

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение  
школа «Перспектива» г. Томска  
Школа *in vitro*  
Томская область, г. Томск, ул. Никитина, 6

Исследовательская работа по теме:

**«МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ  
*IN VITRO* НА ГОРМОНАЛЬНЫХ СРЕДАХ»**

**Выполнила:**

Астамирова Софья Арбиевна, 9.2 класс

**Научный руководитель:**

Плотников Евгений Владимирович,  
учитель биологии

МАОУ Школа «Перспектива» г. Томск

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений .....	3
<b>Введение</b> .....	4
<b>1. Литературный обзор</b> .....	5
1.1. Ботаническое описание земляники садовой.....	5
1.2. Земляника садовая в культуре <i>in vitro</i> .....	5
1.3. Гормоны как стимуляторы развития растений.....	6
1.4. Растения на сити-ферме .....	6
<b>2. Материалы и методы</b> .....	8
2.1. Подбор сортов земляники садовой.....	8
2.2. Предмет исследования .....	8
2.3.1. Питательные среды для выращивания земляники .....	8
2.3.2. Стерилизация посуды, инструментов и питательных сред.....	9
2.4.1. Производство посева на питательные среды .....	10
2.4.2. Определение оптимальной среды.....	10
2.5.1. Получение чистой культуры земляники садовой .....	11
2.5.2. Жизнеспособность семян в культуре <i>in vitro</i> .....	11
2.6.1. Микрочлонирувание.....	11
2.7.1. Адаптация земляники садовой на сити-ферме .....	13
2.7.2. Жизнеспособность растений в культуре <i>ex vitro</i> .....	15
<b>3. Выводы</b> .....	16
<b>4. Заключение</b> .....	17
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	18

### **Список сокращений**

MC/MS – питательная среда Мурасиге-Скуга

MC0/MS0 – Мурасиге-Скуга с концентрацией сахарозы 0 г/л

QL – питательная среда Кворина-Лепуавра

6-БАП – 6-бензиламинопурин

ИУК – индолилуксусная кислота

## Введение

В современном мире важно выращивание экономически значимых сельскохозяйственных культур, пользующихся высоким спросом на рынке в большом объеме [1].

Одной из наиболее распространенных ягодных культур, выращиваемых в Северном полушарии умеренных зон, является земляника садовая. Значимыми ценностями этой культуры считаются скороплодность, скороспелость, подходящие органолептические качества и богатый биохимический состав. При этом, ремонтантная земляника способна закладывать генеративные почки при высокой температуре и плодоносить до глубокой осени.

Современное сельскохозяйственное производство требует использования высокотехнологических приемов для получения здорового посадочного материала и круглогодичной поставки продукции. Совокупный объем российского рынка, по разным оценкам, составляет 250 - 300 тысяч тонн в год. Около 20% клубники на российских прилавках импортная: в 2021 году в страну ввезли около 64 тысяч тонн [<https://journal.tinkoff.ru/>]. По причине того, что Томская область относится к зоне рискованного земледелия с достаточно продолжительным зимним периодом, возможность выращивания многих растений в открытом грунте существенно ограничена. В настоящее время обретает популярность культивирование растений на территории ситиферм, что полностью удовлетворяет решение вышеперечисленных проблем.

Помимо этого, необходимо получить защищенный от патогенов, генетически однородный посадочный материал. Данная задача достигается путем получения саженцев из культуры *in vitro*, где растения полностью свободны от возбудителей заболеваний. Для получения гомогенного материала используется технология микрклонального размножения.

Адаптация микрклонов к условиям *ex vitro* является заключительным этапом клонального микроразмножения. Одним из вариантов адаптации является гидропонная установка. На ситиферме происходит реализация полного биотехнологического цикла и обеспечение генетически однородным здоровым растительным материалом.

В связи с этим нами была поставлена цель: подобрать оптимальную концентрацию гормонов 6-БАП и ИУК для микрклонального размножения сорта Золушка.

Для достижения этой цели были поставлены задачи:

1. Подобрать оптимальную среду для культивирования земляники садовой;
2. Получить оздоровленную культуру;
3. Произвести микрклонирование;
4. Адаптировать растения на сити-ферме.

