

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

**«Всероссийский научно-исследовательский  
институт селекции плодовых культур»  
«ФГБНУ ВНИИСПК»**

*На правах рукописи*

**РЯГО НЕЛЛИ ВАСИЛЬЕВНА**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ  
РАЗМНОЖЕНИЯ *IN VITRO* И АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ  
*EX VITRO* СОРТОВ СМОРОДИНЫ КРАСНОЙ**

Специальность: 4.1.2 – Селекция, семеноводство и биотехнология растений

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
кандидат сельскохозяйственных наук  
Панфилова Ольга Витальевна

Орел 2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	12
1.1. Биологические особенности представителей рода <i>Ribes</i> .....	12
1.2. Способы размножения ягодных культур .....	14
1.3. Микрклональное размножение .....	18
1.3.1. Периоды онтогенеза растений и введение в культуру <i>in vitro</i> .....	19
1.3.2. Режимы стерилизации, стерилизаторы и использование антибиотиков в обеззараживании микрорастений .....	22
1.3.3. Компоненты питательных сред и развитие эксплантов .....	24
1.3.4. Стимуляторы роста и морфогенез изолированных тканей .....	29
1.4. Спектральный состав света для адаптации растений <i>in vitro</i> к нестерильным условиям .....	31
<b>2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.</b>	<b>35</b>
2.1. Объекты исследований .....	35
2.2. Методика и условия проведения исследований .....	39
<b>3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ</b> .....	<b>50</b>
3.1. Влияние периода изоляции почек на этапе введения в культуру <i>in vitro</i> .....	50
3.2. Подбор оптимальных стерилизаторов для развития эксплантов .....	56
3.3. Эффективность компонентов питательных сред на этапе пролиферации растений .....	62
3.3.1. Подбор минеральной среды для культивирования <i>in vitro</i> .....	62
3.3.2. Влияние концентрации БАП на морфогенез и коэффициент размножения .....	68
3.4. Использование регуляторов роста на этапе ризогенеза .....	74
3.5. Влияние люминесцентного освещения и спектрального состава света на адаптацию микрорастений .....	79
<b>4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА СОРТОВ СМОРОДИНЫ КРАСНОЙ</b> .....	<b>88</b>

ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	93
РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА .....	95
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ .....	96
СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТИЦИИ .....	97
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	99
Приложение А .....	144
Приложение Б .....	146
Приложение В .....	147
Приложение Г .....	148
Приложение Д .....	149

## ВВЕДЕНИЕ

Большинство ягодных культур имеют высокую востребованность на мировом и отечественном рынках, что связано с высокой питательной ценностью, возможностью выращивания по интенсивным технологиям, урожайностью, а также рентабельностью производства (Bhojwani et al., 2013; Латков и др., 2020; Kakareka et al., 2021; Рябцева, 2022). С 2011 по 2022 гг. площади под посадками смородины в мире увеличились на 21,63% или на 24 737 га (Дулов, 2022). С 2018 по 2023 гг. в Российской Федерации занимаемые насаждения под данной культурой также возросли с 14 811 до 19 484 га (<https://www.fao.org/faostat/ru>). Значительное производство посадочного материала смородины вызвало быстрое распространение разных патогенов (Балашова, Алаев, 2021; Villamor et al., 2022). Так, производственные потери, причиняемые фитовирусами на ягодных культурах, могут достигать 80-90% и приводить к ухудшению качества продукции, сокращению сроков эксплуатации насаждений (Рягузова, 2020).

Российский рынок посадочного материала недостаточно развит: доля производства отечественных саженцев плодовых и ягодных культур составляет не более 5-10% в мире (Чекмарев, 2018а; Рынок посадочного материала, 2018; Куликов и др., 2018; Мишуров и др., 2019; Кондратьева, Федоров, 2020). Ежегодно в Россию ввозится до 5 млн. саженцев ягодных культур (кроме земляники), большой процент которых низкого качества и не прошедшие карантин (Чекмарев, 2018б; Федоренко и др., 2019). Получение чистосортного, оздоровленного посадочного материала растений для пополнения биоресурсных коллекций, а также закладки маточных плантаций является важным направлением научного и промышленного садоводства (Зейналов и др., 2018; Голяева и др., 2023; Красова, 2024). Для решения данной задачи необходимо использовать комплексные исследования в области вирусологии, генетики, физиологии, биотехнологии и селекции (Высоцкий, 1998, 2003; Кухарчик, 2006, 2016). Для многих ягодных культур оптимизация и адаптация методов микроклонального размножения позволит своевременно размножить редкие экземпляры, повысить

коэффициент размножения и использовать технологию *in vitro* в процессе селекции, оздоровления, депонирования, защиты от реинфицирования и безопасного обмена растительным материалом (Jenderek et al., 2011; Кухарчик, 2016, 2019; Verzhuk et al., 2020).

Смородина красная (*Ribes rubrum* L.) является традиционной, экономически перспективной ягодной культурой для возделывания во многих регионах РФ. Ягоды этой культуры являются источником диетического питания с потенциальными полезными и питательными свойствами (da Silva Pinto, 2010; Djordjević et al., 2014; Причко и др., 2017; Акимов и др., 2024)

Некоторые сорта смородины красной обладают комплексом адаптивных и хозяйственно-ценных признаков и представляют интерес для использования в селекционно-производственном плане. Процесс размножения таких сортов вегетативным способом сложный и длительный, поскольку зависит как от генотипа, так и от климатических условий, и кроме того, сопровождается высоким процентом заражения вирусными заболеваниями. В связи с этим возникает необходимость использования методов культуры изолированных тканей и совершенствования элементов технологии микрклонального размножения, а также адаптации полученных растений к условиям *ex vitro* (Sedlák, Paprštejn, 2012; Кухарчик, 2019; Verzhuk et al., 2022). Методы, связанные с микрклональным размножением смородины красной, еще недостаточно проработаны. Ряд проблем связан с периодами введения в культуру *in vitro*, подбором эксплантов, стерилизацией, подбором питательных сред, взаимосвязью между между эксплантом и минеральным составом среды, выбором и концентрациями регуляторов роста (Кухарчик и др., 2016; Мацнева и др., 2024).

Использование разных питательных сред (Murashige and Skoog; WoodyPlant Medium; Quoirin and Lepoivre; Lee and de Fossard; Anderson) для пролиферации пазушных, верхушечных почек либо частей однолетних побегов приводит к противоречивым результатам и сильной вариации коэффициента размножения по изучаемым генотипам (Goliz et al., 2002; Ruzic, Ladic, 2006; Borges et al., 2010;

Кухарчик, 2016; Молканова и др., 2018). Рекомендуемые концентрации регуляторов роста различаются в зависимости от видовой принадлежности рода *Ribes* (Cárdenas, 2016). В частности, использование 1,5–2,0 мг/л цитокинина для некоторых генотипов смородины вызывает мельчание эксплантов и этап укоренения усложняется (Sedlák, Paprštejn, 2012; Пронина и др., 2018; Матушкин, 2020). В связи с этим актуальным является оптимизации гормонального состава среды для поддержания активного роста и развития эксплантов. В то же время наиболее трудоемким и проблемным вопросом для этой культуры является переходная стадия *in vitro* – *ex vitro*. Адаптация к условиям *ex vitro* является одним из главных факторов, ограничивающих размножение микрорастений смородины красной как в промышленных масштабах, так и единичных экземпляров генетических (биоресурсных) коллекции (Кухарчик и др., 2013). Для смягчения стрессовой нагрузки и обеспечения плавного перехода к культивированию в естественных условиях разрабатываются разные технологические приемы и оборудование. Наиболее часто используются климатические камеры с контролируемыми параметрами (температура, влажность, освещение), что позволяет повысить процент выхода адаптированных растений, полученных *in vitro* (Goto, 2012; Nelson, Bugbee, 2014; Hautsalo et al., 2018; Павлова, Клименко, 2019). В качестве энергосберегающих технологий в них используют светодиодное освещение с возможностью изменения спектрального состава света (Клименко, Павлова, 2018). Оптимизация условий выращивания в таких камерах позволяет минимизировать потери ценных селекционных генотипов.

Таким образом, необходимость совершенствования элементов технологии микроклонального размножения сортов смородины красной и модуляция спектрального состава света в климатической камере на этапе адаптации микрорастений для ускорения селекционного и производственного процессов определили актуальность и востребованность данного исследования.

**Цель исследования:** оптимизация элементов технологии микрклонального размножения сортов смородины красной, как источников селекционных признаков, меристемным способом *in vitro* и адаптации микрорастений в условиях закрытых искусственных агроэкосистем.

**Задачи исследования:**

1. Определить влияние срока изоляции почек на приживаемость с учетом онтогенеза растений на этапе введения *in vitro*;
2. Выявить эффективные стерилизующие агенты на результативность санации эксплантов смородины красной;
3. Оптимизировать минеральный и гормональный состав питательных сред для максимальной реализации морфогенетического потенциала микрорастений;
4. Выявить действие регуляторов роста группы ауксинов на процесс ризогенеза;
5. Изучить влияние спектрального состава светодиодного освещения климатической камеры на морфофизиологические изменения растений *in vitro* на стадии адаптации к частично нестерильным условиям;
6. Рассчитать экономическую эффективность полного цикла микрклонального размножения смородины красной с использованием оптимизированных приемов адаптации микрорастений, полученных *in vitro*.

**Научная новизна исследования**

Усовершенствованы элементы технологии микрклонального размножения смородины красной и регенерационной системы для индукции морфогенеза меристем за счет подбора оптимальных сроков введения в культуру с учетом стадии онтогенеза, обработок стерилизаторами растительных эксплантов и выбора компонентов питательных сред, максимально эффективных для культивирования растений *in vitro*. Доказано действие различных стерилизаторов (0,01%  $C_9H_9HgNaO_2S$ , 0,1 %  $HgCl_2$ , 12%  $H_2O_2$ , 0,2%  $AgNO_3$ ) на снижение распространения инфекционного заражения и некроза для получения оздоровленных эксплантов сортов смородины красной на этапе введения почек в

культуру. Статистическим анализом показан положительный эффект воздействия  $\text{AgNO}_3$  на коэффициент размножения и морфометрические показатели микрорастений. Изучено влияние повышенного в 2 раза содержания хелата железа в составе минеральных сред MS, QL, LF на процент приживаемости эксплантов и морфогенез микрорастений. Подобраны оптимальные концентрации цитокинина БАП на этапе пролиферации и концентрации ауксинов (ИУК, ИМК) на этапе укоренения микропобегов.

Впервые для данной культуры показаны преимущества комбинированного светодиодного освещения красным, зеленым, синим, дальне-красным и ультрафиолетовым (диапазон А) спектрами в повышении эффективности и сокращении сроков на адаптацию микрорастений к условиям *ex vitro*. Изучено влияние комбинированного светодиодного освещения различного спектрального состава и их процентного соотношения на этапе получения исходного материала на морфофизиологические процессы у сортов смородины красной, полученных *in vitro*. Впервые для данной культуры показана эффективность использования вегетационного индекса (Normalized Difference Vegetation Index) в оценке физиологического состояния и адаптации микрорастений.

### **Теоретическая значимость результатов**

Изучены особенности морфогенеза сортов смородины красной как исходного селекционного материала в зависимости от срока изоляции верхушечных почек. Получены новые сведения о влиянии разных стерилизаторов и времени их воздействия в защите эксплантов смородины красной от некроза и инфекции. Оптимизирован минеральный состав питательных сред (MS, QL, LF) для максимальной реализации, укоренения и размножения исходного материала сортов смородины красной. Впервые получены новые знания о влиянии спектрального состава света на этапе адаптации микрорастений к частично нестерильным условиям на морфофизиологические показатели смородины красной.

## **Практическая значимость результатов**

Усовершенствованы элементы технологии микроклонального размножения сортов смородины красной при использовании в качестве исходного материала для научно-производственных испытаний.

Повышение процента выхода жизнеспособных и обеззараженных микрорастений при использовании эффективных стерилизующих агентов на этапе введения.

Снижение затрат и повышение рентабельности производства оздоровленного посадочного материала при использовании 0,5 мг/л БАП и экономичного структурообразователя питательной среды.

Увеличение количества адаптированных оздоровленных растений «высших категорий качества» для закладки базисных питомников при применении комбинированного спектрального состава света как энергосберегающей технологии и дозированной системы полива на этапе адаптации микрорастений.

Результаты исследований испытаны в лаборатории биотехнологии ФГБНУ ВНИИСПК (дер. Жилина, Орловский р-н) и лаборатории исследований технологических свойств сельскохозяйственных материалов ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (г. Москва) (приложение Б). Полученные растения переданы в лабораторию селекции и сортоизучения смородины ФГБНУ ВНИИСПК (приложение В), а также в КХ «Глория» (г. Орёл, тер. Лесопарк Андриабуж (приложение Г). Разработан и утвержден усовершенствованный протокол микроклонального размножения смородины красной (приложение Д).

## **Методология и методы исследования**

Для решения поставленных задач исследования использован комплексный подход, включающий все этапы микроклонального размножения. При постановке лабораторных экспериментов использованы современные научные методы и методики. При проведении экспериментов использованы методические рекомендации и публикации: G. Holm (1954), D. Wettstein (1957), Б.А. Доспехов (1972), Гавриленко и др. (1975), Н.К. Lichtenthaler (1987), М. Musiienko и др.

(2001), Е.Н. Джигадло и др. (2005), J. Sedlák, F. Paprštejn (2012), С.G. Manole и др. (2012), E. Dziejic, J. Jagła (2013), Н.В. Кухарчик и др. (2016).

### **Основные положения, выносимые на защиту**

1. Выбор стерилизующего вещества на этапе введения в культуру апикальных почек.

2. Влияние компонентов питательных сред и периода введения в культуру *in vitro* на рост и размножение смородины красной с учетом генетических особенностей.

3. Изменения морфофизиологических параметров микрорастений и светодиодного освещения в климатической камере при адаптации к частично нестерильным условиям.

### **Степень достоверности и апробация результатов**

Достоверность исследований подтверждена 4-х летними исследованиями (2022-2025 гг.), проведенными лично или в соавторстве, большим объемом экспериментальных данных, статистически проанализированных с использованием современных компьютерных программ.

Результаты исследований были ежегодно представлены на отчетных сессиях ВНИИСПК, советах молодых ученых, заседаниях отделов и лабораторий института, а также Международных и Всероссийских научно-практических конференциях: «Актуальные вопросы и инновационные направления развития АПК глазами молодых ученых» (Орловский р-н, п. Стрелецкий, ФГБНУ ФНЦ ЗБК 24-26.11.2021); «Наука без границ и языковых барьеров» (г. Орел, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина 2-3.06.2022); «Достижения и перспективы молодых учёных в науке» (Орловский р-н, дер. Жилина, ФГБНУ ВНИИСПК 21.10.2022); «Проблемы и основные направления развития селекции и сорторазведения плодовых и ягодных культур» (Орловский р-н, дер. Жилина, ФГБНУ ВНИИСПК 1-2.08.2023); «Достижения и перспективы молодых учёных в науке» (Орловский р-н, дер. Жилина, ФГБНУ ВНИИСПК 09.11.2023); «Связь науки и производства – главное направление деятельности молодых ученых» (г.

Орел – г. Курск, ФГБНУ ФНЦ ЗБК, ФГБНУ «Курский ФАНЦ», ФГБНУ ВНИИСПК 15.04.2024); «Актуальные направления сельскохозяйственной науки в работах молодых ученых» (г. Барнаул, отдел АНИИСХ 24.07.2024); «Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки» (г. Симферополь, ФГБУН НИИСХ Крыма 23-27.09.2024); «Регуляторы роста и развития растений в технологии современного растениеводства» (г. Орел, ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» 28.03.2025).

**Личный вклад соискателя.** Постановка проблемы, актуальности, цели и задач исследований, подбор и анализ отечественной и зарубежной литературы по изучаемой проблеме, методическая часть исследований, проведение экспериментальных работ выполнены соискателем лично. Формулировка тематики диссертационной работы, анализ и обобщение полученных результатов, проведение статистического анализа данных выполнены совместно с научным руководителем (доля участия соискателя не менее 75 %).

**Публикации результатов исследований.** По материалам диссертации опубликовано 8 печатных работ, в т.ч. 3 – в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, 1 – в изданиях с мировыми базами индексирования Web of Science (Q1), Scopus (Q1), а также K1 «Белого списка».

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 149 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 4 разделов, заключения и рекомендаций для науки и производства. Содержит 19 таблиц, 27 рисунков. Список литературы включает 311 источников, в т.ч. 116 в зарубежных издательствах.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1. Биологические особенности представителей рода *Ribes*

Род *Ribes* L. в связи с особенностью строения синкарпного гинецея, полностью нижних завязей, а также «мясистых» плодов по современной классификации таксонов принадлежит к семейству *Grossulariaceae* / Крыжовниковые (Горбунов, 2012; Гаврилова и др., 2017). Однако некоторые исследователи включают его в расширенное семейство *Saxifragaceae* / Камнеломковые (Wiethold, 2016). Поэтому вопрос филогенетических связей представителей данного рода остается открытым. В. Zhang et al. (2023) проследили хронологию проблемы классификации внутри таксона *Ribes* L., которая остается неясной из-за сходства морфологических характеристик внутри рода, высокой морфологической изменчивости и наличия двух таксономических групп с обоеполыми или однополыми цветками. Для решения этого вопроса использованы геномные маркеры (молекулярная филогения). Было подтверждено выделение подрода *Coreosma* из подрода *Ribesia* и подрода *Hemibotrya* от подрода *Berisia* и обосновано отделение подрода *Grossularia* как самостоятельной единицы. Достоверность такого решения в дальнейшем была проверена с помощью методики восстановления признаков у предковых форм.

Смородина красная относится к подроду *Ribesia* (Berl.) Jancz. (Горбунов, 2012; Ильин, 2016; Панфилова, Голяева, 2016) и получена на основе 4 видовых форм: *Ribes vulgare* Stab., *R. petraeum* Wulf., *R. multiflorum* Kit., *R. rubrum* L. и их гибридов (Федоровский, 2001; Panfilova et al., 2021).

Смородина красная – это многолетний кустарник высотой до 2 м, иногда до 4,5 м, побеги гладкие без шипов, верхний слой коры молодых побегов трескается либо отстает отдельными обрывками. Взрослый куст состоит из 6-8 многолетних ветвей. У основания куста могут развиваться молодые побеги (прикорневые или побеги нулевого порядка). Цветковые почки располагаются в верхней части побегов, поэтому укорачивание побегов может привести к снижению урожая.

Смородина красная может плодоносить на «кольчатках» (годовой прирост до 3 см, имеющий 2-3 боковые почки со сближенными междоузлиями), или на плодовом побеге (однолетний прирост до 25 см, конечная почка вегетативная, а боковые – генеративные), или смешанном побеге (годовой прирост более 25-30 см с верхушечной вегетативной почкой). Продолжительность жизни плодовых побегов – 3-4 года. При соответствующей агротехнике кустарник смородины красной может сохранять продуктивность до 20-25 лет. Ягоды округлые и могут иметь разную окраску от белой до темно-красной. Ягоды разных сортов отличаются по вкусу и консистенции (Баянова, Ильин, 1995; Панфилова, Голяева, 2016; Шахмирзоев, 2019; Пикунова и др., 2019; Зазулин, 2022).

Мировой ассортимент рода *Ribes* L. насчитывает более 2000 сортов, однако генетические ресурсы подрода *Ribesia* (Berl.) Jancz. мало изучены, поскольку существует ряд диких видов, превосходящих существующие сорта по ряду хозяйственных и биологических признаков (Голяева, 2007). Смородина красная отличается высокими показателями устойчивости к био- и абиотическим стрессорам, высокой урожайностью, питательной ценностью ягод, скороплодностью, обладает высокой технологичностью выращивания и возможностью механизированного сбора урожая (Гурин, 2000; Сабарайкина, 2009; Gündeşli et al., 2019; Kirina et al., 2020; Голяева, 2024). Все это позволило занять данной культуре определенную продовольственную нишу. Кроме того, смородина красная является источником диетического питания с потенциальными антидиабетическими и антигипертензионными свойствами (da Silva Pinto et al., 2010; Акимов и др., 2024). Большая часть сортов *Ribes rubrum* L., используемых в фермерских хозяйствах и научных учреждениях, представлена сортами из России, Белоруссии, Украины и Европы (Panfilova et al., 2021).

Насаждения данной культуры получили широкое распространение в США (занимает одно из ведущих мест в промышленном ягодоводстве), Великобритании, Нидерландах, Германии, Чехии, Словакии, Польше, Эстонии и Латвии. В России смородина красная менее распространена по сравнению со

смородиной черной (Дулов, 2022). Ведущими производителями смородины белой являются Германия и Словацкая республика (Pikunova et al., 2023).

## 1.2. Способы размножения ягодных культур

Ягодные культуры чаще всего размножают вегетативным способом. Вегетативное размножение основано на явлении регенерации, т. е. способности растения восстанавливать утраченные органы и ткани (Сазонов и др., 2012; Титова, Курашев, 2021). Такое размножение приводит к образованию клонов, генетически идентичных исходному растению. Если маточное растение находилось в зрелой фазе развития, то полученные клоны могут цвести и плодоносить значительно раньше, чем аналоги, полученные при помощи семян (Kumar, 2016). Также этот способ размножения позволяет закрепить хозяйственно-ценные признаки и получить однородное потомство. К вегетативному способу размножения ягодных культур относят размножение зелеными и одревесневшими черенками, горизонтальными и вертикальными отводками, корневыми черенками, деление куста, корневые отпрыски, микропрививку (Сохибова, 2020; Awotedu и др., 2021; Павловский, 2022). Основная цель вегетативного размножения – стимулировать образование придаточных корней, что отличает данный метод от семенного размножения. На образование придаточных корней влияет ряд факторов: генотип и возраст исходного растения, полярность черенка, морфологическое состояние растения, агротехника выращивания и климатические условия (время года, температура, влажность воздуха, освещенность) (Маслова и др., 2005; Kumar, 2016).

Некоторые исследователи указывали, что лучшее время для укоренения ягодных культур в открытом грунте – осень, когда температура не опускается ниже 50°F (+10° C) (Князев и др., 2012).

Возраст маточного растения – один из ключевых факторов, влияющих на скорость и качество укоренения черенков, что может быть связано с регуляцией генов, кодирующих биосинтез ауксина и этилена. Однако связь между уровнем

гормонов, возрастом и способностью образовывать придаточные корни недостаточно изучена (Liu et al., 2024). Черенки, взятые с растений на ювенильной стадии развития, укореняются лучше, чем с растений, вступающих в репродуктивную фазу из-за разницы в гормонах или наличия веществ, ингибирующих ризогенез. Также возможна конкуренция между процессами укоренения и цветения за ограниченные запасы углеводов в черенках (Kumar, 2016).

Наличие листьев обеспечивает черенок углеводами, ауксинами и факторами укоренения, но повышает испарение воды, поэтому данный фактор необходимо оптимизировать: уменьшать площадь листьев или поддерживать высокую влажность воздуха (Еременко, Бородина, 2021; Павловский, 2022).

Период заготовки черенков зависит от вида растения и типа черенка (зеленый, полуодревесневший, одревесневший). Зеленые черенки заготавливают в период активного роста, полуодревесневшие черенки – когда древесина частично созрела (одревеснела), одревесневшие черенки – по окончании вегетации (Сучкова, Михайлова, 2017; Цыбикова и др., 2019).

Одревесневшие черенки характеризуются полностью вызревшими тканями, большим количеством запасных пластических веществ и часто имеют корневые зачатки (Рахматова и др., 2019). После укоренения они подвергаются влиянию низких температур для прохождения периода покоя, условия которого зависят от вида растения (Пигорев, Долгополова, 2018). Укоренение одревесневшими черенками в открытом грунте сильно зависит от погодных условий, прежде всего от увлажнения, и приживаемость таких черенков зависит от вида или сорта культуры (Дунаева и др., 2016).

Зеленое черенкование позволяет сократить сроки получения посадочного материала, но качество саженцев зависит как от культуры, так и от сорта (генотипа). Зеленое черенкование проводят в защищенном грунте с туманообразующей установкой подачи воды (Тарасенко, 1991). При таком способе размножения рекомендуют использовать разные регуляторы роста,

учитывать фазу развития маточных растений, положение участка будущего черенка на побеге: лучше укореняются черенки из верхней и средней части побега (Аладина, 2013; Рахматова и др., 2019; Елизаров, 2021).

Однако, при использовании таких способов вегетативного размножения (одревесневшее и зеленое черенкование) высока вероятность заражения вирусными заболеваниями и инфекциями, накапливающимися в течение определенного времени (Малых и др., 2008; Титова, Курашев, 2021).

К вегетативному способу размножения плодовых и ягодных растений относится культура изолированных тканей *in vitro* (Кухарчик и др., 2016).

Методика «оздоровления» растений основана на использовании апикальных меристем или в сочетании термотерапии и хемотерапии с культурой *in vitro*. Кроме этого, методика изолированных тканей открывает перспективность создания генетических банков (генобанков) вегетативно размножаемых культур с использованием, в т. ч. криоконсервации, т.к. регенерация растений после длительного хранения базируется именно на этих методиках (Кухарчик и др., 2016; Сулейманова, 2016; Кухарчик, 2019). Этот метод также оптимален для размножения растений с нарушенным процессом воспроизводства (т.е. трудноукореняемые сорта с низкой побегообразовательной способностью) (Евсеева, 2001). Использование метода микроклонального размножения имеет определенные преимущества в экономическом плане: небольшие площади выращивания посадочного материала, минимальные затраты на исходный материал, сокращение задействованных трудовых ресурсов, ускорение прохождения онтогенеза растения от ювенильной фазы к репродуктивной, высокая приживаемость (Пронина, Матушкина, 2011). Однако, наряду с преимуществами использование метода изолированных тканей имеет и ряд недостатков: разница в темпах роста растений из меристем апикальных и пазушных почек, необходимость постоянно восполнять питательные среды и совершенствовать технологию, трудоемкость в получении клонов древесных растений, организация специальных лабораторий, дорогостоящая техника

(Вечернина и др., 2011; Dziedzic, Jagła, 2013; Заяц, Налетов, 2022). По мнению зарубежных ученых, проблемы при использовании метода *in vitro* также связаны с наличием эндофитных микроорганизмов, выделением фенольных соединений, качеством и типом исходного материала (Scherling et al., 2009; Winkelmann et al., 2006; Winkelmann, 2012). Кроме того, разные количественные компоненты питательных сред могут потребоваться при введении в культуру различных видов, сортов и даже органов одного и того же вида растения (Джигадло и др., 2005; Sedlák, Paprštejn, 2012; Молканова и др., 2018; Isroilova, 2019).

Процесс микроклонального размножения включает несколько этапов: отбор маточных растений на основе фитопатологической оценки в период оптимального физиологического состояния для введения в культуру; стерилизация и введение в культуру *in vitro*; «собственно микроклональное размножение» (снятие апикального доминирования и стимуляция развития пазушных почек; микрочеренкование побегов, сохранивших апикальное доминирование); укоренение микропобегов и получение конгломератов; адаптация пробирочных микрорастений к нестерильным условиям (Ryago, 2023).

Существует несколько способов микроразмножения растений: **активация существующих меристем в растении; стимулирование образования адвентивных почек; индукция соматического эмбриогенеза; дифференциация адвентивных почек из первичной и каллусной ткани.**

При активации существующих меристем используют апекс побега, пазушные и спящие почки стебля (ягодные, плодовые культуры). Преимущество данного метода – высокая скорость и оздоровление посадочного материала. Использование этого метода сопряжено с определенной трудоемкостью процесса, вероятностью повреждения меристемы в ходе манипуляций (Тимофеева и др., 2016; Кухарчик и др., 2016, 2019; Мелехов, 2024). Применение метода **стимулирования образования адвентивных почек** тканями экспланта часто используется при размножении ягодных культур (земляника). Трудность данной методики связана с выбором ткани, из которой образуются почки (верхние слои

меристематических клеток, сегменты листа или слои семядоли зародыша) (Тимофеева, Невмержицкая, 2012). При **соматическом эмбриогенезе** из тканей первичного экспланта или из каллусной культуры (косточковые, семечковые, декоративные ягодные культуры) не требуются специальные условия для укоренения и адаптации, так как формируются полноценные растения, но посадочный материал в этом случае будет генетически нестабилен по отношению к исходному растению (Митрофанова, 2009). При **дифференциации адвентивных почек из первичной и каллусной ткани** при соответствующих условиях образуется новое растение. Для некоторых культур этот метод рассматривается как единственно возможный вариант (например, хвойные растения, некоторые сорта и видовые формы семечковых культур, отдаленные гибриды рода *Prunus* Mill, диплоидные виды сорта вишнесливы, некоторые видовые формы малины и земляники) и для селекции он предоставляет спектр генетически и морфологически разных растений. Однако основным недостатком являются генетические и морфологические нарушения, а также снижение морфогенетического потенциала (Бутенко, 1989; Расторгуев, 2008; Ван-Ункан, 2014).

Указанные проблемы решаются путем оптимизации протоколов микроразмножения и при разработке рекомендаций применительно к разным видам и сортам растений.

### **1.3. Микрклональное размножение**

Микрклональное размножение растений – это альтернативный способ получения большого числа клонов за относительно непродолжительный период (т.е. высокий коэффициент размножения), обеспечивающий генетическую стабильность растений. Это достаточно перспективное направление в технологии размножения и получения оздоровленного посадочного материала растений (Ямалиева, 2023).

### 1.3.1. Периоды онтогенеза растений и введение в культуру *in vitro*

Успешность введения в культуру *in vitro* представителей ягодных культур зависит от качества исходного материала и фазы онтогенеза растения в период изоляции эксплантов (Dziedzic, Jagła, 2013). Онтогенетическое развитие включает в себя совокупность генетически обусловленных физиолого-биохимических и морфологических изменений в организме растений (Тымчик и др., 2019; Barton, 2024). У растений благодаря наличию стартовых структур – апексов побега, почек возобновления или спящих почек – процесс формообразования (морфогенез) циклический (Савиных, Черемушкина, 2015). Для растений, полученных вегетативным путем, жизненный цикл продолжает этот процесс материнской особи (Шохамдамова, Шамсиддинов, 2021). В годичном цикле жизни плодово-ягодных культур различают вегетацию и покой. К основным фенофазам периода вегетации относятся: рост, набухание и распускание почек, рост побегов, образование плодов и их созревание, дифференциация плодовых почек, вызревание тканей, листопад и вхождение в органический покой (Сазонов и др., 2012).

Сроки наступления фенофаз зависят от суммы среднесуточных температур предшествующего вегетации периода и могут отклоняться на срок до двух недель. При выращивании смородины подвидов *Eucoreosma* Jancz., *Ribesia* (Berl.), *Berisia* (Spach) Jancz., *Symphocalyx* Berl. в разных географических зонах сроки прохождения фенологических фаз носят модификационный характер изменчивости и сохраняются незначительно, за исключением сроков листопада и продолжительности вегетации (Нигматзянов и др., 2024). Начало вегетации у смородины красной начинается при сумме активных температур  $> +5^{\circ}\text{C}$  (Зуева, 2021; Клюкина и др., 2024).

Для микроразмножения меристема почек используется в качестве экспланта из-за меньшей вероятности заражения вирусами, что связано с отсутствием проводящей системы в апексе, высоким содержанием ауксинов, препятствующих

репликации вирусов, малым размером плазмодесм как механического барьера их распространения (Молканова и др., 2016; Magyar-Tábori et al., 2021).

В будущих вегетативных почках осенью деление клеток прекращается до наступления весны, в генеративных – продолжается и образуется несколько слоев меристемы, свидетельствующих о готовности к развитию в цветки при наступлении благоприятных весенних условий. Генеративно-вегетативные почки содержат зачатки цветков и побегов и характерны для семечковых культур, смородины, крыжовника (Прохорова и др., 2014).

Протекание ряда физиологических процессов в исходном растении под воздействием внешних условий (свет, температура) влияет на качественные изменения в апикальной меристеме (Noусе и др., 2019).

В зависимости от периода роста и развития растения в апексе происходит усиление или ослабление митотической активности в образовании клеток, при этом в конусе нарастания клетки либо омолаживаются, либо стареют и объем меристемы уменьшается (Чурикова, 2005). Возраст растения, онтогенетическое и физиологические развитие, а также степень дифференциации почек влияют на реакцию эксплантов при культивировании *in vitro* (Delporte et al., 2014).

Во многих исследовательских работах нет единого мнения по вопросу лучшего срока для максимальной эффективности введения *in vitro* и получения большого количества здоровых микрорастений (Panfilova, Ryago et al., 2025). Для большинства плодовых и ягодных культур лучшим периодом для изоляции меристем является фаза выхода растений из состояния покоя или начало активной вегетации (Титаренко, 2008; Муратова, Хорошкова, 2015). Для представителей рода *Ribes spp.* количество образовавшихся микропобегов сильно варьирует и зависит от времени введения в культуру, качества исходного материала, генотипа, использования тех или иных питательных веществ на разных этапах онтогенеза растений (Golís et al., 2002; Ruzic, Lazic, 2006; Borges et al., 2010; Sedlák, Paprštejn, 2012; Dziedzic, Jagła, 2013; Кухарчик и др., 2013; Кухарчик, 2019).

В некоторых работах встречаются сведения о введении в культуру почек, взятых с однолетних побегов смородины золотистой. Однако, существенных различий в коэффициенте размножения микроэксплантов, взятых с ювенильных и взрослых растений, не выявлено (Эрст, Вечернина, 2010).

Для смородины ряд авторов рекомендуют использовать спящие почки, взятые в конце зимы либо ранней весной (Приходько, 1996; Manole et al., 2011; Кухарчик и др., 2016) и молодые верхушки побегов в фазе активного роста (Dziedzic, Jagła, 2013; Cárdenas, 2016; Дунаева и др., 2024). Период активного роста характеризуется меньшим инфицированием и усиленным гормональным фоном, что повышает приживаемость меристем (Широков, Крюкова, 2012). При введении в культуру в начале весны (март) отмечается сложность с вычленением меристем из-за их малого размера и расположения по периферии почки, где зачаточные цветки занимают центральное положение (Шахов и др., 2017). Такая направленность развития почек на закладку цветков и формирование будущего урожая может способствовать слабому развитию меристем и приводить к некрозу и гибели экспланта. Кроме того, влияние стерилизатора на зачаточные соцветия в распутившихся почках может спровоцировать гибель экспланта (Khromova, Matsneva, 2022).

Введение почек в летний период многие авторы считают оптимальным (Khromova, Matsneva, 2022). Так, у смородины черной в этот период меристемы апексов побегов полностью сформированы и имеют определенный потенциал роста, они свободны от патогенов благодаря открытости почек и доступности для стерилизатора.

При введении в конце лета (август) доля асептических меристем снижается прежде всего у изолированных с базальной части побега почек (Khromova, Matsneva, 2022; Дунаева и др., 2024).

Введение меристемы в конце лета – начале осени может привести к высокой инфицированности культуры, например, на сортах земляники она варьировала от 7,1 до 67,0 % (Леонова, 2013). В то же время осеннее введение

имеет определенные преимущества перед ранневесенним введением: большое количество исходного материала растений, крупные сформировавшиеся почки на однолетних побегах, которые способствуют ускорению регенерации меристемы из-за плотных ороговевших чешуй почек, защищающих от повреждения стерилизаторами (Сковородников, Казакова, 2012).

### **1.3.2. Режимы стерилизации, стерилизаторы и использование антибиотиков в обеззараживании микрорастений**

Обеззараживание растительного материала важно из-за наличия на его поверхности инфекций различной природы (бактериальной, грибковой), что может негативно сказаться на приживаемости меристем и их развитии. Выбор стерилизатора зависит от типа экспланта, вида, концентрации стерилизатора и времени обработки. Стерилизующий агент должен нейтрализовать пагубную микрофлору, не повреждая ткани, при этом хорошо смачивать поверхность почек и легко вымываться водой для предотвращения некроза и ожога тканей (Джигадло и др., 2005; Макаров и др., 2019).

Часто перед основной стерилизацией осуществляют промывку моющими средствами или комплексом веществ разнонаправленного действия. Например, мыльный раствор используют на предварительном этапе для почек винограда и смородины красной (Вержук и др., 2022). Для смородины черной этап стерилизации включал последовательность: мыльный раствор (15 мин.), 1% р-р «Бриллианта» (40 мин.), хлоргексидин (45 мин.), фунгицид, антибиотик (20 мин.), 10% р-р аскорбиновой кислоты (Лазуренко, Головина, 2025). Для снижения внутреннего заражения используют смесь фунгицидно- бактерицидного раствора (каптан 2,7 г/л + стрептомицин 0,5 г/л + беномил 1,8 г/л) (Cárdenas, 2016). Такое же действие могут обеспечить на предварительном этапе «Хлорамин Б», «Белизна», «Бенлат», «Physan» (Кухарчик и др., 2016; Лазуренко, Головина, 2025).

Существует деление стерилизаторов по силе дезинфицирующего действия на соединения с сильным, средним и слабым обеззараживающим эффектом.

К первой группе принадлежат соединения, содержащие ртуть: сулема (хлорид ртути), диацид, азотнокислая ртуть и др., а также азотнокислое серебро.

Ко второй группе относятся соединения, содержащие в своем составе активный хлор: гипохлориты натрия, кальция, калия, хлорамин, хлорная известь.

К третьей группе принадлежат перекись водорода и перманганат калия с присущими им окислительными свойствами (Кутас, Гаранинова, 2015).

Применение одного стерилизатора может не обеспечить освобождение растительного материала от комплекса патогенов, в связи с чем применяют многоступенчатую стерилизацию с чередованием стерилизующих агентов и промывок для их удаления (Кухарчик и др., 2016). Для представителей рода *Ribes* часто используют ртутьсодержащие стерилизаторы при экспозиции более чем 1 мин. (Эрст, Вечернина, 2010; Sedlák, Paprštejn, 2012; Красноштан, 2013).

