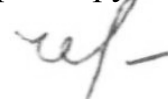


Федеральное бюджетное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства  
и механизации лесного хозяйства»

На правах рукописи



Чудецкий Антон Игоревич

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО  
РАЗМНОЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ РОДА *VACCINIUM*  
ДЛЯ ПЛАНТАЦИОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ НА НЕЛЕСНЫХ ЗЕМЛЯХ  
ЛЕСНОГО ФОНДА**

Специальность: 06.03.02 – Лесоведение, лесоводство,  
лесоустройство и лесная таксация

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
доктор с.-х. наук, академик РАН  
Родин Сергей Анатольевич

Пушкино – 2022

## Оглавление

Введение.....	4
1. Состояние вопроса.....	11
1.1. Биолого-экологические особенности, история культуры и перспективы плантационного выращивания брусники и красники.....	16
1.1.1. Брусника обыкновенная ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.).....	16
1.1.2. Красника ( <i>Vaccinium praestans</i> Lamb.).....	24
1.2. Традиционные способы размножения брусники и красники.....	28
1.2.1. Брусника обыкновенная ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.).....	30
1.2.2. Красника ( <i>Vaccinium praestans</i> Lamb.).....	37
1.3. Микрклональное размножение лесных ягодных растений рода <i>Vaccinium</i> .....	38
2. Методика, объекты и характеристика района исследований.....	67
2.1. Объекты исследований.....	67
2.2. Характеристика природно-климатических условий района исследований.....	71
2.3. Методика исследований.....	79
2.3.1. Традиционные способы размножения растений.....	79
2.3.2. Микрклональное размножение растений.....	84
3. Традиционные способы размножения лесных ягодных растений рода <i>Vaccinium</i> .....	99
3.1. Семенное размножение.....	99
3.2. Размножение брусники обыкновенной парциальными побегами.....	101
4. Технология микрклонального размножения лесных ягодных растений рода <i>Vaccinium</i> .....	104
4.1. Брусника обыкновенная ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.).....	104
4.2. Красника ( <i>Vaccinium praestans</i> Lamb.).....	118

5. Адаптация к нестерильным условиям <i>ex vitro</i> лесных ягодных растений рода <i>Vaccinium</i> .....	132
6. Организационно-экономическая оценка микроклонального размножения лесных ягодных растений рода <i>Vaccinium</i> .....	140
Заключение.....	145
Рекомендации производству.....	147
Список сокращений и условных обозначений.....	148
Список использованной литературы.....	149
Приложение А. Этапы микроклонального размножения брусники обыкновенной .....	195
Приложение Б. Схемы расположения опытных участков.....	196
Приложение В. Протоколы агрохимического анализа почв на опытных участках.....	197
Приложение Г. Акты внедрения результатов НИР.....	203

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Одной из важнейших задач лесного хозяйства России является организация многоцелевого, рационального и неистощительного использования лесов. Аренда лесных участков для такого вида лесопользования, как выращивание лесных плодовых, ягодных, декоративных и лекарственных растений до настоящего времени не получила широкого распространения и практикуется в очень незначительных объемах.

В последние годы как в России, так и за рубежом возрастает спрос на продукцию лесных ягодных растений, в том числе видов рода *Vaccinium* L. (брусника, голубика, клюква и др.), имеющих высокую пищевую и лекарственную ценность. Однако лесохозяйственная и промышленная деятельность, техногенное загрязнение, лесные пожары, нерегулируемая эксплуатация, сильное варьирование урожаев по годам высокопродуктивных ягодных угодий приводят к значительному сокращению площадей хозяйственно ценных видов лесных ягодных растений.

Известно, что важной мерой как сохранения природных ягодных ресурсов, так и удовлетворения спроса на ягодную продукцию является организация их выращивания путем создания высокопродуктивных промышленных ягодных плантаций. Мировой опыт уже показал эффективность создания таких плантаций. Для выращивания большинства видов лесных ягодных растений рода *Vaccinium* L. (брусника, голубика, клюква и др.) перспективны мало используемые нелесные земли, в первую очередь, осушенные и выработанные торфяники, занимающие в данный момент значительные площади. Создание плантаций на таких землях позволит не только увеличить объем ягодной продукции, но и будет способствовать их рекультивации и дальнейшему использованию, что в настоящее время имеет важное природоохранное и народнохозяйственное значение.

Для создания промышленных плантаций на значительных площадях в оптимальные сроки требуется большое количество качественного, здорового

селекционного посадочного материала. Для этого необходимы подбор и разработка наиболее экономичных и эффективных способов получения качественного посадочного материала. Использование традиционных методов вегетативного размножения лесных ягодных растений экономически не эффективно при создании ягодных плантаций. Для промышленного выращивания лесных ягодных растений целесообразно использование метода микроклонального размножения, однако ныне существующие технологии микроклонирования представителей рода *Vaccinium* нуждаются в разработке и совершенствовании.

**Степень разработанности.** Несмотря на многочисленные исследования по микроклональному размножению брусники обыкновенной, до сих пор проведено очень мало исследований по культивированию *in vitro* и адаптации *ex vitro* высокопродуктивных сортов и гибридных форм российской селекции [64; 163]. Крайне мало сведений о выращивании красники в культуре *in vitro* [66; 364]. Практически не встречаются данные об использовании современных ростостимулирующих экопрепаратов (Циркон, НВ-101) при выращивании *in vitro* и адаптации *ex vitro* лесных ягодных растений (в том числе рода *Vaccinium*). Исследований по влиянию светодиодного освещения различного спектрального состава на рост и развитие лесных ягодных растений рода *Vaccinium* в культуре *in vitro* на сегодняшний день проведено недостаточно, известны единичные исследования по голубике и клюкве [119; 120; 316; 317].

**Цель работы** – разработка технологии микроклонального размножения лесных ягодных растений рода *Vaccinium* (брусника обыкновенная, красника) для массового получения посадочного материала в целях плантационного выращивания.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи**:

- 1) разработать технологию размножения красники в условиях *in vitro*;
- 2) усовершенствовать технологию размножения российских сортов брусники обыкновенной в условиях *in vitro*;

3) определить оптимальный спектральный состав источников освещения при микроклональном размножении лесных ягодных растений рода *Vaccinium*;

4) разработать технологию адаптации клонируемых *in vitro* лесных ягодных растений рода *Vaccinium* к нестерильным условиям *ex vitro*;

5) изучить влияние добавки современных ростостимулирующих экопрепаратов (Циркон, НВ-101) на морфогенетический потенциал растений брусники обыкновенной и красники *in vitro* и *ex vitro*.

**Научная новизна.** Впервые проведены исследования на всех этапах микроклонального размножения красники и российских сортов и гибридных форм брусники обыкновенной с использованием новых стерилизующих веществ (Лизоформин 3000, Экостерилизатор бесхлорный) и ростостимулирующих биопрепаратов (Циркон, НВ-101).

Проведены опыты по изучению влияния светодиодного освещения различного спектрального состава на процессы побегообразования и корнеобразования брусники обыкновенной и красники *in vitro*.

Проведены испытания различных субстратов (торф, в том числе в смеси с песком, вермикулитом, перлитом) при адаптации растений-регенерантов брусники обыкновенной и красники к нестерильным условиям *ex vitro*.

Разработан полный технологический цикл микроклонального размножения для красники, проведены работы по адаптации данного вида к природно-климатическим условиям ЕЧР. Впервые проведены опыты по проращиванию семян красники и российских гибридных форм брусники обыкновенной на аппарате АПС-2М.

**Теоретическая и практическая значимость.** Экспериментально подобран оптимальный состав питательных сред для культивирования лесных ягодных растений рода *Vaccinium* (брусника, красника) в условиях *in vitro*. Выявлена оптимальная концентрация росторегулирующих веществ цитокининовой и ауксиновой групп на этапах «собственно микроразмножение» и «укоренение микропобегов *in vitro*». Установлен оптимальный спектральный состав светодиодного освещения для повышения морфометрических

показателей растений брусники обыкновенной и краники в культуре *in vitro*. Экспериментально установлен и выявлен оптимальный состав субстрата для адаптации брусники обыкновенной и красники, размноженных в культуре *in vitro*, к нестерильным условиям *ex vitro*. Выявлено, что применение современных экопрепаратов (Циркон, НВ-101) на этапах «собственно микроразмножение», «укоренение микропобегов *in vitro*» и при адаптации лесных ягодных растений рода *Vaccinium* к нестерильным условиям *ex vitro* позволяет улучшить их рост и развитие при клонировании и дорастивании в нестерильных условиях. Полученный таким способом посадочный материал за один вегетационный период может достигать необходимой стадии развития в соответствии с техническими требованиями Национального стандарта РФ (ГОСТ 3 53135-2008).

Разработаны и внедрены в производство Методические рекомендации по выращиванию посадочного материала брусники и красники *in vitro* и *ex vitro* [238], предназначенные для использования при промышленном получении посадочного материала и его выращивания на плантациях.

Исследования проводились в рамках выполнения НИР Государственного задания Рослесхоза филиалу ФБУ ВНИИЛМ «Центрально-европейская ЛОС по темам: «Изучение, анализ и оценка форм лесных ягодных растений, перспективных для выращивания на выработанных торфяниках» (2017–2019) (госрегистрационный № АААА-А17-117048010032-0); «Разработка способов получения посадочного материала лесных ягодных растений для выращивания на нелесных землях» (2020–2022) (госрегистрационный № АААА-А20-120021390059-6).

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», «Основы биотехнологии», «Сельскохозяйственная биотехнология», а также специалистами

сельскохозяйственных, лесохозяйственных предприятий и представителями агробизнеса в их практической деятельности.

**Методология и методы исследований.** Методологической основой исследований явился системный подход в выявлении факторов, влияющих на эффективность культивирования лесных ягодных растений рода *Vaccinium* (брусника обыкновенная, красника) при современных методах размножения и их взаимосвязи с качественными показателями изучаемых ягодных культур. Лабораторные исследования (микрклональное размножение и семенное размножение лесных ягодных растений) проводились на базе филиала ФБУ ВНИИЛМ «Центрально-европейская лесная опытная станция». Полевые опыты (вегетативное размножение брусники обыкновенной; адаптация лесных ягодных растений, полученных методом *in vitro*, к естественным почвенным условиям) 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 размножения брусники обыкновенной и красники в условиях *in vitro*.

2. Оптимальный состав питательных сред для этапа «собственно микроразмножение», оптимальные концентрации росторегулирующих веществ и добавок ростостимулирующих биопрепаратов (Циркон, НВ-101) и оптимальный спектральный состав света на этапах побегообразования и корнеобразования *in vitro* брусники обыкновенной и красники.

3. Технология использования минеральных компонентов субстрата (вермикулит, перлит) с добавлением ростостимулирующих биопрепаратов



(Циркон, НВ-101) при адаптации брусники обыкновенной и красники к нестерильным условиям *ex vitro*.

**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, почвоведении, агрохимии и агрономии. Данные обработаны методами математической статистики с использованием программных средств Microsoft Office Excel 2016, StatSoft STATISTICA 10.0.1011 и AGROS v2.11. Использован двухфакторный и трехфакторный 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 работы.** Результаты научных исследований представлены на Международной научной конференции молодых ученых «Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения» (Москва, 2020, 2021); Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе» (Караваево, 2021); Международной научной конференции «Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений» (Красноярск, 2021, 2022); Международной научно-практической конференции «Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях» (Саратов, 2021); Всероссийской научно-практической конференция «Безопасный Север – чистая Арктика» (Сургут, 2021); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Повышение эффективности лесного комплекса» (Петрозаводск, 2022).

Полученные результаты НИР внедрены в учебный процесс на кафедре растениеводства, земледелия и агрохимии ФГБОУ ВО «Вологодская ГМХА им. Н.В. Верещагина» и на кафедре биологии и биотехнологии БУ ВО ХМАО – Югры «Сургутский государственный университет», а также в использование при закладке ягодных плантаций ООО «Ягоды Югры» (г. Ханты-Мансийск),

СПК «Архангельская клюква» (Холмогорский р-н Архангельской области), ООО «Кремь» (Костромской р-н Костромской области) (Приложение Г).

**Декларация личного участия.** Диссертационная работа является результатом многолетних (2015–2021 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 208 страницах машинописного текста и состоит из введения, 6 глав, заключения, рекомендаций производству, списка используемой литературы и приложений. Работа содержит 50 таблиц, 21 рисунок. Список литературы включает 380 наименований, в том числе 122 на иностранных языках.

**Публикации.** По теме диссертационных исследований опубликовано 18 научных работ, в том числе: 9 статей в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 1 статья в международной наукометрической базе Scopus.

**Конфликт интересов.** Автор (Чудецкий Антон Игоревич) заявляет об отсутствии конфликта интересов.

## 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Организация многоцелевого, рационального и неистощительного использования лесов является приоритетным направлением развития лесного хозяйства России в соответствии со «Стратегией развития лесного комплекса РФ до 2030 года» [194], согласуется с федеральными проектами «Сохранение лесов» и «Сохранение биоразнообразия» (в рамках национального проекта «Экология») [148]. Согласно ст. 25 Лесного кодекса РФ [111], одними из видов использования лесов являются:

- заготовка и сбор недревесных лесных ресурсов;
- заготовка пищевых лесных ресурсов и сбор лекарственных растений;
- выращивание лесных плодовых, ягодных, декоративных растений, лекарственных растений.

В последние годы возрастает спрос на ягодную продукцию лесных ягодных растений рода *Vaccinium* L. (брусника, голубика, клюква и др.) со стороны как российских, так и зарубежных потребителей. Ягоды этих видов благодаря значительному содержанию в них биологически активных веществ отличаются высокой пищевой и лекарственной ценностью и находят широкое применение в пищевой промышленности, народной и научной медицине и в быту. В то же время лесохозяйственная и промышленная деятельность, техногенное загрязнение, лесные пожары, повышенная антропогенная нагрузка и нерегулируемая эксплуатация высокопродуктивных ягодных угодий приводят к значительному сокращению площадей хозяйственно ценных видов лесных ягодных растений, а для некоторых видов возникает угроза их исчезновения [147; 208; 251]. При этом урожайность дикорастущих ягодников сильно варьирует по годам, а в отдельные годы может практически отсутствовать.

В связи с уменьшением запасов естественных угодий лесных ягодников, а также с очень низкой транспортной доступностью лесов в таежной зоне и сокращением сельского населения (как потенциальных заготовителей пищевого и лекарственного сырья) остается актуальной проблема неполного

использования пищевых и лекарственных ресурсов леса в структуре лесопользования [122; 130; 208; 234]. В частности, в Костромской области отмечается низкий уровень использования пищевого и лекарственного сырья лесных ягодных растений рода *Vaccinium* L. (табл. 1). Аренда лесных участков для использования недревесных ресурсов леса до настоящего времени не получила широкого распространения, при этом в Костромской области заготовка пищевых лесных ресурсов и сбор лекарственных растений как вид предпринимательской деятельности среди арендаторов практикуется в незначительных объемах [24; 99; 112; 121; 122; 139].

Таблица 1 – Запасы пищевого и лекарственного сырья лесных ягодных растений рода *Vaccinium* в Костромской области [139]

Вид сырьевого растения	Вид сырья	Площадь промысловых зарослей, тыс. га	Эксплуатационный запас сырья, т	Объем возможных ежегодных заготовок, т	Современный уровень использования запасов, %
<i>Сырая масса</i>					
Брусника обыкновенная	плоды	31,1	1161,0	929,0	34,0
Голубика топяная		2,4	163,0	130,0	8,0
Клюква болотная		18,2	833,0	686,0	60,0
Черника обыкновенная		113,4	3113,0	2490,0	12,0
<i>Воздушно-сухая масса</i>					
Брусника обыкновенная	листья	31,9	5179,0	737,0	0,1
Черника обыкновенная	побеги	78,1	8428,0	1166,0	не используется

В результате многолетней добычи торфа на осушенных болотах в течение XX века на территории России к настоящему времени образовался фонд выработанных торфяных месторождений, общая площадь которого составляет более 1 млн. га (преимущественно на землях лесного фонда). В последние десятилетия проблема рекультивации выработанных торфяников приобретает все более важное значение и особенно актуальна для Нечерноземной зоны европейской части РФ, где сосредоточено более 70% выработанных

торфяников [42; 142; 203; 204]. Торфоразработки способствуют трансформации сложившихся лесоболотных фитоценозов, сокращению площадей дикорастущих ягодников, уменьшению лесистости, ухудшению ландшафтов и нарушению экологического равновесия в той или иной степени. В связи с плохими физико-химическими, гидротермическими микробиологическими характеристиками и повышенной токсичностью остаточного слоя торфа (в особенности верхового) по сравнению с минеральными почвами возникает проблема усложнения агротехники искусственного лесовыращивания на таких землях или их сельскохозяйственного использования [151; 372]. Высокая кислотность, низкая зольность и неустойчивость водно-температурного режима выработанных торфяников препятствуют естественному заселению данных площадей ксерофильной и гидрофильной травяно-древесной растительностью. Оставаясь длительное время без растительного покрова, участки являются объектом повышенной горимости в сухой сезон. В связи с этим в настоящее время вопрос о рекультивации земель, вышедших из-под торфодобычи, и дальнейшем их использовании имеет важное природоохранное и народнохозяйственное значение [146].

На торфяных залежах верхового и переходного типов до их разработки нередко произрастают дикорастущие ягодники – клюква, брусника, голубика и другие. Площади этих ценных в пищевом и лекарственном отношении ягодников неуклонно сокращаются и не последнюю роль здесь играют торфоразработки [244]. Ягодные растения семейства Вересковых малотребовательны к почвенному плодородию, переносят высокую кислотность и временное затопление, в связи с чем они могут успешно использоваться для биологической рекультивации нарушенных нелесных земель, в частности выработанных торфяников [208]. Многими исследователями в странах Прибалтики, Беларуси, Украины показана перспективность выращивания на выработанных торфяниках ряда представителей рода *Vaccinium* L.: брусника обыкновенная, голубика топяная, а также интродуцированные из Северной Америки голубика высокая, голубика

узколистная и клюква крупноплодная [29; 52; 75; 166; 182; 225; 259]. При этом более перспективными для выращивания являются культурные сорта [25; 253]. Снижению себестоимости выращивания ягодных растений рода *Vaccinium* способствует возможность их размножения семенным и вегетативным способами, а также применение минимальных доз минеральных удобрений [53; 76; 252].

Культивирование ягодных растений в контролируемых условиях с применением агротехники гарантирует получение стабильных и высоких урожаев. Восстановлению зарослей лесных ягодных растений может в значительной степени способствовать создание специализированных плантаций на выработанных торфяниках. Эффективность данного способа биологической рекультивации таких земель подтверждается мировым опытом [208; 218; 365; 369]. Несмотря на многочисленные исследования по культивированию видов рода *Vaccinium*, в частности брусники обыкновенной, плантационное их выращивание до сих пор не получило широкого распространения. В настоящее время в ряде стран созданы главным образом опытные посадки брусники в фермерских хозяйствах, а промышленные плантации известны только в Германии [288].

Для успешного экономически эффективного выращивания лесных ягодных растений в промышленных масштабах одним из основных условий является использование сортового посадочного материала. Имеющиеся сорта брусники обыкновенной зарубежной (европейской) селекции предназначены для достаточно мягких климатических условий и по ряду важнейших признаков (зимостойкости, срокам созревания ягод и др.) не подходят для выращивания во многих регионах России. В связи с этим возникает необходимость размножения перспективных гибридных форм (кандидатов в сорта), обладающих более высокой урожайностью и устойчивостью к внешним факторам окружающей среды [216]. На Костромской (ныне – Центрально-европейской) лесной опытной станции ВНИИЛМ на протяжении многих лет проводились работы по созданию отечественных сортов лесных ягодных растений. Были созданы

первые в России сорта брусники обыкновенной, отобраны новые хозяйственно ценные формы брусники с заданными свойствами для промышленного выращивания на плантациях [77; 212; 215]. Создание российских сортов и перспективных гибридных форм лесных ягодных растений открывает широкую перспективу их плантационного выращивания в условиях Нечерноземной зоны европейской части России.

Создание плантаций лесных ягодных растений позволит решить ряд актуальных проблем: рекультивация нарушенных земель (включая выработанные торфяные месторождения, гари, неиспользуемые сельскохозяйственные угодья и др.), способствующая уменьшению пожарной опасности, предотвращению эрозии почв и изменению гидрологического режима на данных территориях; сохранение и увеличение ягодных запасов; вовлечение в лесопользование недревесных ресурсов леса; повышение биологического разнообразия и др. Решение этих задач способствует обеспечению организации многоцелевого, рационального и неистощительного использования лесов.

При создании ягодных плантаций необходима разработка оптимальных экономически эффективных и экологических безопасных технологий выращивания. Традиционные методы вегетативного размножения лесных ягодных растений не всегда обеспечивают стабильность результатов, являются весьма трудозатратными, и поэтому часто не имеют широкого распространения [373]. Для промышленного выращивания лесных ягодных растений целесообразно использование метода микроклонального размножения, позволяющего в короткие сроки получить большое количество оздоровленного высококачественного посадочного материала вне зависимости от сезонности [27; 175]. При этом адаптация к нестерильным условиям *ex vitro* – один из самых ответственных и сложных этапов, на котором обеспечение оптимальных условий для роста и развития растений осуществляется путем регулирования разного рода химических и физических факторов [32; 221].

## **1.1. Биолого-экологические особенности, история культуры и перспективы плантационного выращивания брусники и красники**

### **1.1.1. Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.)**

**Брусника обыкновенная** (*Vaccinium vitis-idaea* L.) относится к роду *Vaccinium* L., семейству *Ericaceae*. Существуют другие народные названия: брусничник, боровика, идская ягода, мучинник. Среди наиболее часто используемых английских названий брусники встречаются: cowberry, lingberry, lingonberry, foxberry, red bilberry. Брусника обыкновенная – низкорослый вегетативно-подвижный кустарничек высотой 5–30 см с ползучим корневищем, расположенным в поверхностных слоях почвы на глубине 5–10 см. Листья зимующие, кожистые, очередные, эллиптические или обратнояйцевидные, тупые или выемчатые, слегка зазубренные или цельнокрайние с завернутым краем, на коротких черешках, сверху темно-зеленые блестящие, снизу бледные, с темно-бурыми железками. Цветки белые, бледно- или светло-розовые, по 3–16 в кисти. Цветоножки короткие, чашечка 4–5-зубчатая, с округлыми зубцами, длиной 0,7–1,2 мм, венчик колокольчатый, длиной 4,0–6,5 мм, с 4–5 отогнутыми лопастями, тычинок 8–10, с опушенными нитями и пыльниками без придатков, завязь четырехгнездная нижняя, столбик выступает из венчика. Плод – ягода, 4–15 мм в диаметре, с остатками чашечки на верхушке. Размножается в основном вегетативно (корневищами), а также семенами [10; 127; 134; 136].

Брусника является циркумбореальным видом. Ареал охватывает большую часть Европы (от Скандинавии, где в Норвегии она достигает 71°7' с.ш., до Балкан и от Пиреней до Урала), значительную часть Азии (вся Сибирь, Дальний Восток, Камчатка, Курильские острова, Сахалин, Япония) и Северную Америку (от Аляски до Лабрадора и Гренландии). На территории бывшего СССР северная граница ареала в общих чертах совпадает с границей материка, заходя на острова Вайгач и Новую Землю. Южная граница проходит примерно по южной границе распространения сосны. В горных областях брусника



заходит очень высоко (до 3 тыс. м н.у.м.). Брусника встречается в различных хвойных и хвойно-мелколиственных лесах, являясь доминантом и субдоминантом травяно-кустарничкового яруса. На заболоченных участках растет по краю болот на границе с лесом. Брусника отличается широкой экологической амплитудой, особенно по отношению к влаге, встречается как на сухих, так и на заболоченных местах. Является среднексерофильным видом, наибольшего обилия в естественных условиях она достигает при влажности почвы 59–87%. Брусника нетребовательна к плодородию почвы и приурочена к участкам с высокой кислотностью (рН – 2,8...5,5). В естественных условиях она произрастает в широком диапазоне эдафических условий – на сухих песчаных и супесчаных почвах, торфяниках, окрайках сфагновых болот. В условиях культуры лучшим субстратом для выращивания брусники является торф и песчаные гумусированные почвы. Данный вид является микоризным растением. В отношении света брусника довольно требовательна, предпочитает открытые пространства или светлые леса, в тени плохо цветет и почти не плодоносит. Брусника довольно устойчива к отрицательным температурам, хорошо переносит бесснежные морозные зимы. Является весьма засухоустойчивым видом [116; 174; 210; 337].

Большой популярностью пользуется брусника за свои лекарственные свойства, так как содержит вещества самого разнообразного фармакологического действия. Ягоды брусники содержат 9,5–12,2% сухого вещества, до 12% сахаров. Растворимые сахара представлены фруктозой, глюкозой и в небольших количествах сахарозой. Зрелые ягоды брусники содержат 1,8% клетчатки, 0,8–1,0% пектиновых веществ, 0,29–0,38% арбутина. Среди органических кислот преобладают лимонная (1,3%), яблочная (0,3%) и бензойная (0,05–0,20%). В незначительных количествах присутствуют также винная, салициловая, щавелевая, урсоловая, уксусная, пировиноградная, глиоксиловая и  $\alpha$ -кетоглюконатовая кислоты. В плодах брусники содержатся витамин С (аскорбиновая кислота) 5–41 мг/100 г, витамины группы В, витамин Е, провитамин А, полифенолы, дубильные вещества. Ягоды брусники богаты

микро- (марганец, медь) и макроэлементами (калий, кальций, натрий). Благодаря содержанию биологически активных веществ ягоды брусники широко используются не только как отличный пищевой продукт, они играют важную роль в лечении ряда заболеваний. Ягоды брусники хороши как в свежем, так и в переработанном виде. В медицине свежие ягоды, брусничный сок и отвары сухих плодов рекомендуют при повышенном артериальном давлении, простуде, ревматизме, подагре, авитаминозах, а листья – как мочегонное, дезинфицирующее и вяжущее средство при мочекаменной болезни, воспалении почек и мочевого пузыря, а также при подагре, ревматизме и отеках [1; 80; 102; 149; 206; 242; 245; 291; 370; 375]. В условиях южно-таежного лесного района ЕЧР содержание титруемых кислот в ягодах брусники колеблется в пределах 1,2...2,8%, сахаров – 6,2...13,2%, аскорбиновой кислоты – 4...20 мг/100 г [156].

Необходимость проведения экспериментов по культивированию брусники возникла среди ученых из Швеции, Финляндии, Польши, США, Германии, стран Прибалтики, Беларуси, России и Украины в конце 1960-х – начале 1970-х гг. и была вызвана слабой насыщенностью рынков ягодами данного вида, трудностями их сбора в естественных условиях. Первые опыты по введению брусники в культуру были начаты в Швеции в 1966 г. На ферме Оттарп графства Смалэнд была заложена первая плантация этой культуры площадью 5 га. Позже были заложены небольшие плантации в северной и средней частях Швеции. Исследования развития растений в опытной культуре осуществлялись Институтом садоводства (г. Бальсгард, графство Скане). В Финляндии исследования с брусникой начали проводить с 1968 г. Научно-исследовательским центром по проблемам сельского хозяйства организован научный совет по изучению возможностей окультуривания дикорастущих ягодников. Исследования проводили НИИ садоводства и несколько опытных станций по широкой программе, включающей изучение экологии, формового разнообразия, способов выращивания и размножения, а также селекцию [49]. В Институте садоводства в Пииккиё было изучено 120 клонов брусники из

разных частей страны. В их числе планируемые для скрещивания растения брусники с длинными побегами (до 30–50 см), а также крупноплодные формы [113; 324].

В 1969 г. в Голландии был создан первый сорт брусники – Koralle – путем отбора клона из естественных зарослей, с целью дальнейшего испытания его в условиях культуры. Сорт получил широкое распространение на плантациях в Германии. В 1983 г. там же был выведен второй сорт – Red Pearl [377]. Первые попытки выращивания брусники в Германии относятся к 1970 г. [287; 288]. В 1973 г. начались исследования по разработке технологии выращивания брусники в культуре Институтом плодоводства (г. Ваенштефан). В экспериментах был использован материал из 14 районов Германии. Высокоурожайные клоны брусники из дикорастущих зарослей, размноженные и испытанные в условиях культуры, дали начало сортам Erntedank (1975), Erntekrone (1977) и Erntesegen (1981) [377]. Получены внутривидовые гибриды брусники, с которыми ведутся дальнейшие исследования. Селекционеры работают над созданием новых сортов брусники с ускоренными сроками созревания осеннего урожая, устойчивых к грибковым заболеваниям, высокорослых, с прямостоячими удлиненными побегами, что позволит механизировать процесс уборки урожая. Подобным набором качеств характеризуется селекционированный сорт Ammerland. В Институте технологии садоводства Ганноверского университета разработана серия механизмов для промышленного культивирования брусники, в том числе машина для уборки ягод. К началу 1990-х гг. площадь брусничных плантаций в ФРГ составляла 35 га, при урожайности около 1 кг/м<sup>2</sup>. Посадочный материал поставляли фермерские хозяйства, одно из которых ежегодно реализовало 200 тыс. шт. саженцев с закрытой корневой системой [288].

С 1978 г. работы с брусникой были начаты в отделе размножения Шведского университета сельскохозяйственных исследований г. Бальсгард. Создана коллекция данного вида из разных географических регионов земного шара, включающая 84 клона [305]. В середине 1980-х гг. были созданы сорта

брусники Sussi и Sanna, а в 1997 г. зарегистрированы еще два сорта Ida и Linnea [209; 306; 307; 309]. В результате проведения широкомасштабных внутривидовых скрещиваний получено более 6 тыс. семян. На опытно-селекционных участках в Швеции испытывается также ряд сортов брусники зарубежной селекции (Ammerland, Erntedank, Erntekrone, Erntesegen, Koralle, Masovia, Red Pearl, Regal, Skarlet, Splendor). В целях селекционного изучения брусники Б.А. Густавссон разработал специальную программу исследований, где в качестве критериев селекционной оценки растений приняты следующие параметры: урожайность, вертикальная форма роста, возможность размножения черенками, равномерное созревание урожая при высоком качестве ягод, устойчивость к болезням [305]. Шведскими учеными начато исследование генетической изменчивости местных форм брусники на основе анализа ДНК с использованием метода RAPD [352]. В г. Бальсарде для фермеров была организована консультационная служба по вопросам агротехники возделывания брусники в условиях плантации.

В Польше исследования брусники были начаты в 1977 г. В 1981 г. среди естественных зарослей брусники выделен клон брусники, характеризующийся высокой урожайностью и крупноплодностью, который после испытания в культуре в Варшавском сельскохозяйственном университете представлен как сорт Masovia [353]. В 1996 г. отобран новый клон брусники, представленный в дальнейшем как сорт Runo Bielawskie.

В США работы по введению брусники в культуру начались с 1979 г. на сельскохозяйственной экспериментальной станции Фэрбенкс Университета в штате Аляска [313]. Серия экспериментов с сортовой брусникой проведена в Университете штата Висконсин. Наряду с сортоизучением зарубежных сортов брусники здесь же проводилась селекционная работа с растениями, перенесенными в 1987 г. из дикорастущих ягодников Финляндии на экспериментальную станцию в г. Хэнкоке (шт. Мичиган, США). Из собранных в Финляндии семян брусники получены семена, среди которых были отобраны

перспективные формы, давшие начало первым американским сортам Splendor и Regal [363].

В Литве исследования по введению в культуру брусники начали проводиться с 1969 г. в Институте ботаники в г. Вильнюсе [12-15]. В настоящее время на коллекционном участке в Ботаническом саду Института представлены зарубежные сорта, а также хозяйственно ценные формы брусники из Литвы. С 1980 г. вопросами интродукции брусники занимались также в Литовском НИИ лесного хозяйства (Каунас-Гирионис). В период 1981–1985 гг. в Дубравском лесхозе созданы опытные посадки данного вида на торфяной почве (0,03 га) и подзолистой супесчаной (0,02 га). Одновременно с интродукцией сорта Koralle проводился отбор и изучение хозяйственно ценных форм брусники из дикорастущих популяций Литвы. Было отобрано 40 морф брусники, характеризующихся высокой урожайностью и крупноплодностью [26; 107].

В Латвии ведущим научным центром по введению брусники в культуру является Национальный Ботанический сад (г. Саласпилс). Первые полевые опыты по выращиванию брусники заложены в 1977 г. [165]. Создание коллекции брусники начато в 1980 г. путем отбора наиболее урожайных клонов в Латвийских лесах, а также перспективных сеянцев от свободного опыления. Из них выделены сорт Salaspils Ražīgā и форма Salaspils-2. В 1988 г. коллекция пополнилась выведенным в НБС сортом Rubīna Lāse, в 1995 г. – Jūlija.

В Белоруссии исследования по культивированию брусники в основном сосредоточены в двух научных центрах Национальной академии наук – Институте леса и Центральном ботаническом саду. В Институте леса НАН Беларуси (бывшем БелНИИЛХ) работа по изучению формового разнообразия брусники была начата в 1984 г. При выделении форм учитывались следующие признаки: окраска венчика, количество цветков в кисти, размеры, форма и окраска листьев и прикрепление их к стеблю, степень облиственности побегов, количество ягод в кисти, форма, величина и окраска плодов. Выявлено 2 формы брусники – с округлыми и плоскими ягодами [196; 197]. Многоплановые исследования по интродукции и селекции брусники проводятся на

Ганцевичской научно-экспериментальной базе ЦБС [135-137; 147]. В Центральном ботаническом саду НАН Беларуси проведены исследования по микроклональному размножению сортовой брусники [178; 181].

Опыты по выращиванию брусники в культуре велись и на Украине. В Житомирской и Сумской областях были созданы опытные посадки брусники общей площадью около 3,5 га, где были разработаны некоторые элементы агротехники [16; 198]. Проводили обследования ряда районов с целью выявления лучших клонов в качестве посадочного материала. В популяциях брусники, произрастающей в Центральном Полесье Украины, изучали параметры плодов и по диаметру были выделены мелкие (менее 4 мм), средние (6–8 мм) и крупные (9–10 мм и более) ягоды [199].

Исследования по введению в культуру брусники проводились в ряде регионов России: Архангельская область, Красноярский край [115; 171]. Наиболее масштабные работы в данном направлении выполнены на Костромской (ныне – Центрально-европейской) лесной опытной станции ВНИИЛМ, где с 1986 г. занимаются культивированием брусники. Первые эксперименты были посвящены разработке способов семенного и вегетативного размножения, выращиванию посадочного материала [209]. Для исследования агротехнических приемов выращивания брусники был заложен ряд экспериментов с минеральными удобрениями, мульчированием и увлажнением почвы [214]. Разрабатывались меры борьбы с сорными растениями, способы защиты от болезней. Разработана агротехника плантационного выращивания брусники, предполагающая использование малоплодородных осушенных верховых болот и выработанных торфяников верхового и переходного типов. Параллельно с экспериментами по культивированию брусники проводилось изучение ее формового разнообразия в естественных популяциях, и велся отбор клонов с хозяйственно ценными признаками для испытания и изучения в условиях культуры. В природных условиях выявлено около 40 форм брусники обыкновенной, различающихся высотой куста, размерами и окраской листьев, сроками цветения и созревания

ягод (разница около 1,5 недель), конфигурацией, размерами, окраской и химическим составом ягод [217]. На коллекционном участке лесной опытной станции проведены испытания хозяйственно ценных форм брусники из разных регионов России, а также Белоруссии, Латвии, Литвы, Эстонии, Швеции, США. Изучено 10 зарубежных сортов брусники: Ammerland, Koralle, Erntedank, Erntekrone, Erntesege, Ida, Masovia, Red Pearl, Sussi, Linnea. Характерной особенностью испытываемых зарубежных сортов является наличие у них двух периодов плодоношения – летнего и осеннего. Первый урожай созревает в июле–августе, второй – в конце сентября – октябре. В условиях лесной зоны России ранние осенние заморозки часто повреждают ягоды второго урожая [210].

В результате селекционных работ путем отбора в естественных популяциях брусники в Костромской области на Центрально-европейской ЛОС ВНИИЛМ созданы и включены в Государственный реестр РФ первые в России сорта брусники универсального назначения с хорошей транспортабельностью ягод и без вторичного плодоношения – Костромичка (1995), Костромская розовая (1995) и Рубин (1998). На селекционном участке Костромской ЛОС ВНИИЛМ проводится комплексная оценка и отбор гибридных сеянцев, полученных от скрещивания перспективных форм и сортов брусники. Из селекционного фонда отобраны перспективные сеянцы, характеризующиеся высоким уровнем плодоношения (50–170 г/куст), крупноплодностью (средняя масса 100 ягод – 30–70 г) и другими ценными признаками и свойствами [211; 212; 215].

К началу 1990-х гг. учеными европейских стран были разработаны основы промышленного выращивания брусники, создан комплекс машин для ухода за посадками и уборки ягоды. В совокупности в разных странах было зарегистрировано более 20 сортов брусники, созданы посадки брусники в ряде стран (Германия, Норвегия, Швеция, Литва, Латвия, Эстония, Украина, Россия, Белоруссия). Но перед развитием этой культуры встал ряд не до конца решенных вопросов (борьба с сорняками, защита от болезней, продление

сроков эксплуатации плантации, совершенствование механизации процессов ухода за посадками и уборки урожая и др.). Распад СССР в силу экономических причин привел к остановке исследований по культивированию брусники в странах, образовавшихся из республик СССР. В Западной Европе к торможению окультуривания брусники привело развитие промышленного голубиководства, а рыночные цены на ягодную продукцию брусники были в 3–4 раза ниже по сравнению с высокорослой голубикой. Плантации брусники через 7–10 лет их эксплуатации нуждаются в реконструкции, а сама культура без должного ухода быстро вытесняется сорняками. В настоящее время культивированием брусники занимаются в Германии, некоторых странах Скандинавии, США, Эстонии. На сегодняшний день в России и северной части Беларуси среди фермеров, занимающихся разведением голубики, проявляется интерес и к бруснике как дополнительному источнику дохода [103].

### 1.1.2. Красника (*Vaccinium praestans* Lamb.)

**Красника** (*Vaccinium praestans* Lamb. – Вакциниум превосходный) – кустарничек из рода *Vaccinium* L. семейства *Vacciniaceae* Lindl. Впервые данный вид описан в 1811 г. А. Ламбертом. Другие русские названия растения – клоповка сахалинская, клоповник (клоповница), сахалинская брусника, камчатская брусника, дымника, ползуника; английские – Kamchatka Bilberry, redbilberry; японское – Iwa-tsutsuji [30; 35].

Красника – вегетативно-подвижный листопадный кустарничек с крупными листьями, теневыносливый мезофит, типичный ацидофил. Выделено 3 фазы онтоморфогенеза данного растения (I – первичный куст с продолжительностью жизни 1–9 лет; IIa – молодая вегетативная куртина – 9–20 лет; IIб – плодоносящая куртина – 20–40 лет; III – партикуляция куртины – с 40–50 лет) [73; 85; 116; 155; 226; 304; 315].

Ареал красники весьма ограничен и неравномерно распространяется на территориях с муссонным климатом: в России это – горно-таежные районы



Приморского края, Хабаровский край (севернее Советской Гавани по морскому побережью и устье Амура), Камчатка, Сахалин, Курильские острова, а также местами встречается в северной и центральной Японии (о. Хоккайдо, о. Хонсю). Красника растет на среднеувлажненных, хорошо дренированных бурых лесных и горно-лесных почвах с рН = 4,5...5,8, влажностью верхних горизонтов 40–60% и встречается: на Камчатке – в каменноберезовых лесах с одноярусным травяным покровом и растет на гниющих лежащих на земле стволах; в Хабаровском крае – в хвойных лесах, на моховых болотах, расположенных вдоль морского побережья; на Курильских островах – в дубняках с различным сочетанием пород, ельниках сфагновых, заболачивающихся лиственничниках, бамбучниках и на участках горных лугов, местами – в елово-пихтовых зеленомошниках, реже – по склонам сопок, а также вдоль тропинок; на Сахалине – повсеместно в пихтово-елово-лиственничных сообществах, на вырубках, на старых лесных дорогах, просеках, тропинках и на облесенных окраинах болот [40; 72; 85; 89; 145; 154; 226; 340; 343]. В природных условиях растения красники надежно защищены от зимних морозов глубоким снежным покровом. Не опасны для красники и довольно сильные морозы при бесснежье. Подобно многим дальневосточным растениям, красника чувствительна к поздневесенним заморозкам [186].

Формирование генеративных почек красники начинается в конце июля – начале августа. Вегетативные и генеративные почки отличаются друг от друга. Цветковые почки более крупные и округлые; вегетативные – более короткие. Почки покрыты двумя парами почечных чешуй, тем самым достаточно приспособлены для перезимовки. Листья красники округлые или обратнояйцевидные, суженные к основанию, 2–6 см в длину, 2,5–3,5 см в ширину, тонкие, но жестковатые, мелкопильчатые по краю. Зачаточные листья с нижней стороны вдоль жилок опушены, что способствует защите зачаточных побегов от воздействия внешних неблагоприятных факторов. Соцветие представляет собой однобокую кисть с 2–3 цветками. Цветоножка длиной 1,5 см, цилиндрическая, выходящая из пазухи прицветника, имеет 2

расположенных относительно друг друга линейных прицветничка. Цветки обоеполые, длиной до 8 мм с розоватым колокольчатым венчиком длиной 5–6 мм, с двойным околоцветником и двумя кругами тычинок, без запаха. Цветет красника в июне-июле. Плоды – шаровидные ягоды, 8–10 мм в диаметре, ярко-красного цвета, глянцевые, с многочисленными семенами, обладают уникальными вкусовыми качествами (сочные, сладковато-кислые и с резким запахом). Массовое завязывание ягод происходит в середине – 2-й половине июня. Зеленые ягоды быстро растут, а в середине июля часть их достигает максимальных размеров и начинает созревать. Созревают в августе-сентябре [85; 87; 91; 140; 170; 186].

Ягоды красники богаты флавоноидами и другими Р-активными веществами, аскорбиновой (80–100 мг/100 г) и бензойной кислотами, дубильными веществами, микроэлементами. Недозрелые и перезрелые ягоды содержат гораздо меньше витаминов и биологически активных веществ. Масса 100 ягод может достигать 110,0 г. Биологический запас плодов красники в условиях ареала неравномерен: например, в центральной части о. Сахалин он в 10 раз выше, чем в южной части острова [85; 87; 88; 93; 94; 229].

Интенсивное хозяйственное использование красники отмечено начиная с 1960-х гг. на о. Сахалин, где осуществлялись промышленные заготовки плодов. В народной медицине соки и морсы из ягод красники используются при гипертонии, простудных заболеваниях, для улучшения пищеварения, а некоторые целебные свойства перспективны при лечении гепатитных заболеваний. Ягоды красники широко используются местным населением для приготовления соков, джемов, варенья, паст, в меньшей степени, из-за высокой кислотности и своеобразного запаха, они употребляются в свежем виде; при промышленных заготовках ягоды и сироп из них применяются для производства кондитерских изделий, сока и консервированных продуктов с сахаром [55; 83; 85; 150; 154; 172; 185]. В последние десятилетия наблюдается активное использование красники населением на территориях ее произрастания в России в качестве пищевого растения: ягоды можно встретить на рынке, но в

небольшом количестве и по ценам, значительно превышающим цены традиционно используемых ягод, что с одной стороны связано с расширением транспортной доступности ранее неосвоенных районов, с другой – с повышением адаптивности вида к условиям меняющегося климата [226]. Помимо пищевого и лекарственного назначения, красника может использоваться и декоративных целях [189]. На сегодняшний интерес к краснике возрастает за пределами районов ее произрастания.

Впервые попытка введения в культуру красники была сделана еще в 1914 г. В конце 1970–1980-х гг. ее выращивали в Главном ботаническом саду РАН (г. Москва), в Центральном Сибирском ботаническом саду СО РАН (г. Новосибирск), в Ботаническом саду БИН РАН (г. Ленинград). В России введением в культуру красники различных форм занимался ряд исследователей Дальнего Востока и Сахалина [86; 90; 170]. Наиболее известными являются формы – Кунаширская, Сахалинская – отобранные из соответствующих природных мест произрастания.

С 1990-х гг. выращивание красники началось в Московской области (ВСТИСП), где использовались образцы, привезенные с о. Кунашир. Опыты Е.А. Тюрикова по интродукции растения показали, что зеленые черенки красники не укореняются, а наиболее подходящим способом вегетативного размножения оказалось деление корневища. Хорошие показатели приживаемости, роста и плодоношения были отмечены при выращивании в условиях Московской и Владимирской областях [65]. И.Ю. Смирновым были продолжены исследования по выращиванию красники на смеси верхового торфа с песком (3:1), где отмечено, что за 5 лет наблюдений растения ни разу не подмерзали зимой, а также установлено более раннее созревание ягод по сравнению с природными местообитаниями. Также выявлено повторное цветение, не отмечающееся в дикой природе, которое, вероятнее всего, обусловлено существенной разницей в сумме активных температур мест произрастания (около 500–600°C). В условиях Подмосковья красника дает устойчивые урожаи, хотя и не отличается высоким их уровнем: ее урожайность

в культуре примерно в 4 раза выше, чем в природных условиях в годы высоких урожаев [186; 188]. Выявлено, что для культуры красники необходима рыхлая и кислая, торфяная или торфяно-песчаная почва [187]. Отмечено, что красника является перспективным растением для культивирования на приусадебных участках, поскольку хорошо приспосабливается к климатическим условиям средней полосы европейской части России и отличается несложным уходом за данной культурой [186; 188; 189]. Однако после смерти ученых дальнейшая работа по культивированию красники прекратилась.

Таким образом, брусника обыкновенная и красника, относящиеся к роду *Vaccinium* L., обладают высокой пищевой и лекарственной ценностью, имеют более высокие показатели плодоношения при их культивировании и способны успешно произрастать на торфяниках и гаях, что создает возможность для их плантационного выращивания на таких территориях (в том числе с целью их рекультивации).

## **1.2. Традиционные способы размножения брусники и красники**

У высших растений различают два типа размножения: половое (семенное) и бесполое (вегетативное). Растения, выросшие из семян, сочетают признаки родительских форм, но в точности не повторяют ни материнскую, ни отцовскую форму. При вегетативном размножении новое растение полностью повторяет признаки материнского растения.

**Семенное размножение** – распространенный в природе и культуре тип размножения. При благоприятных условиях хранения семян обеспечивается их надежная сохранность не только от момента извлечения из плодов до посева, но и в течение многих лет. К преимуществам семенного размножения относятся: возможность легко механизировать посев семян; возможность получения посадочного материала, не зараженного вирусными болезнями, которые часто встречаются у растений, размножаемых вегетативно; получение посадочного материала, характеризующегося широкими адаптивными

возможностями в различных условиях внешней среды; значительная долговечностью растений семенного происхождения; большая вероятность при посеве семян разных сортов и форм получения новых форм с хозяйственно ценными признаками (урожайных, крупноплодных и др.). Поэтому семенное размножение практикуется главным образом в селекционных целях [61]. Недостатком семенного размножения является неоднородность растений, выращенных из семян, то есть ценные признаки, и свойства сорта не сохраняются.

***Вегетативное размножение*** представляет собой выращивание растений из их вегетативных частей: корней, стеблей, почек. Является основным способом разведения сортовых и формовых ягодных растений, при этом воспроизводство нового организма осуществляется с участием только соматических клеток, тканей и органов родительского (материнского) растения. Полученные таким путем растения являются вегетативными клонами и генетически однородны с материнским растением, сохраняют все биологические и хозяйственно ценные признаки и являются константными по своим биологическим свойствам: силе роста, долговечности, продуктивности, качеству ягод и т.д. [160]. Вопросы вегетативного размножения достаточно хорошо изучены. Положительной стороной вегетативного размножения является то, что полученный посадочный материал сохраняет, как отмечено выше, ценные признаки и свойства материнского растения (сорта, формы, гибрида). К недостаткам вегетативного размножения следует отнести возможность передачи потомству грибных, вирусных и микоплазменных болезней [74; 205].

Все способы вегетативного размножения плодовых растений можно разделить на 4 большие группы: размножение черенками, корневыми отпрысками, отводками и микроклональное размножение. Вегетативное размножение стеблевыми черенками (одревесневшими и зелеными) основано на биологической способности стебля к формированию придаточных корней, а

корневыми черенками – соответственно, к образованию на отрезках корней придаточных почек.

Самым популярным способом размножения ряда видов лесных ягодных растений рода *Vaccinium* является размножение *стеблевыми черенками*. Основная трудность этого способа заключается в поддержании жизнеспособности отделенного от маточного растения черенка до тех пор, пока он укоренится и превратится в новое растение. Жизнедеятельность черенка поддерживается путем создания особых условий, в которых должны образовываться корни, а также протекать рост молодого растения [152].

Большое производственное значение для многих культур имеет *зеленое черенкование*. Технология зеленого черенкования обеспечивает наиболее ускоренное и производственно-эффективное размножение многих плодовых и ягодных культур [152]. Зеленое черенкование дает возможность увеличить выход черенков с одного маточного растения и существенно сократить площади маточников. Оно незаменимо для быстрого размножения растений, имеющих в ограниченном количестве (ценные селекционные формы, редкие сорта, оздоровленные клоны). Узкое место существующих технологий зеленого черенкования – большие потери укорененных растений в период зимовки и после пересадки на доращивание в открытый грунт. Кроме того, весьма велики затраты на сооружение туманообразующей установки с автоматизированной системой регулирования внешних условий, строительство культивационных сооружений, и помещений для зимнего хранения укорененных черенков [4].

