневших и зеленых черенков, о целесообразности использования коротких черенков, об укореняемости и росте растений из черенков от стелющихся и приподнимающихся побегов) нередко противоречивы и нуждаются в дальнейшей доработке.

Рядом исследований установлено, что в природных условиях княженика арктическая размножается преимущественно вегетативно за счет разрастания горизонтальных корней и образующихся на них из почек возобновления надземных побегов (Чернова, 1959; Чуйко, Ершова, Фридрих, 1983), а наиболее простой способ размножения культивируемой княженики – делением куста (Тяк, 2016; Макаров, 2017).

Для плантационного выращивания ягодных растений целесообразно использовать метод клонального микроразмножения, позволяющий вне сезона и в короткий срок получать огромное количество оздоровленных сортовых растений для закладки плантаций из небольшого количества исходного материала (Бутенко, 1999; Сельскохозяйственная биотехнология ..., 2015). Несмотря на большой период изучения клонального микроразмножения голубики, большинство работ посвящено культивированию высокорослой и полувисокорослой голубик (Lyrene, 1980, 1981; Frett, Smagula, 1983; Billings, Chin, Jelenkovic, 1988; Callow et al., 1989; Rowland, Ogden, 1992; Cao, Hammerschlag, 2000; Pliszka, 2002; Debnath, 2009;

Liu et al., 2010; Ružić, Vujović, Libiakova, 2012; Litwinczuk, 2013; Fan et al., 2017 и др.), тогда как данному методу размножения низкорослых видов голубик (Nickerson, Hall, 1976; Frett, Smagula, 1983), в частности голубики узколистной, до сих пор уделено меньшее внимание. Исследований, посвященных размножению княженики в культуре *in vitro*, известно крайне мало (Константинов, Химченко, Кулагин, 2012; Макаров, Кузнецова, Смирнов, 2017, 2018; Зонтиков и др., 2020). По сравнению с клюквой крупноплодной (Marcotrigiano, McGlew, 1991; Филипена и др., 1999; Qu, Polashock, Vorsa, 2000; Debnath, McRae, 2001, 2005; Polashock, Vorsa, 2003; Брилкина, 2006; Stanienė, Stanytė, 2007; Sedlák, Paprštejn, 2011; Божидай, 2013, 2018; Кутас, Горецкая, Малахова, 2013; Березина и др., 2014, 2019; Çelik, Şenyaşa, 2020 и др.), данных по клональному микроразмножению клюквы болотной не так много (Floryanowicz-Czekalska, Wysokinska, 2004; Стручкова и др., 2016; Зонтиков и др., 2019; Коренев и др., 2019). Использование светодиодов при выращивании растений в культуре *in vitro* применялось множеством исследователей, однако работ по культивированию лесных ягодных видов с применением светодиодного освещения встречается не так много, в частности это исследования по выращиванию малины, земляники, голубики (Hung, 2016). Требуется проведение комплекса экспериментальных работ и дополнительное изучение влияния питательных сред, росторегулирующих веществ и других препаратов, светодиодных ламп с различным спектральным диапазоном (включая комбинирование) на рост и развитие растений голубики узколистной, княженики арктической и клюквы болотной (в частности сортов российской селекции) в условиях *in vitro*.

Глава 2. МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов исследования использовали лесные ягодные растения: полувывсокорослой голубики (сорта Northblue и Putte), голубики узколистной (гибридные формы 23-1-11 и 27-10), княженики арктической (сорт Anna и гибридная форма К-1); клюквы болотной (сорт Дар Костромы и гибридная форма 1-15-635).

Район исследований находится на территории Костромского муниципального района, в юго-западной части Костромской области. Климат региона – умеренно-континентальный, что говорит о достаточной или избыточной обеспеченности влагой и умеренной или недостаточной обеспеченности теплом. Опытные участки находятся на территории выработанных торфяных месторождений на землях лесного фонда в Костромском районе Костромской области (Приложение А). Участок №1 представляет выработанный торфяник переходного типа, участок №2 – верхового типа.

Методика по гибридизации и отбору гибридных форм приведена на примере клюквы болотной. При селекции клюквы болотной на продуктивность использовали следующие перспективные формы: в качестве материнской формы – 15V с очень крупными размерами плодов; в качестве

отцовской – форму 635V, способную продуцировать большое число генеративных побегов на единице занимаемой ягодником площади. Опыляли по 100 цветков каждой материнской формы, при этом у половины бутонов проводили кастрацию с удалением околоцветника. Остальные цветки опыляли без предварительной их кастрации (Селекция и сортоведение ..., 1981).

Испытание гибридных форм проводили в условиях выработанного торфяника переходного (участок №1) и верхового типов (участок №2). Наблюдения за гибридными формами голубики узколистной (23-1-11, 27-10) и клюквы болотной (1-15-635) проводили в 2017–2019 гг., княженики арктической (К-1) – в 2018-2020 гг. Наблюдения за фенологией, ростом, развитием, плодоношением и особенностями морфологии вегетативных и генеративных органов отобранных высокопродуктивных форм изучаемых видов лесных ягодных растений проводили в соответствии с методиками сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур (Программа и методика ..., 1999) и проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность (Методика проведения ..., 2007, 2008). Размножение исследуемых гибридных форм лесных ягодных растений проводили вегетативным способом: голубики узколистной – одревесневшими, зелеными и корневищными черенками, парциальными кустами; княженики арктической – зелеными черенками, делением куста на надземные побеги с частью корней; клюквы болотной – одревесневшими и зелеными черенками. В качестве стимуляторов роста использовались: янтарная кислота, препараты Циркон и Корневин.

Исследования по клональному микроразмножению проводили на базе филиала ФБУ ВНИИЛМ «Центрально-европейская лесная опытная станция» в соответствии с общепринятыми методиками (Бутенко, 1999; Загоскина и др., 2009; Сельскохозяйственная биотехнология ..., 2015; Лабораторный практикум ..., 2017; Калашникова, 2020; Назаренко и др., 2020), адаптированными под местные почвенно-климатические условия (Выращивание лесных ягодных ..., 2019; Макаров, Родин, Чудецкий, 2019). На этапе введения в культуру *in vitro* для стерилизации растительного материала (стеблей, почек и других фрагментов растений), предназначенного для вычленения экспланта, применяли различные стерилизующие растворы: сулемы (0,1%), моющего средства «Доместос» (1:3), перекиси водорода (30%), хлорной извести (1:1), азотнокислого серебра (0,2%), препаратов Экостерилизатор бесхлорный (5%) и Лизоформин 3000 (5%); время стерилизации – 5, 10, 15 и 20 минут. Выделенные экспланты культивировали в течение 5 недель в условиях световой комнаты при температуре +22...+25°C, интенсивности света 1500–2000 лк, фотопериоде 16 часов света и 8 часов темноты; в каждом варианте опыта по 100 эксплантов; через 14 дней учитывали жизнеспособность эксплантов по соотношению живых эксплантов к общему количеству введенных в культуру. На этапе «собственно микроразмножение» культивирование растений-регенерантов проводили в условиях световой комнаты при освещении 2500–6000 лк, 16-

часовом фотопериоде, температуре +23...+25°C и влажности воздуха 70–80%; использовали питательные среды: для голубики узколистной и клюквы болотной – WPM и AN (в т.ч. в вариантах разбавления минеральных солей в 2 и 4 раза), для княженики арктической – QL. В качестве регуляторов роста применяли цитокинины: голубики узколистной и клюквы болотной – 6-бензиламинопурил (6-БАП) и 2-изопентиладенин (2-иР) в концентрациях 1,0 и 2,0 мг/л; для княженики арктической – тидиазурон (ТДЗ) в концентрациях 0,1 и 0,2 мг/л и добавку препарата Эпин-Экстра 0,5 мл/л. На этапе укоренения микропобегов *in vitro* микрочеренки исследуемых лесных ягодных растений в качестве регуляторов роста использовали ауксины: в опытах с голубикой и клюквой – индолилмасляную (ИМК) и индолилуксусную (ИУК) кислоты в концентрациях 0,5 и 1,0 мл/л; в опытах с княженикой – только ИМК в тех же концентрациях. В качестве ростостимулирующих веществ в питательную среду добавляли: в опытах с голубикой узколистной – препарат Домоцвет 0,5 мл/л; с княженикой арктической – препарат Экогель 0,5 мл/л; клюквой болотной – препараты Домоцвет 0,5 мл/л и Корнерост в концентрациях 1,0–5,0 мл/л. Опыты по изучению влияния света различного спектрального состава на рост и развитие размножаемых лесных ягодных растений на этапах «собственно микроразмножение» и «укоренение микропобегов» проводились с использованием в качестве источников освещения: 1) ЛБ – люминесцентных ламп белого спектра ($\lambda = 600$ нм); 2) СД-Б – светодиодных ламп белого спектра ($\lambda = 653$ нм); 3) СД-Б+К+С – светодиодных лампы с комбинацией белого ($\lambda = 653$ нм), красного ($\lambda = 670$ нм) и синего ($\lambda = 455$ нм) спектров.

На этапе адаптации к нестерильным условиям *ex vitro* полученные растения с хорошо развитой корневой системой промывали корни в 1% растворе KMnO_4 ; укорененные растения пересаживали в кассеты с объемом ячейки 81,7 и 100 см^3 . В качестве субстратов использовали: торф верхового ($\text{pH}_{\text{KCl}} - 2,8...3,5$) и переходного ($\text{pH}_{\text{KCl}} - 3,8...4,5$) типа; смесь торфа с песком (в соотношении 1:1); кокосовый субстрат. Заложили опыт с использованием таблеток (диаметр – 3 см) с раскисленным торфом верхового типа ($\text{pH}_{\text{KCl}} - 5,5...6,0$) и кокосовым субстратом. Кассеты и таблетки с адаптируемыми растениями ставили в условия освещения 8000 лк, температуры +25°C и влажности 80...90%. Каждый день в течение 1 недели растения опрыскивали, после чего проводили первую подкормку 1/5 минеральным составом среды WPM. Через 10 суток провели первую ревизию растений. Дальнейшее их выращивание проходило по принятой для каждого вида растения агротехнике (Сельскохозяйственная биотехнология ..., 2015; Стахеева, Молканова, Коновалова, 2017; Макаров, 2020). К субстратам добавляли биопрепараты микоризного типа – БиоМикориза (для голубики и княженики – 0,01 мг/л; для клюквы – водные растворы 0,1 и 0,2 мл/л) и Микогель (для голубики и княженики – в разведении водой 1:5; для клюквы – водные растворы 0,1 и 0,2 мл/л). Одновременно заложили опыт с вариантом мульчирования посадок мхом *Spagnum* L. (размер слоя – до 1 см). Адаптированные к нестерильным условиям *ex vitro* растения пересаживали

на участки выработанных торфяников в условия открытого грунта по схемам посадки: для голубики узколистной – 1,5×2,0 м; для княженики арктической – 0,4×1,0 м; для клюквы болотной – 0,4×0,4 м.