При сравнении эффективности использования сулемы и бытовых моющих средств на основе гипохлорита кальция («АСЕ», «Domestos», «Белизна») у смородины красной лучший результат получен в вариантах с 10% раствором бытового хлорсодержащего отбеливателя «АСЕ» при воздействии в течение 15 минут (Вержук и др., 2022). Эффективность гипохлорита натрия основана на его способности разрушать клеточные структуры и ДНК микроорганизмов, образовывать в ходе реакции хлорноватистую кислоту, которая является мощным окислителем, что препятствует сохранению спор и развитию бактерий (Correia et al., 2024).

Высокая эффективность на смородине Мейера (*R. Meyeri* Maxim.) и *Ribes janczewskii* получена при использовании в качестве стерилизаторов 70% этанола и 3% раствора перекиси водорода, что обеспечивало сохранение более 70% эксплантов в культуре (Камбарова и др., 2020; Nurtaza et al., 2024).

Часто в питательную среду добавляют антибиотик для защиты микрорастений от патогенной микрофлоры. Такие аминогликозидные антибиотики, как гентамицин и стрептомицин являются бактериостатическими антибиотиками широкого спектра действия: они связываются с 30S-субъединицей

рибосом и прекращают биосинтез белка, эти антибиотики широко используются на некоторых ягодных культурах (Тао et al., 2011; Дорошенко, Жукова, 2015; Концевая и др., 2016). Эффективность при стерилизации почек смородины черной показана при использовании антибиотиков «Цефазолина П» и «Амикацина П» (Лазуренко, Головина, 2025).

Однако в последнее время выявлено, что использование стерилизаторов в культуре *in vitro* с ростом эффективности в отношении бактериальной и грибной инфекции становится токсичным для самих эксплантов, а действие некоторых антибиотиков на этапах культивирования *in vitro* для ягодных культур еще мало изучено.

### 1.3.3. Компоненты питательных сред и развитие эксплантов

Эффективность микроклонального размножения в большей степени определяется компонентным составом питательной среды, содержащей минеральную основу (макро- и микроэлементы), углеводы, витамины, регуляторы роста, аминокислоты, агар-агар (или другой желирующий агент) и др. компоненты (Кухарчик и др., 2016).

Существует большое количество питательных сред, которые используются при микроклональном размножении плодовых и ягодных культур: P.R. White (1943), M. Lin, E. Staba (1961), T. Murashige, F.A. Skoog (1962), M. Quoirin, P. Lepoivre (1977), E.C.M. Lee, R.A. de Fossard (1977), B5 (O.L. Gamborg, R.A. Miller, K. Ojima, 1968), B. Nitsch, H. J. Kutzner. (1969), W. C. Anderson (1980), McCown (WPM) (B. H. McCown, J. C. Sellmer, 1987) и т.д.

Чаще всего используют питательную среду по прописи MS (Dziedzic et al., 2013; Кухарчик и др., 2016; Sarkar и др., 2016; Батукаев и др., 2021). Она содержит сбалансированный набор макро- и микроэлементов, а также витамины и органические вещества, необходимые для роста клеток. Основные процессы, происходящие при культивировании тканей, в значительной мере регулируются минеральными компонентами питательной среды, их концентрацией и

соотношением (Иванова и др., 2014). Использование питательной среды MS обусловлено повышенной концентрацией неорганического азота за счет присутствия аммонийного ( $-\text{NH}_4^+$ ) и нитратного азота ( $-\text{NO}_3^-$ ) (Катаева, Бутенко, 1983; Кондрацкая и др., 2017). Это обеспечивает стабильность протекания процессов дифференциации, формообразования и способствует получению регенерантов микрорастений (Иванова и др., 2014).

Кроме среды MS эффективность показывают и другие среды. У многих плодовых и ягодных культур (жимолость, арония, малина, ежевика, смородина, крыжовник, актинидия, голубика) высокий коэффициент размножения был на среде QL, однако этот коэффициент зависел от сорта и видовой формы (Молканова и др., 2018). Лучшей основой для введения, размножения и укоренения *Ribes khorasanicum* была среда MS с 1 мг/л БАП в сравнении с DKW и QL средами (Daroudi et al., 2015).

Сортовые особенности в отношении компонентов питательных сред может носить разнообразный характер. Например, для смородины красной сортов Detvan, Vitan и Rote Höllandische на этапе микроразмножения питательная среда с низким содержанием макроэлементов – WPM (McCown, Lloyd, 1981) оказалась непригодна и вызывала у растений симптомы пожелтения или хлороза листьев (Sedlák, Paprštejn, 2012), для сорта Крыничка наименее пригодна была среда Anderson и вызывала полную гибель эксплантов, но лучшие показатели приживаемости у этого сорта и сортов Фертоди и Jonkheer Van Tets были на среде LF (Кухарчик и др., 2016).

Согласно классификации Н. П. Битюцкого (2020), по физиологической роли элементы, входящие в состав минеральных сред разделены на: структурные (С, Н, О, N, S), потенциалобразующие (К, Na и др. – для поддержания электрохимических потенциалов и выполнения осмотической роли) и выполняющие каталитические функции (участвуют в ферментативных реакциях). Согласно традиционной классификации, которая получила широкое применение, элементы разделяют на макро- (N, P, S, K, Mg, Ca – до десятков и сотен мкмоль /

1 г сухой массы) и микроэлементы (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl и др. – не более нескольких мкмоль/1 г сухой массы), но это деление условно ввиду существования растений-гипераккумуляторов элементов (например, галофиты накапливают избыток Cl, Br и Na) (Битюцкий, 2020).

Минеральные вещества важны для метаболизма растений, активируя ферменты или регулируя скорость ферментативных реакций в качестве коферментов или кофакторов (Epstein, 1972). Недостаток или избыток тех или иных макро- и микроэлементов приводит к нарушению обмена веществ, что отражается на внешнем виде растений. Например, недостаток азота вызывает хлороз и отмирание листьев, замедление роста и развития, а недостаток калия – "краевой ожог" и т. д. (Беловолова и др., 2019).

Для предупреждения дисбаланса в элементном составе микрорастений испытывают питательные среды с различным соотношением компонентов.

Изучение взаимосвязи между питательными веществами среды и пролиферацией эксплантатов может привести к разработке более эффективной системы микроразмножения. Например, для некоторых ягодных культур (род *Rubus*) на этапе ризогенеза рекомендуют уменьшать на 1/2 состав макросолей среды MS (Сковородников, Казаков, 2012). Положительное влияние повышенного содержания Fe, Mg и Mn в питательной среде MS на этапе пролиферации микропобегов у плодовых растений усиливает рост и повышает содержание хлорофилла (Brito, Santos, 2009).

Изучение элементного состава видовых форм растений позволит выбрать оптимальный состав минеральной среды при микроразмножении для восполнения недостатка тех или иных соединений (Nas, Read, 2004; Nas, Eşitken, 2023).

### Углеводы

Углеводы выполняют энергетическую функцию, совместно с солевым составом создают определенное осмотическое давление питательных сред и способствуют укоренению микрорастений. В качестве источников углерода

используют глюкозу, сахарозу, мальтозу, маннит, сорбит (Деменко и др., 2010; Муратова и др., 2012).

Положительный эффект на ростовые процессы представителей подрода *Grossularia* в культуре *in vitro* были достигнуты при использовании 20 г/л сахарозы и 20 г/л глюкозы (Колбанова, 2013). Для смородины красной эффективность была достигнута при использовании 45 г/л сахарозы, эта концентрация способствовала высокому накоплению сырой массы микрорастений (Manole и др., 2011).

### Витамины

Витамины влияют на протекание многих процессов в онтогенезе растений, включая ризогенез, каллусогенез, устойчивость к стрессам (Asensi-Fabado, Munné-Bosch, 2010; Pitzschke et al., 2015; Boubakri et al., 2016).

Точные данные об оптимальных концентрациях витаминов в культуре *in vitro* отсутствуют. Для плодово-ягодных растений чаще применяют следующие витамины: В<sub>1</sub> (тиамин), РР (никотиновая кислота), В<sub>6</sub> (пиридоксин) и Н (биотин) в концентрациях 0,1-0,5 мг/л, С (аскорбиновая кислота) – 1,0-3,0 мг/л, В<sub>8</sub> (мезоинозит) – 10-100 мг/л (Джигадло и др., 2005).

Для смородины черной, земляники, малины, аронии черноплодной часто используют витамины В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub>, РР в концентрации 0,5 мг/л и витамина С – 1,0 мг/л (Князева, 2015; Зонтиков и др., 2021). Для смородины красной применяют витамины В<sub>1</sub> в концентрации 0,1 и 10 мг/л, В<sub>6</sub> – 0,5 и 10 мг/л, РР – 0,5 и 5 мг/л, аскорбиновая кислота – 10 мг/л, мезоинозит – 100 мг/л (Кухарчик и др., 2016).

Кроме этого, некоторые авторы для снижения эффекта «фенольного облака» (нарушение поступления питательных веществ для ростовых процессов) после стерилизации у эксплантов смородины использовали 0,3 % раствор аскорбиновой кислоты (Хромова и др., 2020). Стимулирование ростовых процессов и увеличение количества эксплантов у *Ribes* достигнуто при использовании 2 мг/л минерально-витаминного комплекса "Компливит" в сочетании с 1 мг/л БАП (Сковородников, Сазонов, 2011).

### Аминокислоты

Аминокислоты используют в качестве дополнительного источника азота. Часто в микроклональном размножении используют  $\alpha$ -аланин, глутаминовую кислоту, глицин, аргинин, аспарагиновую кислоту или гидролизат казеина, однако, их количество варьирует в зависимости от вида растений (Войнов и др., 2009). Для плодово-ягодных культур используемая концентрация глицина варьирует от 1,0 до 8,0 мг/л (Джигадло и др., 2005). Для смородины красной рекомендуемая концентрация глицина в составе минеральной среды MS составляет 2,0 мг/л (Кухарчик и др., 2016).

Однако, действие аминокислот в культуре *in vitro* зависит от ткани и физиологического состояния экспланта. Они могут оказывать стимулирующее, угнетающее и формативное действие на рост культуры тканей (Войнов и др., 2009).

### Агар-агар

Агар-агар используют в качестве гелеобразующего компонента. Содержание агара создает аэрацию питательной среды, которая особо важна на этапе укоренения: при высокой плотности среды не образуются корни второго порядка, при низкой плотности среды (1,5-2,5 г/л) появляются признаки стекловидности и не развиваются корневые волоски. Для промышленного культивирования многих ягодных и плодовых культур используют агар в концентрациях 6-8 г/л (Джигадло и др., 2005).

Кислотность среды (pH) регулирует протекание биохимических процессов в растении. Колебания кислотности могут вызывать изменения в метаболизме, гомеостазе питательных веществ в клетках, в стратегии защиты от стрессовых условий, а также транскрипции генов (Tsai, Schmidt, 2021). Изменения в кислотности среды могут кратковременно менять кислотность цитоплазмы и сильно воздействовать на рост экспланта (Мохамед, 2017). Для большинства культур при микроклональном размножении используют диапазон кислотности от 5,2 до 5,8 (McPheeters et al., 1988).

Диапазон кислотности для видов *Ribes* достаточно широкий от 5,0 до 6,8, но отмечается замедление ростовых процессов при повышенном его значении в среде (Бжецева и др., 2019). Согласно некоторым исследованиям рекомендуемый уровень кислотности для смородины красной составляет от 5,7 до 5,8 (Manole et al, 2011; Sedlák, Paprštejn, 2012), для смородины черной от 5,5 до 5,8 (Ишмуратова, Головина, 2017).

#### **1.3.4. Стимуляторы роста и морфогенез изолированных тканей**

В питательную среду вводят различные регуляторы роста для активации морфо- и органогенеза: цитокинины, ауксины, гиббереллины и т. д. Их качественные и количественные соотношения зависят от целей исследования и этапа микроразмножения: для пролиферации на этапах размножения, для индукции ризогенеза на этапах укоренения микропобегов или для индукции каллусообразования.

Вещества цитокининовой природы способствуют в процессе культивирования образованию боковых почек (Джигадло и др., 2005). К цитокининам и веществам с цитокининовой активностью относятся 6-бензиламинопурин (6-БАП, БАП), 6-бензиладенин (6-БА, БА), зеатин (6-(4-окси-3'-метил-транс-2'-бутениламино) пурин), тидиазурон (N-фенил-N'-1,2,3-тидiazолил-5-мочевина), кинетин (6-фурфураминопурин), 2-изопентиладенин (2ip), цитодеф (N-1,2,4-триазол-4-ил-N'-фенилмочевины) и др.; к ауксинам –  $\beta$ -индолил-3-уксусная кислота (ИУК), индолил-3-масляная кислота (ИМК);  $\alpha$ -нафтил-1-уксусная кислота (НУК); 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д); фенилуксусная кислота (ФУК) и др.; к гиббереллинам – гибберелловая кислота (ГК) (Джигадло и др., 2005).

БАП является наиболее часто используемым индуктором побегообразования, его концентрация зависит от генотипа растений (Sedlák, Paprštejn, 2012). Для смородины красной часто используют БАП в концентрации 0,5 мг/л (Кухарчик и др., 2016), для смородины золотистой – 1,0 мг/л

(Sorokopudov et al., 2023). Для *Ribes janczewskii* применяют сочетание 0,2 мг/л кинетина и 0,5 мг/л ГК, что повышает регенерацию эксплантов до 64% (Nurtaza et al., 2024). Кроме того, в отдельных работах показана высокая цитокининовая активность препарата Цитодеф в концентрации 0,5 мг/л на питательной среде MS для сортов смородины красной Щедрая и Jonkheer Van Tets, что проявлялось в увеличении количества и суммарной длины побегов (Макаров и др., 2020).

Правильное соотношение цитокининов и ауксинов в питательной среде может увеличить коэффициент размножения, сохранить генетические особенности и хозяйственно-ценные признаки исходного генотипа (Турдиев и др., 2019). Однако, рекомендуемые концентрации веществ варьируют по сортам и видовой принадлежности рода *Ribes* (Cárdenas, 2016). Среда MS с содержанием 0,4 мг/л БАП, 0,02 мг/л ИМК и 0,2 мг/л ГК в опытах с красной смородиной позволила получить высокий процент побегов с зелеными листьями и высокой степенью плотности (Manole et al., 2012). Для микроразмножения *Ribes janczewskii* на этапе введения в культуру рекомендованы сочетания 0,2 мг/л БАП, 0,5 мг/л ГК, на этапе микроразмножения - 0,25 мг/л БАП, 0,5 мг/л ГК и 0,5 мг/л ИМК (Nurtaza et al., 2024).

Иногда для смородины красной используют сочетание препаратов группы ауксинов и бензиладенина (БА), однако концентрация последнего варьирует в зависимости от этапа культивирования: при введении используют 2,0 мг/л БА, 0,5 мг/л ИМК, 0,1 мг/л ГК. Через 3-4 недели после стабилизации культуры в среду добавляют 1,0 мг/л БА и 0,1 мг/л ИМК (Dziedzic, Jagła, 2013).

На этапе укоренения микрорастений важная роль принадлежит ауксинам (Генетические основы селекции, 2012).

У генотипов смородины красной использование ИМК в концентрации 1,0 мг/л увеличивает в 1,5-2,0 раза количество корней (Макаров и др., 2020). Некоторые исследователи отмечают эффективность ИУК в качестве стимулятора корнеобразования смородины красной, однако её концентрация варьирует и количество образовавшихся корней уступает среде с добавлением ИМК

(Сидоревич, 2019; Лазуренко, Головина, 2025). В работах зарубежных ученых для ризогенеза микрорастений смородины красной использовали среду MS, содержащую 1/5 макроэлементов и 0,01 мг/л БАП (Manole et al., 2012).

Общий период использования смородины красной в виде активно растущей культуры на этапе микроклонального размножения составляет 7-9 пассажей (около 9 месяцев), после чего побеги либо перестают размножаться, либо становятся коричнево-желтыми и погибают (Sedlák, Paprštejn, 2012). В других исследованиях на примере *Ribes uva-crispa* L. было показано снижение скорости размножения после 4-го пассажа на среде MS с 1,0 мкМ БАП.

Таким образом, показано, что смородина красная является сложной видовой формой для размножения в культуре *in vitro*, что неоднократно подчеркивалось в отечественных и зарубежных исследованиях. Для представителей подрода *Ribesia* возможно получение в небольших количествах отдельных генотипов для сохранения этих образцов в биоресурсных коллекциях научных институтов, для обмена генетическим растительным материалом, а также для закладки базовых маточных плантаций. Получение посадочного материала сортов смородины красной является достаточно длительным, поэтому для селекции и производства необходим поиск путей для ускорения этого процесса (Manole et al., 2012; Sedlák, Paprštejn, 2012; Канаев и др, 2019; Panfilova, Ryago et al., 2025).

#### **1.4. Спектральный состав света для адаптации растений *in vitro* к нестерильным условиям**

Выращивание микрорастений в гетеротрофных условиях способствует развитию различных физиологических и анатомических аномалий, препятствует нормальному развитию фотосинтетического аппарата и снижает адаптацию растений к условиям *ex vitro* (Кухарчик и др., 2013).

Листья пробирочных растений поглощают в 4-5 раз меньше CO<sub>2</sub> по сравнению с уже адаптированными растениями, что не перекрывает потребности процесса дыхания в продуктах фотосинтеза (Thi, Giang, 2004; Xiao, Kozai, 2004).

Адаптация к нестерильным условиям является одной из важных проблем, которая ограничивает производство микрорастений в производственных масштабах (Panfilova et al., 2025).

Технология адаптации растений *in vitro* включает подбор субстрата и оптимальных условий – освещенности, фотопериода, влажности воздуха и субстрата, температурного режима (Красинская и др., 2010).

Во многих научных работах показано положительное влияние применения климатических камер на адаптацию микрорастений в «критически важные» этапы размножения (Федотова, 2012; Кондратьева и др., 2018; Поух и др., 2022). В таких камерах создаются контролируемые условия с регулируемой температурой, влажностью и освещением. В настоящее время существует большое количество камер для адаптации микрорастений. Однако большинство из них иностранного производства и дорогостоящие. Поэтому в некоторых отечественных научных институтах (ФНАЦ ВИМ, ВНИИСХБ) разрабатываются и апробируются подобные камеры и режимы для адаптации микрорастений (Свидетельство ...№ 2022611267, 2022; Князева и др., 2023).

Часто в качестве источника освещения используются натриевые лампы и энергоэффективные светодиодные системы (Клименко, Павлова, 2018; Hautsalo et al., 2018; Павлова, Клименко, 2019).

Светодиоды относят к энергосберегающим технологиям в сравнении с традиционными лампами. Особое значение это имеет на основных этапах производства растений, когда растения имеют небольшие размеры и требования к площади выращивания (Goto, 2012; Nelson, Bugbee, 2014). Эффективность использования светодиодного освещения основана на манипуляции со спектральным составом света, которые важны на этапах роста и развития растений. Оптимальное сочетание спектров света (красный, зеленый, синий, фиолетовый и белый) влияет на физиологические процессы: фотосинтез, морфогенез (удлинение побега, формирование пазушных побегов, индукция

соматических эмбрионов, ризогенез и анатомия листьев) (Dutta Gupta, Jatothu, 2013; Park et al., 2024).

Для растений, полученных *in vitro*, важна область спектра, которая участвует в фотосинтезе и морфометрических процессах (Seabrook, 2005). К такой зоне спектра относят диапазон спектра с длиной волны ( $\lambda$ ) от 380 до 710 нм и физиологически активную радиацию ( $\lambda=300-800$  нм) (Янчевская и др., 2018; Папихин и др., 2021).

Активность фотосинтеза зависит от красного света ( $\lambda=660-680$  нм), однако для оптимизации роста и развития, а также стрессоустойчивости важна синяя область спектра ( $\lambda=450-470$  нм) (Muneer et al., 2014; Папихин и др., 2021). Выращивание растений *in vitro* только под красным или синим светом, вызывает окислительный стресс, повышает накопление активных форм кислорода (АФК), а также усиливает процесс перекисного окисления липидов (ПОЛ) (Tennessee et al., 1994; Muneer et al., 2014; Янчевская и др., 2018). Поэтому оптимальное сочетание синего, красного и др. спектров стимулирует рост микрорастений, морфогенез, накопление пигментов, повышают интенсивность фотосинтеза, устьичную проводимость и стимулируют ризогенез. Такие результаты были получены у микрорастений сортов винограда (Никонович и др., 2012; Wang и др., 2016;), земляники (Алексеев, Высоцкий, 2000; Яковцева и др., 2016; Мороз и др., 2019), малины (*Rubus hongnoensis*) (Oh et al., 2021; Калашникова и др., 2020; Мелехов, 2024), жимолости (Несмелова и др., 2015), ежевики (Гудь и др., 2019), ирги ольхолистной (Муратова и др., 2022) при воздействии разных сочетаний синего и красного спектров.

Часто используют сочетание красного, синего и оранжевого ( $\lambda=600-610$  нм) спектров. Их совместное применение повышало адаптацию, рост и количество корней у микрорастений плодовых (подвой сливы домашней) и ягодных культур (земляника) (Бьядовский, 2019; Поух и др., 2022)

Зеленый диапазон спектра ( $\lambda=500-550$  нм) поглощается менее эффективно, чем красный и синий свет. Однако, благодаря высокой проникающей и

отражающей способности зеленый спектр увеличивает поглощение света листьями разных ярусов и позволяет более полно использовать его для фотосинтеза. Зеленый свет вызывает реакцию «избегания тени» и регулирует вторичный метаболизм растений (Dou et al., 2019). Высокое содержание хлорофилла в листьях повышает поглощение зеленого цвета, в сравнении с синим или красным (Moriwaki et al., 2019). Часто используют сочетание красного и дальне-красного ( $\lambda=710-800\text{nm}$ ) спектров. Несмотря на то, что дальне-красный спектр не входит в область фотосинтетически активной радиации, он повышает эффективность фотосинтеза в сочетании с коротковолновым светом (Hogewoning et al., 2012). На примере микрорастений дыни показано, что с увеличением интенсивности дальне-красного освещения стимулировался рост саженцев, устьичная проводимость, а также скорость транспирации (Zhao et al., 2024).

Имеются единичные сведения о положительном влиянии мультиспектрального освещения (красный, дальне-красный, синий и зеленый спектры) на рост и компактность микрорастений представителей подрода *Ribesia* (Hautsalo et al., 2018).

Таким образом, показана необходимость дальнейшего изучения технологии микроразмножения смородины красной с учетом подбора питательной среды, генотипа, сроков введения в культуру, стерилизаторов, а также использования климатических камер с оптимальным спектральным составом для адаптации растений *in vitro* к нестерильным условиям среды.

## 2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнена в 2022-2025 гг. в лаборатории биотехнологии ФГБНУ ВНИИСПК (дер. Жилина, Орловский р-н) и лаборатории исследований технологических свойств сельскохозяйственных материалов ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (г. Москва).

Отбор однолетних побегов смородины красной из биоресурсной коллекции ВНИИСПК проводился по фазам онтогенеза растений.

Основные фенологические фазы развития смородины красной проходили в соответствии с погодно-климатическими условиями региона (URL: <https://old.bigenc.ru/geography/text/5773427>). Начало вегетации наблюдалось во II декаде апреля при накоплении суммы активных температур 1657,4°C (2022 г.), 1910,8°C (2023 г.), 1351,0°C (2024 г.); активный рост побегов – в III декаде мая - I декаде июня; плодоношение – в III декаде июня- I, II декаде июля; период покоя – в декабре – январе; вынужденный период покоя – с I декады февраля до II декады апреля.

### 2.1. Объекты исследований

Объектами исследования являлись сорта смородины красной отечественной и зарубежной селекции разного генетического происхождения, используемые в селекционной практике и востребованные для производственного выращивания (таблица 1).

Таблица 1 – Генетическое происхождение исследуемых сортов смородины красной

Сорт	Происхождение генетическое	Страна
1	2	3
Rolan	Fay's Prolific × Heinemanns Rote Spatlese	Голландия
Rovada	Jonkheer van Tets × Rosetta	Голландия

## Продолжение таблицы 1

1	2	3
Rote Hollandische (Red Dutch)	неизвестно	Голландия
Red Lake	<i>R. vulgare</i> Lam.	США
Englische Grosse Weisse	<i>R. vulgare</i> Lam. × <i>R. rubrum</i> L.	Англия
Валентиновка	Rote Spatlese × Jonkheer van Tets	Россия
Мармеладница	Rote Spatlese × Maarses Prominent	Россия
Подарок лета	Rote Spatlese × Jonkheer van Tets	Россия

## Характеристика сортов

**Rovada** (Ровада) – сорт позднего срока созревания. Обладает длительным периодом созревания ягод и низкой их осыпаемостью. Урожайность может достигать до 7 кг с куста, при схеме посадки 2,5-3,5×1,0 м. Сорт зимостойкий, устойчив к кратковременным засухам, слабо поражается септориозом, в средней степени - антракнозом. Ягоды крупные, средняя масса составляет 0,6-1,0 г, вкус сладко-кислый, универсального назначения, ягоды высоко транспортабельные.

*Достоинства сорта:* зимостойкость, урожайность, длительный период созревания, низкая осыпаемость ягод, крупноплодность, транспортабельность, устойчив к основным заболеваниям, слабораскидистая форма куста, пригоден к выращиванию по интенсивным технологиям. (URL: <https://xn----7sbcsanbenej9cjed8fbgi.xn--p1ai/index.php?page=smorodina-krasnaya-v-sibiri>).

**Rolan** (Ролан) – сорт среднепозднего срока созревания. Урожайность до 6-7 кг с куста при схеме посадки 3,5×1,0 м. Побегообразующая способность слабая (не нуждается в прореживающей обрезке). Зимостойкий сорт. Обладает комплексной устойчивостью к грибным заболеваниям, в слабой степени повреждается смородинным почковым клещом. Ягоды крупные, массой 0,7-1,5 г, долго остаются на ветвях, не перезревая и не осыпаясь. Вкус сладко-кислый, универсального назначения.

*Достоинства сорта:* зимостойкость, урожайность, низкая побегообразующая способность, устойчивость к основным заболеваниям,

пригодность к выращиванию по интенсивным технологиям (URL: <http://asprus.ru/blog/sovremennyj-sortiment-smorodiny-krasnoj-i-beloj/>).

**Rote Hollandische (Red Dutch)** (Голландская красная) – сорт позднего срока созревания. Высокоадаптивный к перепадам температур. Куст сильнорослый, среднераскидистый. Сорт самоплодный, урожайность 4,6 кг с куста при схеме посадки 2,5×1,0 м, обладает устойчивостью к грибным болезням и вредителям. Масса ягоды до 1,0 г, универсального назначения, вкус сладко-кислый.

*Достоинства сорта:* неприхотливость к агротехнике, высокая зимостойкость, самоплодность, устойчивость к заболеваниям и вредителям (URL: <http://asprus.ru/blog/sovremennyj-sortiment-smorodiny-krasnoj-i-beloj/>).

**Red Lake** (Ред Лейк) – сорт среднепозднего срока созревания. Высокая зимостойкость. Урожайность до 2,6 кг/куст при схеме посадки 3,5×1,0 м. Ягоды массой до 1,2 г, кисло-сладкого вкуса, высокие потребительские качества и транспортабельность. Куст среднерослый, среднераскидистый, редкий, высокая требовательность к агротехническим мероприятиям.

*Достоинства сорта:* высокая зимостойкость, длинная кисть, раннее плодоношение, вкусовые качества, транспортабельность (URL: <https://xn----7sbcsanbenej9cjed8f6gi.xn--p1ai/index.php?page=smorodina-krasnaya-v-sibiri>).

**Englische Grosse Weisse** (Английская белая) – раннеспелый сорт белой смородины. Высокая зимостойкость и засухоустойчивость. Урожайность на легких почвах до 5,0 кг с куста при схеме посадки 2,5-3,5×1,0 м. Самоплодность высокая. Ягоды созревают одновременно, не осыпаются, транспортабельны, имеют длительный период хранения. Масса ягод до 1,0 г. Резистентен к большинству заболеваний, редко поражается мучнистой росой. Куст компактный.

*Достоинства сорта:* устойчивость к заболеваниям, морозу и засухе, высокая урожайность, транспортабельность и лежкость ягод (URL: <https://isidapark.ru/product/smorodina-anglijskaya-belaya/?srsltid=AfmBOoq62Sb-iDxh3tAENViKsAB-PPHNum8cLkavXp15Hn48gMp0zmTI>).

**Валентиновка** – сорт позднего срока созревания, получен во ВНИИСПК. Сорт зимостойкий, урожайность до 3,3 кг/куст при схеме посадки 2,8 x 0,5 м. Высокосамоплоден, устойчив к мучнистой росе. Ягоды массой 0,5 г с высоким содержанием пектиновых веществ, вкус кислый, технического назначения.

*Достоинства сорта:* самоплодность, устойчивость к мучнистой росе, высокое содержание пектиновых веществ, подходит для выращивания на шпалере (URL: [https://vniispk.ru/species/red\\_currant](https://vniispk.ru/species/red_currant)).

**Мармеладница** – сорт очень позднего срока созревания, получен во ВНИИСПК. Куст среднерослый, полураскидистый, густой. Сорт зимостойкий, урожайность до 1,8 кг/куст при схеме посадки 2,8 x 0,5 м. Масса ягод до 0,8 г с высоким содержанием пектиновых веществ и аскорбиновой кислоты, обладают кисловатым вкусом. Сорт поражается в средней степени мучнистой росой, устойчив к антракнозу.

*Достоинства сорта:* зимостойкость, крупноплодность, высокое содержание аскорбиновой кислоты и пектиновых веществ, высокая устойчивость к антракнозу, подходит для выращивания на шпалере (URL: [https://vniispk.ru/species/red\\_currant](https://vniispk.ru/species/red_currant)).

**Подарок лета** – сорт позднего срока созревания, получен во ВНИИСПК. Куст среднерослый, густой, среднераскидистый. Сорт зимостойкий, урожайность до 2,8 кг/куст при схеме посадки 2,8 x 0,5 м. Масса ягоды до 0,9 г с высоким содержанием пектиновых веществ, сладко-кислого вкуса. Сорт не поражается мучнистой росой, низкая устойчивость к антракнозу и септориозу.

*Достоинства сорта:* повышенное содержание пектиновых веществ, невосприимчивость к мучнистой росе, подходит для выращивания на шпалере (URL: [https://vniispk.ru/species/red\\_currant](https://vniispk.ru/species/red_currant)).

## 2.2. Методика и условия проведения исследований

### Микроклональное размножение

В качестве основы исследований выбран метод лабораторного эксперимента. Опыты по микроклональному размножению проводили с учетом методических рекомендаций: Е.Н. Джигadlo и др. (2005); E. Dziedzic, J. Jagła (2013); Н.В. Кухарчик и др. (2016).

Условия культивирования: световой режим 16/8 (16 часов – день, 8 часов – ночь), освещенность 2500-3000 лк, температура  $+23\pm 2^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность воздуха 50-60% (Джигadlo и др., 2005; Dziedzic, Jagła, 2013).

На этапах микроклонального размножения поддерживали стерильность питательной среды, лабораторной посуды, рабочей поверхности, инструмента и сопутствующих материалов согласно методике Н.В. Кухарчик и др. (2016). Плановые пересадки растительного материала проводили в ламинар-боксе БАВнп-01- «Ламинар-С»-1.2 (Россия), продолжительность пассажа составляла 30-35 дней.

Изоляцию почек проводили по фазам онтогенеза смородины красной:

- ранневесенняя (I декада марта) – период вынужденного покоя;
- поздневесенняя (III декада мая - I декада июня) – активный рост побегов;
- осенняя (III декада сентября - I декада октября) – остановка роста побегов, подготовка к периоду покоя.

Исходным материалом для введения были верхушечные почки однолетних побегов без кроющих чешуй. Побеги длиной 20-25 см с 5-6 почками заготавливали с маточных растений смородины. При ранневесеннем введении побеги дополнительно на 10-12 дней оставляли на отрастание в теплом помещении ( $t=+20 - +22^{\circ}\text{C}$ ) до момента появления зеленого конуса. При введении в мае использовали верхушки молодые побегов длиной 10 см. Обработка побегов ауксином не проводилась.

Поверхностная стерилизация почек от сапрофитной микрофлоры проводилась ступенчато по схеме: проточная вода (40 мин.)  $\rightarrow$  70%  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (10

сек.) → дистиллированная вода (10 мин.) → стерилизатор (5-10 мин.) → дистиллированная вода (3×10 мин.) → 3 г/л аскорбиновой кислоты (для предотвращения фенольного окисления).

На этапе введения на среде MS испытывали стерилизаторы:

1. 0,1%-ый раствор сулемы ( $\text{HgCl}_2$ ) (время воздействия 10 мин.);
2. 0,01%-ый раствор мертиолята ( $\text{C}_9\text{H}_9\text{HgNaO}_2\text{S}$ ) (10 мин.);
3. 12%-ый раствор перекиси водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) (5 мин.);
4. 0,2%-ый раствор нитрата серебра ( $\text{AgNO}_3$ ) (5 мин.)

В качестве регулятора роста использован 1 мг/л БАП (6-бензиламинопурин) (Sedlák, Paprštejn, 2012; Кухарчик и др., 2016). В данном эксперименте оценивали морфологическое состояние, процент здоровых, погибших и инфицированных эксплантов.

Для определения эффективного срока введения в культуру *in vitro* почки, прошедшие стерилизацию 0,1% раствором  $\text{HgCl}_2$ , пересаживали на среду MS с добавлением 1 мг/л БАП. На данном этапе учитывали процент жизнеспособных эксплантов, поражение некрозом и инфекцией.

Для выбора оптимальной минеральной среды микрорастения переносили на среды: Murashige and Skoog (MS), Quorin and Lepoivre (QL), Lee and de Fossard (LF) (таблица 2). Состав 3-х минеральных сред модифицировали, увеличив содержание хелата железа ( $\text{C}_{14}\text{H}_{19}\text{FeN}_3\text{NaO}_{10}$ ) в 2 раза по сравнению с концентрацией исходной прописи MS. Согласно рекомендациям E. Dziejic, J. Jagła (2013), удвоенное содержание железа снижает проявление хлороза на молодых листьях. Питательные среды дополняли витаминами: аскорбиновая кислота, тиамин ( $\text{B}_1$ ), пиридоксин ( $\text{B}_6$ ), никотиновая кислота (PP); глицином, агар-агаром, сахарозой, антибиотиком гентамицином на фоне pH 5,8-6,0 (таблица 2). В данном эксперименте оценивали приживаемость, высоту и коэффициент размножения микрорастений.

Таблица 2 – Состав питательных сред с модификациями

Компоненты сред	Питательная среда, мг/л		
	MS	QL	LF
1	2		
Макроэлементы			
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	1650	400	800
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	-	-	-
$\text{KNO}_3$	1900	1800	1010
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	170	270	-
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	440	-	294
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	-	833,8	-
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	370	360,6	370
$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-	-	138
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	-	-	63,9
Микроэлементы			
$\text{Na}_2\text{ЭДТА}$	74,6		
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	55,6		
$\text{H}_3\text{BO}_3$	6,2	6,2	3,1
$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	22,3	9,8	11,1
$\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	8,6	-	5,8
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	-	8,6	-
KJ	0,83	0,08	0,4
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,25	0,3	0,024
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,025	0,025	0,025
$\text{CoCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,025	0,025	0,118
Витамины			
Тиамин HCl	0,5		
Пиридоксин HCl	0,5		
Никотиновая кислота	0,5		
Аскорбиновая кислота	1,0		
Другие компоненты			
Глицин	2,0		

## Продолжение таблицы 2

1	2
Сахароза	$30 \times 10^3$
Агар-агар	$4,2 \times 10^3$
Гентамицин	$0,02 \times 10^3$
pH	5,8-6,0

Количество учетных растений по каждому сорту составляло 30 шт. каждого варианта в трех биологических повторностях. Всего 90 шт. учетных растений.

Влияние концентраций цитокинина БАП (0,2; 0,5; 0,8; 1,0; 1,5; 2,00 мг/л) на коэффициент размножения и высоту растений на этапе «собственно микроразмножение» определяли на среде MS в течение четырех пассажей.

Процент укоренения микрорастений (ризогенез) оценивали перед адаптацией к нестерильным условиям. На среде MS испытывали разные концентрации регуляторов роста, группы ауксинов:

- 0,5мг/л ИМК;
- 1,0 мг/л ИМК;
- 0,5мг/л ИУК;
- 1,0 мг/л ИУК;
- 0,5 мг/л ИМК +0,5 мг/л ИУК.

Учитывали высоту микробегов, количество и длину корней.

Адаптация к условиям *ex vitro* при освещении люминесцентными лампами

Для адаптации в стеллажных помещениях с оптимальным микроклиматом ( $t = 23-25^{\circ}\text{C}$ , влажность 60%) использовали растения-регенеранты, полученные на среде MS высотой 1,5-2,0 см и более, с корневой системой и наличием 2-3 пар настоящих листьев. Микрорастения пересаживали в горшки с почвенным субстратом (чернозем и торфяной питательный грунт «Агробалт-С» в соотношении 1:1, pH 5,5-6,5). Система освещения была представлена люминесцентными лампами. Освещение в помещении составляло 2500-3000 лк. Полив осуществлялся с интервалом 2 дня в количестве 40 мл/раст. Адаптацию

проводили по схеме: 30 дней при 100% влажности, 10 дней при 70-80% влажности, 7 дней при 60% влажности. Измерения высоты растений проводили после смены условий выращивания. Процент адаптированных растений отмечали через 47 дней.

#### Адаптация к условиям *ex vitro* в климатической камере

Перед этапом адаптации микрорастения извлекались из стеклянных колб, корневая система обрабатывалась дистиллированной водой и затем в течение 5 сек. 0,01% раствором  $\text{KMnO}_4$ . После этого растения переносили в горшки с почвогрунтом объемом 0,5 л (рисунок 1). Предварительно почвогрунт прогревали в течение 2 часов при  $t +105 - +110^\circ\text{C}$  в сушильном шкафу Memmert UN-450 (Германия). В качестве субстрата использовали нейтрализованный верховой торф «Агробалт-Н» фракция 0-20 мм (Россия) и агроперлит фракции 0,1-1,0 мм (Россия). Соотношение агроперлита и торфа составляло 1:3.