Вегетативное размножение *корневищными черенками* основано на способности образования на корневищах придаточных почек.

### **1.2.1. Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.)**

**Семенное размножение.** К настоящему времени достаточно подробно изучена семенная продуктивность брусники в природных популяциях. Несмотря на то, что многими исследователями указывалось на значительное

преобладание вегетативного размножения брусники над семенным и даже отмечалось полное отсутствие семенного возобновления в отдельных популяциях [114; 184], для многих природных популяций брусники характерна высокая семенная продуктивность и урожайность ягод [57; 157]. По данным разных авторов, всхожесть семян брусники варьирует от 11 до 50%. В природных условиях они прорастают в июне–июле, прорастание надземное. В результате ветвления образуется небольшой первичный куст [100].

В 1992 г. Костромской ЛОС ВНИИЛМ был заложен опыт по семенному размножению брусники. Ягоды урожая 1991 г., собранные с крупноплодных и высокоурожайных форм брусники на коллекционном участке Костромской ЛОС, в течение 4 месяцев хранили в холодильнике, затем из них извлекали семена, которые еще 2 месяца находились в холодильнике в бумажных пакетах. Семена проращивали на специальных аппаратах при постоянной температуре лежа  $+23^{\circ}\text{C}$  на свету. Начало прорастания семян отмечено на 12-й день и продолжалось около 3 недель. Всхожесть семян брусники разных форм составила 64–88%. Проросшие семена во 2-й декаде марта высевали в ящики в субстрат из верхового торфа и песка (в соотношении 3:2). Во 2-й половине мая ящики с семенными растениями перенесли в пленочную теплицу. Уже на 1-м году жизни более 50% сеянцев имели побеги ветвления (от 1–2 у обычных форм до 4–5 – у быстрорастущих). Суммарный прирост побегов у отдельных растений достигал 25,5 см, а в среднем составил 12 см. Размеры листьев у сеянцев брусники варьировали до  $9 \times 5$  мм до  $18 \times 7$  мм. Крупными размерами листовых пластинок характеризовались растения быстрорастущих форм брусники. Зимовали 1-летние семенные растения под снегом в посевных ящиках, в начале 3-й декады мая 1993 г. сеянцы были высажены в открытый грунт, в субстрат из верхового торфа и песка (3:1), по схеме  $20 \times 20$  см. В 3-й декаде июня на делянки внесли удобрения  $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{30}$  (мочевина, двойной суперфосфат, сернокислый калий). После внесения удобрений посадки замульчировали опилками. Осенью высота 2-летних сеянцев составила 6–10 см. У быстрорастущих форм (с сильным ростом) на одном растении насчитывалось

до 37 побегов (суммарная длина их достигала 248 см). У растений со средней и хорошей силой роста этот показатель составил в среднем 5,3–17,6 побегов. Длина годовичного побега варьировала от 4 до 7 см, а размеры листовых пластинок – от 16×9 мм до 25×16 мм. 3-летние сеянцы брусники характеризовались следующими показателями: высота куста – 9–16 см, количество годовичных побегов – 11–60 шт., средняя длина побега – 2,3–4,7 см. Биометрические показатели отдельных 3-летних сеянцев оказались несколько выше, чем у некоторых 5-летних растений перспективных форм брусники, размноженных вегетативно (парциальными кустами с частью корневища). 4-летние семенные растения брусники представляли собой кусты высотой от 9 до 19 см и с проекцией кроны – от 11×12 см до 20×21 см. Число годовичных побегов варьировало от 31 до 84, а средняя длина побега – от 2,2 см до 5,4 см [217].

Отмечено, что делянки с 4-летними растениями оказались сильно загущены как по причине интенсивного ветвления самих сеянцев, так и образования ими новых надземных корневищных растений. Начало образования корневищ у сеянцев в условиях культуры отмечено на 2-м году жизни. Их длина составляла 5–12 см. В этот же период отмечено и начало образования надземных корневищных растений. В конце 3-го вегетационного периода у 50% сеянцев отмечено формирование цветковых почек. Число побегов с цветковыми почками у разных растений составило 19–58% от общего количества годовичных побегов. У отдельных кустов на побеге закладывалось по 2–3 цветковых почки; в целом же на кусте их насчитывалось от 5 до 35 шт. Весной все сеянцы дружно цвели, но завязываемость ягод оказалась низкой. Урожай составил 0,7–12 г с 1 куста, средняя масса 1 ягоды – 0,18–0,65 г. На 4-м году жизни все сеянцы сформировали цветковые почки. Число годовичных побегов на растении с цветковыми почками варьировало от 27 до 84%. У многих сеянцев на годовичном побеге заложилось до 6 (9) цветковых почек. В целом же на 4-летних кустах их насчитывалось от 12 до 83 шт. В конце августа 1995 г. у большинства сеянцев отмечено вторичное цветение. Однако, несмотря на это, урожай ягод в 1996 г. составил 13–96 г с 1 куста (в среднем – 46 г/куст),



средняя масса 1 ягоды – 0,18–0,41 г (в среднем – 0,28 г), число ягод в кисти варьировало от 1 до 10 шт. [217].

Данные проведенных опытов свидетельствуют о возможности использования семенного способа размножения при интродукции брусники и возможности использования семенных растений для рекультивации торфяников. Полученный таким способом посадочный материал характеризуется широкими адаптивными возможностями в различных условиях внешней среды. Кроме того, при посеве семян разных сортов и форм велика вероятность получения новых форм с хозяйственно ценными признаками (урожайных, крупноплодных и др.).

**Вегетативное размножение.** Брусника – вегетативно подвижное растение и в природе размножается в основном путем формирования новых парциальных (корневищных) кустов из корневищ [136; 158; 230]. В культуре бруснику можно размножать вегетативно стеблевыми одревесневшими и зелеными черенками, корневищными черенками, парциальными кустами.

**Размножение одревесневшими черенками.** Для заготовки большего количества посадочного материала рекомендуется размножение брусники черенками. Согласно данным ряда исследователей [7; 12; 14; 26; 311], растения, выросшие из черенков, формируют более высокие, с хорошо развитой кроной особи, по сравнению с индивидуумами, образовавшимися из корневищ. Стеблевые черенки можно укоренять как в условиях теплицы, так и в открытом грунте. Установлено, что регенерационная способность черенков в течение периода вегетации неодинакова. Выявлено, что лучше всего черенки укореняются в начале вегетационного периода, в фазе набухания и распускания почек. На более поздних стадиях сезонного развития растений регенерационные способности черенков снижаются. Летом их приживаемость ниже, к осени она увеличивается [12; 13; 306; 312; 325]. По данным ряда исследователей [108; 312], наибольшую приживаемость имеют однолетние черенки, с увеличением возраста укореняемость снижается.

Лучшие субстраты для укоренения черенков брусники – почва сосняка брусничного, сфагновый торф, перлит, мелкий песок [12; 37; 38; 108; 164]. Многие исследователи в качестве субстрата для укоренения черенков используют торфопесчаные смеси [288; 328; 337]. На укоренение черенков брусники положительно влияет обработка черенков перед посадкой растворами индолилуксусной кислоты и смесью индолилуксусной кислоты с янтарной кислотой [164]. Учитывая этот опыт размножения брусники, можно предвидеть, что в конкретных условиях для получения максимального положительного эффекта необходимо подбирать оптимальные сроки заготовки черенков, концентрации регуляторов роста, способ и длительность обработки ими, субстрат и гидротермический режим укоренения.

В 1986–1987 гг. Костромской ЛОС ВНИИЛМ были заложены опыты по размножению брусники черенками. Проведенный в 1986 г. эксперимент показал, что укореняемость одревесневших черенков брусники по вариантам опыта составила 71–93%. В опыте выявлено положительное влияние янтарной и индолилмасляной кислот на укоренение черенков, в вариантах же обработки калиевой солью, нефтяным ростовым веществом (НРВ) и кварцетином процент укоренившихся черенков был ниже, чем без применения регуляторов роста. В опыте не выявлено усиления ростовых процессов у растений из черенков при обработке их регуляторами роста. Сохранность укоренившихся растений в зимний период оказалась высокой и составила по вариантам опыта 96–100%. Во 2-й вегетационный период число годичных побегов и суммарный прирост побегов у черенковых саженцев по вариантам опыта варьировали незначительно. На 3-й год из укоренившихся черенков сформировались полноценные растения брусники: в среднем на одном растении образовалось  $20,0 \pm 2,1$  побегов, а суммарный их прирост составил  $110,7 \pm 12,1$  см. У 3-летних растений отмечено массовой заложение репродуктивных почек – в среднем  $19,7 \pm 3,4$  шт. на кусте. Также на 3-м году выращивания у черенковых саженцев отмечено начало образования корневищных побегов (парциальных кустов). В эксперименте, проведенном в 1987 г., укореняемость черенков по вариантам

опыта варьировала от 70 до 80%. Положительное влияние на укоренение оказала обработка черенков НРВ и этиленгликолем. Обработка же раствором янтарной кислоты в концентрации 200 мг/л снизила укореняемость черенков. Приживаемость черенков в контроле (без обработки регуляторами роста) оказалась на 10% ниже, чем в 1986 г., что можно объяснить снижением регенерационной способности черенков в результате длительного (в течение 1 месяца) хранения побегов после срезки [209].

По результатам опытов Костромской ЛОС ВНИИЛМ выявлено, что при выращивании посадочного материала брусники в качестве субстрата желательнее использовать верховой торф, где укореняемость черенков оказалась довольно высокой (75–85%). В результате экспериментов, где применяли смесь верхового торфа с речным песком (в соотношении 5:1 или 5:2), выявлено, что укореняемость черенков зависит от сортовых особенностей и условий черенкования: более высокая укореняемость черенков (100%) зафиксирована у сорта Рубин, у сорта Костромская розовая она равнялась 62–69%, а у сорта Костромичка она колебалась в пределах 22–28% (в условиях закрытого грунта – 63%). У некоторых сортов брусники более высокая укореняемость черенков достигалась в отапливаемой теплице (в частности, у черенков сорта Костромичка она увеличилась в 2 раза) и биометрические показатели саженцев к концу сезона оказывались значительно выше, чем у растений, укореняемых в открытом грунте или пленочной теплице [214]. Это согласуется с данными, полученными другими исследователями [165; 312; 325; 328; 337], которые рекомендуют укоренять черенки с использованием укрытия.

***Размножение зелеными черенками.*** Бруснику можно размножать и зелеными (летними) черенками. В 1986 г. Костромской ЛОС поставлен опыт размножения брусники зелеными черенками, в котором при посадке черенков в середине июля на конец сентября лишь у некоторых черенков отмечено набухание почек, при этом наибольший процент укоренившихся черенков (38–40%) выявлен в вариантах с кверцетином и ИМК, что в 1,4 раза по сравнению с контрольным вариантом. Обработка черенков растворами янтарной кислоты,

ИМК и калиевой солью ИУК вызвала усиление ростовых процессов. Во 2-й вегетационный период более высокие темпы роста сохранились лишь в варианте с янтарной кислотой [209]. При черенковании, особенно зелеными черенками, рекомендовано обращать внимание на возможное выпирание (выжимание) зачеренкованных растений из почвы в осенний и весенний периоды, в связи с чем при оттаивании следует проводить ручную opravку саженцев (при выращивании их в открытом грунте или пленочной теплице) [168].

**Размножение корневищными черенками.** Корневищные черенки высаживают (конусом нарастания кверху) в теплице для укоренения, как и стеблевые черенки. По результатам опытов Костромской ЛОС ВНИИЛМ выявлено, что укореняемость черенков из корневищ составляла от 25% (сорт Костромичка) до 83% (сорт Костромская розовая). При этом к концу 1-го вегетационного периода биометрические показатели сорта Костромская розовая из корневищных черенков были ниже, чем из укорененных стеблевых черенков, тогда как у сорта Костромичка показатели роста тех и других саженцев были близки [214].

**Размножение парциальными кустами.** Используя способность брусники к образованию корневищ и надземных корневищных растений, можно от одного материнского растения получить десятки экземпляров того же растения с корневой системой. По исследованиям, проведенным в Белоруссии и Прибалтике, приживаемость парциальных кустов в зависимости от используемого субстрата варьировала от 5 до 85% [26; 39]. В результате опытов Костромской ЛОС ВНИИЛМ (1986–1989 гг.) на опытном участке в Кадыйском районе Костромской области выявлено, что размножение брусники однолетними парциальными кустами на верховом торфе обеспечивает высокую приживаемость (до 100%) растений и не нуждается в последующей пересадке. При этом уже в однолетних посадках у растений сформировались корневища, а у части растений заложилась цветковые почки [209].

Таким образом, из традиционных способов размножения брусники обыкновенной наиболее эффективным является размножение парциальными кустами. Полученные таким способом растения отличаются более быстрым формированием куста и более ранними сроками плодоношения по сравнению с черенкованием.

### 1.2.2. Красника (*Vaccinium praestans* Lamb.)

В природе красника размножается в основном вегетативным способом, реже – семенным.

**Семенное размножение.** Семенное размножение красники в природе выражено слабо. Число выросших из семян растений невелико. Существует предположение, что проростки и молодые вегетативные особи не выдерживают затенения в густых зарослях и конкуренции за свет и влагу, в результате чего погибают на ранних этапах развития. Сеянцы красники часто встречаются на тропинках, по обочинам старых лесных дорог, канав и ям, где нарушен травяной покров, а также на стволах и пнях сгнивших деревьев, на гарях и вырубках в период восстановления растительности после пожаров и лесосек. Обычно проростки и сеянцы растут в тени в отсутствии прямого солнечного освещения, под пологом возобновляющихся растений. Исследования, проведенные в 1980-х гг. на о. Сахалин, показали, что свежесобранные семена красники не прорастают. Всхожесть их повышается после стратификации в течение 3 месяцев при температуре +4...+6°C. Всхожесть семян резко снижается после хранения их в течение года [92].

**Вегетативное размножение.** В ценопопуляциях красника представлена побегами вегетативного происхождения, развивающимися из спящих почек, расположенных по всей длине корневища и из верхушечных почек. Над поверхностью почвы побеги появляются обычно в середине июля. Красника разрастается более интенсивно на крутых склонах (30–45°), чем на пологих, а также под пологом разреженного леса. Вегетативное разрастание рыхлых

кустиков красники начинается в конце 5–7-го, а компактных – 7–9-го года жизни. Вегетативное размножение куртин может наблюдаться в 40–50-летнем возрасте растений, когда в результате партикуляции корневища они распадаются на клоны. Также красника интенсивно заселяет свободные от растительности участки [92]. Также возможно размножение красники отрезками корневища и корневищными черенками. Данные способы размножения надежны, просты и малозатратны, однако не обеспечивают достаточно высокого коэффициента размножения. По некоторым данным, с 1 м<sup>2</sup> возможно получать до 40–50 саженцев [187; 227].

Таким образом, на основе анализа литературных данных по традиционным способам размножения изучаемых видов выявлено, что проведено мало исследований по размножению парциальными побегами гибридных растений брусники обыкновенной отечественной селекции, адаптированных к местным почвенно-климатическим условиям. Нет сведений о положительных результатах семенного размножения красники, в связи с чем требуется проведение опытов по совершенствованию способов проращивания семян данного вида, в том числе с использованием специального оборудования. При традиционных способах размножения от материнского растения получается мало растений, что делает их использование нецелесообразным при промышленном выращивании ягодных растений. В связи с этим необходимо как совершенствование традиционных способов размножения брусники и красники, так и применение новых менее трудоемких и экономически эффективных технологий их размножения.

### **1.3. Микрклональное размножение лесных ягодных растений рода *Vaccinium***

Современная биотехнология – наука и отрасль производства, основу которой составляют ДНК- и клеточные технологии. Клеточные технологии в растениеводстве, основанные на культивировании *in vitro* органов, тканей,

клеток и изолированных протопластов высших растений, применяются для создания генетического разнообразия растительного мира (соматональная изменчивость, соматическая гибридизация, мутагенез на клеточном уровне, генетическая трансформация растений), в частности, для ускоренного создания новых сортов и видов растений; а также для ускоренного, вегетативного размножения растительных форм с желаемыми признаками, основанного на использовании техники микроклонального размножения растений *in vitro* [36; 183; 332; 351; 368].

Технология микроклонального размножения используется для получения чистосортного и здорового посадочного материала, освобожденного от бактериальной и грибной инфекции и позволяет в кратчайшие сроки получить большое количество жизнеспособных растений, предназначенных как для садоводов, так и для промышленного выращивания. Микроклональное размножение – одно из важнейших направлений биотехнологии. Это наиболее современный метод вегетативного размножения, имеющий перед другими ряд преимуществ, таких как:

- возможность получения оздоровленного материала от пораженных вирусными, бактериальными и грибными болезнями растений;
- получение в большом количестве вегетативного потомства трудноразмножаемых в обычных условиях видов растений;
- работа в лаборатории в течение круглого года и планирование выпуска растений к определенному сроку;
- возможность хранения в течение длительного времени пробирочных растений [27; 69; 70; 175].

Основоположником микроклонального размножения в мире считается французский ученый Ж. Морель, а в СССР – Р.Г. Бутенко, которая начала работы по микроклональному размножению в 1960-х гг. на базе Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН. Были изучены условия микроразмножения различных культур и предложены промышленные технологии. В качестве первичного экспланта исследователи использовали, как

правило, верхушечные меристемы травянистых растений. В дальнейшем исследования по микроклональному размножению охватили и древесные растения [27; 69; 71; 125].

На процесс микроклонального размножения растений оказывают влияние многочисленные факторы: состав питательной среды, соотношение компонентов, содержащихся в ней, генотип и другие [106]. Размножение *in vitro* осуществляется в контрольной среде с использованием клеток, тканей или органов растения в качестве эксплантов. Эксплантаты выращивают на искусственной среде, состоящей из воды, макро- и микроэлементов, некоторого источника углерода (обычно углеводов в форме сахарозы или глюкозы), витаминов, регуляторов роста (ауксинов, цитокининов и гиббереллинов) и хелатирующего агента (в случае твердой среды). В асептических условиях все эти компоненты среды действуют вместе, обеспечивая оптимальные питательные вещества, способствующие росту растений [269]. Вся процедура проводится в асептических условиях, и ростовые среды регулярно меняются, чтобы пополнить запасы элементов для продолжения роста тканей.

Размножение *in vitro* основано на усилении пролиферации пазушных почек и на способности растительных клеток дифференцироваться и развивать новые меристематические центры, которые способны регенерировать нормальные растения [269]. Регенерация меристемы, побега или корня осуществляется тремя различными морфогенными способами: 1) пролиферация пазушных побегов из уже существующих апикальных или пазушных зачатков; 2) органогенез посредством образования униполярного органа или регенерация побегов; 3) соматический эмбриогенез через развитие биполярных структур, соматических зародышей с меристемой корня и побега [278; 366]. Выбор исходного материала или эксплантата в культуре ткани определяет путь, по которому эксплант будет производить новые побеги и растения.

Регенерация растений с помощью культуры тканей основана на двух основных концепциях: тотипотентности и пластичности развития. Тотипотентность – это способность клетки дифференцироваться,



пролиферировать и впоследствии превращаться в зрелое растение в соответствующих условиях культивирования гормонально-зависимым образом [366]. В целом тотипотентность характерна для клеток молодых тканей и меристем, при этом она также может проявляться и некоторыми дифференцированными клетками [278]. Хотя целое растение можно регенерировать только из одной клетки, на практике же это оказывается довольно сложным процессом. Когда эксплантат снабжен правильным стимулирующим гормоном (гормонами) и подходящей питательной средой, он развивается в растение, идентичное исходному растению или клону. Культура тканей может быстро и в стерильных (асептических) условиях производить большое количество растительного материала, при этом отбирая и клонируя превосходную зародышевую плазму, устойчивую к болезням и обеспечивающую повышенный уровень вегетативного роста.

Основное преимущество микроклонального размножения заключается в том, что оно круглый год обеспечивает быстрое и непрерывное производство массового производства здоровых, генетически идентичных и свободных от патогенов растений [357]. В программах селекции многолетних растений микроклональное размножение может ускорять селекционный процесс путем отбора *in vitro* и повторных испытаний новых форм [278]. Технология *in vitro* также предлагает несколько преимуществ по сравнению с естественно выращенными растениями в производстве биоактивных соединений, таких как: возможность оптимизации и контроля условий производства для получения желаемого содержания чистого продукта; отсутствие влияния биологических факторов (таких как микроорганизмы, насекомые и климатические и географические условия) на производство вторичных метаболитов; снижение трудозатрат на производство биоактивных соединений благодаря автоматизированному контролю роста клеток [263; 318].

Однако микроразмножение – сложная процедура, требующая определенных условия и дорогостоящих оборудования и реагентов. Это в свою очередь требует высококвалифицированного труда в обращении с культурами и

их содержании. Процедура культивирования тканей, состав сред и регуляторы роста могут варьироваться в зависимости от вида растений и даже от разных генотипов одного и того же вида [284], что также увеличивает себестоимость процесса. Укоренение черенков *in vitro* обходится дорого и может даже удвоить цену черенков [378]. Иногда растения не производят регенерантов, соответствующих типу, что ограничивает цель коммерческого микроразмножения.

Процесс микроклонального размножения состоит из 4 основных этапов (рис. 1):

1. *Введение в культуру in vitro* – выбор растения-донора, изолирование эксплантов и получение хорошо растущей стерильной культуры;

2. *Собственно микроразмножение* – когда достигается получение максимального количества меристематических клонов;

3. *Укоренение размноженных микропобегов* с последующей адаптацией их к почвенным условиям, а при необходимости – депонирование растений-регенерантов при пониженной температуре (+2...+10°C);

4. *Адаптация к нестерильным условиям* – выращивание растений в условиях теплицы и подготовка их к реализации или посадке в поле [17; 18; 27; 69; 175].

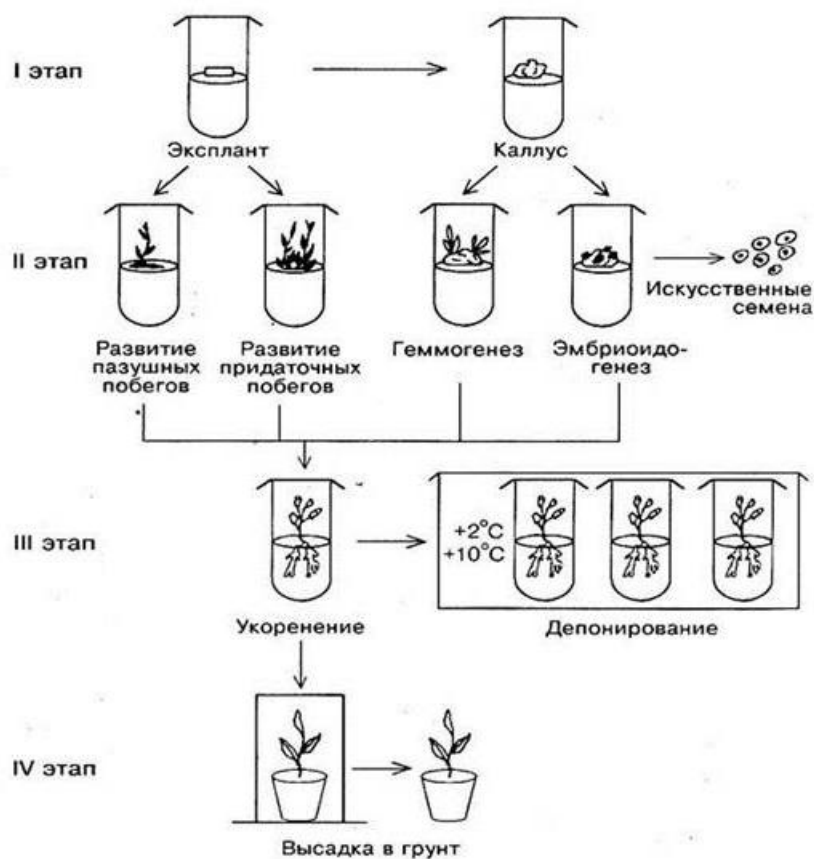


Рис. 1. Основные этапы микроклонального размножения растений [175]

Процесс микроклонального размножения растений начинается с этапа *введения растений в культуру in vitro* путем изолирования и стерилизации первичного экспланта с последующим его размещением на стерильной, питательной среде для инициации побегообразования *in vitro*. Введение в культуру является самым затратным этапом при микроклональном размножении в силу больших потерь при довольно низкой производительности. Для введения в культуру *in vitro* возникает необходимость учета особенностей физиологических процессов растений [9; 71; 183]. Для успешного введения в культуру растений необходимо учитывать сезонность физиологических процессов растений. Благоприятная регенерация меристематических эксплантов обычно проходит в фазу активного роста побегов [248; 249; 255].

При введении в культуру очень важным моментом является стерилизация исходного материала (эксплантов). Развитие экспланта и начало его скорейшего размножения зависит, как от вида растения, стерилизатора, так и

системы стерилизации. Поверхностная стерилизация часто не решает проблему оздоровления, особенно при размножении древесных растений. Альтернативой является использование антибиотиков, фунгицидов в питательной среде, позволяющее устранить стойкую инфекцию. Часто одного препарата для этого недостаточно, а совместное их применение часто вызывает слабое развитие листьев, хлороз. Отмечено, что действие антибиотиков видоспецифично и может способствовать размножению экземпляров, пораженных патогенными микроорганизмами [44].

Благоприятная регенерация меристематических эксплантов проходит в фазу активного роста побегов. Свободный от вирусов посадочный материал для микроклонального размножения растений можно получить методом культуры изолированных апикальных меристем. Апикальные меристемы являются наиболее здоровой, свободной от вирусов частью растений и представляют собой конус активно делящихся клеток высотой 0,1 мм (100 мк) и шириной 0,25 мм. Однако собственно меристему трудно изолировать без повреждений, поэтому отделяют эксплант, представляющий из себя собственно меристему и 1–2 листовых примордия (апексы размером 100–250 мкмоль/л). С целью повышения эффективности оздоровления применяют сочетание метода культуры изолированных меристем с термотерапией и химиотерапией [27].

В последнее время в качестве основного стерилизатора практически не применяют ртутьсодержащие препараты вследствие их токсичности. Например, при использовании сулемы повышается степень стерильности эксплантов, но при этом долгое время не начинается их рост [71]. На сегодняшний день для использования в качестве стерилизаторов более распространены гипохлорит натрия, гипохлорит кальция (10% раствор), перекись водорода (30% раствор), сулема, нитрат серебра [27; 175; 246], а также современные моющие средства («Белизна», «Доместос») и новые стерилизующие препараты, такие как Экостерилизатор бесхлорный, Лизоформин 3000 и др.

На этапе *собственно размножения (пролиферации)* начинается формирование боковых побегов – собственно микроразмножение, при этом

основная задача заключается в получении максимального количества микрорастений, идентичных исходному экземпляру. На данном этапе важное значение имеет создание условий соответствующих видовым и сортовым особенностям размножаемых растений, их происхождению, а также с учетом состава питательной среды и физических условий культивирования. На этапе культивирования эксплантов *in vitro* необходимо создать условия с такими температурными и световыми режимами, при которых будет обеспечено правильное развитие растений. В лабораториях используют люминисцентные лампы (с освещенностью 2500–4000 лк), поддерживают влажность 75–80% и температуру +22...+25°C при фотопериоде 16 часов света и 8 часов темноты [27; 175].

На этапе «собственно микроразмножение» экспланты растений помещают на питательную среду. Обычно используют питательные среды Woody Plant Medium (WPM), Мурасига и Скуга (MS), Андерсона (AN), Кворина-Лепуавра (QL) и др. [175; 207; 256; 331; 338], с сахарозой, агар-агаром, физиологически активными веществами, фитогормонами (6-БАП (6-бензиламинопурин), 2-иР (2-изопентиладенин), тидиазурон, кинетин, зеатин и др.) в различных концентрациях [67; 69]. Выбор среды и концентрации фитогормонов зависит от размножаемой культуры и ее сорта [2; 246]. Такие факторы, как состав питательной среды, условия выращивания, различные манипуляции с эксплантами, длительность субкультивирования, должны обеспечить оптимальный коэффициент размножения 1:5–10 при количестве пассажей, не превышающем 10–15 [68; 71; 175].

Наиболее важным фактором в индукции развития пазушных меристем является количество и соотношение в среде цитокининов и ауксинов. Ауксин, накапливаясь в концентрациях выше необходимого физиологического уровня, ингибирует рост пазушных почек. Местом синтеза цитокининов, стимулирующих развитие пазушных почек и играющих основную роль в снятии апикального доминирования, являются корни, и рост латеральных почек находится в прямой зависимости от наличия корней, которые отсутствуют у

растений на первых этапах микроразмножения. Однако использование высоких концентраций цитокининов для получения максимального коэффициента размножения может привести к нарушению морфологии микрорастений, снижению их способности к укоренению. Добавление в питательную среду минимального количества цитокининов, обеспечивающее достаточную скорость микроразмножения, а также чередование культивирования на средах с низким и высоким содержанием цитокининов, позволяет снизить их негативное воздействие [45; 71].

Сорта и культуры, которые быстро поглощают и быстро разрушают цитокинины, показывают высокие коэффициенты размножения *in vitro* [45]. Высокие дозы регуляторов роста могут вызвать образование стекловидных побегов. Состав питательной среды, условия выращивания, различные манипуляции с эксплантами, длительность субкультивирования должны обеспечить оптимальный коэффициент размножения 1:5–10, а количество пассажей не должно превышать 10–15 [46; 71].

*Укоренение* – процесс образования адвентивных корней (*ризогенез*), проходит в 3 этапа: индукция (до начала клеточного деления), инициация (дифференциация меристем до корневых примордиев) и появление корней за пределами стеблевой части черенка. Корневые меристемы у черенков чаще всего формируются в местах пересечения камбия и флоэмы сердцевидными лучами. Продолжительность первых двух этапов составляет 10–15 дней. Затем начинается визуально заметное появление и рост корней. В качестве стимуляторов для корнеобразования используют в основном ауксины – индолилмасляную (ИМК), индолилуксусную (ИУК) и нафтилуксусную (НУК) кислоты [27; 46; 60; 67; 69; 71; 223]. Оптимальная концентрация корнеобразовательного вещества определяется в зависимости от вида растения. При укоренении микрочеренков растений в лаборатории необходимо поддерживать температуру +18...+25°C при 16-часовом фотопериоде и освещенности 2500–4000 лк. Период укоренения микрочеренков длится, как правило, от нескольких недель до нескольких месяцев [175]. Наиболее

универсальным индуктором корнеобразования, подтвердившем свою эффективность на широком наборе культур, является ИМК. Оптимальная концентрация в среде укоренения зависит от вида растения и составляет 0,2...1,0 мг/л. Концентрации свыше 1,0 мг/л, как правило, ингибируют укоренение и вызывают интенсивное развитие раневого каллуса [255].

*Адаптация* – процесс перевода микрорастений из стерильных условий в нестерильные. Это критическая фаза любой схемы микроклонального размножения. Условия *in vitro* отличаются коренным образом от условий *in vivo*: более высокой влажностью воздуха, другим содержанием солей по сравнению с почвенным раствором, необходимостью введения в питательную среду регуляторов роста и сахаров, накоплением этилена. Длительное нахождение растительного материала при таких условиях вызывает самые разнообразные анатомические, физиологические аномалии. У растений *in vitro* развиваются нефункциональные устьица, появляются признаки стекловидности, листья теряют способность к активному фотосинтезу, корневая система также не позволяет им достаточно питаться почвенным раствором [59]. Перенос таких растений в нестерильные условия создает стрессовую ситуацию, которая часто приводит к их гибели. В первую очередь, необходимо при поддержании влажности близкой к 100% и относительной стерильности субстрата, заставить работать корневую систему. Выявлено, что у микрорастений функционирующая корневая система формируется за 2–4 недели, в зависимости от породы. Устьица также начинают функционировать через 10–14 дней после пересадки. Резкое снижение влажности воздуха губительно для растений в этот момент.

Вторая ступень адаптации заключается в постепенном снижении влажности воздуха в зоне надземной части растений. Пяти дней, в течение которых адаптация должна проходить постепенно, как правило, достаточно для того, чтобы обеспечить полную сохранность растений [48; 78; 79]. В этот период необходимо создать такие условия для роста и развития растений, чтобы условия культивирования были наиболее близкими к естественным и

способствовали наиболее активной вегетации. Во многом результативность этапа адаптации определяется биологическими особенностями культуры и сроками переноса растений в субстрат [255].

Перед переносом укорененных растений из стерильных условий в условия автотрофного питания – этап адаптации, их обрабатывают 1%-ным раствором перманганата калия и пересаживают в стерильный субстрат: например, это может быть смесь торфа с перлитом или мелкозернистым песком, в соотношении 1:1 [58; 97]. Для стерилизации субстрата его проливают горячей водой, обрабатывают растворами фунгицидов, противомикробным раствором с добавлением терразола или горячим паром [131; 141].

После адаптации растения пересаживают в контейнеры и доращивают в адаптационной теплице в специальном отсеке доращивания. Выбор контейнера задает объем кома субстрата, что оказывает определенное влияние на рост и развитие растений [109]. Считается, что оптимальными параметрами для выращивания плодовых культур обладают жесткие контейнеры размером 15×15×25 см или диаметром и высотой 15–30 см. В качестве компонентов почвенных смесей в контейнерной культуре используют: торф (0–100%), компост (до 20%), кора (10–30%), древесное волокно (до 30%), глинистые материалы (5–20%), а также рисовые отруби, кокосовое волокно, песок, перлит и др. Для укорененного материала всех культур рекомендовано зимнее хранение в подвалах при температуре 0...+5°C. Лучшие результаты перезимовки обеспечивает хранение дорощенных растений в холодильных камерах при температуре –2°C [78; 79].

Таким образом, важными преимуществами микрклонального размножения растений являются высокий коэффициент размножения (1:1000 и более), возможность получения в большом количестве вегетативного потомства трудноразмножаемых в обычных условиях видов растений, получения оздоровленного материала, круглогодичной работы в лабораторных условиях круглый год и длительного хранения пробирочных растений, создания банка генотипов. Однако, при выборе данного метода размножение следует



учитывать ряд недостатков, к которым относятся: требование специальных условий (высокая стерильность), которые могут быть созданы в специализированных лабораториях, высокая стоимость гормонов роста и возможность ингибирования ростовых процессов эксплантов путем выделения фенольных соединений в питательную среду при введении в культуру.

***Применение регуляторов роста растений.*** Важнейшим фактором в процессе развития пазушных меристем является количество и соотношение в питательной среде фитогормонов цитокининовой и ауксиновой групп.

*Цитокинины* синтезируются в апикальных меристемах корня, откуда активно транспортируются по ксилеме. По химическому строению – производные 6-аминопурина (аденина). Цитокинины стимулируют развитие пазушных почек, а также играют важнейшую роль в снятии апикального доминирования, что способствует увеличению коэффициента размножения. При добавлении в питательную среду минимального количества цитокининов происходит получение микрорастений большой длины при их наименьшем количестве [71; 98; 162; 177]. Среди цитокининов используются: 6-БАП (6-бензиламинопурин), 2-иР (2-изопентениладенин), кинетин (Кн), зеатин (Зе), тидиазурон (ТДЗ) и др.

*Ауксины* – это фитогормоны индольной природы, производные индолилуксусной кислоты (ИУК). Ауксины были открыты в 1920-е гг. как фактор тропизмов растений. В основном, ауксины синтезируются в апикальных меристемах стебля, в меньшей степени в листьях, при этом в молодых листьях ауксина образуется больше, чем в старых. Скорость перемещения ауксина в растении довольно небольшая – 10–15 мм/ч, т.к. ауксин не включается в систему транспорта ассимилятов, а передвигается по живым клеткам проводящих пучков. Транспорт ауксина ингибируют 2-, 3-, 5-трийодбензойная кислота (ТИБК), N-1-нафтилфталаминовая кислота, морфактин, а также другой фитогормон – этилен. Физиологическое действие ауксина проявляется в регуляции растяжения, деления, дифференцировки и дедифференцировки клеток растений. Ауксин вызывает способен стимулировать дифференциацию меристематических или

дифференцированных клеток в клетки проводящих тканей. Под действием ауксина отмечается формирование проводящих флоэмных и ксилемных элементов в каллусной ткани, что имеет большое значение в биотехнологии и практике растениеводства. Ауксин регулирует тропизмы, т.е. изменение положения различных органов растения. Механизм их обусловлен неодинаковой скоростью растяжения клеток латеральных сторон осевых органов, вызванной неодинаковым содержанием в них ауксина. Апоикальное доминирование также обусловлено ауксином. Ауксин, продуцируемый апексом, аттрагирует (т. е. притягивает) питательные вещества и другие фитогормоны (гиббереллины и цитокинины), поэтому последние практически не поступают к пазушным почкам, которые или совсем не растут, или растут гораздо медленнее, чем верхушечная почка. Ауксин контролирует опадение листьев, завязей и плодов. Пока орган находится в неповрежденном, активном состоянии, из него постоянно идет отток ауксина, прекращение этого потока является сигналом растению о нарушении жизнедеятельности органа. При этом происходит формирование отделительного слоя и опадение листа, ненужной неоплодотворенной или избыточной завязи, созревшего плода [71; 175].

Большое значение имеет способ применения ауксинов. Традиционно введение ауксинов осуществляется непосредственно в питательную среду для укоренения, однако положительное действие ауксины оказывают лишь на первых этапах закладки корней, дальнейшее их присутствие приводит к аномальному их развитию и способствует росту каллуса, что является одной из причин гибели укорененных растений на этапе адаптации [126; 321]. Высокая влажность при культивировании растений *in vitro* и отсутствие движения воздуха не позволяют образовываться достаточному слою кутикулярного воска [258], что в сотни раз сокращает кутикулярную транспирацию. Устьица при этом практически не функционируют. В результате у растений *in vitro* сразу после их удаления из культуральных сосудов возникает водный стресс, что задерживает их рост или вызывает гибель при адаптации.

На различных этапах микроклонального размножения растений, помимо регуляторов роста цитокининовой и ауксиновой групп, используются адаптогены и органические удобрения. В последние годы возрастают требования к используемым средствам защиты растений и удобрениям: они должны быть экологически безопасны, высокоэффективны, улучшать качество продукции, снижать пестицидную нагрузку на почву и на растение, но при этом быстро окупаться. Перспективно использование новых препаратов и стимуляторов, содержащих природные ростовые вещества и фитогормоны. На сегодняшний день иммуномодуляторы (индукторы болезнеустойчивости) признаны новым направлением в защите растений. Использование регуляторов роста нового поколения позволяет сократить время получения готового к реализации посадочного материала [5; 44; 176; 243]. Такие препараты, как Иммуноцитифит, Эпин-Экстра и ряд других, давно отлично зарекомендовали себя для экологического земледелия как на отечественном рынке, так и за рубежом.

***Использование светодиодного освещения.*** В процессе фотосинтеза, в ходе которого происходит синтез органических соединений из неорганических, энергия света обеспечивает возможность автотрофного существования растений. Кроме того, свет выполняет в жизни растений целый ряд функций: информационную (регулирование различных процессов жизнедеятельности растений), энергетическую (как источник энергии для синтеза углеводов в процессах фотосинтеза), биосинтетическую (участие в фотозависимых биохимических процессах) и др. [63]. На рост и продукционный процесс растений обусловлено влияние световой среды, включающие тремя ее параметрами – спектральным составом света, количеством фотонов света, падающих на посев за время вегетации и распределением плотности потока фотонов по времени. Спектральный состав светового потока может оказывать решающее воздействие на рост, морфогенез и онтогенетическое развитие растений. Биосинтетическая функция света состоит в непосредственном участии света в биосинтетическом процессе и в воздействии на каталитическую

активность ряда ферментов, а также, как и энергетическая функция, определенным образом зависит от спектрального состава света [286; 320].

Диапазон длин волн оптического излучения, имеющих основное субстратно-регуляторное значение для растений, простирается от 280 до 750 нм. Выделяют следующие спектральные поддиапазоны, имеющие различное физиологическое значение: УФ-Б (280...320 нм) – оказывает вредное воздействие на рост и развитие растений (однако для нормального развития некоторых видов растений требуется небольшое количество излучения в данном диапазоне); УФ-А (320...400 нм) – играет регуляторную роль в развитии растений, (необходимо присутствие небольшого количества данного диапазона излучения в спектре); «синий» (400...500 нм) – обладает субстратным и регуляторным воздействием (необходим в составе спектра излучения для выращивания растений); «зеленый» (500...600 нм) – полезен для обеспечения фотосинтеза оптически плотных листьев и густых посевов растений в силу высокой проникающей способности, хотя не является абсолютно необходимым для обеспечения фотосинтеза; «красный» (600...700 нм) – обладает ярко выраженным субстратным и регуляторным воздействием (для обеспечения высокого уровня фотосинтеза должен входить в состав общего излучения); «дальний красный» (700...750 нм) – обладает ярко выраженным регуляторным действием (в небольших количествах (несколько процентов) должен входить в состав общего излучения) [202]. Оптическое излучение, положительно влияющее на растения, по спектральному составу может быть разделено на 3 части: ультрафиолетовое (295...380 нм), видимое (380...780 нм) и ближнее инфракрасное излучение (780...1100 нм). Процесс фотосинтеза растений происходит под воздействием фотосинтетически активной радиации (ФАР) – части светового потока с длиной волн в диапазоне 0,38...0,71 мкмоль/л. Наиболее интенсивно растения усваивают для фотосинтеза часть оранжево-красных (0,65...0,68 мкмоль/л) и сине-фиолетовых (0,48...0,40 мкмоль/л) лучей, незначительно – желто-зеленые (0,58...0,50 мкмоль/л) и дальние красные (более 0,69 мкмоль/л) лучи [142; 201].

В настоящее время в лабораториях биотехнологии для освещения растений до сих пор широко используются люминесцентные лампы, однако главными их недостатками являются высокое потребление электроэнергии по сравнению со светодиодами и ограниченный спектральный состав излучения. Как в России, так и за рубежом выпускается широкий ассортимент ламп, которые можно использовать для облучения растений в защищенном грунте, но спектр их излучения имеет ограниченную область. В связи с этим для создания баланса светового эффекта и получения мощного светового потока целесообразно использовать источники света с улучшенной цветопередачей. Наибольший интерес для выполнения данных задач на сегодняшний день представляет использование светодиодов (СД). Особенность облучателей, сконструированных на светодиодах состоит в том, что спектральный состав их световых потоков приближен к ФАР [34; 132].

Первые работы по изучению воздействия СД на рост и развитие растений проводились в 1980-е гг. при освещении растений салата узкополосным красным светом с пиком излучения 660 нм с добавлением 30 мкмоль/л/оль/(м<sup>2</sup>с) синего света от флуоресцентных ламп [260]. Показатели роста опытных растений не уступали выращенным в искусственной световой среде на основе холодных флуоресцентных ламп или ламп накаливания. Проводились многочисленные опыты по выращиванию растений под красными СД с добавлением синего света в разных пропорциях, в том числе на салате, землянике, пшенице, арабидопсисе, редисе и шпинате [301; 374; 376]. В настоящее время при подборе оптимальных источников освещения для растений различные исследователи все чаще предпочитают изучать и использовать в своей работе белые светодиоды, излучение которых содержит компоненты всех основных полос в диапазоне фотосинтетически активной радиации (ФАР). При этом белые светодиоды могут применяться как в чистом виде, так и в комбинациях с узкополосными красными и красно-синими светодиодами [201; 264; 320].

На сегодняшний день перспективным направлением является использование светодиодного освещения для культивирования растений в условиях *in vitro*. Данная технология позволяет сократить расходы на искусственное освещение, а также дает возможность располагать источники света в непосредственной близости к растению, тем самым не влияя на условия температурного режима помещения, в котором культивируются растения. Использование светодиодов применялось различными исследователями при выращивании растений в культуре *in vitro*, однако работ по изучению применения светодиодного освещения при культивировании лесных ягодных видов на данный момент встречается не так много, в основном это немногочисленные исследования по выращиванию ежевики, малины [34; 54; 190; 339; 355; 359], земляники [31; 32; 123; 133; 254; 341], голубики [120; 316; 317], клюквы [119]. При микразмножении лесных ягодных растений рода *Rubus* L. установлено преимущество красного и зеленого света по коэффициенту размножения, синего и зеленого – по длине побегов; на этапе укоренения – красного и синего света, причем последний ингибировал недифференцированный рост каллусных тканей [220], при этом на большинстве ягодных культур комбинированное применение света с долями излучения 87,5% в красной области спектра и 12,5% в синей области способствовало достижению высокого эффекта регенерации на различных этапах культивирования эксплантов [219].

**Особенности клонального размножения лесных ягодных растений рода *Vaccinium*.** Микрклональное размножение *in vitro* может быть применено как в селекционной работе для ускоренного размножения новых гибридов, так и при крупномасштабном размножении отобранных ценных форм перспективных ягодных культур рода *Vaccinium* L., таких как брусника, голубика, клюква и др. На основе разработок ведущих ученых в области микроразмножения ягодных растений семейства Брусничные [105; 224; 278; 346; 360] следует отметить, что эффективность размножения *in vitro* в значительной степени определяется генотипом и составом питательной среды.

**Собственно микроразмножение.** Существует 3 метода микроразмножения: 1) пролиферация пазушных побегов; 2) регенерация адвентивных побегов; 3) соматический эмбриогенез.

*Регенерация пазушных побегов.* Лесные ягодные растения, полученные из пазушных побегов, обычно сохраняют генетический состав материнского растения, поэтому данный метод является наиболее применимым и надежным для воспроизводства растения в условиях *in vitro*. Пазушные почки могут возникать как из апикальных (верхушечных) побегов, так и узловых сегментов. Экспланты помещают в питательную среду, содержащую ауксины в малых концентрациях или и цитокинины в более высоких концентрациях для способствования образованию пазушных микропобегов и предотвращению образованию каллусной ткани. Цитокинины используются для снятия апикального доминирования и усиления развития боковых почек от оси листа. Пазушные побеги образуются за счет пробуждения пазушных почек [273; 281]. Наиболее часто используются для культивирования *in vitro* представителей рода *Vaccinium* цитокинины зеатин и 2-изопентениладенин (2-iP). Зеатин более эффективен для побегообразования у видов *Vaccinium* [275; 302; 358] и для разрастания побегов брусники [267; 280], высокорослых и низкорослых видов голубики [262; 275; 289], хотя некоторые исследователи наблюдали лучшее размножение побегов голубики высокорослой при 25 ммоль/л цитокинина 2-iP в питательной среде [302]. Отмечено также, что зеатин эффективен для зарождения побегов у видов *Vaccinium* [358]. Низкая концентрация ауксина полезна при добавлении в среду для улучшения развития корневой системы, например, 5,7 ммоль/л индолил-уксусной кислоты [336]. Однако Дж.Дж. Фретт и Дж.М. Смагула предложили использовать только 2-iP для переноса на питательную среду перед укоренением [295].

Пролиферация и размножение побегов в значительной степени основаны на формулировках питательной среды. Для видов *Vaccinium* в культуре *in vitro* предпочтительны среды с низкой концентрацией ионов [299]. Размножение растений на гелеобразной питательной среде требует высоких

производственных затрат и сложно автоматизируется, что делает системы, предназначенные для крупномасштабного производства, менее подходящими. Автоматизированные биореакторы, используемые для крупномасштабного производства размножаемых растений, важны для индустрии микроразмножения. Для массового размножения садовых растений были внедрены биореакторные системы в жидких средах и представляют собой автономные стерильные среды, в которых используются жидкие питательные вещества или системы притока и оттока жидкости или воздуха, разработанные для интенсивного культивирования и контроля условий среды (аэрация, перемешивание, растворенный кислород и т.д.) [326; 348]. Несмотря на то, что включение стадии жидкого культивирования для роста микропобегов может быть экономически эффективным, так как оно обычно ограничивается низким содержанием кислорода [362]. Положительные результаты использования биореакторного микроразмножения через разрастание пазушных побегов были зарегистрированы у низкорослой голубики [267].

*Регенерация адвентивных побегов.* Регенерация растений является важным аспектом методологии биотехнологии растений и культуры тканей, которая способствует производству генетически модифицированных растений и соматональных вариантов, а также быстрому размножению трудноразмножаемых видов. Органогенез побегов из сегментов стебля и листьев клюквы изучали такие ученые, как Дж.Дж. Полашок, Н. Ворса [354], Б.Х. Маккоун, Е.Л. Зелдин [333]. Регенерацию побегов ягодных культур из листьев можно разделить на следующие этапы: 1) формирование жизнеспособных придаточных почек на эксплантате; 2) удлинение почек в побеги; 3) укоренение побегов с образованием целых растений [356]. На регенерацию придаточных побегов влияет ряд факторов, таких как: генотип, питательная среда (включая регуляторы роста и их комбинации), окружающая среда, стадия развития эксплантата и т.д. Так, при добавлении ТДЗ в питательную среду регенерация побегов была достигнута у различных ягодных культур [270; 271; 278]. Положение листа на побеге влияет на регенерацию



побегов, при этом молодые разрастающиеся листья демонстрируют больший морфогенный потенциал, чем более старые, полностью разросшиеся листья.