## 1. Литературный обзор

### 1.1. Ботаническое описание земляники садовой

Земляника садовая или земляника ананасная (лат. *Fragaria* × *ananassa*) – гибрид, между октоплоидными амерканскими видами земляники чиллийской (*Fragaria chiloensis*) и земляники виргинской (*Fragaria virginiana*), является культивеном.

Является многолетним травянистым растением рода Земляника семейства розовых. Имеет крупные тройчатые листья зелёного цвета, находящиеся на черешках высотой 20-25 см., соцветие - многоцветковый щиток. Цветки у *Fragaria* × *ananassa* обоеполые, пятилепестковые, белого цвета, с большим количеством тычинок и пестиков. Критическая температура заморозков для цветков составляет – 1,5°C. Плодами являются орешки, находящиеся на поверхности ягод. Ягоды обычно красные, розовые или белые, с красноватой, реже белой мякотью.

Ценность ягод земляники определяет высокое содержание в них фолиевой и аскорбиновой кислоты – 1,2 мг/г., витаминов В1, В2, РР, каротина и пектина. Такой состав обуславливает ценность земляники как продукта питания и ее полезные свойства для организма [[https://www.nexplorer.ru/news\\_11344.htm](https://www.nexplorer.ru/news_11344.htm)].

### 1.2. Земляника садовая в культуре *in vitro*

Метод выращивания растений в культуре *in vitro* позволяет получить генетически однородный, очищенный от вирусов посадочный материал, а также растений, пригодных для дальнейшего микроклонирования.

Эту культуру традиционно размножают вегетативно при помощи усов. Для ремонтантной земляники такой способ размножения мало эффективен, так как за период вегетации она образует 1-2 уса на одну розетку. Это связано с особенностью строения розетки и заложения вегетативных почек у ремонтантной земляники. Кроме того, при размножении земляники традиционно передаются многие болезни и, как следствие, снижаются характеристики сорта. Альтернативным методом вегетативного размножения растений является размножения *in vitro*. Биотехнологические подходы и приемы способствуют расширению сортимента, ускоренному внедрению новых гибридов ремонтантных сортов земляники, период плодоношения которых значительно продолжительнее, чем традиционных сортов, что особенно актуально для сибирского региона [Плаксина, 2016].

Существует несколько способов размножения растений *in vitro*:

1. Получение растений из дифференцированных тканей
2. Регенерация побегов из каллуса
3. Превращение каллуса в суспензию клеток
4. Получение растений укоренением боковых почек

Чаще всего используется методика размножения 4 способом.

Использование методов микроклонального размножения позволяет получать большее количество оздоровленного материала. В основе

микрклонального размножения лежат два различных этапа: укоренение и размножение *in vitro* и работа с полученным материалом в условиях *ex vitro*.

### 1.3. Гормоны как стимуляторы развития растений

В качестве улучшения ростовых показателей растений используются фитогормоны [Максимов, Клопов, Гончаров, 2021]. Концентрация используемых гормонов зависит от видовых и сортовых особенностей растения. Фитогормоны и другие стимулирующие вещества должны подбираться в зависимости от потребностей растения. Функции фитогормонов указаны в таблице 1.

Таблица 1. Функции фитогормонов

ГОРМОН	ФУНКЦИИ	МЕСТО СИНТЕЗА
Цитокинины	Действие цитокининов в основном направлено на дифференцировку клеток. Участвуют в снятии апикального доминирования, развитии хлоропластов, открытии устьиц, подавлении роста боковых корней и стимуляции партенокапии.	Корни, стебли, листья, камбий и другие активно делящиеся ткани.
Гиббереллины	Выполняют функции, связанные контролем с удлинением гипокотилия, прорастания семян, цветения.	Листовые примордии и молодые листья.
Ауксины	Стимулируют рост плодов и побегов растений, апикальное доминирование, фототропический рост, положительный геотропизм корней, оказывают влияние на дифференцировку клеток	Молодые листья и их примордии.

Для каждого сорта земляники садовой подбирается наиболее оптимальная концентрация представленных гормонов. В зависимости от нее меняются физиологические процессы растения, влияющие на формирование растения. Важным этапом микрклонального является ризогенез, представляющий собой процесс развития корня. Необходимый этап размножения, так как хорошо развитая корневая система положительно влияет на развитие организма в целом. На этапе ризогенеза используются фитогормоны: ИУК, БАП и гиббереллины.