Рисунок 1 – Этапы подготовки микрорастений сортов смородины к адаптации в климатической камере

Адаптация микрорастений проводилась в течение 28 дней в камере с регулируемыми климатическими параметрами (таблица 3, рисунок 2). Камера разработана ФНАЦ ВИМ (г. Москва).

Таблица 3 – Технические параметры климатической камеры для адаптации сортов смородины красной

Название	Характеристики
Внутренний объем камеры	0,98 м <sup>3</sup>
Поддерживаемая температура	+22±2°C
Поддерживаемая влажность	96%±2
Система освещения	фито-осветители VIMLED (до 500 ммоль/м <sup>2</sup> ·с)
Система управления	сенсорная, цифровая
Система полива	капельная

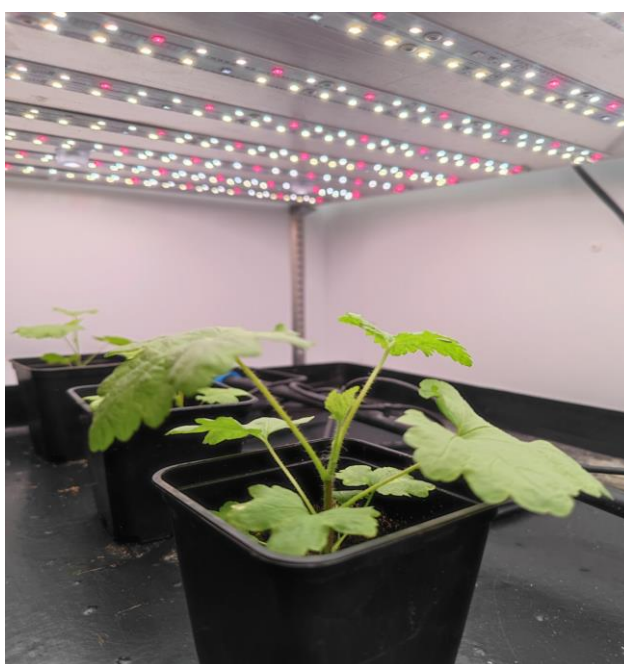


Рисунок 2 – Сорт смородины красной Подарок лета в адаптационной камере (10 дней от посадки)

В течение 28 дней влажность в камере снижалась на 1,8% в сутки. К окончанию периода адаптации влажность составляла  $45\% \pm 2$ . Полив осуществлялся ежедневно, один раз в сутки продолжительностью 30 сек. на одно растение. Объем воды для полива составлял 25 мл/раст. Такой подход позволял точно дозировать подачу воды, избегая переувлажнения почвы и обеспечивая равномерное распределение влаги среди всех растений. Это способствовало стабильному развитию корневой системы и минимизировало риск возникновения грибковых инфекций, часто возникающих при избыточной влажности.

Система освещения в камере обеспечивалась комбинированными облучателями на основе светодиодов различного спектрального состава (рисунок 3).



Рисунок 3 – Внешний вид климатической камеры с сортами смородины красной

Для выбора оптимальных условий освещения использовали 3 вариации освещения:

- 1 и 4 полки камеры: белый свет светодиодов (СД-Б) с цветовой температурой 4000 К (рисунок 3, 4);

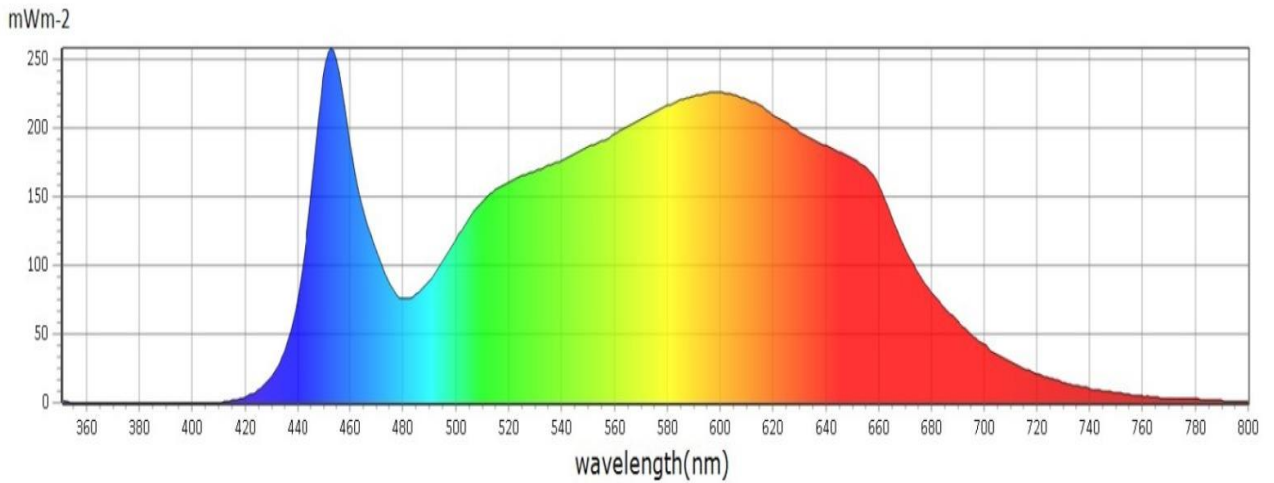


Рисунок 4 – Спектральный состав белого светодиодного освещения в климатической камере

- 2 полка камеры: белый свет, красный спектр светодиодов с пиковой длиной волны 660 нм и ультрафиолетовый спектр в диапазоне А с пиковой длиной волны 375 нм (СД-БКУФ-А) (Рисунок 3, 5);

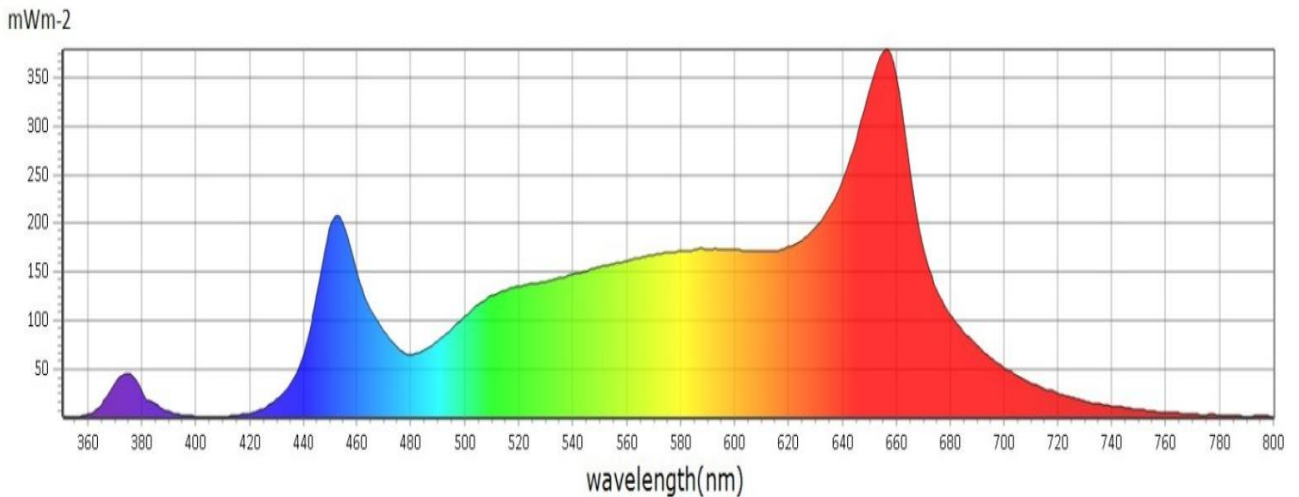


Рисунок 5 – Белый свет с усилением красного и ультрафиолетового (диапазон А) спектров светодиодного освещения в климатической камере

- 3 полка камеры: белый свет и красный спектр светодиодов с пиковой длиной волны 660 нм (СД-БК) (Рисунок 3, 6).

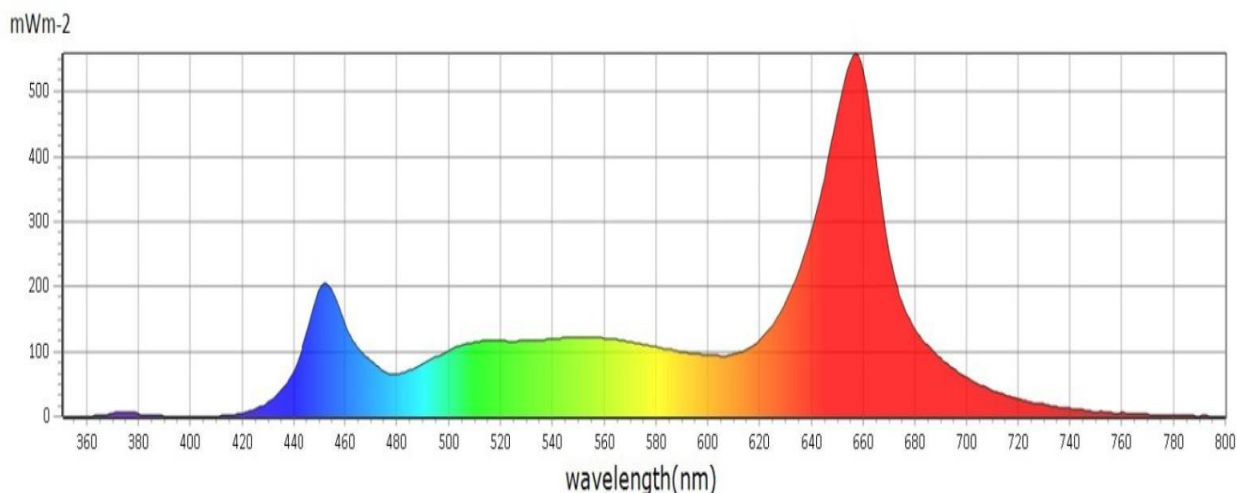


Рисунок 6 – Белый свет с усилением красного спектра светодиодного освещения в климатической камере

Светодиоды изготовлены компанией Shenzhen Refond Optoelectronics Co., Ltd (Китай). Световой период составлял 16 ч. Плотность потока фотосинтетических фотонов во всех вариантах составляла  $\sim 200$  мкмоль  $\text{м}^{-2} \text{с}^{-1}$ . Параметры облучения представлены в таблице 4. Измерения плотности потока фотонов и спектрального состава облучения проводились с помощью спектрометра PD200N Compact (Тайвань).

Таблица 4 – Средняя плотность потока фотонов, исходящих от светодиодов, в каждой из зон спектра: ультрафиолет диапазона А (350-400 нм), синий (400-500 нм), зеленый (500-600 нм), красный (600-700 нм), дальне-красный (700-800 нм)\*

Вариант облучения	Поток фотонов, мкмоль фотонов $\text{м}^{-2} \text{с}^{-1}$						Процентное соотношение (УФ:С:З:К:ДК)
	УФ-А	Синий (С)	Зеленый (З)	Красный (К)	Дальне-красный (ДК)	ППФФ	
СД-Б	0	33,7 ±0,3	86,4 ±1,2	81,1 ±1,5	6,8±0,2	201,2±3,5	0:16:42:39:3
СД-БКУФ-А	2,3 ±0,3	28,2 ±0,2	70,5 ±1,1	104,1±1,6	7,9±0,6	202,7±4,1	1:13:33:49:4
СД-БК	0	28,1 ±0,5	51,9 ±1,3	121,1 ±1,2	8,6±0,3	201,2±3,2	0:13:25:58:4

Примечание – \*Представлены средние значения, полученные за пять сеансов измерений;  
ППФФ-плотность потока фотосинтетических фотонов

На этапе адаптации микрорастений оценивались следующие параметры:

- *Морфометрические показатели.* Измерения длины побегов и количества листьев каждого растения проводили на начальном этапе до помещения растений в камеру и через 28 дней после адаптации. Измерение длины побегов осуществлялось с помощью технической линейки точностью 0,1 см.

- *Содержание фотосинтетических пигментов.* Количественное определение содержания хлорофилла (*Chl a*, *Chl b*) и каротиноидов (*C car*) проводили путем их экстракции из растительных тканей (масса навески 0,2 г) с использованием 100% ацетона. Оптическая плотность полученного пигментного экстракта измерялась на спектрофотометре UV-2200 с двойной ультрафиолетово-видимой областью UV/VIS (Китай) при длинах волн 662, 644 и 440,5 нм. (Musiienko et al., 2001). Концентрацию хлорофиллов *a* и *b*, а также каротиноидов рассчитывали согласно методу G.Holm- D. Wettstein (Д. Хольма-Д. Веттштейна) для 100% ацетона в пересчете на мг/г сырой массы навески (Holm, 1954; Wettstein, 1957; Гавриленко, 1975; Lichtenthaler, 1987) (1-4).

$$Chla = 11,24 \cdot A_{662} - 2,04 \cdot A_{644} \quad (1)$$

$$Chlb = 20,13 \cdot A_{644} - 4,19 \cdot A_{662} \quad (2)$$

$$Ccar = \frac{1000 \cdot A_{440,5} - 1,90 \cdot Chla - 63,14 \cdot Chlb}{1000} \quad (3)$$

где *Chla* – концентрация хлорофилла *a* (г/л); *Chlb* – концентрация хлорофилла *b* (г/л); *Ccar* – концентрация каротиноидов (г/л);  $A_{662}$  – оптическая плотность раствора при  $\lambda=662$  нм;  $A_{644}$  – оптическая плотность раствора при  $\lambda=644$  нм;  $A_{440,5}$  – оптическая плотность раствора при  $\lambda=440,5$  нм.

$$A = \frac{C \cdot V}{P \cdot 1000} \quad (4)$$

где  $A$ —содержание пигмента в растительном образце, мг/г;  $C$ —концентрация пигментов в мг/л;  $V$ —объем вытяжки, мл (25 мл);  $P$ —масса навески листа, г.

Для каждого варианта опыта и сорта проведено изучение 6 параметров на 6 учетных растениях в 3 повторностях.

- *Вегетационный индекс* (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI). Данный показатель определялся на основе спектрального анализа способности хлорофилла поглощать свет в красной части спектра и отражать его в ближней инфракрасной области. NDVI листьев определяли с помощью портативного прибора PolyPen RP410 UVIS (Чехия). Для каждого сорта было выполнено 18 измерений по каждому варианту освещения.

Статистический анализ результатов исследования проводился согласно методическим рекомендациям «Планирование полевого опыта и статистической обработке его данных» (Доспехов, 1972), а также с помощью пакета программ SPSS 22.0. Для определения значимых различий между вариантами опытов использовали дисперсионный анализ (ANOVA), с применением критерия Тьюки ( $T$ ) (*Tukey test*) при 5 % уровне значимости. Графические рисунки и таблицы выполнены в программе Microsoft Excel 2016.

Расчёт экономической эффективности использования биотехнологических приемов при размножении растительного материала и адаптации микрорастений проводили с учетом затрат на размножение, адаптацию и себестоимости полученных растений (Программа и методика сортоизучения..., 1999; Экономическая эффективность технических решений, 2016).

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 3.1. Влияние периода изоляции почек на этапе введения в культуру *in vitro*

Выбор оптимального срока отбора исходного материала для последующего введения в культуру имеет решающее значение для получения оздоровленного растительного материала. Зависимость успешного введения в культуру *in vitro* определяется множеством факторов: генетическим происхождением, физиологическим и гормональным состоянием растений, вегетационным периодом и др. (Chao et al., 2007; Khromova et al., 2021; Соловченко и др., 2022; Ryago, 2023; Дунаева и др., 2024). Однако полностью вопрос оптимального срока изоляции меристем для реализации наибольшей регенеративной способности не проработан и требует более детального изучения с учетом вида, сорта, периода онтогенеза растения, физиолого-биохимического состояния и климатических условий.

В данном опыте экспланты смородины красной вводили в культуру в три этапа (периода), учитывая онтогенетические стадии развития: вынужденный покой, активный рост побегов, период окончания роста побегов (см. п.п.2.2). Микрообразцы, обеззараженные 0,1% раствором  $HgCl_2$ , переносили на питательную среду MS+1,0 мг/л БАП.

Лучшие результаты приживаемости у всех сортов были достигнуты при введении эксплантов в культуру *in vitro* в ранневесенний период: от 57,80% до 89,90% и были статистически достоверны (рисунок 7). Полученные данные согласуются с литературными, полученными на плодовых и ягодных культурах (Buzkan et al., 1996; Беседина, Бунцевич, 2015; Ишмуратова, Головина, 2017; Бободжанова, Кухарчик, 2020). Данный результат объясняется низким уровнем заражения (инфицирования) на данном этапе и повышенным гормональным фоном, который способствует эффективному введению в культуру (Panfilova et al., 2021; Змушко, 2021; Соловченко и др., 2022; Ряго, Панфилова, 2024).

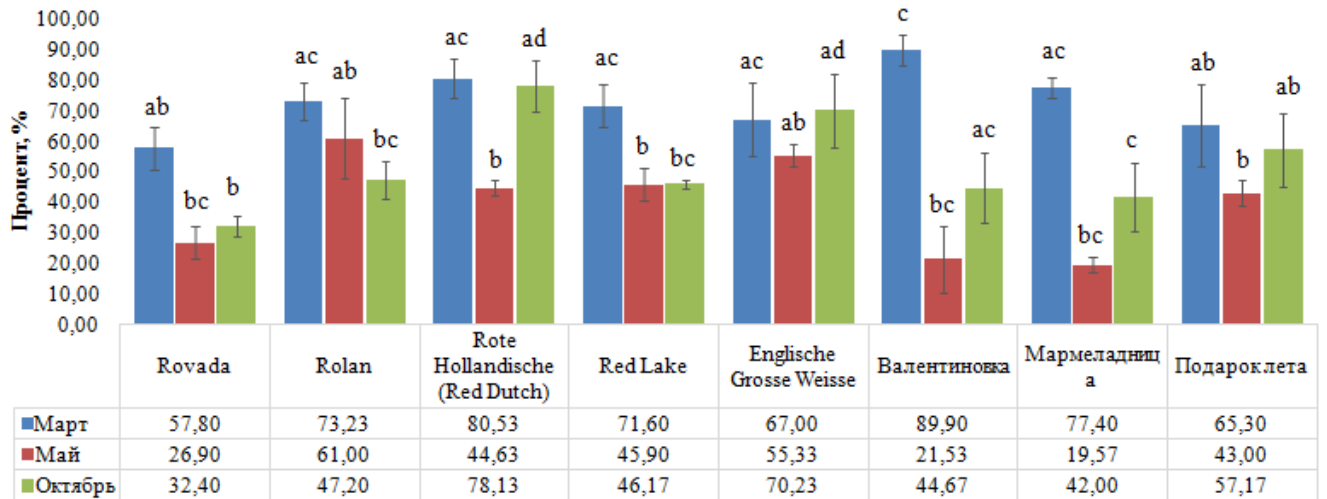


Рисунок 7 – Количество жизнеспособных эксплантов смородины красной в зависимости от периода введения в культуру *in vitro*, % (среднее за 2022-2024 гг.)

Примечание - а, b, с – Разные латинские буквы в рисунках означают достоверную разницу по изучаемому признаку согласно *T*-критерию при  $p < 0,05$  уровне значимости

Воздействие продолжительных низких температур при завершении внутренних метаболических процессов стимулирует экспрессию белка Vernalization Insensitive 3 (VIN3), который участвует в иницировании модификации структуры хроматина гена-репрессора локуса цветения Flowering Locus C (FLC), блокирует экспрессию белков Dormancy Affecting Madsbox (DAM), регулирующих период покоя растений (Salathia et al., 2006; Quesada-Traver et al., 2022), и стимулирует экспрессию белка Flowering Locus T (FT), обеспечивающего выход растений из состояния покоя и подготовку их к вегетации (Chao et al., 2007). Это объясняет причину повышенного обмена веществ, активацию вегетативных процессов (распускание почек, выдвижение конуса) при переносе побегов смородины красной в теплое помещение и эффективность приживаемости микрорастений. Следует отметить среднюю сортовую вариацию приживаемости эксплантов на данном этапе ( $V=13,63\%$ ) и высокий поражением некрозом ( $V=26,77\%$ ) и инфекцией ( $V=24,91\%$ ) (рисунок 6-8). Значительный процент поражения некрозом и инфекцией (более 20%) от исходного количества эксплантов (30 шт. каждого сорта) зафиксированы у сортов Rovada и Подарок лета (рисунок 8).

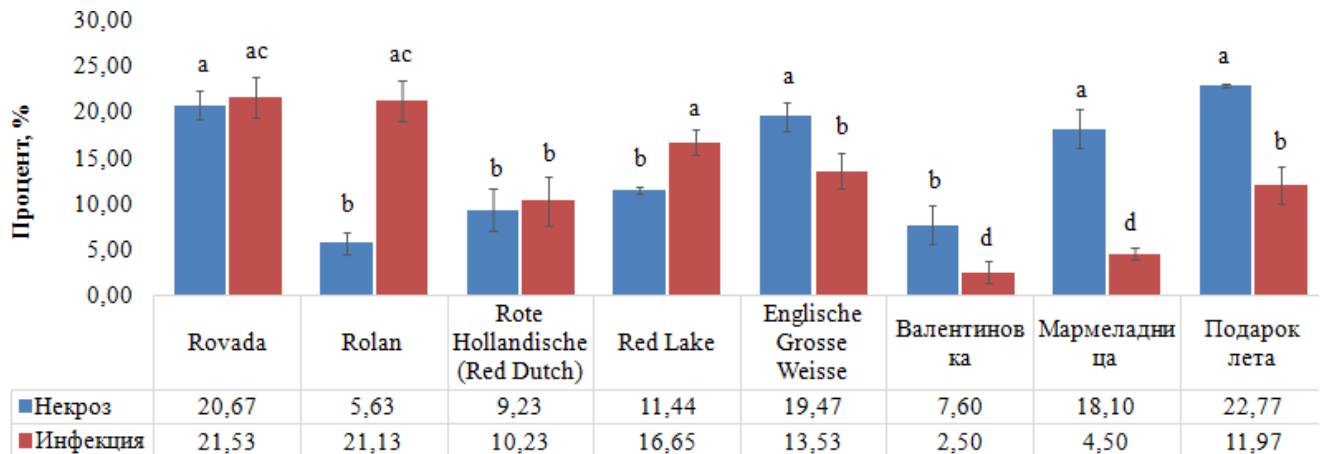


Рисунок 8 – Количество пораженных некрозом и инфекцией эксплантов смородины красной в период вынужденного покоя при введении в культуру *in vitro* (среднее за 2022-2024 гг.)

Кроме того, выделены образцы с высоким процентом поражения по одному из изученных признаков. Достоверно высокий процент поражения инфекцией был у сортов Rolan (21,13%), Red Lake (16,65%) на фоне низких значений некроза тканей (не более 12,00%); напротив, у сортов Мармеладница и Подарок лета высокий процент некроза (18,10% и 22,77% соответственно) на фоне невысокого инфекционного заражения (не более 12,00%). Экспланты сорта Валентиновка имели высокий процент приживаемости (77,40%) на фоне небольшого некроза и поражения инфекцией (не более 8,00%) (рисунок 7, 8).

Введение в культуру в мае – период активного роста побегов, не было эффективным. Приживаемость эксплантов у большинства сортов снижалась более чем на 25% в сравнении с периодом вынужденного покоя, что подтверждается статистическим анализом данных (рисунок 7). Основные причины снижения приживаемости в этот период связаны с высоким процентом гибели эксплантов от некроза, инфекции и с повышенной чувствительностью молодых тканей к стерилизаторам (Кузнецова, 2008) (рисунок 9). Интенсивное развитие сапрофитной микрофлоры на поверхности растений в период активного роста побегов смородины (май) и слабый морфогенез (небольшие зачаточные листочки бледно-зеленого цвета или замедленное развития экспланта) не позволили

получить хорошо развитые и здоровые микрорастения. Поэтому к R<sub>1</sub> или R<sub>2</sub> пассажам большинство эксплантов погибали. Подобные результаты были получены при введении в культуру микрорастений генотипов плодовых (Vuzkan et al., 1996; Erig, Fortes, 2002; Кузнецова, 2008) и ягодных культур (Кухарчик и др., 2016; de Moraes Fagundes et al., 2016) в период активного роста побегов.

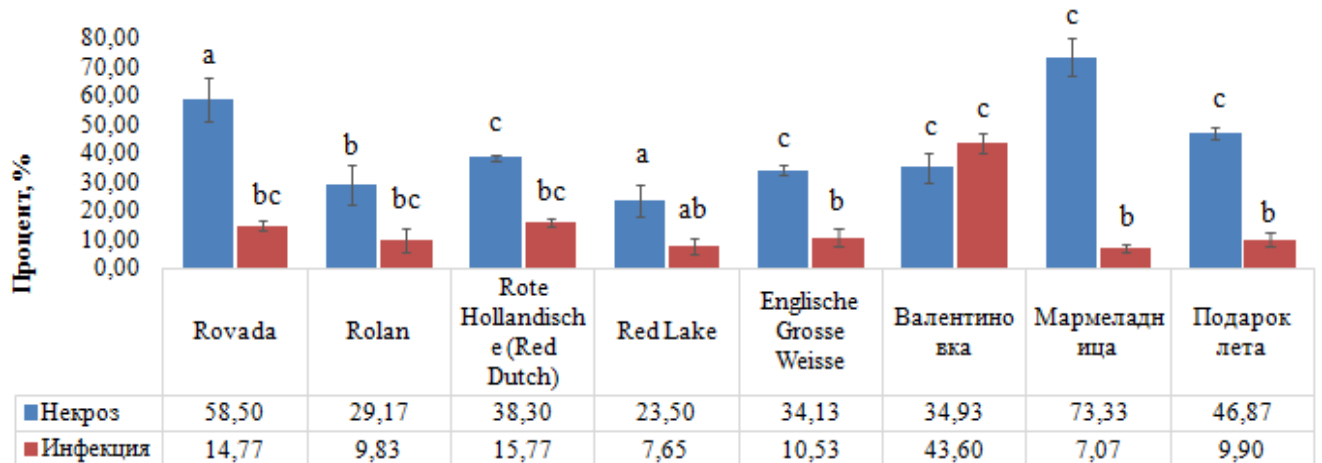


Рисунок 9 – Количество пораженных некрозом и инфекцией эксплантов смородины красной в период активного роста побегов при введении в культуру *in vitro* (среднее за 2022-2024 гг.)

Следует учесть реакции меристем некоторых изученных сортов смородины красной на срок изоляции. Минимальный процент снижения приживаемости был у сортов Englische Grosse Weisse (55,33%) и Rolan (61,00%). Однако, несмотря на то, что в конце R<sub>0</sub> весеннего периода (май) на среде MS+1 мг/л БАП у данных сортов был высокий процент приживаемости растений, морфогенетическое развитие было слабым (рисунок 10). Количество жизнеспособных микрорастений к концу R<sub>2</sub> снижалось и через 12-14 дней фиксировали появление инфекции и в дальнейшем растения практически полностью погибали.

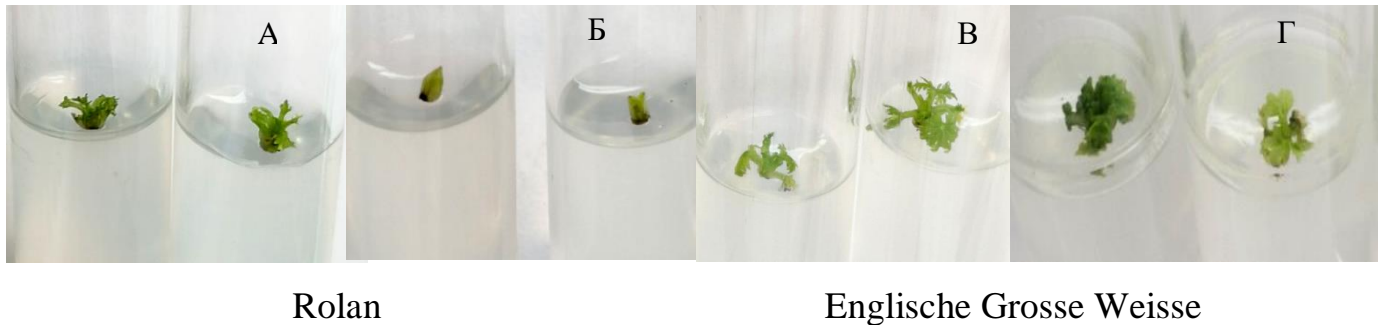


Рисунок 10 – Экспланты сортов Rolan и Englische Grosse Weisse в конце  $R_0$  при введении в культуру в периоды вынужденного покоя (А, В) и активного роста побегов (Б, Г) (2023 г.)

К окончанию роста побегов (октябрь) приживаемость эксплантов была выше, чем в предыдущем периоде (май), но уступала ранневесеннему периоду в среднем на 28,27%, сортовая вариация по данному признаку была значительной ( $V=29,26\%$ ) (рисунок 7). Полученный результат в позднеосенний период, вероятно, объясняется переходом растений смородины в период органического покоя, изменением в метаболических процессах, замедлением роста побегов, кроме того, некоторые ученые фиксируют на данном этапе низкую активность меристематических тканей при введении в культуру даже при благоприятных соответствующих условиях (Соловченко и др., 2022).

Тем не менее, не следует исключать реакцию сортов в данном опыте. Для сортов Rote Hollandische (Red Dutch), Englische Grosse Weisse и Подарок лета приживаемость в осенний период сохранялась на высоком уровне (78,13%; 70,23%; 57,17% соответственно) и была сопоставима с поздnezимним периодом, что подтверждается  $T$ -критерием ( $p<0,05$ ). Полученные данные согласуются с литературными, полученными на смородине красной сортов Выборова, Святомихайловская и Троицкая (Титаренко, 2008). Кроме этого, сорта Rote Hollandische (Red Dutch), Englische Grosse Weisse на фоне высокого процента приживаемости эксплантов имели низкий порог поражения некрозом (до 20%) и инфекцией (до 10%) (Рисунок 7, 11, 12).

Введение в культуру *in vitro* в период подготовки растений к периоду покоя снижало распространение инфекционного заражения (до 13,10% от общего количества исходных эксплантов), однако отмечалось значительное отмирание (некроз) тканей у большинства сортообразцов (Rovada, Rolan, Red Lake, Валентиновка, Мармеладница, Подарок лета) (рисунок 11, 12).

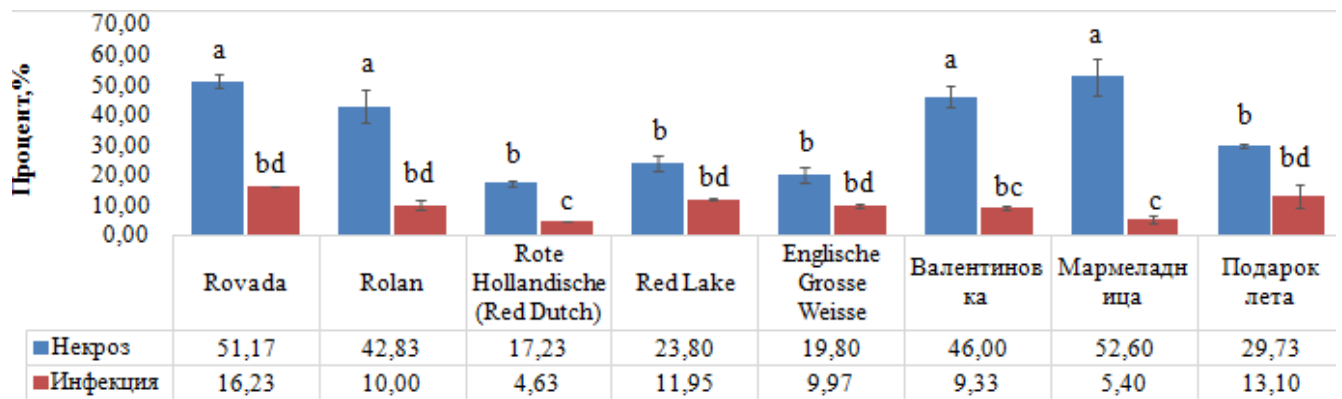


Рисунок 11 – Количество пораженных некрозом и инфекцией эксплантов смородины красной при введении в культуру *in vitro* в период окончания роста побегов (среднее за 2022-2024 гг.)



Englische Grosse  
Weisse

Валентиновка

Подарок лета

Rolan

Рисунок 12 – Морфологическое развитие экплантов сортов в осенний период введения в культуру *in vitro* в конце R<sub>0</sub> пассажа на среде MS+1 мг/л БАП, стерилизатор 0,1 % HgCl<sub>2</sub> (2023 г.)

Снижение регенерации в осенний период введения *in vitro* у ягодных культур, провоцирующее массовое отмирание тканей, по литературным данным, объясняется накоплением в почках фенольных соединений, ингибирующих рост и приводящих к резкому снижению эндогенных ауксинов и цитокининов, а также переходу их в неактивную форму (Кутас и др., 2003).

### 3.2. Подбор оптимальных стерилизаторов для развития эксплантов

Обеспечение стерильности культуры – трудоемкий и один из основных этапов при микроклональном размножении. Правильно подобранная схема стерилизации обеспечит высокие результаты этапов микроклонального размножения с учетом вида и сорта растений (Стахеева, 2009; Бунцевич и др., 2012; Ряго, Ташматова, 2023; Колпаков, Суслова, 2024; Бехтер, Суров, 2024). При стерилизации исходного материала необходимо удалить споры грибов и бактерии, которые могут хорошо развиваться на питательных средах. Кроме того, при выборе стерилизующего агента необходимо нейтрализовать микрофлору и не повредить ткани растений (Федорович, Винтер, 2019).

В данном эксперименте на гормональной среде MS с регулятором роста 1 мг/л БАП стерилизаторы проявляли различный дезинфицирующий эффект (рисунок 13). Механизм воздействия 0,01%  $C_9H_9HgNaO_2S$  (мертиолят); 12%  $H_2O_2$ ; 0,2%  $AgNO_3$  и 0,1%  $HgCl_2$  (сулема) не зависел от этапа введения в культуру. Достоверно высокое количество жизнеспособных растений от общего количества исходных растений было получено в эксперименте с 0,1 %  $HgCl_2$  с экспозицией 10 мин. (Подарок лета - 74,29%; Мармеладница - 78,10%; Валентиновка - 75,10%) и 0,2%  $AgNO_3$  (Подарок лета - 91,40%; Мармеладница - 91,70%; Валентиновка - 77,80%) с временем воздействия 5 мин. Кроме того, использование этих стерилизаторов снизило распространение инфекционного заражения до 10,48% у сорта Подарок лета, 7,62% - сорта Мармеладница и 2,50% - сорта Валентиновка, а также развитие некроза до 15,24% для сорта Подарок лета, 14,29% - Мармеладница, 22,20% - Валентиновка, в сравнении с применением 12%  $H_2O_2$  и 0,01%  $C_9H_9HgNaO_2S$ . Достоверность этих результатов подтверждена статистическим анализом (рисунок 13). Испытание стерилизатора  $AgNO_3$  на эксплантах смородины согласуется с результатами стерилизации почек растений рода *Vaccinium* (*Vaccinium*) (Чудецкий и др., 2022) и жимолости съедобной (*Lonicera edulis*) (Куликова и др., 2021). Ионы  $Ag^+$ , образующиеся при растворении солей серебра в воде, обладают антибактериальным свойством при

поверхностной стерилизации (Høj et al., 1989; Jung et al., 2008; Barras et al., 2018; Munkager, 2020; Желтова и др., 2022). Биоцидный эффект действия солей серебра связан с достаточно длительным выделением ионов  $\text{Ag}^+$  и со специфическими механизмами воздействия на микробные клетки (Sarmast, Salehi, 2016; Kim et al., 2017; Kędziora et al., 2018). Ионы  $\text{Ag}^+$  могут препятствовать репликации ДНК (Russel, Hugo, 1994; Pandian et al., 2010), а также нарушать один из важных метаболических процессов («процессы дыхания»), в этом случае подавляется размножение бактерий, вирусов, грибов и простейших микроорганизмов (Russel, Hugo, 1994; Guggenbichler et al., 1999; Munkager et al., 2020). Асептическое действие 0,1%  $\text{HgCl}_2$  в качестве стерилизатора для ягодных культур подтверждено многими исследователями (Sedlák, Paprštejn, 2012; Кухарчик и др., 2013; Pandey et al., 2023; Anđelić et al., 2024;). В некоторых исследованиях отмечено, что при использовании сулемы микрорастения активно растут и в дальнейшем способны к пролиферации каллусной ткани, индукции образования адвентивных почек и активации развития существующих меристем (Гранда, 2009; Mir et al., 2019; Аникина и др., 2020). Использование сулемы снижает процент образования некротировавших эксплантов у сортов смородины красной белорусской селекции (Кухарчик и др., 2016).