**Соматический эмбриогенез.** В соматическом эмбриогенезе как регенерация, так и организация являются биполярными, когда клетки-предшественники делятся одновременно, образуя побег и корневую меристему, которые продуцируют группу клеток, называемых проэмбриональными массами [292]. Дифференцировка и организация соматического зародыша происходят непосредственно в эксплантате или из каллуса. Как и регенерация адвентивных побегов, соматический эмбриогенез зависит от типа эксплантата, состава питательных веществ среды и создания субкультуры для синхронного развития соматического зародыша. У видов *Vaccinium* успешный соматический эмбриогенез отмечен только у голубики [303].

**Укоренение и адаптация.** Методы как *in vitro* [266; 269; 274; 334; 346; 356; 360], так и *ex vitro* [105; 265; 330; 334; 335] успешно использовались для укоренения и адаптации размножаемых ягодных растений. Для укоренения *in vitro* побеги срезают у основания и затем помещают на среду без ауксина [265; 274; 356]. Побеги, полученные *in vitro*, также можно укоренять *ex vitro* в измельченном сфагнуме [356] или в среде торфяного перлита для видов *Vaccinium* [265; 266; 280]. Укоренение *ex vitro* является обычной практикой для большинства видов *Vaccinium*. Несмотря на то, что укоренение *in vitro* дает несколько преимуществ, включая снижение подверженности болезням и стрессу окружающей среды во время процесса укоренения и получения укоренившихся побегов *in vitro*, побеги можно получить быстрее и с меньшими затратами, исключив укоренение *in vitro* [350].

Основываясь также на полученных положительных результатах исследований белорусских ученых Т.Н. Божидай, Н.В. Кухарчик и их коллег по укоренению в условиях *ex vitro* представителей рода *Vaccinium* L., стоит отметить, что комбинация таких методов, как микроразмножение и микрочеренкование, является перспективным направлением, которое даст возможность увеличить выход саженцев и сократить расходы на их

производство. Исследования по изучению растений-регенерантов рода *Vaccinium* L. укоренении *ex vitro* показали, что наиболее приемлемым субстратом для ризогенеза является мох *Sphagnum* L. со слоем верхового торфа (0,5 см), а использование ИМК для стимулирования корнеобразования является нерациональным. Эффективность совмещенного укоренения и адаптации при этом составляет 66,7–100% [19-23].

**Брусника обыкновенная.** Работы по размножению брусники методом *in vitro* ведутся достаточно давно. Учеными со всего мира проведено много исследований по микроклонированию данного вида с использованием различных питательных сред и росторегулирующих веществ в разных концентрациях при культивировании *in vitro*, а также субстратов при адаптации к нестерильным условиям [64; 104; 105; 129; 161; 163; 179; 180; 181; 183; 193; 228; 257; 261; 269; 273; 274; 276; 277; 280; 294; 297; 300; 310; 314; 319; 322; 323; 327; 329; 334; 342; 344-347; 349; 364 и др.]. При стерилизации эксплантов исследователями использовались сулема (0,10–0,15%), этанол (70%), смачивающий агент Твин-20. Для культивирования растений использовались питательные среды: AN, WPM, MS, в том числе в различных модификациях. В качестве росторегулирующих веществ для побегообразования в разных концентрациях использовались ГК, цитокинины: 2-иР, зеатин, тидиазурон. Для укоренения микропобегов в качестве росторегулирующих веществ для корнеобразования применялись ауксины: ИМК, ИУК, НУК. При адаптации к нестерильным условиям в качестве субстратов использовали: торф, торф + перлит (1:1, 2:1), измельченный мох *Sphagnum* L. (со слоем торфа).

Культивирование брусники *in vitro* способствует активному вегетативному росту регенерированных растений, в том числе увеличению ветвления и большей продукции листьев и корневищ по сравнению с растениями, полученными при черенковании стебля. М.А. Хозиер и коллеги [314] выявили лучшую продуктивность корневищ у растений культуры тканей брусники по сравнению с растениями, размноженными обычным черенкованием, после 9 месяцев роста в теплице. Исследования по

микроразмножению растений брусники привели к получению растений, превосходящих растения, полученные стеблевыми черенками, по урожайности ягод, развитию корневищ и силе роста брусники сорта Sanna [310]. Е.А. Сидорович и Е.Н. Кутас [180] отмечали преимущества растений интродуцированных сортов брусники обыкновенной (Koralle, Entedank, Masovia), регенерированных в культуре *in vitro*, в усиленном образовании базальных побегов и повышенной морозоустойчивости по сравнению с материалом, размноженным обычным черенкованием.

Программа микроразмножения была начата в 1999 г. в Сент-Джонском научно-исследовательском центре сельского хозяйства и агропродовольствия (г. Сент-Джонс, Канада), где ученые разработали новый протокол микроразмножения зародышевой плазмы брусники [274]. Аналогичные результаты были также получены С.К. Дебнатом [283], где микрклонально размноженные растения, полученные из пролиферирующих побегов узловых эксплантатов, и регенерированные побеги из листовых эксплантатов сравнивали с аналогичными, размноженными обычным черенкованием, растениями брусники сортов Regal, Splendor и Erntedank в условиях теплицы: после 3 лет роста растения, размноженные *in vitro*, превосходили соответствующие растения, полученные традиционным черенкованием, по количеству стеблей, листьев и корневищ на растение [283]. В другом исследовании микрклонально размноженные растения брусники тех же сортов, полученные из листовых культур, давали более мелкие и менее сильные растения, у которых было больше стеблей, ветвей, листьев и корневищ, чем у обычных черенков [279]. Побеги брусники сорта Red Pearl *in vitro* укоренялись лучше, чем черенковые [334]. Культуры *in vitro* на питательной среде, содержащей регуляторы роста, могут индуцировать ювенильные характеристики растений брусники, усиливая вегетативную продукцию [279]. Некоторыми исследователями сообщалось, что ягоды и листья растений брусники сортов Splendor и Erntedank, полученных *in vitro*, обладали большей антиоксидантной активностью, чем ягоды традиционно черенкованных

растений, хотя у последних было отмечено большее число ягод, с большим диаметром и урожайностью с одного растения [293; 371]. Однако при работе с брусникой сортов Koralle, Erntedank и Sussi P. Сепрес и коллеги [361] не обнаружили различий по количеству корневищ и ветвей на растение между растениями размноженными черенкованием и методом культуры клеток и тканей. Усиленный вегетативный рост черенкованных растений брусники не сохранялся в их следующем цикле размножения *in vitro*, что указывает на возможность исчезновения ювенильной фазы культуры *in vitro* во втором цикле [282].

Е.А. Сидорович и коллеги [179; 180] описали аспекты стерилизации, установили влияние типа экспланта и сезона изоляции меристем на процесс микроклонального размножения. С.К. Дебнат оценил влияние ориентации экспланта, состава питательной среды и типа цитокининов на мультипликацию побегов [274]. Также было исследовано действие типа и концентрации углеводов в среде на пролиферационную активность эксплантов.

**Собственно микроразмножение.** Для микроразмножения брусники больше подходят методы регенерации пазушных и адвентивных побегов.

**Регенерация пазушных побегов.** Различными авторами сообщалось о пролиферации побегов брусники *in vitro* [272; 274; 314; 319; 358]. Е.А. Сидорович и коллеги [180] при использовании цитокинина 2-іР в концентрации 15 мг/л получили успешную регенерацию у растений брусники обыкновенной. Исследования С.К. Дебната и К.Б. Макрея [274] показали, что как европейские сорта брусники (*ssp. vitisidaea*), так и канадские дикорастущие клоны (*ssp. minus*) могут быть размножены микроклонированием из верхушечных меристем и узловых эксплантов на питательной среде, содержащей 12,3 мкмоль/л 2-іР или 5,7 мкмоль/л зеатина. Эти же авторы сообщили, что при размножении брусники сорта Regal зеатин дает в 2–3 раза больше побегов, чем 2-іР. М.Г. Остролуцка и коллеги [347] также получили аналогичные результаты, где зеатин был эффективнее в улучшении размножения побегов, чем 2-іР. В исследовании А. Гайдошовой и коллег [297] сообщалось, что

сегментация регенерированных микропобегов и дальнейшее культивирование на свежей среде увеличивали интенсивность регенерации побегов. Питательная среда WPM оказалась подходящей для пролиферации побегов видов *Vaccinium*: 2-иР в концентрации 15 мг/л в среде WPM давал побеги брусники *in vitro* [367]. Другие исследования показали, что природный цитокинин зеатин более эффективен для образования и пролиферации побегов брусники, чем 2-иР [274; 319]. Концентрация и типы углеводов оказывают влияние на пролиферацию побегов брусники *in vitro*: сахароза и глюкоза способствуют лучшей пролиферации побегов брусники, чем сорбит, при этом оптимальная концентрация составляет 10–20 г/л для брусники подвидов *vitis-idaea* и *minus* [272]. Поскольку брусника является ацидофильным растением, интенсивность пролиферации побегов может зависеть от рН среды: эффективное размножение побегов *in vitro* у *V. vitis-idaea ssp. minus* отмечалось при уровне рН = 5,0 [257].

*Регенерация адвентивных побегов.* Органогенез побегов брусники может начинаться с образования почек на эксплантах, удлинения почек в побеги и укоренения побегов с образованием целых растений [257]. Рядом исследователей сообщалось о регенерации адвентивных побегов брусники [267; 268; 273], при этом во всех случаях применялись регуляторы роста растений. Эффективный метод регенерации адвентивных побегов на рассеченных листьях брусники при микроразмножении впервые был разработан С.К. Дебнатом и К.Б. Макреем [268] на базовой среде (ВМ-А). Исследования показали, что зеатин более эффективен в индукции регенерации побегов, чем тидиазурон (ТДЗ) или 2-иР. Хотя зеатин индуцировал множественное образование побегов при концентрации 5–40 мкмоль/л, максимальный морфогенетический потенциал наблюдался при 20–30 мкмоль/л. Среда, содержащая ТДЗ, способствовала образованию каллусов, однако подавляла удлинение побегов [268]. С.К. Дебнат [273] разработал технологию улучшения органогенеза побегов из сегментов гипокоты проростков брусники, выращенных *in vitro*: опыт показал, что образование каллуса, почек и побегов происходило больше на верхушечных сегментах, чем на базальных, при этом высокорегенеративный

каллус был получен при использовании ТДЗ в концентрации 5–10 мкмоль/л. Влияние ТДЗ на ингибирование удлинения побегов снижали путем переноса культур побегов на среду для пролиферации побегов, содержащую 1–2 мкмоль/л зеатина с добавлением 20 г/л сахарозы. Выявлено, что ТДЗ 2,2 мг/л и зеатин 2,19 мг/л индуцировали регенерацию побегов у брусники сортов Red Pearl и Koralle на питательной среде Андерсона [347]. Зеатин в концентрации 20 мкмоль/л совместно с 1,0 мкмоль/л нафталинуксусной кислоты эффективно стимулировали регенерацию побегов у брусники сорта Red Pearl [334]. При размножении брусники сортов Koralle и Runo Bielawskie наилучшая пролиферация побегов поддерживалась на питательной среде WPM, при этом наилучшая скорость размножения была получена на средах, содержащих 2,0 мг/л зеатина [274; 349]. С.К. Дебнат [272] указывал, что при микроклональном размножении брусники предпочтительно использование сахарозы (20 г/л) наряду с глюкозой (10 г/л).

С.К. Дебнатом также была изучена двухэтапная процедура для повышения эффективности регенерации адвентивных побегов из листьев растений брусники сорта Erntedank, полученных *in vitro*: было установлено, что содержание в питательной среде ТДЗ от 1,0 до 5,0 мкмоль/л поддерживало регенерацию почек и побегов, однако сильно подавляло удлинение побегов, при этом культуры, образованные ТДЗ, при переносе на питательные среды с содержанием 1,0–2,0 мкмоль/л зеатина давали побеги после одного дополнительного пассажа [267]. Отмечалось, что и тидиазурон, и зеатин эффективны для регенерации побегов *V. vitis-idaea ssp. vitis-idaea* сортов Red Pearl и Koralle на питательной среде Андерсона [347]. А. Гайдошова и коллеги [297] сообщали, что при тестировании сорта брусники Red Pearl на индукцию адвентивных побегов из тканей листа формирование каллуса начиналось на листовых эксплантатах, культивируемых на среде с содержанием 2,19 мг/л зеатина, тогда как придаточные почки начинали появляться на поверхности каллуса при его переносе на среду с содержанием зеатина 0,5 мг/л, а количество

регенерировавших адвентивных побегов было значительно выше после трех пассажей.

Успешная регенерация *in vitro* зависит также от реакции отдельных видов и сортов на тип регулятора роста: так для брусники сорта Red Pearl зеатин был более эффективен, чем для сорта Koralle, что свидетельствует о генотип-специфической роли цитокининов в регенерации [347]. С.К. Дебнат сообщил, что клоны брусники, принадлежащие к двум разным подвидам, различались по размножению побегов и потенциалу развития в зависимости от используемых регуляторов роста. Исследования показали, что повышение концентрации ТДЗ способствовало увеличению количества побегов у тестируемых клонов, тогда как адвентивные почки образовывались у побегов, выращенных на средах с высокой концентрацией цитокинина [280]. Также описано варьирование условий *in vitro* в зависимости от клона [274]. Исследования различных генотипов могут помочь в дальнейшем охарактеризовать генотипическую изменчивость реакций брусники на условия *in vitro* [277].

Ориентация и полярность эксплантов могут сильно влиять на способность брусники к регенерации. Выявлено, что из апикальных сегментов гипокотилей регенерируется больший каллусный рост и большее количество почек и побегов на эксплант, чем из центральных или базальных сегментов брусники [273]. Процент регенерации каллуса и почек был выше при культивировании листьев брусники адаксиальной стороной вниз (в контакте со средой), чем при культивировании абаксиальной стороной вниз, однако побеги у брусники регенерации появлялись с обеих сторон листьев [267; 268]. Реакция эксплантов различалась между генотипами в зависимости от методов размножения: полученные *in vitro* растения брусники сорта Erntedank имели лучший рост побегов, чем растения сорта Regal [279]. Система регенерации побегов полезна для усиления вегетативного роста растений брусники, что может быть большим преимуществом для производителей, стремящихся к быстрой приживаемости растений для получения ранних плодов [277].

**Укоренение и адаптация.** Укоренение микропобегов брусники может осуществляться как *in vitro*, так и *ex vitro*. Дж. Майнерсом и коллегами [334] отмечалось укоренение полученных *in vitro* побегов брусники (*ssp. vitisidaea*) сорта Red Pearl на питательной среде WPM с содержанием 2,5–10 мкмоль/л индол-3-масляной кислоты (ИМК). Укоренение *ex vitro* более распространено и более успешно для укоренения микропобегов брусники. В то время как Майнерс и коллеги [334] сообщили об укоренении *ex vitro* микропобегов брусники сорта Red Pearl во влажной камере (относительная влажность 98%) без какой-либо обработки регуляторами роста, У. Аригундам и коллеги [257] обработали раствором порошка ИМК в дозе 39,4 ммоль/л побеги дикой брусники (*ssp. minus*), полученные из культуры листьев и высаженные в торфяно-перлитный субстрат (2:1), с поддержанием температуры  $+24\pm 2^\circ\text{C}$  и влажности воздуха 95% в течение 16-часового фотопериода (ППФ = 55 мкмоль/м<sup>2</sup>/с) для укоренения. Для укоренения *ex vitro* брусники подвида *vitisidaea* М.А. Хозиер и коллеги [314] использовали ИМК в тальковом порошке в концентрации 0,1–3,0%, а Л. Яакола и коллеги [319] использовали 2,07 ммоль/л индолил-3-масляной кислоты калиевой соли (ИМК-К). Укоренившиеся растения возможно адаптировать путем постепенного снижения влажности в течение 2–3 недель и выращивать в теплице при поддержании температуры  $+20\pm 2^\circ\text{C}$ , относительной влажности 85% и 16-часовом фотопериоде (при максимальном ППФ = 90 мкмоль/м<sup>2</sup>/с) [257; 274].

Для культивирования брусники *in vitro* также применялись технологии с использованием жидких культуральных сред в биореакторах временного погружения и стационарных биореакторах. У. Аригундам и коллеги [257] сообщали о пролиферации побегов *in vitro* дикой брусники *V. vitis-idaea ssp. minus* в системах биореакторов обоих типов, содержащих жидкую среду с 9,1 мкмоль/л зеатина или 1,8 мкмоль/л ТДЗ, при этом пролиферация побегов на полутвердой среде была в 2–3 раза меньше, чем на жидкой, тогда как в биореакторах наблюдалось 10–25% гипергидратированных побегов. Однако на укоренение этих побегов это не повлияло, так как большинство



культивируемых в биореакторах микропобегов укоренялось в торфяно-перлитной среде с приживаемостью 90–95% в тепличных условиях, что указывает на обратимость гипергидратации брусники.

Несмотря на давность начала проведения исследований в данном направлении, микроразмножение брусники еще не в полной мере разработано по сравнению с другими видами *Vaccinium* (голубика, клюква). В ходе различных исследований установлено, что способность к регенерации *in vitro* сильно зависит от генотипа [274; 278; 296; 297]. Среди недостатков микроклонального размножения брусники выявлена более высокая стоимость растений *in vitro* по сравнению с растениями, размножаемыми классически [308; 344], что требует совершенствования технологии в сторону удешевления получения посадочного материала таким способом.

С 2018 г. работы по совершенствованию технологии микроклонального размножения брусники обыкновенной с использованием модификаций питательных сред и современных росторегулирующих препаратов ведутся на базе Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ [95; 117; 118; 216; 231; 233; 235].

**Красника.** Первые упоминания о разработке способа микроклонального размножения красники принадлежат исследователям из Литвы и Польши, которые использовали питательную среду WPM и цитокинин 2-*iP* в качестве регулятора роста [364]. Позже опыты по введению красники в культуру *in vitro* проводились с 2011 г. в Институте биоорганической химии РАН [66], однако данные о результатах работ не известны. С 2018 г. работы по микроклональному размножению красники ведутся на базе Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ [96; 118; 232; 235; 236; 237; 239-241].

На основании всего вышеизложенного следует отметить, что, несмотря на довольно большое количество исследований по выращиванию брусники обыкновенной в культуре *in vitro* в настоящее время до сих пор имеется ряд технологических вопросов, требующих доработки и совершенствования.

Особенно это касается высокопродуктивных сортов брусники российской селекции, адаптированных к местным климатическим и лесорастительным условиям. К таким вопросам, в первую очередь, относятся:

- выявление оптимальных вариантов стерилизации эксплантов;
- подбор оптимального состава питательных сред и концентрации росторегулирующих и ростостимулирующих веществ для регенерации изучаемых видов растений *in vitro*;
- определение лучшего состава субстрата для адаптации к нестерильным условиям и ряд других.

Что касается научных разработок по технологии выращивания красники *in vitro*, то их почти не имеется, в связи с чем необходима разработка технологии микрклонального размножения для данного вида на всех его этапах.

Кроме того, на сегодняшний день практически не встречается данных по влиянию современных экологически безопасных ростостимулирующих биопрепаратов (Циркон, НВ-101) на рост и развитие лесных ягодных растений, в том числе рода *Vaccinium*, в культуре *in vitro* и при их адаптации к торфяным субстратам. Исследований по влиянию светодиодного освещения различного спектрального состава на рост и развитие лесных ягодных растений рода *Vaccinium* в культуре *in vitro* на сегодняшний день так же проведено недостаточно, в связи с чем проведение опытов в данном направлении имеют научную и практическую ценность. Таким образом, необходимо проведение комплексных исследований и дополнительных экспериментов по микрклональному размножению красники и российских сортов и гибридных форм брусники обыкновенной, с подбором стерилизующих агентов, питательных сред, росторегулирующих и ростостимулирующих веществ и типов освещения.

## 2. МЕТОДИКА, ОБЪЕКТЫ И ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1. Объекты исследований

В качестве объектов исследований использовали растения брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) и красники (*Vaccinium praestans* Lamb.).

**Брусника обыкновенная.** В качестве исследуемых объектов использовали растения брусники сортов зарубежной (Koralle) и российской (Костромская розовая, Костромичка) селекции, а также перспективных гибридных форм 6-91, 7-91 и 8748-7-2.

*Koralle* (Коралл) (рис. 2). Наиболее популярный в Европе сорт селекции голландской селекции, зарегистрирован в 1969 г. До сих пор является самым высокоурожайным (0,2–0,4 кг/куст и более) и высокодекоративным. Кусты высотой и шириной более 30 см имеют длинные прямостоячие побеги, овальные листья и слабую парциацию. Период цветения культуры – конец мая – первые недели июня. Цветы мелкие бело-розовые, собраны в небольшие верхушечные кисточки. Сорт характеризуется ранним плодоношением, которое наступает на 2–3-й год с момента посадки саженцев. Ягоды средние (0,8–0,9 см диаметром), светло-красные, кисло-сладкие с легкой горчинкой. Формирует два урожая за сезон: в конце июля – начале августа и в конце сентября – начале октября. Растения данного сорта устойчивы к низким температурам (до –30°C). Ежегодный прирост – около 2 см, продолжительность жизни – 30 лет и более [100; 147].



Рис. 2. Плодоношение брусники обыкновенной сорта Koralle

*Костромская розовая* (рис. 3). Сорт среднего срока созревания. Авторы – Тяк Г.В., Черкасов А.Ф., Котельникова С.А. Куст среднерослый, раскидистый. Облиственность побега ветвления средняя. Лист средней величины, светло-зеленый, обратнойцевидной и эллиптической формы. Цветок белого или светло-розового цвета. Соцветие – короткая среднецветковая кисть. Плод округло-сплюснутой формы, розовый, крупный (средняя масса – 0,34 г, максимальная – 1,2 г), плоды выровненные. Вкус кисло-сладкий, дегустационный балл – 4,3. Плоды содержат: сахаров – 11%, органических кислот – 1,6%, витамина С – 17 мг/100 г. Сорт высокозимостойкий, устойчив к засухе, самоплодный. В неблагоприятные годы поражается грибными болезнями. Средняя урожайность – 1,5 кг/м<sup>2</sup>, максимальная – 2,6 кг/м<sup>2</sup>. Плодоношение ежегодное. Достоинства сорта: высокая продуктивность, крупноплодность, самоплодность. Недостатки сорта: слабая устойчивость к ржавчине [153].



Рис. 3. Плодоношение брусники обыкновенной сорта  
Костромская розовая

*Костромичка* (рис. 4). Сорт раннего срока созревания. Авторы – Тяк Г.В., Черкасов А.Ф., Котельникова С.А. Куст среднерослый, компактный, с интенсивным побегообразованием. Облиственность побега ветвления высокая. Лист мелкий, зеленый, обратнойцевидной и эллиптической формы. Цветок белого цвета. Соцветие короткая среднецветковая кисть. Плод округло-сплюснутой формы, красный, среднего размера (средняя масса – 0,24 г, максимальная – 0,73 г.), выравненность плодов средняя. Вкус ягод кисло-сладкий, дегустационный балл – 4,2. Плоды содержат: сахаров – 9%, органических кислот – 1,8%, витамина С – 14 мг/100 г. Сорт высокозимостойкий. устойчив к засухе. В неблагоприятные годы поражается грибными болезнями. Самоплодный, плодоношение ежегодное. Средняя урожайность – 1,5 кг/м<sup>2</sup>, максимальная – 2,4 кг/м<sup>2</sup>. Достоинства сорта: высокая продуктивность, раннеспелость. Недостатки сорта: поражаемость болезнями, средняя величина ягод [153].





Рис. 4. Плодоношение брусники обыкновенной сорта Костромичка

*Гибридные формы 6-91 и 7-91* отобраны из естественных условий в Макарьевском районе Костромской области; характеризуются высокой урожайностью и крупноплодностью, ягоды сравнительно выровненные, с повышенным содержанием сахаров (более 10%). *Форма 8748-7-2* отобрана среди сеянцев, выращенных из семян, полученных из Шведского университета сельскохозяйственных исследований (г. Бальгард), от перспективной формы 8748-7; характеризуется высокорослостью (высота куста до 25 см), сравнительно выровненными по величине крупными (до 1 г) темно окрашенными ягодами. Все три формы имеют сравнительную устойчивость к засухе.

**Красника.** В качестве объектов исследовали растения красники двух форм, отобранных в 2013–2015 гг. в естественных местах произрастания: Сахалинская – на юге о. Сахалин (Корсаковский р-н Сахалинской области) и Курильская – на о. Итуруп (Курильский р-н Сахалинской области) (рис. 5).



Рис. 5. Растения красники, отобранные в местах естественного произрастания  
(Сахалинская обл.)

## **2.2. Характеристика природно-климатических условий района исследований**

Район исследований находится на территории Костромского района Костромской области, в юго-западной части региона. Костромская область расположена на севере центральной части Восточно-Европейской (Русской) равнины в районе  $57\text{--}59^\circ$  с.ш. и  $40\text{--}47^\circ$  в.д. в бассейне верхней Волги и ее левых притоков – Костромы, Унжи и Ветлуги, в зоне ледниковой формы рельефа, состоящей из двух возвышенных холмистых моренных равнин. Общая площадь региона – 60,2 тыс. км<sup>2</sup>. Протяженность территории с севера на юг – около 260 км, с запада на восток – около 420 км. Костромская область граничит: на севере – с Вологодской, на востоке – с Кировской, на юго-востоке с Нижегородской, на юге – с Ивановской, на западе – с Ярославской областями [81].

Климат Костромской области – умеренно-континентальный, что говорит о достаточной или избыточной обеспеченности влагой и умеренной или недостаточной обеспеченности теплом. Из-за сравнительно большой удаленности от бассейна Атлантического океана климат Костромского района носит континентальный характер, который выражается в умеренно суровой зиме и в умеренно теплом лете, а также в большой амплитуде колебаний суточных и годовых температур. Тем не менее, ветры со стороны Атлантики и Средиземноморья вносят существенные коррективы в континентальность местного климата в виде погодных аномалий, и определяют преобладание переносов воздуха южного и западных направлений [124; 192].

Весна характеризуется резкими колебаниями температур, возвратом холодов, поздними заморозками. Переход среднесуточных температур через  $0^{\circ}\text{C}$  к положительным происходит в конце 1-й декады апреля. Лето сравнительно короткое, умеренно-теплое. Осень прохладная с морозящими и обложными дождями. В конце октября происходит переход среднесуточных температур через  $0^{\circ}\text{C}$  к отрицательным значениям. Зима продолжительная, умеренно холодная, достаточно снежная. Средняя годовая температура:  $+1,5\dots+3,0^{\circ}\text{C}$ . Средняя температура июля:  $+17\dots+18^{\circ}\text{C}$ ; января:  $-12\dots-14^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный минимум температуры воздуха в январе достигает  $-46\dots-50^{\circ}\text{C}$ . В июле абсолютный минимум при резких похолоданиях в некоторые годы может быть  $-2\dots-3^{\circ}\text{C}$  на юго-западе и  $0\dots-1^{\circ}\text{C}$  на севере. Амплитуда абсолютных температур составляет  $83-85^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность теплого периода (со средней суточной температурой воздуха выше  $0^{\circ}\text{C}$  составляет 204–206 дней на юго-западе и 196–199 дней на севере и северо-востоке. Продолжительность вегетационного периода (с температурой выше  $+5^{\circ}\text{C}$ ) 155–162 дня (с 23–28 апреля до 28 сентября – 4 октября). Сумма температур выше  $10^{\circ}$  за вегетационный период составляет от  $1600^{\circ}\text{C}$  на севере до  $1900^{\circ}\text{C}$  на юге. Безморозный период длится 90–140 дней. Среднегодовое количество осадков – 550–650 мм. Около 70% годового количества осадков выпадает в теплую



половину года (апрель-октябрь). За период вегетации растений выпадает 300–350 мм осадков [3; 81; 82].

Средняя месячная скорость ветра в течение года колеблется в пределах 3,8...5,8 м/с. Средняя месячная и годовая температуры воздуха на территории района исследований колеблются в пределах  $-9,1...+19,9^{\circ}\text{C}$ . Годовой приход суммарной радиации составляет около  $75-80$  ккал/см<sup>2</sup>. Годовой радиационный баланс положительный и достигает  $23-25$  ккал/см<sup>2</sup>. По данным Костромской агрометеорологической станции, для районов юго-западной части региона среднегодовая температура воздуха составляет  $+4,97^{\circ}\text{C}$ . Сумма активных положительных температур  $1552^{\circ}\text{C}$ . Среднесуточная температура воздуха переходит порог выше  $+10^{\circ}\text{C}$  примерно в 1-й декаде мая (за исключением 2017 г., когда среднесуточная температура выше  $+10^{\circ}\text{C}$  поднялась только в 1-й декаде июня). Переход среднесуточной температуры в  $+10^{\circ}\text{C}$  завершается в среднем во второй декаде сентября. Период среднесуточной температуры выше  $+10^{\circ}\text{C}$  составляет 110–125 дней. Годовое количество осадков составляет в среднем 731 мм, но в течение 2015–2017 гг. можно заметить тенденцию к снижению осадков с 865,7 до 733,7 мм. Зима в Костромской области достаточно снежная и холодная. Зимой в среднем на 150–155 дней образуется устойчивый снежный покров, достигающий к концу зимы высоты 1,0 м. В холодный период преобладают ветра южных направлений, хотя часты вторжения воздуха из Арктики и Сибири. Летом господствуют западные и северо-западные ветра. Согласно данным Костромской агрометеорологической станции, по таким основным показателям, как количество осадков, температура воздуха за декаду и влажность воздуха, климатические условия региона в 1-й половине 2016 г. характеризовалась незначительным отклонением от среднесноголетних показателей. Температурный режим января-февраля характеризовался отклонением на  $4...8^{\circ}$  в сравнении со среднесноголетними данными. Снега в количественном отношении было на 10–20% меньше. Максимальная глубина промерзания почвы во 2-й декаде февраля достигала 140–160 см. Дневная температура в апреле составляла в среднем  $+8...+13^{\circ}\text{C}$ , а

ночная – 0...+2°C. В летние месяцы количество осадков превысило норму на 70%, при норме в 160 мм. Большое количество выпавших осадков было в августе, в период которого выпало 40% трехмесячной климатической нормы осадков [3; 82].

Гидрографическая сеть района принадлежит бассейну р. Волги и играет большую роль в формировании современного рельефа местности. Все реки берут свое начало из родников и питаются за счет атмосферных осадков в летнее время и за счет подземных вод – в зимнее. Режим уровней рек характеризуется четко выраженным высоким весенним половодьем и низкой летней меженью, прерываемой дождевыми паводками, и устойчивой продолжительной средней меженью.

Для Костромской области характерны 3 основных почвообразующих процесса: подзолистый, дерновый и болотный, которые как идут в чистом виде, так и накладываются друг на друга. Основной тип почв в районе исследований – дерново-подзолистые, супесчаные, которым соответствуют еловые и елово-широколиственные леса как зональный тип растительности. Азональная растительность (луговая, болотная) развита на аллювиальных и торфяных почвах. В результате длительного хозяйственного освоения, во многих случаях черты естественного размещения почв и растительности сильно трансформировались [110; 250]. Согласно лесному районированию РФ [159], Костромская область относится к южно-таежному лесному району Европейской части России. Растительность Костромского района отличается довольно большим разнообразием. Леса занимают около 10% его территории, при этом преобладают смешанные леса, в которых из хвойных пород деревьев наиболее распространены сосна и ель, из лиственных – береза, осина, ольха, ива, клен. Леса района исследований обладают большими запасами недревесных лесных ресурсов [110]. В районе исследований имеются площади сосновых типов леса сфагновой олиготрофной и, частичной, мезотрофной групп (V класса бонитета и ниже, с мощностью торфа более 1 м), которые потенциально пригодны для выращивания ягодных растений.

Основу минерально-ресурсной базы Костромской области составляют общераспространенные полезные ископаемые, среди которых в значительной мере преобладают месторождения торфа. По данным ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского», по состоянию на июль 2020 г., торфяные ресурсы региона сосредоточены на 660 торфяных месторождениях, площадью, оставшейся в границах промышленной глубины, 110 209,5 га с запасами торфа 456 967 тыс. т., из них 483 месторождения площадью более 10 га (с суммарными запасами торфа 454 619 тыс. т. В распределенном фонде недр находятся 8 разрабатываемых месторождений общей площадью 6 908 га в нулевой границе, с суммарными балансовыми запасами 19 068 тыс. т. Добыча торфа в 2018 г. составила 30 тыс. т. По сведениям Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Костромской области, по состоянию на 01.01.2017 г., площадь земель, нарушенных в результате торфяных разработок для промышленных целей, в регионе составляет 118,6 тыс. га. Только за один 2020 год на территории Костромской области числится 1 269 месторождений (из которых 483 – площадью более 10 га, 233 – площадью более 10 га с прогнозными ресурсами торфа, 553 – площадью до 10 га), при этом выработаны и выгорели запасы торфа 52 торфяных месторождений на общей площади 5 423,5 га [11]. Однако лишь небольшая часть освободившихся после добычи торфа площадей была рекультивирована в качестве сельскохозяйственных угодий, лесных культур, коллективных садов, рыбоводческих прудов и др., тогда как большая часть таких площадей представляет собой «бросовые земли», на которых происходит вторичное заболачивание.

Опытные участки находятся на территории выработанных торфяных месторождений на землях лесного фонда в Костромском районе Костромской области (Приложение Б). Анализы химических образцов грунта с участков выполняли в лабораториях массовых анализов центра сертификации ГСАС «Костромская». При проведении агрохимического анализа почвы использовали Государственные стандарты: ГОСТ 26483 (рН солевой вытяжки), ГОСТ Р 54650

п. 9.2 и 9.3 (подвижный фосфор и подвижный калий по методу Кирсанова), ГОСТ 26951 (азот нитратов), ГОСТ 26489 (обменный аммоний) (Приложение В).

*Участок №1* расположен в ОГКУ «Костромское лесничество», Мисковском участковом лесничестве, квартале 39, выделе 7, в междуречье Мезы и Андобы, на территории функционирования предприятия ООО «Кремь», и представляет собой часть выработанного торфяного месторождения (рис. 6). Остаточный слой торфа на участке колеблется от 0 до 2,7 м. Подстилают торф сильно обводненные флювиогляциальные пески. Остаточная торфяная залежь представлена верховым торфом, имеющим следующие показатели: степень разложения – 17%; кислотность солевой суспензии ( $pH_{KCl}$ ) – 2,9; зольность – 4,5%; массовые доли подвижных форм фосфора ( $P_2O_5$ ) – 4,25 мг/100 г, калия ( $K_2O$ ) – 1,24 мг/100 г. На части данного участка в 2010 г. также произошел поверхностно-торфяной пожар, в результате чего образовалась гарь.



Рис. 6. Участок выработанного торфяника верхового типа  
(Костромской район Костромской области)

*Участок №2* представляет выработанный торфяник переходного типа, расположен в ОГКУ «Судиславское лесничество», Сухоруковском участковом лесничестве, квартале 23, выделе 8, на водоразделе рек Андобы и Мезы, вблизи оз. Карасево, в 18 км от участка №1. Данный торфяник имеет древесно-сфагновый торф переходного строения, который по внешнему виду похож на верховой, но в его темной массе заметно выделяются кроме древесных остатков стебельки сфагновых мхов (рис. 7). Исходный фитоценоз торфа этого вида – древесно-осоково-сфагновый переходный – развивается чаще на границе между верховыми и низинными участками растительности и по окраинам болот в условиях подтопления [208]. Мощность торфа на данном участке после разработки составляет около 1 м (0,5...1,6 м). Грунты, слагающие минеральное дно торфяного месторождения – флювиогляциальные пески. Остаточная торфяная залежь характеризуется следующими показателями: средняя степень разложения – 26%; кислотность солевой суспензии ( $pH_{KCl}$ ) – 3,8; зольность – 9,5%; массовые доли подвижных форм фосфора ( $P_2O_5$ ) – около 0, калия ( $K_2O$ ) – 0,95 мг/100 г.



Рис. 7. Участок выработанного торфяника переходного типа  
(Костромской район Костромской области)

Существующая мелиоративная сеть на обоих участках состоит из сети каналов, сооруженных для осушения торфяников на период отработки месторождений. Магистральные каналы расположены через 250–500 м, а картовые – через 20 м. Ширина каналов по верху от 4 до 8 м, глубина 2–2,5 м. Углы откосов 45–70°. Источниками дополнительного к атмосферному водоснабжению являются: на участке №1 – пруд-накопитель, на участке №2 – оз. Карасево. Каналы, проходящие по картам участка, являются одновременно накопительными и по мере необходимости (в паводковый период) сбросными. Естественные уклоны потока грунтовых и поверхностных вод позволяют регулировать водный режим плантаций. Для создания подпора воды в каналах накопителях устроены шлюзы-регуляторы, для полива полей – шлюзы-водовыпуски и водоспуски. Открытая оросительно-увлажнительная сеть принята трапециидального сечения согласно СНиП 2.06.03-85. Заложение откосов и уклоны приняты в зависимости от грунтов, согласно техническим условиям и нормам проектирования. Расстояние между оросителями (20–40 м) определено расчетами согласно полученным в процессе изысканий физико-механическим параметрам грунтов водоносного слоя. Для регулирования уровней воды в каналах и оросителях построены шлюзы-регуляторы. На полях плантации сооружены по 3 наблюдательные скважины по осевой линии для контроля положения уровня грунтовых вод и поддержания его в оптимальном режиме.

Таким образом, почвенно-климатические условия района исследований приемлемы для возделывания лесных ягодных растений рода *Vaccinium*. Кроме того, природно-ресурсный потенциал лесного фонда Костромской области позволяет осуществлять все виды использования лесов, предусмотренные статьей 25 Лесного кодекса РФ [111], что создает необходимые условия для интенсификации многоцелевого лесопользования. К числу положительных сторон лесного хозяйства на территории лесного фонда в районе исследований, создающих предпосылки для организации многоцелевого лесопользования, относятся: значительные запасы свободных лесных ресурсов; выгодное

географическое расположение; емкий внутренний и внешний рынок недревесных ресурсов леса; наличие условий для развития новых производств с учетом низкой плотности населения и сравнительно невысокой стоимости земли; благоприятные почвенно-климатические условия; экологическая чистота региона, позволяющая высоко котироваться на рынках продуктам и препаратам, полученным из фитогенных ресурсов леса.

## **2.3. Методика исследований**

### **2.3.1. Традиционные способы размножения растений**

**Семенное размножение.** Опыты по размножению изучаемых видов семенным способом проводили по общепринятым методикам [50] – путем посева свежесобранных и стратифицированных (без субстрата в течение 3 месяцев при температуре +5°C) семян в грунт и путем проращивания на специальных аппаратах АПС-2М (с автоматической регулировкой постоянной и переменной температуры воды, который обычно используется как вспомогательное устройство для проращивания семян лесных растений на свету). В качестве объектов исследования использовали семена брусники обыкновенной российских сортов (Костромская розовая, Костромичка) и гибридных форм (6-91, 7-91) и красники отобранных форм (Сахалинская, Курильская).

Семена исследуемых растений добывали с помощью препаровальной иглы из семенных камер ягод (рис. 8), разрезанных на две части, затем промывали их водой и стерилизовали в течение 40 мин 1%-ным раствором  $\text{KMnO}_4$  и раствором соды. Далее семена, подготовленные для предварительного проращивания, раскладывали по 100 шт. на фильтровальную бумагу, которую в свою очередь перемещали на тканевую подкладку (рис. 9). Затем переносили на аппарат АПС-2М (рис. 10) и закрывали стеклянным колпачком для предотвращения испарения влаги и попадания патогенной микрофлоры.



Семена проращивали при температуре окружающей среды  $+23...+25^{\circ}\text{C}$ , влажности воздуха 25–75%.



Рис. 8. Семена красники, полученные из семенных камер ягод

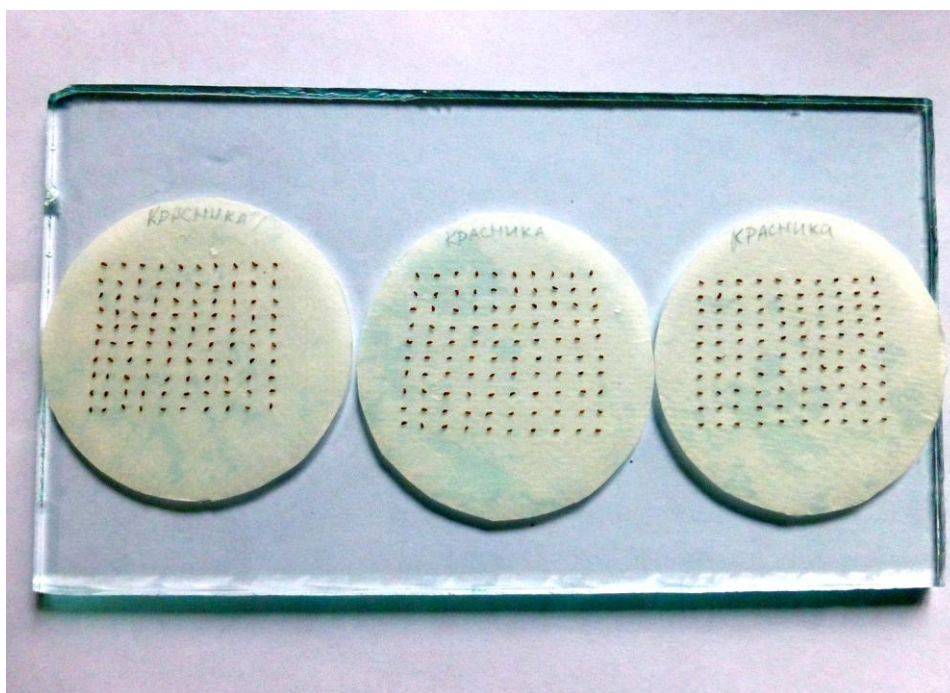


Рис. 9. Семена красники на фильтровальной бумаге, подготовленные для проращивания



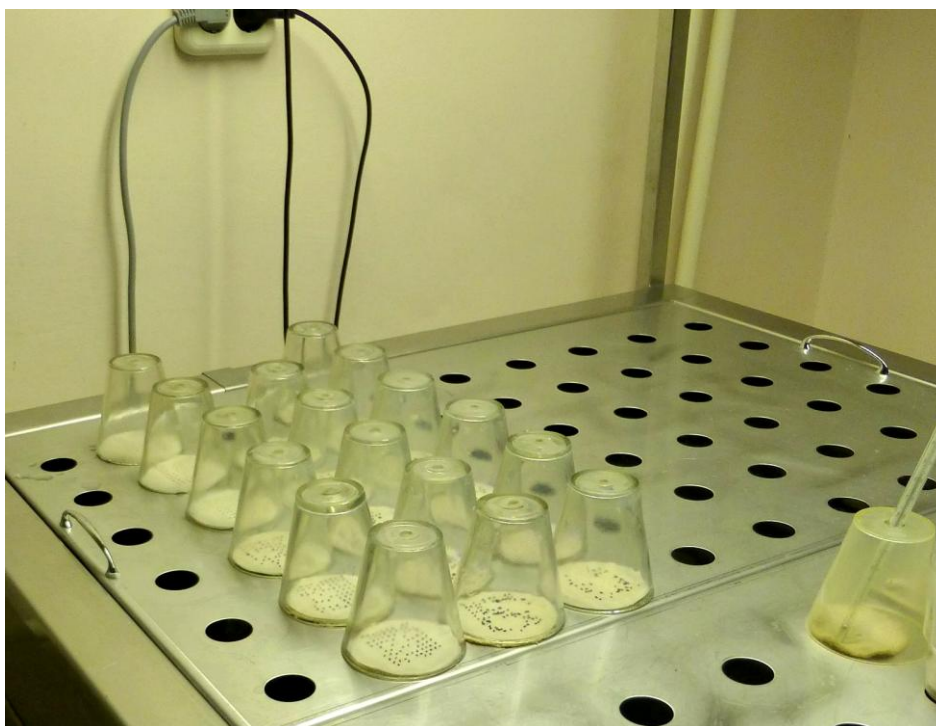


Рис. 10. Проращивание семян красники на аппарате АПС-2М

Всхожесть семян брусники определяли на 28-й день. Проросшие семена высевали в ящики с субстратом из верхового торфа. В течение вегетационного периода ящики находились в лабораторных условиях. Растения регулярно поливали и через каждые 14 дней дважды подкармливали 0,2% раствором комплексного удобрения «Растворин Б» (производство – ОАО «Буйский химический завод», Россия) – многокомпонентного препарата (в состав входит NPK комплекс, а также цинк, молибден, марганец, бор, медь, витамины группы В) для корневых и внекорневых подкормок в открытом и закрытом грунте с целью обогащения почвы необходимыми веществами при выращивании садово-огородных культур. Преимуществами данного препарата являются неограниченный срок хранения, возможность применения в суровых климатических зонах, способность к укреплению растений при совместном применении препаратов для борьбы с болезнями и вредителями [143]. В конце вегетационного периода учитывали среднее число побегов и листьев и суммарный прирост побегов одного растения.

Семена красники проращивали на аппарате АПС-2М в течение 90 суток. Учитывали энергию прорастания и количество поврежденных патогенной микрофлорой семян. Далее как появившиеся всходы, так и семена без предварительного проращивания переносили в субстрат из смеси торфа с песком (в соотношении 3:1) для дальнейшего роста. Предварительно торфосмесь пропаривали в автоклаве при 1 атм. в течение 20 мин. Полученный субстрат перемещали в контейнеры (объемом 35 л) и делали на нем бороздки, в каждую из которых высевали по 30 шт. семян на расстоянии 1 см друг от друга. После чего семена присыпали измельченным высушенным мхом *Sphagnum L.* Определяли энергию прорастания как семян, так и всходов, полученных на аппарате.

**Вегетативное размножение.** Опыты по вегетативному размножению проводили парциальными побегами на опытно-селекционном участке №1 (Костромской район Костромской области), в условиях торфяника переходного типа. В качестве объектов исследования служили гибридные формы брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea L.*) – 6-91, 7-91 и 8748-7-2. Растения размножали однолетними парциальными побегами, которые в свою очередь заготавливали в 1-й декаде мая. Побеги высаживали в кассеты с диаметром ячейки 7 см, заполненные верховым торфом (рис. 11).

Кассеты с растениями помещали в парник, укрытый нетканым материалом (спанбонд № 30). Через неделю после посадки побегов в кассеты проводили подкормку растений полным минеральным удобрением в растворенном виде из расчета  $НРК_{(30)}$ . В течение вегетационного периода влажность торфа поддерживали в пределах 70–80% от его полной влагоемкости. Укрывной материал с парника снимали в середине августа. Учитывали показатели роста и развития саженцев (укореняемость, высота саженцев, количество, длина и суммарный прирост побегов) по общепринятой методике [62]. Оценку достоверности опытов проводили с использованием коэффициентов Стьюдента и Дункана.



Рис. 11. Размножение брусники парциальными побегами в кассетах

Через год в весенний период (начало 2-й декады мая) саженцы, выращенные в кассетах с закрытой корневой системой, высаживали для доращивания на участок выработанного торфяника переходного типа ( $pH_{KCl} = 3,8$ ) (рис. 12).



Рис. 12. Доращивание саженцев гибридных форм брусники обыкновенной, выращенных в кассетах, на участке выработанного торфяника переходного типа

### 2.3.2. Микрклональное размножение растений

Лабораторные исследования по микрклональному размножению растений (Приложение А) проводили в 2018–2022 гг. на базе Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ в соответствии с общепринятыми методиками по культуре клеток и тканей [27; 28; 33; 59; 67; 200], адаптированными под местные почвенно-климатические условия [43]. В качестве объектов исследования использовали: сортовые растения брусники обыкновенной (Kogalle, Костромская розовая, Костромичка) и форм красники (Сахалинская, Курильская) на всех этапах микрклонального размножения; брусники гибридных форм 6-91 и 7-91 – только на этапах «введение в культуру *in vitro*» и «собственно микрразмножение». Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием стандартного программного обеспечения Microsoft Office Excel 2016, StatSoft STATISTICA 10.0.1011 и AGROS v.2.11, а также по общепринятой методике полевого опыта [62].

Питательную среду готовили на бидистиллированной воде из реактивов марки не ниже ХЧ. В исследованиях использовали питательные среды Woody Plant Medium (WPM) и Андерсона (AN). Питательная среда для культивирования изолированных клеток и тканей включала все необходимые растениям макро- и микроэлементы, витамины, источники углеводов и регуляторы роста. Кроме того, в состав питательной среды входит ЭДТА (этилендиаминтетрауксусная кислота) или ее натриевая соль, которые улучшают доступность железа для клеток и тканей. В качестве источника углеводов использовали сахарозу, так как клетки и ткани *in vitro* зеленых растений редко формируют нормальный фотосинтетический аппарат и не способны к автотрофному питанию. В питательную среду добавляли витамины необходимые растениям в качестве биокатализаторов, а также регуляторы роста для управления процессами деления и дифференцировки клеток растений



*in vitro*. Для приготовления полутвердых питательных сред использовали агар-агар – полисахарид, получаемый из морских водорослей [27; 43; 67; 125; 175].