Исследования химического состава ягод проводили по общепринятым методикам в биохимии растений (Методы биохимического исследования ..., 1987). Исследования по изучению процессов роста, развития и формирования урожая лесных ягодных культур при использовании в технологии возделывания новых видов органоминеральных удобрений были проведены в условиях вегетативного опыта в соответствии с общепринятыми методиками (Доспехов, 2011). В опытах изучали: морфометрические показатели, физиолого-биохимические, содержание хлорофилла, продуктивность фотосинтеза растений по методу Тюрина-Лукашека (Практикум по физиологии ..., 1990). Учет численности основных физиологических групп микроорганизмов проводили в соответствии с рекомендациями Э. Сеги (1983), на твердых питательных средах: аммонификаторов – МПА (мясо-пептонный агар); фосфат растворяющих – ГАА (глюкозо-аспарагиновый агар); микромицетов – среда Чапека; азотфиксаторов – среда Эшби.

Фитопатологические обследования осуществляли по общепринятым методикам (Поляков, Персов, Смирнов, 1984; Дементьева, 1985; Методы определения болезней ..., 1987), а также с использованием ряда специальных исследований (Аминев, 1980; Макеева, 2003; Галынская и др., 2011). Для назначения мер борьбы с болезнями использовали список пестицидов, разрешенных на территории РФ. Энтомологические обследования проводили с использованием определителей насекомых СССР (Определитель насекомых ..., 1964, 1965; Сельскохозяйственная энтомология, 1976). Опыты по борьбе с насекомыми-вредителями проводили в посадках княженики арктической с использованием препарата Инта-Ц-М. Для определения сорной растительности использовали определители (Губанов и др., 2002, 2003, 2004; Маевский, 2014). Опыты по борьбе с сорной растительностью проводили на участках голубики узколистной (припосадочное внесение разных доз удобрения; применение древесных опилок в качестве мульчи; применение механических и химических методов с использованием гербицида Фюзилад Супер), княженики арктической (применение гербицида Фюзилад Супер 6,0 л/га) и клюквы болотной (применение гербицида Анкор-85 в дозах 0,10 и 0,12 кг/га).

Глава 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГИБРИДНЫХ ФОРМ ЛЕСНЫХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ И ТРАДИЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ИХ РАЗМНОЖЕНИЯ

3.1. Испытание гибридных форм

Все изучаемые формы голубики узколистной (23-1-11, 27-10), княженики арктической (К-1) и клюквы болотной (1-15-635) обладают высокой зимостойкостью, однако бутоны и завязи разных форм голубики неодинаково устойчивы к негативному воздействию заморозков. По

комплексу хозяйственно ценных признаков, главными из которых являются высокая урожайность, крупноплодность, зимостойкость и заморозкоустойчивость бутонов и завязей, гибридные формы голубики узколистной, княженики арктической и клюквы болотной являются перспективными для представления их в качестве сортов.

3.2. Традиционные способы размножения

3.2.1. Голубика узколистная (*Vaccinium angustifolium* Ait.)

Проведенные эксперименты дали положительные результаты при размножении гибридных форм голубики узколистной традиционными способами вегетативного размножения. При размножении гибридной формы 23-1-11 (от сорта Northblue) одревесневшими стеблевыми черенками укореняемость черенков составила 68–70%, у гибридной формы 27-10 (от сорта Putte) – 78–100%. Положительное влияние на укореняемость зеленых стеблевых черенков у гибридных форм 23-1-11 и 27-10 оказала обработка их Корневином. Применение Циркона также повысило укореняемость зеленых черенков формы 27-10. У формы 27-10 число укоренившихся черенков, сформировавших годичные приросты, варьировало от 73% (контроль) до 90% (Корневин). У формы голубики 23-1-11 большая часть укорененных черенков (86–95%) не имела приростов побегов.

3.2.2. Княженика арктическая (*Rubus arcticus* L.)

Увеличение дозы удобрений NPK в год закладки опыта способствовало повышению приживаемости растений княженики арктической. В год закладки опыта более высокими биометрическими показателями характеризовались саженцы в варианте NPK₍₆₀₎, где все параметры оказались в 1,3–1,7 раза выше, чем в варианте NPK₍₃₀₎. Во 2-й вегетационный период тенденция увеличения биометрических показателей в варианте NPK₍₆₀₎ сохранилась (табл. 1). Число побегов в посадочном месте во 2-й вегетационный период возросло в обоих вариантах в 3,7 раза и достигало 20 шт. в варианте с NPK₆₀. Максимальная длина побега в варианте NPK₃₀ составила 8 см, в варианте NPK₆₀ – 22,5 см.

Таблица 1 – Средние показатели роста и развития саженцев княженики арктической в опыте с удобрениями при посадке отдельных побегов на торфянике

Вариант опыта	Число побегов, шт.	Длина побега, см	Суммарная длина побегов одного растения, см	Длина среднего листочка, мм
1-й год выращивания				
NPK ₍₃₀₎	1,9±0,2	3,3±0,4	7,3±1,1	21,2±0,8
NPK ₍₆₀₎	3,1±0,4	3,6±0,5	10,2±2,0	28,4±0,8
	F > F _{st}	F < F _{st}	F > F _{st}	F > F _{st}
2-й год выращивания				
NPK ₍₃₀₎	7,0±1,1	4,5±0,2	31,5±3,5	23,5±0,7
NPK ₍₆₀₎	11,4±2,1	6,7±0,4	75,9±8,5	28,5±0,7
	F < F _{st}	F > F _{st}	F > F _{st}	F < F _{st}

Данные опытов свидетельствуют о возможности создания посадок княженики посадочным материалом, полученным при делении куста и зеленых черенков. При делении куста использование нескольких побегов (от 3 и более) с частью корней более перспективно для создания посадок, приживаемость таких саженцев составила 100%. К концу 1-го вегетационного периода растения характеризовались высокими показателями роста и развития.

3.2.3. Клюква болотная (*Oxycoccus palustris* Pers.)

Во всех вариантах опыта укореняемость одревесневших черенков клюквы болотной формы 1-15-635 не зависела от срока посадки и была очень высокой (97–100%). Наилучшими сроками посадки черенков является период с середины 3-й декады апреля по середину 2-й декады мая, где растения имели большую среднюю длину побега и их суммарный прирост. В опытах посадки одревесневших черенков разной длины укореняемость черенков длиной 10 и 15 см составила 100%, саженцы отличались более высокими биометрическими показателями (табл. 2).

Таблица 2 – Показатели роста и развития 2-летних саженцев клюквы болотной гибридной формы 1-15-635 в опытах посадки одревесневших черенков разной длины

Длина черенка, см	Число побегов, шт./саженец		Длина побегов, см		Суммарная длина побегов, см/саженец
	стелющихся	приподнимающихся	стелющихся	приподнимающихся	
5	7,0	37,3	47,0	7,1	583,5
10	8,7	52,3	52,4	7,2	793,5
15	10,0	47,7	51,3	7,4	823,7
	F < F _{st.}	F < F _{st.}	F < F _{st.}	F < F _{st.}	F < F _{st.}

Опыты с зеленым черенкованием показали, что для размножения клюквы болотной таким способом можно использовать как стелющиеся, так и приподнимающиеся побеги; комбинированные черенки лучше укореняются и позволяют получить более крупные саженцы (табл. 3).

Таблица 3 – Показатели роста и развития 2-летних саженцев клюквы болотной гибридной формы 1-15-635 в опытах посадки разных видов зеленых черенков

Тип черенков	Число побегов, шт./саженец		Длина побегов, см		Суммарная длина побегов, см/саженец
	стелющихся	приподнимающихся	стелющихся	приподнимающихся	
Из стелющихся побегов	3,7	8,0	46,2	6,1	202,0
Из приподнимающихся побегов	6,8	11,0	38,3	7,1	339,2
Комбинированные из приподнимающихся побегов «с подставкой»	8,0	10,0	38,3	8,0	373,3
	1,5	F < F _{st.}	F < F _{st.}	F < F _{st.}	82,5

Глава 4. ТЕХНОЛОГИИ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ

4.1. Голубика узколистная (*Vaccinium angustifolium* Ait.)

В результате исследований установлено, что на этапе «введение в культуру *in vitro*» голубики узколистной исследуемых сортов и гибридных форм наиболее эффективными стерилизующими агентами оказались нитрат серебра 0,2% и Лизоформин 3000 5% при времени стерилизации 15 мин. Цитокининовая активность 2-іР при клональном микроразмножении голубики узколистной оказалась выше, чем у 6-БАП.

При использовании на этапе «собственно микроразмножение» цитокинина 2-іР в концентрациях 1,0 и 2,0 мг/л суммарная длина побегов голубики узколистной была больше, чем при использовании 6-БАП в тех же концентрациях. Максимальное значение суммарной длины побегов голубики узколистной отмечено на питательной среде WPM 1/4 с цитокинином 2-іР в концентрации 2,0 мг/л (рис. 1).

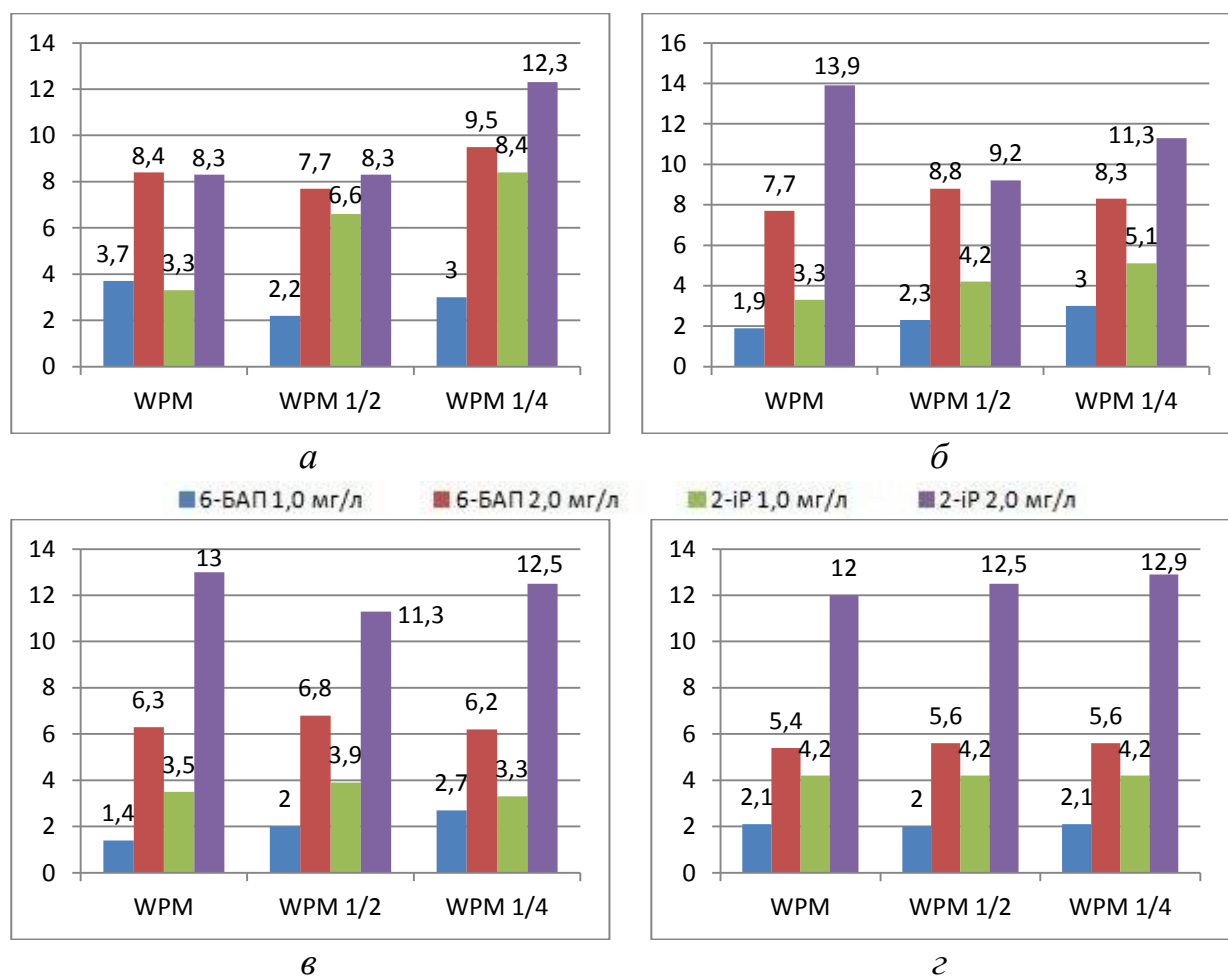


Рис. 1. Суммарная длина микропобегов (см) голубики узколистной *in vitro* сортов Northblue (а) и Putte (б) и гибридных форм 23-1-11 (в) и 27-10 (г) в зависимости от питательной среды и концентрации цитокининов