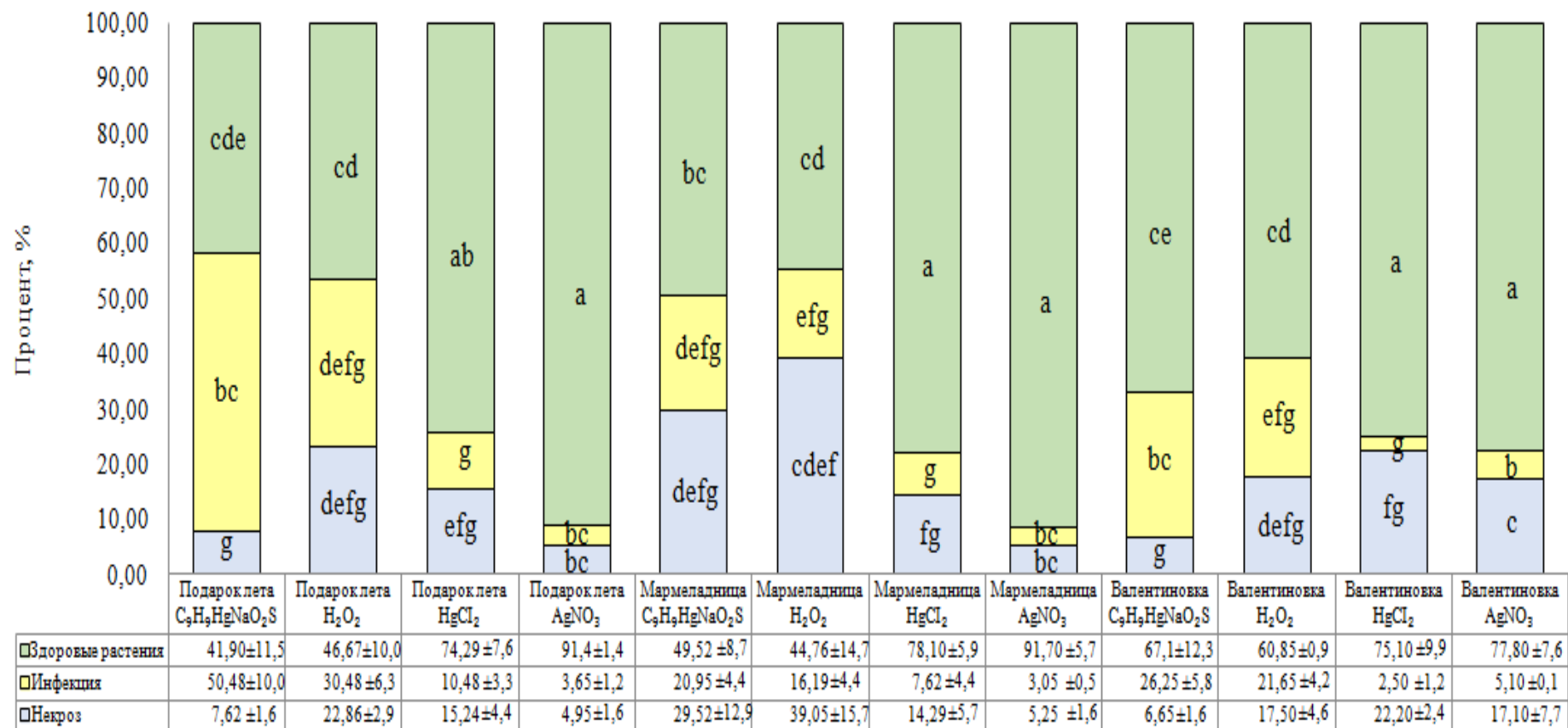
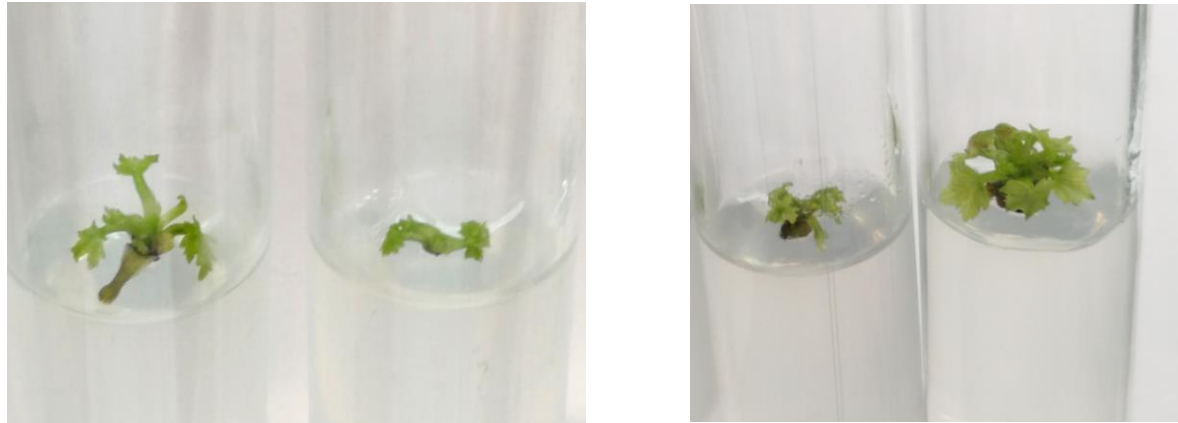


Рисунок 13 – Действие различных стерилизаторов на экспланты красной смородины при введении в культуру *in vitro*. Процентное соотношение некроза (голубой цвет), инфекции (желтый цвет) и здоровых образцов (зеленый цвет).

Примечание – Данные представляют собой средние значения 3-х повторностей (среднее за 2022-2024 гг.)

При использовании 0,01%  $C_9H_9HgNaO_2S$  снижался процент образования некроза у всех изученных сортообразцов, но в тоже время для сорта Подарок лета повышалась доля заражения инфекцией (50,48%), что снижало количественные показатели получения здоровых микрорастений этого сорта (41,90%). Для сортов Валентиновка и Мармеладница использование мертиолята обеспечило достоверно высокий процент получения здоровых эксплантов смородины (67,10% и 49,52% соответственно). Согласно исследованиям К. А. Карпеченко и др. (2012), Д. Н. Сквородникова (2012), Т. М. Khromova, О. V. Matsneva (2022), при использовании мертиолята в культуре *in vitro* у *Cotoneaster Dammerii* С.К. Schneid и *Ribes nigrum* L. также снижалось распространение бактериальной инфекции.

При оценке влияния экологически безопасного для растений стерилизатора 12%  $H_2O_2$  выявлена его низкая эффективность для подавления распространения инфекции (от 16,19% до 30,48% пораженных образцов) и развития некроза (от 17,50% до 39,05%) у испытуемых образцов смородины. Количество здоровых эксплантов сорта Подарок лета составляло 46,67%; сорта Мармеладница – 44,76%; сорта Валентиновка – 60,85%. Статистическим анализом доказана достоверность различий полученных результатов при испытании  $H_2O_2$  в получении здоровых микрорастений в сравнении с другими стерилизаторами (рисунок 13). Данный результат, возможно, объясняется коротким временем воздействия  $H_2O_2$  на растения (Камбарова и др., 2020). Однако, следует учесть, что небольшое число эксплантов, полученных с использованием  $H_2O_2$ , быстро образовывали вегетативную массу, хорошо развивались и имели низкий процент деформации листьев. На примере сорта Подарок лета показано морфологическое развитие эксплантов на среде MS с предварительным использованием 12%  $H_2O_2$  в сравнении с применением раствора  $HgCl_2$  (рисунок 14).



А

Б

Рисунок 14 – Морфологическое развитие эксплантов смородины сорта Подарок лета при использовании стерилизаторов 0,1 %  $\text{HgCl}_2$  (А) и 12 %  $\text{H}_2\text{O}_2$  (Б) спустя 30 дней после  $R_0$  пассажа на среде MS (2023 г.)

Морфометрические показатели (высота) микрорастений и коэффициент размножения эксплантов при использовании 4-х типов стерилизаторов варьировали (таблица 5, приложение А). При этом 0,1 %  $\text{HgCl}_2$  и 0,2%  $\text{AgNO}_3$  показали лучшие результаты в сравнении с мертиолятом и 12%  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Например, у сортов Подарок лета использование мертиолята провоцировало гибель растений к  $R_3$  пассажу, а у Мармеладницы растения увеличивались в росте, но не размножались. Использование перекиси водорода к  $R_3$  пассажу тормозило размножение сортов.

Таблица 5 – Влияние стерилизаторов на высоту эксплантов (мм) и коэффициент размножения сортов смородины в зависимости от пассажа (среда MS, среднее за 2023-2024 гг.)

Сорт	Стерилизатор	Высота растений			Коэффициент размножения		
		$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_1$	$R_2$	$R_3$
1	2	3	4	5	6	7	8
Мармеладница	0,01% $\text{C}_9\text{H}_9\text{HgNaO}_2\text{S}$	2,46±1,05 a	3,24±1,14 a	3,87±1,16 a	1,28±0,45 a	1,27±0,58 a	1,76±0,31 c
	0,1% $\text{HgCl}_2$	2,35±0,81 a	2,34±1,00 a	3,82±1,24 a	1,22±0,50 a	1,11±0,42 a	1,57±0,57 a
	12% $\text{H}_2\text{O}_2$	3,04±0,66 a	2,66±0,83 a	3,00±1,05 a	1,13±0,27 a	1,17±0,42 a	1,00±0,19 b
	0,2% $\text{AgNO}_3$	2,79±1,17 a	2,69±0,92 a	2,58±0,93 a	1,32±0,67 a	1,21±0,43 a	1,44±0,28 b

## Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8
Валентиновка	0,01% C <sub>9</sub> H <sub>9</sub> HgNaO <sub>2</sub> S	2,45±0,96 a	2,19±0,76 a	2,50±1,16 a	1,29±0,30 a	1,00±0,13 b	1,00±0,19 b
	0,1% HgCl <sub>2</sub>	2,17±0,79 a	1,93±0,44 a	2,33±0,48 a	1,34±0,26 b	1,08±0,24 b	1,09±0,29 b
	12% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	2,61±1,00 a	2,40±0,73 a	2,50±1,19 a	1,17±0,26 a	1,04±0,24 a	1,00±0,27 a
	0,2% AgNO <sub>3</sub>	3,55±1,13 a	2,98±1,12 a	3,79±1,09 a	1,43±0,42 a	1,19±0,44 b	1,15±0,21 b
Подарок лета	0,01% C <sub>9</sub> H <sub>9</sub> HgNaO <sub>2</sub> S	3,23±1,06 a	4,53±1,09 a	гибель	1,00±0,11 a	1,00±0,28 a	гибель
	0,1% HgCl <sub>2</sub>	2,75±0,72 a	1,91±0,67 b	3,00±0,69 a	1,13±0,30 a	1,00±0,21 a	2,00±0,15 c
	12% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	2,43±0,85 a	2,25±0,70 a	2,23±0,82 a	1,46±0,61 a	1,07±0,27 b	1,06±0,24 b
	0,2% AgNO <sub>3</sub>	3,37±1,16 a	3,60±1,40 a	3,27±1,32 a	1,88±1,05 a	1,35±0,41 a	1,16±0,39 a

Примечание – Данные представляют среднее значение из 15-ти образцов ± стандартная ошибка. Разные латинские буквы в таблицах означают достоверную разницу по изучаемому признаку согласно *T*-критерию при  $p < 0,05$  уровне значимости

Достоверное влияние 12% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> стимулировало ростовые процессы у эксплантов сортов Мармеладница и Валентиновка при низких значениях коэффициента размножения. Для сорта Подарок лета высокие микрорастения получены при использовании C<sub>9</sub>H<sub>9</sub>HgNaO<sub>2</sub>S и AgNO<sub>3</sub>. Отличия по этому признаку были статистически значимыми в соответствии с *T*-критерием ( $p < 0,05$ ) в сравнении с HgCl<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Для всех изученных сортов достоверно высокие значения коэффициента размножения получены при использовании стерилизатора 0,2% AgNO<sub>3</sub> (таблица 5). Немногочисленные исследования на некоторых ягодных культурах (*Rubus chamaemorus* L., *Fragaria × ananassa* Duch, *Vaccinium Angustifolium* Ait.) подтвердили эффективность стерилизатора AgNO<sub>3</sub> для получения жизнеспособных эксплантов (Мацнева и др., 2018, 2021; Способ выращивания морошки..., пат. № 2824883С1, 2024; Способ выращивания голубики..., пат. № 2825762С1, 2024).

### **3.3. Эффективность компонентов питательных сред на этапе пролиферации растений**

#### **3.3.1. Подбор минеральной среды для культивирования *in vitro***

В настоящее время существует большое количество минеральных сред (MS, QL, LF, B-5 и др.), различающихся количественным и компонентным составом (Murashige, Skoog, 1962; Gamborg et al., 1968; Lee, de Fossard, 1977; Quoirin, Lepoivre, 1977; George et al., 2008). Эффективность используемых сред определяется генотипическими особенностями и этапом микроклонального размножения (Матушкина и др., 2014; Матушкин, 2020). Наиболее часто используют среду MS, минеральный состав которой наиболее подходящий для морфогенеза изолированных тканей многих видов растений (Матушкина, Пронина, 2010; Sedlák, Paprštejn, 2012; Кухарчик и др., 2016; Sarkar и др., 2016; Батукаев и др., 2021).

В исследовании оценивали приживаемость и морфогенетическое развитие эксплантов сортов смородины красной на питательных средах MS, QL, LF с использованием 1 мг/л БАП и стерилизатора 0,1% HgCl<sub>2</sub>. Исследование проводилось в период вынужденного покоя (март), поскольку данный период наиболее благоприятен для приживаемости растительных образцов смородины (п.п. 3.1).

На рисунке 15 показана значительная разница между питательными средами (MS, QL, LF) и отдельно для каждого сорта согласно Т-критерию ( $p < 0,05$ ).

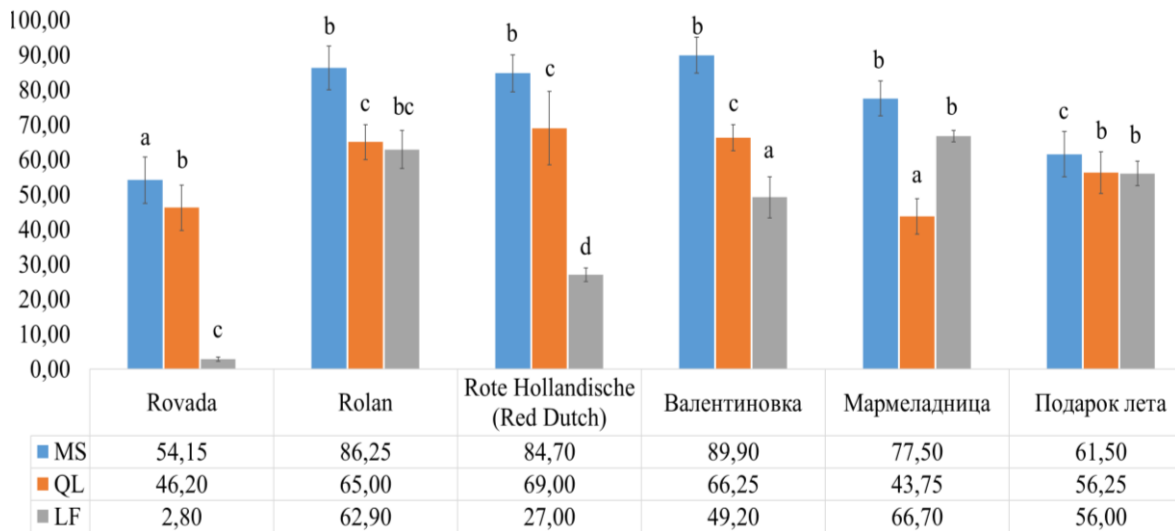


Рисунок 15 – Влияние питательных сред на приживаемость эксплантов сортов смородины красной (2023-2024 гг.)

Для всех изученных сортов высокий процент приживаемости получен на среде MS (от 54,15% у сорта Rovada до 89,90% у сорта Валентиновка), коэффициент вариации был средний и составлял 19,27%. Приживаемость эксплантов на минеральной среде QL уступала MS в среднем на 23,69% при средних значениях вариации по сортам ( $V=18,70\%$ ). При использовании среды LF получен низкий процент по изучаемому признаку. В сравнении с MS этот показатель был ниже на 41,72% и QL – на 23,63%, и, кроме того, показана значительная вариация по сортам ( $V=30,25\%$ ). Для сортов Rolan, Подарок лета, Валентиновка и Мармеладница приживаемость эксплантов на среде LF была сопоставима с результатами, полученными на среде QL. Использование компонентов питательной среды LF было не применимо для сортов Rovada и Rote Hollandische (Red Dutch), количество прижившихся микрорастений составляли 2,80% и 27,00% соответственно (рисунок 15). Данный результат согласуется с литературными данными (Brito, Santos, 2009) и объясняется небольшим содержанием макро- (N, K, Ca, P, Cl) и микроэлементов (B, Mn, Mo, Zn) в среде LF в сравнении с MS (таблица 2). Количественное содержание данных элементов влияет на приживаемость растительных образцов в культуре *in vitro* (Тихомирова и др., 2017; Ножкина и др., 2020).

Процент жизнеспособных растений в процессе пересадки растений ( $R_0 \rightarrow R_2$ ) снижался независимо от компонентов питательной среды и сильно варьировал по сортам (таблица 6).

Таблица 6 – Приживаемость эксплантов в зависимости от номера пассажа и минеральной среды, % (2023-2024 гг.)

Сорт	Минеральная среда	$R_0$	$R_1$	$R_2$
Rovada	MS	54,15±6,65	39,45±8,05	16,05±3,55
	QL	46,20±4,50	34,60±6,10	19,20±9,00
	LF	2,80±0,40	2,80±0,60	2,80±0,30
Rolan	MS	86,25±6,25	65,85±9,15	58,35±11,65
	QL	55,00±5,00	33,35±3,35	23,35±13,35
	LF	48,78±5,48	47,10±10,40	28,35±13,35
Rote Hollandische (Red Dutch)	MS	84,70±5,30	48,60±16,10	44,85±19,85
	QL	69,00±10,42	17,95±6,15	4,90±2,00
	LF	27,00±2,00	11,80±2,60	1,60±0,30
Валентиновка	MS	89,90±5,10	68,10±9,40	29,90±4,90
	QL	66,25±3,75	50,00±5,00	23,75±8,75
	LF	39,20±5,90	18,70±4,20	4,65±0,84
Мармеладница	MS	77,50±5,00	37,50±12,50	25,00±2,50
	QL	82,48±5,03	36,25±6,25	32,50±3,50
	LF	66,70±1,70	27,10±7,10	19,35±4,35
Подарок лета	MS	51,50±6,50	33,00±3,00	18,25±4,25
	QL	46,00±6,00	37,50±5,00	23,75±8,45
	LF	56,00±3,50	29,65±5,35	17,45±4,25

Примечание –  $R_0$  -измерения после 30 дней культивирования,  $R_1$  - измерения после 60 дней культивирования,  $R_2$  - измерения после 90 дней культивирования. Данные представляют средние значения из 4-х повторностей ± стандартная ошибка опыта

Максимальный процент жизнеспособных микрорастений к  $R_2$  пассажу получен на среде MS у сортов Rolan (58,35%), Rote Hollandische (Red Dutch) (44,85%).

Приживаемость эксплантов на среде QL от R<sub>0</sub> к R<sub>2</sub> пассажиру снижалась на 35,85-51,63% и, в целом, была ниже, чем на среде MS. При пересадке растений на среду LF процент приживаемости от R<sub>0</sub>→R<sub>2</sub> также снижался и у некоторых образцов снижение было более чем в 2-2,5 раза (Валентиновка, Мармеладница, Подарок лета, Rote Hollandische) и к R<sub>2</sub> пассажиру фиксировали хлороз листьев (таблица 6).

Реакция микрорастений на компоненты питательных сред MS, QL и LF определялась не только приживаемостью эксплантов, но и образованием дополнительных микропобегов (коэффициент размножения) и морфологическом развитии. Модифицированный состав питательной среды MS повышал скорость пролиферации сортов и к R<sub>4</sub> пассажиру коэффициент размножения варьировал от 1,57 шт./экспл. (Rovada) до 1,97 шт./экспл. (Подарок лета) (таблица 7). Низкие значения по изучаемому показателю согласуются с данными других исследователей, полученными на ягодных культурах, в т.ч. смородины (Şuğan et al., 2012; Крахмалева, Молканова, 2020; Мацнева и др., 2024). Минеральный состав среды QL не значительно повышал коэффициент размножения микрорастений на первых пассажах (до 1,29 шт./экспл. у сорта Rolan). Лучшие показатели на данной среде получены у растений сорта Мармеладница (2,59 шт./экспл.). У большинства сортов на среде LF к R<sub>3</sub>–R<sub>4</sub> пассажам было снижение коэффициента и в дальнейшем фиксировалась гибель эксплантов.

Таблица 7 – Зависимость коэффициента размножения от состава минеральной среды и пассажа, шт./экспл. (2023-2024 гг.)

Сорт	Минеральная среда	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
1	2	3	4	5	6
Rovada	MS	1,41	1,20	1,43	1,57
	QL	1,11	1,20	1,00	гибель
	LF	1,33	1,00	гибель	

## Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6
Rolan	MS	1,37	1,40	1,41	1,70
	QL	1,17	1,29	1,29	1,00
	LF	1,03	1,10	1,50	1,00
Rote Hollandische (Red Dutch)	MS	1,29	1,46	1,71	1,63
	QL	1,18	1,00	гибель	
	LF	1,00	1,00	гибель	
Валентиновка	MS	1,36	1,46	1,56	1,64
	QL	1,13	1,21	1,00	1,00
	LF	1,00	1,25	гибель	
Мармеладница	MS	1,30	1,25	1,69	1,83
	QL	1,55	1,62	2,59	2,24
	LF	1,19	1,07	1,00	гибель
Подарок лета	MS	1,17	1,38	1,92	1,97
	QL	1,23	1,11	1,25	1,00
	LF	1,17	1,00	1,00	гибель
Englische Grosse Weisse	MS	1,18	1,23	2,00	1,82
	LF	1,17	1,20	гибель	
Red Lake	MS	1,17	1,33	1,66	1,89
НСР <sub>0,05</sub>	$F_{факт} < F_{теор}$				

Активный рост микропобегов у большинства сортообразцов отмечен на средах MS и для некоторых образцов на среде QL (Мармеладница), в дальнейшем эти растения имели оптимальные параметры для адаптации к нестерильным условиям (таблица 8). В качестве примера на рисунках 16, 17 показан морфогенез микрорастений сорта Мармеладница на средах MS, QL и LF, и сортов Rolan, Подарок лета и Валентиновка на среде MS.

Таблица 8 – Влияние компонентов минеральной среды на высоту микрорастений R<sub>4</sub> пассажа, мм (2023-2024 гг.)

Сорт	MS	QL	LF
Rovada	4,17±0,15 b	2,08±0,61a	2,31±0,39 ac
Rolan	4,89±0,92 a	3,92±0,18 b	3,00±0,04 d
Rote Hollandische (Red Dutch)	4,31±0,47 ab	1,44±0,33 c	1,25±0,37 abc
Red Lake	5,00±1,01 a	1,75±0,44 c	1,69±0,06 ac
Englische Grosse Weisse	5,33±1,15 a	1,91±0,45 c	1,00±0,02 ac
Валентиновка	5,18±1,00 a	4,13±0,09 b	1,21±0,29 abc
Мармеладница	5,55±1,26 a	6,91±1,80 f	1,58±0,36 c
Подарок лета	6,12±1,59 a	4,00±0,07 b	1,59±0,55 c

Примечание – Данные представляют средние значения из 8-ми повторностей ± стандартная ошибка опыта

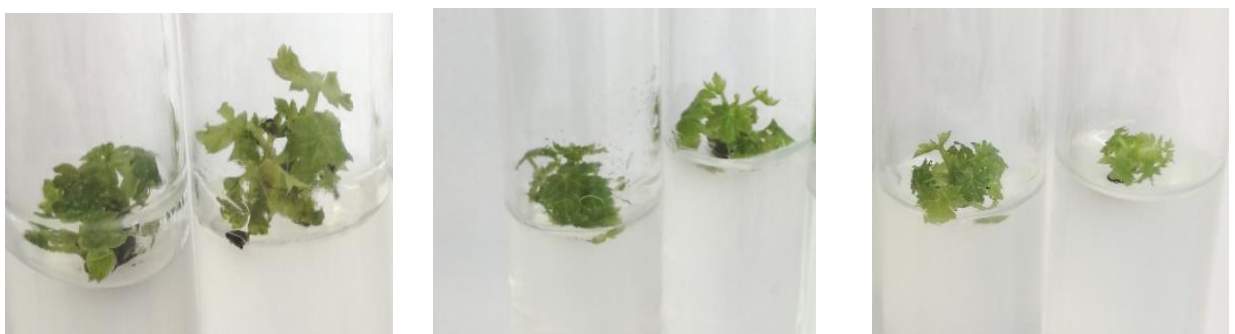


MS

QL

LF

Рисунок 16 – Морфогенез эксплантов сорта Мармеладница на разных питательных средах с добавлением 1,0 мг/л БАП, R<sub>2</sub> пассаж, 2024 г.



А

Б

В

Рисунок 17 – Морфогенез сортов Rolan (А), Подарок лета (Б), Валентиновка (В) на среде MS с добавлением 1,0 мг/л БАП, R<sub>2</sub> пассаж, 2024г.

### 3.3.2. Влияние концентрации БАП на морфогенез и коэффициент размножения

Количественный показатель эффективности этапа «собственно микроклональное размножение» определяется коэффициентом размножения, который зависит от типа и концентрации регулятора роста в составе питательной среды (Панькова, Несмелова, 2008; Пронина и др., 2018). Цитокинины способны стимулировать деление клеток, формирование побега, регулировать синтез и распад хлоропластов, в низких концентрациях могут задерживать старение листьев и т.д. (Романов, 2009). При этом повышенные концентрации цитокинина в среде наряду с увеличением коэффициента размножения до определенного уровня могут привести к получению генетически неоднородного материала, ингибированию роста и негативно сказаться на последующем процессе ризогенеза, вызвать опадение листьев и апоптоз (Панькова, Несмелова, 2008; Романов, 2009), что подтверждается результатами предыдущего опыта (п. 3.3.1). на этапе введения в культуру использование БАП в количестве 1 мг/л давало положительный эффект (стимулировало ростовые процессы эксплантов) до R<sub>4</sub> пассажа включительно. В дальнейшем наблюдалось замедление морфологического развития микрорастений. Поэтому целесообразно на этапе введения *in vitro* снижать содержание цитокинина до 0,5-0,8 мг/л БАП во избежание негативного воздействия цитокинина на рост и развитие эксплантов. Для дальнейшего определения влияния БАП на этапах микроразмножения был поставлен эксперимент по выявлению его оптимальной концентрации для морфогенеза микрорастений.

В текущем эксперименте высота и коэффициент размножения микрорастений сортов смородины красной Englische Grosse Weisse и Подарок лета при разных концентрациях содержания цитокинина БАП в питательной среде MS варьировали в зависимости от пассажа.

Самые высокие микрорастения данных сортов на протяжении 4-х пассажей получены в вариантах с добавлением 0,2 и 0,5 мг/л БАП (таблица 9). Высота растений при концентрации 0,2 мг/л у сорта Englische Grosse Weisse варьировала от 5,56 до 6,9 мм, у сорта Подарок лета от 6,05 до 6,51 мм; при концентрации 0,5 мг/л от 5,18 до 6,55 мм у сорта Englische Grosse Weisse и от 5,82 до 6,03 мм у сорта Подарок лета.

В дальнейшем повышение концентрации цитокинина от 0,8 до 2,00 мг/л в среде приводило к остановке ростовых процессов, особенно четко это наблюдалось к R<sub>3</sub> и R<sub>4</sub> пассажам. Статистически доказано, что к концу R<sub>4</sub> пассажа при концентрации цитокинина 2,00 мг/л высота растений сорта Englische Grosse Weisse снижалась на 35,25%, для сорта Подарок лета - на 36,89% в сравнении с R<sub>4</sub> пассажем при концентрации цитокинина 0,2 мг/л.

Полученный нами результат частично согласуется с результатами на культуре черной смородины у И. Н. Прониной и др. (2018) и Г. В. Таловиной и др. (2023). Повышение концентрации цитокинина более 0,2 мг/л приводило к остановке роста микропобегов смородины черной.

Таблица 9 – Высота эксплантов смородины красной при разных концентрациях БАП, мм (среднее за 2023-2024 гг.)

Концентрация БАП, мг/л	Пассаж			
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
1	2	3	4	5
Englische Grosse Weisse				
0,2	6,94±1,76 ns	6,38±1,45 ns	6,41±1,61 ns	5,56±1,06 ns
0,5	5,88±1,39 ns	5,18±1,18 ns	6,15±1,48 ns	6,55±1,21 ns
0,8	6,00±1,39 ns	5,38±0,84 ns	4,64±0,72*	4,38±0,49*
1,0	6,03±1,40 ns	4,97±1,02 ns	4,44±0,71*	4,50±0,53*
1,5	6,00±1,33 ns	4,86±1,00 ns	3,92±0,50*	3,63±0,50*
2,0	5,76±1,40 ns	4,52±0,78 ns	3,86±0,85*	3,60±0,84*

## Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5
Подарок лета				
0,2	6,51±1,34 ns	6,21±1,51 ns	6,05±1,36 ns	6,24±1,11 ns
0,5	5,85±1,36 ns	6,03±1,21 ns	6,00±1,38 ns	5,82±1,57 ns
0,8	5,97±1,32 ns	5,28±1,04 ns	5,69±1,22 ns	5,70±1,34 ns
1,0	6,00±1,38 ns	5,51±0,89 ns	5,03±0,97 ns	4,50±0,51*
1,5	5,60±1,16 ns	4,92±0,98 ns	4,21±0,68*	4,71±0,73*
2,0	5,97±1,35 ns	4,80±0,76*	4,3±0,42*	4,00±0,08*

Примечание – Знак «ns» после значения одного сорта означает несущественные различия в соответствии с *T*-тестом; знак \* – означает статистически значимые различия

Пролиферативная активность эксплантов сортов смородины красной отмечена при концентрации БАП от 0,2 до 0,8 мг/л (таблица 10). Для сорта *Englische Grosse Weisse* относительно высокие значения коэффициента 1,46 и 1,38 шт./экспл. получены при концентрации БАП 0,2 и 0,5 мг/л; для сорта *Подарок лета* 1,33 и 1,53 шт./экспл. соответственно. Дальнейшее увеличение БАП до 2,0 мг/л тормозит размножение эксплантов изученных сортов. Полученные результаты согласуются с данными J. Sedlák, F. Paprštein (2012), в работах которых также отмечено снижение до 1,0 шт./экспл. коэффициента размножения сортов смородины красной при концентрации БАП 2,0 мг/л.

Таблица 10 – Коэффициент размножения эксплантов смородины красной при разных концентрациях БАП, шт./экспл. (среднее за 2023-2024 гг.)

Концентрация БАП, мг/л	Пассаж			
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
1	2	3	4	5
<i>Englische Grosse Weisse</i>				
0,2	1,13±0,34 ns	1,24±0,51 ns	1,33±0,54 ns	1,46±0,64 ns
0,5	1,10±0,30 ns	1,21±0,55 ns	1,10±0,29 ns	1,38±0,61 ns
0,8	1,20±0,40 ns	1,23±0,42 ns	1,21±0,41 ns	1,08±0,28 ns

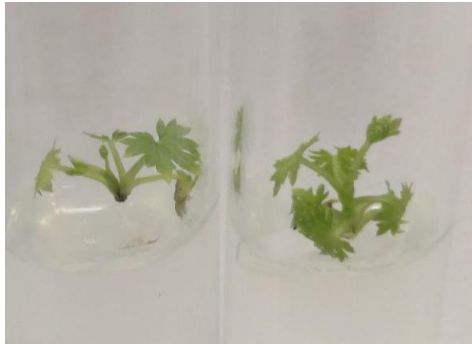
## Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5
1,0	1,17±0,37 ns	1,14±0,37 ns	1,14±0,52	1,00±0,21 ns
1,5	1,13±0,43 ns	1,17±0,38 ns	1,00±0,08*	1,00±0,06*
2,0	1,10±0,30 ns	1,15±0,36 ns	1,17±0,38*	1,00±0,07*
Подарок лета				
0,2	1,33±0,54 ns	1,30±0,46 ns	1,27±0,51 ns	1,23±0,56 ns
0,5	1,37±0,48 ns	1,30±0,46 ns	1,53±0,76 ns	1,21±0,49 ns
0,8	1,27±0,44 ns	1,30±0,46 ns	1,59±0,77 ns	1,04±0,19 ns
1,0	1,23±0,42 ns	1,23±0,49 ns	1,23±0,49 ns	1,00±0,12 ns
1,5	1,13±0,33 ns	1,09±0,28 ns	1,08±0,28*	1,00±0,17 ns
2,0	1,20±0,48 ns	1,00±0,12 ns	1,00±0,19*	1,00±0,25 ns

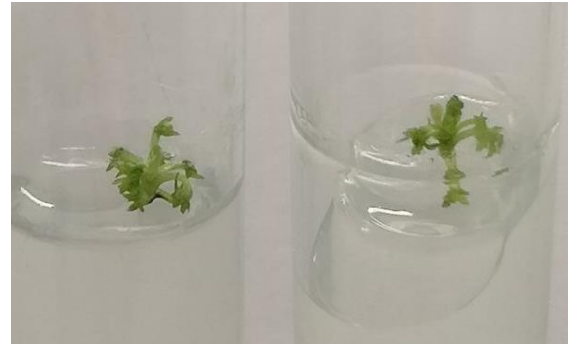
Примечание – Знак «ns» после цифрового значения указывает на несущественные различия в соответствии с *T*-тестом; знак \* – означает статистически значимые различия

Морфологическое развитие эксплантов от R<sub>1</sub> к R<sub>4</sub> пассажирам и концентрации БАП варьировало. При концентрациях БАП от 0,2 до 1,0 мг/л у микрорастений был активный ростовой процесс, развитие листовой пластинки, характерной для смородины формы. Увеличение концентрации БАП от 1,5 до 2,0 мг/л у большинства эксплантов сорта *Englische Grosse Weisse* приводило к отмиранию верхушек и пожелтению листьев, что можно объяснить стрессом, вызванным повышенной концентрацией цитокинина. У эксплантов сорта *Подарок лета* при повышенных концентрациях БАП отмечена не характерная для смородины розеточная форма микропобега и небольшое скручивание листьев (рисунок 18). Подобный результат, возможно, связан со способностью цитокининов при длительном их культивировании накапливаться в тканях эксплантов, что может приводить к формированию растений с аномальной морфологией (Дышко, 2014), а у некоторых представителей смородины золотистой вызывать гибель эксплантов (Эрст, Вечерина, 2010).

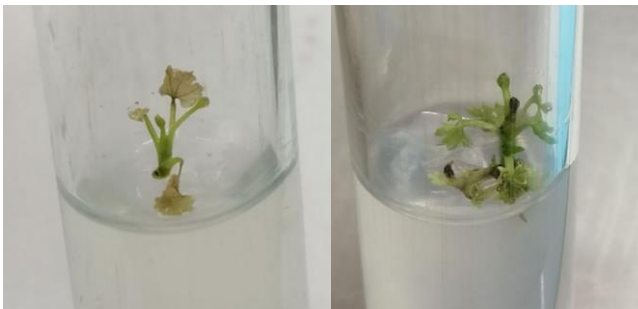
## Englische Grosse Weisse



А



Б



В

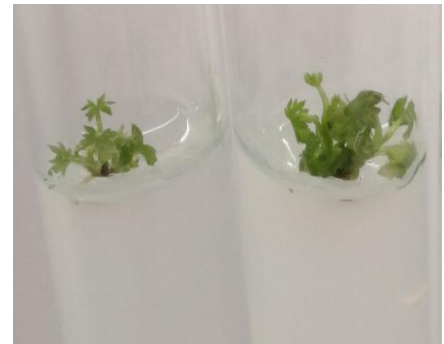


Г

## Подарок лета



А



Б



В

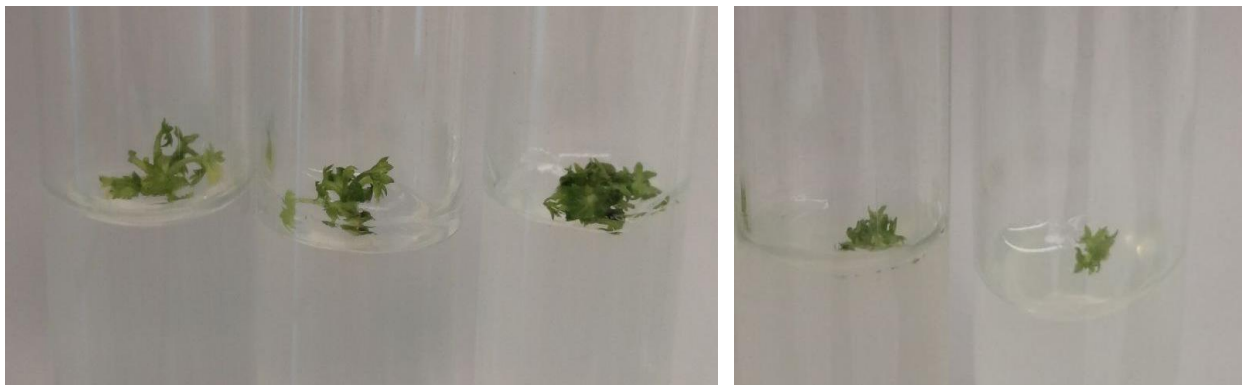


Г

Рисунок 18 – Состояние эксплантов сортов смородины красной в конце  $R_1$  на среде MS при концентрациях БАП: 0,2 мг/л (А), 1 мг/л (Б), 1,5 мг/л (В) и 2,0 мг/л (Г), 2024 г.

К окончанию  $R_4$  пассажа при повышенных концентрациях БАП ( $\geq 1$  мг/л) происходило "мельчание" эксплантов сортов и приостановка ростовых процессов, в то же время при концентрациях БАП от 0,2 до 0,8 мг/л микрорастения продолжали оптимальный рост и развитие вегетативной части побега (рисунок 19). Подобный результат был получен у микропобегов сортов смородины черной – повышенные концентрации цитокининов ( $\geq 1,5$  мг/л) приводили к уменьшению микропобегов и невозможности их перевода на этап укоренения (Пронина и др., 2018; Матушкин, 2020).