Вначале приготавливали концентрированные (маточные) растворы, что позволяло использовать их многократно. Маточные растворы макросолей готовили в 10 раз более концентрированными, микросолей и витаминов – в более концентрированными 100 раз. Маточные (концентрированные) растворы, использованные в ходе приготовления питательной среды, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Состав питательных сред для выращивания культуры клеток и тканей [43; 235; 239]

Компоненты питательной среды	Концентрация, мг/л	
	AN	WPM
1	2	3
<b>Макросоли</b>		
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	400,0	400,0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> *H <sub>2</sub> O	380,0	-
KNO <sub>3</sub>	480,0	-
CaCl <sub>2</sub> *2H <sub>2</sub> O	440,0	96,0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> *4H <sub>2</sub> O	-	556,0
MgSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O	370,0	370,0
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	-	170,0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	990,0
<b>Хелат железа</b>		
Na <sub>2</sub> *EDTA	74,5	37,3
FeSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O	55,7	27,8
<b>Микросоли</b>		
MnSO <sub>4</sub> *H <sub>2</sub> O	16,9	
ZnSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O	8,6	8,6
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	6,2	-
KI	0,3	-
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> *2H <sub>2</sub> O	0,25	-
CuSO <sub>4</sub> *5H <sub>2</sub> O	0,025	0,25
CoCl <sub>2</sub> *6H <sub>2</sub> O	0,025	
<b>Витамины</b>		
Тиамин (B <sub>1</sub> )	0,5	0,4
Пиридоксин (B <sub>6</sub> )	0,5	0,4
Никотиновая кислота (PP)	0,5	0,2
Аскорбиновая кислота (C)	1,5	1,0
Мезоинозит	100,0	100,0
<b>Углеводы</b>		
Сахароза	20 000	30 000
<b>Агар</b>		
Агар-агар	7 000	7 000

Все исходные растворы для приготовления питательных сред хранили в холодильнике при температуре +2...+4°C. Для приготовления 1 л питательной среды использовали литровый химический стакан, в который наливали небольшое количество дистиллированной воды (приблизительно 400 мл) и ставили для нагрева на электрическую плиту. После нагрева воды добавляли 7,0 г агар-агара и варили до полного разваривания (до прозрачного цвета). В другой химический стакан добавляли 20–30 г сахарозы, микро- и макросоли, регуляторы роста – цитокинины и ауксины в различных концентрациях и сочетаниях в зависимости от этапа культивирования. Добавляли 200 мл бидистиллированной воды, выливали данный раствор в разваренный агар-агар, затем доводили объем содержимого до 1,0 л. После растворения всех компонентов доводили рН раствора: для брусники обыкновенной – до 4,8...5,0; для красники – до 4,3...5,0. Приготовленную питательную среду разливали по стерильным пробиркам, изолировали алюминиевой фольгой и крафт-бумагой, затем стерилизовали в автоклаве в течение 20 мин при давлении 1 атм. После стерилизации питательную среду переносили в стерильную комнату на 1 неделю для выявления патогенной микрофлоры. После застывания питательную среду использовали для культивирования [43; 238].

Перед введением эксплантов в культуру *in vitro* исходные фрагменты растений предварительно промывали в мыльном растворе под проточной водой. Затем на 1 минуту погружали в этиловый спирт. Далее промывали в дистиллированной воде, потом помещали в основной стерилизующий агент. После этого тщательно отмывали растительные объекты от стерилизующего вещества путем многократного ополаскивания дистиллированной водой при 5–7-кратной смене стерильной воды [43; 238].

**Введение в культуру *in vitro*.** Для успешного культивирования растительных органов, тканей и клеток необходимо соблюдение строгой стерильности, так как на искусственных питательных средах одновременно могут развиваться колонии микроорганизмов. В результате развития

микроорганизмов может существенно изменяться состав питательной среды, а кроме того, легко повреждаются изолированные клетки, ткани и органы растений. Поэтому все работы по введению в культуру и дальнейшие пассажи (пересадки) растений *in vitro* проводили в стерильных помещениях в ламинарных боксах.

Стерилизацию бокса проводили следующим образом. Сначала протирали внутреннюю рабочую поверхность бокса 70% этиловым спиртом, затем размещали там все необходимое для работы (спиртовку, спички, стаканчик с 96% этиловым спиртом, стерильную посуду и инструменты, а для выделения меристем – еще и бинокляр). Накануне проведения работ (вечером) в боксе включали бактерицидную ультрафиолетовую лампу. За 2 часа до начала работ рабочую поверхность вновь протирали 70% спиртом и снова облучали ультрафиолетовой лампой.

Стерилизацию лабораторной посуды осуществляли сухим жаром в сушильном шкафу или влажным жаром в автоклаве. Перед стерилизацией посуду тщательно мыли с использованием детергентов (препарат «Ника-2» и др.), а также раствора двуххромовокислого калия в серной кислоте (хромпик). Вымытую посуду ополаскивали дистиллированной водой и высушивали в сушильном шкафу. Во избежание заражения из воздуха стерилизованные предметы заворачивали в крафт-бумагу и помещали в сушильный шкаф, где поддерживалась температура +160°C в течение 2 часов (с момента установления нужной температуры) для подавления размножения бактерий и их спор. Для достижения большего эффекта стерилизацию проводили влажным жаром под давлением в автоклаве. Чистую посуду тщательно заворачивали в фольгу или крафт-бумагу, после чего автоклавировали в течение 25–30 мин при давлении 2 атм. Таким же образом стерилизовали пробки, халаты и т.д.

Стерилизацию инструментов проводили в сушильном шкафу при +140°C в течение 2 часов, а также методом кипячения в дистиллированной воде в течение 3 часов. Непосредственно перед работой, а также в процессе работы инструменты стерилизовали, помещая их в стаканчик, содержащий 96%-ный

спирт, после чего инструменты обжигали в пламени спиртовки. Стерильные инструменты использовали только для одноразовой манипуляции, а затем вновь обжигали.

Стерилизацию питательных сред осуществляли путем автоклавирования (паром под давлением). Питательную среду разливали по пробиркам (1/3 объема), закрывали фольгой, заворачивали в оберточную бумагу и автоклавировали при температуре +120°C и давлении 1 атм. в течение 18–20 мин.

Перед непосредственно стерилизацией растительного материала отобранные одревесневшие черенки исследуемых растений тщательно мыли щеткой с мылом и моющим средством «Лазурит» в теплой проточной воде, промывали дистиллированной водой и отпускали на несколько секунд в абсолютный спирт, а затем – на несколько минут в основной стерилизующий раствор. Затем черенки помещали в марлевые мешочки и в условиях ламинарного бокса проводили их стерилизацию. Для стерилизации растительного материала (стеблей, почек и других фрагментов растений), предназначенного для вычленения экспланта, применяли различные стерилизующие растворы: сулемы (0,2%), моющего средства «Доместос» (в разведении 1:3), азотнокислого серебра  $\text{AgNO}_3$  (0,2%), препаратов Экостерилизатор бесхлорный (5%) и Лизоформин 3000 (5%). Время стерилизации – 5, 10, 15 и 20 мин [27; 43].

После стерилизации растительные объекты тщательно отмывали от стерилизующих веществ многократным ополаскиванием дистиллированной водой. Ополаскивание проводили в течение нескольких часов при 5–7-кратной смене стерильной воды. Затем черенки извлекали из мешочка с помощью стерильного пинцета и клали их на матрасик, отрезая базальную часть черенка. Далее переносили их на питательную среду в пробирки и закрывали культуральный сосуд пленкой.

Апикальные меристемы являются наиболее здоровой, свободной от вирусов частью растений и представляют собой конус активно делящихся



клеток высотой 0,1 мм (100 мкр) и шириной 0,25 мм. Однако собственно меристему трудно изолировать без повреждений, поэтому вычленили эксплант, представляющий из себя собственно меристему и 1–2 листовых примордия (апексы размером 100–250 мкм). Выделенные экспланты культивировали в течение 5 недель в световой комнате при температуре +22...+25°C, интенсивности света 1500–2000 лк, фотопериоде 16 ч света и 8 ч темноты. В каждом варианте опыта вводили по 100 эксплантов. Через 14 дней учитывали жизнеспособность эксплантов по соотношению живых эксплантов к общему количеству введенных в культуру [43; 163; 241].

После формирования побегов (у брусники обыкновенной – через 40–50 суток, у красники – через 50–60 суток) в каждом варианте высаживали по 100 апикальных меристем. На этапе введения в культуру экспланты помещали на питательную среду и культивировали в условиях световой комнаты при 16-часовом фотопериоде, освещенности 1500 лк, температуре +23...+26°C и относительной влажности воздуха 70...75% [43; 238].

**Собственно микроразмножение.** На этапе «собственно микроразмножение» в условиях ламинарного бокса исходные растения-регенеранты извлекали пинцетом из культурального сосуда. На стерильном матрасике при помощи скальпеля и пинцета разделяли их на микрочеренки длиной от 1 до 2 см, удаляя нижние листочки, и пересаживали микрочеренки лесных ягодных растений на питательные среды: для брусники обыкновенной – Андерсона (AN) [256], для красники – Woody Plant Medium (WPM) [331], в том числе в вариантах разбавления минеральной основы в 2 и 4 раза. Растения-регенеранты культивировали в условиях световой комнаты при фотопериоде 16 ч света и 8 ч темноты, поддержании температуры +23...+25°C, влажности 75–80%. В качестве росторегулирующих веществ цитокининовой группы при выращивании брусники использовали 2-изопенталаденин (2-iP) в концентрациях 1,0 и 2,0 мг/л, при выращивании красники – 6-бензиламинопурил (6-БАП) в концентрациях 0,5 и 1,0 мг/л.

*6-БАП (6-бензиламинопурин, или бензиладенин  $C_{12}H_{11}N_5$ )* используется чаще других цитокининов для пробуждения пазушных почек. В культуру ткани вводится синтетическое соединение, хотя в норме это вещество содержится в растении, но его тяжело идентифицировать. Во многих случаях наличие 6-БАП необходимо для процессов микроклонального размножения, однако известно, что это препятствует нормальному корнеобразованию. Поэтому в работе часто практикуется промежуточное культивирование на средах со сниженной концентрацией 6-БАП, после чего регенеранты переводят на среды для укоренения. *2-*iP* (2-изопентениладенин, или *hydroxyalkenescens* + аденин  $C_{10}H_{13}N_5$ )* – регулятор роста цитокининовой группы, который характеризуется регуляцией синтеза белка, активности фермента и баланса клеточного метаболизма. Основная физиологическая функция – способствование делению и дифференцировке клеток, а также росту и развитию активных частей. Изопентениладенин стимулирует дифференцировку каллуса и вызывает прорастание [27; 175].

Изучали влияние добавления в питательную среду ростостимулирующих экопрепаратов Циркон (производство – ННПП «Нэст М», Россия) в концентрации 0,5 мл/л и НВ-101 (производство – Flore Co. Ltd., Япония) в концентрации 0,1 мл/л, а при микроразмножении красники – также препарата Эпин-Экстра (производство – ННПП «Нэст М», Россия) в концентрации 0,1 мл/л.

*Циркон* – многофункциональный экологически безопасный биостимулятор негормонального происхождения, регулирующий, ускоряющий процессы цветения, роста, корнеобразования и плодоношения растений. Препарат получен из экстракта эхинацеи пурпурной, основу которого составляет комплекс гидроксикоричных кислот и их производных (в концентрации 0,1 г/л), стимулирующих ростовые процессы, защищающих от стрессов и составляющих систему жизнеобеспечения растений. Циркон обладает антиоксидантными свойствами, способствует защите растений от жары, засухи, чрезмерного ультрафиолетового излучения и заражения

болезнетворными микроорганизмами, увеличению длины и массы корневой системы, стимулированию развития листового аппарата. Использование препарата способствует более быстрому созреванию плодов, повышению их сохранности, количества, урожайности (примерно на 50%). Препарат высоко экономичен, действует в чрезвычайно малых (от 0,01 мг/л – для замачивания черенков) по д.в. дозах [51].

*НВ-101* – разработанный в Японии экологически чистый, нетоксичный стимулятор роста и активатор иммунной системы для культивации всех видов растений, не имеющий срока годности и специальных условий хранения. *НВ-101* – это своеобразный витаминно-минеральный комплекс природного происхождения, одновременно служащий многокомпонентным микроудобрением и регулятором физиологических процессов в тканях растений. Препарат представляет собой синтезированный, концентрированный питательный состав (водный раствор), выработанный из хвои гималайского кедра, кипариса, сосны, коры платана и листьев подорожника. В жидкой форме препарат содержит кремний, кальций, магний, натрий, азот, железо; в сухой гранулированной форме – также серу, фосфор, алюминий, марганец, цинк, калий, барий, иттрий, рубидий, цирконий, стронций, титан. Препарат адаптивен к почвенной флоре и способствует уменьшению содержания нитратов в конечном продукте за счет снижения потребления химических удобрений, повышению устойчивости растений к сильным ветрам, фитофторозу и кислотным осадкам, улучшению цвета и формы листьев и плодов, повышению их питательной ценности, вкусовых качеств и содержанию уровня сахаров и витамина С, а также значительному повышению урожайности и увеличению сохранности урожая [144].

*Эпин-Экстра* (д.в. – эпибрассинолид) – регулятор и адаптоген широкого спектра действия, обладает сильным антистрессовым действием, синтезированный аналог природного вещества. Эпибрассинолид управляет балансом веществ в растении (гомеостазом) и является адаптогеном – участвует в синтезе антистрессовых белков, обеспечивает: ускоренное прорастание семян;

укоренение рассады при пикировке и пересадке; ускорение созревания и увеличение урожайности; защиту растений от заморозков и других неблагоприятных условий; повышение устойчивости к фитофторозу, перноспорозу, парше, бактериозу и фузариозу; возрождение ослабленных и омолаживание старых растений за счет стимуляции бокового побегообразования; снижение в растении количества токсинов, тяжелых металлов, радионуклидов, избыток нитратов [6; 237; 240].

Учитывали количество, среднюю и суммарную длину микропобегов в расчете на одно растение-регенерант. Повторность опыта – 10-кратная, по 30 растений в каждой. Применяли трехфакторный дисперсионный анализ, где: фактор А – состав питательной среды; фактор В – концентрация цитокинина; С – добавка ростостимулирующего вещества; двухфакторный анализ – в опытах по размножению красники с использованием препаратом Эпин-Экстра (фактор А – концентрация цитокинина; фактор В – наличие препарата в составе питательной среды) и по микроразмножению гибридных форм брусники обыкновенной (фактор А – состав питательной среды; фактор В – концентрация цитокинина).

После этого горлышко сосуда обжигали над пламенем спиртовки, закрывали пищевой пленкой и переносили в световую комнату, где поддерживали освещение 2500–6000 лк, 16-часовой фотопериод, температуру +23...+25°C и влажность воздуха 70–80%. Культивирование брусники и красники проводили в течение 48–65 суток. Полученный в конце пассажа биоматериал вновь использовали для дальнейшего размножения в условиях *in vitro*. На каждой питательной среде определяли коэффициент размножения, который рассчитывали как количество микропобегов, полученных из одного экспланта, умноженное на количество узлов на побеге [43; 138; 175; 238].

**Укоренение микропобегов.** Это наиболее сложный этап микрклонального размножения, от которого зависит эффективность предлагаемой технологии. На данном этапе необходимо создать наиболее благоприятный состав питательной среды, обеспечивающий получение

высокого процента укорененных микропобегов. Для этого на последнем этапе микроклонального размножения уменьшают концентрацию минеральных солей, сахарозы, а также исключают из состава питательной среды цитокинин. Основным регуляторным фактором корнеобразования является присутствие в составе питательной среды ауксинов. Наиболее часто для этого используют ИМК или ИУК. Выбор гормона и его концентрации зависит от видовых и сортовых особенностей исследуемых растений. Укоренившиеся микропобеги высаживают в условия грунта для адаптации [27; 43; 56; 167].

На этапе укоренения микропобегов *in vitro* микрочеренки исследуемых лесных ягодных растений пересаживали на питательную среду, содержащую ауксины. В качестве росторегулирующих веществ ауксиновой группы использовали индолилмасляную (ИМК) и индолилуксусную (ИУК) кислоты в виде порошка в концентрациях 1,0 и 2,0 мг/л. В условиях ламинарного бокса исходные растения доставали из культурального сосуда и переносили их на стерильный матрасик. При помощи скальпеля и пинцета растения разделяли на микрочеренки длиной 1,0–1,5 см с двумя междоузлиями, удаляя нижние листочки, и пересаживали их на питательную среду с содержанием ауксинов. После этого горлышко сосуда закрывали пищевой пленкой и ставили в световую комнату, где поддерживали освещение 2500–3000 лк, 16-часовой фотопериод, температуру +25°C и относительную влажность воздуха 80%. Культивирование проводили в течение 30–50 суток [43; 238].

В питательную среду также добавляли ростостимулирующие экопрепараты Циркон в концентрации 0,5 мл/л и НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л. В качестве контрольного использовали вариант без добавления ростостимулирующих препаратов. Учитывали количество, среднюю и суммарную длину корней в расчете на одно растение-регенерант. Повторность опыта – 10-кратная, по 30 растений в каждой. Применяли трехфакторный дисперсионный анализ, где: фактор А – состав питательной среды; фактор В – концентрация ауксина; С – добавка экопрепарата.

**Использование освещения различного спектрального состава.** На этапах «собственно микроразмножение» и «укоренение микропобегов» заложили опыты по изучению влияния света различного спектрального состава на рост и развитие размножаемых лесных ягодных растений. В качестве источников освещения использовали: 1) ЛБ – люминесцентные лампы белого спектра ( $\lambda = 600$  нм) – контрольный вариант; 2) СД-Б – светодиодные лампы белого спектра ( $\lambda = 653$  нм); 3) СД-Б+К+С – светодиодные лампы с комбинацией белого ( $\lambda = 653$  нм), красного ( $\lambda = 670$  нм) и синего ( $\lambda = 455$  нм) спектров. Пробирки с растениями-регенерантами размещали в штативах из пенопласта, закрывающих от света корневую систему, и подвергали постоянному освещению при фотопериоде 16/8 ч во всех вариантах в течение 3-х пассажей. Учитывали количество, среднюю и суммарную длину корней в расчете на одно растение. Опыты проводили в 10-кратной биологической и 2-кратной аналитической повторностях [95; 118; 236].

**Адаптация к нестерильным условиям *ex vitro*.** Адаптация растений-регенерантов к нестерильным почвенным условиям является самым ответственным этапом и заключительным процессом микрклонального размножения. Для адаптации пробирочных растений в почвогрунт самым благоприятным временем года считается период со 2-й декады марта до 1-й декады июня, когда растения с хорошо развитой корневой системой с 5–7 листьями способны адаптироваться к условиям *ex vitro*. В условиях *ex vitro* растения вынуждены переходить с гетеротрофного питания на автотрофный, что связано со структурной и функциональной перестройкой организма в новых условиях культивирования. Растения должны адаптироваться к изменяющимся факторам внешней среды, которые не свойственны им. Растения, которые переходят из одних условий в другие (из *in vitro* в *ex vitro*), во многих случаях являются критическим и характеризуются гибелью растений. Ключевым моментом на этапе адаптации является обеспечение оптимальных благоприятных условий для роста и развития растений путем регулирования химических и физических факторов, что достигается

правильным выбором состава субстрата, типов и концентраций росторегулирующих веществ, освещения и т.д. [32; 43; 221; 231; 232; 233; 238].

Полученные в условиях *in vitro* растения с хорошо развитой корневой системой мы адаптировали к нестерильным условиям *ex vitro* со 2-й декады марта по 3-ю декаду мая. Для этого растения доставали пинцетом из пробирки и для предотвращения развития патогенной микрофлоры промывали корни в 1% растворе  $\text{KMnO}_4$ . После чего укорененные растения пересаживали в кассеты с объемом ячейки 81,7 и 100  $\text{cm}^3$  с различными по составу субстратами и поливали водой. Затем растения опрыскивали водой из пульверизатора и надевали колпачки. Предварительно субстраты мы проливали 5%-ным раствором перманганата калия и оставляли на 1 неделю в темном месте. В качестве субстрата для адаптации использовали торф верхового типа ( $\text{pH}_{\text{KCl}} - 2,8 \dots 3,5$ ), заготовленный с опытного участка №1, в том числе в смеси с песком (в соотношении 1:1), вермикулитом (в соотношении 1:4) и перлитом (в соотношении 1:4) (рис. 13, 14).



Рис. 13. Адаптируемые к нестерильным условиям *ex vitro* растения брусники обыкновенной на различных субстратах: *а* – торф верхового типа; *б* – торф + песок (1:1); *в* – торф + перлит (1:4); *г* – торф + вермикулит (1:4)



Рис. 14. Адаптируемые к нестерильным условиям *ex vitro* растения красники на субстрате из торфа верхового типа

В течение 10 суток ежедневно проводили опрыскивание растений брусники и красники водой (контрольный вариант) и растворами ростостимулирующих биопрепаратов – Циркона в концентрации 0,5 мл/л и НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л. Одновременно с этим заложили аналогичный опыт с вариантом мульчирования (слой мульчи – до 1 см) растений мхом *Sphagnum* L. (рис. 15), обладающим антисептическими и гигроскопическими свойствами [8; 47].

Для растений брусники обыкновенной двух сортов российской селекции (Костромская розовая, Костромичка) отдельно заложили опыт с использованием кокосового субстрата ( $pH_{KCl} - 5,5$ ) в кассетах ( $81,3 \text{ см}^3$ ), в том числе с мульчированием мхом *Sphagnum* L., и в таблетках (диаметр – 3 см).





Рис. 15. Адаптируемые *ex vitro* растения брусники обыкновенной на торфяном субстрате с мульчированием сфагнумом

Кассеты и таблетки с адаптируемыми растениями ставили в условия освещения 8000 лк, температуры +25°C и влажности 80...90%. Каждый день в течение 7 дней 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 [43; 117; 238; 191]. Определяли приживаемость растений (по отношению количества выживших к количеству высаженных), учитывали количество побегов и образовавшихся листьев; в опыте с кокосовым субстратом – только приживаемость. Повторность опыта 3-кратная.

Через 3 месяца после доращивания адаптированные *ex vitro* растения брусники обыкновенной и красники с закрытой корневой системой пересаживали в естественные условия на опытные участки нелесных земель лесного фонда (Костромской район Костромской обл.) – выработанных торфяник верхового и переходного типов и гари после торфяного пожара. Схемы посадки: для брусники обыкновенной – 0,3×1,0 м; для красники –

0,4×0,4 м. Спустя 14 дней после пересадки учитывали приживаемость растений как соотношение количества выживших растений к количеству высаженных (рис. 16).



Рис. 16. Адаптированные *ex vitro* растения брусники обыкновенной на опытном участке выработанного торфяника переходного типа

### 3. ТРАДИЦИОННЫЕ СПОСОБЫ РАЗМНОЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ РОДА *VACCINIUM*

#### 3.1. Семенное размножение

**Брусника обыкновенная.** Характеристика семян брусники обыкновенной исследуемых сортов и форм приведена в таблице 3. Отмечено, что число семян в ягодах различных сортов и форм и их масса несколько различались. Начало прорастания семян отмечено на 13-й день. Всхожесть на 28-й день у семян всех сортов и форм была высокой (70,5–93,5%).

Таблица 3 – Характеристика семян брусники обыкновенной, пророщенных на аппарате АПС-2М

Сорт / форма	Среднее число семян в плоде, шт.	Масса семян в пересчете на 1000 шт., г	Всхожесть, %
Костромичка	$\frac{17,0 \pm 0,9}{5 \dots 40}$	0,338	70,5
Костромская розовая	$\frac{26,8 \pm 1,2}{3 \dots 63}$	0,358	82,5
6-91	$\frac{20,6 \pm 1,2}{6 \dots 47}$	0,391	84,5
7-91	$\frac{19,9 \pm 1,1}{4 \dots 37}$	0,323	93,5

*Примечание.* В числителе – среднее число, в знаменателе – размах варьирования.

Показатели роста сеянцев, полученных из проросших семян, приведены в таблице 4. Наибольшим суммарным приростом (19,9 см) выделились сорт Костромская розовая и форма 6-91, наименьшим (10,7 см) – сорт Костромичка. Наибольшее число побегов одного растения (2,2–2,3 шт.) отмечено у растений тех же сорта и формы.

Таблица 4 – Показатели роста однолетних сеянцев сортов и форм брусники в пересчете на 1 растение

Сорт / форма	Среднее число побегов, шт.	Суммарный прирост побегов, см	Среднее количество листьев, шт.
Костромичка	$\frac{1,9 \pm 0,1}{1 \dots 3}$	$\frac{10,7 \pm 0,6}{6,0 \dots 17,7}$	$\frac{25,2 \pm 1,0}{18 \dots 37}$
Костромская розовая	$\frac{2,3 \pm 0,1}{1 \dots 4}$	$\frac{19,9 \pm 1,1}{10,5 \dots 33,3}$	$\frac{36,4 \pm 1,7}{24 \dots 56}$
6-91	$\frac{2,2 \pm 0,1}{1 \dots 3}$	$\frac{19,9 \pm 0,9}{10,0 \dots 28,5}$	$\frac{38,2 \pm 1,7}{23 \dots 63}$
7-91	$\frac{1,9 \pm 0,1}{1 \dots 3}$	$\frac{16,7 \pm 1,0}{8,5 \dots 30,5}$	$\frac{34,3 \pm 1,5}{22 \dots 57}$
НСР <sub>05</sub>	0,07	-	-

*Примечание.* В числителе – среднее число, в знаменателе – размах варьирования.

**Красника.** В ходе проведенных опытов по проращиванию семян красники на аппарате АПС-2М установлено, что энергия их прорастания составила в среднем: для свежесобранных семян – 62–65%, для стратифицированных – 85–89%. Энергия прорастания свежесобранных семян при прямом посеве в смесь торфа с песком (3:1) без предварительного проращивания составила лишь 18–21%, тогда как у стратифицированных семян – 70–74% (табл. 5).

Таблица 5 – Энергия прорастания семян красники в зависимости от стратификации и способа проращивания

Способ проращивания	Семена	ЭП, %	Число семян, поврежденных контоминацией, %
<b>Сахалинская</b>			
На аппарате АПС-2М	Свежесобранные	65	35
	Стратифицированные	89	11
Прямой посев в грунт (торф + песок 3:1)	Свежесобранные	21	79
	Стратифицированные	74	26
<b>Курильская</b>			
На аппарате АПС-2М	Свежесобранные	62	38
	Стратифицированные	85	15
Прямой посев в грунт (торф + песок 3:1)	Свежесобранные	18	82
	Стратифицированные	70	30

Энергия прорастания всходов свежесобранных и стратифицированных семян, предварительно пророщенных на аппарате АПС-2М, на смеси торфа с песком (3:1) составила 52–54% и 81–84%, соответственно. Показатели ЭП в зависимости от формы красники существенно не различались.

Таким образом, использование стратифицированных семян и проращивание их на специальном аппарате АПС-2М позволяет значительно повысить энергию прорастания семян для дальнейшего выращивания здорового посадочного материала.

### 3.2. Размножение брусники обыкновенной парциальными побегами

Показатели роста и развития саженцев брусники исследуемых гибридных форм, полученных в результате проведенных исследований по размножению растений парциальными кустами, приведены в таблице 6. Приживаемость парциальных побегов всех гибридных форм брусники составила 100%. Максимальная высота саженцев наблюдалась у форм 7-91 (13,1 см) и 8748-7-2 (13,4 см). У растений насчитывалось в среднем 4,9–5,6 шт. годичных побегов. Средняя длина годичного побега составляла 4,1–4,5 см, а суммарный прирост – 30,6–34,6 см. Сохранность посадочного материала в осенне-зимний период составила 100% [379].

Таблица 6 – Показатели роста и развития саженцев перспективных гибридных форм брусники обыкновенной

Гибридная форма	Укореняемость побегов, %	Высота саженца, см	Количество побегов, шт./саженец	Длина побега, см	Суммарный прирост побегов, см
6-91	100	11,1±0,5	5,1±0,6	4,1±0,2	30,6±4,1
7-91	100	13,1±0,4	4,9±0,6	4,5±0,2	31,0±2,8
8748-7-2	100	13,4±0,6	5,6±0,4	4,2±0,2	34,6±3,3

Через год после пересадки саженцев брусники с закрытой корневой системой из кассет на участок выработанного торфяника для доращивания наблюдалось цветение и завязывание ягод отдельных растений высаженных



гибридных форм. Наиболее массовым цветением и плодоношением отличалась форма 7-91 (рис. 17).



Рис. 17. Плодоношение парциальных кустов брусники обыкновенной гибридной формы 7-91 на торфянике переходного типа

Из анализа проведенных исследований выявлено, что все гибридные формы брусники отличаются относительной высокорослостью, крупноплодностью и высокой урожайностью (табл. 7). При этом наибольшие показатели высоты парциальных кустов и средней масса ягод отмечены у гибридной формы 8748-7-2. За весь период наблюдений наибольшую урожайность (536...1079 г/м<sup>2</sup>) имела гибридная форма 6-91 [379].

Таблица 7 – Характеристика основных признаков гибридных форм брусники обыкновенной в условиях выработанного торфяника

Гибридная форма	Высота кустов, см	Сроки начала цветения	Сроки массового созревания ягод	Урожай ягод, г/м <sup>2</sup>	Средняя масса ягод, г
6-91	18,0...21,4	среднецветущая	среднеспелая	536...1079	0,45...0,58
7-91	18,0...21,4	раноцветущая	раннеспелая	330...928	0,39...0,56
8748-7-2	23,8...25,0	среднецветущая	среднеспелая	160...877	0,70...0,78

Таким образом, на основании комплексной характеристики, в первую очередь, сочетания таких признаков, как высота куста, урожайность, и крупноплодность, все исследуемые формы следует считать перспективными для дальнейшей селекционной работы и последующей регистрации в качестве сортов. При этом определенный интерес представляют формы, выделенные из природных местообитаний в Костромской области (6-91 и 7-91), поскольку они наилучшим образом адаптированы к условиям южно-таежного лесного района и района хвойно-широколиственных лесов европейской части России.

## 4. ТЕХНОЛОГИЯ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ РОДА *VACCINIUM*

### 4.1. Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.)

**Введение в культуру *in vitro*.** В результате проведенных исследований по микроклональному размножению брусники обыкновенной на этапе «введение в культуру *in vitro*» выявлено, что наиболее эффективными основными стерилизаторами для эксплантов брусники обыкновенной оказались  $\text{AgNO}_3$  0,2% и препарат Лизоформин 3000 5% при времени стерилизации 10 мин, где жизнеспособность эксплантов составляла 70–72% (табл. 8). При времени стерилизации 20 мин жизнеспособность эксплантов, подвергнутых обработке исследуемыми стерилизующими агентами, не превышала 20–34%, а при экспозиции 5 мин процент жизнеспособных эксплантов варьировал от 24 до 46%, тогда как остальные экспланты погибали [216; 235].

Таблица 8 – Жизнеспособность (%) эксплантов брусники обыкновенной в зависимости от стерилизующих агентов и времени стерилизации

Стерилизующий агент	Время экспозиции, мин			
	5	10	15	20
Сулемеа 0,2%	34	60	48	32
Доместос 1:3	24	48	38	22
$\text{AgNO}_3$ 0,2%	30	72	42	34
Экостерилизатор бесхлорный 5%	46	56	34	22
Лизоформин 3000 5%	46	70	38	28

**Этап «собственно микроразмножение».** В ходе проведенных исследований выявлено, что на этапе «собственно микроразмножение» количество микропобегов у растений-регенерантов брусники обыкновенной было незначительно больше на питательной среде AN и варьировало у исследуемых сортов при концентрации 2-иР 2,0 мг/л от 3,3 до 3,9 шт., при концентрации 1,0 мг/л – от 2,2 до 2,6 шт. На питательной среде AN 1/2 тот же показатель при концентрации 2,0 мг/л составлял от 3,2–3,4 шт., при концентрации 1,0 мг/л – 2,0–2,6 шт., а AN 1/4 при концентрации 2,0 мг/л – 2,4–



2,8 шт., при 1,0 мг/л – 2,1–2,3 шт. (табл. 9). Повышение концентрации цитокинина 2-іР от 1,0 до 2,0 мг/л способствовало существенному увеличению количества микропобегов у растений-регенерантов брусники обыкновенной *in vitro* на питательной среде AN только у сортов Костромичка (в среднем в 1,5 раза) и Koralle (в 1,8 раза), тогда как у сорта Костромская розовая статистически значимых различий не отмечено [380].

Таблица 9 – Количество микропобегов брусники обыкновенной *in vitro* в зависимости от питательной среды, концентрации цитокинина 2-іР и добавления стимуляторов роста

Питательная среда	Концентрация 2-іР, мг/л	Количество побегов, шт.			Среднее
		Контроль	Циркон 0,5 мл/л	НВ-101 0,1 мл/л	
<b>Костромская розовая</b>					
AN	1,0	2,3	2,5	2,8	2,5
	2,0	3,0	3,3	3,5	3,3
AN 1/2	1,0	2,0	2,6	3,2	2,6
	2,0	2,9	3,0	3,6	3,2
AN 1/4	1,0	1,7	2,2	3,0	2,3
	2,0	2,1	2,5	2,9	2,5
Среднее		2,3	2,7	3,2	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,67, фактор В = 1,08, фактор С = 1,02, общ. = 1,98					
<b>Костромичка</b>					
AN	1,0	2,5	2,6	2,6	2,6
	2,0	3,4	3,8	4,1	3,8
AN 1/2	1,0	2,1	2,5	3,0	2,5
	2,0	3,1	3,4	3,8	3,4
AN 1/4	1,0	1,8	2,3	2,9	2,3
	2,0	2,3	2,9	3,2	2,8
Среднее		2,5	2,9	3,3	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,86, фактор В = 1,15, фактор С = 1,79, общ. = 1,90					
<b>Koralle</b>					
AN	1,0	2,2	2,3	2,0	2,2
	2,0	3,4	3,9	4,5	3,9
AN 1/2	1,0	1,8	2,0	2,2	2,0
	2,0	2,8	3,3	3,6	3,2
AN 1/4	1,0	1,5	2,2	2,7	2,1
	2,0	1,9	2,4	2,8	2,4
Среднее		2,3	2,7	3,0	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,74, фактор В = 1,28, фактор С = 1,52, общ. = 1,82					

Количество побегов у исследуемых сортов брусники обыкновенной в вариантах добавления в питательную среду препаратов НВ-101 в концентрации

0,1 мл/л и Циркон в концентрации 0,5 мл/л было незначительно больше, чем в контроле, и составляло в среднем 3,0–3,3 шт. и 2,7–2,9 шт., соответственно [380].

Средняя длина побегов брусники обыкновенной *in vitro* не имела статистически значимых различий как в зависимости от состава питательной среды, так и от концентрации цитокинина 2-иР и добавления в питательную среду стимуляторов роста (табл. 10).

Таблица 10 – Средняя длина микропобегов брусники обыкновенной *in vitro* в зависимости от питательной среды, концентрации цитокинина 2-иР и добавления стимуляторов роста

Питательная среда	Концентрация 2-иР, мг/л	Средняя длина побегов, см			Среднее
		Контроль	Циркон 0,5 мл/л	НВ-101 0,1 мл/л	
<b>Костромская розовая</b>					
AN	1,0	2,2	2,8	3,0	2,7
	2,0	2,0	2,2	2,4	2,2
AN 1/2	1,0	1,9	2,3	2,5	2,2
	2,0	1,6	1,5	1,7	1,6
AN 1/4	1,0	1,4	1,6	1,5	1,5
	2,0	1,2	1,4	1,7	1,4
Среднее		1,7	2,0	2,1	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,52, фактор В = 1,62, фактор С = 1,50, общ. = 1,77					
<b>Костромичка</b>					
AN	1,0	2,3	2,5	2,8	2,5
	2,0	1,8	1,9	2,0	1,9
AN 1/2	1,0	2,0	2,2	2,6	2,3
	2,0	1,5	1,7	1,8	1,7
AN 1/4	1,0	1,5	1,4	1,5	1,5
	2,0	1,3	1,4	1,4	1,4
Среднее		1,7	1,8	2,0	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,50, фактор В = 1,56, фактор С = 1,48, общ. = 1,62					
<b>Koralle</b>					
AN	1,0	2,0	2,4	2,7	2,4
	2,0	1,6	1,8	1,8	1,7
AN 1/2	1,0	1,5	1,6	1,4	1,5
	2,0	1,3	1,4	1,6	1,4
AN 1/4	1,0	1,2	1,5	1,5	1,4
	2,0	1,0	1,2	1,3	1,2
Среднее		1,4	1,6	1,7	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,48, фактор В = 1,54, фактор С = 1,42, общ. = 1,59					

Суммарная длина микропобегов брусники обыкновенной *in vitro* была больше в вариантах с питательной средой AN и варьировала у исследуемых сортов в среднем при концентрации 2-іР 2,0 мг/л от 6,8 до 7,4 см, при концентрации 1,0 мг/л – от 5,1 до 6,8 см (рис. 18).

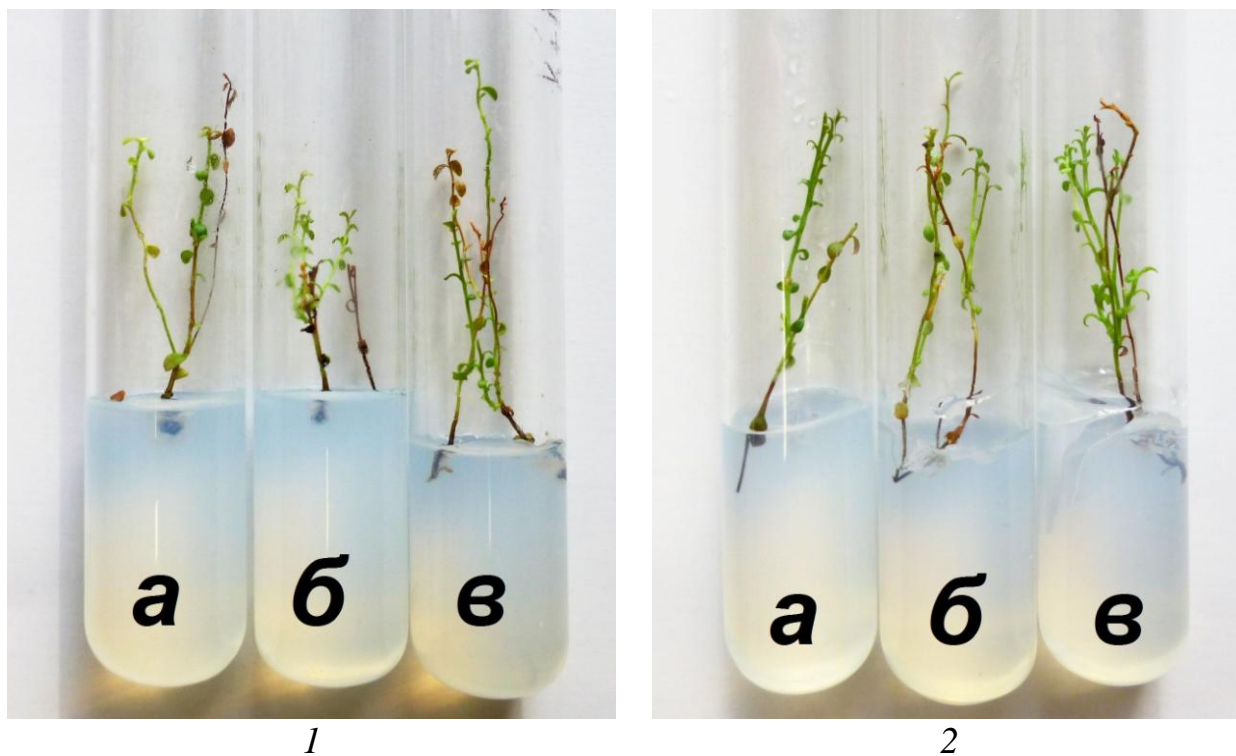


Рис. 18. Растения-регенеранты брусники обыкновенной *in vitro* с добавлением 2-іР в концентрациях 1,0 мг/л (1) и 2,0 мг/л (2) на питательных средах: а – AN; б – AN 1/2; в – AN 1/4

На питательной среде AN 1/2 при концентрации 2-іР 2,0 мг/л данный показатель в зависимости от сорта составил от 4,6–5,8 см, при концентрации 1,0 мг/л – 3,0–6,1 см, а на среде AN 1/4 при концентрации 2-іР 2,0 мг/л – 2,8–3,9 см, при концентрации 1,0 мг/л – 3,1–3,7 см (табл. 11). Существенных различий по суммарной длине микропобегов брусники обыкновенной в зависимости от исследуемых концентраций цитокинина 2-іР в питательной среде не выявлено [380].

Таблица 11 – Суммарная длина микропобегов брусники обыкновенной *in vitro* в зависимости от питательной среды, концентрации цитокинина 2-иР и добавления стимуляторов роста

Питательная среда	Концентрация 2-иР, мг/л	Суммарная длина побегов, см			Среднее
		Контроль	Циркон 0,5 мл/л	НВ-101 0,1 мл/л	
<b>Костромская розовая</b>					
AN	1,0	5,1	7,0	8,4	6,8
	2,0	6,0	7,3	8,4	7,2
AN 1/2	1,0	4,2	6,0	8,0	6,1
	2,0	4,7	4,8	6,1	5,2
AN 1/4	1,0	3,1	3,5	4,5	3,7
	2,0	2,5	3,5	4,9	3,6
Среднее		4,3	5,3	6,7	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,47, фактор В = 2,10, фактор С = 1,89, общ. = 3,22					
<b>Костромичка</b>					
AN	1,0	5,8	6,5	7,3	6,5
	2,0	6,8	7,2	8,2	7,4
AN 1/2	1,0	4,2	5,5	7,8	5,8
	2,0	4,7	5,8	6,8	5,8
AN 1/4	1,0	2,7	3,2	4,3	3,4
	2,0	3,0	4,1	4,5	3,9
Среднее		4,5	5,4	6,5	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,32, фактор В = 1,96, фактор С = 1,74, общ. = 3,12					
<b>Koralle</b>					
AN	1,0	4,4	5,5	5,4	5,1
	2,0	5,4	7,0	8,1	6,8
AN 1/2	1,0	2,7	3,2	3,1	3,0
	2,0	3,6	4,6	5,8	4,6
AN 1/4	1,0	1,8	3,3	4,1	3,1
	2,0	1,9	2,9	3,6	2,8
Среднее		3,3	4,4	5,0	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,10, фактор В = 1,87, фактор С = 1,69, общ. = 2,96					

Добавление в питательную среду стимулятора роста НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л способствовало значимому увеличению суммарной длины микропобегов брусники, которая составляла в среднем: у сорта Костромская розовая – 6,7 см, у сорта Костромичка – 6,5 см, у сорта Koralle – 5,0 см, тогда как в контрольном варианте – в 1,4–1,6 раза меньше. Наибольших значений суммарная длина побегов брусники обыкновенной достигала на питательной среде AN при концентрации цитокинина 2-иР 2,0 мг/л и добавлении стимулятора роста НВ-101 0,1 мл/л, где достигала в среднем: у

сорта Костромская розовая – 8,4 см, у сорта Костромичка – 8,2 см, у сорта Koralle – 8,1 см [380].

В результате исследования количества пассажиров, наблюдались как максимальный, так и минимальный коэффициенты размножения брусники обыкновенной. Выявлено, что у сортов российской селекции (Костромская розовая и Костромичка) наивысший коэффициент размножения отмечался на 5–6-й пассажи, у сорта Koralle немецкой селекций – на 8-й пассаж. У отечественных сортов резкое снижение коэффициента размножения отмечено с 6-го пассажи, у сорта Koralle – с 9-го. В среднем по опытам наибольший коэффициент размножения сортов брусники *in vitro* на одно растение-регенерант ( $K_p = 3...4$ ) наблюдался на питательной среде AN, в связи с чем дальнейшие исследования проводили на данной среде.

При микроклональном размножении гибридных форм брусники выявлено, что наибольшее количество микропобегов формировалось у растений-регенерантов гибридных форм брусники обыкновенной на питательной среде AN 1/2 и составляло в среднем 5,9–6,0 шт., что в 1,2 раза больше, чем на среде AN, и в 1,5–1,6 раза больше, чем на среде AN 1/4. Количество микропобегов у исследуемых гибридов брусники при концентрации цитокинина 2-иР 1,0 мг/л составляло 5,0–5,3 шт., что незначительно больше, чем при концентрации 2,0 мг/л (табл. 12).

Таблица 12 – Количество микропобегов (шт.) гибридных форм брусники обыкновенной *in vitro* в зависимости от состава питательной среды и концентрации цитокинина 2-иР

Питательная среда	Концентрация 2-иР, мг/л		Среднее
	1,0	2,0	
1	2	3	4
<b>Гибридная форма 6-91</b>			
AN	5,4	4,8	5,1
AN 1/2	6,2	5,8	6,0
AN 1/4	4,2	4,0	4,1
Среднее	5,3	4,9	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 0,95, фактор В = 1,13, общ. = 1,75			

1	2	3	4
<b>Гибридная форма 7-91</b>			
AN	5,0	4,9	4,9
AN 1/2	5,8	6,0	5,9
AN 1/4	4,1	3,1	3,6
Среднее	5,0	4,7	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 0,87, фактор В = 1,21, общ. = 1,62			

Средняя длина микропобегов гибридных форм брусники обыкновенной была статистически значимо больше у растений на питательной среде AN 1/2 и составляла: у гибридной формы 6-91 – 4,7 см, у формы 7-91 – 5,3 см. На среде AN данный показатель был меньше в 1,3–1,4 раза, на среде AN 1/4 – в 1,5 раза. Статистически значимых различий в зависимости от концентрации цитокинина 2-іР не выявлено (табл. 13).

Таблица 13 – Средняя длина микропобегов (см) гибридных форм брусники обыкновенной *in vitro* в зависимости от состава питательной среды и концентрации цитокинина 2-іР

Питательная среда	Концентрация 2-іР, мг/л		Среднее
	1,0	2,0	
<b>Гибридная форма 6-91</b>			
AN	3,8	3,0	3,4
AN 1/2	4,6	4,8	4,7
AN 1/4	3,0	3,3	3,1
Среднее	3,8	3,7	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 0,67, фактор В = 1,10, общ. = 1,34			
<b>Гибридная форма 7-91</b>			
AN	4,2	4,0	4,1
AN 1/2	5,2	5,4	5,3
AN 1/4	3,8	3,2	3,5
Среднее	4,4	4,2	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 0,82, фактор В = 1,27, общ. = 1,67			

Суммарная длина микропобегов брусники обыкновенной была наибольшей в вариантах с питательной средой AN1/2 и достигала: у гибридной формы 6-91 – 28,2 см, у гибридной формы 7-91 – 31,3 см, в то время как в вариантах с AN она была меньше в 1,5–1,6 раза, с AN 1/4 – в 2,2–2,5 раза. При концентрации 2-іР 1,0 мг/л у обоих гибридов брусники суммарная длина

микропобегов была больше и составляла 20,5 и 22,3 см, тогда как при концентрации 2,0 мг/л она была в 1,1 раза меньше (табл. 14).

Таблица 14 – Суммарная длина микропобегов (см) гибридных форм брусники обыкновенной *in vitro* в зависимости от состава питательной среды и концентрации цитокинина 2-іР

Питательная среда	Концентрация 2-іР, мг/л		Среднее
	1,0	2,0	
<b>Гибридная форма 6-91</b>			
AN	20,5	14,4	17,5
AN 1/2	28,5	27,8	28,2
AN 1/4	12,6	13,2	12,9
Среднее	20,5	18,5	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,73, фактор В = 1,90, общ. = 2,35			
<b>Гибридная форма 7-91</b>			
AN	21,0	19,6	20,3
AN 1/2	30,2	32,4	31,3
AN 1/4	15,6	9,9	12,7
Среднее	22,3	20,6	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,56, фактор В = 1,65, общ. = 2,20			

**Этап «укоренение микропобегов».** По результатам исследований отмечено, что на этапе «укоренение микропобегов» количество корней брусники обыкновенной *in vitro* на питательной среде AN было наибольшим в вариантах с ауксином ИУК в концентрации 2,0 мг/л и варьировало у исследуемых сортов от 1,9 до 2,7 шт., тогда как при концентрации 1,0 мг/л – от 1,1 до 1,6 шт. При использовании ауксина ИМК в концентрации 2,0 мг/л тот же показатель составил 1,3–1,4 шт., при концентрации 1,0 мг/л – 1,3–1,6 шт. (табл. 15). В вариантах с добавлением в питательную среду стимуляторов роста количество корней брусники обыкновенной было незначительно больше, чем в контроле, и составляло у исследуемых сортов в среднем: в вариантах с препаратом Циркон 0,5 мл/л – 1,6–1,7 шт., с препаратом НВ-101 0,1 мл/л – 1,8–1,9 шт., тогда как в контроле – 1,3–1,6 шт.

Таблица 15 – Количество корней брусники обыкновенной *in vitro* на питательной среде АН в зависимости концентрации ауксинов и добавления стимуляторов роста

Наименование ауксина	Концентрация ауксина, мг/л	Количество корней, шт.			Среднее
		Контроль	Циркон 0,5 мл/л	НВ-101 0,1 мл/л	
<b>Костромская розовая</b>					
ИМК	1,0	1,3	1,6	1,8	1,6
	2,0	1,1	1,4	1,4	1,3
ИУК	1,0	1,0	1,2	1,3	1,2
	2,0	2,0	2,4	2,7	2,4
Среднее		1,3	1,6	1,8	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,32, фактор В = 1,18, фактор С = 1,24, общ. = 1,85					
<b>Костромичка</b>					
ИМК	1,0	1,2	1,4	1,3	1,3
	2,0	1,3	1,5	1,4	1,4
ИУК	1,0	1,2	1,5	1,7	1,1
	2,0	2,3	2,5	2,8	1,9
Среднее		1,5	1,7	1,8	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,40, фактор В = 1,21, фактор С = 1,17, общ. = 1,39					
<b>Koralle</b>					
ИМК	1,0	1,3	1,4	1,5	1,4
	2,0	1,5	1,3	1,2	1,3
ИУК	1,0	1,4	1,6	1,7	1,6
	2,0	2,4	2,6	3,0	2,7
Среднее		1,6	1,7	1,9	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,62, фактор В = 1,34, фактор С = 1,27, общ. = 1,72					

Средняя длина корней брусники обыкновенной *in vitro* была значимо больше, при использовании ауксина ИУК в концентрации 2,0 мг/л и составляла в среднем у сорта Костромская розовая 3,4 см, у сорта Костромичка – 3,2 см, у сорта Koralle – 2,8 см (табл. 16). В вариантах с добавлением в питательную среду стимуляторов роста средняя длина корней была незначительно больше, чем в контроле.