На этапе «укоренение микропобегов» повышение в питательной среде концентрации как ИМК, так и ИУК от 0,5 до 1,0 мл/л способствовало значительному увеличению суммарной длины корней растений-регенерантов голубики *in vitro* только в вариантах с препаратом Домоцвет 0,5 мл/л. Наибольшая суммарная длина корней голубики узколистной *in vitro* отмечена при наличии в питательной среде ИМК в концентрации 1,0 мл/л совместно с препаратом Домоцвет 0,5 мл/л, особенно в вариантах с питательной средой WPM 1/4 (рис. 2, 3).

На этапе «собственно микроразмножение» при клонировании голубики *in vitro* наибольшее количество микропобегов наибольшей длины формировалось при освещении растений-регенерантов люминесцентными лампами. На этапе укоренения микропобегов ризогенез клонируемых растений голубики проходил интенсивнее при освещении наземной части растений светодиодными лампами с комбинацией белого, красного и синего спектров, чем люминесцентными лампами и светодиодными лампами белого спектра. Существенных различий по количеству и длине микропобегов и корней голубики в зависимости от сорта в процессе клонального микроразмножения не выявлено.

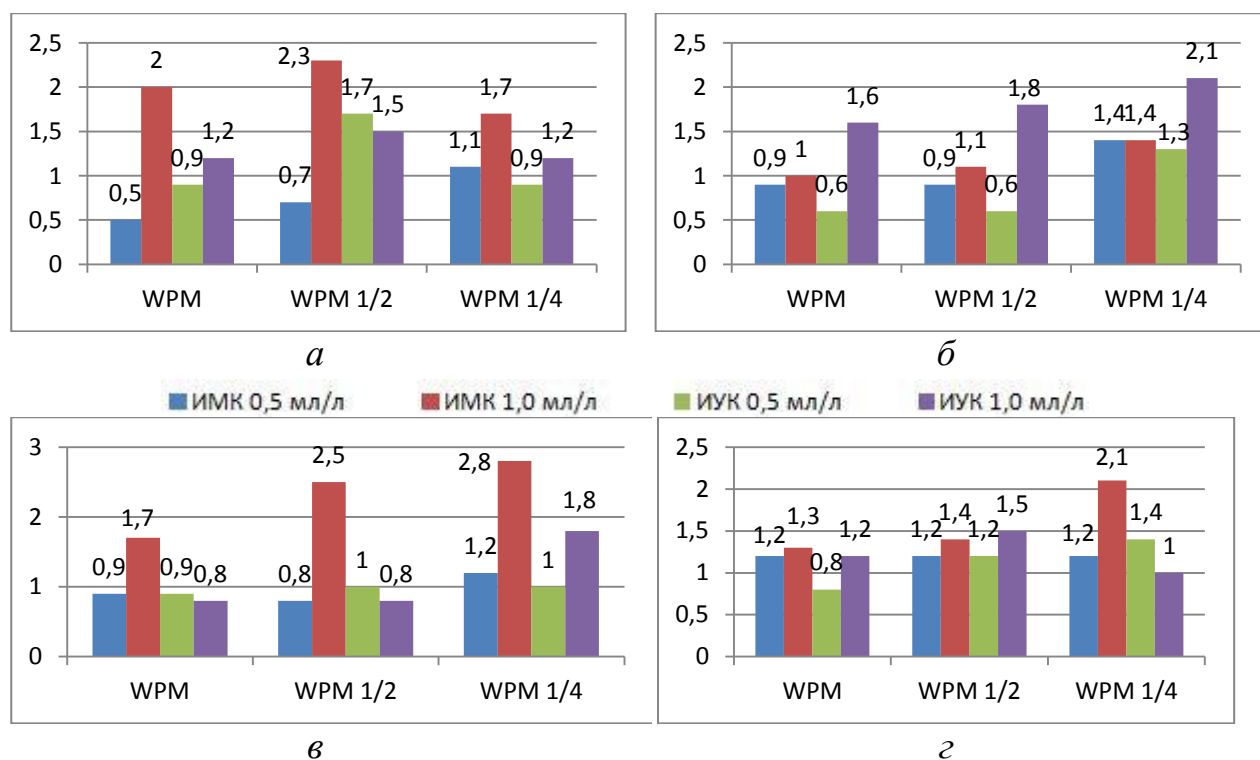


Рис. 2. Суммарная длина корней (см) голубики узколистной *in vitro* сортов Northblue (а) и Putte (б) и гибридных форм 23-1-11 (в) и 27-10 (г) в зависимости от питательной среды и концентрации ауксинов без препарата Домоцвет

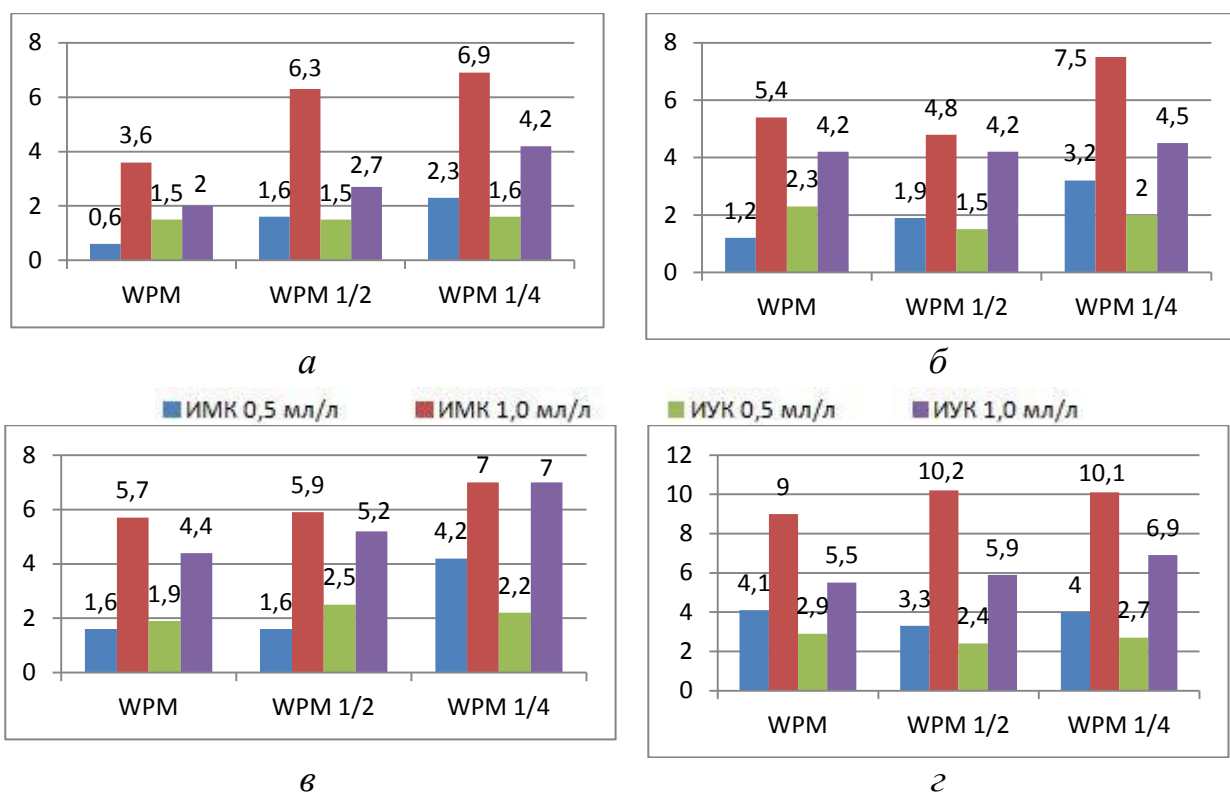


Рис. 3. Суммарная длина корней (см) голубики узколистной *in vitro* сортов Northblue (а) и Putte (б) и гибридных форм 23-1-11 (в) и 27-10 (г) в зависимости от питательной среды и концентрации ауксинов с добавлением препарата Домоцвет 0,5 мл/л

4.2. Княженика арктическая (*Rubus arcticus* L.)

При клональном микроразмножении княженики арктической на этапе «введение в культуру *in vitro*» наиболее эффективными оказались нитрат серебра 0,2% и препарат Лизоформин 3000 5% при времени стерилизации 15 мин.

На этапе «собственно микроразмножение» при повышении в питательной среде QL концентрации тидиазурона от 0,1 до 0,2 мг/л увеличивалось количество и суммарная длина микропобегов княженики арктической *in vitro*, однако снижалась их средняя длина. Добавление в питательную среду адаптогена Эпин-Экстра в концентрации 0,5 мл/л способствовало увеличению суммарной длины побегов княженики арктической в среднем в 1,6–1,7 раза. Наибольшей суммарная длина побегов княженики арктической была при концентрации в питательной среде тидиазурона 0,2 мг/л и наличии адаптогена Эпин-Экстра 0,5 мл/л (рис. 4).