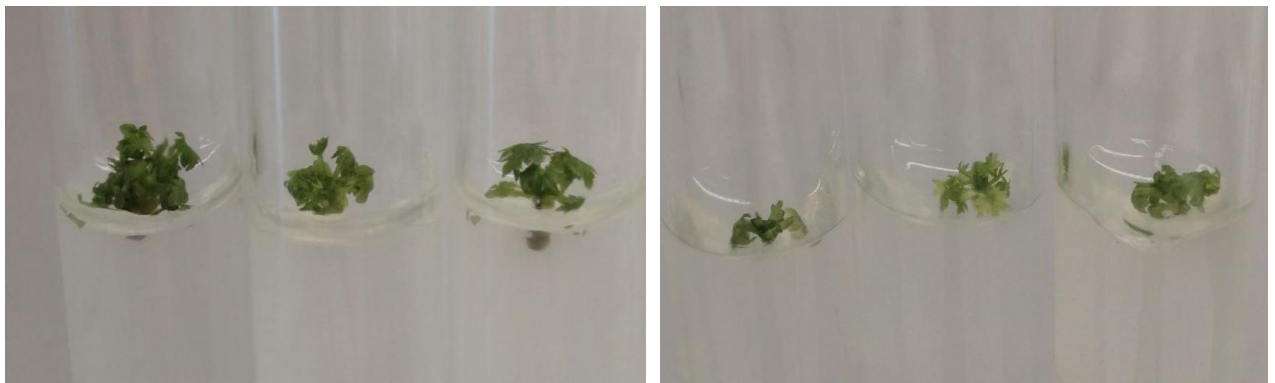
#### Englische Grosse Weisse



А

Б

#### Подарок лета



А

Б

Рисунок 19 – Морфологическое развитие эксплантов сортов смородины красной в конце  $R_4$  пассажа на среде MS при концентрациях БАП 0,2 мг/л (А) и 1 мг/л (Б), 2024 г.

Таким образом, для нормального роста и развития эксплантов смородины красной оптимальной является концентрация БАП  $\leq 0,8$  мг/л. Однако, повысить коэффициент размножения до более высоких значений даже при высоких концентрациях БАП на данном этапе исследований сложно. Это открывает перспективу совершенствования элементов методики «собственно микроклонального размножения» сортов смородины красной в будущем.

### 3.4. Использование регуляторов роста на этапе ризогенеза

Важным этапом размножения растений *in vitro* является укоренение микрорастений. Поэтому необходимо подобрать соответствующие условия для успешного корнеобразования (Собралиева и др., 2020).

Было изучено действие регуляторов роста ауксиновой группы различной концентрации на процесс ризогенеза сортов смородины красной (таблица 11).

Таблица 11 – Влияние фитогормонального состава питательной среды MS на ризогенез сортов смородины красной, % (среднее за 2024-2025 гг.)

Сорт	Регуляторы роста				
	0,5 мг/л ИМК	0,5 мг/л ИУК	0,5 мг/л ИМК + 0,5мг/л ИУК	1,0 мг/л ИМК	1,0 мг/л ИУК
Red Lake	66,70±0,79a	38,20±1,83ac	83,30±2,20ad	68,80±1,94a	0
Englische Grosse Weisse	100,00±0,27b	57,00±3,22ab	100,00±0,89b	55,60±3,37ab	36,40±4,48a
Мармеладница	75,00±6,18a	30,00±2,88ac	25,00±2,78f	27,20±4,77bc	50,00±4,03b
Подарок лета	66,70±4,95a	60,00±5,25ab	71,40±2,70a	0	0

Примечание – Данные представляют средние значения из 3-х повторностей ± стандартная ошибка опыта

Для сортов Red Lake, Englische Grosse Weisse, Мармеладница высокий процент укоренения был получен на среде MS+0,5 мг/л ИМК, этот показатель превышал на 40,00-57,00% результат укоренения этих же сортов на среде MS + 0,5 мг/л ИУК (рисунок 20).

## Englische Grosse Weisse



А



Б

## Red Lake



А



Б

Рисунок 20 – Ризогенез сортов смородины красной на средах MS+0,5 мг/л ИМК (А) и MS+0,5 мг/л ИУК (Б), 2024 г.

Для микрорастений сорта Подарок лета выращивание на средах MS+0,5 мг/л ИМК и MS+0,5 мг/л ИУК получены сопоставимые данные по ризогенезу (66,70% и 60,00% соответственно). Лучшие результаты корнеобразования у сортов Подарок лета, Red Lake были при совместном применении ИУК и ИМК в количестве 0,5 мг/л на среде MS. У растений, культивируемых на этой среде, количество корней в среднем было на 11,00% больше в сравнении с вариантом MS +0,5 мг/л ИМК и на 33,17% – MS+ 0,5 мг/л ИУК. Для сорта Englische Grosse Weisse данные совместного

использования 0,5 мг/л ИУК и 0,5 мг/л ИМК на среде MS были сопоставимы с результатами ризогенеза растений, полученных на среде MS+ 0,5 мг/л ИМК (рисунок 21).

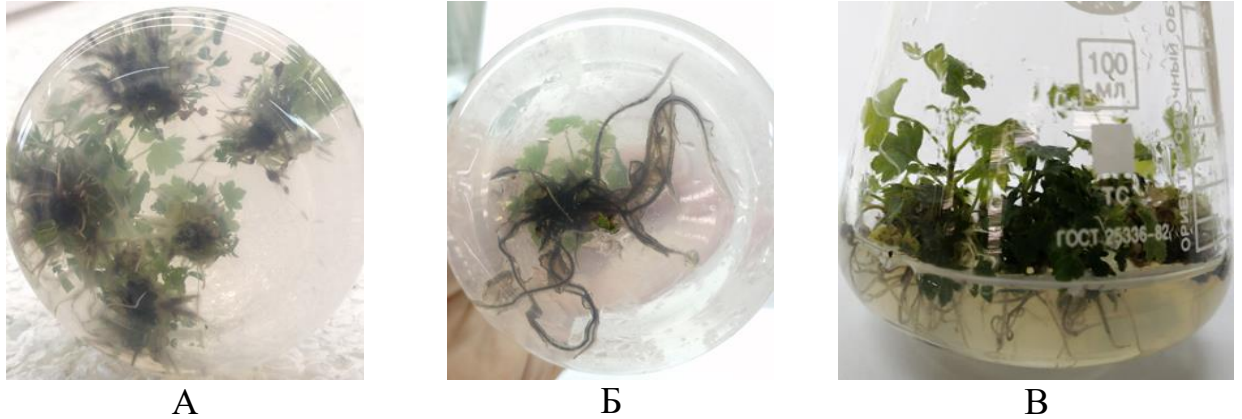


Рисунок 21 – Ризогенез сортов Englische Grosse Weisse (А), Red Lake (Б), Подарок лета (В) на среде MS+0,5 мг/л ИМК+0,5 мг/л ИУК, 2024 г.

Совместное использование 0,5 мг/л ИУК и 0,5 мг/л ИМК на среде MS для сорта Мармеладница снижало и замедляло процесс корнеобразования по сравнению с использованием этих регуляторов роста по отдельности в той же концентрации (рисунок 22).

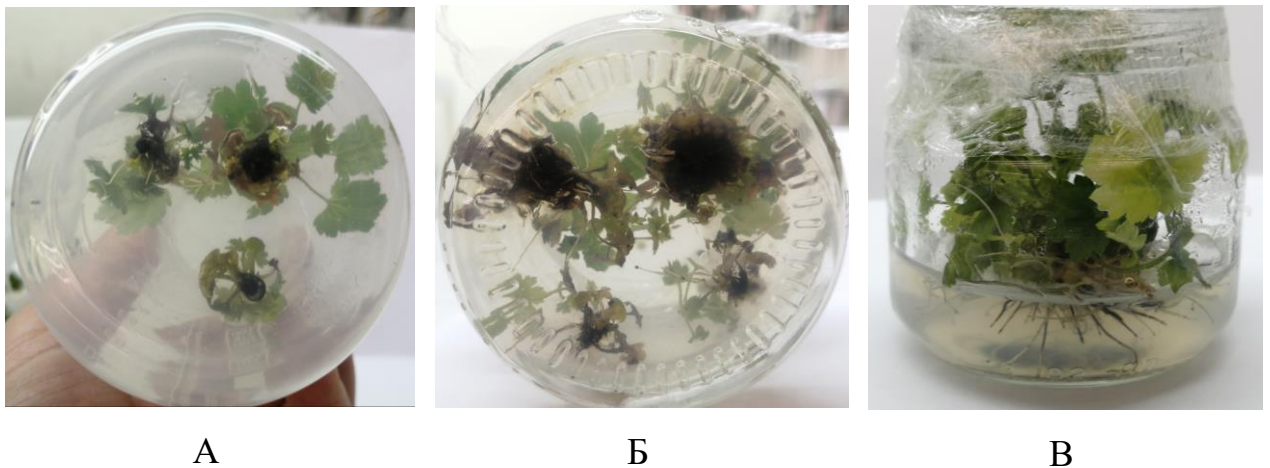


Рисунок 22 – Корнеобразование эксплантов сорта Мармеладница на средах MS+0,5 мг/л ИМК+0,5 мг/л ИУК (А), MS+0,5 мг/л ИУК (Б), MS+0,5 мг/л ИМК (В), 2024 г.

Использование ИМК и ИУК в количестве 1 мг/л на среде MS приводило к противоречивым результатам по ризогенезу. Для сорта Red Lake

образование корней при разных концентрациях ИМК (0,5 и 1,0 мг/л) на среде MS показывало схожие результаты; противоположные результаты – снижение либо торможение корнеобразования при повышенной концентрации ИМК получены у сортов Englische Grosse Weisse, Мармеладница, Подарок лета. Среда MS+1 мг/л ИУК у большинства сортов также либо останавливала, либо снижала образование корней (таблица 9). Для сорта Мармеладница минеральная среда MS+1 мг/л ИУК стимулировала ризогенную активность в сравнении со средой MS+ 0,5 мг/л ИУК и MS+0,5 мг/л ИМК + 0,5мг/л ИУК.

По биометрическим показателям: высоте микропобегов, количеству и длине корней разница между испытуемыми регуляторами роста была сопоставима с показателями вариантов опыта по корнеобразованию (таблица 9, таблица 12).

Таблица 12 – Влияние фитогормонального состава питательной среды MS на биометрические показатели микрорастений сортов смородины красной (среднее за 2024-2025 гг.)

Сорт	Концентрация и регулятор роста	Высота микропобега, мм	Количество корней, шт./раст.	Длина корней, мм
1	2	3	4	5
Red Lake	0,5 мг/л ИМК	17,16±4,80а	4,16±1,96а	16,64±6,23а
	0,5 мг/л ИУК	8,06±4,67а	2,00±0,85а	10,06±3,75а
	0,5 мг/л ИМК + 0,5мг/л ИУК	20,36±5,88а	4,70±2,83а	15,76±4,50а
	1,0 мг/л ИМК	13,14±5,74а	5,06±1,43а	12,48±7,64а
	1,0 мг/л ИУК	0	0	0
Englische Grosse Weisse	0,5 мг/л ИМК	23,50±9,01а	4,75±1,73а	42,53±14,07а
	0,5 мг/л ИУК	23,10±7,55а	5,18±2,04а	22,40±9,81а
	0,5 мг/л ИМК + 0,5мг/л ИУК	23,66±5,39а	4,66±1,03а	28,00±11,60а
	1,0 мг/л ИМК	19,14±7,51а	3,00±0,98а	14,00±6,84а
	1,0 мг/л ИУК	18,66±4,31а	3,66±1,76а	23,18±12,98а

## Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5
Мармеладница	0,5 мг/л ИМК	28,66±5,95a	4,33±0,51a	32,15±14,06a
	0,5 мг/л ИУК	20,81±9,68a	4,00±1,25a	9,25±3,59a
	0,5 мг/л ИМК + 0,5мг/л ИУК	19,00±6,54a	2,00±0,40b	12,50±2,23a
	1,0 мг/л ИМК	15,00±7,21a	1,50±0,58b	13,50±4,27a
	1,0 мг/л ИУК	14,30±7,10a	2,63±0,67a	10,71±4,29b
Подарок лета	0,5 мг/л ИМК	14,00±5,36a	4,50±1,23a	19,67±8,93a
	0,5 мг/л ИУК	24,00±1,76a	3,67±0,43a	24,27±4,27a
	0,5 мг/л ИМК + 0,5мг/л ИУК	19,20±7,75a	4,40±1,86a	14,95±7,69a
	1,0 мг/л ИМК	0	0	0
	1,0 мг/л ИУК	0	0	0
	НСР <sub>0,05</sub>	F <sub>факт</sub> < F <sub>теор</sub>		

Примечание – Данные представляют средние значения из 3-х повторностей ± стандартная ошибка опыта

Лучшие результаты по морфометрическим показателям были у сортов на средах MS + 0,5 мг/л ИМК и совместного использования MS+0,5 мг/л ИМК+0,5 мг/л ИУК (рисунок 23).



Рисунок 23 – Внешний вид микропобегов сорта Red Lake, выращенных на средах MS+0,5 мг/л ИМК+0,5 мг/л ИУК (А) и MS+0,5 мг/л ИМК (Б), 2024 г.

Статистически значимые отличия по количеству корней и высоте микропобегов получены у сортов на среде MS с использованием 0,5 мг/л

ИМК. Данные по результатам влияния биологически активных веществ (ИУК и ИМК) на биометрические показатели варьировали по сортам и соответствовали данным, полученным по ризогенезу.

Таким образом, на этапе «собственно микрклональное размножение» показана эффективность введения в культуру *in vitro* материала в период вынужденного покоя сортов смородины красной с использованием в качестве стерилизаторов 0,1%  $\text{HgCl}_2$  и 0,2%  $\text{AgNO}_3$  на среде MS+1 мг/л БАП. Период позневесеннего введения в дальнейшей перспективе наших исследований будет исключен как низкоэффективный в связи с интенсивным развитием сапрофитной микрофлоры и слабым морфогенезом. Экологически безопасный стерилизатор 12% р-р  $\text{H}_2\text{O}_2$  проявил низкую эффективность для получения большого количества оздоровленных микрорастений. Реакция эксплантов смородины на компоненты питательных сред (MS, QL, LF) определялась приживаемостью, морфологическим развитием эксплантов и образованием дополнительных микропобегов. Высокий процент жизнеспособных микрорастений изученных сортов с оптимальными морфометрическими показателями, пригодными для адаптации к условиям *ex vitro*, получены на средах MS и QL, дополненных 0,5 мг/л БАП. Культивирование на среде MS + 0,5 мг/л ИМК повышало ризогенез у изучаемых сортов. Совместное использование на процесс корнеобразования 0,5 мг/л ИМК и 0,5 мг/л ИУК на среде MS определялось генетическим происхождением.

### **3.5. Влияние люминесцентного освещения и спектрального состава света на адаптацию микрорастений**

Для успешной адаптации микрорастений смородины красной к условиям *ex vitro* необходимо обеспечить оптимальное развитие листового аппарата, корневой системы, т.е. растения должны обладать определенными

морфометрическими показателями для нормального протекания процессов транспирации и фотосинтеза (Мороз и др., 2019; Кобринец и др., 2023).

*Адаптация микрорастений в помещениях с оптимальным микроклиматом при освещении люминесцентными лампами*

Для начальной адаптации использовали растения-регенеранты, полученные на среде MS + 0,5 мг/л БАП. При освещении люминесцентными лампами приживаемость микрорастений сильно варьировала по сортам (таблица 13). Для большинства исследуемых образцов к окончанию адаптации повышался процент погибших растений. Для сорта Englische Grosse Weisse процент погибших растений составил 30,00%, Мармеладницы – 50,00%, Подарок лета – 29,50%. Минимальный процент погибших растений был у сорта Red Lake (10%). Тем не менее, к окончанию адаптации (47 дней) все растения, выращенные при люминесцентном освещении, не соответствовали стандарту качества посадочного материала согласно ГОСТ Р 59653-2021. В среднем высота растений всех сортов не превышала 7 см. Листья в основном были зеленые и на небольшом их количестве отмечали краевой хлороз, что может быть естественной реакцией растений на стресс либо нехваткой некоторых элементов питания (таблица 13, рисунок 24).

Таблица 13 – Морфометрические показатели и процент адаптированных растений смородины красной (среднее за 2024-2025 гг.)

Сорт	Высота (Н), см			Количество листьев (Q), шт.			% ПР	% АР	% СТ
	Н1	Н2	Н3	Q1	Q2	Q3			
Red Lake	5,20± 0,30	6,26± 0,33	6,48± 0,30	10,22± 0,81	12,0± 0,77	12,31± 0,67	100	90	0
Englische Grosse Weisse	4,87± 0,49	6,13± 0,49	6,50± 0,54	10,83± 1,82	13,50 ±1,34	13,20± 1,50	90,0	60	0
Мармеладница	3,28± 0,79	5,92± 0,44	6,52± 0,47	6,67±1, 69	11,25 ±2,29	12,00± 2,08	70,0	20	0
Подарок лета	5,75± 0,61	6,10± 0,64	6,16± 0,54	10,13± 0,52	9,67± 0,67	10,67± 0,88	87,5	58	0

Примечание – Н1-Н3 - изменение высоты растений; Q1-Q3 - изменение количества листьев; 1-3 - измерение параметров развития растений: 1 - после 30 дней при 100% влажности, 2 - после 10 дней при влажности 70-80%, 3 - после 7 дней при 60% влажности;

% ПР – процент приживаемости растений в ходе адаптации к условиям *ex vitro* через 10 дней после посадки, % АР – процент адаптированных растений к условиям *ex vitro* к окончанию адаптации; % СТ – процент соответствия требованиям к саженцам смородины согласно ГОСТ Р 59653-2021



Red Lake

Englische Grosse  
Weisse

Подарок лета

Мармеладница

Рисунок 24 – Состояние растений смородины красной после 30 дней адаптации под люминесцентными лампами, 2025 г.

*Адаптация микрорастений в климатической камере со светодиодным освещением и регулируемыми параметрами*

Для адаптации были отобраны единичные экземпляры микрорастений с определенными морфометрическими параметрами. К началу адаптационного периода высота некоторых микрорастений была выше 2-х см, количество листьев варьировало по сортам и было  $\geq 4$  шт. / раст. (рисунок 25).



Red Lake

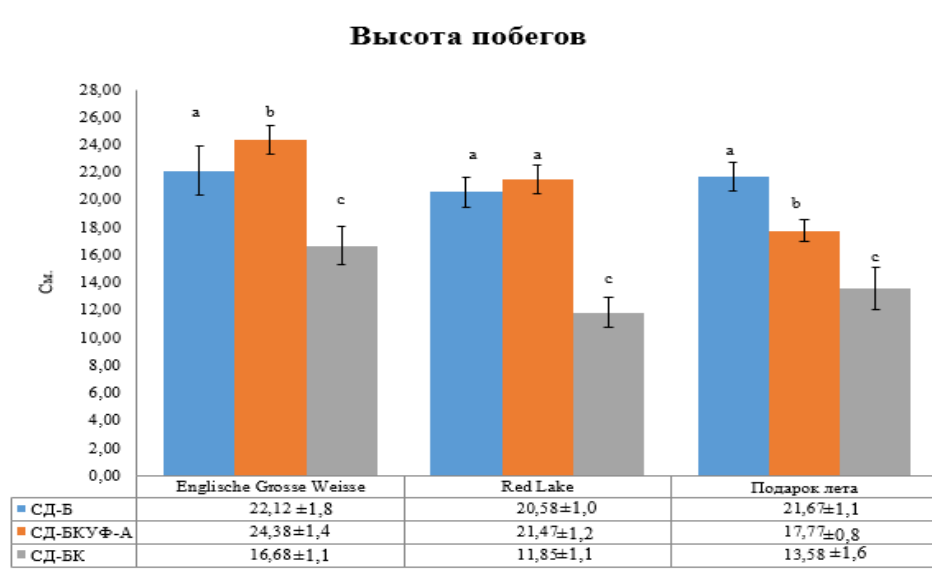
Englische Grosse Weisse

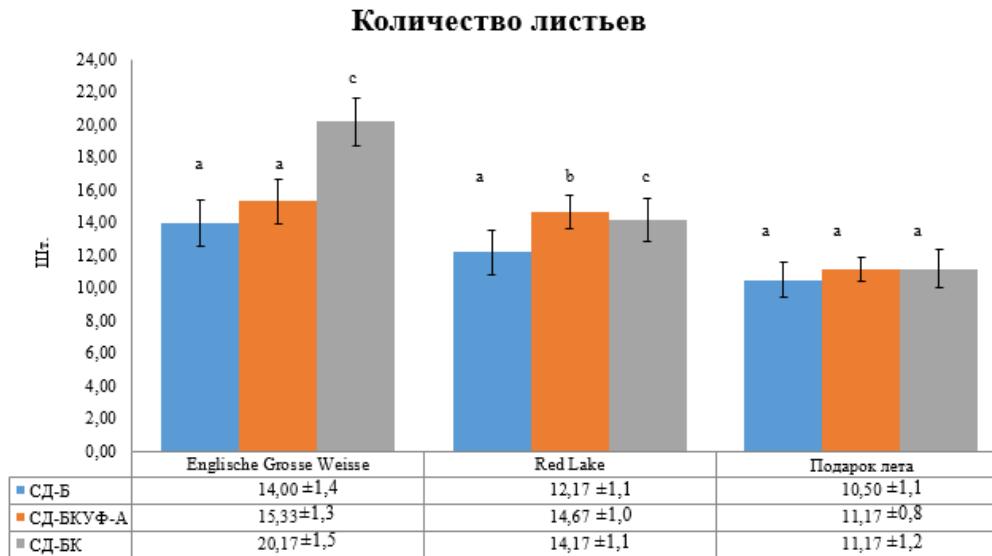
Подарок лета

Рисунок 25 – Морфологические показатели сортов смородины красной до адаптации в климатической камере, 2024г.

Культивирование смородины красной в адаптационной камере при разных спектрах освещения и, соответственно, длинах волн способствовало 100 % сохранению микрорастений смородины в процессе адаптации. Вместе с тем освещение по-разному повлияло на морфометрические параметры сортообразцов смородины, полученных из культуры *in vitro*. Использование светодиода белого+красного +ультрафиолетового – диапазон А (СД-БКУФ-А) света в процентном соотношении спектров 1УФ:13С:333:49К:4ДК обеспечили удлинение микропобегов у сортов Englische Grosse Weisse, Red Lake. За 28 дней пребывания в климатической камере высота побегов данных образцов превышала на 32% и 45% (соответственно) растения этих же сортов, выращенных при освещении белым светодиодом с усилением красного спектра (СД-БК). Использование светодиода белого света (СД-Б) и СД-БКУФ-А спектров не показало значительных отличий по изучаемому признаку у сортов Englische Grosse Weisse, Red Lake (рисунок 24 А).

Противоположные результаты получены в данном опыте с сортом Подарок лета. Лучшие биометрические показатели (габитус растения) получены при использовании СД-Б света (0УФ:16С:423:39К:3ДК). Растения данного варианта были выше растений, полученных при СД-БКУФ-А и СД-БК спектральном освещении (на 18% и 37% соответственно) (рисунок 26 А).





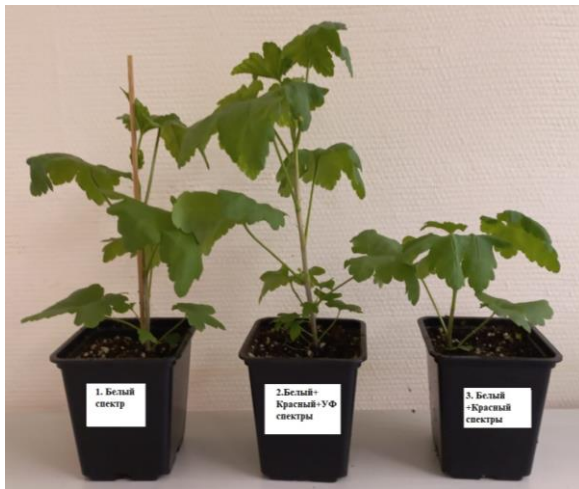
## Б

Рисунок 26 – Биометрические показатели сортов смородины красной после адаптации в климатической камере под влиянием разных спектров освещения (2024 г.)

Примечание – СД-Б – Белый свет, СД-БКУФ-А – Белый свет, усиленные Красный и Ультрафиолетовый спектры, СД-БК - Белый свет и усиленный Красный спектр; данные представляют собой средние значения ± стандартная ошибка

Для всех изучаемых сортов достоверно низкие значения высоты побегов получены в варианте с СД-БК светом (рисунок 27), что объясняется отсутствием УФ спектра и минимальной долей воздействия зеленого спектра (таблица 4, рисунок 17). Спектр СД-БК в отсутствие или при низких значениях зеленой области спектра ингибировал ростовые процессы, и растения изученных сортов красной смородины были компактными и не соответствовали требованиям для посадочного материала (ГОСТ Р 59653-2021). Этот результаты подтвердили значения использования зеленого спектра в развитии биомассы растений (Hamdani et al., 2018). Стимулирование ростовых процессов при использовании СД-БКУФ-А и СД-Б спектров, вероятно, объясняются взаимодействием определенной доли красного, синего, зеленого областей спектра и белковых пигментов растений

(фитохромы), чувствительных к красному и дальнему красному свету (ДК) (Kim et al., 2004; Hautsalo et al., 2018).



Red Lake



Подарок лета

Рисунок 27– Габитус сортообразцов смородины красной через 28 дней после адаптации в климатической камере, 2024 г.

Освещение СД-Б и СД-БКУФ-А спектрами не оказало достоверное влияние на количество листьев у изученных сортов смородины (рисунок 23 Б). Причина такого результата не ясна, но подобный результат был отмечен у груши, подвоев яблони, полученных в культуре *in vitro* (Бьядовский и др., 2014; Scolaro et al., 2024). В то же время изменения в содержании пигментного комплекса варьировали по сортам и вариантам освещения, что можно рассматривать как механизм адаптации растений (Панфилова, 2014). Освещение СД-БКУФ-А обеспечивало достоверное увеличение содержания Chl *a* и Chl *a+b* в среднем на 10 % в сравнении с СД-БК и СД-Б спектрами у сортов Englische Grosse Weisse, Red Lake.

Для сорта Подарок лета максимальное содержание Chl *a* и Chl *a+b* было у растений, выращенных при освещении СД-Б светом; разница между СД-Б и СД-БКУФ-А и СД-БК вариантами составляла 9-12% (таблица 14). Данный эффект объясняется тем, что растения, выращенные под воздействием белого света, преимущественно поглощают свет в синем, красном и частично зеленом спектрах, что способствует повышению

содержания фотосинтетических пигментов (Garget al., 2004; Shrivastava, Gupta, 2011; Nelson, Bugbee, 2014). Подобный результат был у растений овощных и злаковых культур (картофель, огурец, рис), полученных *in vitro* (Kozukue et al., 1993; Su et al., 2014; Hamdani et al., 2018).

Таблица 14 – Содержание пигментов в листьях сортов смородины красной под влиянием разных спектров (мг/г сырого в-ва), 2024 г.

Пигменты	Englische Grosse Weisse	Red Lake	Подарок лета
СД-Б			
Chl <i>a</i>	1,48±0,11ab	1,47±0,09ab	1,51±0,07ab
Chl <i>b</i>	0,53±0,05ab	0,51±0,02ab	0,51±0,02ab
Chl <i>a+b</i>	2,02±0,16ab	1,98±0,11ab	2,02±0,09ab
Chl <i>a/Chl b</i>	2,78±0,2a	2,89±0,13a	2,97±0,11a
<i>Sscar</i>	0,40±0,03ab	0,40±0,02ab	0,44±0,02ab
СД-БКУФ-А			
Chl <i>a</i>	1,63±0,05a	1,62±0,06c	1,34±0,03a
Chl <i>b</i>	0,53±0,02ab	0,59±0,02bc	0,49±0,02a
Chl <i>a+b</i>	2,16±0,04ab	2,20±0,05a	1,83±0,04a
Chl <i>a/Chl b</i>	3,08±0,17b	2,75±0,16b	2,75±0,10a
<i>Sscar</i>	0,40±0,02bc	0,44±0,19d	0,36±0,02ab
СД-БК			
Chl <i>a</i>	1,61±0,04a	1,42±0,06bc	1,40±0,04a
Chl <i>b</i>	0,49±0,05bc	0,46±0,02d	0,43±0,04cd
Chl <i>a+b</i>	2,10±0,09bc	1,88±0,07b	1,83±0,07b
Chl <i>a/Chl b</i>	3,31±0,31c	3,06±0,15c	3,30±0,20a
<i>Sscar</i>	0,48±0,02a	0,39±0,02bc	0,41±0,02cd

Примечание –СД-Б – Белый свет, СД-БКУФ-А – Белый свет, усиленные Красный и Ультрафиолетовый спектры, СД-БК - Белый свет и усиленный Красный спектр

Для всех изученных образцов смородины красной высокое содержание *Chl b* было в варианте с СД-Б спектром. Влияние СД-БК спектра на содержание *Chl a* и *Chl a+b* зависело от сортовых особенностей. Для с. Englische Grosse Weisse содержание *Chl a* и *Chl a+b* было сопоставимо с

данными, полученными в варианте СД-БКУФ-А, для с. Red Lake использование СД-БК освещения не способствовало накоплению Chl *a* и Chl *a+b* и данные показатели уступали по этим показателям вариантам СД-Б и СД-БКУФ-А. Тем не менее, для всех сортов соотношение пигментов Chl *a* / Chl *b* было самым высоким при использовании спектра СД-БК.

Накопление *Sscar* сильно варьировало по генотипам и спектральному составу. Поэтому сложно выявить закономерности влияния длины волн на содержание этой группы пигментов. Для каждого сортообразца высокое накопление *Sscar* было получено при разных пиках освещения. Для сорта Englische Grosse Weisse – это вариант СД-БК; для сорта Red Lake – СД-БКУФ-А; для сорта Подарок лета – СД-Б (таблица 14). Вариабельность накопления разных групп пигментов (Chl *a*, Chl *a+b*, Chl *b*, *Sscar*) и, соответственно, фотосинтетическая активность растений в данном исследовании объясняется использованием растениями длин волн определенного диапазона, как правило, от 400 до 700 нм (фотосинтетически активное излучение) (Panfilova, Ryago et al., 2025) (таблица 2, рисунок 4-6). Chl *a* имеет пики поглощения при 430 и 665 нм, тогда как Chl *b* – 453 и 642 нм (Sager, McFarlane, 1997). Каротиноиды поглощают синий свет, с максимальным спектром поглощения при 448 и 452 нм (Wright, Shearer, 1984). Поэтому длина волны света играет важную роль в регулировании фотосинтеза, причем для выращивания микрорастений чаще всего используются синие и красные светодиоды.

Высокие значения содержания Chl *a*, Chl *a+b* для сортов смородины красной в варианте с СД-БКУФ-А (1УФ:13С:333:49К:4ДК) определяются максимальной степенью поглощения красного света и скоростью отражения его в ближнем инфракрасном диапазоне и высокими значениями вегетационного индекса NDVI, который служит важным инструментом для мониторинга состояния и адаптивности растений, и принятия своевременных действий для улучшения их физиологического состояния (таблица 15).

Таблица 15 – Вегетационный индекс сортов смородины красной под влиянием разных спектров, 2024 г.

Спектр освещения	Englische Grosse Weisse	Подарок лета	Red Lake
СД-Б	0,49±0,04abc	0,46±0,02c	0,51±0,03abc
СД-БКУФ-А	0,54±0,02a	0,52±0,02ab	0,52±0,01a
СД-БК	0,49±0,03abc	0,49±0,04abc	0,47±0,01bc

В течение 28 дней адаптации в условно нестерильных условиях в камере с регулируемыми параметрами не было зафиксировано погибших растений. При этом большая часть саженцев (66,66%) соответствовала требованиям посадочного материала смородины с закрытой корневой системой, ГОСТ Р 59653-2021 (таблица 16).

Таблица 16 – Количество саженцев смородины красной, полученных в климатической камере, в соответствии с техническими требованиями к посадочному материалу

Всего растений, шт	II категория качества		III категория качества	
	Количество, шт	%	Количество, шт	%
54	36	66,66	18	33,33

Таким образом, использование СД-БКУФ-А спектра освещения обеспечило лучшие показатели морфофизиологического развития сортообразцов смородины красной, полученных из культуры *in vitro*. Кроме того, результаты исследований подтверждают преимущество комбинированного светодиодного освещения, включающего красный, зеленый, синий, дальне-красный и ультрафиолетовый (диапазон А) спектры в повышении эффективности адаптации микрорастений, а также в получении саженцев в соответствии с требованиями ГОСТ Р59653-2021 к качеству посадочного материала смородины.

#### 4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА СОРТОВ СМОРОДИНЫ КРАСНОЙ

Производство посадочного материала с использованием биотехнологических методов является материально затратным направлением. Теоретической составляющей экономической эффективности технологий *in vitro* считается увеличение объемов производства чистосортного посадочного материала при снижающихся затратах, позволяющих значительно повысить рентабельность производства (Пронина, Матушкина, 2011; Макаров и др., 2022).

В исследовании для расчета был выбран потенциально максимально возможный процент выхода укорененных пробирочных растений. При введении почек в культуру в период вынужденного покоя (март) уровень регенерационной способности эксплантов сортов смородины на этапе пролиферации различался (таблица 17).

Таблица 17 – Регенерационная способность микрорастений сортов смородины красной при ранневесеннем периоде введения в культуру на среде MS+0,5 мг/л БАП (2023-2024 гг.)

Сорт	Исходное количество микрорастений, шт.	Количество регенерированных микрорастений, шт.	Коэффициент размножения, шт./экспл.	Количество образовавшихся микрорастений, шт.	% микропобегов, пригодных для укоренения и адаптации
Подарок лета	100,00	43,45	1,97	84,71	36,59
Englische Grosse Weisse	100,00	65,30	2,00	130,6	16,10
Red Lake	100,00	51,25	1,89	96,86	29,94

При использовании конгломератов повышался процент регенерационной способности на этапах пролиферации, а также

коэффициент размножения, что обеспечивало ускорение процессов размножения и сокращение рабочего времени, а также снижались затраты производства (Матушкин, 2020). Расчёты экономической эффективности проводились в соответствии с данными, представленными отделом экономики и планирования ФГБНУ ВНИИСПК. Наименьшие биотехнологические расходы на этапах микроразмножения связаны с затратами на реактивы (компоненты питательной среды). Большая доля затрат приходится на заработную плату, отчисления на заработную плату и накладные расходы (61,32%), а также на амортизационные отчисления и коммунальные услуги (34,11%). Себестоимость выращивания одного укорененного микропобега при их максимальном проценте выхода составляет 456,42 руб. Стоимость при реализации одного укорененного оздоровленного микрорастения *in vitro* составляет 600,00 руб. (таблица 18). Производство оздоровленного посадочного материала в лаборатории достаточно дорогостоящее, тем не менее эти затраты могут достаточно быстро окупаться за счет сокращения времени на получение большой партии оздоровленных укорененных микрорастений.

Таблица 18 – Производственные затраты на получение укорененных микрорастений смородины красной на этапе *in vitro* (из расчета 100 шт., цены 2025 г.)

Наименование расходов	Производственные затраты
1	2
Заработная плата биотехнолога (по видам работ), руб.	13189,57
Отчисление на заработную плату (43%), руб.	5671,52
Затраты на реактивы, руб.	724,37
Затраты на оборудование, руб.	4591,85
Амортизация оборудования, руб.	1356,55
Коммунальные услуги (электроэнергия, вода), руб.	10979,76
Итого прямых затрат, руб.	36513,61

## Продолжение таблицы 18

1	2
Накладные затраты (25%), руб.	9128,40
Всего затрат, руб.	45642,02
Себестоимость, руб.	456,42
Цена реализации, руб./шт.	600, 00
Выручка, руб.	60000,00
Прибыль, руб.	14357,98
Рентабельность, %	31,46

Дальнейшие производственные затраты связаны с адаптацией пробирочных растений к частично нестерильным условиям. Основная статья расхода также связана с заработной платой, отчислениями и накладными затратами (79,54 %) (таблица 19).

Таблица 19 – Производственные затраты на получение адаптированного оздоровленного посадочного материала «высших категорий качества» (из расчета 100 шт., цены 2025 г.)

Наименование расходов	Производственные затраты
Заработная плата инженера (по видам работ), руб.	50000,00
Отчисления на заработную плату (43%), руб.	21500, 00
Затраты на реактивы, руб.	7349,00
Затраты на оборудование, руб.	1676,55
Амортизация оборудования	10954,63
Коммунальные услуги (электроэнергия, вода), руб.	4591,37
Итого прямых затрат, руб.	96071,55
Накладные затраты (25%), руб.	24017,89
Всего затрат, руб.	120089,40
Себестоимость, руб.	1200,89
Цена реализации, руб./шт.	1600,00
Выручка, руб.	160000,00
Прибыль, руб.	39910,56
Рентабельность, %	33,23

Снижение затрат при адаптации пробирочных растений в климатической камере связаны с элементами энергосберегающих технологий (светодиодное освещение, двухфазные тарифы потребления электроэнергии), дозированным количеством подачи воды на одно растение (25 мл), сокращением времени на адаптацию, а также высоким процентом выхода адаптированных растений.

В настоящее время технология микроклонального размножения в масштабах производства для ягодных культур за рубежом является основным способом получения посадочного материала, однако, для смородины красной эта технология не может конкурировать с традиционными методами размножения. Общие затраты на получение растительного материала сортов смородины красной методом зеленого черенкования (4229,57 руб/100 саж.<sup>1</sup>), достаточно длительный период размножения (2-3 года), низкий процент выхода укорененных саженцев (30-40%), отвечающим требованиям ГОСТ Р 59653-2021 для посадочного материала окупаются за счет низкой стоимости растений (1 сорт-100р./саж.<sup>1</sup>) и большого количества саженцев при реализации. Однако, полученные таким методом растения не относятся к саженцам «высших категорий качества» и не могут быть использованы для закладки базисных маточников.

Экономическая эффективность использования технологии микроклонального размножения на этапах пролиферации и адаптации микрорастений смородины красной к условиям *ex vitro* может быть достигнута за счет высокого процента выхода оздоровленного, чистосортного, адаптированного посадочного и селекционного материала, сокращения сроков на адаптацию (до 28 дней) и получения исходных растений «высших категорий...» для базисных маточников в перспективе дальнейшего использования таких маточников для производства посадочного

---

<sup>1</sup> - по данным ФГБНУ ВНИИСПК, 2025г.