Таблица 16 – Средняя длина корней брусники обыкновенной *in vitro* на питательной среде АН в зависимости концентрации ауксинов и добавления стимуляторов роста

Наименование ауксина	Концентрация ауксина, мг/л	Средняя длина корней, см			Среднее
		Контроль	Циркон 0,5 мл/л	НВ-101 0,1 мл/л	
<b>Костромская розовая</b>					
ИМК	1,0	1,0	1,1	0,8	1,0
	2,0	1,5	1,4	1,5	1,5
ИУК	1,0	1,4	1,6	1,5	1,5
	2,0	2,8	3,5	4,0	3,4
Среднее		1,7	1,9	2,0	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,72 фактор В = 1,54 фактор С = 1,60 общ. = 1,80					
<b>Костромичка</b>					
ИМК	1,0	1,1	1,3	1,2	1,2
	2,0	1,7	1,8	1,6	1,7
ИУК	1,0	1,3	1,5	1,7	1,5
	2,0	2,5	3,3	3,8	3,2
Среднее		1,6	2,0	2,1	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,81 фактор В = 1,52 фактор С = 1,64 общ. = 1,94					
<b>Koralle</b>					
ИМК	1,0	1,0	1,2	1,4	1,2
	2,0	1,5	1,3	1,6	1,5
ИУК	1,0	1,2	1,4	1,5	1,4
	2,0	2,4	2,9	3,2	2,8
Среднее		1,5	1,7	1,9	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,69 фактор В = 1,45 фактор С = 1,34 общ. = 1,79					

Суммарная длина корней брусники обыкновенной *in vitro* была существенно больше в вариантах с ауксином ИУК в концентрации 2,0 мг/л и достигала в среднем: у сорта Костромская розовая – 8,3 см, у сорта Костромичка – 8,2 см, у сорта Koralle – 7,6 см (табл. 17). Наличие в питательной среде препарата НВ-101 0,1 мл/л способствовало существенному увеличению суммарной длины корней брусники исследуемых сортов до 4,0–4,3 см по сравнению с контролем в 1,5–1,6 раза. При этом наибольших значений суммарная длина корней брусники обыкновенной достигала при концентрации в питательной среде ауксина ИУК 2,0 мг/л с добавкой препарата НВ-101 0,1 мл/л и составляла: у сорта Костромская розовая – 10,8 см, у сорта Костромичка – 10,6 см, у сорта Koralle – 9,6 см.

Таблица 17 – Суммарная длина корней брусники обыкновенной *in vitro* на питательной среде АН в зависимости концентрации ауксинов и добавления стимуляторов роста

Наименование ауксина	Концентрация ауксина, мг/л	Суммарная длина корней, см			Среднее
		Контроль	Циркон 0,5 мл/л	НВ-101 0,1 мл/л	
<b>Костромская розовая</b>					
ИМК	1,0	1,3	1,8	1,4	1,5
	2,0	1,7	2,0	2,1	1,9
ИУК	1,0	1,4	1,9	1,9	1,7
	2,0	5,7	8,4	10,8	8,3
Среднее		2,5	3,5	4,1	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,74 фактор В = 1,33 фактор С = 1,10 общ. = 2,96					
<b>Костромичка</b>					
ИМК	1,0	1,4	1,8	1,6	1,6
	2,0	2,3	2,7	2,2	2,4
ИУК	1,0	1,6	2,3	2,9	2,3
	2,0	5,8	8,2	10,6	8,2
Среднее		2,8	3,7	4,3	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,61 фактор В = 1,28 фактор С = 1,03 общ. = 2,92					
<b>Koralle</b>					
ИМК	1,0	1,3	1,7	2,1	1,7
	2,0	2,4	1,7	1,9	2,0
ИУК	1,0	1,7	2,2	2,5	2,1
	2,0	5,8	7,5	9,6	7,6
Среднее		2,8	3,3	4,0	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,75, фактор В = 1,44, фактор С = 1,08 общ. = 2,76					

**Влияние освещенности различного спектрального состава.** В ходе экспериментальных исследований установлено, что тип освещения оказывал влияние на процессы побегообразования и корнеобразования брусники обыкновенной при микроклональном размножении. Количество микропобегов при освещении лампами СД-Б и СД-Б+К+С составляло в среднем 3,3 шт., а при освещении люминесцентными лампами – 2,4 шт. (табл. 18). Различия по количеству микропобегов в зависимости от типа освещения и сорта были незначительными [95].

Таблица 18 – Количество микропобегов (шт.) брусники обыкновенной в зависимости от сорта и типа освещения

Сорт	Вариант освещения			Среднее
	ЛБ	СД-Б	СД-Б+К+С	
Koralle	2,0	3,1	3,1	2,7
Костромская розовая	2,8	3,4	3,5	3,2
Среднее	2,4	3,3	3,3	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,41, фактор В = 1,11, общ. = 1,78				

Средняя длина микропобегов брусники обыкновенной при освещении лампами СД-Б+К+С составляла в среднем 4,5 см, что в 1,7 раза больше, чем при освещении лампами СД-Б и люминесцентными лампами (табл. 19). У исследуемых сортов брусники обыкновенной Koralle и Костромская розовая существенных различий по средней длине микропобегов не выявлено [95].

Таблица 19 – Средняя длина микропобегов (см) брусники обыкновенной в зависимости от сорта и типа освещения

Сорт	Вариант освещения			Среднее
	ЛБ	СД-Б	СД-Б+К+С	
Koralle	2,9	2,8	4,4	3,4
Костромская розовая	2,5	2,6	4,6	3,2
Среднее	2,7	2,7	4,5	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,24, фактор В = 1,07, общ. = 1,91				

Суммарная длина микропобегов брусники обыкновенной оказалась наибольшей при освещении лампами СД-Б+К+С и достигала в среднем 14,9 см, тогда как при освещении лампами СД-Б она была меньше в 1,7 раза, а в контрольном варианте – в 2,3 раза (табл. 20). У сорта брусники обыкновенной Костромская розовая суммарная длина микропобегов составляла в среднем 10,7 см, что незначительно больше, чем у сорта Koralle [95].

Таблица 20 – Суммарная длина микропобегов (см) брусники обыкновенной в зависимости от сорта и типа освещения

Сорт	Вариант освещения			Среднее
	ЛБ	СД-Б	СД-Б+К+С	
Koralle	5,8	8,7	13,6	9,4
Костромская розовая	7,1	8,9	16,1	10,7
Среднее	6,5	8,8	14,9	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,96, фактор В = 1,41, общ. = 2,10				

При освещении надземной части лампами СД-Б+К+С формировалось наибольшее количество корней брусники обыкновенной (в среднем 3,9 см). При использовании ламп СД-Б данный показатель был в 1,6 раза меньше, а в контроле – в 2,4 раза (табл. 21). В зависимости от сорта различия по количеству микропобегов не выявлены [95; 118].

Таблица 21. Количество корней (шт.) брусники обыкновенной зависимости от сорта и типа освещения надземной части

Сорт	Вариант освещения			Среднее
	ЛБ	СД-Б	СД-Б+К+С	
Koralle	1,3	2,3	3,2	2,3
Костромская розовая	1,8	2,5	4,5	2,9
Среднее	1,6	2,4	3,9	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,67, фактор В = 1,44, общ. = 2,33				

Средняя длина корней брусники обыкновенной при освещении надземной части лампами СД-Б+К+С составляла в среднем 4,0 см, что в 2,4 и 3,6 раза больше, чем при освещении лампами СД-Б и люминесцентными лампами, соответственно (табл. 22). Средняя длина корней у сортов Koralle и Костромская розовая была практически одинаковой – в среднем 2,2–2,3 см [95].

Таблица 22. Средняя длина корней (см) брусники обыкновенной в зависимости от сорта и типа освещения надземной части

Сорт	Вариант освещения			Среднее
	ЛБ	СД-Б	СД-Б+К+С	
Koralle	0,8	1,8	3,9	2,2
Костромская розовая	1,4	1,5	4,1	2,3
Среднее	1,1	1,7	4,0	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,06, фактор В = 0,87, общ. = 1,20				

Суммарная длина корней брусники при освещении надземной части лампами СД-Б+К+С достигала в среднем 15,5 см, что в 3,5 раза больше, чем в варианте с СД-Б, и в 8,6 раза больше, чем при использовании люминесцентных ламп (табл. 23). У сорта брусники обыкновенной Костромская розовая суммарная длина корней составляла в среднем 8,6 см, что в среднем в 1,5 раза больше, чем у сорта Koralle [95; 118].

Таблица 23 – Суммарная длина корней (см) брусники обыкновенной в зависимости от сорта и типа освещения надземной части

Сорт	Вариант освещения			Среднее
	ЛБ	СД-Б	СД-Б+К+С	
Koralle	1,0	4,2	12,5	5,9
Костромская розовая	2,6	4,6	18,5	8,6
Среднее	1,8	4,4	15,5	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,97, фактор В = 1,65, общ. = 2,41				

Таким образом, на этапе «собственно микроразмножение» в вариантах с питательной средой АN суммарная длина микропобегов брусники обыкновенной *in vitro* была больше, чем в вариантах с АN 1/2 и АN 1/4. Добавление в питательную среду стимулятора роста НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л способствовало значимому увеличению суммарной длины микропобегов брусники обыкновенной по сравнению с контролем. Максимальная суммарная длина побегов брусники обыкновенной отмечена на питательной среде АN при концентрации цитокинина 2-іР 2,0 мг/л и добавлении стимулятора роста НВ-101 0,1 мл/л. Количество и длина микропобегов брусники обыкновенной гибридных форм 6-91 и 7-91 были больше в вариантах с питательной средой АN 1/2, при этом максимальная суммарная длина микропобегов отмечена при содержании в питательной среде цитокинина 2-іР в концентрации 1,0 мг/л. На этапе «укоренение микропобегов» суммарная длина корней брусники обыкновенной *in vitro* на питательной среде АN была существенно больше в вариантах с ауксином ИУК в концентрации 2,0 мг/л. При наличии в питательной среде препарата НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л суммарная длина корней брусники обыкновенной была значимо больше, чем в контроле. Суммарная длина корней брусники обыкновенной *in vitro* была максимальной при концентрации в питательной среде ауксина ИУК 2,0 мг/л с добавлением препарата НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л. В процессе микроклонального размножения брусники обыкновенной на этапе «собственно микроразмножение» при освещении растений-регенерантов светодиодными лампами с комбинацией белого, красного и синего спектров побегообразование

происходило наиболее интенсивно, и формировалось большее количество микропобегов большей длины по сравнению с вариантами использования светодиодных ламп белого спектра и люминесцентных ламп. На этапе укоренения *in vitro* ризогенез растений брусники обыкновенной проходил интенсивнее при освещении наземной части растений лампами светодиодными лампами с комбинацией белого, красного и синего спектров, чем люминесцентными и светодиодными лампами только белого спектра. Суммарная длина микропобегов и корней брусники обыкновенной сорта Костромская розовая была значительно больше, чем у сорта Koralle.

#### **4.2. Красника (*Vaccinium praestans* Lamb.)**

**Этап «введение в культуру *in vitro*».** По результатам проведенных исследований на этапе введения в культуру *in vitro* эксплантов красники наиболее эффективными основными стерилизующими агентами оказались  $\text{AgNO}_3$  0,2% при времени стерилизации 10 мин и Экостерилизатор бесхлорный 5% при времени стерилизации 20 мин, где жизнеспособность эксплантов составляла 96% и 92%, соответственно (табл. 24). Достаточно высокая жизнеспособность (84%) эксплантов красники отмечена при использовании сулемы в течение 15 мин, но при увеличении времени стерилизации до 20 мин она резко снижалась (до 14%), что, по всей видимости, связано с фитотоксичностью хлорида ртути. При времени стерилизации 5 мин процент жизнеспособных эксплантов при обработке исследуемыми стерилизующими агентами был низким и не превышал 2–26%, остальные экспланты погибали от инфекции [96; 235; 240].

Таблица 24 – Жизнеспособность (%) эксплантов красники в зависимости от стерилизующих агентов и времени стерилизации

Стерилизующий агент	Время стерилизации, мин			
	5	10	15	20
Сулема 0,2%	26	32	84	14
Доместос 1:3	2	12	8	2
AgNO <sub>3</sub> 0,2%	6	96	36	5
Экостерилизатор бесхлорный 5%	2	62	50	92
Лизоформин 3000, 5 %	18	50	64	80

**Этап «собственно микроразмножение».** В ходе исследований выявлено, что на этапе «собственно микроразмножение» значительно большее количество микропобегов формировалось у растений-регенерантов красники на питательной среде WPM 1/2 при концентрации цитокинина 6-БАП 1,0 мг/л и составляло у исследуемых форм в среднем 5,5–6,1 шт., при концентрации 0,5 мг/л – 4,1–4,4 шт. (табл. 25). По сравнению с вариантом WPM 1/2 на среде WPM 1/4 при концентрации 6-БАП 1,0 мг/л количество микропобегов было меньше в 1,4–1,5 раза, при 0,5 мг/л – в 1,3–1,4 раза, а на среде WPM при 6-БАП 1,0 мг/л – меньше в 1,7–1,8 раза, при 0,5 мг/л – в 1,6–1,7 раза шт. [96; 239; 241].

С повышением концентрации цитокинина 6-БАП от 0,5 до 1,0 мг/л существенное увеличение количества микропобегов у растений-регенерантов красники *in vitro* наблюдались в вариантах с питательной средой WPM 1/2: у формы Сахалинская – в среднем в 1,3 раза., у формы Курильская – в 1,5 раза, тогда как в вариантах со средами WPM и WPM 1/4 различия не были статистически значимы. Количество микропобегов у исследуемых форм красники оказалось незначительно больше при добавлении в питательную среду препарата НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л и составляло в среднем: у формы Сахалинская – 4,0 шт., у формы – Курильская 3,4 шт. В вариантах с Цирконом в концентрации 0,5 мл/л тот же показатель составлял 3,7–3,9 шт., в контроле – 3,6 шт. [96; 239; 241].

Таблица 25 – Количество микропобегов красники *in vitro* в зависимости от питательной среды, концентрации цитокинина 6-БАП и наличия стимуляторов роста

Питательная среда	Концентрация 6-БАП, мг/л	Количество побегов, шт.			Среднее
		Контроль	Циркон 0,5 мл/л	НВ-101 0,1 мл/л	
<b>Форма Сахалинская</b>					
WPM	0,5	2,8	2,6	2,6	2,6
	1,0	3,0	3,1	3,3	3,1
WPM 1/2	0,5	4,0	4,3	4,8	4,4
	1,0	5,1	5,5	6,0	5,5
WPM 1/4	0,5	3,0	3,2	3,4	3,2
	1,0	3,5	3,8	4,0	3,8
Среднее		3,6	3,7	4,0	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,73, фактор В = 1,07, фактор С = 1,64, общ. = 2,27					
<b>Форма Курильская</b>					
WPM	0,5	2,5	2,7	2,6	2,6
	1,0	3,3	3,5	3,6	3,5
WPM 1/2	0,5	3,8	4,0	4,4	4,1
	1,0	5,5	6,0	6,9	6,1
WPM 1/4	0,5	3,0	3,2	3,4	3,2
	1,0	3,8	4,0	4,5	4,1
Среднее		3,6	3,9	4,2	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,98, фактор В = 1,26, фактор С = 1,95, общ. = 2,78					

Средняя длина микропобегов красники с повышением концентрации в питательной среде цитокинина 6-БАП уменьшалась, однако значимые различия были отмечены только в вариантах с WPM 1/2, где средняя длина побегов у формы Сахалинская при концентрации 6-БАП 0,5 мг/л составляла в среднем 4,3 см, у формы Курильская – 4,1 см, тогда как при концентрации 0,5 мг/л – меньше в 2,1 и 1,9 раза, соответственно. Статистически значимых различий в зависимости от состава питательной среды и добавления в нее стимуляторов роста не выявлено (табл. 26).

Суммарная длина микропобегов красники *in vitro* была существенно больше в вариантах с питательной средой WPM 1/2 и составляла при концентрации цитокинина 6-БАП 0,5 мг/л у исследуемых форм в среднем 16,6–18,9 и см, при 1,0 мг/л – 11,9–13,8 см (табл. 27).



Таблица 26 – Средняя длина микропобегов красники *in vitro* в зависимости от питательной среды, концентрации цитокинина 6-БАП и наличия стимуляторов роста

Питательная среда	Концентрация 6-БАП, мг/л	Средняя длина побегов, см			Среднее
		Контроль	Циркон 0,5 мл/л	НВ-101 0,1 мл/л	
<b>Форма Сахалинская</b>					
WPM	0,5	3,4	3,0	3,9	3,4
	1,0	1,5	1,8	2,2	1,8
WPM 1/2	0,5	3,9	4,4	4,6	4,3
	1,0	1,8	2,1	2,5	2,1
WPM 1/4	0,5	3,5	3,4	3,8	3,6
	1,0	1,6	1,9	2,4	2,0
Среднее		2,6	2,8	3,2	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,96 фактор В = 1,74 фактор С = 1,62 общ. = 2,03					
<b>Форма Курильская</b>					
WPM	0,5	3,2	3,1	2,9	3,1
	1,0	1,7	1,9	2,3	2,0
WPM 1/2	0,5	3,5	3,9	4,8	4,1
	1,0	2,0	2,2	2,5	2,2
WPM 1/4	0,5	3,0	3,5	3,9	3,5
	1,0	1,8	2,0	2,3	2,0
Среднее		2,5	2,8	3,1	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,89, фактор В = 1,78 фактор С = 1,99 общ. = 2,19					

Таблица 27 – Суммарная длина микропобегов красники *in vitro* в зависимости от питательной среды, концентрации цитокинина 6-БАП и наличия стимуляторов роста

Питательная среда	Концентрация 6-БАП, мг/л	Суммарная длина побегов, см			Среднее
		Контроль	Циркон 0,5 мл/л	НВ-101 0,1 мл/л	
1	2	3	4	5	6
<b>Форма Сахалинская</b>					
WPM	0,5	9,5	7,8	10,1	9,1
	1,0	4,5	5,6	7,3	5,8
WPM 1/2	0,5	15,6	18,9	22,1	18,9
	1,0	9,2	11,5	15,0	11,9
WPM 1/4	0,5	10,5	10,9	12,9	11,4
	1,0	5,6	7,2	9,6	7,5
Среднее		9,1	10,3	12,8	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 3,04 фактор В = 2,93 фактор С = 2,82 общ. = 5,29					

1	2	3	4	5	6
<b>Форма Курильская</b>					
WPM	0,5	8,0	8,4	7,5	8,0
	1,0	5,6	6,6	8,3	6,8
WPM 1/2	0,5	13,3	15,6	21,1	16,6
	1,0	11,0	13,2	17,2	13,8
WPM 1/4	0,5	9,0	11,2	13,3	11,2
	1,0	6,8	8,0	10,4	8,4
Среднее		8,9	10,5	13,0	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 3,02, фактор В = 2,77, фактор С = 2,80, общ. = 5,86					

По сравнению с вариантом использования WPM 1/2, на среде WPM 1/4 при 6-БАП 0,5 мг/л данный показатель был соответственно меньше в 1,5–1,7 раза, при 1,0 мг/л – в 1,6 раза, а на среде WPM при 6-БАП 0,5 мг/л – меньше в 2,1 раза, при 1,0 мг/л – в 2,0–2,1 раза. При концентрации цитокинина 6-БАП 0,5 мг/л в питательной среде суммарная длина микропобегов красники была значительно больше, чем при 1,0 мг/л (рис. 19) [96; 241].

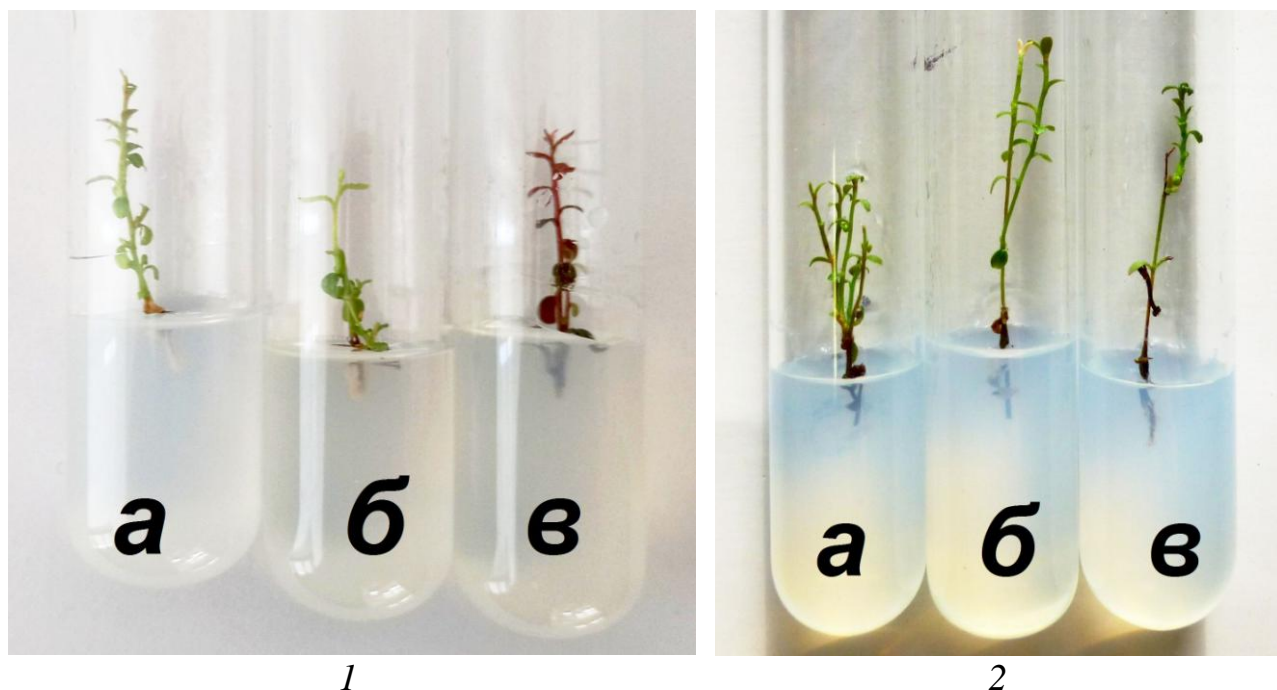


Рис. 19. Растения-регенеранты красники *in vitro* с добавлением 6-БАП в концентрациях 0,5 мг/л (1) и 1,0 мг/л (2) на питательных средах:

*а* – WPM; *б* – WPM 1/2; *в* – WPM 1/4

Добавление в питательную среду стимулятора роста НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л способствовало значимому увеличению суммарной длины микропобегов красники. Максимального значения суммарная длина микропобегов красники достигала на питательной среде WPM 1/2 при концентрации цитокинина 6-БАП 0,5 мг/л с добавлением препарата НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л и составляла: у формы Сахалинская – 22,1 см, у формы Курильская – 21,1 см [239].

При исследовании количества пассажиров, наблюдались как максимальный, так и минимальный коэффициенты размножения красники: у обеих исследуемых форм наивысший коэффициент размножения отмечался на 7–8-й пассажи, с 9-го пассажи наблюдалось резкое снижение коэффициента. В среднем по опытам наибольший коэффициент размножения красники *in vitro* на одно растение-регенерант ( $K_p = 4...7$ ), наблюдался на питательной среде WPM 1/2, в связи с чем дальнейшие исследования проводили на данной среде.

В результате исследований отмечено, что добавление в питательную среду WPM 1/2 цитокинина 6-БАП и адаптогена Эпин-Экстра оказывало существенное влияние на биометрические показатели растений. Количество побегов на безгормональной среде составило 2,0 шт., а при концентрациях 6-БАП 0,5 и 1,0 мг/л значительно увеличивалось – в 2,3 и 2,8 раза, соответственно (табл. 28). При этом добавление в питательную среду препарата Эпин-Экстра в концентрации 0,1 мг/л также способствовало незначительному уменьшению количества побегов [237; 240].

Таблица 28 – Количество микропобегов красники в зависимости от концентрации цитокинина 6-БАП и добавления препарата Эпин-Экстра

Концентрация 6-БАП, мг/л	Количество побегов, шт.		
	Без препарата Эпин-Экстра	Эпин-Экстра 0,1 мг/л	Среднее
-	1,5	2,6	2,0
0,5	4,0	5,1	4,6
1,0	7,0	4,0	5,5
Среднее	4,2	3,9	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 0,81, фактор В = 1,03, общ. = 1,41			

На питательной среде без добавления цитокининов средняя длина побегов составила 2,5 см, а в вариантах с 6-БАП 0,5 и 1,0 мг/л – 1,7 и 1,4 см, соответственно (табл. 29). С добавлением препарата Эпин-Экстра при наличии 6-БАП средняя длина побегов увеличивалась в 1,3–1,5 раза и составляла в среднем 2,1 см [237].

Таблица 29 – Средняя длина микропобегов красники в зависимости от концентрации цитокинина 6-БАП и добавления препарата Эпин-Экстра

Концентрация 6-БАП, мг/л	Средняя длина побегов красники, см		
	Без препарата Эпин-Экстра	Эпин-Экстра 0,1 мг/л	Среднее
-	2,5	2,6	2,5
0,5	1,5	2,0	1,7
1,0	1,1	1,7	1,4
Среднее	1,7	2,1	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 0,52, фактор В = 0,50, общ. = 0,83			

По взаимодействию факторов максимальная суммарная длина микропобегов отмечена в варианте с концентрацией 6-БАП 0,5 мг/л с добавлением в питательную среду WPM 1/2 препарата Эпин-Экстра и достигала 9,5 см (табл. 30) [237; 240].

Таблица 30 – Суммарная длина микропобегов красники в зависимости от концентрации цитокинина 6-БАП и добавления препарата Эпин-Экстра

Концентрация 6-БАП, мг/л	Суммарная длина побегов красники, см		
	Без препарата Эпин-Экстра	Эпин-Экстра 0,1 мг/л	Среднее
-	4,1	5,4	4,7
0,5	5,8	9,5	7,6
1,0	8,1	7,3	7,7
Среднее	6,0	7,4	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,61, фактор В = 2,11 общ. = 3,10			

В других вариантах с добавлением 6-БАП тот же показатель был несколько меньше, а в вариантах без цитокинина – минимальным (5,4 и 4,1 см, соответственно). На безгормональной среде суммарная длина побегов составила в среднем 4,7 см, а в вариантах с 6-БАП в концентрациях 0,5 и 1,0 мг/л – 7,6 и 7,7 см, соответственно (рис. 20).

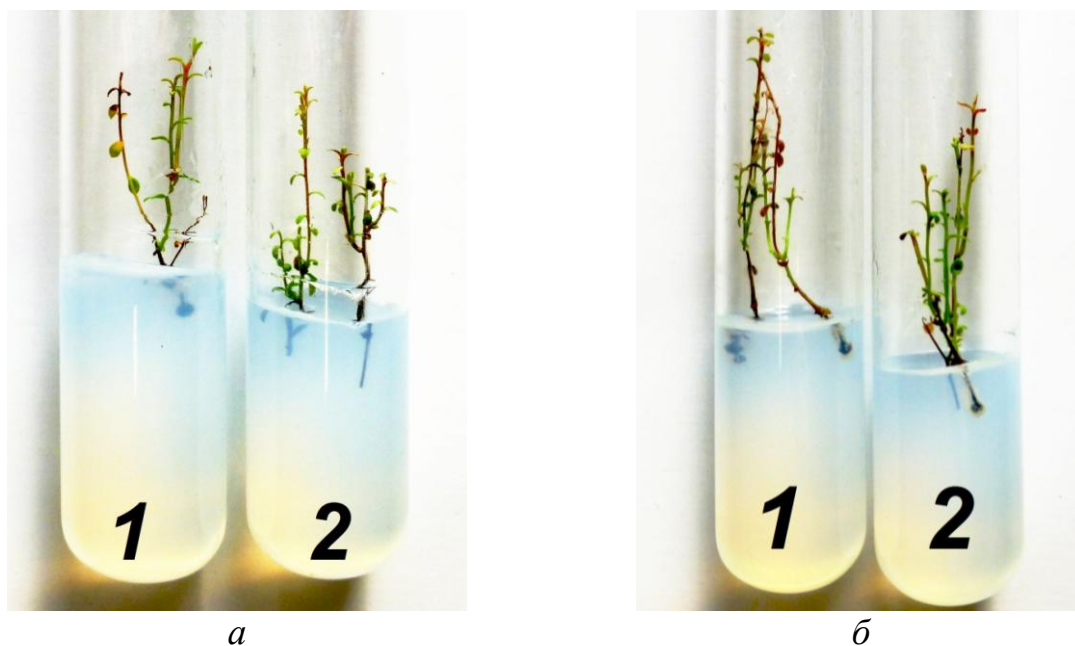


Рис. 20. Растения-регенеранты красники *in vitro* на питательной среде WPM 1/2 с цитокинином 6-БАП в концентрациях 0,5 мг/л (1) и 1,0 мг/л (2):  
 а – без препарата Эпин-Экстра; б – с добавлением Эпин-Экстра 0,1 мл/л

**Этап «укоренения микропобегов».** На этапе укоренения микропобегов *in vitro* значимых различий по количеству корней красники в зависимости от типа ауксина и его концентрации в питательной среде WPM 1/2 не выявлено. Так, при использовании как ИМК, так и ИУК количество корней красники варьировало от 1,2 до 1,6 шт. при концентрации 1,0 мг/л, при 2,0 мг/л – от 1,9 до 2,1 шт. (табл. 31). Существенных различий в количестве корней при добавлении в питательную среду стимуляторов роста также не наблюдалось. При использовании препарата Циркон в концентрации 0,5 мл/л количество корней у формы Сахалинская составляло 1,6 шт., у формы Курильская – 1,8 шт., тогда как в вариантах с препаратом НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л – 1,8 и 2,0 шт., а в контроле – 1,6 и 1,5 шт., соответственно [239; 241].

Таблица 31 – Количество корней красники *in vitro* на питательной среде WPM 1/2 в зависимости от концентрации ауксинов и наличия стимуляторов роста

Наименование ауксина	Концентрация ауксина, мг/л	Количество корней, шт.			Среднее
		Контроль	Циркон 0,5 мл/л	НВ-101 0,1 мл/л	
1	2	3	4	5	6
<b>Форма Сахалинская</b>					
ИМК	1,0	1,6	1,6	1,5	1,6
	2,0	1,8	2,0	2,2	2,0
ИУК	1,0	1,3	1,0	1,3	1,2
	2,0	1,7	1,9	2,3	2,0
Среднее		1,6	1,6	1,8	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,14, фактор В = 1,16, фактор С = 1,11, общ. = 1,32					
<b>Форма Курильская</b>					
ИМК	1,0	1,5	1,7	1,6	1,6
	2,0	1,9	2,0	2,4	2,1
ИУК	1,0	1,2	1,5	1,8	1,5
	2,0	1,6	2,0	2,2	1,9
Среднее		1,5	1,8	2,0	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,26, фактор В = 1,18, фактор С = 1,14, общ. = 1,38					

Средняя длина корней красники была больше при использовании ИМК в концентрации 2,0 мг/л и составляла в среднем: у формы Сахалинская – 2,0 см, у формы Курильская – 2,1 см (табл. 32). В вариантах с добавлением в питательную среду препарата НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л средняя длина корней составляла в среднем 2,4 см, тогда как в контроле – 1,0 см. Однако различия в зависимости как от типа ауксина и его концентрации, так и от наличия стимуляторов роста не были статистически значимы [239; 241].

Суммарная длина корней красники была существенно больше в вариантах с ауксином ИМК в концентрации 2,0 мг/л в питательной среде WPM 1/2 и составляла у формы Сахалинская – в среднем 4,2 см, у формы Курильская – 4,7 см, при концентрации 1,0 мг/л – 2,6 и 2,2 см. В вариантах с ИУК при концентрации 2,0 мг/л тот же показатель составил 3,1 и 2,8 см, при концентрации 1,0 мг/л – 1,8 и 2,7 см, соответственно (табл. 33).

Таблица 32 – Средняя длина корней красники *in vitro* на питательной среде WPM 1/2 в зависимости от концентрации ауксинов и наличия стимуляторов роста

Наименование ауксина	Концентрация ауксина, мг/л	Средняя длина корней, см			Среднее
		Контроль	Циркон 0,5 мл/л	НВ-101 0,1 мл/л	
<b>Форма Сахалинская</b>					
ИМК	1,0	1,3	1,6	2,0	1,6
	2,0	1,0	1,5	3,5	2,0
ИУК	1,0	1,0	1,5	2,0	1,5
	2,0	0,9	1,6	2,1	1,5
Среднее		1,1	1,5	2,4	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,35, фактор В = 1,44, фактор С = 1,36, общ. = 1,59					
<b>Форма Курильская</b>					
ИМК	1,0	1,1	1,4	1,6	1,4
	2,0	0,8	1,7	3,8	2,1
ИУК	1,0	1,3	1,6	2,3	1,7
	2,0	0,7	1,5	1,9	1,4
Среднее		1,0	1,5	2,4	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,48, фактор В = 1,26, фактор С = 1,17 общ. = 1,52					

Таблица 33 – Суммарная длина корней красники *in vitro* на питательной среде WPM 1/2 в зависимости от концентрации ауксинов и наличия стимуляторов роста

Наименование ауксина	Концентрация ауксина, мг/л	Суммарная длина корней, см			Среднее
		Контроль	Циркон 0,5 мл/л	НВ-101 0,1 мл/л	
<b>Форма Сахалинская</b>					
ИМК	1,0	2,1	2,6	3,0	2,6
	2,0	1,8	3,0	7,7	4,2
ИУК	1,0	1,3	1,5	2,6	1,8
	2,0	1,5	3,0	4,8	3,1
Среднее		1,7	2,5	4,5	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,06, фактор В = 1,14, фактор С = 1,32 общ. = 2,36					
<b>Форма Курильская</b>					
ИМК	1,0	1,7	2,4	2,6	2,2
	2,0	1,5	3,4	9,1	4,7
ИУК	1,0	1,6	2,4	4,1	2,7
	2,0	1,1	3,0	4,2	2,8
Среднее		1,5	2,8	5,0	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,04, фактор В = 1,20, фактор С = 1,45 общ. = 2,79					

При добавлении в питательную среду препарата НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л суммарная длина корней красники была значимо больше, чем в контроле, и достигала у формы Сахалинская в среднем 4,5 см, у формы Курильская – 5,0 см, тогда как в контроле – 1,7 и 1,5 см, соответственно. Максимального значения суммарная длина корней красники достигала на питательной среде WPM 1/2 при концентрации ауксина ИМК 2,0 мг/л с добавлением препарата НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л и составляла: у формы Сахалинская – 7,7 см, у формы Курильская – 9,1 см [239; 241].

**Влияние освещенности различного спектрального состава.** В ходе проведенных исследований выявлено, что условия освещения оказывают существенное воздействие на органогенез клонируемых растений красники. Наибольшее количество микропобегов формировалось при освещении лампами СД-Б+К+С и составляло в среднем 3,6 шт., что больше в 1,3 раза, чем при освещении СД-Б, и в 1,9 раза, чем на контроле (табл. 34) [236].

Таблица 34 – Количество микропобегов (шт.) красники в зависимости от формы и типа освещения

Форма	Вариант освещения			Среднее
	ЛБ	СД-Б	СД-Б+К+С	
Сахалинская	2,0	3,1	3,9	3,0
Курильская	1,8	2,4	3,3	2,5
Среднее	1,9	2,8	3,6	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,01, фактор В = 0,95, общ. = 1,08				

Средняя длина микропобегов красники была наибольшей также при освещении лампами СД-Б+К+С (в среднем 3,8 см), при СД-Б она составила 2,1 см, а в контроле – всего 1,3 см (табл. 35) [236].

Таблица 35 – Средняя длина микропобегов (см) красники в зависимости от формы и типа освещения

Форма	Вариант освещения			Среднее
	ЛБ	СД-Б	СД-Б+К+С	
Сахалинская	1,5	2,3	4,0	2,6
Курильская	1,0	2,1	3,6	2,2
Среднее	1,3	2,2	3,8	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,03, фактор В = 0,87, общ. = 1,08				



Максимальная суммарная длина микропобегов красники была отмечена в варианте с освещением СД-Б+К+С и достигала 13,8 см, тогда как в варианте СД-Б она была меньше в 2,3 раза, а в контрольном варианте – в 5,5 раза (табл. 36). В зависимости от исследуемой формы растений различия по количеству, средней и максимальной длине микропобегов были незначительны [236].

Таблица 36 – Суммарная длина микропобегов (см) красники в зависимости от формы и типа освещения

Форма	Вариант освещения			Среднее
	ЛБ	СД-Б	СД-Б+К+С	
Сахалинская	3,1	7,2	15,6	8,6
Курильская	1,8	5,0	12,0	6,3
Среднее	2,5	6,1	13,8	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 3,86, фактор В = 4,11, общ. = 6,10				

Несмотря на то, что корни растений красники были закрыты от света штативом, условия освещения наземной части оказывали влияние на развитие корневой системы. Наибольшее количество корней наблюдалось при освещении наземной части лампами СД-Б+К+С и составляло в среднем 3,4 шт., что в 2 раза больше, чем в контрольном варианте при использовании люминесцентных ламп (табл. 37) [118; 236].

Таблица 37 – Количество корней (шт.) красники в зависимости от формы и типа освещения надземной части

Форма	Вариант освещения			Среднее
	ЛБ	СД-Б	СД-Б+К+С	
Сахалинская	1,5	2,7	3,2	2,5
Курильская	1,8	3,3	3,5	2,7
Среднее	1,7	3,0	3,4	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 0,87, фактор В = 0,64, общ. = 1,03				

Средняя длина корней красники была наибольшей при освещении надземной части лампами СД-Б+К+С и составила в среднем 3,0 см, что больше в 2 раза, чем в варианте с СД-Б, в 2,3 раза, чем в контроле (табл. 38). У обеих исследуемых форм красники средняя длина корней составляла в среднем 1,9–2,0 см [236].

Таблица 38 – Средняя длина корней (см) красники в зависимости от формы и типа освещения надземной части

Форма	Вариант освещения			Среднее
	ЛБ	СД-Б	СД-Б+К+С	
Сахалинская	1,2	1,5	2,9	1,9
Курильская	1,4	1,4	3,1	2,0
Среднее	1,3	1,5	3,0	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,06, фактор В = 0,87, общ. = 1,10				

Суммарная длина корней красники при освещении надземной части лампами СД-Б+К+С достигала в среднем 10,0 см, что в 2,3 раза больше, чем при освещении СД-Б, и в 4,5 раза больше, чем в контрольном варианте при освещении люминисцентными лампами (табл. 39) [118; 236].

Таблица 39 – Суммарная длина корней (см) красники в зависимости от формы и типа освещения надземной части, см

Форма	Вариант освещения			Среднее
	ЛБ	СД-Б	СД-Б+К+С	
Сахалинская	1,8	4,1	9,3	5,1
Курильская	2,5	4,6	10,8	6,0
Среднее	2,2	4,4	10,0	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,75, фактор В = 1,35, общ. = 2,31				

Различия показателей по количеству, средней и суммарной длины корней в зависимости от формы красники также были не существенны.

Таким образом, при микроклональном размножении красники на этапе «собственно микроразмножение» количество побегов растений и их суммарная длина были существенно больше в вариантах с питательной средой WPM 1/2. Максимальная суммарная длина микропобегов красники отмечена при культивировании растений-регенерантов на питательной среде WPM 1/2 с концентрацией цитокинина 6-БАП 0,5 мг/л и добавлением препарата НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л. На этапе «собственно микроразмножение» целесообразно использовать цитокинин 6-БАП в концентрации 0,5 мг/л и адаптоген Эпин-Экстра в концентрации 0,1 мл/л. На этапе «укоренение микропобегов» суммарная длина корней красники, культивируемой на питательной среде WPM 1/2, была существенно больше в вариантах с ауксином

ИМК в концентрации 2,0 мг/л. Максимальная суммарная длина корней красники отмечена на питательной среде WPM 1/2 при концентрации ауксина ИМК 2,0 мг/л с добавлением препарата НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л. Процесс побегообразования при микроклональном размножении красники наиболее интенсивно происходил при освещении растений светодиодными лампами с комбинацией белого, красного и синего спектров, в этих условиях формировалось наибольшее количество микропобегов наибольшей длины. Развитие корневой системы соответствовало развитию наземной части. Наибольшее количество корней красники большей длины наблюдалось при освещении наземной части растений светодиодными лампами с комбинацией белого, красного и синего спектров. Существенных различий по количеству и длине микропобегов и корней красники между исследуемыми формами красники, отобранными на о. Сахалин и Курильских островах, не выявлено.

## 5. АДАПТАЦИЯ К НЕСТЕРИЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ *EX VITRO* ЛЕСНЫХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ РОДА *VACCINIUM*

В результате проведенных исследований установлено, что для растений брусники обыкновенной лучшим периодом адаптации к нестерильным условиям *ex vitro* является май (табл. 40) [231; 233].

Таблица 40 – Приживаемость и биометрические показатели растений брусники обыкновенной *ex vitro* без мульчирования в зависимости от периода пересадки растений, субстрата и варианта обработки

Субстрат	Вариант обработки	Приживаемость, %	Количество побегов, шт.	Количество листьев, шт.
1	2	3	4	5
<b>Март</b>				
Торф верховой	Контроль (вода)	64	3,1±0,21	22,3±0,46
	Циркон 0,5 мл/л	60	2,9±0,19	20,6±0,42
	НВ-101 0,1 мл/л	52	3,8±0,24	21,6±0,52
Торф + песок (1:1)	Контроль (вода)	48	3,0±0,22	18,3±0,46
	Циркон 0,5 мл/л	56	3,1±0,24	19,6±0,51
	НВ-101 0,1 мл/л	64	3,5±0,28	23,7±0,59
Торф + вермикулит (1:4)	Контроль (вода)	61	2,9±0,25	21,2±0,54
	Циркон 0,5 мл/л	65	3,1±0,21	22,6±0,57
	НВ-101 0,1 мл/л	69	3,5±0,23	27,5±0,61
Торф + перлит (1:4)	Контроль (вода)	55	3,3±0,25	23,6±0,43
	Циркон 0,5 мл/л	67	2,8±0,22	24,6±0,44
	НВ-101 0,1 мл/л	71	3,4±0,27	25,2±0,50
<b>Апрель</b>				
Торф верховой	Контроль (вода)	80	4,4±0,23	37,6±0,76
	Циркон 0,5 мл/л	77	4,9±0,32	40,1±0,67
	НВ-101 0,1 мл/л	76	5,2±0,33	42,0±0,82
Торф + песок (1:1)	Контроль (вода)	59	3,4±0,27	22,1±0,53
	Циркон 0,5 мл/л	68	4,0±0,34	30,2±0,44
	НВ-101 0,1 мл/л	70	4,9±0,31	36,5±0,54
Торф + вермикулит (1:4)	Контроль (вода)	74	4,2±0,29	45,2±0,78
	Циркон 0,5 мл/л	78	3,9±0,23	37,6±0,65
	НВ-101 0,1 мл/л	81	4,4±0,25	40,8±0,70
Торф + перлит (1:4)	Контроль (вода)	67	2,8±0,27	21,5±0,30
	Циркон 0,5 мл/л	75	3,3±0,31	32,4±0,24
	НВ-101 0,1 мл/л	83	3,9±0,36	35,9±0,31
<b>Май</b>				
Торф верховой	Контроль (вода)	92	6,3±0,28	56,8±0,87
	Циркон 0,5 мл/л	90	5,1±0,35	46,6±0,78
	НВ-101 0,1 мл/л	91	7,2±0,41	62,1±0,93

## Продолжение таблицы 40

1	2	3	4	5
Торф + песок (1:1)	Контроль (вода)	68	2,4±0,24	29,8±0,32
	Циркон 0,5 мл/л	74	3,6±0,31	34,4±0,35
	НВ-101 0,1 мл/л	88	4,2±0,36	39,8±0,42
Торф + вермикулит (1:4)	Контроль (вода)	82	3,1±0,22	96,7±0,98
	Циркон 0,5 мл/л	87	3,4±0,25	102,5±1,05
	НВ-101 0,1 мл/л	91	3,9±0,29	115,2±1,12
Торф + перлит (1:4)	Контроль (вода)	79	3,0±0,22	31,5±0,24
	Циркон 0,5 мл/л	85	3,6±0,30	38,6±0,31
	НВ-101 0,1 мл/л	98	4,2±0,41	46,3±0,40

Как следует из таблицы 40, после пересадки растений в емкости с субстратами без мульчирования и опрыскивания их различными ростостимулирующими препаратами установлено, что в среднем за май наиболее высокая приживаемость брусники наблюдалась при использовании смеси торфа с перлитом (1:4) и торфа с вермикулитом (1:4) с обработкой препаратом НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л (98 и 91% соответственно), а также на торфе верхового типа во всех вариантах обработки (90–92%). Максимальное количество побегов выявлено при использовании субстрата из верхового торфа (5,1–7,2 шт.), а наибольшее количество листьев – в вариантах смеси торфа с вермикулитом 1:4 (96,7–115,2 шт.). При этом самые высокие биометрические показатели на всех субстратах выявлены при использовании препарата НВ-101 0,1 мл/л (рис. 21) [231; 233].

В опытах с мульчированием посадок мхом *Sphagnum* L. приживаемость растений брусники, высаженных в мае, была несколько выше, чем в опытах без мульчирования, при этом максимальные значения отмечены при использовании смеси торфа с перлитом (1:4), торфа с вермикулитом (1:4) с обработкой препаратом НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л (99 и 93% соответственно) и на торфе верхового типа во всех вариантах обработки (92–95%) (табл. 41).

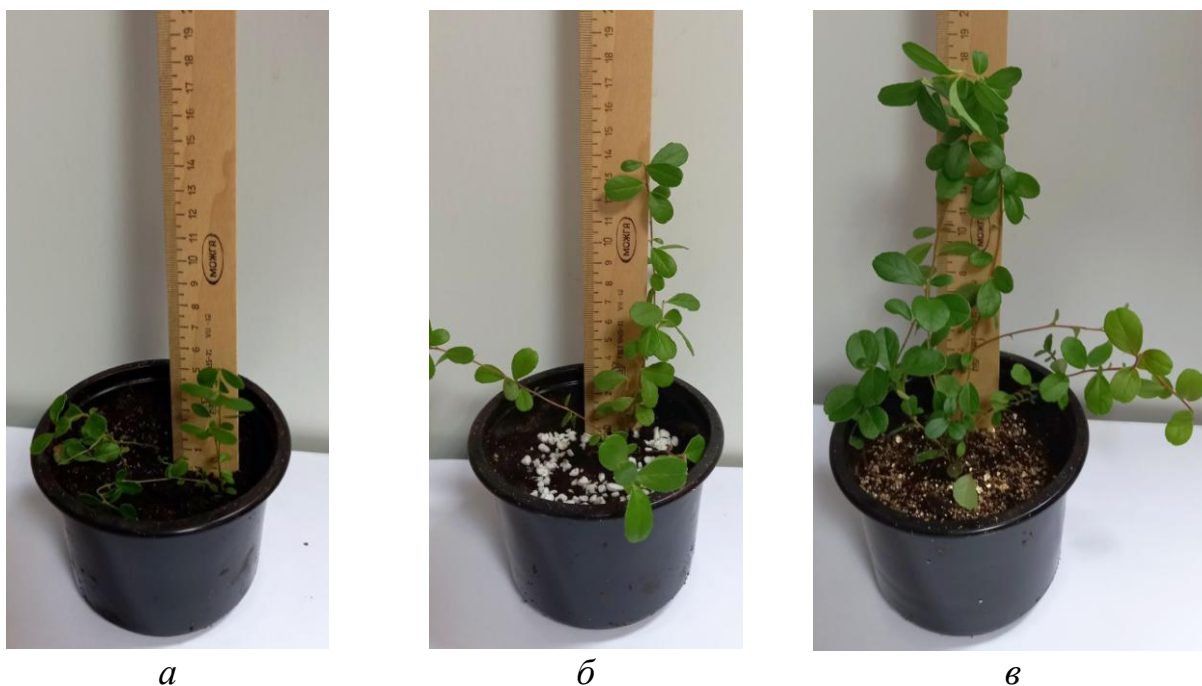


Рис. 21. Растения брусники обыкновенной *ex vitro* на субстратах:  
 а – торф + песок (1:1); б – торф + перлит (1:4); в – торф + вермикулит (1:4)

Таблица 41 – Приживаемость и биометрические показатели растений брусники обыкновенной *ex vitro*, высаженных в мае, с мульчированием мхом *Sphagnum L.* в зависимости от субстрата и варианта обработки

Субстрат	Вариант обработки	Приживаемость, %	Количество побегов, шт.	Количество листьев, шт.
Торф верховой	Контроль (вода)	95	6,9±0,33	50,5±0,89
	Циркон 0,5 мл/л	92	5,5±0,31	44,8±0,75
	НВ-101 0,1 мл/л	93	7,2±0,45	52,0±0,92
Торф + песок (1:1)	Контроль (вода)	70	2,5±0,28	30,2±0,37
	Циркон 0,5 мл/л	77	3,8±0,26	44,2±0,34
	НВ-101 0,1 мл/л	90	4,4±0,32	40,9±0,43
Торф + вермикулит (1:4)	Контроль (вода)	85	3,2±0,27	99,0±0,99
	Циркон 0,5 мл/л	89	3,3±0,29	103,1±1,02
	НВ-101 0,1 мл/л	93	4,0±0,35	112,4±1,09
Торф + перлит (1:4)	Контроль (вода)	82	3,2±0,29	32,2±0,26
	Циркон 0,5 мл/л	89	3,7±0,34	40,6±0,30
	НВ-101 0,1 мл/л	99	4,2±0,44	48,2±0,46

По биометрическим показателям статистически значимых различий между вариантами опытов с мульчированием и без него не отмечено, при этом сохраняется тенденция формирования побегов и листьев в зависимости от состава субстрата: максимальные количество побегов – на субстрате из

верхового торфа (5,5–7,2 шт.), количество листьев – на смеси торфа с вермикулитом 1:4 (99,0–112,4 шт.) [233].