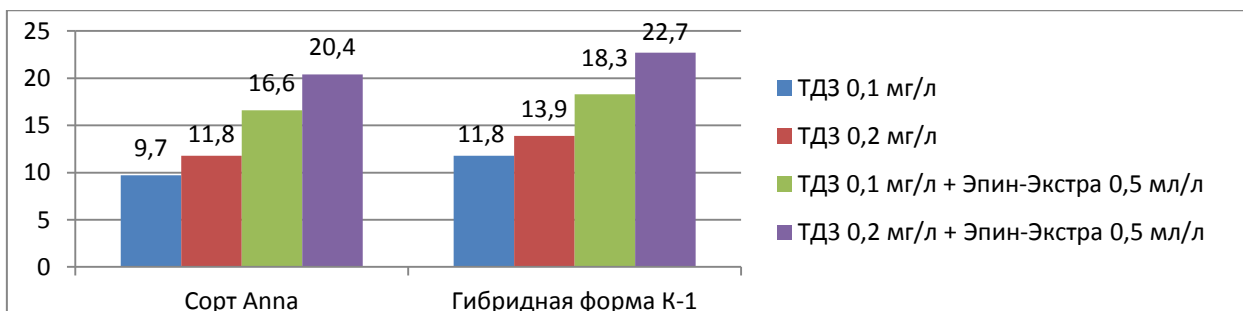


Рис. 4. Суммарная длина микропобегов (см) княженики арктической на питательной среде QL в зависимости от концентрации цитокинина ТДЗ и добавления препарата Эпин-Экстра

На этапе «укоренение микропобегов» при повышении в питательной среде QL концентрации ауксина ИМК от 0,5 до 1,0 мл/л незначительно увеличивалось количество корней княженики арктической *in vitro*, а их суммарная длина не имела значимых различий в зависимости от концентрации ауксина ИМК. Наличие в питательной среде препарата Экогель в концентрации 0,5 мл/л способствовало увеличению суммарной длины корней княженики арктической в среднем в 2,9–3,5 раза (рис. 5).

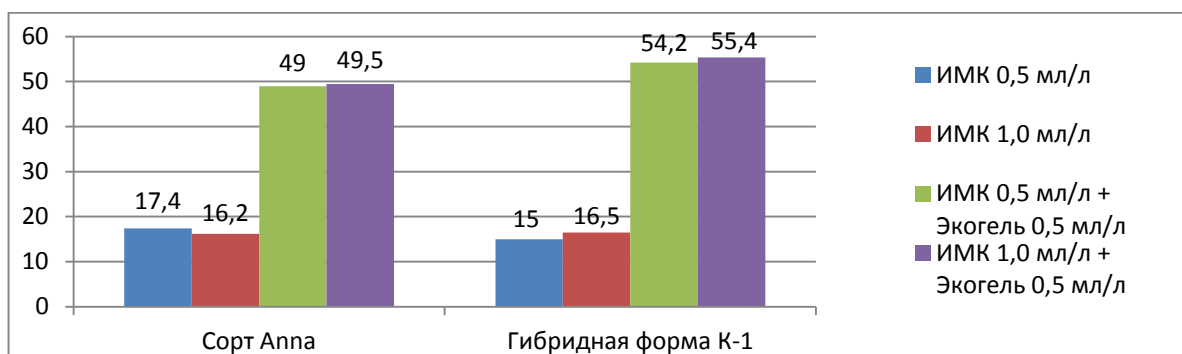


Рис. 5. Суммарная длина корней (см) княженики арктической на питательной среде QL в зависимости от концентрации ауксина ИМК и добавления препарата Эпин-Экстра

При освещении растений-регенерантов светодиодными лампами с комбинацией белого, красного и синего спектров побегообразование княженики арктической *in vitro* происходило наиболее интенсивно, формировалось наибольшее количество микропобегов наибольшей длины. Суммарная длина микропобегов княженики сорта Anna была больше, чем у гибридной формы К-1. Ризогенез клонируемых растений княженики арктической проходил более активно при освещении наземной части растений светодиодными лампами с комбинацией белого, красного и синего спектров, чем в вариантах с использованием светодиодных ламп только белого спектра и люминесцентных ламп. У княженики гибридной формы К-1 суммарная длина корней была больше, чем у сорта Anna.

4.3. Клюква болотная (*Oxycoccus palustris* Pers.)

На этапе «введение в культуру *in vitro*» экспланты клюквы болотной сорта Дар Костромы и гибридной формы 1-15-635 имели высокую жизнеспособность (более 90%) при использовании в качестве основных стерилизующих агентов нитрата серебра 0,2% при времени стерилизации 10 мин и Экостерилизатора бесхлорного 5% при времени стерилизации 20 мин.

На этапе «собственно микроразмножение» максимального значения суммарная длина побегов клюквы болотной *in vitro* достигала на питательной среде WPM 1/4 с цитокинином 2-иР в концентрации 2,0 мг/л. При использовании цитокинина 2-иР количество и длина побегов клюквы болотной были больше, чем при использовании 6-БАП в исследуемых концентрациях (рис. 6).

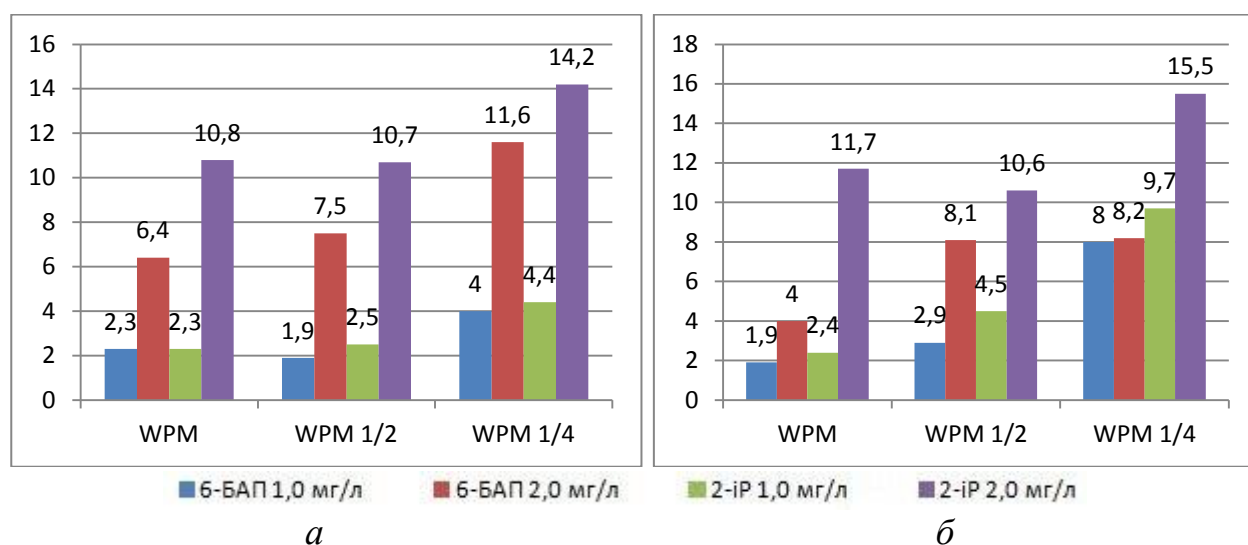


Рис. 6. Суммарная длина микропобегов (см) клюквы болотной *in vitro* сорта Дар Костромы (а) и гибридной формы 1-15-635 (б) в зависимости от питательной среды и концентрации цитокининов

При клональном микроразмножении клюквы болотной на этапе «укоренение *in vitro*» повышение в питательной среде концентрации ауксинов ИМК и ИУК от 0,5 до 1,0 мл/л способствовало значительному увеличению суммарной длины корней клюквы болотной лишь в вариантах с добавлением препарата Домоцвет 0,5 мл/л. Максимальные показатели суммарной длины корней клюквы болотной отмечены при наличии в питательной среде как ИМК, так и ИУК в концентрации 1,0 мл/л и препарата Домоцвет 0,5 мл/л, особенно в вариантах с питательной средой WPM 1/4 (рис. 7, 8).

Биометрические показатели корней клюквы болотной увеличивались с повышением в питательной среде WPM 1/4 концентрации препарата Корнерост от 1,0 до 5,0 мг/л. Максимальных значений биометрические показатели достигли при концентрации 5,0 мг/л (рис. 9).

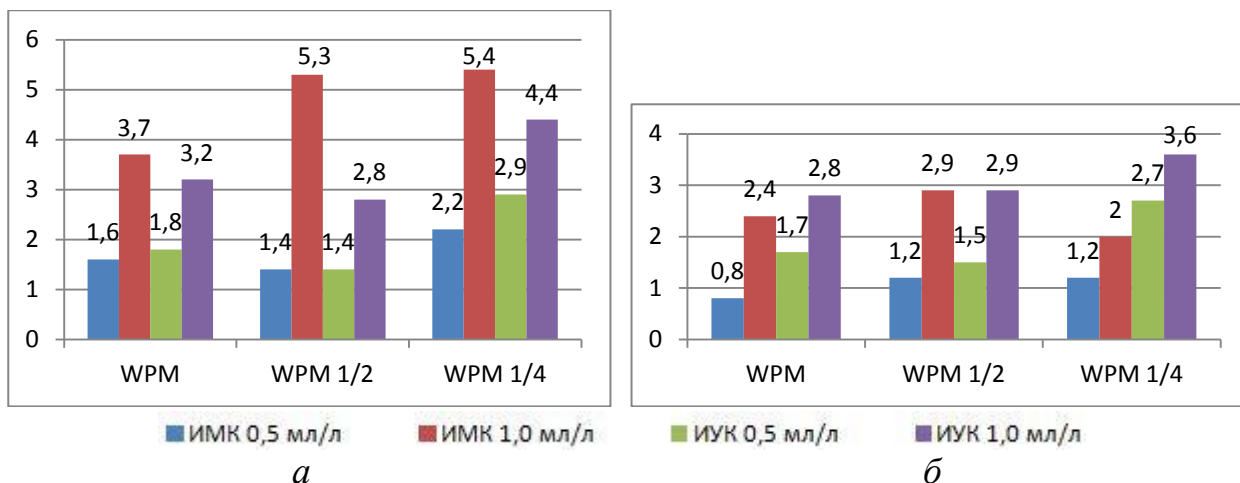


Рис. 7. Суммарная длина корней (см) клюквы болотной *in vitro* сорта Дар Костромы (а) и гибридной формы 1-15-635 (б) в зависимости от питательной среды и концентрации ауксинов без препарата Домоцвет

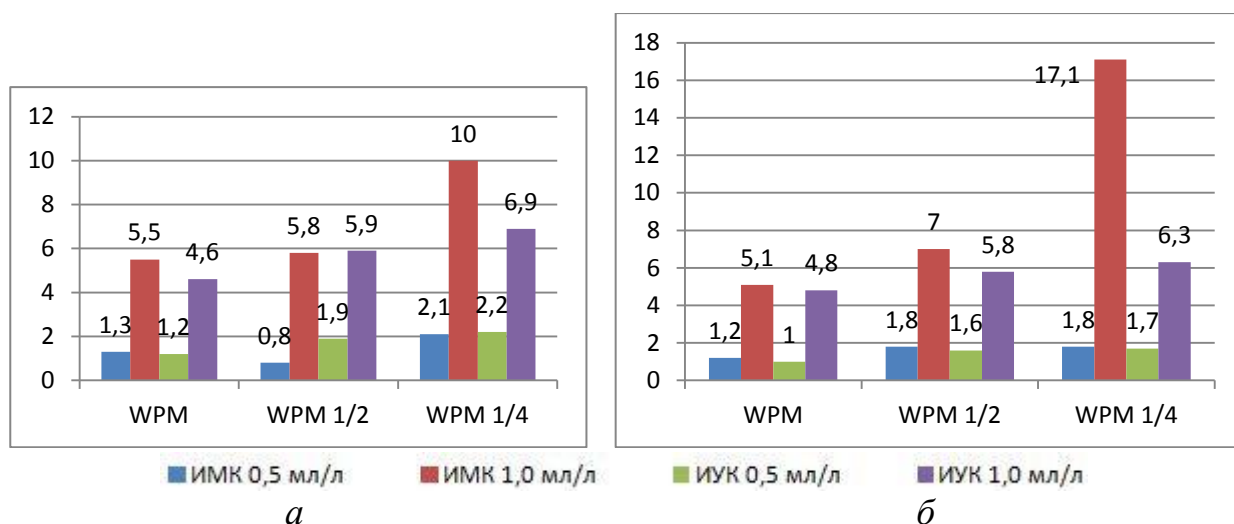


Рис. 8. Суммарная длина корней (см) клюквы болотной *in vitro* сорта Дар Костромы (а) и гибридной формы 1-15-635 (б) в зависимости от питательной среды и концентрации ауксинов с добавлением препарата Домоцвет 0,5 мл/л