материала категории «Сертифицированный» и для закладки маточников категории «Сертифицированные».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Оптимизированы элементы технологии размножения исходного материала для селекции смородины красной в культуре *in vitro* и определена роль спектрального освещения в адаптации микрорастений к условно нестерильным условиям.

2. Введение в культуру *in vitro* в период вынужденного покоя смородины красной увеличивает процент получения жизнеспособных эксплантов, снижает распространение инфекционного заражения и некроза. Введение в период активного роста побегов малоэффективно в связи с интенсивным развитием сапрофитной микрофлоры и слабым морфогенезом растений.

3. Лучший эффект для дезинфекции растительного материала смородины красной получен при использовании 0,1%  $\text{AgNO}_3$  с временем воздействия 5 мин. в сравнении с 0,1%  $\text{HgCl}_2$  в течение 10 мин. Воздействие 0,1%  $\text{AgNO}_3$  увеличивает количество оздоровленных эксплантов до 91,70%. Применение в течение 10 мин. стерилизатора 0,01%  $\text{C}_9\text{H}_9\text{HgNaO}_2\text{S}$  снижает образование некроза и увеличивает процент инфекционного заражения микрорастений. Использование экологически безопасного стерилизатора 12%  $\text{H}_2\text{O}_2$  на протяжении 5 мин. недостаточно эффективно для получения большого количества оздоровленных эксплантов.

4. Избирательность сорта к компонентному содержанию минеральных сред MS, QL, LF определяется процентом приживаемости, показателем морфогенеза, коэффициентом размножения микрорастений и ризогенезом. Протоколы для микроклонального размножения по прописи MS с повышенным в 2 раза содержанием хелата железа и добавлением БАП в концентрации от 0,2 до 0,8 мг/л обеспечивают получение морфометрически развитых микрорастений смородины красной для перехода на этап укоренения.

5. Значительному повышению количества, суммарной длины корней, а также процента ризогенеза при микроклональном размножении на среде MS способствует добавление 0,5 мг/л ИМК, а также совместное использование на той же среде 0,5 мг/л ИМК и 0,5 мг/л ИУК.

6. В условиях закрытых искусственных агроэкосистем СД-БКУФ-А спектр освещения увеличивает рост микрорастений, накопление фотосинтетических пигментов (хлорофилл *a*, хлорофилл *b*, суммы хлорофиллов *a+b*), улучшает физиологическое состояние растений, что подтверждается высокими значениями вегетационного индекса NDVI, сокращает до 28 суток время получения оздоровленных, адаптированных растений «высших категорий качества». СД-БК с низким значением зеленого и отсутствием УФ-спектров замедляет ростовые процессы и приводит к получению компактных растений.

7. Модифицированная питательная среда, низкие концентрации БАП, введение в среду регуляторов роста ауксиновой природы повышают значения коэффициента размножения и обеспечивают значительное увеличение количества микропобегов, а также сокращение времени получения оздоровленного чистосортного материала, что соответствует рентабельности производства в 31,46%. Применение спектрального освещения, как энергосберегающей технологии, на этапе адаптации микрорастений к нестерильным условиям увеличивает процент выхода исходных растений «высших категорий качества» и обеспечивает рентабельность на уровне 33,23%.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА

1. Для ускоренного размножения селекционного материала смородины красной использовать усовершенствованный протокол микрклонального размножения (приложение Д). Введение в культуру проводить в ранневесенний период, использовать в качестве стерилизатора 0,2% раствор  $\text{AgNO}_3$ , питательную среду MS с увеличенным в 2 раза содержанием хелата железа ( $\text{C}_{14}\text{H}_{19}\text{FeN}_3\text{NaO}_{10}$ ) и регулятором роста  $\leq 0,8\text{мг/л}$  БАП (6-бензиламинопурин). Более интенсивный ризогенез можно получить на среде MS с добавлением 0,5 мг/л ИМК.

2. Для снижения гибели микрорастений и повышения процента приживаемости на этапе их перевода из условий *in vitro* в *ex vitro* использовать климатические камеры с регулируемыми параметрами.

3. Для повышения количества адаптированных исходных растений смородины красной «высших категорий качества» и сокращения времени его получения использовать комбинированное спектральное освещение Ультрафиолет (диапазон А): Синий: Зеленый: Красный: Дальне-красный в соотношении 1УФ:13С:333:49К:4ДК.

4. Для мониторинга физиологического состояния и диагностики адаптивности селекционных образцов смородины красной к нестерильным условиям (*ex vitro*) использовать показатель вегетационного индекса (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI).

5. Для закладки базисных и сертифицированных маточников использовать адаптированный, чистосортный растительный материал смородины красной «высших категорий качества», полученный в культуре *in vitro*.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- MS**– Питательная среда по прописи Murashige and Skoog (1962)
- QL**– Питательная среда по прописи Quoirin and Lepoivre (1977)
- LF**– Питательная среда по прописи Lee and de Fossard (1977)
- DKW** – Питательная среда по прописи Driver and Kuniyuki (1984)
- WPM** – Питательная среда по прописи Lloyd and McCown (1981)
- B-5** – Питательная среда по прописи Gamborg (1968)
- БАП** – Регулятор роста 6-бензиламинопурин
- ГК**– Гиббереллиновая кислота
- ИМК**– Индолил-3-масляная кислота
- ИУК**– Индол-3-уксусная кислота
- R<sub>0</sub>-R<sub>2</sub>** – пассаж культивированных растений в культуре *in vitro*
- СД-Б** – Белый свет светодиодов
- СД-БКУФ-А** – Светодиоды белого света с усиленными красным и ультрафиолетовым (диапазон А) спектрами
- СД-БК**– Белый свет и усиленный красный спектр светодиодов
- УФ:С:З:К:ДК** – соотношение ультрафиолетового, синего, зеленого, красного, дальне-красного зон спектра светодиодов
- Chl a** – хлорофилл *a*
- Chl b** – хлорофилл *b*
- Chl a+b** – сумма хлорофилла *a* и хлорофилла *b*
- Scar** – каротиноиды
- NDVI** – Вегетационный индекс (Normalized Difference Vegetation Index)
- T-тест** –Критерий Тьюки (Tukey test)
- in vitro** – выращивание растений в искусственных условиях (в стекле)
- ex vitro** – адаптация растений, полученных *in vitro*, к нестерильным условиям
- a, b, c** – Разные латинские буквы в таблицах и рисунках означают достоверную разницу по изучаемому признаку согласно *T*-критерию при  $p < 0,05$  уровне значимости

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТИЦИИ

### Статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ

1. **Ryago N.V.** Features of micro clone reproduction of some currant representatives of the genus *Ribes* spp.: review / **N.V. Ryago** // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2023. – Vol. 23(10). – P. 69-80. – DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-10-69-80
2. **Ряго Н.В.** Регенерационная способность генотипов подрода *Ribesia* Berl. в культуре *in vitro* / **Н.В. Ряго**, О. В. Панфилова // Аграрный вестник Урала. – 2024. – № 24(10). – С. 1345-1358. – DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-10-1345-1358
3. **Ряго Н.В.** Оптимизация элементов методики микроклонального размножения смородины красной (*Ribes rubrum* L.) с учетом генотипических особенностей. / **Н.В. Ряго**, Т.М. Хромова, Л.В. Ташматова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2025. – №1. – С. 24-29. – DOI: 10.31857/S2500208225010057

### Статьи в изданиях, индексируемых международными базами данных Web of Science (Q1), Scopus (Q1), а также K1 «Белого списка»

4. **Ryago, N.** Optimizing Microclonal Propagation of Red Currant Cultivars: The Role of Nutrient Media, Sterilizers, and LED Lighting in Plant Adaptation. / О. Panfilova, **N. Ryago**, G. Ondrasek, I.V. Knyazeva, I. Kahramanoğlu, O. Vershinina, M. Tsoy, A.Y. Izmailov, A.S. Dorokhov // Horticulturae. – 2025 – № 11. – P. 149. – DOI: 10.3390/horticulturae11020149

### Статьи в журналах конференций

5. **Ряго Н.В.** Влияние состава питательных сред на приживаемость эксплантов смородины красной на этапе введения в культуру *in vitro* / **Н. В. Ряго**, Л. В. Ташматова // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2022. – № 9(1). – С. 90-96. – DOI: 10.24411/25000454\_2022\_0117
6. **Ryago N. V.** The Influence of the composition of nutrient media on the regenerative capacity of red currant varieties at the stage of introduction into

the culture *in vitro* / **N.V. Ryago** // Наука без границ и языковых барьеров: материалы Всероссийская науч.-практ. конф. ученых, 2–3 июня 2022 г. Орел, 2022. – Р. 332-337.

7. **Ряго Н.В.** Оценка эффективности стерилизующих агентов на этапе введения сортов смородины красной в культуру *in vitro* / **Н.В. Ряго**, Л. В. Ташматова // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2023. – № 10(1). – С. 98-105.

8. **Ряго Н.В.** Оптимизация биотехнологических методов на первых этапах культивирования смородины красной в культуре *in vitro* / **Н.В. Ряго** // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки: материалы IX международной науч. конф. ученых, 23–27 сентября 2024 г. Симферополь, 2024. С. 70-71. – DOI: 10.5281/zenodo.13911206

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов, М. Ю. Нутриентный состав ягод перспективных сортов и элитных сеянцев представителей рода *Ribes* L. / М. Ю. Акимов, Е. В. Жбанова, Т. В. Жидехина, А. М. Миронов, О. С. Родюкова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2024. – Т. 185. – № 2. – С. 25-37. – DOI: 10.30901/2227-8834-2024-2-25-37
2. Аладина, О. Н. Оптимизация технологии зеленого черенкования садовых растений / О. Н. Аладина // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С. 5-22.
3. Алексеенко, Л. В. Влияние спектрального состава света на процесс ризогенеза у эксплантов земляники нейтральнодневных и ремонтантных сортов / Л. В. Алексеенко, В. А. Высоцкий // Плодоводство и ягодоводство России. – 2000. – Т. 7. – С. 73-81.
4. Аникина, И. Н. Преодоление микроорганизмов-контаминантов в культуре растительных тканей *in vitro* / И. Н. Аникина, Ж. А. Адамжанова, А. Н. Камарова, А. А. Кусаинов // Биологические науки Казахстана. – 2020. – № 4. – С. 133-143.
5. Атрощенко, Г. П. Оценка сортов смородины красной для селекции и практики на Северо-Западе РФ / Г. П. Атрощенко, Т. А. Голод // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1 (54). – С. 11-15. – DOI: 10.24411/2078-1318-2019-11011
6. Балашова, С. А. Внедрение инновационных технологий в производстве ягод смородины / С. А. Балашова, А. А. Алаев // Актуальные вопросы экономики, финансов и бухгалтерского учета в сельском хозяйстве: материалы нац. межвузовской научно-практической конф. студентов, аспирантов и молодых ученых / Российский гос. аграрный заочный ун-т. – Балашиха, 2021. – С. 33-38.
7. Баранчикова, С. Г. Экономическая эффективность технических решений: учебное пособие / С. Г. Баранчикова, Т. Е. Дашкова, И. В. Ершова,

Н. Е. Калинина, А. В. Ключев, О. С. Норкина, Л. М. Типнер, Е. В. Черепанова, В. А. Шабалина; под общ. ред. И. В. Ершовой. – Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2016. – 140 с. – ISBN 978-5-7996-1835-3.

8. Батукаев, М. С. Влияние регуляторов роста на рост и развитие эксплантов винограда и плодовых культур *in vitro* / М. С. Батукаев, Д. О. Палаева, А. А. Батукаев // Проблемы развития АПК региона. – 2021. – № 2(46). – С. 17-22. – DOI: 10.52671/20790996\_2021\_2\_17

9. Баянова, Л. В. Селекция красной смородины / Л. В. Баянова, В. С. Ильин // В книге: Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е.Н. Седова. – Орел: ВНИИСПК, 1995. – С. 341-350.

10. Беловолова, А. А. Физиология растений: учебное пособие / А. А. Беловолова, Н. В. Громова, Е. В. Голосной, А. Н., Есаулко, О. Ю. Лобанкова, Ю. И. Гречишкина, С. А. Коростылев, М. С. Сигида, В. В. Агеев, Е. А. Устименко, А. Ю. Ожередова, А. И. Подколзин, В. Г. Сычѐв, А. В. Воскобойников, Ф. В. Ерошенко, А. Ю. Олейников, А. О. Кравченко, Д. Е. Галда – Ставрополь: Изд-во "АГРУС" Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2019. – 80 с. – ISBN 978-5-9596-1613-7.

11. Беседина, Е. Н. Усовершенствования технологии клонального микроразмножения подвоев яблони на этапе введения в культуру *in vitro* / Е. Н. Беседина, Л. Л. Бунцевич // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 111. – С. 1716-1734.

12. Бехтер, А. А. Влияние стерилизаторов на этапе введения в культуру *in vitro* эксплантов земляники садовой / А. А. Бехтер, В. В. Суров // А43 Актуальные проблемы и векторы развития сельскохозяйственного производства в современных условиях: сб. науч. тр. / ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА – Вологда-Молочное, 2024. – С. 3-7.

13. Бжецева, Н. Р. Биологические особенности рода *Ribts* L. / Н. Р. Бжецева, Н. А. Трушева, С. М. Тюльпарова // Инженерная биология в

современном мире: сб. материалов, Майкоп, 19 дек. 2019 г. / Майкопский гос. технологический ун-т – Майкоп: Изд-во "Магарин О. Г.", 2019. – С. 37-43.

14. Битюцкий, Н. П. Минеральное питание растений: учебник / Н. П. Битюцкий. – 2-е изд. — СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2020. — 540 с.

15. Бободжанова, Х. И. Анализ регенерационной способности эксплантов винограда в зависимости от времени введения в культуру *in vitro* и типа экспланта / Х. И. Бободжанова, Н. В. Кухарчик // Плодоводство. – 2020. – Т. 32. – № 1. – С. 177-182.

16. Болвелл, Г. П. Биотехнология растений: культура клеток / Болвелл, Г. П., Вуд, К. Р., Гонзалес, Р. А.; перевод с англ. В. И. Негрука; под ред. и с предисл. Р. Г. Бутенко. – М.: Агропромиздат, 1989г. – 280 с.

17. Бунцевич, Л. Л. Исследование эффективности антибиотиков и стерилизаторов нового поколения для подавления бактериальной и грибной контаминации среды и эксплантов / Л. Л. Бунцевич, Е. Н. Палецкая, М. А. Костюк, Н. И. Медведева // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2012. – № 16(4). – С. 44-53.

18. Бьядовский, И. А. Влияние спектрального состава света на развитие клоновых подвоев семечковых культур при микроразмножении / И. А. Бьядовский, М. Т. Упадышев, Е. Н. Беседина // Плодоводство и ягодоводство России. – 2014. – Т. 38. – № 1. – С. 67-73.

19. Ван-Ункан, Н. Ю. Регенерация растений колонновидных слаборослых генотипов яблони из эксплантов различного происхождения: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Ван-Ункан Надежда Юрьевна. – Мичуринск, 2014. – 132 с.

20. Вержук, В. Г. Оценка регенерационной способности образцов винограда (*Vitis vinifera* L.) и красной смородины (*Ribes rubrum* L.) в культуре *in vitro* для создания криоколлекции ВИР / В. Г. Вержук, М. В. Ерастенкова, А. А. Хохленко, М. М. Агаханов, Е. Н. Кислин, Ю. В. Ухатова //

"Магарач". Виноградарство и виноделие. – 2022. – Т. 24. – № 3. – С. 214-218.  
– DOI: 10.34919/ИМ.2022.24.3.003

21. Вечернина, Н. А. Биотехнологические методы сохранения и изменения геномов садовых растений / Н. А. Вечернина, Т. В. Плаксина, Л. И. Тихомирова // Программа работ селекцентра Научно-исследовательского ин-та садоводства Сибири им. М. А. Лисавенко до 2030 г. – Новосибирск: ГНУ НИИСС Россельхозакадемии, 2011. – Т. 3. – С. 51-56.

22. Войнов, Н. А. Современные проблемы и методы биотехнологии: учебное пособие / Н. А. Войнов, Т. Г. Волова, Н. В. Зобова. – Красноярск: ИПУ СФУ, 2009. – 418 с.

23. Высоцкий, В. А. Появление уклоняющихся форм в процессе клонального микроразмножения растений / В. А. Высоцкий // The Biology of Plant Cells In vitro and Biotechnology: VIII международной конф., Саратов, 9–13 сент., 2003 г. / Ин-т физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН – Саратов, 2003. – С. 357.

24. Высоцкий, В.А. Биотехнологические методы в системе производства оздоровленного посадочного материала и селекции плодовых и ягодных растений: дис. ... д-ра с.-х. наук: 03.00.12 / Высоцкий Валерий Александрович. – М., 1998. – 321 с.

25. Гавриленко, В. Ф. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез, дыхание / В. Ф. Гавриленко, М. Е. Ладыгина, Л. М. Хандобина. – М.: Высш. школа, 1975. – 392 с.

26. Гаврилова, О. А. Строение спородермы и систематика рода *Ribes* L. (*Grossulariaceae*) / О. А. Гаврилова, О. А. Тихонова, А. Н. Иванова, О. В. Костина // Систематика и эволюционная морфология растений : материалы конф., посвящ. 85-летию со дня рождения В. Н. Тихомирова, Москва, 31 янв. – 03 февр. 2017 г. / Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – М.: ООО "МАКС Пресс", 2017. – С. 141-145.

27. Генетические основы селекции. В 4 т. Т. 3. Биотехнология в селекции растений. Клеточная инженерия / Под ред. А. В. Кильчевского, Л. В. Хотылевой. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 489 с.

28. Голяева, О. Д. Оценка сортов смородины красной по продуктивности и товарным качествам / О. Д. Голяева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2024. – Т. 25. – № 3. – С. 379-387. – DOI 10.30766/2072-9081.2024.25.3.379-387

29. Голяева, О. Д. Результаты селекции смородины красной во ВНИИ селекции плодовых культур / О. Д. Голяева // Современное состояние культур смородины и крыжовника: сб. науч. тр. / Рос. акад. с.-х. наук, Всероссийский научно-исследовательский ин-т садоводства им. И. В. Мичурина. – Мичуринск: Всероссийский научно-исследовательский ин-т садоводства им. И. В. Мичурина, 2007. – С. 32-35.

30. Горбунов, И. В. Современное состояние систематики рода *Ribes* L. / И. В. Горбунов // Известия ОГАУ. – 2012. – Т. 5. – № 37-1. – С. 246-248.

31. Горохова, О. Г. Влияние агрофона на продуктивность и качество ягод смородины красной, произрастающей на мерзлотной почве / О. Г. Горохова, А. П. Чевычелов, С. М. Сабарайкина // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. – 2014. – № 2 (74). – С. 27-32.

32. ГОСТ Р 59653–2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Материал посадочный плодовых и ягодных культур. Технические условия. – М.: Рос. ин-т стандартизации, 2021. – 65 с.

33. Гранда, Х. Р. К. Идентификация В вируса хризантем и создание коллекций *in vitro* оздоровленного посадочного материала: автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.23 / Гранда Харамильо Роберто Карлос. – Москва, 2009. – 17 с.

34. Гудь, Л. А. Влияние света разного спектрального диапазона на морфогенез ежевики и малины *in vitro* / Л. А. Гудь, Е. А. Калашникова, И. Г.

Тараканов // Лесохозяйственная информация. – 2019. – № 2. – С. 97-102. – DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2019.2.09

35. Гурин, А. Г. Прогнозирование продолжительности механизированной уборки черной смородины / А. Г. Гурин // Садоводство и виноградарство. – 2000. – № 3. – С. 13-15.

36. Деменко, В. И. Укоренение – ключевой этап размножения растений *in vitro* / В. И. Деменко, В. Г. Лебедев, К. А. Шестибратов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 1. – С. 73-85.

37. Джигадло, Е. Н. Методические рекомендации по использованию биотехнологических методов в работе с плодовыми, ягодными и декоративными культурами: методические рекомендации / Е. Н. Джигадло, М. И. Джигадло, Л. В. Гольшкина. – Орел : ВНИИСПК, 2005. – 51 с.

38. Дорошенко, Н. П. Совместное применение антибиотиков гентамицин и цефотаксим при культивировании винограда *in vitro* / Н. П. Дорошенко, Т. В. Жукова // Русский виноград. – 2015. – Т. 1. – С. 67-71.

39. Доспехов, Б. А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1972. – 207 с.

40. Дубровский, М. Л. Оценка цитотоксического действия амитотиков на вегетативные клетки смородины / М. Л. Дубровский // Селекция и сорторазведение садовых культур : материалы международной научно-практической конф., посвящ. 170-летию ВНИИСПК, Орёл, 02–05 июня 2015 г. / Всероссийский научно-исследовательский ин-т селекции плодовых культур – Орёл: ВНИИСПК, 2015. – Т. 2. – С. 59-62.

41. Дулов, М. И. Биохимический состав ягод и производство смородины черной и красной в странах Евросоюза / М. И. Дулов // Актуальные вопросы и векторы развития современной науки и технологий. – 2022. – С. 367-397.

42. Дулов, М. И. Глава 13. Биохимический состав и производство плодов смородины в странах мира / М. И. Дулов // Инновационное развитие науки: фундаментальные и прикладные проблемы: монография. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2022. – С. 260-286.

43. Дунаева, Е. Н. Испытание приживаемости растений, размножаемых одревесневшими черенками, в условиях открытого грунта Ботанического сада НИУ «БелГУ» / Е. Н. Дунаева, А. В. Дунаев, Г. П. Половнева, Л. В. Девяткина // Региональные геосистемы. – 2016. – Т. 35. – № 11 (232). – С. 29-34.

44. Дунаева, С. Е. Влияние сроков отбора почек и метеорологических факторов на результативность введения образцов смородины черной в культуру *in vitro* / С. Е. Дунаева, О. А. Тихонова, Л. Л. Малышев, Т. А. Гавриленко // Биотехнология и селекция растений. – 2024. – Т. 7. – № 4. – С. 92-104. – DOI: 10.30901/2658-6266-2024-4-01

45. Дышко В. Н. Клеточная и тканевая биотехнология в растениеводстве: курс лекций для аспирантов // Смоленск: ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА». – 2014. – 69 с.

46. Евсеева, Р. П. К вопросу о применении сочетаний фиторегуляторов в культуре тканей плодовых растений / Р. П. Евсеева // Регуляторы роста и развития растений в биотехнологии: материалы международной конф., 26-28 июня 2001 г. / М., 2001. – Т. 6. – С. 26-28.

47. Елизаров, С. Л. Эффективность субстратов в технологии зеленого черенкования ягодных культур (обзор) / С. Л. Елизаров // Инновационные тенденции развития российской науки. – 2021. – С. 101-104.

48. Еременко, А. И. Цифровизация агротехники выращивания растений / А. И. Еременко, Н. А. Бородина // Научные основы развития АПК: сб. науч. тр. / Новосибирский гос. аграрный ун-т – Новосибирск, 2021. – С. 40-42.

49. Еремин, Г. В. Размножение клоновых подвоев персика / Г. В. Еремин, В. Г. Еремин // Научный журнал КубГАУ. – 2010. – № 62. – С. 399-408.
50. Желтова, А. А. Использование солей и наночастиц серебра для поверхностной стерилизации семян ячменя перед проращиванием *in vitro* / А. А. Желтова, А. С. Попова, В. Г. Зайцев // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 4 (119). – С. 94-100. – DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.014.94-100
51. Зазулин, А. Г. Оценка сортов смородины красной по хозяйственно ценным признакам / А. Г. Зазулин // Плодоводство. – 2022. – Т. 34. – № 1. – С. 95-101. – DOI: 10.47612/0134-9759-2022-34-95-101
52. Заяц, В. С. Применение микроклонального размножения растений в условиях ЭкоКосмоДома / В. С. Заяц, И. В. Налетов // Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты: сб. материалов V международной научно-технической конф. / Минск : ЗАО «Струнные технологии», 2022. – № 1. – С. 92–95.
53. Зейналов, А. С. Принципы фитосанитарного контроля опасных фитофагов ягодных культур при производстве посадочного материала / А. С. Зейналов, К. В. Метлицкая, Т. Н. Чурилина // Плодоводство и ягодоводство России. – 2018. – Т. 54. – С. 272-277. – DOI: 10.31676/2073-4948-2018-54-272-277
54. Змушко, А. А. Период покоя сельскохозяйственных растений / А. А. Змушко // Плодоводство: сб. науч. тр. / РУП "Институт плододства". – Минск, 2021. – Т. 33. – С. 246-252. – DOI: 10.47612/0134-9759-2021-33-246-252
55. Зонтиков, Д. Н. Влияние состава питательных сред и регуляторов роста при клональном микроразмножении некоторых хозяйственно ценных представителей рода *Rubus* L. / Д. Н. Зонтиков, С. А. Зонтикова, К. В. Малахова // Агрехимия. – 2021. – № 6. – С. 36-42. – DOI: 10.31857/S0002188121060144

56. Зуева, А. Н. Фенологические ритмы сезонного развития *Ribes nigrum* L., *Ribes aureum* P., *Ribes rubrum* L. в условиях Брянской области / А. Н. Зуева // Актуальные вопросы техники, науки, технологии : сб. науч. тр. / Брянский гос. инженерно-технологический ун-т. – Брянск, 2021. – С. 56-58.
57. Иванова, Н. Н. Методические основы клонального микроразмножения некоторых декоративных культур / Н. Н. Иванова, И. В. Митрофанова, О. В. Митрофанова // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2014. – №138. – С. 57-101.
58. Ильин, В. С. Результаты селекции смородины красной на Южном Урале / В. С. Ильин // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3. – С. 107-113.
59. Ишмуратова, М. М. Размножение сортов смородины черной (*Ribes nigrum* L.) башкирской селекции в культуре *in vitro* / М. М. Ишмуратова, Л. А. Головина // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». – 2017. – Т. 27. – № 4. – С. 455-461.
60. Ишмуратова, М. М. Сохранение в культуре *in vitro* винограда, выращиваемого в Узбекистане / М. М. Ишмуратова, У. Н. Усанов, Ш. Т. Пардабаев, О. Т. Болтаев // Устойчивое развитие территорий: теория и практика: материалы IX Всероссийской научно-практической конф., Сибай, 24-26 мая 2018 г. / Академия наук Республики Башкортостан [и др.] – Сибай, 2018. – С. 192-194.
61. Калашникова, Е. А. Влияние спектрального состава света на морфофизиологические показатели микроклонов малины и ежевики *in vitro* / Е. А. Калашникова, Л. А. Гудь, А. А. Анисимов, Р. Н. Киракосян, А. Василев, И. Г. Тараканов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 54-63. – DOI: 10.26897/0021-342X-2020-2-54-63
62. Калуцкова, Н. Н. Орловская область [Электронный ресурс] / Н. Н. Калуцкова, М. Д. Горячко, А. М. Воронцов А. С. Минаков, А. Н. Прокинова, П. С. Павлинов, Н. Н. Калуцкова, М. Д. Горячко, А. М. Воронцов, А. С.

Минаков, А. Н. Прокинова, В. В. Селевёрстов, П. С. Павлинов / Большая российская энциклопедия. – 2021. – Режим доступа: <https://old.bigenc.ru/geography/text/5773427>

63. Камбарова, А. Получение асептически чистой культуры смородины Мейера для введения в культуру *in vitro* / А. Камбарова, Р. К. Карипбаева, А. С. Бахтаулова // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2020. – Т. 7. – № 1-2. – С. 80-82. – DOI: 10.24411/2500-0454-2020-11220

64. Канаев, А. Т. Применение способа микроклонального размножения смородины Мейера в Казахстане / А. Т. Канаев, А. Камбарова, Р. Сатымбеков, Р. К. Карипбаева // Устойчивое развитие территорий: теория и практика: материалы X Всероссийской научно-практической конф. С международным участием, Сибай, 14-16 нояб. 2019 г. – Т. 2. – С. 131-133.

65. Карпеченко, К. А. Введение в культуру *in vitro* кизильника Даммера (*Cotoneaster Dammerii* С.К. Schneid) / К. А. Карпеченко, О. А. Землянухина, Е. В. Моисеева, Т. В. Баранова, В. Н. Калаев, В. Н. Вепринцев, Н. А. Карпеченко, И. Ю. Карпеченко, А. М. Кондратьева // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 6-2. – С. 329-332.

66. Катаева, Н. В. Клональное микроразмножение растений / Н.В. Катаева, Р. Г. Бутенко. – М.: Наука, 1983. – 96 с.

67. Клименко, В.П. Создание посадочного материала винограда высоких биологических категорий качества на основе использования современных агробιοтехнологий / В. П. Клименко, И. А. Павлова // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2018. – Т. 20. – № 4 (106). – С. 34-36.

68. Клюкина, А. В. Изучение потребности сортов плодовых культур в температурном режиме прохождения фаз их развития (на примере сортов груши) / А. В. Клюкина, И. А. Драгавцева, Р. А. Оплачко // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2024. – № 89(5). – С. 49-58. – DOI: 10.30679/2219-5335-2024-5-89-49-58

69. Князев, С. Производство оздоровленного посадочного материала ягодных и малораспространённых культур: монография / С. Князев, О. Голяева, Г. Жук, В. Джафарова, А. Андрианова. – Орел: ВНИИСПК, 2012. – 240 с.
70. Князева, И. В. Влияние светодиодного освещения на адаптацию растений-регенерантов мяты водной в климатической / И. В. Князева, Е. А. Калашникова, Д. Р. Илюшин, О. В. Вершинина // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2023. – № 10 (199). – С. 41-47. – DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-41-47
71. Князева, И. В. Особенности развития эксплантов ягодных растений на этапе введения в культуру *in vitro* / И. В. Князева // Научный альманах. – 2015. – № 10-3(12). – С. 400-403.
72. Кобринец, Т. П. Влияние спектрального состава света на развитие растений сливы на этапе адаптации *ex vitro* / Т. П. Кобринец, Е. В. Поух, О. С. Иванова // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / М-во сельского хоз-ва и продовольствия Республики Беларусь, УО "Гродненский государственный аграрный университет". – Гродно: ГГАУ, 2023. - Т. 62. – С. 108-114.
73. Колбанова, Е. В. Подбор минерального и гормонального состава питательной среды для культивирования сортов крыжовника в культуре *in vitro* / Е. В. Колбанова // Плодоводство. – 2013. Т. 25. – № 1. – С. 284-294.
74. Колпаков, Н. А. Совершенствование технологии стерилизации эксплантов малины и ускорение морфогенеза в культуре *in vitro* / Н. А. Колпаков, К. С. Суслова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 2 (232). – С. 32-40. – DOI: 10.53083/1996-4277-2024-232-2-32-40
75. Кондратьева, Н. П. Эффективность микропроцессорной системы автоматического управления работой светодиодных облучательных установок / Н. П. Кондратьева, Р. И. Корепанов, И. Р. Ильясов, Р. Г.

Большин, М. Г. Краснолуцкая, Е. Н. Сомова, М. Г. Маркова // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2018. Т. 12. – № 3. – С. 32-37. – DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-3-32-37

76. Кондратьева, О. В. Развитие питомниководства - необходимое звено в производстве плодов и ягод / О. В. Кондратьева, А. Д. Федоров // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы XII Международной научно-практической интернет-конф., Правдинский, 08-10 июня 2020 г. / Росинформагротех – Правдинский, 2020. – С. 63-66.

77. Кондрацкая, И. П. Создание межродовых и межвидовых гибридов злаковых трав с использованием постгеномных технологий (*in vitro*, культура клеток и тканей) / И. П. Кондрацкая, В. А. Столепченко, П. П. Васько, Т. В. Мазур, О. В. Чижик // Биотехнология: достижения и перспективы развития: сб. материалов II международной научно-практической конф., Пинск, 07-08 дек. 2017 г. / Полесский гос. ун-т – Пинск, 2017. – С. 20-22.

78. Концевая, И. И. Эффект антибиотиков на регенерацию в культуре тканей карельской березы / И. И. Концевая, М. П. Цубер, И. В. Вуевская // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. / Национальная академия наук Беларуси, Институт леса. – Гомель: Институт леса Национальной академии наук Беларуси, 2016. – Т. 76. – С. 186-193.

79. Красова, Н. Г. Биоресурсная коллекция яблони ВНИИСПК формирование, изучение, использование / Н. Г. Красова. – Орёл: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 2024. – 256 с.

80. Красинская, Т. А. Адаптационный процесс растений-регенерантов, выращенных в культуре *in vitro*, в условиях *ex vitro* и способы его улучшения / Т. А. Красинская, Н. В. Кухарчик, М. С. Кастрицкая // Плодоводство. – 2010. – Т. 22. – № 1. – С. 309-320.

81. Красноштан, Т. В. Экспозиция стерилизации и подбор стерилизатора для введения микрочеренков смородины золотистой (*Ribes aureum* Pursh.) *in vitro* / Т. В. Красноштан // Агробіологія. – 2013. – № 10. – С. 136-139.
82. Крахмалева, И. Л. Особенности размножения сортов крыжовника в культуре *in vitro* / И. Л. Крахмалева, О. И. Молканова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2020. – Т. 62. – С. 105-114. – DOI: 10.31676/2073-4948-2020-62-105-114
83. Кузнецова, Н. В. Особенности введения первичных эксплантов четырех сортов черешни (*Prunus avium* L.) в условия *in vitro* / Н. В. Кузнецова // Теоретические и прикладные аспекты биохимии и биотехнологии растений: сб. науч. тр. / Белорусский государственный университет. – Минск, 2008. – С. 265-268.
84. Куликова, Е. И. Особенности культивирования российских и зарубежных сортов жимолости съедобной (*Lonicera edulis* Turcz.) *in vitro* / Е. И. Куликова, С. С. Макаров, И. Б. Кузнецова, А. И. Чудецкий // Техника и технология пищевых производств. – 2021. – Т. 51. – № 4. – С. 712-722. – DOI: 10.21603/2074-9414-2021-4-712-722.
85. Куликов, И. М. Научно-методические основы индустриальной агротехнологии производства сертифицированного посадочного материала плодовых и ягодных культур в Российской Федерации / И. М. Куликов, А. И. Завражнов, М. Т. Упадышев, А. А. Борисова, Т. А. Тумаева // Садоводство и виноградарство. – 2018. – № 1. – С. 31-35. – DOI: 10.25556/VSTISP.2018.1.10500
86. Кутас, Е. Н. Влияние стерилизующих соединений на выход жизнеспособных эксплантов рододендронов (*Rhododendron* L.) при введении в культуру *in vitro* / Е. Н. Кутас, М. В. Гаранинова // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. – 2015. – № 2. – С. 13-17.

87. Кутас, Е. Н. Клональное микроразмножение интродуцированных растений / Е. Н. Кутас, Е. А. Сидорович, В. Н. Решетников // Биологическое разнообразие растений: его исследование, сохранение и использование в Республике Беларусь: сборник научных работ к 70-летию ЦБС НАН Беларуси / Национальная академия наук Беларуси, Центральный ботанический сад. – Минск: Технопринт, 2003. – С. 243-270.

88. Кухарчик, Н. В. Адаптация регенерантов *ex vitro* / Н. В. Кухарчик, Т. А. Красинская, С. Э. Семенас, Е. В. Колбанова // Плодоводство: сб. науч. тр. / Ин-т плодоводства НАН Беларуси; редкол.: В.А. Матвеев (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2006. – Т. 18. – Ч. 2. – С. 174-181.

89. Кухарчик, Н. В. Минеральное питание и морфогенез при культивировании *in vitro* некоторых плодовых и ягодных культур / Н. В. Кухарчик, Е. В. Колбанова, Т. А. Красинская, А. М. Малиновская, М. С. Кастрицкая, Л. Ю. Тычинская, В. П. Сокол // Плодоводство. – 2013. – Т. 25. – № 1. – С. 227-235.

90. Кухарчик, Н. В. Получение посадочного материала плодовых и ягодных растений *in vitro* / Н. В. Кухарчик // Наука и инновации. – 2019. – С. 17-21.

91. Кухарчик, Н. В. Размножение плодовых растений в культуре *in vitro* / Н. В. Кухарчик, М. С. Кастрицкая, С. Э. Семенас, Е. В. Колбанова, Т. А. Красинская, Н. Н. Волосевич, О. В. Соловей, А. А. Змушко, Т. Н. Божидай, А. П. Рундя, А. М. Малиновская; под общ. ред. Н. В. Кухарчик. – Минск: Беларуская навука, 2016. – 208 с. – ISBN 978-985-08-1952-9.

92. Кухарчик, Н. В. Технологический регламент производства оздоровленного *in vitro* посадочного материала аронии черноплодной (*Arónia melanocárpa*) / Н. В. Кухарчик, М. С. Кастрицкая, А. М. Малиновская // Плодоводство. – 2014. – Т. 26. – № 1. – С. 233-240.

93. Лазуренко, А. В. Эффективность влияния фунгицидов и антибиотиков на этапе эксплантирования *in vitro* смородины черной (*Ribes*

*nigrum* L.) / А. В. Лазуренко, Л. А. Головина // Инновационные подходы к решению современных проблем: сб. статей международной научно-практической конф., Казань, 12 янв. 2025 г. / Уфа: OMEGA SCIENCE, 2025. – С. 30-34.

94. Латков, Н. Ю. Анализ и перспективы развития ягодного растениеводства в РФ / Н. Ю. Латков, А. В. Видякин, А. Б. Коржук, Е. В. Латкова // International agricultural journal. – 2020. – № 6. – С. 47-58.

95. Леонова, Н. В. Оптимизация состава питательной среды при размножении земляники садовой *in vitro* / Н. В. Леонова // Вестник Брянской ГСХА. – 2013. – № 1. – С.45-48.

96. Макаров, С. С. Влияние цитокининов на процесс побегообразования растений красной смородины на этапе "собственно микроразмножение" / С.С. Макаров, И. Б. Кузнецова, А. И. Чудецкий // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 3 (83). – С. 101-103.