В опытах с использованием кокосового субстрата как в кассетах, так и в таблетках без мульчирования приживаемость брусники была низкой (34,7...45,6%). При мульчировании посадок адаптируемых растений брусники сфагнумом на кокосовом субстрате в кассетах показатели приживаемости были незначительно выше, однако также не превышали 50%. Наибольшие показатели приживаемости отмечены при пересадке растений в мае (табл. 42). Существенных различий по приживаемости в зависимости от сорта не отмечено [117].

Таблица 42 – Приживаемость растений брусники обыкновенной российских сортов, полученных методом *in vitro*, при адаптации к кокосовому субстрату

Месяц пересадки	Приживаемость, %		
	Кассеты		Таблетки
	Без мульчирования	Мульчирование мхом <i>Sphagnum L.</i>	
<b>Костромская розовая</b>			
Март	35,1±0,27	39,6±0,29	37,6±0,33
Апрель	40,3±0,34	44,4±0,38	41,5±0,42
Май	45,6±0,67	49,8±0,55	43,2±0,58
<b>Костромичка</b>			
Март	34,7±0,24	38,8±0,34	38,3±0,42
Апрель	38,9±0,28	42,0±0,38	41,1±0,29
Май	43,1±0,45	46,4±0,49	42,7±0,41

Через 10 дней после пересадки растений красники в емкости с субстратами без мульчирования и опрыскиваниями их различными ростостимулирующими препаратами выявлено, что адаптацию данного вида *ex vitro* наиболее благоприятно проводить в мае (табл. 43). При этом наибольшие показатели приживаемости наблюдались при использовании смеси торфа с песком 1:1 с обработкой препаратом НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л (93%) и с опрыскиванием водой (91%), а также на субстрате из верхового торфа и на смеси торфа с вермикулитом (1:4) при обработке препаратом НВ-101 0,1 мл/л (90%).

Таблица 43 – Приживаемость и биометрические показатели растений красники *ex vitro* без мульчирования в зависимости от периода пересадки растений, субстрата и варианта обработки стимуляторами роста

Субстрат	Вариант обработки	Приживаемость, %	Количество побегов, шт.	Количество листьев, шт.
1	2	3	4	5
<b>Март</b>				
Торф верховой	Контроль (вода)	50	1,4±0,12	2,1±0,24
	Циркон 0,5 мл/л	46	1,6±0,15	2,2±0,20
	НВ-101 0,1 мл/л	48	1,7±0,16	2,4±0,23
Торф + песок (1:1)	Контроль (вода)	57	1,3±0,12	2,3±0,23
	Циркон 0,5 мл/л	47	1,8±0,13	2,5±0,22
	НВ-101 0,1 мл/л	52	1,6±0,12	2,7±0,26
Торф + вермикулит (1:4)	Контроль (вода)	46	1,4±0,14	2,2±0,23
	Циркон 0,5 мл/л	48	1,5±0,15	1,9±0,21
	НВ-101 0,1 мл/л	56	1,9±0,17	2,2±0,19
Торф + перлит (1:4)	Контроль (вода)	42	1,0±0,17	2,1±0,24
	Циркон 0,5 мл/л	39	1,4±0,19	2,6±0,23
	НВ-101 0,1 мл/л	47	1,1±0,15	2,9±0,26
<b>Апрель</b>				
Торф верховой	Контроль (вода)	60	1,8±0,19	3,0±0,37
	Циркон 0,5 мл/л	54	2,1±0,21	3,2±0,32
	НВ-101 0,1 мл/л	62	2,0±0,23	3,5±0,42
Торф + песок (1:1)	Контроль (вода)	64	1,1±0,15	3,1±0,35
	Циркон 0,5 мл/л	58	1,5±0,17	2,9±0,32
	НВ-101 0,1 мл/л	65	1,9±0,22	3,3±0,35
Торф + вермикулит (1:4)	Контроль (вода)	53	1,8±0,22	3,2±0,34
	Циркон 0,5 мл/л	59	1,6±0,25	3,0±0,35
	НВ-101 0,1 мл/л	61	2,2±0,16	3,4±0,41
Торф + перлит (1:4)	Контроль (вода)	48	1,3±0,19	3,4±0,39
	Циркон 0,5 мл/л	42	1,7±0,24	3,2±0,33
	НВ-101 0,1 мл/л	51	1,4±0,26	3,8±0,45
<b>Май</b>				
Торф верховой	Контроль (вода)	88	2,5±0,24	4,0±0,48
	Циркон 0,5 мл/л	75	3,2±0,29	4,2±0,43
	НВ-101 0,1 мл/л	90	3,8±0,34	4,9±0,52
Торф + песок (1:1)	Контроль (вода)	91	1,9±0,21	4,2±0,44
	Циркон 0,5 мл/л	82	2,8±0,25	4,4±0,49
	НВ-101 0,1 мл/л	93	3,1±0,32	4,7±0,50
Торф + вермикулит (1:4)	Контроль (вода)	76	2,7±0,29	4,1±0,45
	Циркон 0,5 мл/л	82	3,4±0,33	4,5±0,51
	НВ-101 0,1 мл/л	90	3,9±0,36	4,8±0,54
Торф + перлит (1:4)	Контроль (вода)	68	2,6±0,29	4,2±0,46
	Циркон 0,5 мл/л	75	3,2±0,35	4,5±0,43
	НВ-101 0,1 мл/л	88	3,7±0,41	4,7±0,52



Существенных различий по биометрическим показателям красники *ex vitro* в зависимости от типа субстрата не выявлено. При этом максимальные значения количества побегов (3,1–3,9 шт.) и количества листьев (4,5–4,9 шт.) отмечены при обработке стимулятором роста НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л [232].

В опытах с мульчированием посадок мхом *Sphagnum* L. приживаемость растений красники была несколько выше и почти не отличалась в сравнении с опытами без мульчирования и имела наибольшие показатели при использовании смеси торфа с песком 1:1 с обработкой препаратом НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л (94%) и с опрыскиванием водой (93%), а также на субстрате из верхового торфа, на смеси торфа с вермикулитом 1:4 и смеси торфа с перлитом 1:4 при обработке препаратом НВ-101 0,1 мл/л (92%, 92% и 91%, соответственно) (табл. 44). По биометрическим показателям статистических значимых различий между вариантами опытов с мульчированием и без него не отмечено, при этом сохраняется тенденция лучшего формирования побегов (3,0–3,8 шт.) и листьев (4,7–5,1 шт.) при обработке растений препаратом НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л по сравнению с другими вариантами обработки посадок.

Таблица 44 – Приживаемость и биометрические показатели растений красники *ex vitro*, высаженных в мае, с мульчированием мхом *Sphagnum* L. в зависимости от субстрата и варианта обработки стимуляторами роста

Субстрат	Вариант обработки	Приживаемость, %	Количество побегов, шт.	Количество листьев, шт.
Торф верховой	Контроль (вода)	90	2,7±0,29	4,1±0,55
	Циркон 0,5 мл/л	78	3,2±0,32	4,4±0,49
	НВ-101 0,1 мл/л	92	3,8±0,36	5,1±0,57
Торф + песок (1:1)	Контроль (вода)	93	2,1±0,25	4,4±0,52
	Циркон 0,5 мл/л	85	2,7±0,31	4,7±0,56
	НВ-101 0,1 мл/л	94	3,0±0,37	4,9±0,53
Торф + вермикулит (1:4)	Контроль (вода)	78	2,8±0,33	4,1±0,46
	Циркон 0,5 мл/л	86	3,3±0,35	4,5±0,49
	НВ-101 0,1 мл/л	92	3,8±0,42	4,8±0,52
Торф + перлит (1:4)	Контроль (вода)	72	2,7±0,33	4,3±0,44
	Циркон 0,5 мл/л	79	3,1±0,36	4,5±0,48
	НВ-101 0,1 мл/л	91	3,6±0,44	4,7±0,51

После пересадки растений брусники всех исследуемых сортов в естественные условия их приживаемость на участках выработанных торфяных месторождения переходного и верхового типа была высокой (100% и 98%, соответственно), тогда как на участке гари после поверхностно-торфяного пожара (на части опытного участка №1) – 84% (табл. 45). Приживаемость растений красники обеих форм была меньше: на участке выработанного торфяного месторождения переходного типа составила 83%, на участки гари после поверхностно-торфяного пожара – 80%, на участке выработанного торфяника верхового типа – 75% [233].

Таблица 45 – Приживаемость лесных ягодных растений рода *Vaccinium*, полученных методом микроклонального размножения, на участках нелесных земель через 3 месяца после пересадки

Тип участка нелесных земель	Приживаемость, %	
	Брусника обыкновенная	Красника
Выработанный торфяник верхового типа	98	75
Выработанный торфяник переходного типа	100	83
Гарь	84	80

Таким образом, при адаптации растений брусники обыкновенной (сортов зарубежной и российской селекции) и красники, полученного методом *in vitro*, к нестерильным условиям *ex vitro* оптимальным сроком пересадки растений является май. Самая высокая приживаемость брусники *ex vitro* выявлена при использовании субстратов: торфа верхового типа во всех вариантах обработки и смеси торфа с перлитом (1:4), торфа с вермикулитом (1:4) с обработкой препаратом НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л. Наибольшая приживаемость красники *ex vitro* выявлена при использовании смеси торфа с песком (1:1) с обработкой препаратом НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л и с опрыскиванием водой, верхового торфа и смеси торфа с вермикулитом (1:4) с обработкой препаратом НВ-101 0,1 мл/л. Приживаемость растений брусники и красники при мульчировании посадок мхом *Sphagnum L.* оказалась несколько выше, чем в вариантах без мульчирования, что позволяет рассматривать результаты

данных опытов как элемент совершенствования технологии адаптации этих видов к торфяным субстратам. Наибольшее количество побегов брусники *ex vitro* отмечено на субстрате из верхового торфа, количество листьев – на смеси торфа с вермикулитом (1:4), тогда как статистически значимых различий по биометрическим показателям красники *ex vitro* в зависимости от типа субстрата не отмечено, при этом максимальные значения биометрических показателей обоих видов наблюдаются в вариантах обработки препаратом НВ-101 0,1 мл/л, что свидетельствует о перспективности его использования при адаптации растений к нестерильным условиям. Полученные результаты опытов позволяют рассматривать использование обработки препаратом НВ-101 0,1 мл/л как элемент совершенствования технологии адаптации брусники к торфяным субстратам *ex vitro*.

## **6. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ РОДА *VACCINIUM***

Важнейшими стратегическими направлениями развития сельского и лесного хозяйства являются внедрение достижений научно-технического прогресса и инновационные процессы, которые способствуют осуществлению непрерывного обновления производства на основе достижений науки и техники [128]. В качестве теоретической основы экономической эффективности применения интенсивной технологии размножения плодоносящих лесных ягодных растений (дикоросов) служит увеличение объемов производства при постоянных или снижающихся затратах. При этом затраты могут увеличиваться, однако рост объемов производства должен происходить опережающимися темпами. Главная задача для увеличения объемов производства продукции лесных ягодных растений – их окультуривание и выращивание саженцев во всех возрастающих объемах для промышленного возделывания культур.

Обеспечение роста объема производства саженцев возможно двумя методами:

- экстенсивным – путем расширения площадей для выращивания;
- интенсивным – с использованием технологии микроклонального размножения в лабораторных условиях.

Интенсивные технологии требуют больших затрат, достижение высокого экономического эффекта от их внедрения возможно только при научно обоснованном применении комплекса приемов, составляющих такую технологию [247]. Для подтверждения экономической целесообразности применения новой технологии необходимо произвести расчеты экономических показателей, подтверждающих большую отдачу от вложений средств и труда. Это может быть рост объемов производства продукции, снижение затрат на

единицу ее производства, увеличение выручки, прибыли и повышение рентабельности, а также достаточно быстрая окупаемость вложенных средств.

Немаловажным условием для промышленного выращивания лесных ягодных растений является экономическая составляющая производственного процесса. Основой экономического прогресса общества служит увеличение эффективности общественного производства. Самым наивысшим критерием эффективности является полное удовлетворение как общественных, так личных потребностей при рациональном использовании ресурсов. Эффективность сельскохозяйственного производства наиболее полно отражает результативность [128; 169]. На повышение урожайности лесных ягодных растений оказывают такие мероприятия, как: использование оздоровленного посадочного материала, применение системы удобрений, использование интенсивной технологии возделывания ягодных культур [41].

Выращивание лесных ягодных культур в условиях *in vitro* является материально-, энерго- и наукоемким направлением в производстве посадочного материала растений. К преимуществам микроклонального размножения относится: высокий коэффициент размножения (важный показатель при массовом внедрении новых сортов, возможность круглогодичного размножения), проведение работы в закрытом помещении, получение качественного безвирусного посадочного материала [175].

Более детально рассмотрим эффективность на примере микроклонального размножения брусники обыкновенной. Проведя анализ экономической эффективности производства на примере одной ягодной культуры, можно по основным количественным и качественным показателям определить результативность отрасли и после этого наметить пути повышения рентабельности. Для расчета производственных затрат необходимы средние данные. Затраты включают в себя стоимость исходного материала заработную плату, затраты на электроэнергию, водоснабжение, амортизационные отчисления, лабораторную посуду, инструменты, химические реактивы и др.

Структура производственных затрат при организации работ по микроклональному размножению брусники обыкновенной представлена в таблице 46. В структуре производственных затрат наименьший удельный вес составляют затраты на спирт (0,07%), вату и бинт (0,02%), дезинфицирующие средства (0,15%). Наивысший процент затрат имеют амортизационные отчисления и заработная плата, которые составляют 51,5% и 30,41% соответственно. Стоимость исходного материала для микроклонального размножения определяется таким образом: в ООО «Кремь» (Костромской район Костромской области) стоимость одной кассеты с брусникой, состоящей из 5 растений, стоит 1 300 рублей. Следовательно, затраты на исходный материал составят 1 300 руб.

Таблица 46 – Состав и структура производственных затрат при выращивании брусники обыкновенной в условиях *in vitro*

Статьи затрат	Производственные затраты	
	руб.	%
Стоимость исходного материала	1 300	0,08
Заработная плата с начислениями	480 000	30,41
Расходы на транспорт	5 200	0,33
Электроэнергия	17 460	1,10
Водоснабжение	3 492	0,22
Отопление	24 485,7	1,55
Стоимость питательной среды	4 320	0,27
Стоимость спирта	1 200	0,07
Стоимость ваты	350	0,02
Стоимость бинта	300	0,02
Стоимость пленки	1 250	0,08
Дезинфицирующие средства	2 400	0,15
Стоимость субстрата	4 200	0,26
Амортизационные отчисления	812 500	51,50
Текущий ремонт	26 000	1,64
Накладные расходы	193 824,07	12,30
Всего производственных затрат	1 578 281,8	100,00

Далее рассмотрим показатели, которые характеризуют экономическую эффективность выращивания растений брусники обыкновенной в условиях *in vitro* (табл. 47).

Таблица 47 – Себестоимость выращивания растений брусники обыкновенной в условиях *in vitro*

Показатель	Значение
Выход растений, шт.	62 500
Производственные затраты, руб.	1 578 281,8
Себестоимость одного растения, руб.	25,25

Исходя из полученных расчетов, можно увидеть, что производство безвирусного посадочного материала брусники в лабораторных условиях требует больших вложений, которые быстро окупаются благодаря тому, что при микроклональном размножении за короткий промежуток времени можно получить большое количество микрорастений. Дальнейшее выращивание производили в кассетах для адаптации растений. Затраты на кассеты составляют 75 205 руб.

Очень важным показателем является структура производственных затрат. Рассмотрим структуру производственных затрат (табл. 48).

Таблица 48 – Состав и структура производственных затрат на 1 га возделывания брусники обыкновенной

Статьи затрат	Производственные затраты	
	руб.	%
Саженцы	1 578 281,8	82,55
Кассеты	75 205	3,94
Горючее	3 000	0,16
Удобрения	3 200	0,17
Средства защиты	4 500	0,23
Амортизация	4 000	0,21
Текущий ремонт	5 000	0,26
Заработная плата с начислениями	33 900	1,77
Накладные расходы	204 850,4	10,71
Всего производственных затрат	1 911 937,2	100,00

В структуре производственных затрат наибольший удельный вес составляют затраты на саженцы. Себестоимость выращивания саженцев в производственных условиях представлена в таблице 49.

Таблица 49 – Себестоимость выращивания саженцев брусники обыкновенной в производственных условиях

Показатель	Значение
Выход растений, шт.	62 500
Производственные затраты, руб.	1 911 937,2
Себестоимость 1 растения, руб.	30,59

Рассмотрим показатели, которые характеризуют экономическую эффективность производства брусники (табл. 50).

Таблица 50 – Экономическая эффективность выращивания брусники обыкновенной в условиях *in vitro*

Показатель	Значение
Полная себестоимость 1 шт., руб.	33,65
Цена реализации 1 шт., руб.	150
Прибыль (+) / убыток (-) от реализации 1 шт., руб.	116,35
Уровень рентабельности, %	345,8

Рентабельность составила 345,8%, из чего следует, что на каждый рубль возмещенных затрат будет получено 3 рубля 45 копеек прибыли. Таким образом, выращивание брусники обыкновенной методом микроклонального размножения экономически выгодно, и полученный посадочный материал можно рекомендовать для промышленного выращивания на предприятиях.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований разработана технология размножения красники и брусники обыкновенной *in vitro*. Подобраны оптимальный состав питательных сред для этапа «собственно микроразмножение», оптимальные концентрации росторегулирующих веществ и добавок ростостимулирующих биопрепаратов (Циркон, НВ-101) и оптимальный спектральный состав света на этапах побегообразования и корнеобразования *in vitro* брусники обыкновенной и красники. Разработана технология использования минеральных компонентов субстрата (вермикулит, перлит) с добавлением ростостимулирующих биопрепаратов (Циркон, НВ-101) при адаптации брусники и красники к условиям *ex vitro*.

При микроклональном размножении брусники обыкновенной и красники для стерилизации эксплантов на этапе «введение в культуру *in vitro*» наиболее эффективными стерилизующими агентами оказались нитрат серебра 0,2% при времени стерилизации 10 мин и препараты: для брусники – препарат Лизоформин 3000 5% при времени стерилизации 10 мин, для красники – Экостерилизатор бесхлорный 5% при времени стерилизации 20 мин.

Наилучшая регенерация микропобегов *in vitro* сортов брусники обыкновенной отмечена на питательной среде Андерсона с цитокинином 2-іР в концентрации 2,0 мг/л, красники – на питательной среде WPM 1/2 с цитокинином 6-БАП в концентрации 0,5 мг/л.

Более эффективное укоренение побегов *in vitro* брусники обыкновенной на питательной среде AN отмечено при использовании ауксина ИУК в концентрации 2,0 мг/л. При укоренении микропобегов красники *in vitro* на питательной среде WPM 1/2 лучшие биометрические показатели отмечены при использовании ауксина ИМК в той же концентрации.

Значительному повышению количества и суммарной длины микропобегов и корней брусники обыкновенной и красники при микроклональном размножении способствует добавление препаратов Циркон

0,5 мл/л и НВ-101 0,1 мл/л, для красники – также Эпин-Экстра 0,1 мл/л. При этом максимальные показатели отмечены при использовании препарата НВ-101.

Освещение наземной части растений-регенерантов брусники обыкновенной и красники *in vitro* светодиодами с комбинацией белого, красного и синего спектров способствует формированию большего количества микропобегов и корней большей длины по сравнению с освещением светодиодами белого спектра и люминесцентными лампами.

При адаптации брусники обыкновенной и красники, полученных методом *in vitro*, к нестерильным условиям *ex vitro* наилучшая приживаемость растений отмечена при пересадке их в мае. Максимальные показатели приживаемости растений брусники *ex vitro* выявлены при использовании субстратов из верхового торфа, смесей торфа с перлитом (1:4) и с вермикулитом (1:4). Наилучшая приживаемость красники *ex vitro* отмечена при использовании смеси в качестве субстратов верхового торфа, смесей торфа с песком (1:1) и с вермикулитом (1:4). Наибольшее количество побегов брусники *ex vitro* отмечено на субстрате из верхового торфа, количество листьев – на смеси торфа с вермикулитом (1:4). Обработка субстратов препаратами Циркон 0,5 мл/л и НВ-101 0,1 мл/л способствует значительному повышению приживаемости и биометрических показателей брусники и красники, при этом наибольший эффект достигнут при использовании препарата НВ-101. Мульчирование посадок брусники и красники мхом *Sphagnum* L. способствует увеличению приживаемости растений.

Рентабельность выращивания брусники обыкновенной методом микроклонального размножения составляет 345,8%.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. При создании плантаций брусники и красники на выработанных торфяных месторождениях целесообразно использовать посадочный материал, полученный методом микроклонального размножения.

2. При микроклональном размножении брусники обыкновенной на этапе «собственно микроразмножение» рекомендуется в питательную среду Андерсона добавлять цитокинин 2-*iP* в концентрации 2,0 мг/л, при выращивании красники – в питательную среду WPM 1/2 добавлять цитокинин 6-БАП в концентрации 1,0 мг/л.

3. На этапе «укоренение микропобегов» при выращивании брусники обыкновенной *in vitro* рекомендуется использование ауксина ИУК в концентрации 2,0 мг/л, при выращивании красники – ИМК в концентрации 2,0 мг/л.

4. Для улучшения органогенеза микропобегов и корней растений брусники обыкновенной и красники *in vitro* рекомендуется использование освещения светодиодными лампами с комбинацией белого, красного и синего спектров.

5. Для адаптации растений-регенерантов брусники обыкновенной и красники *ex vitro* наиболее целесообразно в качестве субстратов использовать верховой торф и смесь торфа с вермикулитом (1:4), для брусники – также смесь торфа с перлитом (1:4), для красники – смесь торфа с песком (1:1), а также мульчировать посадки сфагнумом.

6. На всех этапах микроклонального размножения брусники обыкновенной и красники рекомендуется добавление в питательную среду или субстрат ростостимулирующих экопрепаратов НВ-101 0,1 мл/л или Циркон 0,5 мл/л.

7. После пересадки адаптированных растений брусники обыкновенной и красники в полевые условия на участки выработанных торфяников необходимо применение комплексных минеральных удобрений и мульчирование.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

2-iP –	2-изопентиладенин
2,4-D –	2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота
6-БАП –	6-бензиламинопурин
ГК –	гиббереллиновая кислота
д.в. –	действующее вещество
ДНК –	дезоксирибонуклеиновая кислота
Зе (Ze) –	зеатин
ИМК –	индолил-3-масляная кислота
ИУК –	индол-3-уксусная кислота
Кн (Kn) –	кинетин
ЛБ –	люминесцентные лампы белого спектра
н.у.м.	над уровнем моря
НРВ –	нефтяное ростовое вещество
НСР –	наименьшая существенная разность
НУК –	1-нафталинуксусная кислота ( $\alpha$ -нафтилуксусная кислота)
оз.	озеро
ППФ –	плотность потока фотонов
РАН –	Российская академия наук
СД (LED) –	светодиоды (Lighting Emitting Diodes)
СД-Б –	светодиоды белого спектра
СД-Б+К+С –	светодиоды с чередованием белого, красного и синего спектров
ТДЗ (TDZ) –	тидизаурон
УФ –	ультрафиолетовое излучение
ФАР –	фотосинтетически активная радиация
ХЧ –	химически чистый реактив
ЭГ –	этиленгликоль
ЭДТА –	этилендиаминтетрауксусная кислота
ЭП –	энергия прорастания
AN –	питательная среда по прописи Андерсона
<i>in vitro</i> –	выращивание растений в стекле
<i>ex vitro</i> –	адаптация растений к нестерильным условиям
MS (MC) –	питательная среда по прописи Мурасиге и Скуга
QL –	питательная среда по прописи Кворина и Лепуавра
WPM –	питательная среда Woody Plant Medium

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамчук, А.В. Дикорастущие травянистые растения и их фармакологические свойства [Текст] / А.В. Абрамчук. – Екатеринбург, 2003. – 55 с.
2. Агафонов, Н.В. Применение регуляторов роста в плодоводстве [Текст] / Н.В. Агафонов, В.В. Фаустов. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1972. – 64 с.
3. Агроклиматические ресурсы Костромской области [Текст]. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 100 с.
4. Аладина, О.А. Оптимизация технологии зеленого черенкования садовых растений [Текст] / О.А. Аладина // Известия ТСХА. – 2013. – Вып. 4. – С. 5–21.
5. Алексеева, У. «РосАгро»: на страже ваших урожаев [Текст] / У. Алексеева // Земля и жизнь. – 2014. – № 4 (55). – С. 19
6. АНО «Нэст-М»: офиц. сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nest-m.ru/> (дата обращения: 05.09.2021).
7. Аудриня, Б.А. Развитие куста брусники в зависимости от способа размножения [Текст] / Б.А. Аудриня // Брусничные в СССР: Ресурсы, интродукция, селекция: сб. науч. тр. – Новосибирск: Наука, 1990. – С. 292–301.
8. Бабешина Л. История и перспективы применения сфагновых мхов в медицине [Текст] / Л. Бабешина, Н. Келус, М. Котляр // Врач. – 2016. – № 12. – С. 31–33.
9. Бабикова, А.В. Растение как объект биотехнологии [Текст] / А.В. Бабикова, Т.Ю. Горпенченко, Ю.Н. Журавлев // Комаровские чтения. – 2007. – Вып. LV. – С. 184–211.
10. Баландина, Т.П. Брусника обыкновенная [Текст] / Т.П. Баландина, М.Г. Вахрамеева // Биологическая флора Московской области. – М., 1978. – Вып. 4. – С. 167–179.
11. Баланс запасов торфа Костромской области по состоянию на 01 января 2021 года [Электронный ресурс] // Департамент природных ресурсов и

охраны окружающей среды Костромской области: офиц. сайт. Режим доступа: [http://dpr44.ru/filearhiv/pub/Balans\\_torfa.pdf](http://dpr44.ru/filearhiv/pub/Balans_torfa.pdf) (дата обращения: 05.10.2021).

12. Бандзайтене, З.Ю. Биологическая и биохимическая характеристика брусники. 8. Влияние почвы, уровня грунтовых вод, толщины слоя песка и глубины посадки на укоренение черенков и рост побегов [Текст] / З.Ю. Бандзайтене // Тр. Акад. наук ЛитССР. – Вильнюс, 1978. – Сер. В. – Т. 4 (84). – С. 11–19.

13. Бандзайтене, З.Ю. Биологическая и биохимическая характеристика брусники. 15. Влияние мульчирования на развитие и плодоношение [Текст] / З.Ю. Бандзайтене, В.Ф. Буткус // Тр. Акад. наук ЛитССР. – Вильнюс, 1989. – Сер. В. – Т. 4 (108). – С. 38–45.

14. Бандзайтене, З.Ю. Выращивание брусники на различных почвах [Текст] / З.Ю. Бандзайтене // Ресурсы дикорастущих плодово-ягодных растений, их рациональное использование и организация плантационного выращивания хозяйственно ценных видов в свете решения Продовольственной программы СССР: тез. докл. науч.-произв. конф. – Гомель: БелНИИЛХ, 1983. – С. 97–99.

15. Бандзайтене, З.Ю. Опыт размножения и выращивания брусники обыкновенной [Текст] / З.Ю. Бандзайтене, В.Ф. Буткус // Брусничные в СССР: ресурсы, интродукция, селекция: сб. науч. тр. – Новосибирск: Наука, 1990. – С. 287–292.

16. Бельский, А.И. Возможность введения в культуру брусники в Сумском Полесье [Текст] / А.И. Бельский // Эколого-биологическое изучение ягодных растений семейства Брусничные и опыт освоения их промышленной культуры в СССР: тез. докл. Межреспубл. рабоч. сем. (Ганцевичи, 23–27 сентября 1991 г.). – Ганцевичи, 1991. – С. 13–15.

17. Биология культивируемых клеток и биотехнология растений [Текст] / Р.Г. Бутенко [и др.]; под ред. Р.Г. Бутенко. – М.: Наука, 1991. – 278 с.

18. Биотехнология. Кн. 3: Клеточная инженерия [Текст] / Сост. Р.Г. Бутенко [и др.]; под ред. Н.С. Егорова, В.Д. Самуилова. – М.: Высшая школа, 1987. – 127 с.

19. Божидай, Т.Н. Влияние генотипа и ауксина на процесс ризогенеза *ex vitro* сортов брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) [Текст] / Т.Н. Божидай, Н.В. Кухарчик // Биотехнология в плодоводстве: мат-лы Междунар. науч. конф. (Самохваловичи, 13–17 июня 2016 г.). – Самохваловичи, 2016. – С. 99–101.

20. Божидай, Т.Н. Влияние гормонального состава питательной среды и субстрата для адаптации на размножение сортов голубики узколистной [Текст] / Т.Н. Божидай, Н.В. Кухарчик // Опыт и перспективы возделывания ягодных растений семейства Брусничные на территории Беларуси и сопредельных стран: мат-лы Междунар. науч. сем. (Минск, 18–19 июля 2017 г.). – Минск, 2017. – С. 3–7.

21. Божидай, Т.Н. Морфологические показатели ризогенеза *ex vitro* сортов голубики Northblue и Duke [Текст] / Т.Н. Божидай, Н.В. Кухарчик // Теория и практика современного ягодоводства: от сорта до продукта: мат-лы междунар. науч. конф. (Самохваловичи, 16–18 июля 2014 г.). – Самохваловичи, 2014. – С. 139–142.

22. Божидай, Т.Н. Особенности размножения *in vitro* и укоренения *ex vitro* голубики сорта Northblue [Текст] / Т.Н. Божидай, Н.В. Кухарчик // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук. – 2014. – № 4. – С. 28–31.

23. Божидай, Т.Н. Укоренение *in vitro* и *ex vitro* голубики сорта Duke [Текст] / Т.Н. Божидай, Н.В. Кухарчик // Опыт и перспективы возделывания голубики на территории Беларуси и сопредельных стран: мат-лы Междунар. науч. конф. (Минск, 17–18 июля 2014 г.). – Минск, 2014. – С. 15–21.

24. Большаков, Б.М. Состояние и перспективы использования недревесных ресурсов леса [Текст] / Б.М. Большаков // Состояние и перспективы использования недревесных ресурсов леса: сб. ст. Междунар.

науч.-практ. конф. (Кострома, 10–11 сентября 2013 г.). – Пушкино: ВНИИЛМ, 2014. – С 7–11.

25. Бордок, И.В. Экономическая эффективность плантационного выращивания клюквы крупноплодной на выработанных торфяниках Беларуси [Текст] / И.В. Бордок // Состояние и перспективы развития нетрадиционных садовых культур. – Воронеж, 2003. – С. 59–63.

26. Будрюнене, Д.К. Достижения и проблемы интродукции брусники в Литовской ССР [Текст] / Д.К. Будрюнене, Ю.Б. Лабокас // Состояние и перспективы развития редких садовых культур в СССР: сб. науч. тр. – Мичуринск: ВНИИ садоводства им. И.В. Мичурина, 1989. – С. 89–91.

27. Бутенко, Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе [Текст] / Р. Г. Бутенко. – М.: ФБК-Пресс, 1999. – 160 с.

28. Бутенко, Р.Г. Методические указания по получению вариантных линий и растений у разных сортов картофеля [Текст] / Р.Г. Бутенко, Л.М. Хромова, Т.В. Седнина. – М.: ВАСХНИЛ, 1984. – 28 с.

29. Буткус, В. Рекультивация выработанных торфяников путем посева клюквы [Текст] / В. Буткус. – Вильнюс: Ин-т ботаники АН Лит. ССР, 1987. – 4 с.

30. Буш, Е.А. Ericaceae [Текст] / Е.А. Буш // Флора Сибири и Дальнего Востока. – 1919. – Вып. 3. – С. 98–106.

31. Бьядовский, И.А. Влияние различных по спектральному составу светодиодных источников света на укореняемость земляники садовой (*Fragaria ananassa*) *in vitro* [Текст] / И.А. Бьядовский // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019 – Т. 180, вып. 1. – С. 33–37. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-33-37.

32. Бьядовский, И.А. Действие импульсного магнитного поля на процессы адаптации и вегетативного развития микрорастений земляники садовой (*Fragaria×ananassa* Duch.) [Текст] / И.А. Бьядовский, М.Т. Упадышев, А.Д. Бронзова // Садоводство и виноградарство. – 2021. – № 4. – С. 19–24.



33. Бьядовский И.А. Клональное микроразмножение плодовых культур: метод. реком. [Текст] / И.А. Бьядовский, М.Т. Упадышев. – М.: ФГБНУ ФНЦ садоводства, 2020. – 69 с.

34. Валеев, Р.А. Повышение эффективности облучения меристемных растений с использованием светодиодных установок: дисс. ... канд. техн. наук: 05:20:02 [Текст] / Р.А. Валеев. – Ижевск, 2014. – 137 с.

35. Вигоров, Л.И. Избранные труды [Текст] / Л.И. Вигоров. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. – 200 с.

36. Волотович, А.А. Разработка и внедрение инновационной технологии ускоренного производства посадочного материала растений семейств Vacciniaceae и Ericaceae на базе УО «Полесский государственный университет» [Текст] / А.А. Волотович [и др.] // Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы: мат-лы IV Междунар. науч.-практ. конф. (Пинск, 20–22 мая 2010 г.). – Пинск, 2010. – Ч. II. – С. 163–165.

37. Волчков, В.Е. Влияние влажности почвенного субстрата на продуктивность и морфометрические показатели брусники сорта Коралл [Текст] / В.Е. Волчков, И.В. Маховик // Сб. науч. ст., посв. 50-летию Костромской лесной опытной станции ВНИИЛМ. – Кострома: ВНИИЛМ, 2006. – С. 138–143.

38. Волчков, В.Е. Выращивание посадочного материала брусники в теплице [Текст] / В.Е. Волчков, Т.И. Бобровникова // Ресурсы дикорастущих плодово-ягодных растений, их рациональное использование и организация плантационного выращивания хозяйственно ценных видов в свете решения Продовольственной программы СССР: тез. докл. науч.-произв. конф. – Гомель, 1983.

39. Волчков, В.Е. Культура лесных ягодных растений: обзор. информ. [Текст] / В.Е. Волчков, Т.И. Бобровникова, Л.А. Евтухова. – М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1987. – 29 с.

40. Воробьев, Д.П. Растительность Курильских островов [Текст] / Д.П. Воробьев. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – 91 с.

41. Выварец, А.Д. Экономика предприятия [Текст] / А.Д. Выварец. – М.: Юнити-Дана, 2007. – 543 с.

42. Выработанные торфяные месторождения, их характеристика и функционирование [Текст] / Л.И. Инишева, В.Е. Аристархова, Е.В. Порохина, А.Ф. Боровкова. – Томск: Изд-во ТГПУ, 2007. – 185 с.

43. Выращивание лесных ягодных растений в условиях *in vitro*: лабор. практикум [Текст] / Сост. С.С. Макаров, Е.А. Калашникова, И.Б. Кузнецова, Р.Н. Киракосян. – Караваево: Костромская ГСХА, 2019. – 48 с.

44. Высоцкий, В.А. Использование регуляторов роста нового поколения на этапе адаптации микрорастений жимолости [Текст] / В.А. Высоцкий, В.А. Валиков // Плодоводство и ягодоводство России. – М.: ВСТИСП, 2013. – Т. XXXVIII, Ч. 1. – С. 82–87.

45. Высоцкий, В.А. Клональное микроразмножение растений [Текст] / В.А. Высоцкий // Культура клеток растений и биотехнология. – М.: Наука, 1986. – С. 91–102.

46. Высоцкий, В.А. Морфогенез и клональное микроразмножение растений [Текст] / В.А. Высоцкий // Культура клеток растений и биотехнология. – М., 1986. – С. 91–102.

47. Гараев, И.Х. Антисептические перевязочные материалы на основе сфагнома [Текст] / И.Х. Гараев, И.Н. Мусин, Л.А. Зенитова // Бюллетень медицинской науки. – 2019. – №1 (13). – С. 8–13. DOI: 10.31684/2541-8475.2019.1(13).7-12

48. Гиголашвили, Т.С. Условия микроклонирования формируют специфический культуральный фенотип [Текст] / Т.С. Гиголашвили, О.Н. Родькин, В.Г. Реуцкий // Биология клеток растений *in vitro*, биотехнология и сохранение генофонда: тез. докл. VII междунар. конф. (25–28 ноября 1997 г.) – М., 1997. – С. 413–414.

49. Гладкова, Л.И. Введение в культуру дикорастущих ягодных растений [Текст] / Л.И. Гладкова. – М., 1981. – С. 39–44.

50. ГОСТ 12038-84. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести [Текст]. Утв. Постановлением Госстандарта СССР от 19.12.1984 № 4710 (ред. от 01.03.1995; с изм. от 01.10.1999).

51. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации (по сост. на 21.04.2021) [Электронный ресурс]. – М., 2021. – Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/> (дата обращения: 09.01.2022).

52. Гронский, И.Я. О некоторых результатах многолетних исследований по разведению клюквы болотной на плантации и отработанных торфяниках Латвии [Текст] / И.Я. Гронский, А.Э. Шницковскис // Достижения и перспективы в области инвентаризации, изучения рационального освоения и охраны недревесных лесных ресурсов на территории европейской части СССР: тез. докл. – Тарту, 1986. – С.49–50.

53. Гронский, И.Я. Ремобилизация продуктивности лесных угодий способом возделывания клюквы болотной на отработанных торфяниках [Текст] / И.Я. Гронский, А.Э. Шницковскис // Охрана и рациональное использование генофонда древесных пород и недревесной растительности леса: тез. докл. сем. (Каунас-Гирионис, 17–18 июня 1985 г.). – Каунас-Гирионис, 1985. – С. 22–23.

54. Гудь, Л.А. Влияние света разного спектрального диапазона на морфогенез ежевики и малины *in vitro* [Электронный ресурс] / Л.А. Гудь, Е.А. Калашникова, И.Г. Тараканов // Лесохозяйственная информация. – 2019. – № 2. – С. 97–102. Режим доступа: <http://lhi.vniilm.ru/> (дата обращения: 20.01.2020). DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2019.2.09

55. Гурьянова, А.В. Обоснование возможности применения сиропа из плодов красники (*Vaccinium praestans* Lamb.) в производстве кондитерских изделий [Текст] / А.В. Гурьянова // Молодежь XXI века: шаг в будущее: мат-лы XX регион. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 23 мая 2019 г.). – Благовещенск: Изд-во Амурского гос. ун-та, 2019. – Т. 2. – С. 67–69.

56. Гуськов, А.В. Метаболизм ауксинов в растениях и его регуляция [Текст] / А.В. Гуськов // Итоги науки и техники. Сер.: Физиология растений. – М., 1991. – Т. 8. – С. 125–158.

57. Данилова, М.А. Семенная продуктивность *Vaccinium vitis-idaea* L. в Чердынском районе Пермского края [Текст] / М.А. Данилова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – Вып. 2-1 (21). – С. 56–57.

58. Деменко, В.И. Адаптация растений, полученных *in vitro*, к нестерильным условиям [Текст] / В.И. Деменко, В.А. Лебедев // Известия ТСХА. – 2011. – Вып. 1. – С. 60–69.

59. Деменко, В.И. Микрклональное размножение садовых растений: учеб. пособие [Текст] / В.И. Деменко. – М.: ФГОУ ВПО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2007. – 55 с.

60. Деменко, В.И. Укоренение – ключевой этап размножения растений *in vitro* [Текст] / В.И. Деменко, К.А. Шестибратов, В.Г. Лебедев // Известия ТСХА, 2010. – Вып. 1. – С. 73–85.

61. Дорошенко, Т.Н. Биологические основы размножения плодовых растений: учеб. пособие [Текст] / Т.Н. Дорошенко, Л.Г. Рязанова. – Изд 2-е., испр. и доп. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 136 с.

62. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учеб. [Текст] / Б.А. Доспехов. – Изд. 6-е. – М.: Альянс, 2011. – 350 с.

63. Емелин, А.А. Спектральный аспект при использовании облучателей со светодиодами для выращивания салатных растений в условиях светокультуры [Текст] / А.А. Емелин, Л.Б. Прикупец, И.Г. Тараканов // Светотехника. – 2015. – № 4. – С. 47–52.

64. Зонтиков, Д.Н. Влияние состава питательных сред и регуляторов роста при клональном микроразмножении некоторых полиплоидных форм рода *Vaccinium* L. [Текст] / Д.Н. Зонтиков, С.А. Зонтикова, К.В. Малахова, Э.В. Марамохин // Известия Самарского НЦ РАН. – 2019. – Т. 21, № 2. – С. 39–44.

65. Исаева, И. Поселите в саду краснику [Текст] / И. Исаева // Сад и огород. – 2009. – № 8. – С. 26–29.
66. Исаева, И.С. Красника – удар по гипертонии [Текст] / И.С. Исаева // Сады России. – 2012. – № 7 (28). – С. 26–32.
67. Калашникова, Е.А. Клеточная инженерия растений: учеб. и практикум для вузов [Текст] / Е.А. Калашникова. – Изд. 2-е. – М.: Юрайт, 2020. – 333 с.
68. Калашникова, Е.А. Получение посадочного материала древесных, цветочных и травянистых растений с использованием методов биотехнологии: учеб. пособие [Текст] / Е.А. Калашникова, А.Р. Родин. – Изд. 3-е, испр. и доп. – М.: МГУЛ, 2004. – 84 с.
69. Калашникова, Е.А. Современные аспекты биотехнологии: учеб.-метод. пособие [Текст] / Е.А. Калашникова, М.Ю. Чередниченко, Р.Н. Киракосян. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. – 125 с.
70. Калинин, Ф.Л. Технология микроклонального размножения растений [Текст] / Ф.Л. Калинин, Г.П. Кушнир, В.В. Сарнацкая. – Киев: Наукова думка, 1992. – 232 с.
71. Катаева, Н.В. Клональное микроразмножение растений [Текст] / Н.В. Катаева, Р.Г. Бутенко. – М.: Наука, 1983. – 96 с.
72. Комаров, В.Л. Ботанический очерк Камчатки [Текст] / В.Л. Комаров. – Л.: Изд-во АН СССР, 1940. – 52 с.
73. Комаров, В.Л. Флора полуострова Камчатки [Текст] / В.Л. Комаров. – Л.: Изд-во АН СССР, 1929. – Т. 2. – 370 с.
74. Комиссаров, Д.А. Биологические основы размножения древесных растений черенками [Текст] / Д.А. Комиссаров. – М., 1964. – 292 с.
75. Коновальчук, В.К. Искусственное восстановление клюквы на выработанных торфяниках Полесья Украины [Текст] / В.К. Коновальчук, В.К. Мякушко // Пути повышения эффективности использования и воспроизводства пищевых, кормовых и лекарственных ресурсов леса в решении задач Продовольственной программы СССР: тез. докл. – Пенза, 1983. – С. 160–162.

76. Коновальчук, В.К. Размножение клюквы вегетативным способом на выработанных торфяниках Полесья Украины [Текст] / В.К. Коновальчук // Совершенствование лесного хозяйства и защитного лесоразведения. – Киев: УСХА, 1987. – С. 89–91.

77. Коренев, И.А. Создание новых сортов лесных ягодных растений и перспективы их интенсивного размножения (in vitro) [Электронный ресурс] / И.А. Коренев, Г.В. Тяк, С.С. Макаров // Лесохозяйственная информация : электрон. сетев. журн. – 2019. – № 3. – С. 180–189. Режим доступа: <http://lhi.vniilm.ru/> (дата обращения: 21.03.2020).

78. Корнацкий, С.А. Комплекс факторов, влияющих на жизнеспособность, рост и развитие микрорастений после культуры in vitro [Текст] / С.А. Корнацкий // Плодоводство и ягодоводство России. – М., 1999. – Т. 6. – С. 64–68.

79. Корнацкий, С.А. Технологический аспект клонального микроразмножения [Текст] / С.А. Корнацкий // Роль сортов и новых технологий в интенсивном садоводстве: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Орел, 2003. – С. 169–171.

80. Кортиков, В.Н. Полная энциклопедия лекарственных растений [Текст] / В.Н. Кортиков, А.В. Кортиков. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. – 797 с.

81. Костромская область в цифрах: краткий статистический сборник [Текст]. – Кострома: Костромастат, 2019. – 139 с.

82. Костромской центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды: офиц. сайт [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kostroma.meteorf.ru/> (дата обращения: 10.09.2021).

83. Кострыкина, С.А. Использование красники (*Vaccinium praestans* Lamb.) в производстве мучных кондитерских изделий [Текст] / С.А. Кострыкина // Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сб. науч. тр. – Благовещенск: Дальневосточ. гос. аграрный ун-т, 2019. – С. 77–81.

84. Красикова, В.И. Биология, запасы, использование и охрана красники (*Vaccinium praestans* Lamb.) на Сахалине: автореф. дисс ... канд. биол. наук [Текст] / В.И. Красикова. – Владивосток, 1986. – 24 с.

85. Красикова, В.И. Биология и рациональное использование красники (*Vaccinium praestans* Lamb.) на Сахалине [Текст] / В.И. Красикова. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. – 108 с.

86. Красикова, В.И. Влияние гиббереллина и стратификация на всхожесть и энергию прорастания семян красники *Vaccinium praestans* Lamb. [Текст] / В.И. Красикова, Л.М. Алексеева // Экологические свойства брусничных ягодных растений в природе и культуре: тез. докл. – Рига, 1989. – С. 70–71

87. Красикова, В.И. Ботаническая характеристика красники и сезонная динамика биологически активных веществ в ее надземной фитомассе [Текст] / В.И. Красикова, А.М. Лебедева // Брусничные в СССР: сб. науч. тр. – Новосибирск: Наука, СО, 1990. – С. 139–144.

88. Красикова, В.И. Запасы плодов *Vaccinium praestans* Lamb. на Сахалине [Текст] / В.И. Красикова, Л.М. Алексеева // Растительные ресурсы. – 1985. – Т. 21. – Вып. 2. – С. 176–179.

89. Красикова, В.И. Изучение брусничных на Сахалине [Текст] / В.И. Красикова, И.Г. Корнева, Л.М. Алексеева // Брусничные в СССР: сб. науч. тр. – Новосибирск: Наука, СО, 1990. – С. 28–32.

90. Красикова, В.И. Основные направления повышения продуктивности и восстановления естественных зарослей красники *Vaccinium praestans* Lamb. на острове Сахалин [Текст] / В.И. Красикова, Я.В. Денисова // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: мат-лы XX Междунар. науч. конф., посв. 150-летию со дня рождения академика РАН В.Л. Комарова (Петропавловск-Камчатский, 12–13 ноября 2019 г.). – Петропавловск-Камчатский, 2019. – С. 257–261.

91. Красикова, В.И. Строение цветка и динамика цветения *Vaccinium praestans* Lamb. [Текст] / В.И. Красикова, И.Г. Корнева // Биология и

интродукция полезных растений Сахалинской области. – Владивосток, 1979. – С. 8–11.

92. Красикова, В.И. Семенное и вегетативное размножение (*Vaccinium praestans* Lamb.) [Текст] / В.И. Красикова // Растительные ресурсы. – 1986. – Т. 22. – Вып. 2. – С. 199–204.

93. Крышняя, С.В. Некоторые данные о химическом составе плодов красники [Текст] / С.В. Крышняя, В.И. Красикова, Т.Я. Малышкина // Брусничные в СССР: сб. науч. тр. – Новосибирск: Наука, СО, 1990. – С. 158–165.

94. Крышняя, С.В. Химический состав плодов и листьев *Vaccinium praestans* [Текст] / С.В. Крышняя, В.И. Красикова // Наземные экосистемы острова Сахалина: современное состояние, природно-антропогенное изменение, охрана и рациональное использование природных ресурсов. – Южно-Сахалинск, 1999. – С. 121–128.