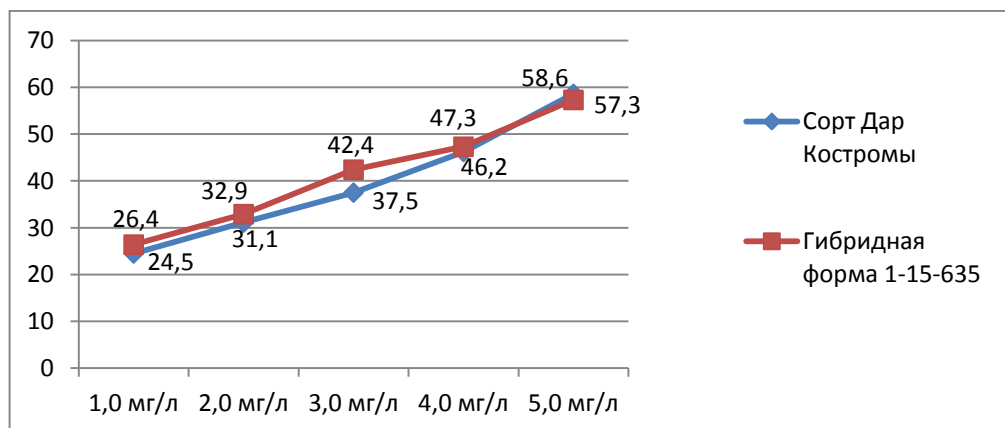


Рис. 9. Суммарная длина (см) одного растения клюквы болотной *in vitro* в зависимости от концентрации препарата Корнерост

При освещении растений-регенерантов клюквы болотной светодиодными лампами с чередованием белого и красного спектров количество микропобегов было в 1,8 раза больше, а их суммарная длина – в 4,0–4,2 раза больше, чем при освещении лампами белого спектра. Более мощное развитие надземной части растений клюквы болотной способствовало более интенсивному развитию корневой системы. При освещении надземной части лампами с чередованием белого и красного спектров количество корней было в 1,8–2,5 раза больше, их средняя длина – в 1,3–1,4 раза, а суммарная длина – в 2,4–3,5 раза больше, чем при освещении лампами белого спектра. Растения клюквы болотной гибридной формы 1-15-635 формировали более мощную надземную часть и корневую систему, чем растения сорта Дар Костромы.

Глава 5. АДАПТАЦИЯ К НЕСТЕРИЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ И ВЫРАЩИВАНИЕ В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ ЛЕСНЫХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ

При пересадке растений-регенерантов княженики арктической для адаптации в нестерильные условия в разные сроки (через каждые 10 дней) приживаемость растений в марте у растений голубики узколистной составила 35%, у княженики арктической – 76%, у клюквы болотной – 46%, в апреле – 60%, 74% и 74%, соответственно. Наилучшая приживаемость данных лесных ягодных растений отмечена в мае (68–90%). Таким образом, пересадку растений-регенерантов исследуемых ягодных культур можно производить с марта по май включительно.

На этапе адаптации через месяц после пересадки в нестерильные условия *ex vitro* отмечено, что самая высокая приживаемость (55–90%) для всех сортов и форм голубики узколистной отмечены на субстрате из верхового торфа. При этом максимальные показатели на всех субстратах имели растения голубики сорта Northblue, а минимальные – сорта Putte при использовании кокосового субстрата. Приживаемость княженики арктической на этапе адаптации к нестерильным условиям была максимальной при использовании субстрата из переходного торфа (84–86%). Наибольшая приживаемость клюквы болотной как сорта Дар Костромы, так и гибридной формы 1-15-635 (92–96%), выявлена на субстрате из верхового торфа (табл. 4).

Обработка торфяного субстрата различными препаратами оказала влияние на приживаемость адаптируемых к нестерильным условиям *ex vitro* растений клюквы болотной. В вариантах с использованием каждого из препаратов в концентрации 0,2 мг/л приживаемость адаптируемых растений была выше, чем при внесении их в питательную среду в концентрации 0,1 мг/л. При этом самая высокая приживаемость растений (94–100%) наблюдалась в вариантах с добавлением в субстрат из верхового торфа, содержащего микоризу препарата Микогель 0,2 мг/л (табл. 5).

Таблица 4 – Приживаемость адаптируемых растений голубики узколистной *ex vitro* в зависимости от сорта и состава субстрата через 1 месяц после пересадки

Сорт / форма	Приживаемость, %			
	Торф верховой	Торф переходный	Торф + песок 1:1	Кокосовый субстрат
Голубика узколистная				
Сорт Northblue	98	-	72	32
Сорт Putte	85	-	55	20
Гибридная форма 23-1-11	87	-	60	40
Гибридная форма 27-10	80	-	50	30
Княженика арктическая				
Сорт Анна	36	84	-	72
Гибридная форма К-1	32	86	-	70
Клюква болотная				
Сорт Дар Костромы	96	86	62	44
Гибридная форма 1-15-635	92	80	64	46

Таблица 5 – Приживаемость (%) клюквы болотной в нестерильных условиях *ex vitro* в зависимости от обработки субстрата из верхового торфа различными препаратами

Вариант опыта	Концентрация препарата, мг/л	
	0,1	0,2
Сорт Дар Костромы		
Вода (контроль)	48	
Торф + Микогель	86	94
Торф + Биомикориза	68	78
Гибридная форма 1-15-635		
Вода (контроль)	50	
Торф + Микогель	90	100
Торф + Биомикориза	90	92

В результате проведенных исследований с использованием кассет и таблеток с добавлением биопрепаратов на микоризной основе установлено, что максимальная приживаемость растений голубики (88,4–89,6%) была на торфяном субстрате с добавлением препарата БиоМикориза в кассетах (табл. 6). При этом княженика арктическая имела самую высокую приживаемость в торфяных таблетках с добавлением препарата БиоМикориза (95,6–96,2%). На этапе адаптации растений к кокосовому субстрату наибольший процент приживаемости отмечен у растений княженики арктической при добавлении в субстрат препарата БиоМикориза как в кассетах (85,6–86,1%), так и в таблетках (84,8–86,9%) (табл. 7). Приживаемость голубики во всех вариантах использования кокосового субстрата была низкой.

Таблица 6 – Приживаемость (%) лесных ягодных растений, адаптированных к торфяным субстратам с добавлением биопрепаратов микоризного типа

Субстрат	Голубика узколистная		Княженика арктическая	
	Сорт Northblue	Форма 23-1-11	Сорт Anna	Форма К-1
Кассеты				
Торф верховой + вода (контроль)	66,8±0,44	70,4±0,52	48,2±0,28	46,7±0,31
Торф + Микогель	84,5±0,78	82,2±0,65	61,8±0,88	62,6±0,57
Торф + БиоМикориза	89,6±0,78	88,4±0,91	69,2±0,66	70,3±0,79
	F<F _{st}		F<F _{st}	
Таблетки				
Торф верховой раскисленный + вода (контроль)	45,0±0,66	47,4±0,70	72,2±0,88	75,4±0,94
Торф + Микогель	46,2±0,75	48,0±0,82	94,0±1,12	92,1±1,02
Торф + БиоМикориза	44,2±0,59	46,8±0,64	95,6±1,07	96,2±1,10
	F<F _{st}		F<F _{st}	

Таблица 7 – Приживаемость лесных ягодных растений, адаптированных к кокосовым субстратам с добавлением биопрепаратов микоризного типа, %

Субстрат	Голубика узколистная		Княженика арктическая	
	Сорт Northblue	Форма 23-1-11	Сорт Anna	Форма К-1
Кассеты				
Кокосовый + вода (контроль)	38,2±0,52	39,8±0,59	68,4±0,62	69,6±0,75
Кокосовый + Микогель	36,5±0,48	37,4±0,52	76,5±0,78	78,2±0,71
Кокосовый + БиоМикориза	37,2±0,46	37,7±0,52	85,6±0,81	86,1±0,87
	F<F _{st}		F<F _{st}	
Таблетки				
Кокосовый + вода (контроль)	40,2±0,68	42,3±0,55	71,0±0,72	70,2±0,68
Кокосовый + Микогель	37,4±0,47	38,3±0,49	77,4±0,76	76,1±0,88
Кокосовый + БиоМикориза	39,5±0,47	40,0±0,61	86,9±0,92	84,8±0,89
	F<F _{st}		F<F _{st}	

В опытах с мульчированием мхом *Sphagnum* L. посадок адаптируемых лесных ягодных растений самые высокие показатели приживаемости выявлены у растений голубики (90,5–91,2%) на торфяном субстрате с добавлением препарата БиоМикориза. У княженики арктической при мульчировании максимальная приживаемость (84,2–88,2%) наблюдалась на кокосовом субстрате с добавлением БиоМикоризы (табл. 8).

Приживаемость всех исследуемых ягодных растений через месяц после пересадки в условия открытого грунта на участки выработанных торфяников и их сохранность на следующий год после зимовки составили 100%.

Таблица 8 – Приживаемость лесных ягодных растений, адаптированных к субстратам с добавлением биопрепаратов микоризного типа и мульчированием в кассетах, %

Субстрат	Голубика узколистная		Княженика арктическая	
	Сорт Northblue	Форма 23-1-11	Сорт Anna	Форма К-1
Торф верховой + вода (контроль)	74,5±0,86	78,2±0,91	50,2±0,67	49,4±0,58
Торф + Микогель	88,7±0,90	87,1±0,96	64,5±0,78	66,1±0,72
Торф + БиоМикориза	91,2±1,03	90,5±0,99	70,5±0,85	72,1±0,79
Кокосовый + вода (контроль)	42,2±0,58	44,8±0,60	69,5±0,78	72,2±0,83
Кокосовый + Микогель	40,3±0,49	42,2±0,53	78,3±0,81	80,0±0,88
Кокосовый + БиоМикориза	41,6±0,58	40,9±0,61	84,2±0,90	88,2±0,96
	F<F _{st}		F<F _{st}	

Глава 6. РАЗРАБОТКА СОСТАВА И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОГО ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ И ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В СИСТЕМЕ «СУБСТРАТ – РАСТЕНИЕ – ПРОДУКЦИЯ»

Разработан состав нового вида органоминерального удобрения для голубики узколистной: NPK 8:8:8, Fe-0,5%, Zn-0,2%, Cu-0,4%. Данный вид удобрения отличается тем, что, кроме сбалансированного состава макро- и микроэлементов, на торфяную гранулу наносится биогумат, содержащий споровые формы бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 и *B. mucilaginosus*, *Azotobakter chroococcum* (в составе препаратов Бисолбифит, Фосфатовит и Азотовит), способных к высокой биологической активности по минерализации сложных веществ и трансформации органо- и минералофосфатов в доступную для растений форму и фиксации атмосферного азота.