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

98. Макаров, С. С. Организационно-экономическая оценка метода клонального микроразмножения лесных ягодных растений рода *Vaccinium* / С. С. Макаров, А. И. Чудецкий, И. Б. Кузнецова, Е. И. Куликова, А. Н. Кульчицкий, Е. А. Сурина // Лесохозяйственная информация. – 2022. – № 4. – С. 30-37. – DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.4.04

99. Малых, Г. П. Оздоровление подвоя сорта Берландиери × РИПАРИА кобер 566 при семенном размножении / Г. П. Малых, П. Г. Малых, Л. А. Аверченко, М. Г. Барило, Е. Б. Маслова // Мобилизация и сохранение генетических ресурсов винограда, совершенствование методов селекционного процесса: материалы международной научно-практической конф., Новочеркасск, 13-14 авг. 2008 г. / ГНУ Всерос. НИИ виноградарства и

виноделия им. Я.И. Потапенко Россельхозакадемии. – Новочеркасск: Изд-во ГНУ ВНИИВиВ им. Я.И. Потапенко, 2008. – С. 197-204.

100. Маслова, В. А. Изучение закономерностей наследования способности к регенерации придаточных корней у зеленых черенков гибридов яблони f / В. А. Маслова, В. М. Лунькова, А. В. Исачкин, И. И. Ханжиян // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2005. – № 4. – С. 74-83.

101. Матушкин, С. А. Оптимизация элементов технологии размножения смородины чёрной и крыжовника *in vitro*: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.08 / Матушкин Сергей Александрович – Мичуринск, 2020. – 168 с.

102. Матушкина, О. В. Влияние минерального состава питательной среды на морфогенез садовых растений *in vitro* / О. В. Матушкина, И. Н. Пронина, Л. В. Ярмоленко, С. А. Матушкин // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 1. – С. 41-42.

103. Матушкина, О. В. Оптимизация приемов культивирования плодовых культур *in vitro* / О. В. Матушкина, И. Н. Пронина // АГРО XXI. – 2010. – № 10-12. – С.11-13.

104. Мацнева, О. В. Влияние состава питательной среды на интенсивность микроразмножения *in vitro* *Fragaria* x *ananassa* Duch / О. В. Мацнева, Л. В. Ташматова, Т. М. Хромова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2024. – № 1. – С. 26-29. – DOI 10.31857/S2500208224010065

105. Мацнева, О. В. Оптимизация сроков введения земляники в культуру *in vitro* / О. В. Мацнева, Л. В. Ташматова, // Современное садоводство. – 2018. – № 2 (26). – С. 78-83. – DOI: 10.24411/2312-6701-2018-10210

106. Мацнева, О. В. Оптимизация элементов микроразмножения интродуцированных сортов земляники садовой в системе *in vitro* / О. В., Мацнева, Л. В. Ташматова, Т. М. Хромова, В. В. Шахов // Вестник

Российской сельскохозяйственной науки. – 2021. – № 4. – С. 24-27. – DOI: 10.30850/vrsn/2021/4/24-27

107. Мацнева, О. В. Эффективность применения стерилизующих агентов для эксплантов земляники / О. В. Мацнева, О. В. Ташматова, В. В. Шахов // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2018. – Т. 5. – № 1. – С. 71-73.

108. Мелехов, И. Д. Повышение эффективности клонального микроразмножения ягодных культур рода *Rubus*: дис. канд. с.-х. наук : 4.1.4 / Мелехов Игорь Дмитриевич. – Мичуринск, 2024. – 144 с.

109. Митрофанова, И. В. Соматический эмбриогенез и органогенез как основа биотехнологических систем получения и сохранения декоративных и плодовых культур / И. В. Митрофанова // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2009. – № 131. – С. 9-22.

110. Мишуров, Н. П. Зарубежный и отечественный опыт разработки и применения мер и инструментов поддержки развития питомниководства и садоводства / Н. П. Мишуров, О. В. Кондратьева, А. Д. Федоров, О. В. Слинько, В. А. Войтюк – Деп. в ФГБНУ "Росинфомагротех" 01.10.2019, № 5321.

111. Молканова, О. И. Использование биотехнологических методов в сохранении и ускоренном размножении ягодных культур / О. И. Молканова, Д. А. Егорова, Е. А. Мелещук // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2018. – Т. 5. – № 1. – С. 73-76.

112. Молканова, О. И. Особенности размножения и сохранения коллекции ценных и редких видов растений в условиях *in vitro* / О. И. Молканова, Л. Н. Коновалова, Т. С. Стахеева // Бюллетень государственного Никитского ботанического сада. – 2016. – № 120. – С. 17-23.

113. Молканова, О. И. Совершенствование технологии клонального микроразмножения ценных плодовых и ягодных культур для производственных условий / О. И. Молканова, О. В. Королева, Т. С.

Стахеева, И. Л. Крахмалева, Е. А. Мелещук // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. – № 9. – С. 66-69. – DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10915

114. Мороз, Д. С. Влияние света светодиодных осветителей различного спектрального состава на адаптацию растений-регенерантов земляники садовой *Fragaria × ananassa* Duch. к нестерильным условиям / Д. С. Мороз, М. Ю. Шпак, Е. А. Петровская // Перспективы развития науки в современном мире. – 2019. – С. 101-107.

115. Мохамед, Г. Р. А. Влияние кислотности питательной среды на развитие эксплантов *Vaccinium Corymbosum* / Г. Р. А. Мохамед // Биосистемы: организация, поведение, управление: тезисы докладов 70-й Всероссийской с международным участием школы-конф. молодых ученых, Нижний Новгород, 26-28 апр. 2017 г. / Нижегородский гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского, Ин-т биологии и биомедицины. – Нижний Новгород, 2017. – С. 121.

116. Муратова, С. А. Влияние различных углеводов на регенерацию, размножение и рост растений *in vitro* / С. А. Муратова, Р. В. Папихин, М. Б. Янковская // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т. 31. – № 2. – С. 86-94.

117. Муратова, С. А. Влияние спектрального состава света на ризогенез микрочеренков ирги ольхолистной / С. А. Муратова, М. Л. Дубровский, Е. В. Муратова // Экологические проблемы в отечественном садоводстве: IV Потаповские чтения : материалы Всероссийской национальной научно- практической конф., посвящ. памяти доктора с.-х. наук, проф., лауреата Гос. премии В. А. Потапова, Мичуринск, 29 нояб. 2022 г. / Мичуринский государственный аграрный университет. – Мичуринск, 2022. – С. 116-120.

118. Муратова, С. А. Клональное микроразмножение растений-перспективный метод современного питомниководства / С. А. Муратова, Ю.

В. Хорошкова // Основы повышения продуктивности агроценозов: материалы Международной научно-практической конф., посвящ. памяти известных ученых И.А. Муромцева и А.С. Татаринцева, Мичуринск, 24-26 ноябр. 2015 г. / Мичуринский гос. аграрный ун-т. – Мичуринск, 2015. – С. 367-373.

119. Несмелова, Н. П. Влияние состава субстрата и внекорневых обработок регуляторами роста на выход адаптированных растений жимолости синей / Н. П. Несмелова, Е. Н. Сомова // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2015. – № 3 (36). – С. 25-31.

120. Нигматзянов, Р.А. Перспективы селекции смородины золотистой (*Ribes aureum* Pursh) на качественное улучшение плодов / Р.А. Нигматзянов, А.Г. Куклина, В.Н. Сорокопудов // Известия ТСХА. – № 6. – 2024. – С. 22-34. – DOI: 10.26897/0021-342X-2024-6-22-34

121. Никонович, Т. В. Влияние спектрального состава света на рост и развитие растений-регенерантов винограда в период адаптации к условиям *in vivo* / Т. В. Никонович, А. В. Левый, В. В. Французенок, // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 2. – С. 70-74.

122. Ножкина, О. А. Влияние концентрации марганца в среде на рост и развитие при культивировании *Solanum tuberosum* L. *in vitro* / О. А. Ножкина, А. И. Перфильева, С. С. Хуцишвили // VII международная конференция молодых ученых: биофизиков, биотехнологов, молекулярных биологов и вирусологов, Научоград Кольцово, 27–29 окт. 2020 г. / АНО «Инновационный центр Кольцово». – Новосибирск, 2020. – С. 115-117.

123. Павлова, И. А. Моделирование климатических условий для адаптации растений винограда *in vitro* к условиям *in vivo* / И. А. Павлова, В. П. Клименко // Научные труды СКФНЦСВВ. – 2019. – Т. 25. – С. 164-168. – DOI: 10.30679/2587-9847-2019-25-164-168

124. Павловский, Н. Б. Методы вегетативного размножения голубики высокой (*Vaccinium corymbosum* L.) / Н. Б. Павловский // Плодоводство. – 2022. – Т. 22. – № 1. – С. 332-344.
125. Панфилова, О. В. Оценка адаптивности красной смородины к абиотическим факторам северо-запада Центрально-Черноземного региона: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Панфилова Ольга Витальевна. – Орел, 2014. – 137с.
126. Панфилова, О. В. Смородина красная (биология, агротехника, сорта): рекомендации / О. В. Панфилова, О. Д. Голяева. – Орел: ВНИИСПК, 2016. – 29 с.
127. Панькова, О. А. Совершенствование технологических приемов клонального микроразмножения ягодных кустарников / О. А. Панькова, Н. П. Несмелова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2008. – № 11. – С. 72-76.
128. Папихин, Р. В. Влияние спектрального состава света на рост и развитие растений *in vivo* и *in vitro* / Р. В. Папихин, С. А. Муратова, И. Д. Мелехов, М. Л. Дубровский // Наука и образование. – 2021. – Т. 4. – № 3. – 8 с.
129. Пигорев, И. Я. Решение проблемы интенсификации садоводства / И. Я. Пигорев, Н. В. Долгополова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 5. – С. 52-55.
130. Пикунова, А. В. Полиморфизм Микросателлитных локусов красной смородины (*Ribes rubrum* L.) генофонда ВНИИСПК, Орел / А. В. Пикунова, М. А. Должикова, О. Д. Голяева // VII Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров, посвящ. 100-летию кафедры генетики СПбГУ, и ассоциированные симпозиумы : сб. тезисов Международного Конгресса, Санкт-Петербург, 18–22 июня 2019 г. – Санкт-Петербург: ООО "Издательство ВВМ", 2019. – С. 1111.

131. Поух, Е.В. Методические рекомендации по режимам освещения при выращивании сливы домашней на этапах микроразмножения, укоренения *in vitro* и адаптации *ex vitro* / Е. В. Поух, Т. П. Кобринец, О. С. Иванова // Плодоводство. – 2022. – Т. 34. – № 1. – С. 178-187. – DOI: 10.47612/0134-9759-2022-34-178-187

132. Приходько, Ю. Н. Технология оздоровления крыжовника от вирусов / Ю. Н. Приходько // Плодоводство и ягодоводство России. – 1996. – Т. 3. – С. 109-113.

133. Причко, Т. Г. Биохимические показатели качества ягод смородины с учетом сортовых особенностей / Т. Г. Причко, В. В. Яковенко // Плодоводство и виноградарство юга России. – 2017. – № 45(03). – С. 105-113.

134. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – 608 с.

135. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. Данные в области продовольствия и сельского хозяйства [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.fao.org/faostat/ru> (дата обращения: 24.07.2025).

136. Пронина, И. Н. Особенности технологии клонального микроразмножения смородины черной / И. Н. Пронина, С. А. Матушкин, О. В. Матушкина // Современные тенденции устойчивого развития ягодоводства России (смородина, крыжовник) : Сборник научных трудов, посвященный 110-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного деятеля науки РФ К.Д. Сергеевой. – Воронеж : ООО рекламно-издательская фирма «Кварта», 2018. – С. 213-224. – EDN KRYССР.

137. Пронина, И. Н. Экономические аспекты использования клонального микроразмножения в системе производства посадочного материала плодовых и ягодных культур / И. Н. Пронина, О. В. Матушкина //

Плодоводство и ягодоводство России. – 2011. – Т. 26. – С. 82-88. – EDN NUYKQB.

138. Прохорова, Н. А. Плодоводство: Практикум. / Н. А. Прохорова, В. Н. Кумпан, С. Г. Сухоцкая, А. Ф. Степанов – Омск : Изд-во ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П. А. Столыпина, 2014. – 156 с.

139. Расторгуев С.Л. Совершенствование селекционного процесса плодовых и ягодных растений на основе цитологических методов и культуры изолированных тканей : автореф. дис. ...д-ра с.-х. наук : 06.01.05 / Расторгуев Сергей Леонидович. – Мичуринск, 2008. – 43 с.

140. Рахматова, Н. Р. Вегетативное размножение видов рода *Rugosantha M. Roem* / Н. Р. Рахматова, Х. А. Убайдуллаева, М. М. Дарманов // Биологический журнал. – 2019. – № 5 (5). – С. 4-11.

141. Романов, Г. А. Как цитокинины действуют на клетку / Г. А. Романов // Физиология растений. – 2009. – Т. 56, № 2. – С. 295-319.

142. Рынок посадочного материала [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mcx.ru/press-service/regions/v-ryazanskom-filiale-rosselkhoztsentra-podveliiitogi-raboty-za-2018-god/>

143. Рябцева, Т. В. Международная научно-практическая конференция «Совершенствование сортимента и технологии возделывания плодовых и ягодных культур» / Т. В. Рябцева // Плодоводство. – 2022. – Т. 23. – С. 454-456.

144. Ряго, Н. В. Оценка эффективности стерилизующих агентов на этапе введения сортов смородины красной в культуру *in vitro* / Н. В. Ряго, Л. В. Ташматова // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2023. – Т. 10. – № 1. – С. 98-105.

145. Ряго, Н. В. Регенерационная способность генотипов подрода *Ribesia* Berl. в культуре *in vitro* / Н. В. Ряго, О. В. Панфилова // Аграрный вестник Урала. – 2024. – Т. 24. – № 10. – С. 1345–1358. – DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-10-1345-1358

146. Рягузова, Т. В. Диагностика вирусов плодово-ягодных культур и современные методы их оздоровления / Т. В. Рягузова // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2020. – Т. 7. – № 1-2. – С. 130-134. – DOI: 10.24411/2500-0454-2020-11234

147. Сабарайкина, С. М. Эколого-биологические аспекты некоторых представителей красных смородин подрода *Ribesia* L. в условиях Якутии : автореф. дис. ...канд. биол. наук : 03.00.05, 03.00.16 / Сабарайкина Светлана Михайловна. – Саратов, 2009. – 19с.

148. Савиных, Н. П. Биоморфология: современное состояние и перспективы / Н. П. Савиных, В. А. Черёмушкина // Сибирский экологический журнал. – 2015. – Т. 22. – № 5. – С. 659-670. – DOI: 10.15372/SEJ20150501

149. Садовый центр IsidaPark – Режим доступа: <https://isidapark.ru/product/smorodina-anglijskaya-belaya/?srsltid=AfmBOoq62Sb-iDxh3tAENViKsAB-PPHNum8cLkavXp15Hn48gMp0zmTI>

150. Сазонов, Ф. Ф. Адаптивные технологии выращивания плодово-ягодных культур: учебно-методическое пособие / Ф. Ф. Сазонов, С. Н. Евдокименко, В. Л. Кулагина. – Кокино: Брянский гос. аграрный ун-т, 2012. – 52 с.

151. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022611267 Российская Федерация. Программа управления климатической камерой адаптации растений – регенерантов к условиям *ex vitro* / А. А. Гришин, А. Ю. Измайлов, А. С. Дорохов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» – № 2022610049; заявл. 10.01.2022; опубли. 21.01.2022.

152. Сидоревич, М. С. Разработка этапа микрклонального размножения в интродукции смородины кроваво-красной / М. С. Сидоревич

// Устойчивое развитие: региональные аспекты: сб. материалов XI международной научно-практической конф. молодых ученых / БрГТУ – Брест, 2019. – С. 429-431.

153. Сибирская коллекция – Режим доступа: <https://xn----7sbcsanbenej9cjed8f6gi.xn--p1ai/index.php?page=smorodina-krasnaya-v-sibiri>

154. Сковородников, Д. Н. Клональное микроразмножение в ускорении селекционного процесса смородины черной / Д. Н. Сковородников // Научные ведомости. Серия Естественные науки. – 2012. – № 21 (140). – Вып. 21/1. – С. 58-61.

155. Сковородников, Д. Н. Особенности клонального микроразмножения ремонтантных форм малины / Д. Н. Сковородников, И. В. Казаков // Садоводство и виноградарство. – 2012. – № 2. – С. 39-42.

156. Сковородников, Д. Н. Особенности клонального микроразмножения смородины черной / Д. Н. Сковородников, Ф. Ф. Сазонов // Плодоводство и ягодоводство России. – 2011. – Т. 26. – С. 395-400.

157. Смородина красная *Ribes rubrum* – Режим доступа: [https://vniispk.ru/species/red\\_currant](https://vniispk.ru/species/red_currant)

158. Собралиева, Э. А. Состояние изученности микроклонального размножения плодово-ягодных культур и винограда (обзор литературы) / Э. А. Собралиева, Д. О. Палаева, М. С. Батукаев, А. А. Батукаев // Инновационная деятельность как фактор развития агропромышленного комплекса в современных условиях : материалы II Международной научной конф., посвящ. 75-летию ФГБНУ «Чеченский НИИСХ», Грозный, 28–29 февраля 2020 года / ФГБНУ «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» [и др.] – Грозный: Чеченский государственный университет, 2020. – С. 100-118. – DOI: 10.36684/22-2020-1-100-118

159. Современный сортимент смородины красной / АПЛЯПМ. – Режим доступа: <http://asprus.ru/blog/sovremennyj-sortiment-smorodiny-krasnoj-i-beloj/>

160. Соловченко, А. Е. Зимний покой древесных растений и его неинвазивный мониторинг / А. Е. Соловченко, Е. Н. Ткачев, Е. М. Цуканова, Б. М. Шурыгин, С. С. Хрущев, И. В. Конюхов, В. В. Птушенко // Вестник Московского университета. Серия 16. Биология. – 2022. – Т. 77. – № 2. – С. 51-64.

161. Сохибова, Ф. М. Вегетативные размножения видов рода *Ribes* L. в условиях Самаркандской области / Ф. М. Сохибова // Вестник магистратуры. – 2020. – №. 4-4. – С. 14-16.

162. Способ выращивания голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Ait.): пат. № 2825762С1 Рос. Федерация : МПК А01Н 4/00 (2006.01) / Макаров С.С., Чудецкий А.И., Козлова Е.А., Зубик И.Н., Орлова Е.Е. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева. – № 2024110352; заявл. 16.04.2024; опубл. 29.08.2024, Бюл. № 25. 10 с.

163. Способ выращивания морошки приземистой (*Rubus chamaemorus* L.) : пат. № 2824883С1 Рос. Федерация : МПК А01Н 4/00 (2006.01) / Макаров С.С., Чудецкий А.И., Тяк Г.В., Антонов А.М, Куликова Е.И. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева. – № 2024106103 ; заявл. 11.03.2024 ; опубл. 15.08.2024, Бюл. № 23. 9 с.

164. Стахеева, Т. С. Биологические особенности размножения некоторых представителей рода *Vaccinium* L. / Т. С. Стахеева // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 5. – С. 36-40.

165. Сулейманова С. Д. К. Микрклональное размножение плодовых культур (обзор) / С. Д. К. Сулейманова // Восточно-европейский научный журнал. – 2016. – Т. 11. – № 2. – С. 47-54.

166. Сучкова, С. А. Ускоренное размножение ягодных культур в условиях Сибири / С. А. Сучкова, С. И. Михайлова // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2017.– № 144-2. – С. 96-100.

167. Таловина, Г.В. Номенклатурные стандарты сортов смородины черной, созданных в «Федеральном научном центре имени И.В. Мичурина» / Г. В. Таловина, Т. В. Жидехина, С. Е. Дунаева, И.В. Гурьева, О.С. Родюкова, Н.С. Клименко, Е.В. Кузьмина, Т.А. Гавриленко // *Vavilovia*. – 2023. – Т. 6, № 2. – С. 3-32. – DOI 10.30901/2658-3860-2023-2-02

168. Тарасенко, М. Т. Зеленое черенкование садовых и лесных культур / М. Т. Тарасенко. – М.: МСХА, 1991. – 272 с.

169. Тимофеева, О. А. Клональное микроразмножение растений: учебно-методическое пособие / О. А. Тимофеева, Ю. Ю. Невмержицкая – Казань: Казанский университет, 2012. – 56 с.

170. Тимофеева, С. Н. Технология микроразмножения *in vitro*: учебно-методическое пособие / С. Н. Тимофеева, Ю. В. Смолькина, Н. В. Апанасова, Ю. И. Юдакова. – Саратов, 2016. – 38 с.

171. Титаренко, Т. Е. Оптимизация методов введения в культуру *in vitro* некоторых ягодных культур - смородины чёрной (*Ribes nigrum* L.), смородины красной (*Ribes rubrum* L.) и крыжовника (*Ribes uvacrispa* L.) / Т. Е. Титаренко // Біотехнологія. Наука. Освіта. Практика: тези доповідей IV міжн. науч.-практ. конф., Дніпропетровськ, 11-13 листопада 2008 р. – Дніпропетровськ, 2008. – С. 174-175.

172. Титова, Ю. Г. Основополагающие модели размножения посадочного материала крыжовника (обзор литературы) / Ю. Г. Титова, О. В. Курашев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 5. – С. 60-68.

173. Тихомирова, Л. И. Элементный состав *Iris sibirica* L. в культуре *in vitro* / Л. И. Тихомирова, Н. Г. Базарнова, И. А. Халявин // Химия растительного сырья. – 2017. – № 2. – С. 119-126.

174. Турдиев, Т. Т. Создание и содержание клоновой коллекции гермоплазмы малины *in vitro* / Т. Т. Турдиев, И. Ю. Ковальчук, З. Р.

Мухитдинова, С. Н. Фролов, Н. И. Чуканова, Б. Ж. Кабылбекова // Ботанический вестник Северного Кавказа. – 2019. – № 2. – С. 61-74.

175. Тымчик, Н. Е. Индивидуальное развитие плодовых растений (онтогенез) / Н. Е. Тымчик, Н. А. Борисенко, Е. Р. Немцов, В. Н. Иванов, Е. А. Спелова // Символ науки. – 2019. – № 4. – С. 61-63.

176. Федоренко, В. Ф. Анализ состояния и перспективные направления развития питомниководства и садоводства: науч. аналит. обзор / В. Ф. Федоренко, Н. П. Мишуров, О. В. Кондратьева, А. Д. Федоров, О. В. Слинко – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 88 с.

177. Федорович, С. В. Способ поверхностной стерилизации эксплантов подвоя яблони СК 7 для культуры *in vitro* / С. В. Федорович, М. А. Винтер // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. – 2019. – Т. 26. – С. 188-190. – EDN AJBGOI.

178. Федоровский, В. Д. *Ribes spicatum* Robson смородина колосистая (систематика, география, изменчивость, интродукция) / В. Д. Федоровский – Киев: Фитосоцицентр, 2001. – 204 с.

179. Федотова, И. Э. Использование прецизионных методов для ускорения и повышения эффективности селекции сортов и подвоев вишни / И. Э. Федотова // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. – 2012. – № 6-1. – С. 400-404.

180. Хромова, Т. М. Некоторые аспекты введения в культуру *in vitro* сортов смородины чёрной селекции ВНИИСПК / Т. М. Хромова, Л. В. Ташматова, О. В. Мацнева, В. В. Шахов // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 4 (85). – С. 31-36. – DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.4.31

181. Цыбикова, О. М. Размножение ягодных и декоративных культур зелеными черенками на базе ФГБОУ ВО " Бурятская ГСХА" / О. М. Цыбикова, Н. К. Гусева, А. В. Банданова //Актуальные вопросы развития

аграрного сектора Байкальского региона: материалы научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки, Улан-Удэ, 06-08 февр. 2019 г. / Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова – Улан-Удэ, 2019. – С. 71-75.

182. Чекмарев, П. А. О состоянии и развитии садоводства и питомниководства в Российской Федерации / П. А. Чекмарев // Материалы докл. на Всероссийской выставке "День садовода", Мичуринск, 21 сент. 2018 г. – Мичуринск, 2018 а. – 31 с.

183. Чекмарев, П. А. Состояние отечественного садоводства и питомниководства: матер. презентации / П. А. Чекмарев // Минсельхоз России. – М., 2018 в. – 18 с.

184. Чудецкий, А. И. Микрклональное размножение и особенности адаптации к условиям *ex vitro* лесных ягодных растений рода *Vaccinium* / А. И. Чудецкий, С. А. Родин, Л. В. Зарубина, И. Б. Кузнецова, Г. В. Тяк // Техника и технология пищевых производств. – 2022. – Т. 52. – № 3. – С. 570-581. – DOI: 10.21603/2074-9414-2022-3-2386.

185. Чурикова, О. А. Изучение закономерностей функционирования верхушечной меристемы побега и особенностей морфогенетических процессов в культурах *in vitro* растений разных таксономических групп / О. А. Чурикова // Вестник Московского университета. Серия 16. Биология. – 2005. № 3. – С. 52-63.

186. Шапошник, Е. И. Фенологические особенности смородин подродов *Eucoreosma* Jancz., *Ribesia* (Berl.), *Berisia* (Spach) Jancz., и *Symphocalyx* Berl. в условиях Белгородской области / Е. И. Шапошник, Л. А. Тохтарь, В. Н. Сорокопудов, Т. А. Резанова, Ю. В. Бурменко, Н. И. Михневич, В. В. Картушинский, А. В. Трегубов // Региональные геосистемы. – 2010. – Т. 13. – № 21 (92). – С. 45-55.

187. Шахмирзоев, Р. А. Адаптивный потенциал интродуцированных сортов смородины в условиях Юго-восточной предгорной провинции

Дагестана / Р. А. Шахмирзоев // Научное обеспечение устойчивого развития плодового и декоративного садоводства: материалы международной научно-практической конф., посвящ. 125-летию ВНИИЦиСК и 85-летию Ботанического сада "Дерево Дружбы", Сочи, 23–27 сент. 2019 г. / Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур – Сочи, 2019. – С. 427-433.

188. Шахов, В. В. Сравнительная характеристика сроков введения эксплантов черной смородины (*Ribes nigrum* L.) в культуру *in vitro* / В. В. Шахов, Л. В. Ташматова, О. В. Мацнева // Современное садоводство. – 2017. – № 4 (24). – С. 102-105.

189. Широков, А. И. Основы биотехнологии растений - электронное учебно-методическое пособие / А. И. Широков, Л. А. Крюков. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 49 с.

190. Шохамдамова, А. Н. Учение о росте и развитии плодовых и ягодных растений / А. Н. Шохамдамова, М. М. Шамсиддинов // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2021. – № 1 (44). – С. 66-75.

191. Эрст, А. А. Размножение *Ribes aureum* (сем. *Grossulariaceae*) в культуре *in vitro* / А. А. Эрст, Н. А. Вечернина // Биотехнология. – 2010. – № 5. – С. 37-44.

192. Яковцева, М. Н. Фотоморфогенез и продукционный процесс разных онтотипов земляники садовой (*Fragaria x ananassa* Duch.) в условиях светокультуры на основе узкополосных светодиодов / М. Н. Яковцева, Г. Ф. Говорова, И. А. Буланова, И. Г. Тараканов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4. – С. 69-95.

193. Ямалиева, А. М. Особенности микрклонального размножения растений / А. М. Ямалиева // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2023. – С. 11-13.

194. Янчевская, Т. Г. Оптимизация светового режима для реализации максимальной целевой функции - коэффициента размножения картофеля *in vivo* / Т. Г. Янчевская, А. Л. Ольшанникова, А. Н. Гриц, Т. Б. Макарова, Е. Н. Олешук, Е. Н. Карасева // Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем : материалы международной научной конф.; XIII съезд Белорусского общественного объединения фотобиологов и биофизиков, Минск, 27–29 июня 2018 г. / Белорусский государственный университет – Минск, 2018. – С. 130.

195. Anđelić, T. Comparative study of different surface sterilization treatments and optimal month for establishment of aseptic cultures of raspberry cultivars / T. Anđelić, T. Vujović, D. Jevremović, J. Tomić, D. Radivojević // Journal of Central European Agriculture. – 2024. – Vol. 25. – No. 2. – P. 470-480. – DOI: 10.5513/JCEA01/25.2.4201

196. Anderson, W. C. Tissue culture propagation of red and black raspberries, *Rubus idaeus* and *R. occidentalis* / W. Anderson // Acta Horticulturae. – 1980. – Vol. 112. – P. 13-20.

197. Anikina, I. Plant protection from virus: a review of different approaches / I. Anikina, A. Kamarova, K. Issayeva, S. Issakhanova, N. Mustafayeva, M. Insebayeva, A. Mukhamedzhanova, S. M. Khan, Z. Ahmad, L.H. Lho, H. Han, A. Raposo // Frontiers in Plant Science. – 2023. – Vol. 14. – № 1163270. – DOI: 10.3389/fpls.2023.1163270.

198. Asensi-Fabado, M. A. Vitamins in plants: occurrence, biosynthesis and antioxidant function / M. A. Asensi-Fabado, S. Munné-Bosch // Trends in plant science. – 2010. – Vol. 15. – No. 10. – P. 582-592. DOI: 10.1016/j.tplants.2010.07.003

199. Awotedu, B. F. Vegetative propagation: A unique technique of improving plants growth / B. F. Awotedu, T. O. Omolola, A. O. Akala, O. L. Awotedu, S. O. Olaoti-Laaro // World News of Natural Sciences. – 2021. – Vol. 35. – P. 83-101.

200. Barras, F. Silver and antibiotic, new facts to an old story / F. Barras, L. Aussel, B. Ezraty // *Antibiotics* (Basel). – 2018. – Vol. 7. – No. 3. – P. 79. – DOI:10.3390/antibiotics7030079

201. Barton, K. E. The ontogenetic dimension of plant functional ecology / K. E. Barton // *Functional Ecology*. – 2024. – Vol.38. – No. 1. – P. 98-113. – DOI: 10.1111/1365-2435.14464

202. Bhojwani, S. S. Production of virus-free plants / S. S. Bhojwani, P. K. Dantu, S. S. Bhojwani, P. K. Dantu // *Plant Tissue Culture: An Introductory Text*. – 2013. – P. 227-243. – DOI: 10.1007/978-81-322-1026-9\_16

203. Borges, G. Identification of flavonoid and phenolic antioxidants in black currants, blueberries, raspberries, red currants, and cranberries / G. Borges, A. Degeneve, W. Mullen, A. Crozier // *Journal of agricultural and food chemistry*. – 2010. – Vol. 58. – No. 7. – P. 3901-3909. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.946.64

204. Boubakri, H. Vitamins for enhancing plant resistance / H. Boubakri, M. Gargouri, A. Mliki, F. Brini, J. Chong, M. Jbara // *Planta*. – 2016. – Vol. 244. – P. 529-543. – DOI: 10.1007/s00425-016-2552-0

205. Brito, G. Basal medium improvement for routine micropropagation of *Olea maderensis*: physiological comparative studies / G. Brito, C. Santos // *Canadian Journal of Forest Research*. – 2009. – Vol. 39. – No. 4. – P. 814-822. – DOI: 10.1139/X09-011

206. Buzkan, N. Clonal propagation of disease-free rootstocks for sour and sweet cherry by meristem culture / N. Buzkan, S. Cetiner, Y. Yalçın-Mendi, B. Di Terlizzi // *V Temperate Zone Fruit in the Tropics and Subtropics*. – 1996. – Vol. 441. – P. 329-332. – DOI: 10.17660/ActaHortic.1997.441.46

207. Byadovsky, I. A. The effect of led light sources with varied spectral composition on the *in vitro* rooting bility of garden strawberry (*Fragaria×ananassa*) / I. A. Byadovsky // *Proceedings on applied botany, genetics and*

breeding. – 2019. – Vol. 180. – No. 1. – P. 33-37. – DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-33-37

208. Cárdenas, M. J. S. Adaptación de protocolos de establecimiento *in vitro* de *Ribes rubrum* L., *Ribes nigrum* L. y *Ribes uva-crispa* L.: doctoral dissertation / María José Saavedra Cárdenas. – Universidad Austral de Chile, 2016. – 41 p.

209. Chao, W. S. Signals regulating dormancy in vegetative buds / W. S. Chao, M. E. Foley, D. P. Horvath, J. V. Anderson // *Int. J. Plant Devel. Biol.* – 2007. – Vol. 1. – No. 1. – P. 49-56.

210. Correia, S. Advances in blueberry (*Vaccinium* spp.) *in vitro* culture: a review / S. Correia, M. Matos, F. Leal // *Horticulturae*. – 2024. – Vol. 10. – No. 6. – P. 533. – DOI: 10.3390/horticulturae10060533

211. Da Silva Pinto, M. Evaluation of redcurrants (*Ribes rubrum* L.), black currants (*Ribes nigrum* L.), red and green gooseberries (*Ribes uva-crispa*) for potential management of type 2 diabetes and hypertension using *in vitro* models / M. Da Silva Pinto, Y. I. Kwon, E. Apostolidis, F. M. Lajolo, M. I. Genovese, K. Shetty // *Journal of Food Biochemistry*. – 2010. – Vol. 34. – No. 3. – P. 639-660. – DOI: 10.1111/j.1745-4514.2009.00305.x

212. Daroudi, H. Micropropagation of *Ribes khorasanicum* species by tissue culture / H. Daroudi, M. Akbari, S. M. Hosseini, M. Hajiyan Shahri // *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*. – 2015. – Vol. 23. – No. 1. – P. 65-76. – DOI: 10.22092/IJRFPBGR.2015.101539

213. De Moraes Fagundes, C. Collection periods in the *in vitro* establishment of raspberry tree cultivars / C. de Moraes Fagundes, R. M. Moreira, C. R. F. Timm, J. B. da Silva, L. E. C. Antunes, M. W. Schuch // *Agronomy Science and Biotechnology*. – 2016. – Vol. 2. – No. 2. – P. 92. – DOI: <https://doi.org/10.33158/ASB.2016v2i2p92>

214. Delporte, F. Morpho-histology and genotype dependence of *in vitro* morphogenesis in mature embryo cultures of wheat / F. Delporte, A. Pretova, P.

Du Jardin, B. Watillon // *Protoplasma*. – 2014. – Vol. 251. – P. 1455-1470. – DOI: 10.1007/s00709-014-0647-7

215. Djordjević, B. Pomological and biochemical characterization of European currant berry (*Ribes* sp.) cultivars / B. Djordjević, V. Rakonjac, M. Fotirić Akšić, K. Šavikin, T. Vulić // *Scientia Horticulturae*. – 2014. – Vol. 165. – P. 156-162. – DOI: 10.1016/j.scienta.2013.11.014

216. Dou, H. Photosynthesis, morphology, yield, and phytochemical accumulation in basil plants influenced by substituting green light for partial red and/or blue light / H. Dou, G. Niu, M. Gu // *HortScience*. – 2019. – Vol. 54. – No. 10. – P. 1769-1776. – DOI: 10.21273/HORTSCI14282-19

217. Driver, J. A. *In vitro* propagation of paradox walnut rootstock / J. A. Driver, A. H. Kuniyuki // *HortScience*. – 1984. – Vol. 19. – P. 507-509. – DOI: 10.21273/HORTSCI.19.4.507

218. Dutta Gupta, S. Fundamentals and applications of light-emitting diodes (LEDs) in *in vitro* plant growth and morphogenesis / S. Dutta Gupta, B. Jatothu // *Plant Biotechnol. Rep.* – 2013. – Vol. 7. – P. 211-220. – DOI: 10.1007/s11816-013-0277-0

219. Dziedzic, E. Micropropagation of *Rubus* and *Ribes* spp. / E. Dziedzic, J. Jagła // *Protocols for micropropagation of selected economically-important horticultural plants*. – Totowa, NJ, USA: Humana Press, 2013. – P. 149-160.

220. Epstein, E. Mineral nutrition of plants: principles and perspective / Epstein, E. – N. Y.: Wiley Interscience, 1972. – 412 p.

221. Erig, A. C. Estabelecimento de pereira (*Pyrus* spp.) *in vitro* a partir de meristemas e gemas / A. C. Erig, G. R. D. L. Fortes // *Ciência Rural*. – 2002. – Vol. 32. – P. 577-582. – DOI: 10.1590/S0103-84782002000400005

222. Gamborg, O. L. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells / O. L. Gamborg R. A. Miller, K. Ojima // *Exp. Cell Res.* – 1968. – Vol. 50. – No. 1. – P. 151-158. – DOI: 10.1016/0014-4827(68)90403-5

223. Garg, V. K. Adsorption of Chromium from Aqueous Solution on Treated Sawdust / V. K. Garg, R. Gupta, R. Kumar, R. K. Gupta // *Bioresour Technol.* – 2004. – Vol. 92. – P. 79-81. – DOI: 10.1016/j.biortech.2003.07.004
224. George, E. F. The components of plant tissue culture media II: organic additions, osmotic and pH effects, and support systems / E. F. George, M. A. Hall, G. J. D. Klerk // *Plant propagation by tissue culture: Vol. 1. The background.* – Dordrecht: Springer Netherlands. – 2008. – P. 115-173.
225. Giang, D. T. T. Photoautotrophic micropropagation of *Epidendrum* (*Orchidaceae*) using disposable, gas permeable film vessel / D. T. T. Giang, M. Tanaka // *Propagation of Ornamental Plants.* – 2004. – Vol. 4. – No. 2. – P. 41-47.
226. Golis, A. The development of *Ribes* embryos by interspecific hybridization / A. Golis, M. Korbin, S. Pluta // *Acta Hort.* – 2002. – Vol. 585. – P. 155-158. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.585.22
227. Goto, E. Plant production in a closed plant factory with artificial lighting / E. Goto // *In Proceedings of the VII International Symposium on Light in Horticultural Systems, Wageningen, The Netherlands, 15–18 October 2012.* – P. 37-49. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.956.2
228. Guggenbichler, J. P. A new technology of microdispersed silver in polyurethane induces antimicrobial activity in central venous catheters / J. P. Guggenbichler, M. Boswald, S. Lugauer, T. Krall // *Infection.* – 1999. – Vol. 27. – P. S16-S23.
229. Gündeşli, M. A. Polyphenol content and antioxidant capacity of berries: a review / M. A. Gündeşli, N. Korkmaz, V. Okatan // *International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences.* – 2019. – Vol. 3. – No. 2. – P. 350-361.
230. Hamdani, S. Changes in the photosynthesis properties and photoprotection capacity in rice (*Oryza sativa*) grown under red, blue, or white light / S. Hamdani, N. Khan, S. Perveen, M. Qu, J.G. Jiang, X. Zhu // *Photosynth. Res.* – 2018. – Vol. 139. – P. 107-121.