95. Кузнецова, И.Б. Влияние освещения на процессы побегообразования и ризогенеза брусники обыкновенной при клональном микроразмножении [Текст] / И.Б. Кузнецова, А.И. Чудецкий, Г.В. Тяк // Вестник БГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2021. – № 3 (64). – С. 102–108. DOI: 10.34655/bgsha.2021.64.3.013

96. Кузнецова, И.Б. Особенности клонального микроразмножения красники (*Vaccinium praestans* Lamb.) на этапах «введение в культуру *in vitro*» и «собственно микроразмножение» [Текст] / И.Б. Кузнецова, А.И. Чудецкий, С.С. Макаров // Аграрный вестник Нечерноземья. – 2021. – № 3 (3). – С. 14–19. DOI: 10.52025/2712-8679\_2021\_03\_14

97. Куклина, А.Г. Возможности размножения перспективных сортов жимолости синей [Текст] / А.Г. Куклина, Е.А. Семерикова // Актуальные проблемы садоводства России и пути их решения. – 2007. – С. 163–164.

98. Кулаева, О.Н. Цитокинины, их структура и функция [Текст] / О.Н. Кулаева. – М., 1973. – 264 с.

99. Курлович, Л.Е. Использование недревесных ресурсов леса при развитии арендных отношений [Текст] / Л.Е. Курлович, В.Н. Косицын //



Состояние и перспективы использования недревесных ресурсов леса: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (Кострома, 10–11 сентября 2013 г.). – Пушкино: ВНИИЛМ, 2014. – С 87–92.

100. Курлович, Т.В. Брусника, клюква, красника. Сорты, посадка, уход [Текст] / Т.В. Курлович, А.В. Гавриков. – М.: Кладезь-Букс, 2010. – 64 с.

101. Курлович, Т.В. Голубика высокорослая в Беларуси [Текст] / Т.В. Курлович, В.Н. Босак. – Минск: Беларуская навука, 1998. – 176 с.

102. Курлович, Т.В. Клюква, голубика, брусника: пособие для садоводов-любителей [Текст] / Т.В. Курлович. – М.: Ниола-Пресс; Юнион-Паблик, 2007. – 200 с.

103. Курлович, Т.В. Освоение культуры брусники: достижения, задачи и перспективы / Т.В. Курлович // Опыт и перспективы возделывания ягодных растений семейства Брусничные на территории Беларуси и сопредельных стран: мат-лы Междунар. науч.-практ. сем. (Минск, 18–19 июля 2017 г.). – Минск: Медисонт, 2017. – С. 66–73.

104. Кутас, Е.Н. Адаптация регенерантов интродуцированных сортов голубики высокой и брусники обыкновенной, регенерированных в культуре *in vitro*, к условиям *ex vitro* [Текст] / Е.Н. Кутас // Голубиководство в Беларуси: итоги и перспективы: мат-лы Республ. науч.-практ. конф. (Минск, Беларусь, 17 августа 2012 г.). – Минск, 2012. – С. 29–35.

105. Кутас, Е.Н. Научные основы клонального микроразмножения растений на примере интродуцированных сортов голубики высокой и брусники обыкновенной: автореф. дисс. ... д-ра биол. наук [Текст] / Е.Н. Кутас. – М., 1997. – 37 с.

106. Кутас, Е.Н. Онтогенез – фактор, влияющий на клональное микроразмножение растений [Текст] / Е.Н. Кутас, М.В. Гаранинова, И.Н. Малахова, М.В. Грищенко // Ботанические сады: состояние и перспективы сохранения, изучения, использования биологического разнообразия растительного мира: тез. докл. Междунар. науч. конф. (Минск, 30–31 мая 2002 г.). – Минск: БГПУ, 2002. – С. 156–157.

107. Лабокас, Ю.Б. Биологические особенности брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.), вводимой в культуру в условиях Литвы: автореф. дисс. ... канд. биол. наук [Текст] / Ю.Б. Лабокас. – Вильнюс, 1990. – 16 с.

108. Лабокас, Ю.Б. Оценка некоторых способов черенкования брусники при ее плантационном выращивании [Текст] / Ю.Б. Лабокас, Д.К. Будрюнене // Плантационное выращивание грибов и ягод: докл. сов.-сем. – Гомель, 1988. – С. 56–60.

109. Леонтьев-Орлов, О.А. Получение посадочного материала яблони методом культуры тканей [Текст] / О.А. Леонтьев-Орлов. – М., 1986. – 24 с.

110. Леса Костромской области: современное состояние и перспективы лесопользования: учеб. пособие [Текст] / В.В. Шутов [и др.]; под ред. В.В. Шутова. – Кострома: Изд-во КГТУ, 2006. – 179 с.

111. Лесной кодекс Российской Федерации [Текст]. Утв. Президентом Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ.

112. Лесной план Костромской области на 2019–2028 годы [Текст]. Утв. Постановлением губернатора Костромской области от 25.01.2019 № 17.

113. Лехмусхови, А. Исследования по культивированию брусники и клюквы [Текст] / А. Лехмусхови // Ресурсы недревесной продукции леса и вопросы их рационального освоения: тез. докл. советско-финляндского симп. (Петрозаводск, 22–26 августа 1988 г.). – Петрозаводск, 1988. – С. 33–35.

114. Лузянина, О.В. Проявление несовместимости у брусничных [Текст] / О.В. Лузянина // Генетические источники лекарственных и ароматических растений: сб. тр. Междунар. конф. – М.: ВИЛАР, 2001. – С. 293–297.

115. Лукин, И.Н. Выращивание брусники в Архангельской области: метод. реком. [Текст] / И.Н. Лукин. – Архангельск, 1982. – 15 с.

116. Мазуренко, М.Т. Вересковые кустарнички Дальнего Востока (структура и морфогенез) [Текст] / М.Т. Мазуренко; отв. ред. А.П. Хохряков. – М.: Наука, 1982. – 184 с.

117. Макаров, С.С. Адаптация лесных ягодных растений к нестерильным условиям *in vivo* с применением современных биопрепаратов [Текст] / 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

118. Макаров, С.С. Влияние освещения на ризогенез ягодных растений при клональном микроразмножении [Текст] / 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

119. Макаров, С.С. Влияние освещения различного спектрального диапазона на органогенез клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) при клональном микроразмножении [Текст] / 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.

120. Макаров, С.С. Органогенез голубики полувысокой при клональном микроразмножении в зависимости от условий освещения [Текст] / С.С. Макаров, И.Б. Кузнецова, В.В. Суров // Известия Оренбургского гос. аграрного ун-та. – 2021. – № 4 (90). – С. 76–79. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-90-4-76-79

121. Макаров, С.С. Перспективы использования плодово-ягодных недревесных ресурсов леса при организации многоцелевого лесопользования в Костромской области [Текст] / 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. (Саратов, 17–19 марта 2020 г.). – Саратов: Амирит, 2020. – С. 411–415.

122. Макаров, С.С. Проблемы использования и воспроизводства фитогенных пищевых и лекарственных ресурсов леса на землях лесного фонда Костромской области [Текст] / 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.

123. Маркова, М.Г. Влияние питательной среды и спектрального состава света на размножение земляники *in vitro* [Текст] / М.Г. Маркова, Е.Н. Сомова //

Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – Т. 63, № 2. – С. 35–41. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.63.2.35-41

124. Масалев, М.М. Физико-географическое положение и климат Костромской области [Текст] / М.М. Масалев // Природа Костромской области и ее охрана. – Ярославль: Верхне-Волжское кн. изд-во, 1973. – Вып. 1. – С. 19–31.

125. Матушкина, О.В. Клональное микроразмножение плодовых и ягодных культур и перспективы его использования [Текст] / О.В. Матушкина, И.Н. Пронина // Основные итоги и перспективы научных исследований ВНИИС им. И.В. Мичурина: сб. науч. тр. – Тамбов, 2001. – Т. 2. – С. 103–115.

126. Матушкина, О.В. Микрклональное размножение жимолости [Текст] / О.В. Матушкина // Состояние и перспективы развития нетрадиционных садовых культур: мат-лы Междунар. науч.-метод. конф. (Мичуринск, 12–14 августа 2003 г.). – Воронеж: Кварта, 2003. – С. 109–111.

127. Меркулова, В.А. Очерки по русской народной номенклатуре растений (Травы. Грибы. Ягоды) [Текст] / В.А. Меркулова. – М.: Наука, 1967. – 260 с.

128. Методические рекомендации по определению экономической эффективности научных достижений в садоводстве [Текст] / Сост. А.С. Косякин [и др.]. – М., 2005. – 111 с.

129. Микрклональное размножение брусники обыкновенной [Текст] / В.Н. Решетников [и др.] // Генетические основы селекции растений. Т. 3. Биотехнология в селекции растений. Клеточная инженерия. – Минск: Беларус. навука, 2012. – С. 335–346.

130. Миронов, К.А. Модель оптимизации пользования древесной и недревесной продукцией в южно-таежных лесах [Текст] / К.А. Миронов // Сб. науч. ст., посв. 50-летию Костромской лесной опытной станции ВНИИЛМ. – Кострома: ВНИИЛМ, 2006. – С. 201–207.

131. Михальчик, Л.С. Размножение яблони и вишни методом *in vitro* [Текст] / Л.С. Михальчик, В.И. Деменко // Мат-лы науч. конф. молодых ученых (14–17 июня 1988 г.). – 1988. – С. 649–657.

132. Моргунов, Д.Н. Анализ характеристик светодиодных источников света [Текст] / Д.Н. Моргунов, С.И. Васильев // Известия Оренбургского гос. аграрного ун-та. – 2016. – № 6 (62). – С. 75–77.

133. Мороз, Д.С. Особенности адаптации меристемных растений земляники садовой *Fragaria × ananassa* Duch. В условиях светодиодного освещения [Текст] / Д.С. Мороз, М.Ю. Шпак, Е.А. Петровская, С.Е. Медведик // Вестник БарГУ. Сер.: Биологические науки. Сельскохозяйственные науки. – 2019. – Вып. 7. – С. 73–82.

134. Морозов, О.В. Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.) в сосновых лесах Беларуси [Текст] / О.В. Морозов. – Минск: Право и экономика, 2006. – 114 с.

135. Морозов, О.В. Междурядная обработка почвы в культурах брусники [Текст] / О.В. Морозов // Брусничные в СССР: ресурсы, интродукция, селекция: сб. научн. тр. – Новосибирск: Наука, 1990. – С. 302–309.

136. Морозов, О.В. Научные основы культуры и селекции брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) в условиях Беларуси: дисс. ... д-ра биол. наук: 03.00.05 [Текст] / О.В. Морозов. – Минск, 2005. – 314 с.

137. Морозов, О.В. Селекционное значение опытных плантаций брусники [Текст] / О.В. Морозов // Плантационное выращивание грибов и ягод: докл. сов.-сем. (Гомель, 13–14 октября 1988 г.). – Гомель: БелНИИЛХ, 1988. – С. 40–43.

138. Муромцев, Г.С. Основы сельскохозяйственной биотехнологии [Текст] / Г.С. Муромцев, Р.Г. Бутенко, Т.И. Тихоненко, М.И. Прокофьев. – М.: Наука, 1990. – 383 с.

139. Недревесные лесные ресурсы Костромской области: дикорастущие плоды и ягоды, лекарственные растения и грибы: моногр. [Текст] / А.Ф.

Черкасов, К.А. Миронов, В.В. Шутов [и др.]. – Кострома: Изд-во КГТУ, 2006. – 250 с.

140. Нечаев, А.П. В зеленом царстве Приамурья [Текст] / А.П. Нечаев. – Хабаровск: Хаб. книж. изд-во, 1960. – 86 с.

141. Никиточкина, Т.Д. Малина, ежевика [Текст] / Т.Д. Никиточкина, Д.Н. Никиточкин. – М.: Ниола-Пресс, 2007. – 144 с.

142. Никифоров, С.Г. Стабильность и надежность светодиодов закладывается на производстве [Текст] / С.Г. Никифоров // Компоненты и технологии. – 2007. – № 5. – С. 59–66.

143. ОАО «Буйский химический завод»: офиц. сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bhz.ru/> (дата обращения: 12.05.2020).

144. ООО «Флора»: офиц. сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hb-101.ru/> (дата обращения: 05.09.2021).

145. Определитель растений Приморья и Приамурья [Текст]. – М.-Л.: Наука, 1966. – 491 с.

146. Основные направления действий по сохранению и рациональному использованию торфяных болот России [Текст]. – М., 2003. – 24 с.

147. Павловский, Н.Б. Сортовая брусника в Белорусском Полесье [Текст] / Н.Б. Павловский, Н.Н. Рубан. – Минск: Тэхналогія, 2000. – 230 с.

148. Паспорт национального проекта «Экология» [Текст]. Утв. протоколом президиума Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам от 24.12.2018 № 16. Режим доступа: <http://government.ru/info/35569/> (дата обращения: 04.09.2021)

149. Пастушенков, Л.В. Растения-антигипоксанты (фитотерапия) [Текст] / Л.В. Пастушенков, Е.Е. Лесиовская. – СПб.: Химико-фармацевтический ин-т, 1991. – 96 с.

150. Плаксен, Н.В. Гепатопротекторное действие сиропа из плодов Вакциниума превосходного [Текст] / Н.В. Плаксен, С.В. Степанов, Л.В. Устинова // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2014. – № 2. – С. 59–61.

151. Поджаров, В.К. Основные направления использования выработанных торфяников в лесном хозяйстве Беларуси [Текст] / В.К. Поджаров // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. – Гомель, 1998. – Вып. 49. – С. 8–12.

152. Поликарпова, Ф.Я. Размножение плодовых и ягодных культур зелеными черенками: учеб. пособие [Текст] / Ф.Я. Поликарпова. – Изд. 2-е. – М.: Агропромиздат, 1990. – 96 с.

153. Помология: в 5 т. Т. V: Земляника. Малина. Орехоплодные и редкие культуры [Текст] / Под общ. ред. Е.Н. Седова, Л.А. Грюнер. – Орел: ВНИИСПК, 2014. – 592 с.

154. Попов, М.Г. Растительный мир Сахалина [Текст] / М.Г. Попов. – М.: Наука, 1969. – 97 с.

155. Пояркова, А.И. Семейство *Vacciniaceae* S. Gray [Текст] / А.И. Пояркова // Флора СССР. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1952. – Т. 18. – С. 94–104.

156. Программа и методика интродукции и сортоизучения клюквы и брусники [Текст] / Сост. А.Ф. Черкасов, Г.В. Тяк, В.А. Макеев. – Кострома, 1999. – 20 с.

157. Прокопьева, Л.В. Урожайность ягод в ценопопуляциях брусники [Текст] / Л.В. Прокопьева, Н.В. Глотов // Проблемы экологии и природопользования в бассейнах рек Республики Марий Эл и сопредельных регионов: сб. мат-лов межрегион. науч.-практ. конф. – Йошкар-Ола, 2006. – С. 119–122.

158. Прокопьева, Л.В. Экологические особенности популяций брусники *Vaccinium vitis-idaea* L. в условиях подтаежных лесов Марийской низменности: автореф. дисс. ... канд. биол. наук [Текст] / Л.В. Прокопьева. – Нижний Новгород, 2006. – 22 с.

159. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18.08.2014 № 367 «Об утверждении перечня лесорастительных зон Российской Федерации и перечня лесных районов Российской Федерации» [Текст].

160. Производство оздоровленного посадочного материала ягодных и малораспространенных культур [Текст] / С.Д. Князев [и др.]. – Орел: ОрелГАУ, 2012. – 240 с.

161. Размножение плодовых растений в культуре *in vitro* [Текст] / Н.В. Кухарчик [и др.]; под общ. ред. Н.В. Кухарчик. – Минск: Беларуская навука, 2016. – 208 с.

162. Регуляторы роста растений [Текст] / К.З. Гамбург [и др.]. – М., 1979. – 246 с.

163. Решетников, В.Н. Некоторые аспекты микрклонального размножения голубики высокой и брусники обыкновенной [Текст] / В.Н. Решетников, Т.В. Антипова, В.Л. Филипена // Плодоводство. – Самохваловичи, 2007. – Т. 19. – С. 209–215.

164. Рипа, А.К. Биологические особенности брусники и введение ее в культуру [Текст] / А.К. Рипа, Б.А. Аудриня // Известия АН Латвийской ССР. – Рига, 1983. – № 10.

165. Рипа, А.К. Клюква крупноплодная, голубика высокая, брусника [Текст] / А.К. Рипа, В.Ф. Коломийцева, Б.А. Аудриня. – Рига: Зинатне, 1992. – 215 с.

166. Рипа, А.К. Новые ягодные культуры на отработанных торфяниках [Текст] / А.К. Рипа // Плантационное выращивание лесных грибов и ягод: тез. докл. – Гомель, 1988. – С. 37–39.

167. Родин, А.Р. Использование методов клеточной и генной инженерии для получения посадочного материала древесных пород [Текст] / А.Р. Родин, Е.А. Калашникова. – М.: МГУЛ, 1993. – 90 с.

168. Руководство по технологии и агротехнике плантационного выращивания клюквы, брусники и голубики [Текст] / Сост. А.Ф. Черкасов, Г.В. Тяк, В.А. Макеев [и др.]. – М.: ВНИИЛМ, Ин-т леса АН Беларуси, 1992. – 54 с.

169. Рязанова, В.А. Организация и планирование производства [Текст] / В.А. Рязанова, Э.Ю. Люшина; под ред. М.Ф. Балакина. – М.: Академия, 2010. – 272 с.



170. Сабитов, А.Ш. Мобилизация генетического разнообразия диких родичей культурных растений Дальнего Востока России и Северо-восточного Китая (по материалам экспедиций ДВОС ВИР 2001–2003 гг.) [Текст] / А.Ш. Сабитов, П.А. Чебукин, Ц. Чжан, М.О. Бурляева // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2014. – Т. 175. – Вып. 4. – С. 28–45.

171. Сакова, В.Г. Опыт культивирования брусники [Текст] / В.Г. Сакова // Проблемы продовольственного и кормового использования недревесных и второстепенных лесных ресурсов. – Красноярск, 1983. – С. 84.

172. Саликова, А.А. Влияние сока из плодов Вакциниума превосходного на грамположительные бактерии [Текст] / А.А. Саликова, Е.А. Зайцева, Л.В. Устинова // Инновационные технологии в медицине и фармакологии: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практич. конф. (Хабаровск, 25 августа 2016 г.). – Хабаровск, 2016. – № 1. – С. 65–70.

173. Сафронова, И.В. Особенности химического состава брусники обыкновенной и перспективы ее применения в медицине и здоровом питании [Текст] / И.В. Сафронова, И.А. Гольдина, К.В. Гайдуль, В.А. Козлов // Инновации и продовольственная безопасность. – 2015. – № 4 (10). – С. 63–73.

174. Саутин, В.И. Метеорологические особенности зимы 1971/1972 гг. и морозоустойчивость ягодных растений семейства брусничных [Текст] / В.И. Саутин, П.Н. Райко // Ботаника (исследования). – Минск: Наука и техника, 1975. – Вып. 25. – С. 210–212.

175. Сельскохозяйственная биотехнология и биоинженерия: учеб. [Текст] / В.С. Шевелуха [и др.]; под ред. В.С. Шевелухи. – М.: URSS, 2015. – 715 с.

176. Семенова, Н.А. Совершенствование технологии размножения *in vitro*, условий адаптации и доращивания жимолости съедобной: дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.08 [Текст] / Н.А. Семенова. – М., 2016. – 189 с.

177. Сидоров, В.А. Биотехнология растений. Клеточная селекция [Текст] / В.А. Сидоров. – Киев: Наукова думка, 1990. – 280 с.

178. Сидорович, Е.А. Интродукция и опыт выращивания клюквы крупноплодной, голубики высокой и брусники [Текст] / Е.А. Сидорович, Н.Н. Рубан, А.В. Шерстеникина. – Минск: БелНИИТИ, 1991. – 52 с.

179. Сидорович, Е.А. Клональное микроразмножение интродуцированных сортов голубики высокой и брусники обыкновенной в культуре *in vitro* в связи с генотипами [Текст] / Е.А. Сидорович, Е.Н. Кутас // Вестник Нац. акад. наук Беларуси. Сер. биял. наук. – 1998. – № 3. – С. 5–9.

180. Сидорович, Е.А. Клональное микроразмножение новых плодово-ягодных растений [Текст] / Е.А. Сидорович, Е.Н. Кутас. – Минск: Навука і тэхніка, 1996. – 245 с.

181. Сидорович, Е.А. Разработка технологии клонального микроразмножения интродуцированных сортов голубики высокой и брусники обыкновенной [Текст] / Е.А. Сидорович, Е.Н. Кутас, Н.Н. Рубан // Эколого-биологическое изучение ягодных растений семейства Брусничные и опыт освоения их промышленной культуры в СССР: тез. докл. Межреспубл. рабоч. сем. (Ганцевичи, 23–27 сентября 1991 г.). – Ганцевичи: Центр. бот. сад АН БССР, 1991. – С. 174–175.

182. Сидорович, Е.А. Плантационное выращивание голубики высокой на рекультивируемых торфяниках белорусского Полесья [Текст] / Е.А. Сидорович, Н.Н. Рубан, Т.В. Курлович // Вести АН БССР. Сер. с.-х. наук. – 1987. – Вып. 4. – С. 66–69.

183. Сидорович, Е.А. Регенерация интродуцированных сортов *Vaccinium vitis-idaea* L. в культуре *in vitro* [Текст] / Е.А. Сидорович, Е.Н. Кутас // Проблемы производства и переработки малораспространенных плодовых и ягодных культур: тез. докл. науч.-произв. конф. – Минск, 1996. – С. 32–34.

184. Синская, Е.Н. К вопросу о полиморфизме некоторых видов *Vaccinium* [Текст] / Е.Н. Синская, М.С. Щенкова // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1928. – Т. 18, вып.4. – С. 185–222.

185. Смирнов, И.Ю. Красника [Текст] / И.Ю. Смирнов // Наука и жизнь. – 1999. – № 10. – С. 49–52.

186. Смирнов, И.Ю. Перспективы окультуривания красники [Текст] / И.Ю. Смирнов // Плодоводство и ягодоводство России. – 2001. – Т. 8. – С. 94–99.

187. Смирнов, И.Ю. Способы размножения красники [Текст] / И.Ю. Смирнов // Адаптивные технологии в растениеводстве: мат-лы Всеросс. науч.-практ. конф., посв. 50-летию агрономического фак-та ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА (Ижевск, 18–19 ноября 2004 г.). – Ижевск, 2005. – С. 312–316.

188. Смирнов, И.Ю. Урожайность красники в условиях культуры [Текст] / И.Ю. Смирнов // Плодоводство и ягодоводство России. – 2003. – Т. 10. – С. 352–357.

189. Смирнов, И.Ю. Фенология красники в условиях интродукции [Текст] / И.Ю. Смирнов // Нетрадиционные и редкие растения, природные соединения и перспективы их использования. – Белгород: Всерос. науч.-исслед. ин-т семеноводства и селекции овощных культур РАСХН, 2006. – Т. 1. – С. 79–82.

190. Соловых, Н.В. Влияние светодиодного и лазерного излучения на рост и размножение ягодных культур *in vitro* на примере малины черной и актинидии коломикта [Текст] / Н.В. Соловых, А.В. Будаговский, М.Б. Янковская // Аграрная наука Евро-северо-востока. – 2014. – № 5 (42). – С. 16–24.

191. Соловых, Н.В. Использование биотехнологических методов в работе с ягодными культурами: метод. реком. [Текст] / Н.В. Соловых. – Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2009. – 47 с.

192. Состав, продуктивность и динамика еловых лесов Костромской области: моногр. [Текст] / Н.В. Рыжова [и др.]. – Кострома: Изд-во КГТУ, 2003. – 129 с.

193. Стахеева, Т.С. Биологические особенности размножения некоторых представителей рода *Vaccinium* L. [Текст] / Т.С. Стахеева // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 5. – С. 36–40.

194. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года [Текст]. Утв. распоряжением Правительства РФ от 11.02.2021 № 312-

р. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400235155/> (дата обращения: 06.09.2021)

195. Строева, О.А. Исследование гипотензивного действия фитопрепарата из Дальневосточного сырья [Электронный ресурс] / О.А. Строева, Т.Н. Вершкова, А.Я. Глушак [и др.] // Тихоокеанский медицинский конгресс: мат-лы XIII Тихоокеанского медицинского конгресса с междунар. участием (Владивосток, 14–15 сентября 2016 г.). – Владивосток: Медицина ДВ, 2015. – С. 90–91. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

196. Таращук, Е.Л. Выделение хозяйственно ценных форм брусники в Белоруссии и испытание их в условиях культуры [Текст] / Е.Л. Таращук // Плантационное выращивание грибов и ягод: докл. совещания-семинара (Гомель, 13–14 октября 1987 г.). – Гомель, 1988. – С. 49–55.

197. Таращук, Е.Л. Изучение формового разнообразия брусники в Белоруссии [Текст] / Е.Л. Таращук // Достижения и перспективы в области инвентаризации, изучения, рационального освоения и охраны недревесных лесных ресурсов на территории Европейской части СССР: тез. докл. науч.-произв. конф. (Тарту, 19–21 августа 1986 г.). – Тарту, 1986. – С. 133.

198. Таргонский, П.Н. Семенное и вегетативное возобновление брусники обыкновенной в Полесье Украины [Текст] / П.Н. Таргонский // Брусничные в СССР: ресурсы, интродукция, селекция: сб. науч. тр. – Новосибирск: Наука, 1990. – С. 114–119.

199. Таргонский, П.Н. Формовое разнообразие плодов брусники в Центральном Полесье УССР [Текст] / П.Н. Таргонский // Проблемы продовольственного и кормового использования недревесных и второстепенных лесных ресурсов: тез. докл. Всесоюзн. совещ. (Красноярск, 24–26 мая 1983 г.). – Красноярск, 1983. – С. 92.

200. Технология получения оздоровленного от вирусов посадочного материала плодовых и ягодных культур: метод. указания [Текст] / Сост. М.Т. Упадышев [и др.]. – М.: Росинформагротех, 2013. – 91 с.

201. Тихомиров, А.А. Научные и технологические основы формирования фототрофного звена биолого-технических систем жизнеобеспечения [Текст] / А.А. Тихомиров, С.А. Ушакова. – Красноярск, 2016. – 200 с.
202. Тихомиров, А.А. Светокультура растений [Текст] / А.А. Тихомиров, В.П. Шарупич, Г.М. Лисовский. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 213 с.
203. Торф, торфяные почвы, удобрения [Текст] / Н.Г. Ковалев, А.И. Поздняков, Д.А. Мусекаев, Л.А. Позднякова. – М., 1998. – 240 с.
204. Торфяные болота России: к анализу отраслевой информации [Текст] / Под ред. А.А. Сирина, Т.Ю. Минаевой. – М.: Геос, 2001. – 90 с.
205. Турецкая, Р.Х. Физиология корнеобразования у черенков и стимуляторы роста [Текст] / Р.Х. Турецкая. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 280 с.
206. Турова, А.Д. Лекарственные растения СССР и их применение [Текст] / А.Д. Турова, Э.Н. Сапожникова. – М.: Медицина, 1982. – 288 с.
207. Туровская, Н.И. Микрклональное размножение малины [Текст] / Н.И. Туровская, О.В. Стрыгина // Садоводство и виноградоводство. – 1990. – № 8. – С. 26–29.
208. Тяк, Г.В. Биологическая рекультивация выработанных торфяников путем создания посадок лесных ягодных растений [Текст] / Г.В. Тяк, Л.Е. Курлович, А.В. Тяк // Вестник Казанского гос. аграрного ун-та. – 2016. – Т. 11, № 2. – С. 43–46.
209. Тяк, Г.В. Выращивание посадочного материала брусники [Текст] / Г.В. Тяк, А.Н. Смирнов, С.А. Котельникова // Повышение комплексной продуктивности южно-таежных лесов Европейской части РСФСР: сб. науч. тр. – М.: ВНИИЛМ, 1990. – С. 86–92.
210. Тяк, Г.В. Интродукция западноевропейских сортов брусники в Костромской области [Текст] / Г.В. Тяк, С.А. Алтухова // Состояние и перспективы развития нетрадиционных садовых культур: мат-лы Междунар. науч.-метод. конф. (Мичуринск, 12–14 августа 2003 г.). – Воронеж: Кварта, 2003. – С. 80–84.

211. Тяк, Г.В. Использование брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.) для биологической рекультивации выработанных торфяников [Электронный ресурс] / Г.В. Тяк, Л.Е. Курлович, С.С. Макаров, А.В. Тяк // Белозеровские чтения: мат-лы I Всеросс. (с междунар. участием) науч.-практ. конф., посв. 120-летию со дня рождения ученого-флориста П. И. Белозерова (Кострома, 5 июня 2020 г.). – Кострома: Костром. гос. ун-т, 2020. – С. 207–212. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

212. Тяк, Г.В. Некоторые итоги 30-летней деятельности лаборатории недревесной продукции леса Центрально-европейской лесной опытной станции [Текст] / Г.В. Тяк // Перспективы инновационного развития лесного хозяйства: мат-лы Междунар. науч.-практич. конф. (Кострома, 25–26 августа 2011 г.). – Кострома: Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2011. – С. 79–82.

213. Тяк, Г.В. Некоторые результаты выращивания брусники на выработанных торфяниках [Текст] / Г.В. Тяк, С.А. Алтухова, Л.В. Вихарева // Сб. науч. ст., посв. 50-летию Костромской лесной опытной станции ВНИИЛМ. – Кострома: ВНИИЛМ, 2006. – С. 232–238.

214. Тяк, Г.В. Опыт выращивания брусники в условиях Костромской области [Текст] / Г.В. Тяк, А.Ф. Черкасов, С.А. Алтухова // Вопросы использования и восстановления древесных и недревесных ресурсов леса южной тайги. – М., 1998. – С. 50–63.

215. Тяк, Г.В. Первые отечественные сорта брусники [Текст] / Г.В. Тяк, А.Ф. Черкасов, С.А. Алтухова // Лесное хозяйство. – 2002. – № 5. – С. 37–38.

216. Тяк, Г.В. Перспективы выращивания брусники на выработанных торфяниках [Текст] / Г.В. Тяк, С.С. Макаров, А.И. Чудецкий // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: мат-лы VIII Междунар. науч.-практ. конф. (Саратов, 21–22 апреля 2021 г.). – Саратов: Амирит, 2021. – С. 523–527.

217. Тяк, Г.В. Рост и развитие сеянцев брусники в условиях культуры [Текст] / Г.В. Тяк, С.А. Алтухова // Тр. I Всеросс. конф. по ботаническому

ресурсоведению (Санкт-Петербург, 25–30 ноября 1996 г.). – СПб., 1996. – С. 144–145.

218. Тяк, Г.В. Создание на выработанных торфяниках посадок лесных ягодных растений как метод их биологической рекультивации [Текст] / Г.В. Тяк, Л.Е. Курлович // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья: сб. докл. Междунар. науч. конф. (Минск, 14–17 сентября 2016 г.). – Минск: Белоруская навука, 2016. – Т. 2. – С. 351–353.

219. Упадышев, М.Т. Действие света разного спектрального состава при микроразмножении плодовых и ягодных культур [Текст] / М.Т. Упадышев // Актуальная биотехнология. – 2018. – № 3 (26). – С. 522.

220. Упадышев, М.Т. Спектральный состав света при микроразмножении растений родов *Rubus* и *Sorbus* [Текст] / М.Т. Упадышев // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2002. – № 6 – С. 16–19.

221. Упадышев, М.Т. Сравнительная оценка воздействия магнитно-импульсной обработки на этапе адаптации микрорастений ежевики и малино-ежевичных гибридов к нестерильным условиям [Текст] / М.Т. Упадышев, О.В. Вершинина // Плодоводство и ягодоводство России. – 2020. – № 63. – С. 53–60.

222. Урусов, В.М. Растительность Курил: вопросы динамики и происхождения [Текст] / В.М. Урусов, М.Н. Чипизубова. – Владивосток: ТИГ ДВО РАН, Науч. совет «Комплексные проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов», 2000. – 303 с.

223. Фаустов, В.В. Биологические основы технологии зеленого черенкования садовых культур: автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук [Текст] / В.В. Фаустов. – М., 1991. – 35 с.

224. Фоменко, Т.И. Сохранение биологического разнообразия растений в культуре ткани *in vitro* и его рациональное использование [Текст] / Т.И. Фоменко [и др.] // Центральный ботанический сад НАН Беларуси: сохранение, изучение и использование биоразнообразия мировой флоры / Под ред. В.В. Титка, В.Н. Решетникова. – Минск, 2012. – С. 265–267.

225. Худобкин, Т.М. Культура клюквы, брусники и голубики на торфяных выработках [Текст] / Т.М. Худобкин // Эколого-биологическое изучение ягодных растений семейства Брусничные и опыт освоения их промышленной культуры в СССР: тез. докл. – Ганцевичи, 1991. – С. 200–201.

226. Чернягина, О.А. Красника *Vaccinium praestans* на Камчатке [Текст] / О.А. Чернягина // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: мат-лы XIII Междунар. науч. конф., посв. 75-летию со дня рождения д.б.н. С.А. Дыренкова (Петропавловск-Камчатский, 14–15 ноября 2012 г.). – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2012. – С. 124–128.

227. Черняева, А. Красника [Текст] / А. Черняева // Наука и жизнь. – 1990. – № 3. – С. 106–107.

228. Чижик, О.В. Адаптация клонированного посадочного материала древесно-кустарниковых видов рода *Vaccinium* с использованием комплексного микробного препарата [Текст] / О.В. Чижик, В.Л. Филипена, В.И. Горбачевич [и др.] // Биологически активные вещества растений – изучение и использование: мат-лы Междунар. науч. конф. (Минск, 29–31 мая 2013 г.). – Минск: Центральный ботанический сад АН Беларуси, 2013. – С. 348–349.

229. Чижикова, О.Г. Химический состав плодов *Vaccinium praestans* Lamb. [Текст] / О.Г. Чижикова, Л.И. Ефименко, А.В. Пантюхова, С.А. Калугина // Растительные ресурсы. – 1988. – Т. 24, вып. 4. – С. 507–510.

230. Чиркова, Н.Ю. Эколого-биологическая и ресурсная характеристика ценопопуляций *Vaccinium vitis-idaea* L. в условиях южнотаежных лесов Кировской области: дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.05 [Текст] / Н.Ю. Чиркова. – Киров, 2008. – 217 с.

231. Чудецкий, А.И. Адаптация брусники обыкновенной *ex vitro* с использованием современных стимуляторов роста [Текст] / А.И. Чудецкий, С.С. Макаров // Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения: сб. науч. тр. IX Междунар. науч. конф. молодых ученых (Москва, 16–17 декабря 2021 г.). – М.: ФГБНУ ВИЛАР, 2021. – С. 56–60. DOI: 10.52101/9785870191027\_2021\_56



232. Чудецкий, А.И. Адаптация красники (*Vaccinium praestans* Lamb.) *ex vitro* с применением современных стимуляторов роста [Текст] / А.И. Чудецкий, С.С. Макаров // Безопасный Север – чистая Арктика: мат-лы IV Всеросс. науч.-практ. конф. (Сургут, 11–12 ноября 2021 г.). – Сургут: СурГУ, 2022. – С. 36–39.

233. Чудецкий, А.И. Адаптация сортового посадочного материала брусники обыкновенной к нестерильным условиям *ex vitro* для выращивания на нелесных землях [Текст] / А.И. Чудецкий, С.А. Родин, Л.В. Зарубина, И.Б. Кузнецова // Лесохозяйственная информация. – 2021. – № 4. – С. 106–113. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2021.4.08

234. 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. Режим доступа: <http://lhi.vniilm.ru/> (дата обращения: 15.06.2021). DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2020.3.05

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

236. Чудецкий, А.И. Влияние освещения на органогенез красники (*Vaccinium praestans* Lamb.) при клональном микроразмножении [Текст] / А.И. Чудецкий, И.Б. Кузнецова, С.С. Макаров, Е.И. Куликова // Известия Оренбургского гос. аграрного ун-та. – 2021. – № 3 (89). – С. 92–95. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-89-3-92-95

237. Чудецкий, А.И. Влияние росторегулирующих веществ на процесс органогенеза красники (*Vaccinium praestans* Lamb.) в культуре *in vitro* [Текст] / А.И. Чудецкий, С.С. Макаров // Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения: сб. науч. тр. Междунар. науч. конф. молодых ученых (Москва, 17–18 декабря 2020 г.). – М.: ФГБНУ ВИЛАР, 2020. – С. 160–165. DOI: 10.52101/9785870190921\_2021\_8\_160

238. Чудецкий, А.И. Методические рекомендации по выращиванию посадочного материала брусники и красники *in vitro* и *ex vitro* [Электронный ресурс] / А.И. Чудецкий, С.С. Макаров, С.А. Родин. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2022. – 20 с. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

239. Чудецкий, А.И. Органогенез красники (*Vaccinium praestans* Lamb.) при клональном микроразмножении [Текст] / А.И. Чудецкий, С.А. Родин, П.А. Феклистов [и др.] // Лесохозяйственная информация. – 2022. – № 1. – С. 62–73. DOI: 10.24419/LNI.2304-3083.2022.1.04

240. Чудецкий, А.И. Перспективы введения в культуру *in vitro* красники (*Vaccinium praestans* Lamb.) для выращивания в условиях Костромской области [Текст] / А.И. Чудецкий, С.С. Макаров // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: сб. ст. 72-й Междунар. науч.-практ. конф. – Каравеево: Костромская ГСХА, 2021. – С. 47–51.

241. Чудецкий, А.И. Получение посадочного материала красники (*Vaccinium praestans* Lamb.) методом клонального микроразмножения [Текст] / А.И. Чудецкий, И.Б. Кузнецова, С.С. Макаров, В.В. Суров // Вестник БГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2021. – № 2 (63). – С. 122–128. DOI: 10.34655/bgsha.2021.63.2.017

242. Шапиро, Д.К. Дикорастущие плоды и ягоды [Текст] / Д.К. Шапиро, Н.И. Манциводо, В.А. Михайловская. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Минск: Ураджай, 1988. – 128 с.

243. Шаповал, О.А. Перспективы использования регуляторов роста растения [Текст] / О.А. Шаповал, В.В. Вакуленко, И.Л. Можарова // Плодородие. – 2006. – № 6. – С. 13–14.

244. Шарлинг, Э.А. Влияние хозяйственной деятельности на состояние клюквенников в Нечерноземной зоне РСФСР [Текст] / Э.А. Шарлинг // Мелиорация земель в Нечерноземной зоне РСФСР: сб. науч. тр. – М.: ВНИИЛМ, 1978. – С. 126–131.

245. Шахмачев, В.И. Лекарственные растения в урологии [Текст] / В.И. Шахмачев. – Чебоксары: Чуваш. кн.изд-во, 1995. – 208 с.

246. Шевелуха, В.С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе [Текст] / В.С. Шевелуха. – М.: Колос, 1992. – 598 с.

247. Шевченко, В.А. Технология производства продукции растениеводства [Текст] / В.А. Шевченко, О.А. Распутин, Н.В. Скороходова, Т.П. Кобзева; под. ред. В.А. Шевченко. – М.: КМК, 2004. – 382 с.

248. Шорников, Д.Г. Перспективные виды нетрадиционных и редких культур и их активная интродукция с применением биотехнологических методов размножения растений [Текст] / Д.Г. Шорников, С.А. Муратова, М.Б. Янковская // Нетрадиционные и редкие растения, природные соединения и перспективы их использования. – 2006. – Т. 1. – С. 49–52.

249. Шорников, Д.Г. Совершенствование технологии размножения редких садовых растений в культуре *in vitro* и оценка их потенциала устойчивости к абиотическим стрессорам: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук [Текст] / Д.Г. Шорников. – Мичуринск-Наукоград, 2008. – 28 с.

250. Шретер, А.И. Лекарственные растения Костромской области [Текст] / А.И. Шретер, В.В. Шутов, А.М. Задорожный. – М.: Экология, 1992. – 365 с.

251. Шутов, В.В. О проблемах повышения эффективности использования дикорастущих ягодников [Текст] / В.В. Шутов, А.Ф. Черкасов // Сб. науч. ст., посв. 50-летию Костромской лесной опытной станции ВНИИЛМ. – Кострома: ВНИИЛМ, 2006. – С. 241–247.

252. Яковлев, А.П. Влияние условий минерального питания на развитие и метаболизм клюквы крупноплодной (*Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pers.) и голубики (*Vaccinium uliginosum* L.) при интродукции на выработанных торфяниках севера Беларуси: автореф. дисс. ... канд. биол. наук [Текст] / А.П. Яковлев. – Гомель, 1999. – 20 с.

253. Яковлев, А.П. Интродукция культурных сортов *Vaccinium vitis-idaea* L. на выработанных торфяниках Белорусского Поозерья [Текст] / А.П. Яковлев, К.Э. Вогулкин // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: мат-лы V Междунар. симп. – М., 2003. – Т. 2. – С. 193–195.

254. Яковцева, М.Н. Фотоморфогенетическая регуляция роста и развития земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) в условиях светокультуры: дисс. ... канд. биол. наук: 03.01.05 [Текст] / М.Н. Яковцева. – М., 2017. – 152 с.

255. Янковская, М.Б. Сохранение и размножение ценных форм ягодных и декоративных растений методами биотехнологии [Текст] / М.Б. Янковская, Д.Г. Шорников, С.А. Муратова, Н.В. Соловых // Проблемы озеленения городов Сибири и сопредельных территорий: мат-лы Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Иркутск, 18–20 августа 2011 г.). – Иркутск, 2011. – Ч. IV, вып. 44. – С. 160–166.

256. Anderson, W.C. Propagation of Rhododendrons by Tissue Culture. 1. Development of a Culture Medium for Multiplication of Shoots [Text] / W.C. Anderson // Proc. Int. Plant Prop. Soc. – 1975. – Vol. 25. – P. 129–135.

257. Arigundam, U. Liquid Culture for Efficient In Vitro Propagation of Adventitious Shoots in Wild *Vaccinium vitis-idaea* ssp. *minus* (Lingonberry) Using Temporary Immersion and Stationary Bioreactors [Text] / U. Arigundam, A.M. Variyath, Y.L. Siow [et al.] // Scientia Horticulturae. – 2020. – V. 264. – P. 1091–1099. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109199

258. Brainerd, K.E. Leaf Anatomy and Water Stress of Aseptically Cultured ‘Pixy’ Plum Grown Under Different Environments [Text] / K.E. Brainerd, L.H. Fuchigami, D. Kurat Kowski, C.S. Clark // Hort. Sci. – 1981. – V. 16. – P. 173–175.

259. Budriuniene, D. Regeneration Potentials of Raised Bogs [Text] / D. Budriuniene // Biologija. – 1995. – V. 3-4. – P. 84–85.

260. Bula, R.J. Light-emitting Diodes as a Radiation Source for Plants [Text] / R.J. Bula, R.C. Morrow, T.W. Tibbitts [et al.] // HortScience. 1991. – V. 26. – P. 203–205.

261. Cardenal, L.Y.R. Propagación in vitro de plantas adultas de *Vaccinium meridionale* (Ericaceae) [Text] / L.Y.R. Cardenal, J.C.P. Maldonado // Acta Bot. Bras. – 2010. – V. 24 (4). – P. 1086–1095. DOI: 10.1590/S0102-3306201000040002

262. Chandler, C.K. Effect of Zeatin and 2-iP on Shoot Proliferation of Three Highbush Blueberry Clones In Vitro [Text] / C.K. Chandler, A.D. Draper // HortScience. – 1986. – V. 21. – P. 1065–1066.

263. Chattopadhyay, S. Bioprocess Considerations for Production of Secondary Metabolites by Plant Cell Suspension Cultures [Text] / S. Chattopadhyay, S. Farkya, A. Srivastava, V. Bisaria // Biotechnology and Bioprocess Engineering. – 2002. – V. 7, no. 3. – P. 138–149. DOI: 10.1007/BF02932911

264. Cope, K. Spectral Effects of Three Types of White Lightemitting Diodes on Plant Growth and Development: Absolute Versus Relative Amounts of Blue Light [Text] / K. Cope, B. Bugbee // Hortscience. – 2013. – V. 48, no. 4. – P. 504–509. DOI: 10.21273/HORTSCI.48.4.504

265. Debnath, S.C. A Scaled-up System for In Vitro Multiplication of Thidiazuron-induced Red Raspberry Shoots Using a Bioreactor [Text] / S.C. Debnath // J. Hortic. Sci. Biotechnol. – 2010. – V. 85. – P. 94–100. DOI: 10.1080/14620316.2010.11512637

266. Debnath, S.C. A Scale-up System for Lowbush Blueberry Micropropagation Using a Bioreactor [Text] / S.C. Debnath // HortScience. – 2009. – V. 44, no. 7. – P. 1962–1966. DOI: 10.21273/HORTSCI.44.7.1962

267. Debnath, S.C. A Two-step Procedure for Adventitious Shoot Regeneration from In Vitro-derived Lingonberry Leaves: Shoot Induction with TDZ and Shoot Elongation Using Zeatin [Text] / S.C. Debnath // HortScience. – 2005. – V. 40, no. 1. – P. 189–192. DOI: 10.21273/HORTSCI.40.1.189

268. Debnath, S.C. An Efficient Adventitious Shoot Regeneration System on Excised Leaves of Micropropagated Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) [Text] / S.C. Debnath, K.B. McRae // J. Hortic. Sci. Biotechnol. – 2002. – V. 77. – P. 744–752. DOI: 10.1080/14620316.2002.11511567

269. Debnath, S.C. An Efficient In Vitro Shoot Propagation of Cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) by Axillary Bud Proliferation [Text] / S.C. Debnath, K.B. McRae // In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant. – 2001. – V. 37, no. 2. – P. 243–249. DOI: 10.1007/s11627-001-0043-9

270. Debnath, S.C. Bioreactors and Molecular Analysis in Berry Crop Micropropagation: A Review [Text] / S.C. Debnath // Canadian Journal of Plant Science. – 2011. – V. 91, no. 1. – P. 147–157. DOI: 10.4141/cjps10131

271. Debnath, S.C. Developing a Scale-up System for the In Vitro Multiplication of Thidiazuron-induced Strawberry Shoots Using a Bioreactor [Text] / S.C. Debnath // Canadian Journal of Plant Science. – 2008. – V. 88, no. 4. – P. 737–746. DOI: 10.4141/CJPS07147

272. Debnath, S.C. Effects of Carbon Source and Concentration on Development of Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) Shoots Cultivated In Vitro from Nodal Explants [Text] / S.C. Debnath // In Vitro Cell. Dev. Biol. – Plant. – 2005. – V. 41. – P. 145–150. DOI: 10.1079/IVP2004590

273. Debnath, S.C. Improved Shoot Organogenesis From Hypocotyl Segments of Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea*L.) [Text] / S.C. Debnath // In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant. – 2003. – V. 39, no. 5. – P. 490–495. DOI: 10.1079/IVP2003458

274. Debnath, S.C. In Vitro Culture of Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) [Text] / S.C. Debnath, K.B. McRae // Small Fruits Review. – 2001. – Vol. 1 (3). – P. 3–19. DOI: 10.1300/J301v01n03\_02

275. Debnath, S.C. In Vitro Culture of Lowbush Blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.) [Text] / S.C. Debnath // Small Fruits Review. – 2004. – V. 3, no. 3-4. – P. 393–408. DOI: 10.1300/J301v03n03\_16

276. Debnath, S.C. In Vitro Propagation and Variation of Antioxidant Properties in Micropropagated *Vaccinium* Berry Plants – A Review [Text] / S.C. Debnath, J.C. Goyali // Molecules. – 2020. – V. 25. – P. 788. DOI: 10.3390/molecules25040788

277. Debnath, S.C. In Vitro Propagation Strategies of Medicinally Important Berry Crop, Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) [Text] / S.C. Debnath, U. Arigundam // Agronomy. – 2020. – V. 10. – #744. DOI: 10.3390/agronomy10050744

278. Debnath, S.C. Influence of Propagation Method and Indole-3-butyric Acid on Growth and Development of In Vitro and Ex Vitro-derived Lingonberry Plants

[Text] / S.C. Debnath // Plant Growth Regulation. – 2007. – V. 51, no. 3. – P. 245–253. DOI: 10.1007/s10725-006-9164-9

279. Debnath, S.C. Influence of Propagation Method and Indole-3-butyric Acid on Growth and Development of In Vitro and Ex Vitro-Derived Lingonberry Plants [Text] / S.C. Debnath // Can. J. Plant Sci. – 2006. – V. 86. – P. 235–243. DOI: 10.4141/P04-142

280. Debnath, S.C. Micropropagation of Lingonberry: Influence of Genotype, Explant Orientation, and Overcoming TDZ-induced Inhibition of Shoot Elongation Using Zeatin [Text] / S.C. Debnath // HortScience. – 2005. – V. 40, no. 1. – P. 185–188. DOI: 10.21273/HORTSCI.40.1.185

281. Debnath, S.C. Micropropagation of Small Fruits / S.C. Debnath // Micropropagation of Woody Trees and Fruits [Text] / S.C. Debnath; S.M. Jain, K.Ishii (eds.). – Kluwer Academic Publ., Dordrecht, the Netherlands, 2003. – P. 465–506. DOI: 10.1007/978-94-010-0125-0\_15

282. Debnath, S.C. Morphological and Molecular Analyses in Micropropagated Berry Plants Acclimatized under Ex Vitro Condition [Text] / S.C. Debnath, P. Vyas, J.C. Goyali, A.U. Igamberdiev // Can. J. Plant Sci. – 2012. – V. 92. – P. 1065–1073. DOI: 10.4141/CJPS2011-194

283. Debnath, S.C. Morphological Development of Lingonberry as Affected by In Vitro and Ex Vitro Propagation Methods and Source Propagule [Text] / S.C. Debnath // HortScience. – 2005. – V. 40 (3). – P. 760–763. DOI: 10.21273/HORTSCI.40.3.760

284. Debnath, S.C. Propagation of Vaccinium In Vitro: A Review [Text] / S.C. Debnath // International Journal of Fruit Science. – 2007. – V. 6, no. 2. – P. 47–71. DOI: 10.1300/J492v06n02\_04

285. Debnath, S.C. Strategies to Propagate Vaccinium Nuclear Fruit Stocks for the Canadian Industry [Text] / S.C. Debnath // Canadian Journal of Plant Science. – 2007. – V. 87, no. 4. – P. 911–922. DOI: 10.4141/P06-131

286. Demarsy, E. Higher Plants Use LOV to Perceive Blue Light [Text] / E. Demarsy, C. Fankhauser // *Current Opinion in Plant Biology*. – 2009. – V. 12. – P. 69–74.