Ценным свойством нового вида удобрения является тот факт, что при внесении гранулированной формы органоминерального удобрения минерализация происходит медленно. Основные элементы высвобождаются из гранулы при участии микрофлоры постепенно, так как они не вымываются и не улетучиваются по сравнению с минеральными формами удобрений. Органоминеральные гранулированные удобрения имеют пролонгированное действие и не требуют дополнительных подкормок в течение вегетации растений. С постоянным притоком макро- и микроэлементов у растений повышается продуктивность, улучшаются показатели качества плодов (табл. 9).

Таблица 9 – Урожайность и качество продукции голубики узколистной

Вариант	Урожайность, г/куст	Сахара, %	Сбор сахара, г/растение	Общая кислотность, %	Сухое вещество, %	Сбор сухого вещества г/растение	Витамин С, мг/%
Контроль (торф)	150,1	10,2	15,3	0,60	9,8	14,7	9,4
Торф + Вересковые 6 г/кг	163,5	11,0	17,98	0,57	10,3	17,38	10,6
Торф + Азофоска 4 г/кг	160,2	11,1	17,76	0,71	10,1	16,16	10,2
Торф + Новое ОМУ 6,4 г/кг	190,2	11,9	22,61	0,60	10,8	20,52	10,4
НСР ₀₅	9,603						

Применение нового гранулированного органоминерального удобрения позволило получить достоверно наиболее высокую урожайность плодов голубики (190,2 г/куст), что существенно выше, чем в вариантах с минеральными удобрениями на 29,9–47,2 г/куст или на 14–16%. Методом парных корреляций установлена тесная связь урожая, фосфорных бактерий и подвижного фосфора на уровне 92–25% ($R^2 = 0,92–0,95$). Сбор сухого вещества и сахара увеличился на 4,36–5,79 г/куст и 4,85–6,88 г/куст, соответственно, и составил 20,52–22,61 г/куст. Содержание витамина С в продукции изменялось незначительно и только в варианте без удобрений снизилось на 0,8–1,2 мг/% от показателей вариантов с удобрениями.

При исследовании накопления элементов питания в системе «субстрат-растение-продукция» выявлена определенная закономерность их движения. По сравнению с вариантами с минеральными удобрениями Вересковые и Азофоска, содержание макроэлементов фосфора и калия как в субстрате, так и в растениях было значительно выше при использовании нового состава органоминерального удобрения, поэтому и в продукции оно увеличилось на 7,0–10,0% и 6,0–38,0%. Такие важные микроэлементы, как Mg, Mn, Fe, Ca, также имели более высокие показатели, их содержание в ягодах составило, соответственно, 11,30; 118,32; 200,10; 23,12 мг/кг.

Применение нового состава органоминерального удобрения позволило оптимизировать микрофлору субстратов, обеспечить растения голубики необходимыми макро- и микроэлементами, активизировать морфофизиологические процессы растений, повысить урожайность ягод и улучшить качество полученной продукции. Все это позволяет значительно снизить норму внесения минеральных удобрений, избежать дополнительных затратных операций по проведению подкормок. Применение органоминеральных удобрений позволит снизить засоление, неоправданную минерализацию органического вещества, улучшить биологическую среду и повысить продуктивность растений. В связи с этим развитие производства

специализированных органоминеральных удобрений и внедрение их в практику производства всех видов продукции растениеводства позволит комплексно решить вопросы природных ресурсов, экологии, охраны окружающей среды и обеспечить дальнейшее наращивание ягодной продукции и ее качества.

Глава 7. ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ. БОРЬБА С ВРЕДИТЕЛЯМИ, БОЛЕЗНЯМИ И СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ

В результате фитопатологического обследования посадок в посадках голубики узколистной в условиях выработанного верхового торфяника обнаружены: единичные стебли с признаками поражения годрониозом, побеги, пораженные серой гнилью, пятнистость листьев, бактериальный рак, карликовость. На культивируемой княженике обнаружены: комплекс микромицетов *Phoma-Didymella*, вызывающий увядание побегов; вирус карликовости малины, вызывающий пожелтение листьев; ржавчина листьев и стеблей и др. На обследованных участках клюквы болотной обнаружены следующие болезни: снежная плесень, монилиоз, фомопсис, экзобазидиоз, израстание.

В ходе энтомологических обследований отмечены следующие виды насекомых, повреждающие голубику: *Sciara helvola* Winn. (Diptera, Sciaridae); *Celypha rivulana* Scopoli (Lepidoptera, Tortricidae); *Orgyia gonostigma* (Lepidoptera, Lymantriidae); *Orgyia antiqua* L. (Lepidoptera, Lymantriidae); *Dasychira pudibunda* L. (Lepidoptera, Lymantriidae); *Macrothylacia rubi* L. (Lepidoptera, Lasiocampidae). В опытных посадках княженики выявлены следующие виды фитофагов: *Aphthona lutescens* Gyll. (Coleoptera, Chrysomelidae); *Galerucella grisescens* Joann. (Coleoptera, Chrysomelidae); *Haltica engstroemi* J.Sahlb. (Coleoptera, Chrysomelidae); *Haltica oleracea* L. (Coleoptera, Chrysomelidae); *Haltica tamaricis* Schrnk. (Coleoptera, Chrysomelidae); *Haltica britteni* Sharp (Coleoptera, Chrysomelidae); *Rubiconia intermedia* Wolff. (Hemiptera, Pentatomidae); *Philaenus spumarius* L. (Homoptera, Cercopidae). Применение инсектицида Инта-Ц-М в посадках княженики арктической способствовало снижению числа поврежденных растений на 80%.

Испытанные в опыте по борьбе с сорной растительностью механические и химические приемы не оказали негативного воздействия на растения голубики узколистной и в разной степени способствовали снижению засоренности делянок, которая зависела не только от гибели сорных растений под воздействием мер борьбы, но и от имеющегося на делянках запаса семян сорняков, а также от наличия или отсутствия благоприятных условий для прорастания этих семян и дальнейшего роста проростков; отмечена высокая эффективность использования плоскореза. Гербицид Фюзилад Супер в дозе 6,0 л/га не оказал негативного влияния на растения княженики; отмечено обильное цветение княженики и дальнейшее разрастание посадок. Применение гербицида системного действия Анкор-85

в дозах 0,10 и 0,12 кг/га в ранние сроки (до начала периода вегетации растений) не оказывало негативного воздействия на рост стелющихся и прямостоячих побегов клюквы болотной, а в период до начала вегетации (начала роста вегетативных побегов и распускания цветковых почек) оказывало угнетающее действие на рост и развитие побегов; более эффективное угнетение сорной растительности отмечено при использовании гербицида Анкор-85 во второй срок обработки.

Глава 8. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ

Производственные затраты отличаются не значительно и, как следствие, себестоимость одного растения почти одинакова. Исходя из полученных нами расчетов, выявлено, что производство оздоровленного посадочного материала в лабораторных условиях требует достаточно больших вложений, которые быстро окупаются благодаря тому, что при клональном микроразмножении за короткий промежуток времени можно получить необходимое количество посадочного материала лесных ягодных растений. Дальнейшее выращивание растений производили в кассетах для адаптации растений. Затраты на кассеты составляют: для клюквы болотной – 97 700 руб., для княженики арктической – 40 281 руб., для голубики узколистной – 4 959 руб.

Исходя из схемы посадки растений, потребность в посадочном материале у представленных ягодных культур различная (табл. 10). В связи с этим производственные затраты по культурам в расчете на 1 га различались. Самая низкая себестоимость выращенного саженца выявлена у клюквы болотной, а наивысшая – у голубики узколистной.

Таблица 10 – Себестоимость выращивания посадочного материала лесных ягодных растений в производственных условиях (на 1 га)

Показатель	Значение		
	Клюква болотная	Княженика арктическая	Голубика узколистная
Посадочный материал, шт.	125 000	25 000	3 030
Производственные затраты, руб.	1 974 380,57	458 338,72	95 791,25
Себестоимость 1 растения, руб.	15,79	18,83	31,61

Характеристика экономической эффективности производства лесных ягодных растений показала, что рентабельность по клюкве болотной составила 187,8%, следовательно, на каждый рубль возмещенных затрат будет получено 1,87 руб. прибыли с каждого саженца. При выращивании княженики арктической будет получено 2,97 руб., а при выращивании голубики узколистной – 1,88 руб. с каждого саженца (табл. 11).

Таблица 11 – Экономическая эффективность выращивания лесных ягодных растений (%)

Показатель	Значение		
	Клюква болотная	Княженика арктическая	Голубика узколистная
Полная себестоимость 1 шт, руб.	17,37	20,16	34,76
Цена реализации 1 шт, руб	50	80	200
Прибыль (+), убыток (-) от реализации 1 шт., руб.	32,63	59,84	165,24
Уровень рентабельности, %	187,8	296,8	187,7

Выращивание клюквы болотной, княженики арктической и голубики узколистной методом клонального микроразмножения экономически выгодно, и данные лесные ягодные растения можно рекомендовать для промышленного выращивания на предприятиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Изученные гибридные формы голубики узколистной (23-1-11, 27-10), княженики арктической (К-1) и клюквы болотной (1-15-635) обладают высокой зимостойкостью, однако бутоны и завязи форм голубики неодинаково устойчивы к негативному воздействию заморозков. По комплексу хозяйственно ценных признаков, главными из которых являются высокая урожайность, крупноплодность, зимостойкость и заморозкоустойчивость бутонов и завязей, гибридные формы голубики узколистной и клюквы болотной являются перспективными для выращивания в условиях центральной зоны европейской части России.

2. При размножении голубики узколистной гибридной формы 23-1-11 (от сорта Northblue) одревесневшими стеблевыми черенками их укореняемость достигала 70%, тогда как при размножении формы 27-10 (от сорта Putte) – до 100%. Обработка зеленых стеблевых черенков Корневином гибридных форм 23-1-11 и 27-10 оказывала положительное влияние на их укореняемость. Применение Циркона способствовало укореняемости зеленых черенков гибридной формы 27-10. Образующие корневища гибридные формы голубики узколистной (23-1-11) легко размножаются корневищными черенками в простых тоннельных укрытиях под нетканым укрывным материалом, без применения стимуляторов корнеобразования и туманообразующей установки.

3. Приживаемость саженцев княженики арктической, полученных при делении куста и из зеленых черенков, к концу 1-го вегетационного периода составляла 100%.