231. Hautsalo, J. Culture medium, LEDs and bioreactor to improve *in vitro* propagation of red currant / J. Hautsalo, S. Rantala, M. Rantanen, A. Nukari // VII International Symposium on Production and Establishment of Micropropagated Plants. – 2018. – Vol. 1224. – P. 209-216. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1224.28

232. Hogewoning, S. W. Finding the optimal growth-light spectrum for greenhouse crops / S.W. Hogewoning, G. Trouwborst, E. Meinen, W. van Ieperen // Acta horticulturae. 2012. – Vol. 956. – P. 357-364. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.956.41

233. Høj, P. B. Purification of (1—3)- $\beta$ -glucanendothylase isoenzyme II from germinated barley and determination of its primary structure from a cDNA clone / P. B. Høj, D. J. Hartman, N. A. Morrice, D. N. P. Doan, G. B. Fincher // Plant Mol. Biol. – 1989. – Vol.13. – P. 31-42. – DOI: 10.1007/BF00027333

234. Holm, G. Chlorophyll mutations in barley / G. Holm // Acta Agric. Scand. – 1954. – Vol. 4. – P. 457-471. – DOI: 10.1080/00015125409439955

235. Hummer, K. E. Crop reports. Currants / K. E. Hummer, D. L. Barney // Hort-Technol. – 2002. – Vol. 12. – No. 3. – P. 377-388.

236. Isroilova, S. J. Особенности микроклонального размножения плодовых культур в условиях *in vitro* / S. J. Isroilova // Theoretical & Applied Science. – 2019. – Vol. 73. – Iss. 5. – P. 531-535. – DOI: 10.15863/TAS

237. Jenderek, M. M. Effect of geographical location, year, and cultivar on survival of *Malus* sp. dormant buds stored in vapors of liquid nitrogen / M.M. Jenderek, P. Forsline, J. Postman, E. Stover, D. Ellis // HortScience. – 2011. – Vol. 46. – No. 9. – P. 1230-1234. – DOI: 10.21273/HORTSCI.46.9.1230

238. Jung, W. K. Antibacterial activity and mechanism of action of the silver ion in *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* / W. K. Jung, H. C. Koo, K. W. Kim, S. Shin, S. H. Kim, Y. H. Park // Appl. Environ. Microbiol. – 2008. – Vol. 74. – No. 7. – P. 2171-2178. – DOI: 10.1128/AEM.02001-07

239. Kakareka, N. Possibilities of obtaining and controlling virus-free material in the process of selection and seed production of main crops / N. Kakareka, Y. Volkov, V. Tolkach, M. Sapotskyi, M. Shchelkanov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 937. – No. 3. – P. 032108. – DOI: 10.1088/1755-1315/937/3/032108.

240. Kędziora, A. Similarities and differences between silver ions and silver in nanoforms as antibacterial agents / A. Kędziora, M. Speruda, E. Krzyżewska, J. Rybka, A. Łukowiak, G. Bugła-Płoskońska // Int. J. Mol. Sci. – 2018. – Vol. 19. – No. 2. – P. 444. – DOI: 10.3390/ijms19020444

241. Khromova, T. M. Influence of climatic conditions of the introduction period and varietal characteristics of black currant (*Ribes nigrum* L.) on the effectiveness of culture initiation *in vitro* / T. M. Khromova, L. V. Tashmatova, O. V. Matsneva, V. V. Shakhov // BIO Web of Conferences. – 2021. – Vol. 36. – P. 04010. – DOI: 10.1051/bioconf/20213604010

242. Khromova, T. M. Optimization of berry crop genotype regeneration systems at the *in vitro* crop initiation stage / T. M. Khromova, O. V. Matsneva // BIO Web of Conferences. – 2022. – Vol. 47. – P. 04004. – DOI: 10.1051/bioconf/20224704004

243. Kim, D. H. Nanomaterials in plant tissue culture: the disclosed and undisclosed / D. H. Kim, J. Gopal, I. Sivanesan // RSC Adv. – 2017. – Vol. 7. – No. 58. – P. 36492-36505. – DOI: 10.1039/C7RA07025J

244. Kim, S.-J. Effects of LEDs on net photosynthetic rate, growth and leaf stomata chrysanthemum plantlets *in vitro* / S.-J. Kim, E.-J. Hahn, J.-W. Heo, K.-Y. Paek // Sci Hortic. – 2004. – Vol. 101. – P. 143-151. – DOI: 10.1016/j.scienta.2003.10.003

245. Kirina, I. B. Biochemical assessment of berry crops as a source of production of functional food products / I. B. Kirina, F. G. Belosokhov, L. V. Titova, I. A. Suraykina, V. F. Pulpitow // IOP Conference Series: Earth and

Environmental Science. – 2020. – Vol. 548. – No. 8. – P. 082068. – DOI: 10.1088/1755-1315/548/8/082068

246. Kozukue, N. Effect of light intensity, duration, and photoperiod on chlorophyll and glycoalkaloid production by potato tubers / N. Kozukue, H. Tsuchida, S. Mizuno // J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. – 1993. – Vol. 62. – P. 669-673. – DOI: 10.2503/jjshs.62.669

247. Kumar, G. M. Propagating shrubs, vines, and trees from stem cuttings / G. M. Kumar // Washington State University Extension. – PNW Publication, 2016. – P. 1-9.

248. Lee, E.C.M. Some factors affecting multiple bud formation of strawberry *Fragaria x ananassa in vitro* / E. C. M. Lee, R. A. de Fossard // Acta Horticulturae. – 1977. – Vol. 78. – P. 187-195. – DOI: 10.17660/ActaHortic.1977.78.24

249. Lichtenthaler, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes / H. K. Lichtenthaler // Methods in Enzymology. – 1987. – Vol. 148. – P. 350-382. – DOI: 10.1016/0076-6879(87)48036-1

250. Lin, M. Peppermint and spearmint tissue cultures. I. Callus formation and submerget culture / M. Lin, E. Staba // Lloydia. – 1961. – Vol. 24. – No. 3. – P. 139-145.

251. Liu, L. Enigmatic role of auxin response factors in plant growth and stress tolerance / L. Liu, B. S. Yahaya, J. Li, F. Wu // Frontiers in Plant Science. – 2024. – Vol. 15. – P. 1398818. – DOI: 10.3389/fpls.2024.1398818

252. Magyar-Tábori, K. Phytotoxicity and other adverse effects on the *in vitro* shoot cultures caused by virus elimination treatments: Reasons and solutions / K. Magyar-Tábori, N. Mendler-Drienyovszki, A. Hanász, L. Zsombik, J. Dobránszki // Plants. – 2021. – Vol. 10. – No. 4. – P. 670. – DOI: 10.3390/plants10040670

253. Manole, C. G. The influence of growth regulators concentrations on *in vitro* micropropagation of *Ribes rubrum* species / C. G. Manole, V. Balan, I. C.

Mencinicopschi, D. Golea, S. Rodino, A. Butu // Scientific Bulletin, Series F, Biotechnologies. – 2012. – Vol. XVI. – P. 26-29.

254. Manole, C. Influence of sucrose concentration on *in vitro* multiplication of *Ribes rubrum* species / C. G. Manole, V. Balan, C. Tudora, M. Butu, G. Fidler, S. Rodino, D. Golea, A. Butu // Banat's Journal of Biotechnology. – 2011. – Vol. 2. – No. 4. – P. 73-75.

255. McCown, B. H. General media and vessels suitable for woody plant culture / B. H. McCown, J. C. Sellmer // Cell and tissue culture in forestry: general principles and biotechnology; J. M. Bonga, D. J. Durzan (eds) – Dordrecht : Springer Netherlands, 1987. – P. 4-16. – DOI: 10.1007/978-94-017-0994-1\_2

256. McCown, B. H. Woody Plant Medium (WPM) – a mineral nutrient formulation for microculture of woody plant species / B. H. McCown, G. Lloyd // HortScience. – 1981. – Vol. 16. – P. 453-453.

257. McPheeters, K. D., Brambles (*Rubus* spp.) / K. D. McPheeters, R. M. Skirvin, H. K. Hall // Crops II. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1988. – P. 104-123. – DOI: 10.1007/978-3-642-73520-2\_3

258. Mir, H. Production of quality planting material of Chandler strawberry by *in vitro* regeneration / H. Mir, R. Rani, F. Ahmed, V. B. Patel, S. Prakash // Indian Journal of Horticulture. – 2019. – Vol. 76. – No. 2. – P. 247-252. – DOI: 10.5958/0974-0112.2019.00038.0

259. Moriwaki, T. Nitrogen-improved photosynthesis quantum yield is driven by increased thylakoid density, enhancing green light absorption / T. Moriwaki, R. Falcioni, F. A. O. Tanaka, K. A. K. Cardoso, L. A. Souza, E. Benedito, M. R. Nanni, C. M. Bonato, W. C. Antunes // Plant Science. – 2019. – Vol. 278. – P. 1-11. – DOI: 10.1016/j.plantsci.2018.10.012

260. Muneer, S. Influence of green, red and blue light emitting diodes on multiprotein complex proteins and photosynthetic activity under different light intensities in lettuce leaves (*Lactuca sativa* L.) / S. Muneer, E. J. Kim, J. S. Park,

J.H. Lee // Int. J. Mol. Sci. – 2014. – Vol. 15. – No. 3. – P. 4657-4670. – DOI: 10.3390/ijms15034657

261. Munkager, V. AgNO<sub>3</sub> sterilizes grains of barley (*Hordeum vulgare*) without inhibiting germination – a necessary tool for plant-microbiome research / V. Munkager, M. Vestergård, A. Prieme, A. Altenburger, E. Visser, J. L. Johansen, F. Ekelund // Plants (Basel). – 2020. – Vol. 9. – No. 3. – P. 372. – DOI: 10.3390/plants9030372

262. Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // Physiol. Plant. – 1962. – Vol. 15. – No. 3. – P. 473–497. – DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x

263. Musiienko, M. Spectrographic Methods in Practical Physiology, Biochemistry and Ecology of Plants / M. Musiienko, T. Parshykova, P. Slavnyj // Fitosociocentr: Kyiv, Ukraine, 2001. – P. 200.

264. Nas, M. N. A hypothesis for the development of a defined tissue culture medium of higher plants and micropropagation of hazelnuts / M. N. Nas, P. E. Read // Science Horticulture. – 2004. – Vol. 101. – No. 1-2. – P. 189-200. – DOI: 10.1016/j.scienta.2003.10.004

265. Nas, Z. Micropropagation of an apricot (*Prunus armeniaca* L.) rootstock candidate / Z. Nas, A. Eşitken // Erwerbs-Obstbau. – 2023. – Vol. 65. – No. 6. – P. 2357-2365. – DOI: 10.1007/s10341-023-00967-9

266. Nelson, J. A. Economic analysis of greenhouse lighting: light emitting diodes vs. high intensity discharge fixtures / J. A. Nelson, B. Bugbee // PLoS One. – 2014. – Vol. 9. – No. 6. – e99010. – DOI: 10.1371/journal.pone.0099010

267. Nitsch, B. Egg-yolk agar as a diagnostic medium for streptomycetes / B. Nitsch, H. J. Kutzner // Experientia. – 1969. – Vol. 25. – P. 220-221.

268. Noyce, P. W. Timing of floral evocation in the grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay) is identified by cyto-histological changes in the vegetative shoot apical meristem / P. W. Noyce, C. E. Offler, C. C. Steel, C. P. L.

Grof // Australian Journal of Grape and Wine Research. – 2019. – Vol. 25. – No. 2. – P. 252-265. – DOI: 10.1111/ajgw.12391

269. Nurtaza, A. *In Vitro* conservation and genetic diversity analysis of rare species *Ribes janczewskii* / A. Nurtaza, D. Dyussebekova, S. Islamova, I. Samatova, Z. Zhanybekova, A. Umirzakova, G. Magzumova, A. Muranets, A. Kakimzhanova // Scientific Reports. – 2024. – Vol. 14. – No. 1. – P. 31117. DOI: 10.1038/s41598-024-82320-y

270. Oh, H. E. Red Light enhances the antioxidant properties and growth of *Rubus hongnoensis* / H. E. Oh, A. Yoon, Y. G. Park // Plants. – 2021. – Vol. 10. – No. 12. – P. 2589. – DOI: 10.3390/plants10122589

271. Pandey, V. Standardize the aseptic environment protocol for strawberry *in vitro* cloning (*Fragaria × ananassa* Duch.). / V. Pandey, A. Kumar, V. Kumar, S. Prakash, L. K. Gangwar, R. S. Sengar, M. Kumar, A. Pal, D. Pal, A. Kumar // The Pharma Innovation Journal. – 2023. – Vol. 12. – No. 8. – P. 1443-1449.

272. Pandian, S. R. K. Mechanism of bactericidal activity of silver nitrate – a concentration dependent bi-functional molecule / S. R. K. Pandian, V. Deepak, K. Kalishwaralal, P. Viswanathan, S. Gurunathan // Braz. J. Microbiol. – 2010. – Vol. 41. – P. 805-809. – DOI: 10.1590/S1517-83822010000300033

273. Panfilova, O. Agrometeorological and morpho-physiological studies of the response of red currant to abiotic stresses / O. Panfilova, M. Tsoy, O. Golyaeva, S. Knyazev, M. Karpukhin // Agronomy. – 2021. – Vol. 11. – No. 8. – P. 1522. – DOI: 10.3390/agronomy11081522

274. Panfilova, O. Optimizing microclonal propagation of red currant cultivars: the role of nutrient media, sterilizers, and LED lighting in plant adaptation / O. Panfilova, N. Ryago, G. Ondrasek, I. V. Knyazeva, I. Kahramanoğlu, O. Vershinina, M. Tsoy, A. Y. Izmailov, A. S. Dorokhov // Horticulturae. – 2025. – Vol. 11. – No. 2. – P. 149. – DOI: 10.3390/horticulturae11020149

275. Panfilova, O.V. Features of adaptation of varieties and selected forms of different types of red currants to damaging abiotic factors / O. V. Panfilova, S. D. Knyazev, O. D. Golyaeva, M. F. Tsoy, O. V. Kalinina // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. – 2021. – Vol. 27. – No. 1. – P. 80–87.

276. Park, B. G. Light quality influence on growth performance and physiological activity of coleus cultivars / B. G. Park, J. H. Lee, E. J. Shin, E. A. Kim, S. Y. Nam // *Int. J. Plant Biol.* – 2024. – Vol. 15. – No. 3. – P. 807-826. – DOI: 10.3390/ijpb15030058

277. Pikunova, A. Plastome data of red currant and gooseberry reveal potential taxonomical issues within the *Ribes* genus (*Grossulariaceae*) / A. Pikunova, S. Goryunova, O. Golyaeva, M. Dolzhikova, A. Pavlenko, O. Kurashev, E. Sotnikova, O. Polivanova, A. Sivolapova, O. Kazakov, D. Goryunov // *Horticulturae*. – 2023. – Vol. 9. – No. 9. – P. 972. – DOI: 10.3390/horticulturae9090972

278. Pitzschke, A. Antioxidative responses during germination in quinoa grown in vitamin B-rich medium / A. Pitzschke, A. Fraundorfer, M. Guggemos, N. Fuchs // *Food Science & Nutrition*. – 2015. – Vol. 3. – No. 3. – P. 242-251. – DOI: 10.1002/fsn3.211

279. Quesada-Traver, C. Evolutionary origin and functional specialization of Dormancy-Associated MADS box (DAM) proteins in perennial crops / C. Quesada-Traver, A. Lloret, L. Carretero-Paulet, M. L. Badenes, G. Ríos // *BMC Plant Biol.* – 2022. – Vol. 22. – No. 1. – P. 473. – DOI: 10.1186/s12870-022-03856-7

280. Quoirin, M. Etude de milieux adaptes aux cultures *in vitro* de *Prunus* / M. Quoirin, P. Lepoivre // *Acta Hort.* – 1977. – Vol. 78. – P. 437-442.

281. Russel, A. D. Antimicrobial activity and action of silver / A. D. Russel, W. B. Hugo // *Prog. Med. Chem.* – 1994. – Vol. 31. – P. 351–370. – DOI: 10.1016/S0079-6468(08)70024-9

282. Ružić, D. Micropropagation as means of rapid multiplication of newly developed blackberry and black currant cultivars / D. Ružić, T. Lazić // *Agriculturae Conspectus Scientificus*. – 2006. – Vol. 71. – P. 149-153.

283. Ryago, N. V. Features of micro clone reproduction of some currant representatives of the genus *Ribes* spp.: review / N. V. Ryago // *Agrarian Bulletin of the Urals*. – 2023. – Vol. 23. – No. 10. – P. 69-80. – DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-10-69-80

284. Sager, J.C. Radiation. Plant growth chamber handbook / J.C. Sager, C. McFarlane / Iowa agriculture and home economics experimental station special report No. 99. North central region research publication No. 340, eds R. W. Langhans, T. W. Tibbits. – Ames: Iowa State University Press, 1997. – P. 1–29.

285. Salathia, N. Flowering locus C-dependent and -independent regulation of the circadian clock by the autonomous and vernalization pathways / N. Salathia, S. J. Davis, J. R. Lynn, S. D. Michaels, R. M. Amasino, A. J. Millar // *BMC Plant Biol.* – 2006. – Vol. 6. – 10 p. – DOI: 10.1186/1471-2229-6-10

286. Sarkar, M. K. I. *In vitro* shoot micro propagation of medicinal applications and ornamental value of *Cestrum nocturnum* L. / M. K. I. Sarkar, M. A. A. Jahan, C. K. Roy, K. Hossain, S. S. Rahman, M. R. Mia, M. R. Islam, D. A. Azim // *Indian. J. Sci. Technology*. – 2016. – Vol. 9. – 7 p. – DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i15/86233

287. Sarmast, M.K. Silver nanoparticles: an influential element in plant nanobiotechnology / M. K. Sarmast, H. Salehi // *Mol. Biotechnol.* – 2016. – Vol. 58. – No. 7. – P. 441-449. – DOI: 10.1007/s12033-016-9943-0

288. Scherling, C. A metabolic signature of the beneficial interaction of the endophyte *Paenibacillus* sp. isolate and *in vitro*-grown poplar plants revealed by metabolomics / C. Scherling, K. Ulrich, D. Ewald, W. Weckwerth, // *Molec. Plant-Microbe Interact.* – 2009. – Vol. 22. – No. 8. – P. 1032-1037. – DOI: 10.1094/MPMI-22-8-1032

289. Seabrook, J. E. A. Light effects on the growth and morphogenesis of potato (*Solanum tuberosum*) *in vitro*: a review / J. E. A. Seabrook // Am J Pot Res. – 2005. – Vol. 82. – P. 353-367. – DOI: 10.1007/BF02871966
290. Sedlák, J. *In vitro* establishment and proliferation of red currant cultivars / J. Sedlák, F. Paprštein // Horticultural Science. – 2012. – Vol. 39. – No. 1. – P. 21-25. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.946.64
291. Shrivastava, A. Methods for the determination of limit of detection and limit of quantitation of the analytical methods / A. Shrivastava, V. Gupta // Chronicles of Young Scientists. – 2011. – Vol. 2. – No. 21. – P. 21-25. – DOI: 10.4103/2229-5186.79345
292. Solomentseva, A. S. Adaptive potential and phenotypic variability of *Ribes* species in the lower Volga region / A. S. Solomentseva // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2022. – Vol. 14 – No. 6. – P. 338-355. – DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-6-338-355
293. Sorokopudov, V. N. Possibilities of increasing biodiversity in the genus *Elaeagnus* L. during reproduction by soft cuttings / V. N. Sorokopudov, I. N. Zubik, M. V. Simahin, O. A. Sorokopudova, K. V. Sharafutdinov, A. D. Lvova // BIO Web of Conferences. – 2023. – Vol. 66. – P. 02003. – DOI: 10.1051/bioconf/20236602003.
294. Su, N. Effects of light quality on the chloroplastic ultrastructure and photosynthetic characteristics of cucumber seedlings / N. Su, Q. Wu, Z. Shen, K. Xia, J. Cui // Plant Grow. Reg. – 2014. – Vol. 73. – P. 227-235. – DOI: 10.1007/s10725-013-9883-7
295. Şuţan, A. N. Studies on the major factors affecting *in vitro* micropropagation of two intergeneric hybrids *Fragaria* × *potentilla* / A. N. Şuţan, A. Popescu, V. Isac // Analele Universităţii din Oradea - Fascicula Biologie. XIX, Issue: 1. – 2012. – P. 48-54.
296. Tao, K. *In vivo* and *in vitro* antibacterial activity of neomycin against plant pathogenic bacteria / K. Tao, J. Fan, G. Shi, X. Zhang, H. Zhao, T. Hou //

Scientific Research and Essays. – 2011. – Vol. 6. – No. 34. – P. 6829-6834. – DOI: 10.5897/SRE11.552

297. Tennessen, D. J. Light-emitting diodes as a light source for photosynthesis research / D. J. Tennessen, E. L. Singaas, T. D. Sharkey // Photosynthesis research. – 1994. – Vol. 39. – P. 85-92. – DOI: 10.1007/BF00027146

298. Tomazini Scolaro, A. M. Use of light emitting diodes on the *in vitro* rooting of apple tree rootstocks / A. M. Tomazini Scolaro, M. S. De Martin, R. L. Vieira, B. Schweitzer, E. L. de Souza, E. M. Borges // Preprints. – 2024, 2024101742. – DOI: 10.20944/preprints202410.1742.v1

299. Tsai, H. H. The enigma of environmental pH sensing in plants / H. H. Tsai, W. Schmidt // Nature Plants. – 2021. – Vol. 7. – No. 2. – P. 106-115. – DOI: 10.1038/s41477-020-00831-8

300. Verzhuk, V. Viability of red (*Ribes rubrum* L.) and black (*Ribes nigrum* L.) currant cuttings in field conditions after cryopreservation in vapors of liquid nitrogen / V. Verzhuk, A. Pavlov, L. Y. Novikova, G. Filipenko // Agriculture. – 2020. – Vol. 10. – No. 10. – P. 476. – DOI: 10.3390/agriculture10100476

301. Villamor, D. E. V. Comparison of high throughput sequencing to standard protocols for virus detection in berry crops / D. E. V. Villamor, K. E. Keller, R. R. Martin, I. E. Tzanetakis // Plant disease. – 2022. – Vol. 106. – No. 2. – P. 518-525. – DOI: 10.1094/PDIS-05-21-0949-RE

302. Von Wettstein, D. Chlorophyll-letale und der submikroskopische Formwechsel der Plastiden / D. von Wettstein // Exp. Cell Res. – 1957. – Vol. 12. – No. 3. – P. 427-434. – DOI: 10.1016/0014-4827(57)90165-9

303. Wang, S. Red and blue lights significantly affect photosynthetic properties and ultrastructure of mesophyll cells in senescing grape leaves / S. Wang, X. Wang, X. Shi, B. Wang, X. Zheng, H. Wang, F. Liu // Horticultural

Plant Journal. – 2016. – Vol. 2. – No. 2. – P. 82-90. – DOI: 10.1016/j.hpj.2016.03.001

304. White P. R. Handbook of plant tissue culture / P. R. White. – Lancaster, Pennsylvania: The Jaques Cattel Press, 1943. – 277 p.

305. Wiethold, J. Red currant and black current, new cultivated fruits in late medieval and early modern Europe: historic and archaeobotanical evidence / Wiethold, J. // Des Fruits d'ici et d'ailleurs. Regards sur l'histoire de Quelques Fruits Consommés en Europe. – 2016. – P. 267–284.

306. Winkelmann, T. (2012, July). Recent advances in propagation of woody plants / T. Winkelmann // II International Symposium on Woody Ornamentals of the Temperate Zone 990, July, 2012. – P. 375-381.

307. Winkelmann, T. Commercial *in vitro* plant production in Germany in 1985-2004 / T. Winkelmann, T. Geier, W. Preil, // Plant Cell Tiss. Org. Cult. – 2006. – Vol. 86. – P. 319-327. – DOI: 10.1007/s11240-006-9125-z

308. Wright, S.W. Rapid extraction and high-performance liquid chromatography of chlorophylls and carotenoids from marine phytoplankton / Wright, S.W. Shearer, J.D. // J. Chromatography. – 1984. – Vol. 294. – P. 281–295. – DOI: 10.1016/S0021-9673(01)96134-5

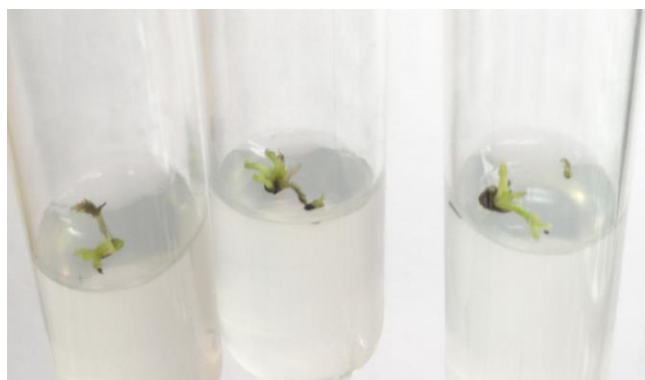
309. Xiao, Y. Comparison of micropropagation costs by photoautotrophic and photomixotrophic systems / Y. Xiao, T. Kozai // Agricell Report. – 2004. – P. 5-7.

310. Zhang, B. A phylogenetic and morphological evolution study of *Ribes* L. in China using RAD-seq / B. Zhang, Z. Yu, Z. Xu, B. Zheng // Plants. – 2023. – Vol. 12. – No. 4. – P. 829. – DOI: 10.3390/plants12040829

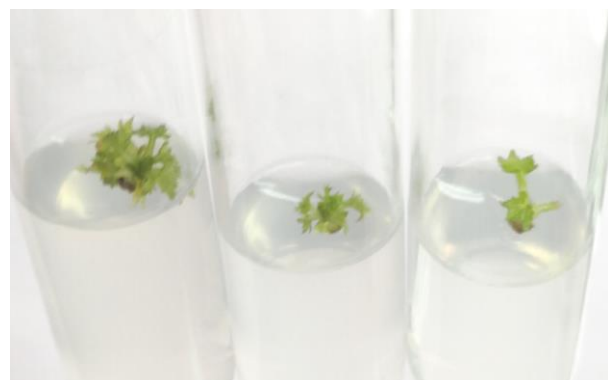
311. Zhao, S. Effects of different intensities of far-red and green light on the growth and photosynthetic characteristics of melon seedlings / S. Zhao, X. Li, X. Zheng, R. Yu, Y. Wu, Z. Yang // Scientia Horticulturae. – 2024. – Vol. 338. – P. 113746. – DOI: 10.1016/j.scienta.2024.113746

## Приложение А

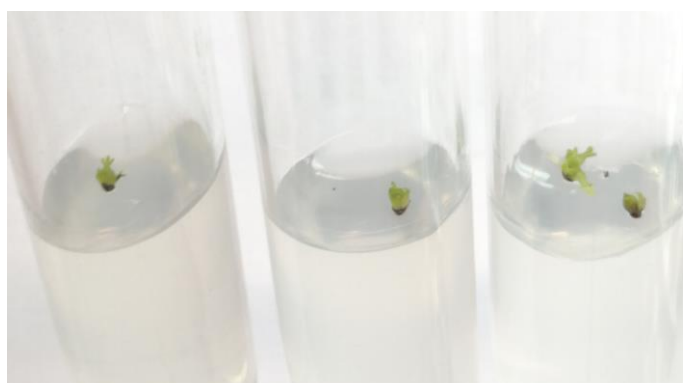
### Валентиновка



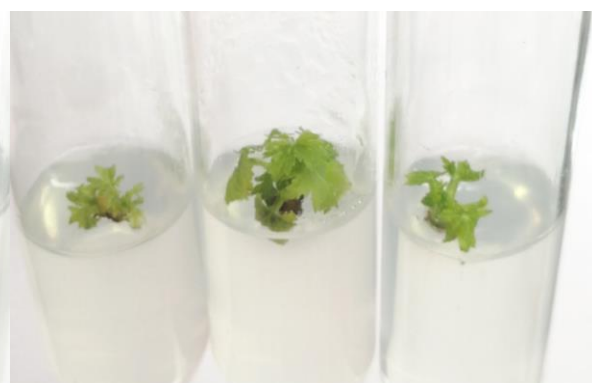
А



Б



В



Г

### Подарок лета

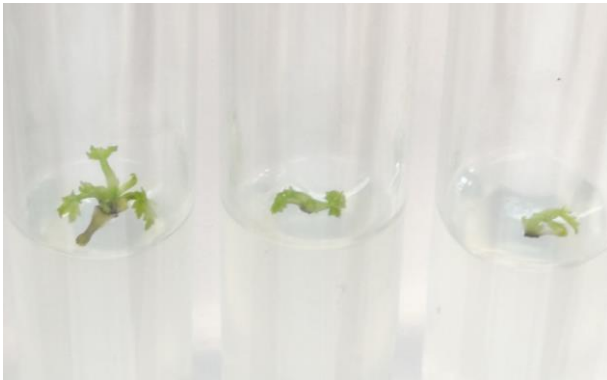


А

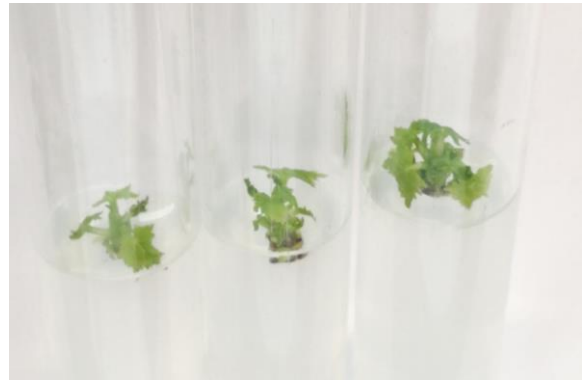


Б

## Приложение А (продолжение)



В

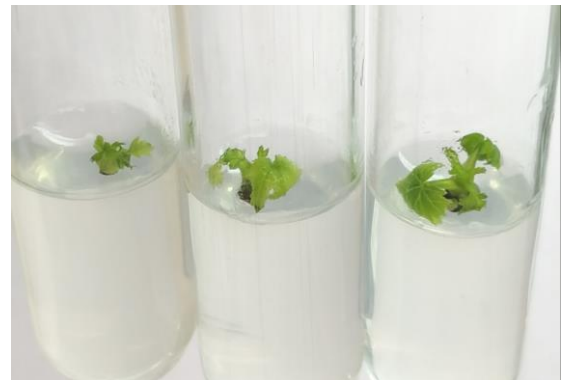


Г

## Мармеладница



А



Б



В



Г

Рисунок А.1 – Экспланты сортов смородины красной через 30 дней после  $R_0$  пассажа на среде MS +1 БАП при обработке стерилизаторами: А) 0,01%  $C_9H_9HgNaO_2S$ ; Б) 12%  $H_2O_2$ ; В) 0,1%  $HgCl_2$ ; Г) 0,2%  $AgNO_3$

## Приложение Б

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)



Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
"ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР ВИМ"  
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5.  
тел. 8 (499) 171-19-33, тел./факс 8 (499) 171-43-49, e-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru)

04.02.2025г.

№ \_\_\_\_\_

на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

### СПРАВКА

о внедрении научных разработок, проведенных под руководством  
младшего научного сотрудника ФГБНУ ВНИИСПК  
Ряго Нелли Васильевны

В лаборатории биотехнологии ФГБНУ ВНИИСПК за период 2022-2024 гг. отработаны и внедрены элементы технологии микроклонального размножения сортов смородины красной. Полученные растения-регенеранты переданы в лабораторию исследований технологических свойств сельскохозяйственных материалов ФГБНУ ФНАЦ ВИМ в количестве 20 шт. микроклонов.

Усовершенствование технических параметров отечественной климатической камеры для адаптации микрорастений, полученных *in vitro*, включая использование разного спектра светодиодного освещения, позволило учесть биологические особенности растений ягодных культур. Это способствовало значительному улучшению адаптации растений в камере, что привело к повышению процента их приживаемости до 90-95%. Также удалось сократить время получения посадочного материала «высших категорий качества» до 28 суток.

Зам. директора



А.В. Соколов

Зав. лаборатории исследований технологических  
свойств сельскохозяйственных материалов, к.б.н.

И.В. Князева

## Приложение В

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ФГБНУ ВНИИСПК  
 профессор, д. с.-х. наук  
 С.Д. Князев  
 13 марта 2025г.



### СПРАВКА

о внедрении научных разработок, проведенных под руководством  
 младшего научного сотрудника ФГБНУ ВНИИСПК  
 Ряго Нелли Васильевны

В лаборатории биотехнологии ФГБНУ ВНИИСПК за период 2022-2025 гг. отработаны и внедрены элементы технологии микроклонального размножения сортов смородины красной. Полученные адаптированные, оздоровленные растения сортов смородины красной переданы в лабораторию селекции, сортоизучения и сортовой агротехники смородины ВНИИСПК в количестве 20 шт.

Зав. отделом селекции, сортоизучения и сортовой агротехники ягодных культур ФГБНУ ВНИИСПК, к.с.-х. наук



О.Д. Голяева

Зам. директора по научной работе ФГБНУ ВНИИСПК, к.с.-х. наук



М.Ф. Цой

## Приложение Г

УТВЕРЖДАЮ

Глава КХ «Глория»

*Реев* Борисова О.Н.

«4» марта 2025г.

### АКТ

О внедрении научных разработок, проведенных  
под руководством младшего научного сотрудника  
ФГБНУ ВНИИСПК, Н.В. Ряго

Заказчик: КХ «Глория» Орловская область, город Орёл, тер. Лесопарк Андриабуж, д. 1, 8, глава  
Борисова Ольга Николаевна

Настоящим актом подтверждается, что результаты работы «Оздоровленный посадочный  
материал сортов смородины красной Мармеладница, Подарок лета, Валентиновка, полученный  
методом клонального микроразмножения

Выполненной в ФГБНУ ВНИИСПК (г. Орел), лаборатория биотехнологии

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (г. Москва), лаборатория исследований технологических  
свойств сельскохозяйственных материалов

Внедрены в питомник КХ «Глория»

1. Вид внедренных результатов: оздоровленный, адаптированный посадочный материал «Высших категорий качества», полученные методом микроклонального размножения
2. Характеристика масштаба внедрения: 0,001 га
3. Форма внедрения, методика: оздоровленный посадочный материал сортов смородины красной
4. Новизна НИР: совершенствование методики микроклонального размножения получения оздоровленного, адаптированного посадочного материала высших категорий для закладки базисных питомников
5. Опыттно-производственная проверка: 15.10.2024-4.03.2025г., КХ «Глория»
6. Внедрены в производство: производство посадочного материала смородины красной
7. Удельная экономическая эффективность внедренных результатов: рентабельность продукции 44,5%
8. Объем внедрения: 0,001 га
9. Социальный и научно-технический эффект: улучшение условий труда; новые знания для отработки элементов технологии микроклонального размножения ягодных культур

От ФГБНУ ВНИИСПК

Вед. науч. сотр. лаборатории селекции,  
сортоизучения смородины, к.с.-х.н.

*Панфилова О.В.* Панфилова О.В.

Исполнитель *Ряго Н.В.* Ряго Н.В.

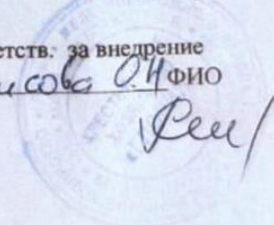


От КХ «Глория»

Ответств. за внедрение

*Борисова О.Н.* ФИО

*Реев*



## Приложение Д



УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБНУ ВНИИСПК

профессор, доктор с.-х. наук

С.Д. Князев

«7» июня 2025 г.

### Протокол микроклонального размножения смородины красной

1. В качестве исходного материала использовать верхушечные почки однолетних побегов без части кроющих чешуй, изолированные на этапе вынужденного покоя смородины красной.
2. Проводить поверхностную ступенчатую стерилизацию по схеме: проточная вода (40 мин.) → 70%  $C_2H_5OH$  (10 сек.) → дистиллированная вода (10 мин.) → 0,2 %  $AgNO_3$  (5 мин.) → дистиллированная вода ( $3 \times 10$  мин.) → 3 г/л аскорбиновой кислоты.
3. Модифицированная питательная среда по прописи Murashige and Skoog (MS) с увеличенным в 2 раза содержанием хелата железа (74,6 мг/л  $Na_2EDTA$  + 55,6 мг/л  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ), дополненная регуляторами роста:
  - на этапе введения и пролиферации 0,5-0,8 мг/л БАП;
  - на этапе элонгации побегов 0,2 мг/л БАП;
  - на этапе ризогенеза 0,5 мг/л ИМК.
4. Адаптацию микрорастений к условиям *ex vitro* проводить в течении 28 дней в камере с регулируемыми параметрами: температурой  $+22 \pm 2^\circ C$ , влажностью от  $96\% \pm 2$  до  $45\% \pm 2$  (снижение на 1,8% в сутки), поливом 1 раз в сутки объемом 25 мл/растение в течение 30 сек. Освещение осуществлять комбинированными облучателями на основе светодиодов спектрального состава (СД-БКУФ-А): 1Ультрафиолет (диапазон А); 13Синий; 33Зеленый; 49Красный; 4Дальне-красный (1УФ:13С:33З:49К:4ДК).

Вед. науч. сотр. отдела

селекции и сортоизучения ягодных культур

ФГБНУ ВНИИСПК, к.с.-х.н.

О.В. Панфилова

мл. науч. сотр. лаборатории биотехнологии

ФГБНУ ВНИИСПК

Н.В. Ряго