287. Dierking, W. Cultivation of Lingonberries in North Germany [Text] / W. Dierking // *Abstracts 4th Int. Symp. on Vaccinium Culture, Michigan, Madison, Wisconsin, USA, 13–17 August 1988*. – P. 21.

288. Dierking, W. Europäische Vaccinium-Arten [Text] / W. Dierking // *Acta Horticulturae*. – 1993. – V. 346. – P. 241–245.

289. Eccher, T. Comparison between 2-iP and Zeatin in the Micropropagation of Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum*) [Text] / T. Eccher, N. Noè // *Acta Hortic*. – 1989. – V. 241. – P. 185–190. DOI: 10.17660/ActaHortic.1989.241.29

290. Eckerbom, C. Lingonberry in Cultivation [Text] / C. Eckerbom // *The Swedish University of Agricultural Sciences. Division of Fruit Breeding, Balsgård. Report 1986–1987*. – 1988. – P. 72–75.

291. Eid, H.M. Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) Exhibits Antidiabetic Activities in a Mouse Model of Diet-Induced Obesity [Web source] / H.M. Eid // *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. – 2014. Mode of access: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/645812> (date of access: 24.05.2019).

292. Evans, D.A. Techniques for Propagation and Breeding [Text] / D.A. Evans, W.R. Sharp, P.V. Ammirato, Y. Yamada // *Handbook of Plant Cell Culture*. – NY, USA: Macmillan Publ., 1983. – V. 1. – P. 970.

293. Foley, S.L. Influence of In Vitro and Ex Vitro Propagation on Anthocyanin Content and Anti-oxidant Activity of Lingonberries [Text] / S.L. Foley, S.C Debnath // *J. Hortic. Sci. Biotech*. – 2007. – V. 82. – P. 114–118. DOI: 10.1080/14620316.2007.11512207

294. Foley, S.L. Influence of In Vitro and Ex Vitro Propagation of the Growth and Development of Lingonberry: A Thesis [Text] / S.L. Foley. – Memorial University of Newfoundland, 2006. – XIII, 92 p.



295. Frett, J.J. In Vitro Shoot Production of Lowbush Blueberry [Text] / J.J. Frett, J.M. Smagula // Canadian Journal of Plant Science. – 1983. – V. 63, no. 2. – P. 467–472. DOI: 10.4141/cjps83-054

296. Gajdošová, A. Microclonal Propagation of Vaccinium sp. and Rubus sp. and Detection of Genetic Variability in Culture In Vitro [Text] / A. Gajdošová, M.G. Ostrolucká, G. Libiaková [et al.] // Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. – 2006. – V. 14. – P. 103–118.

297. Gajdošová, A. Protocol for Micropropagation Of Vaccinium vitis-idaea L. [Text] / A. Gajdošová, M.G. Ostrolucká, G. Libiaková, E. Ondrušková // Protocols for Micropropagation of Woody Trees and Fruits / M. Jain, H. Häggman (eds.). – 2007. – P. 457–464. DOI: 10.1007/978-1-4020-6352-7\_42

298. Gebhard K. In Vitro Shoot Regeneration of Lingonberry Clones [Text] / K. Gebhard, M. Friedrich // Gartenbauwissen Schaft. – 1986. – V. 51, no. 4. – P. 170–175.

299. George, E.F. Micropropagation in Practice [Text] / E.F. George // Plant Propagation by Tissue Culture, Pt. 2: In Practice / E.F. George (ed.). – Edington, UK: Exegetics Ltd., 1996. – P. 834–1222.

300. Georgieva, M. In Vitro Propagation of Wild Bulgarian Small Berry Fruits (Bilberry, Lingonberry, Raspberry and Strawberry) [Text] / M. Georgieva, I. Badjakov, I. Dincheva, S. Yancheva, V. Kondakova // Bulg. J. Agric. Sci. – 2016. – V. 22. – P. 46–51.

301. Goins, G.D. Photomorphogenesis, Photosynthesis, and Seed Yield of Wheat Plants Grown under Red Light-emitting Diodes (LEDs) with and without Supplemental Blue Lighting [Text] / G.D. Goins, N.C. Yorio, M.M. Sanwo, C.S. Brown // Journal of Experimental Botany. – 1997. – V. 48. – P. 1407–1413.

302. Gonzalez, M.V. Micropropagation of Three Berry Fruit Species Using Nodal Segments from Field-grown Plants [Text] / M.V. Gonzalez, M. Lopez, A.E. Valdes, R.J. Ordas // Ann. Appl. Biol. – 2000. – V. 137, no. 1. – P. 73–78. DOI: 10.1111/j.1744-7348.2000.tb00059.x

303. Gosh, A. Thidiazuron-induced Somatic Embryogenesis and Changes of Antioxidant Properties in Tissue Cultures of Half-high Blueberry Plants [Text] / A. Gosh, A.U. Igamberdiev, S.C. Debnath // *Sci. Rep.* – 2018. – V. 8. – P. 169–178. DOI: 10.1038/s41598-018-35233-6
304. Gough, B. An Encyclopedia of Small Fruit [Text] / B. Gough. – NY, USA: Haworth Food & Agricultural Products Press, 2008. – 161 p.
305. Gustavsson, B. Breeding Strategies in Lingonberry Culture (*Vaccinium vitis-idaea*) [Text] / B. Gustavsson // *Acta Hortic.* – 1997. – V. 446. – P. 129–137.
306. Gustavsson, B. Development of the Lingonberry *Vaccinium vitis-idaea* L. Culture in Sweden [Text] / B. Gustavsson // *Proc. XXX Int. Conf. “Wild Berry Culture: An Exchange of Western and Eastern Experiences”*, Tartu, 10–13 August, 1998. – Tartu: Estonian Agricultural University, 1998. – P. 63–69.
307. Gustavsson, B. Lingonberry Breeding and Cultivation [Text] / B. Gustavsson // *Acta Hortic.* – 1993. – V. 346. – P. 311–313.
308. Gustavsson, B.A. V. ‘Ida’ and ‘Linnea’– Novel Lingonberry Cultivars with Commercial Potential [Text] / B.A. Gustavsson, V. Trajkovski // *Fruit Varieties Journal.* – 1999. – V. 4. – P. 228–231.
309. Gustavsson, B.A. Effects of Mulching on Fruit Yield, Accumulated Plant Growth and Fungal Attack in Cultivated Lingonberry, cv. Sanna, *Vaccinium vitis-idaea* L. [Text] / B.A. Gustavsson // *Gartenbauwissenschaft.* – 1999. – V. 64, no. 2. – S. 65–69.
310. Gustavsson, B.A. Field Performance of ‘Sanna’ Lingonberry Derived by Micropropagation vs. Stem Cuttings [Text] / B.A. Gustavsson, V. Stanys // *HortScience.* – 2000. – V. 35. – P. 742–744. DOI: 10.21273/HORTSCI.35.4.742
311. Hiirsalmi, H. Research into *Vaccinium* Cultivation in Finland [Text] / H. Hiirsalmi // *Abstracts IV Int. Symp. on Vaccinium Culture, Michigan, Madison, Wisconsin, USA, 13–17 August, 1988.* – 1988. – P. 18.
312. Holloway, P. Rooting of Lingonberry, *Vaccinium vitis-idaea*, Stem Cuttings [Text] / P. Holloway // *Plant. Propagator.* – 1985. – V. 31 (4). – P. 7–9.

313. Holloway, P.S. Lingonberry Cultivation [Text] / P.S. Holloway // *Agroborealis*. – 1984. – V. 16, no. 2. – P. 15–20.
314. Hosier, M.A. In Vitro Propagation of Lingonberry [Text] / M.A. Hosier, G. Flatebo, P.E. Read // *HortScience*. – 1985. – V. 20. – P. 384–385.
315. Hummer, K.E. Fruit Anthocyanins in *Vaccinium praestans* Lamb. [Text] / K.E. Hummer, R. Durst // *HortScience*. – 2007. – V. 42, no. 4. – P. 1008.
316. Hung, C.D. In Vitro Proliferation and Ex Vitro Rooting of Microshoots of Commercially Important Rabbiteye Blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) Using Spectral Lights [Text] / C.D. Hung [et al.] // *Scientia Horticulturae*. – 2016. – V. 211. – P. 248–254. DOI: 10.1016/j.scienta.2016.09.003
317. Hung, C.D. LED Light for In Vitro and Ex Vitro Efficient Growth of Economically Important Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) [Text] / C.D. Hung [et al.] // *Acta Physiologiae Plantarum*. – 2016. – V. 38. – P. 152. DOI: 10.1007/s11738-016-2164-0
318. Hussain, M.S. Current Approaches Toward Production of Secondary Plant Metabolites [Text] / M.S. Hussain [et al.] // *Journal of Pharmacy And Bioallied Sciences*. – 2012. – V. 4, no. 1. – P. 10–20. DOI: 10.4103/0975-7406.92725
319. Jaakola, L.A. Effect of N<sup>6</sup>-isopentyladenine Concentration on Growth Initiation In Vitro and Rooting of Bilberry and Lingonberry Microshoots [Text] / L.A. Jaakola, T.K. Laine, A. Hohtola // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. – 2001. – V. 66. – P. 73–77. DOI: 10.1023/A:1010602726215
320. Kang, J.-H. Light Intensity and Photoperiod Influence the Growth and Development of Hydroponically Grown Leaf Lettuce in a Closed-type Plant Factory System [Text] / J.-H. Kang [et al.] // *Hort. Environ. Biotechnol.* – 2013. – Vol. 54, no. 6. – P. 501–509. DOI: 10.1007/s13580-013-0109-8
321. Karhu, S.T. Rooting of Blue Honeysuckle Microshoots [Text] / S.T. Karhu // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. – Netherlands, Kluwer Academic Publ., 1997. – V. 48. – P. 153–159.

322. Kutas, E. Adaptation of Regenerants of *Vaccinium corymbosum* L. and *Vaccinium vitis-idaea* L. to Ex Vitro Conditions [Text] / E. Kutas // African Journal of Biotechnology. – 2011. – V. 10 (19). – P. 3762–3765. DOI: 10.5897/AJB10.2060
323. Kutas, E. The Anatomical Structure of Regenerants of *Vaccinium corymbosum* L. and *Vaccinium vitis-idaea* L. to In Vitro and Ex Vitro Conditions [Text] / E. Kutas, A. Veyevnik, V. Titok, L. Ogorodnik // American Journal of Research Communication. – 2014. – V. 2, no. 4. – P. 248–255.
324. Lehmushovi, A. Domestication of the Cowberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) in Finland [Text] / A. Lehmushovi, J. Säkö // Ann. Agric. Fenn. – 1975. – V. 14, no. 3. – P. 227–230.
325. Lehmushovi, A. Some Aspects of the Cowberry Trials in Finland [Text] / A. Lehmushovi // Ann. Agr. Fenn. – 1977. – V. 16. – P. 57–63.
326. Levin, R. An Integrated and Automated Tissue Culture System for Mass Propagation of Plants [Text] / R. Levin, I.K. Vasil // In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant. – 1989. – V. 25. – P. 21–27.
327. Li, Y.-X. The In Vitro Culture for *Vaccinium vitis-idaea* Stem Apex [Text] / Y.-X. Li, J.-F. Deng, G.-J. Li // Bulletin of Botanical Research. – 2018. – V. 38, no. 2. – P. 316–320.
328. Liebster, G. Die Preiselbeeren [Text] / G. Liebster // Beerenobst Für jeden Garten: Auswahl, Pflanzung, Pflege. – München; Wien; Zurich, 1984. – P. 119–122.
329. Litwinczuk, W. Micropropagation of *Vaccinium* sp. by In Vitro Axillary Shoot Proliferation [Text] / W. Litwinczuk // Protocols for Micropropagation of Selected Economically-Important Horticultural Plants. – NY: Springer Science, Business Media, 2013. – P. 63–76. DOI: 10.1007/978-1-62703-074-8\_5
330. Liu, Q.Z. Preliminary Reports on Micropropagation of Highbush Blueberry [Text] / Q.Z. Liu, H.J. Zhao, Y.Q. Zheng [et al.] // Deciduous Fruits. – 2001. – V. 5. – P. 1–3.
331. Lloyd, G. Commercially-feasible Micropropagation of Mountain Laurel, *Kalmia latifolia*, by Use of Shoot Tip Culture [Text] / G. Lloyd, B. McCown //

Combined Proceedings of the International Plant Propagator's Society. – 1980. – V. 30. – P. 421–427.

332. Maximova, S.N. Field Performance of *Theobroma cacao* L. Plants Propagated via Somatic Embryogenesis [Text] / S.N. Maximova, A. Young, Sh. Pishak, M.J. Guiltinan // *In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant.* – 2008. – V. 44, no. 6. – P. 487–493. DOI: 10.1007/s11627-008-9130-5

333. McCown, B.H. *Vaccinium* spp. Cranberry [Text] / B.H. McCown, E.L. Zeldin // *Biotechnology of Fruit and Nut Crops. Biotechnology in Agriculture Series No. 29* / R.E. Litz (ed.). – CAB International, Wallingford, UK, 2005. – P. 247–261. DOI: 10.1079/9780851996622.0247

334. Meiners, J. Efficient *In Vitro* Regeneration Systems for *Vaccinium* Species [Text] / J. Meiners, M. Schwab, I. Szankowski // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture.* – 2007. – V. 89, no. 2-3. – P. 169–176. DOI: 10.1007/s11240-007-9230-7

335. Mihaljević, S. Alanine Conjugate of Indole-3-butyric Acid Improves Rooting of Highbush Blueberries [Text] / S. Mihaljević, B. Salopek-Sondi // *Plant, Soil Environment.* – 2012. – V. 58, no. 5. – P. 236–241. DOI: 10.17221/34/2012-PSE

336. Morrison, S. Morphology, Growth, and Rhizome Development of *Vaccinium angustifolium* Ait. Seedlings, Rooted Softwood Cuttings, and Micropropagated Plantlets [Text] / S. Morrison, J.M. Smagula, W. Litten // *HortScience.* – 2000. – V. 354, no. 35. – P. 738–741. DOI: 10.21273/HORTSCI.35.4.738

337. Müller, A. Preiselbeere – Botanische Eigenschaften, Verbreitung und Standortbedingungen im Hinblick auf einen feldm ässigen Anbau [Text] / A. Müller // *Erwerbsobstbau.* – 1982. – V. 24, no. 6. – P. 155–158.

338. Murashige, T. A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures [Text] / T. Murashige, F. Skoog // *Phisiol. Plantarum.* – 1962. – V. 3, no. 15. – P. 473–497.

339. Nacheva, L. Effect of LED Lighting on the Growth of Raspberry (*Rubus idaeus* L.) Plants *In Vitro* [Text] / L. Nacheva, N. Dimitrova, L. Koleva-Valkova [et

al.] // *Agricultural Sciences*. – 2021. – V. 13, no. 29. – P. 126–140. DOI: 10.22620/agrisci.2021.29.015

340. Nechaeva, V.A. Wild Berry Plants and Carpophagous Birds in the Taiga Zone of the Southern Russian Far East [Text] / V.A. Nechaeva, A.A. Nechaev // *Contemporary Problems of Ecology*. – 2012. – V. 5, no. 1. – P. 71–77. DOI: 10.1134/S1995425512010092

341. Nhut, D.T. Responses of Strawberry Plantlets Cultured In Vitro under Superbright Red and Blue Light-emitting Diodes (LEDs) [Text] / D.T. Nhut, T. Takamura, H. Watanabe // *Plant Cell Tissue Organ Culture*. – 2003. – V. 73, no. 1. – P. 43–52. DOI: 10.1023/A:1022638508007

342. Ogawa, K. Protective Effects of Bilberry and Lingonberry Extracts Against Blue Light-emitting Diode Light-induced Retinal Photoreceptor Cell Damage In Vitro [Text] / K. Ogawa, Y. Kuse, K. Tsuruma [et al.] // *BMC Complementary and Alternative Medicine*. – 2014. – V. 14. – P. 120. DOI: 10.1186/1472-6882-14-120

343. Ohwi, J. *Flora of Japan* [Text] / J. Ohwi. – Washington: D.C., Smithsonian Institution, 1965. – IX, 1067 p.

344. Ondrušková, E. Influence of Zeatin and 2iP on In Vitro Propagation of *Vaccinium vitis-idaea* L. [Text] / E. Ondrušková, M.G. Ostrolucká, Š. Hraška // *Propagation of Ornamental Plants*. – 2006. – V. 6, no. 4. – P. 194–200.

345. Ostrolucká, M.G. Effect of Medium pH on Axillary Shoot Proliferation of Selected *Vaccinium vitis-idaea* L. Cultivars [Text] / M.G. Ostrolucká, A. Gajdošova, E. Ondrušková [et al.] // *Acta Biologica Cracoviensia. Ser. Botanica*. – 2010. – V. 52, no. (2). – P. 92–96. DOI: 10.2478/v10182-010-0029-1

346. Ostrolucká, M.G. In Vitro Propagation of Several *Vaccinium corymbosum* L. and *Vaccinium vitis-idaea* L. Cultivars [Text] / M.G. Ostrolucká, A. Gajdošova, E. Ondrušková, G. Libiaková // *Agronomijas Vestis*. – 2009. – V. 12. – P. 75–80.

347. Ostrolucká, M.G. In Vitro Propagation of Vaccinium Species [Text] / M.G. Ostrolucká, G. Libiaková, E. Ondrušková, A. Gajdošová // Acta Universitatis Latviensis, Biology. – 2004. – V. 676. – P. 207–212

348. Paek, K.Y. Application of Bioreactor Systems for Large Scale Production of Horticultural and Medicinal Plants [Text] / K.Y. Paek, D. Chakrabarty, E.J. Hahn // Plant Cell Tissue and Organ Culture. – 2005. – V. 81, no. 3. – P. 287–300. DOI: 10.1007/s11240-004-6648-z

349. Paprštejn, F. In Vitro Multiplication of Lingonberry – Short Communication [Text] / F. Paprštejn, J. Sedlák // Hort. Sci. (Prague). – 2015. – V. 42. – P. 102–106. DOI: 10.17221/178/2014-HORTSCI

350. Pedroso, M.C. Micropropagation and Simultaneous Rooting of Actinidia deliciosa var. deliciosa ‘Hayward’ [Text] / M.C. Pedroso, M.M. Oliveira, M.S.S. Pais // HortScience. – 1992. – V. 27. – P. 443–445. DOI: 10.21273/HORTSCI.27.5.443

351. Pereira, M.J. Conservation of Vaccinium cylindraceum Smith (Ericaceae) by Micropropagation Using Seedling Nodal Explants [Text] / M.J. Pereira // In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant. – 2006. – V. 42, no. 1. – P. 65–68. DOI: 10.1079/IVP2005720

352. Persson, H.A. The Extent of Clonality and Genetic Diversity in Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) Revealed by RAPDs and Leaf-shape Analysis [Text] / H.A. Persson, B.A. Gustavsson // Molecular Ecology. – 2001. – V. 10 (6). – P. 1385–1397. DOI: 10.1046/j.1365-294X.2001.01280.x

353. Pliszka, K. “Masovia” – A New Polish Selection of Lingonberries [Text] / K. Pliszka, L. Kawecki // Acta Horticulturae. – 1984. – V. 165. – P. 273.

354. Polashock, J.J. Cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) [Text] / J.J. Polashock, N. Vorsa // Transgenic Plants and Crops / G. Khachatourians [et al.] (eds.). – Marcel Dekker, NY, 2003. – P. 383–396.

355. Poncetta, P. In Vitro Propagation of Red Raspberry under Light-emitting Diodes (LEDs) [Text] / P. Poncetta, D. Ioratti, I. Mignani, L. Giongo // Acta Horticulturae. – 2017. – V. 1155. – P. 369–374. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1155.54

356. Qu, L. Highly Efficient In Vitro Cranberry Regeneration System Using Leaf Explants [Text] / L. Qu, J. Polashock, N. Vorsa // HortScience. – 2000. – V. 35, no. 5. – P. 948–952. DOI: 10.21273/HORTSCI.35.5.948

357. Rani, V. Genetic Fidelity of Organized Meristem-derived Micropropagated Plants: A Critical Reappraisal [Text] / V. Rani, S. Raina // In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant. – 2000. – V. 36, no. 5. – P. 319–330. DOI: 10.1007/s11627-000-0059-6

358. Reed, B.M. The Use of Zeatin to Initiate In Vitro Cultures of Vaccinium Species and Cultivars [Text] / B.M. Reed, A. Abdelnour-Esquivel // HortScience. – 1991. – V. 26, no. 10. – P. 1320–1322. DOI: 10.21273/HORTSCI.26.10.1320

359. Rocha, P.S. LED – New Light Source for Multiplication and Rooting In Vitro of Raspberry [Text] / P.S. Rocha, R.P. Oliveira, W.B. Scivittaro // Pesq Agrop Gaúcha. – 2013. – V. 19, no. 1-2. – P. 98–105.

360. Ružić, D. Micropropagation In Vitro of Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) [Text] / D. Ružić, T. Vujović, G. Libiakova // Journal of Berry Publisher. – 2012. – V. 2. – P. 97–103.

361. Serres, R. Influence of Source Propagule on Rhizome Production from Lingonberry Cuttings [Text] / R. Serres, J. Klueh, E. Stang // Acta Hort. – 1993. – V. 346. – P. 178–182. DOI: 10.17660/ActaHortic.1993.346.24

362. Smith, M.A.L. Vessels, Gels, Liquid Media and Support Systems [Text] / M.A.L. Smith, L.A. Spomer // Automation and Environmental Control in Plant Tissue Culture / J. Aitken-Christie, T. Kozai, M.A.L. Smith (eds.). – Kluwer Academic Publ., Dordrecht, the Netherlands, 1994. – P. 371–404.

363. Stang, E.J. “Splendor” and “Regal” Lingonberry – New Cultivars for a Developing Industry [Text] / E.J. Stang, J. Klueh, G. Wies // Fruit Varieties Journal. – 1994. – V. 48, no. 3. – P. 182–184.

364. Stanienė, G. Peculiarities of Propagation In Vitro of *Vaccinium vitis-idaea* L. and *V. praestans* Lamb. [Text] / G. Stanienė, V. Stanys, Z. Kawecki // Biologija. – 2002. – V. 1. – P. 84–86.



365. Starast, M. The Effect of Using Different Mulches and Growth Substrates on Half-highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* × *V. angustifolium*) Cultivars “Northblue” and “Northcountry” [Text] / M. Starast, K. Karp, T. Paal // *Acta Horticulturae*, Proc. of the 7th Int. Symp., Chile, 2000. – P. 281–286.

366. Steward, F.C. Growth and Development of Totipotent Cells: Some Problems, Procedures, and Perspectives [Text] / F.C. Steward, P.V. Ammirato, M.O. Mapes // *Ann. Bot.*, 1970. – V. 34. – P. 761–787.

367. Talbot, V.L. On-farm Tissue Culture Production of Lingonberries [Text] / V.L. Talbot, P.S. Holloway // *Acta Hort.* – 2002. – V. 574. – P. 405–408. DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.574.60

368. Trigiano, R.N. Plant Tissue Culture Concepts and Laboratory Exercises [Text] / R.N. Trigiano, D.J. Gray. – US/MA: CRC Press LLC, 2000. – 454 p.

369. Vahejõe, K. Berry Cultivation in Cutover Peatlands in Estonia: Agricultural and Economical Aspects [Text] / K. Vahejõe, T. Albert, M. Noormets [et al.] // *Baltic Forestry*. – 2010. – V. 16, no. 2. – P. 264–272.

370. Vyas, P. Antioxidant Properties of Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) Plants: Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy [Text] / P. Vyas. – St. John’s Newfoundland & Labrador, Canada, 2014. – 187 p.

371. Vyas, P. Metabolism of Glutathione and Ascorbate in Lingonberry Cultivars During In Vitro and Ex Vitro Propagation [Text] / P. Vyas, S.C. Debnath, A.U. Igamberdiev // *Biol. Plant.* – 2013. – V. 57. – P. 603–612. DOI: 10.1007/s10535-013-0339-8

372. Waddington, J.M. Peat Oxidation in an Abandoned Vaccum Extracted Peatland [Text] / J.M. Waddington, P. McNeil // *Canadian Journal of Soil Science*. – 2002. – V. 82. – P. 279–286.

373. Ware, L.M. Propagation Studies with the Southern Blueberry [Text] / L.M. Ware // *Mississippi Agricultural Experiment Station, Bulletin*. – 1930. – No. 280. – 40 p.

374. Yanagi, T. Effect of Blue and Red Light Intensity on Photosynthetic Rate of Strawberry Leaves [Text] / T. Yanagi, K. Okamoto, S. Takita // Acta Hort. – 1996. – V. 440. – P. 371–376.

375. Yarnell, E. Botanical Medicines for the Urinary Tracts [Text] / E. Yarnell // World J. Urol. – 2002. – V. 20, no. 5. – P. 285–293. DOI: 10.1007/s00345-002-0293-0

376. Yorio, N.C. Blue Light Requirements for Crop Plants Used in Bioregenerative Life Support Systems [Text] / N.C. Yorio, R.M. Wheeler, G.D. Goins [et al.] // Life Support Biosph. Sci. – 1998. – V. 5. – P. 119–128.

377. Zillmer, A. Beschreibung von fünf Preiselbeersorten [Text] / A. Zillmer // Erwerbsobstbau. – 1984. – V. 26, no. 11. – S. 282–283.

378. Zimmerman, R.H. Micropropagation of Woody Plants: Post Tissue Culture Aspects [Text] / R.H. Zimmerman // Acta Hortic. – 1988. – V. 227. – P. 489–499.

379. Тяк, Г.В. Размножение перспективных гибридных форм брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) [Текст] / Г.В. Тяк, Л.Е. Курлович, С.С. Макаров [и др.] // Вестник БГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2022. – № 1 (66). – С. 113–118. DOI: 10.34655/bgsha.2022.66.1.015

380. Чудецкий, А.И. Использование современных ростостимулирующих экопрепаратов при микроклональном размножении брусники обыкновенной (*Vaccinium vitisidaea* L.) / А.И. Чудецкий, А.В. Заушинцена, С.А. Родин [и др.] // Лесохозяйственная информация. – 2022. – № 2. – С. 56–66. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2022.2.05

Этапы микроклонального размножения брусники обыкновенной



*а*



*б*



*в*



*г*



*д*

*а* – стерилизация эксплантов; *б* – культивирование эксплантов на питательной среде; *в* – образование микропобегов; *г* – укоренение микропобегов; *д* – адаптированные микрорастения в нестерильных условиях

Схемы расположения опытных участков

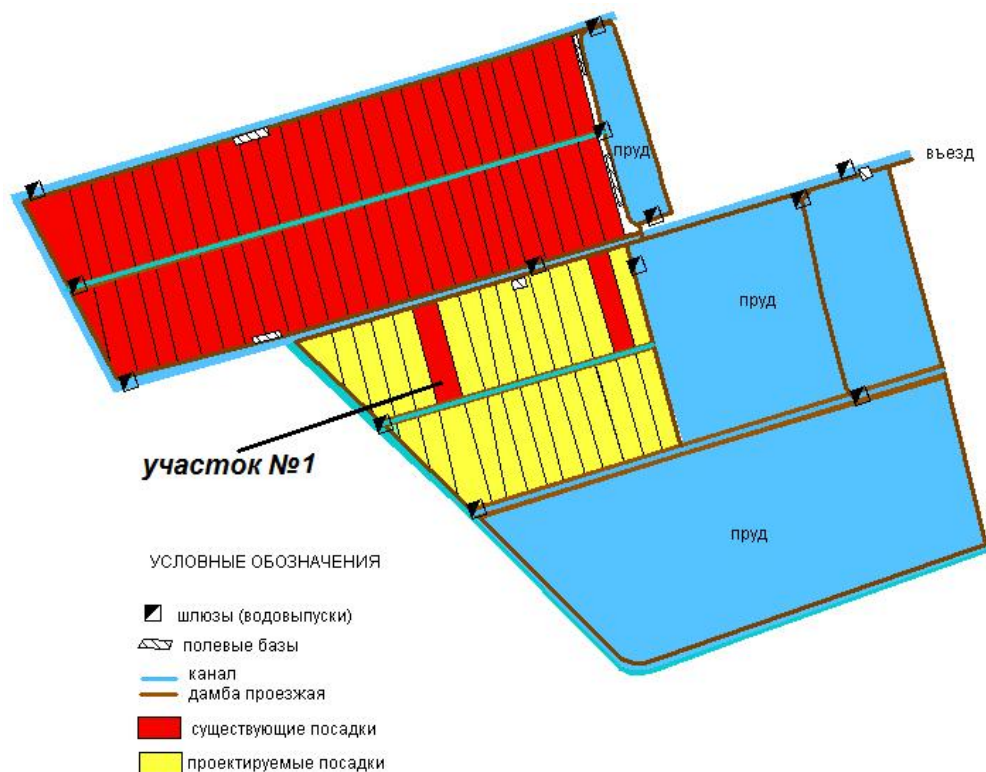


Рис. 1. Схема расположения опытного участка №1 (Костромская область, ОГКУ «Костромское лесничество», Мисковское участковое лесничество, кв. 39, выд. 7)



Рис. 2. Схема расположения опытного участка №2 (Костромская область, ОГКУ «Судиславское лесничество», Сухоруковское участковое лесничество, кв. 23, выд. 8)



**Протоколы агрохимического анализа почв на опытных участках**

09-04.6

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
 Департамент растениеводства, механизации, химизации и защиты растений  
 Федеральное государственное бюджетное учреждение  
 государственная станция агрохимической службы "Костромская"  
 (ФГБУ ГСАС "Костромская")

Юридический адрес и адрес места осуществления деятельности: 156013, город Кострома, проспект Мира, дом 53 А  
 телефон: 8(4942) 55-69-73, т/факс: 8(4942) 55-79-32, 45-22-53, e-mail: agrohim\_44\_1@mail.ru, сайт: www.gsas44.ru

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц РОСС RU.0001.21ПЧ18



УТВЕРЖДАЮ  
 Руководитель ИЛ  
 В.И. Хитрова  
 25 ноября 2021 г.

**ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 18446-21 от 25 ноября 2021 г.**

Наименование образца (пробы) испытаний: Почва, торф<sup>1</sup>  
 Регистрационный номер: 18446-21/2021  
 Место осуществления лабораторной деятельности: 156013, г. Кострома, пр-кт Мира, д. 53 А  
 в том числе на площадях заказчика: -  
 Наименование заказчика: Макаров С.С.  
 Юридический адрес заказчика: -  
 Фактический адрес заказчика: -  
 Образец (проба) отобран(а) и доставлен(а): Заказчиком  
 Дата отбора: -  
 Дата и время доставки в ИЛ: 8 ноября 2021 года в 16 час. 30 мин.  
 Место и точка отбора образца (пробы): ГОЛ+1  
 Условия окружающей среды во время отбора образцов (проб): -  
 Название объекта: -  
 Дата(ы) осуществления лабораторной деятельности: 8 ноября - 25 ноября 2021 года  
 Описание образца (пробы): 1\*2,0 кг  
 Основание проведения испытаний: Заявка № б/н от 8 ноября 2021 года  
 Результаты, полученные от внешних поставщиков: -  
 Дополнения, отклонения или исключения из метода: -

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ**

Наименование показателя, единица измерения	Шифр нормативного документа на метод испытаний	Значения характеристик		
		по НД	при испытаниях	погрешности (неопределенности) Δ (U)
pH солевой вытяжки, ед. pH	ГОСТ 26483	-	2,8	± 0,1
подвижный фосфор по методу Кирсанова <sup>2</sup> , мг/кг	ГОСТ Р 54650 п.9.2, п.9.3	-	26,1	± 9,1
подвижный калий по методу Кирсанова <sup>2</sup> , мг/кг	ГОСТ Р 54650 п.9.2, п.9.3	-	90,4	± 13,6
азот нитратов, мг/кг	ГОСТ 26951	130,0	25,8	± 7,7
обменный аммоний, мг/кг	ГОСТ 26489	-	более 24,0	-

В случае проведения отбора пробы без участия ИЛ ФГБУ ГСАС "Костромская" заказчик уведомлен о необходимости соблюдения правил отбора проб и несет ответственность за их выполнение, при этом ответственность ИЛ ФГБУ ГСАС "Костромская" не распространяется на выполнение требований раздела "Отбор проб" методик, указанных в протоколе.

Результаты испытаний распространяются на представленную заказчиком пробу.

Испытательная лаборатория не несет ответственность за информацию, предоставленную заказчиком.

Протокол испытаний № 18446-21 от 25 ноября 2021 г. Составлен в 2 (двух) экземплярах

**Примечание:** <sup>1</sup> данные, предоставленные заказчиком.

<sup>2</sup> результат испытаний представлен согласно разделу методики "Оформление результатов"

**Нормативные документы:**

СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"

Протокол представлен на 2 страницах.

Ответственный за оформление протокола

С.В. Деулина

Условия проведения испытаний соответствуют требованиям нормативных документов на методы исследований (испытаний), измерений и документов по эксплуатации используемого оборудования.

Данный протокол испытаний касается только образцов (проб), подвергнутых испытаниям.  
Настоящий протокол не может быть воспроизведен частично (не в полном объеме) без согласия  
ИЛ ФГБУ ГСАС "Костромская"

Конец протокола




**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**  
**Департамент растениеводства, механизации, химизации и защиты растений**  
**Федеральное государственное бюджетное учреждение**  
**государственная станция агрохимической службы "Костромская"**  
**(ФГБУ ГСАС "Костромская")**

Юридический адрес и адрес места осуществления деятельности: 156013, город Кострома, проспект Мира, дом 53 А  
 телефон: 8(4942) 55-69-73, т/факс: 8(4942) 55-79-32, 45-22-53, e-mail: agrohim\_44\_1@mail.ru, сайт: www.gsas44.ru

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц РОСС RU.0001.21ПЧ18



УТВЕРЖДАЮ  
 Руководитель ИЛ  
  
 В.И. Хитрова  
 25 ноября 2021 г.

**ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 18445-21 от 25 ноября 2021 г.**

Наименование образца (пробы) испытаний: Почва, торф<sup>1</sup>  
 Регистрационный номер: 18445-21/2021  
 Место осуществления лабораторной деятельности: 156013, г. Кострома, пр-кт Мира, д. 53 А  
 в том числе на площадях заказчика: -  
 Наименование заказчика: Макаров С.С.  
 Юридический адрес заказчика: -  
 Фактический адрес заказчика: -  
 Образец (проба) отобран(а) и доставлен(а): Заказчиком  
 Дата отбора: -  
 Дата и время доставки в ИЛ: 8 ноября 2021 года в 16 час. 30 мин.  
 Место и точка отбора образца (пробы): ГОЛ К(В)  
 Условия окружающей среды во время отбора образцов (проб): -  
 Название объекта: -  
 Дата(ы) осуществления лабораторной деятельности: 8 ноября - 25 ноября 2021 года  
 Описание образца (пробы): 1\*2,0 кг  
 Основание проведения испытаний: Заявка № б/н от 8 ноября 2021 года  
 Результаты, полученные от внешних поставщиков: -  
 Дополнения, отклонения или исключения из метода: -

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ**

Наименование показателя, единица измерения	Шифр нормативного документа на метод испытаний	Значения характеристик		
		по НД	при испытаниях	погрешности (неопределенности) Δ (U)
рН солевой вытяжки, ед. рН	ГОСТ 26483	-	3,2	± 0,1
подвижный фосфор по методу Кирсанова <sup>2</sup> , мг/кг	ГОСТ Р 54650 п.9.2, п.9.3	-	21,8	± 7,6
подвижный калий по методу Кирсанова <sup>2</sup> , мг/кг	ГОСТ Р 54650 п.9.2, п.9.3	-	52,0	± 10,4
азот нитратов, мг/кг	ГОСТ 26951	130,0	8,6	± 2,6
обменный аммоний, мг/кг	ГОСТ 26489	-	более 24,0	-

В случае проведения отбора пробы без участия ИЛ ФГБУ ГСАС "Костромская" заказчик уведомлен о необходимости соблюдения правил отбора проб и несет ответственность за их выполнение, при этом ответственность ИЛ ФГБУ ГСАС "Костромская" не распространяется на выполнение требований раздела "Отбор проб" методик, указанных в протоколе.

Результаты испытаний распространяются на представленную заказчиком пробу.

Испытательная лаборатория не несет ответственность за информацию, предоставленную заказчиком.

Протокол испытаний № 18445-21 от 25 ноября 2021 г. Составлен в 2 (двух) экземплярах

**Примечание:** <sup>1</sup>данные, предоставленные заказчиком.

<sup>2</sup>результат испытаний представлен согласно разделу методики "Оформление результатов"

**Нормативные документы:**

СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"

Протокол представлен на 2 страницах.

Ответственный за оформление протокола



С.В. Деулина

Условия проведения испытаний соответствуют требованиям нормативных документов на методы исследований (испытаний), измерений и документов по эксплуатации используемого оборудования.

Данный протокол испытаний касается только образцов (проб), подвергнутых испытаниям.  
Настоящий протокол не может быть воспроизведен частично (не в полном объеме) без согласия  
ИЛ ФГБУ ГСАС "Костромская"

Конец протокола



**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**  
**Департамент растениеводства, механизации, химизации и защиты растений**  
**Федеральное государственное бюджетное учреждение**  
**государственная станция агрохимической службы "Костромская"**  
**(ФГБУ ГСАС "Костромская")**

Юридический адрес и адрес места осуществления деятельности: 156013, город Кострома, проспект Мира, дом 53 А  
 телефон: 8(4942) 55-69-73, т/факс: 8(4942) 55-79-32, 45-22-53, e-mail: agrohimp\_44\_1@mail.ru, сайт: www.gsas44.ru

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц РОСС RU.0001.21ПЧ18



УТВЕРЖДАЮ  
 Руководитель ИЛ  
 В.И. Хитрова  
 25 ноября 2021 г.

**ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 18450-21 от 25 ноября 2021 г.**

Наименование образца (пробы) испытаний: Почва, торф<sup>1</sup>  
 Регистрационный номер: 18450-21/2021  
 Место осуществления лабораторной деятельности: 156013, г. Кострома, пр-кт Мира, д. 53 А  
 в том числе на площадях заказчика: -  
 Наименование заказчика: Макаров С.С.  
 Юридический адрес заказчика: -  
 Фактический адрес заказчика: -  
 Образец (проба) отобран(а) и доставлен(а): Заказчиком  
 Дата отбора: -  
 Дата и время доставки в ИЛ: 8 ноября 2021 года в 16 час. 30 мин.  
 Место и точка отбора образца (пробы): -  
 Условия окружающей среды во время отбора образцов (проб): -  
 Название объекта: -  
 Дата(ы) осуществления лабораторной деятельности: 8 ноября - 25 ноября 2021 года  
 Описание образца (пробы): 1\*2,0 кг  
 Основание проведения испытаний: Заявка № б/н от 8 ноября 2021 года  
 Результаты, полученные от внешних поставщиков: -  
 Дополнения, отклонения или исключения из метода: -

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ**

Наименование показателя, единица измерения	Шифр нормативного документа на метод испытаний	Значения характеристик		
		по НД	при испытаниях	погрешности (неопределенности) Δ (U)
pH солевой вытяжки, ед. pH	ГОСТ 26483	-	2,7	± 0,1
подвижный фосфор по методу Кирсанова <sup>2</sup> , мг/кг	ГОСТ Р 54650 п.9.2, п.9.3	-	16,5	± 5,8
подвижный калий по методу Кирсанова <sup>2</sup> , мг/кг	ГОСТ Р 54650 п.9.2, п.9.3	-	51,2	± 10,2
азот нитратов, мг/кг	ГОСТ 26951	130,0	менее 2,5	-
обменный аммоний, мг/кг	ГОСТ 26489	-	более 24,0	-

В случае проведения отбора пробы без участия ИЛ ФГБУ ГСАС "Костромская" заказчик уведомлен о необходимости соблюдения правил отбора проб и несет ответственность за их выполнение, при этом ответственность ИЛ ФГБУ ГСАС "Костромская" не распространяется на выполнение требований раздела "Отбор проб" методик, указанных в протоколе.

Результаты испытаний распространяются на представленную заказчиком пробу.

Испытательная лаборатория не несет ответственность за информацию, предоставленную заказчиком.

Протокол испытаний № 18450-21 от 25 ноября 2021 г. Составлен в 2 (двух) экземплярах

**Примечание:** <sup>1</sup> данные, предоставленные заказчиком.

<sup>2</sup> результат испытаний представлен согласно разделу методики "Оформление результатов"

**Нормативные документы:**

СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"

Протокол представлен на 2 страницах.

Ответственный за оформление протокола



С.В. Деулина

Условия проведения испытаний соответствуют требованиям нормативных документов на методы исследований (испытаний), измерений и документов по эксплуатации используемого оборудования.

Данный протокол испытаний касается только образцов (проб), подвергнутых испытаниям.  
Настоящий протокол не может быть воспроизведен частично (не в полном объеме) без согласия  
ИЛ ФГБУ ГСАС "Костромская"

Конец протокола



## Акты внедрения результатов НИР

АКТ

о внедрении результатов научно-исследовательских работ в учебный процесс  
от «01» ноября 2021 года

**В результате выполнения научно-исследовательской работы:**

«Разработка технологий выращивания лесных ягодных растений рода *Vaccinium* с помощью культуры клеток и тканей»

**получены следующие основные результаты:**

Разработаны технологии выращивания лесных ягодных растений (брусника обыкновенная, красника) с помощью культуры клеток и тканей с целью получения оздоровленного посадочного материала для создания ягодных плантаций и сортоучастков на местах выработанных торфяных месторождений и других нарушенных промышленностью землях, а также с целью повышения биологического разнообразия.

**которые внедрены:** в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина» на кафедре растениеводства, земледелия и агрохимии в учебный процесс в качестве дополнительного материала в лекционный курс и практические занятия по дисциплине «Основы биотехнологии».

**Наименование объекта внедрения:** технологии выращивания лесных ягодных растений (брусника обыкновенная, красника).

**При внедрении достигнуты следующие результаты:** установлены закономерности и особенности размножения лесных ягодных растений (брусника обыкновенная, красника) с помощью культуры клеток и тканей.

Проректор по научной работе

Заведующий кафедрой растениеводства,  
земледелия и агрохимии

Исполнители:



А.А. Кузин

Е.И. Куликова

А.И. Чудецкий

Н.А. Щекутьева

К.А. Усова



БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА-ЮГРЫ  
«Сургутский государственный университет»  
(БУ ВО «Сургутский государственный университет»)

Проспект Ленина, 1. г. Сургут,  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра 628412  
Тел. (3462) 76 29 00, факс (3462) 76 29 29  
e-mail: rector@surgu.ru  
http://www.surgu.ru  
ОКПО 27387694  
ОГРН 1028600609180  
ИНН 8602200001 / КПП 860201001

УТВЕРЖДАЮ



Ректор  С.М. Косенок  
« 10 » сентября 20 21 г

#### Акт внедрения

результатов научно-исследовательских работ в учебный процесс.

#### **В результате выполнения научно-исследовательской работы:**

«Разработка технологий выращивания лесных ягодных растений рода *Vaccinium* с помощью культуры клеток и тканей»

#### **получены следующие основные результаты:**

Разработаны технологии выращивания лесных ягодных растений (брусника обыкновенная, красника) с помощью культуры клеток и тканей с целью получения оздоровленного посадочного материала для создания ягодных плантаций и сортоучастков на местах выработанных торфяных месторождений и других нарушенных промышленностью землям, а также с целью повышения биологического разнообразия.

**Которые внедрены:** в Бюджетном учреждении высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет» на кафедре биологии и биотехнологии в учебный процесс в качестве дополнительного материала в лекционный курс и практические занятия по дисциплинам «Введение в биотехнологию», «Клеточная биология», «Биоинженерия растений».

**Наименование объекта внедрения:** технологии выращивания лесных ягодных растений (брусника обыкновенная, красника).

**При внедрении достигнуты следующие результаты:** установлены закономерности и особенности размножения лесных ягодных растений (брусника обыкновенная, красника) с помощью культуры клеток и тканей.

Проректор по науке и технологиям



Р.В. Оствальд

Заведующий кафедрой биологии  
и биотехнологии



К.А. Берников

Исполнители:



А.И. Чудецкий  
Т.А. Макарова  
З.А. Самойленко

## АКТ

о внедрении (использовании) результатов научно-исследовательских  
и опытно-конструкторских работ ведущего инженера  
Филиала ФБУ ВНИИЛМ «Центрально-европейская лесная опытная станция»  
**Чудецкого Антона Игоревича**

### **1. Наименование результата интеллектуальной деятельности (РИД)**

Разработка регламента по выращиванию брусники обыкновенной с помощью культуры клеток и тканей.

### **2. Краткое описание работы**

Выращивание посадочного материала брусники обыкновенной, полученного с помощью клонального микроразмножения в Филиале ФБУ ВНИИЛМ «Центрально-европейская лесная опытная станция», на ягодной плантации ООО «Кремь» в Костромском районе Костромской области.

**3. Основание для разработки:** тема № 18 «Разработка способов получения посадочного материала лесных ягодных растений для выращивания на нелесных землях» государственного задания «Проведение прикладных научных исследований», утвержденного приказом Рослесхоза от 25.12.2018 №1061.

**4. Срок (период) использования (внедрения):** май 2021 г.

### **5. Объем использования (внедрения) работы.**

Разработан регламент по выращиванию брусники обыкновенной сортов Костромская розовая и Костромичка. Консультации по выращиванию брусники обыкновенной.

Передано 250 саженцев брусники обыкновенной для выращивания на плантации ООО «Кремь» в Костромском районе Костромской области. Приживаемость саженцев брусники обыкновенной составила 96%.

Генеральный директор  
ООО «Кремь»

20.08.2021 г.



А.А. Лобач



## АКТ

о внедрении (использовании) результатов научно-исследовательских  
и опытно-конструкторских работ ведущего инженера  
Филиала ФБУ ВНИИЛМ «Центрально-европейская лесная опытная станция»  
**Чудецкого Антона Игоревича**

### **1. Наименование результата интеллектуальной деятельности (РИД)**

Разработка регламента по выращиванию брусники обыкновенной и красники с помощью культуры клеток и тканей. Консультации по выращиванию брусники обыкновенной и красники.

### **2. Краткое описание работы**

Выращивание на ягодной плантации СПК «Архангельская клюква» (Холмогорский район, Архангельская область) растений брусники обыкновенной и красники, полученных с помощью клонального микроразмножения в филиале ФБУ ВНИИЛМ «Центрально-европейская лесная опытная станция».

**3. Срок (период) использования (внедрения):** май 2021 г.

### **4. Объем использования (внедрения) работы.**

Разработан регламент по выращиванию брусники обыкновенной и красники. Консультации по выращиванию клюквы болотной.

Передано 250 саженцев брусники обыкновенной (сорта Костромская розовая и Костромичка) и 100 саженцев красники для выращивания на плантации СПК «Архангельская клюква» (Холмогорский район, Архангельская область). Приживаемость саженцев брусники составила 90%, красники – 87%.

Председатель СПК  
«Архангельская клюква»

08.09.2021 г.



Н.В. Склепович

## АКТ

о внедрении (использовании) результатов научно-исследовательских  
и опытно-конструкторских работ ведущего инженера  
Филиала ФБУ ВНИИЛМ «Центрально-европейская лесная опытная станция»  
**Чудецкого Антона Игоревича**

### **1. Наименование результата интеллектуальной деятельности (РИД)**

Использование растений брусники обыкновенной (сортов Костромская розовая, Костромичка и гибридных форм), полученных традиционными способами размножения и методом клонального микроразмножения. Консультации по выращиванию брусники обыкновенной на ягодной плантации.

### **2. Краткое описание работы**

Посадка на ягодной плантации ООО «Ягоды Югры» в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре растений гибридных форм брусники обыкновенной, выращенных в Филиале ФБУ ВНИИЛМ «Центрально-европейская лесная опытная станция».

Результаты испытания гибридных форм брусники обыкновенной селекции Центрально-европейской ЛОС ВНИИЛМ в условиях Югры является основой для принятия решения о районировании (выращивании) этих гибридных форм в данном регионе.

**3. Основание для разработки:** договор от 27.05.2021 г. «Услуги по научно-методической помощи по выращиванию лесных ягодных растений»

**4. Срок (период) использования (внедрения):** май, август 2021 г.

**5. Объем использования (внедрения) работы.**

Передано 1 000 саженцев брусники обыкновенной для выращивания на ягодной плантации ООО «Ягоды Югры» в Ханты-Мансийском районе ХМАО-Югра. Приживаемость саженцев брусники обыкновенной составила 95%.

Директор ООО  
«Ягоды Югры»



12.08.2021 г.

Н.-Т.Н. Чайникова-Вахрушева