4. Наилучшими сроками посадки одревесневших черенков клюквы болотной в простых тоннелях, накрытых нетканым укрывным материалом, в условиях Нечерноземной зоны европейской части России является период с

середины 3-й декады апреля по середину 1-й декады мая. При заготовке зеленых черенков можно использовать как стелющиеся, так и приподнимающиеся побеги.

5. При клональном микроразмножении лесных ягодных растений для стерилизации эксплантов голубики узколистной и княженики арктической на этапе «введение в культуру *in vitro*» наиболее эффективными стерилизующими агентами оказались нитрат серебра 0,2% и препарат Лизоформин 3000 5% при времени стерилизации 15 мин. При стерилизации эксплантов клюквы болотной на этапе «введение в культуру *in vitro*» наиболее эффективными стерилизующими агентами являются нитрат серебра 0,2% при времени стерелизации 10 мин и экостерилизатор бесхлорный 5% при времени стерелизации 20 мин.

6. Наилучшая регенерация микропобегов *in vitro* голубики узколистной и клюквы болотной отмечена на питательной среде WPM 1/4 с цитокинином 2-иР в концентрации 2,0 мг/л; княженики арктической – на питательной среде QL с добавлением тидиазурона 0,2 мг/л и адаптогена Эпин-Экстра 0,5 мл/л.

7. Более эффективного укоренение побегов *in vitro* голубики узколистной и клюквы болотной отмечено при наличии в питательной среде WPM 1/4 ауксинов ИМК или ИУК в концентрации 1,0 мл/л с добавлением препарата Домоцвет 0,5 мл/л; княженики арктической – при наличии в питательной среде QL ауксина ИМК в концентрации 1,0 мл/л с добавлением препарата Экогель 0,5 мл/л.

8. При клональном микроразмножении растений княженики арктической и клюквы болотной наибольшее количество микропобегов наибольшей длины формировалось при освещении светодиодными лампами с комбинацией белого, красного и синего спектров, тогда как растения голубики узколистной имели наибольшие показатели при освещении люминесцентными лампами белого цвета.

9. На этапе адаптации к нестерильным условиям *ex vitro* самая высокая приживаемость голубики узколистной и клюквы болотной отмечена на субстрате из верхового торфа, княженики – на кокосовом субстрате. Максимальные показатели приживаемости растений как на торфяном, так и на кокосовом субстратах отмечены при добавлении препарата БиоМикориза. Приживаемость адаптируемых *ex vitro* растений клюквы болотной оказалась максимальной при обработке субстрата раствором препарата Микогель в концентрации 0,2 мг/л. При адаптации к торфяным субстратам в кассетах наибольший процент приживаемости имеют растения голубики, тогда как княженика имеет лучшие показатели при выращивании в таблетках. При использовании кокосового субстрата как в кассетах, так и в таблетках высокая приживаемость наблюдается у растений княженики, при этом голубика имеет низкие показатели. Применение мульчирования мхом *Sphagnum* L. значительно повышает адаптацию лесных ягодных растений к нестерильным условиям на всех субстратах.

10. Использование плоскореза показало высокую эффективность для борьбы с сорняками в междурядьях голубики узколистной на выработанных

торфяниках верхового и переходного типа. Применение гербицида Фюзилад Супер в дозе 6 л/га не оказало негативного влияния на растения княженики арктической, при этом отмечено обильное цветение княженики и дальнейшее разрастание посадок. Применение против сорной растительности гербицида Анкор-85 в дозах 0,10 и 0,12 кг/га в ранние сроки (до начала периода вегетации растений) в условиях выработанных торфяников не оказало негативного воздействия на рост стелющихся и прямостоячих побегов клюквы болотной, однако в период до начала роста вегетативных побегов и распускания цветковых почек – оказывало угнетающее воздействие и способствовало в большей степени снижению годичного прироста стелющихся побегов.

11. Разработанный состав нового вида органоминерального удобрения для выращивания голубики узколистной (NPK 8:8:8, Fe-0,5%, Zn-0,2%, Cu-0,4%) способствует оптимизации микрофлоры субстратов, обеспечению растений необходимыми макро- и микроэлементами, активизации морфофизиологических процессов растений, повышению урожайности и улучшению качества полученной продукции.

12. Рентабельность выращивания лесных ягодных растений методом клонального микроразмножения составляет: для голубики узколистной – 187,7%; для княженики арктической – 296,8%; для клюквы болотной – 187,8%.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Выбор участка для плантации. Наиболее подходящими для ягодных плантаций участками являются недавно вышедшие из-под торфоразработок площади, где имеется осушительно-обводнительная сеть, а поверхность полей (чеков) более или менее спланирована и свободна от сорняков. Вблизи участка должен находиться источник водоснабжения (река, озеро и т.п.) или выбрано место для искусственного водоема с возможностью заполнения и периодического пополнения его водой. Потребные запасы воды в водоемах рассчитываются с учетом необходимости не только периодического полива посадок, но и затопления плантаций клюквы на зиму, для чего требуется не менее 3,5–4,0 тыс. м³ воды на 1 га.

Для ягодной плантации нежелательно прилегание стены леса, участок не должен располагаться в низких западинах, куда стекается холодный воздух. Плантацию следует размещать вблизи дорог общего назначения для обеспечения доставки механизмов, материалов, людей, вывозки продукции. Следует учитывать возможность подвода к плантации электроэнергии и наличие рабочей силы, а также перспективу расширения плантации.

Для закладки плантаций голубики узколистной, клюквы болотной, княженики арктической необходимо подбирать верховые и переходные осушенные болота или выработанные торфяники с мощностью остаточного слоя торфа не менее 50 см и кислотностью (рН_{KCl}) не выше 5,5 (для клюквы болотной – 2,6...5,5; для княженики арктической – 3,5...5,7; для голубики

узколистной – 3,0...5,0). В случае выбора для плантации неосушенного болотного массива мощность торфяного слоя должна составлять не менее 1 м.

Размножение лесных ягодных растений. Для успешного выращивания посадочного материала *голубики узколистной* из зеленых черенков необходимы условия закрытого грунта с туманообразующей установкой. При размножении корневищными черенками за 1 год можно получить хорошо развитые саженцы, пригодные для посадки в открытый грунт. Возможность заготовки большого количества корневищных черенков от одного маточного растения (до 100 черенков) также указывает на перспективность размножения хозяйственно ценных форм *голубики узколистной* корневищными черенками.

Создание посадок *княженики арктической* возможно посадочным материалом, полученным при делении куста и зеленых черенков. Для этого более перспективно использование нескольких побегов (от 3 и более) с частью корней при размножении делением куста. При недостатке посадочного материала *княженики*, а также для ускоренного размножения сортов и новых хозяйственно ценных форм рекомендуется использовать отдельные побеги и черенки. При этом более перспективно использование отдельных побегов для выращивания саженцев с закрытой корневой системой, что позволяет получить большое количество качественных растений с высокими показателями приживаемости.

Посадку *клюквы болотной* одревесневшими черенками в простых тоннелях, накрытых нетканым укрывным материалом, в условиях центральной зоны европейской части России следует проводить в период с середины 3-й декады апреля по середину 1-й декады мая. При заготовке зеленых черенков можно использовать как стелющиеся, так и приподнимающиеся побеги. При наличии достаточного количества материала для нарезки черенков целесообразно осуществлять посадку черенками длиной от 10 до 15 см для получения более крупных саженцев. Для ускоренного размножения новых перспективных форм и сортов следует использовать более короткие черенки длиной до 5 см с целью увеличения коэффициента размножения. При заготовке зеленых черенков *клюквы болотной* следует использовать как стелющиеся, так и приподнимающиеся побеги. Для лучшего укоренения зеленых черенков и формирования из них более крупных и морозоустойчивых саженцев целесообразно при заготовке черенков из приподнимающихся побегов нарезать комбинированные черенки, при заготовке черенков из приподнимающихся побегов – нарезать комбинированные черенки из приподнимающихся побегов с отрезком 1 см 2-летнего стелющегося побега (черенок с «подставкой»).

Борьба с сорной растительностью. Для подрезания сорняков в междурядьях посадок *голубики узколистной* на плантациях можно рекомендовать применение механизированных орудий с рабочими органами в виде односторонних плоскорежущих лап. На прикустовых площадках вместо ручной прополки целесообразно применять мульчирование

древесными опилками в сочетании с селективными гербицидами. Борьбу с сорной растительностью с помощью плоскореза на торфяниках верхового типа надо проводить в сухую погоду. Для наиболее эффективной борьбы с сорной растительностью с наименьшими негативными воздействиями на культивируемые растения в условиях выработанных торфяников рекомендуется применять гербициды системного действия: в посадках княженики арктической – Фюзилад Супер; в посадках клюквы – Анкор-85.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных журналах по перечню ВАК Минобрнауки России

1. Коренев И.А. Центрально-европейской лесной опытной станции – 65 лет / И.А. Коренев, С.С. Багаев, Г.В. Тяк, Е.С. Багаев, **С.С. Макаров** // Лесохозяйственная информация. – 2021. – № 3. – С. 5–20. DOI: 10.24419/LNI.2304-3083.2021.3.01

2. Кузнецова, И.Б. Влияние питательной среды и росторегулирующих веществ на корнеобразование клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) *in vitro* / И.Б. Кузнецова, **С.С. Макаров** // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 6 (92). – С. 99–103. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-99-103

3. **Макаров, С.С.** Адаптация лесных ягодных растений к нестерильным условиям *in vivo* с применением современных биопрепаратов / **С.С. Макаров**, А.И. Чудецкий, Г.В. Тяк, Е.И. Куликова, И.Б. Кузнецова // Лесохозяйственная информация. – 2021. – № 3. – С. 84–91. DOI: 10.24419/LNI.2304-3083.2021.3.07

4. **Макаров, С.С.** Влияние освещения на ризогенез ягодных растений при клональном микроразмножении / **С.С. Макаров**, С.А. Родин, И.Б. Кузнецова, А.И. Чудецкий, С.Ю. Цареградская // Техника и технология пищевых производств (Food Processing: Techniques and Technology). – 2021. – Т. 51. – № 3. – С. 520–528. DOI: 10.21603/2074-9414-2021-3-520-528 (Scopus)

5. **Макаров, С.С.** Влияние освещения различного спектрального диапазона на биометрические показатели растений княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) при клональном микроразмножении / **С.С. Макаров**, И.Б. Кузнецова // Вестник БГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2021. – № 3 (64). – С. 109–115. DOI: 10.34655/bgsha.2021.64.3.014

6. **Макаров, С.С.** Влияние освещения различного спектрального диапазона на органогенез клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) при клональном микроразмножении / **С.С. Макаров**, И.Б. Кузнецова, Г.Ю. Макеева, В.А. Макеев // Лесохозяйственная информация. – 2021. – № 2. – С. 106–115. DOI: 10.24419/LNI.2304-3083.2021.2.09.

7. **Макаров, С.С.** Влияние росторегулирующих веществ на морфологические параметры перспективных гибридных форм голубики

узколистной *in vitro* / **С.С. Макаров**, Г.В. Тяк, И.Б. Кузнецова, А.И. Чудецкий, Е.И. Куликова // Вестник БГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2021. – № 4 (65). – С. 140–145. DOI: 10.34655/bgsha.2021.65.4.019

8. **Макаров, С.С.** Влияние росторегулирующих веществ на органогенез растений княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) при клональном микроразмножении / **С.С. Макаров**, И.Б. Кузнецова, Д.Н. Клевцов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (89). – С. 88–92. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-89-3-88-92

9. **Макаров, С.С.** Влияние состава субстрата на приживаемость и корнеобразование адаптируемых *ex vitro* растений голубики полуввысокой североамериканских сортов [Электронный ресурс] / **С.С. Макаров**, С.А. Родин, И.Б. Кузнецова // Лесохозяйственная информация. – 2020. – №2. – С. 119–126. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2020.2.10; URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

10. **Макаров, С.С.** Влияние состава питательной среды и росторегулирующих веществ на ризогенез голубики узколистной *in vitro* / **С.С. Макаров**, И.Б. Кузнецова, Е.И. Куликова, А.И. Чудецкий // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 6 (92). – С. 103–109. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-103-109

11. **Макаров, С.С.** Клональное микроразмножение перспективных сортов и форм полуввысокорослой голубики с применением витаминно-минерального комплекса / **С.С. Макаров**, И.Б. Кузнецова, А.В. Заушинцева, Е.И. Куликова // Лесохозяйственная информация. – 2021. – № 4. – С. 97–105. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.4.07

12. **Макаров, С.С.** Органогенез голубики полуввысокой при клональном микроразмножении в зависимости от условий освещения / **С.С. Макаров**, И.Б. Кузнецова, В.В. Суров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4 (90). – С. 76–79. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-90-4-76-79

13. **Макаров, С.С.** Органогенез растений голубики полуввысокорослой в зависимости от росторегулирующих веществ при клональном микроразмножении / **С.С. Макаров**, И.Б. Кузнецова, Е.И. Куликова // Вестник БГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2021. – № 2 (63). – С. 141–145. DOI: 10.34655/bgsha.2021.63.2.020

14. **Макаров, С.С.** Особенности клонального микроразмножения клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) / **С.С. Макаров**, И.Б. Кузнецова, М.Т. Упадышев, С.А. Родин, А.И. Чудецкий // Техника и технология пищевых производств (Food Processing: Techniques and Technology). – 2021. – Т. 51. – № 1. – С. 67–76. DOI: 10.21603/2074-9414-2021-1-67-76 (Scopus)

15. **Макаров, С.С.** Побегообразование клюквы болотной при клональном микроразмножении / **С.С. Макаров**, И.Б. Кузнецова, Г.В. Тяк // Вестник БГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2020. – № 4 (61). – С. 168–173. DOI: 10.34655/bgsha.2020.61.4.026

16. **Макаров, С.С.** Получение посадочного материала *Rubus arcticus* L. методом клонального микроразмножения / **С.С. Макаров**, Г.В. Тяк, И.Б.

Кузнецова, А.И. Чудецкий, С.Ю. Цареградская // ИВУЗ. Лесной журнал. – 2021. – № 6 (384). – С. 89–99. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-6-89-99 (Web of Science)

17. **Макаров, С.С.** Проблемы использования и воспроизводства фитогенных пищевых и лекарственных ресурсов леса на землях лесного фонда Костромской области / **С.С. Макаров**, Е.С. Багаев, С.Ю. Цареградская, И.Б. Кузнецова // ИВУЗ. Лесной журнал. – 2019. – № 6. – С. 118–131. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.118 (Web of Science)

18. **Макаров, С.С.** Укоренение в культуре *in vitro* и адаптация клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) при клональном микроразмножении [Электронный ресурс] / **С.С. Макаров**, С.А. Родин, И.Б. Кузнецова, Г.Ю. Макеева, В.А. Макеев // Лесохозяйственная информация. – 2020. – № 4. – С. 105–114. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2020.4.11; URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

19. Тяк, Г.В. Влияние дозы гербицида Анкор-85 и сроков обработки на прирост побегов клюквы крупноплодной / Г.В. Тяк, **С.С. Макаров**, И.Б. Кузнецова, А.И. Чудецкий // Вестник БГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2021. – № 4 (65). – С. 157–163. DOI: 10.34655/bgsha.2021.65.4.021

20. Чудецкий, А.И. Анализ транспортной доступности лесного фонда в Костромской области [Электронный ресурс] / А.И. Чудецкий, Е.М. Сидоренкова, **С.С. Макаров** // Лесохозяйственная информация. – 2020. – № 3. – С. 58–66. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2020.3.05; URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

21. **Makarov, S.S.** Obtaining High-Quality Planting Material of Forest Berry Plants by Clonal Micropropagation for Restoration of Cutover Peatlands / **S.S. Makarov**, I.B. Kuznetsova, A.I. Chudetsky, S.A. Rodin // *Lesnoy zhurnal [Russian Forestry Journal]*. – 2021. – No. 2. – P. 21–29. DOI: 10.17238/0536-1036-2021-2-21-29 (Web of Science)

Прочие публикации

22. **Макаров, С.С.** Влияние витаминно-минерального комплекса на биометрические показатели княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) / **С.С. Макаров** // II Международное книжное издание стран СНГ / Лучший молодой ученый – 2020: II Междунар. книж. коллекция науч. работ молодых ученых. – Нур-Султан, 2020. – Т. III. – С. 88–91.

23. **Макаров, С.С.** Влияние регуляторов роста на морфогенетический потенциал клюквы болотной / С.С. Макаров, И.Б. Кузнецова // Современное лесное хозяйство – проблемы и перспективы: мат-лы Всеросс. науч.-практ. конф., посв. 50-летию ВНИИЛГИСбиотех (г. Воронеж, 3–4 декабря 2020 г.). – Воронеж: ВНИИЛГИСбиотех, 2020. – С. 235–237.

24. **Макаров, С.С.** Влияние экопрепаратов на биометрические показатели клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) / **С.С. Макаров**, А.И. Чудецкий // Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения: сб. науч. тр. Междунар. науч. конф. молодых ученых (г. Москва, 17–18 декабря 2020 г.). – М.: ФГБНУ ВИЛАР, 2020. – С. 153–159. DOI: 10.52101/9785870190921_2021_8_153

25. **Макаров, С.С.** Выращивание княженики арктической на землях

лесного фонда, вышедших из-под торфодобычи [Электронный ресурс] / **С.С. Макаров**, И.Б. Кузнецова, Г.В. Тяк, А.И. Чудецкий // Повышение эффективности лесного комплекса: мат-лы VI Все-росс. национальной науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Петрозаводск, 20 мая 2020 г.). – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2020. – С. 91–92. – 1 электрон. опт. диск (CD-R).

26. **Макаров, С.С.** Использование витаминно-минерального комплекса и биопрепаратов при культивировании княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) / **С.С. Макаров**, А.И. Чудецкий // 90 лет – от растения до лекарственного препарата: достижения и перспективы: сб. мат-лов Междунар. науч. конф. (г. Москва, 10–11 июня 2021 г.). – М.: ФГБНУ ВИЛАР, 2021. – С. 301–306. DOI: 10.52101/9785870191003_2021_301

27. **Макаров, С.С.** Оценка потенциала использования лекарственных ресурсов леса при организации многоцелевого лесопользования в Костромской области [Электронный ресурс] / **С.С. Макаров**, Е.С. Багаев, С.С. Багаев // Белозеровские чтения: мат-лы I Всеросс. (с междунар. участием) науч.-практ. конф., посв. 120-летию со дня рождения ученого-флориста П.И. Белозерова (г. Кострома, 5 июня 2020 г.). – Кострома: Костром. гос. ун-т, 2020. – С. 107–114. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

28. **Макаров, С.С.** Перспективы использования плодово-ягодных недревесных ресурсов леса при организации многоцелевого лесопользования в Костромской области / **С.С. Макаров**, С.С. Багаев, Е.С. Багаев, А.И. Чудецкий // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях : мат-лы VII Междунар. науч.-практ. конф. (г. Саратов, 17–19 марта 2020 г.). – Саратов: Амирит, 2020. – С. 411–415.

29. **Макаров, С.С.** Укоренение *in vitro* и адаптация в нестерильных условиях *in vivo* княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) / **С.С. Макаров**, Г.В. Тяк, А.И. Чудецкий // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: мат-лы XVIII Междунар. науч. конф. (г. Брянск, 15–19 марта 2021 г.). – Ч. III. – Брянск: Брянский ГАУ, 2021. – С. 129–133.

30. **Макаев, В.А.** Натурализация голубики узколистной в Костромской области / В.А. Макаев, Г.Ю. Макаева, Г.В. Тяк, **С.С. Макаров** // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: сб. ст. 72-й Междунар. науч.-практ. конф. – Караваево: Костромская ГСХА, 2021. – С. 23–27.

31. **Макаев, В.А.** Результаты испытаний полувысокорослой голубики сорта Northblue в Костромской области / В.А. Макаев, Г.Ю. Макаева, Г.В. Тяк, **С.С. Макаров** // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: сб. ст. 72-й Междунар. науч.-практ. конф. – Караваево: Костромская ГСХА, 2021. – С. 28–32.

32. **Макаев, В.А.** Результаты селекции гроздеплодной голубики на высокую зимостойкость и крупноплодность / В.А. Макаев, Г.Ю. Макаева, **С.С. Макаров** // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: мат-лы XXIV Междунар. науч. конф. (г. Красноярск, 19 апреля 2021 г.). – Красноярск, 2021. – С. 61–64.

33. **Тяк, Г.В.** Выращивание лесных ягодных растений в России:

современное состояние и перспективы / Г.В. Тяк, **С.С. Макаров**, Л.Е. Курлович // Леса России: политика, промышленность, наука, образование : мат-лы V науч.-техн. конф. (г. Санкт-Петербург, 16–18 июня 2020 г.). – СПб., 2020. – С. 254–256.

34. Тяк, Г.В. Интродукция княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) / Г.В. Тяк, **С.С. Макаров** // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: мат-лы XXIV Междунар. науч. конф. (г. Красноярск, 19 апреля 2021 г.). – Красноярск, 2021. – С. 163–166.

35. Тяк, Г.В. Размножение сортов клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) / Г.В. Тяк, **С.С. Макаров**, А.С. Дюкова // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: сб. ст. 72-й Междунар. науч.-практ. конф. – Караваево: Костромская ГСХА, 2021. – С. 41–46.

36. Чудецкий, А.И. Введение в культуру *in vitro* лесных ягодных растений рода *Vaccinium* / А.И. Чудецкий, **С.С. Макаров**, И.Б. Кузнецова // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: мат-лы XXIV Междунар. науч. конф. (г. Красноярск, 19 апреля 2021 г.). – Красноярск, 2021. – С. 201–203.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с указанием фамилии, имени, отчества, почтового адреса, адреса электронной почты, наименование организации, должности, шифра и наименования научной специальности в соответствии с номенклатурой, по которой защищена диссертация, лица, составившего отзыв, подписанные и заверенные печатью, просим направлять по адресу: 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17, САФУ им. М.В. Ломоносова, диссертационный совет Д212.008.03.