### 1.4. Растения на сити-ферме

При получении оздоровленной культуры растений и микрклонов стоит задача поддерживать их состояние и стимулировать физиологическое развитие. Для достижения этой задачи растения пересаживаются на сити-ферму. Сити-ферма – комплекс технологического оборудования и производственных процессов для выращивания экологически чистых растений в черте города [<https://kvantoriumtomsk.ru/>].

Одним из активно используемых на гидропонике субстратом является минеральная вата. Однако минеральная вата неустойчива к засолению и содержит компоненты, способные взаимодействовать с питательным раствором, что усложняет контроль минерального питания. В связи с этим используется кокосовый субстрат, который абсолютно инертен [Каретников А., 2021].

При переносе растений на сити-ферму устьчный аппарат растений продолжает работать также активно, как в пробирочной культуре, где поддерживается высокая влажность. Для недопущения гибели саженцев используется метод адаптации растений к условиям *ex vitro* путем ограничения транспирации. Транспирация — процесс движения воды через растение и её испарение через наружные органы растения. Поверхность листа покрыта структурами, называемыми устьицами и у большинства растений большая часть устьиц находится на нижней части листа. Устьица ограничены замыкающими клетками и сопровождающими клетками (вместе известными как устьичный комплекс), которые открывают и закрывают устьичные щели. Транспирация проходит через устьичные щели и нужна для открытия устьиц для доступа углекислого газа, необходимого для фотосинтеза. Транспирация также охлаждает растение, изменяет осмотическое давление в клетках и обеспечивает движение воды и питательных веществ от корней к побегам. Растение регулирует свой уровень транспирации с помощью изменения размера устьичных щелей. На уровень транспирации также влияет состояние атмосферы вокруг листа, влажность, температура и солнечный свет, а также состояние почвы и её температура и влажность. Кроме того, надо учитывать и размер растения, от которого зависит количество воды, поглощаемой корнями и, в дальнейшем, испаряемой через листья [<http://bibliotekar.ru/>].

## 2. Материалы и методы

### 2.1 Подбор сортов земляники садовой

Для проведения исследования были взяты сорта раннеспелой ремонтантной земляники – Барон Солемахер, Александрина, Руяна, Золотинка, Золушка. Сорта ремонтантной земляники характеризуются тем, что дают за сезон до 2-3 урожаев, отличаются быстрым созреванием ягод. [<https://orton.ru/>]

Отличительными особенностями сортов:

1. Барон Солемахер – нежный аромат плодов и сладкий вкус ягодной мякоти, до 5г.;
2. Александрины – ароматное цветение и вкусные, умеренно крупные плоды весом до 8г.;
3. Золотинки – золотисто-кремовые плоды весом до 11 г. Ягода сладкая, ароматная с белой мякотью;
4. Руяны – насыщенный аромат и вкус, вес ягоды до 8г.
5. Золушки – ярко-красные ягоды с оранжевым оттенком, ягода до 8 г.

Самое главное отличие данных сортов от других заключается в том, что сорта предназначены для выращивания земляники из семян, а не из розеток.



Рисунок 1 – Ремонтантные сорта земляники садовой

### 2.2 Предмет исследования

Этапы микроклонального размножения:

1. Выбор растения-донора, изолирование эксплантов и получение хорошо растущей стерильной культуры;
2. Микроразмножение;
3. Укоренение размноженных побегов с последующей адаптацией их к почвенным условиям.

#### 2.3.1 Питательные среды для выращивания земляники

Существует несколько искусственных сред, предназначенных для культивирования растений в условиях *in vitro* – Хеллера, Кнудсона, Гамборга, Кворина-Лепуавра и Мурасиге-Скуга. Выбор наиболее оптимальной среды значительно влияет на развитие растений. Наиболее популярной средой для осуществления размножения является Мурасиге-Скуга. Это универсальная среда

для выращивания растительной культуры клеток или целых растений *in vitro* [Murashige, Skoog, 1962]. Была придумана физиологами растений Тошио Мурасиге и Фольке К. Скугом в 1962 году. Часто используемая в лабораторной практике среда для экспериментов на культуре растительных клеток. Является универсальной за счёт неорганического источника азота, необходимого растениям. Состав питательных сред Мурасиге-Скуга и Кворина-Лепуавра представлен в таблице 2.

Таблица 2. Состав питательных сред Мурасиге-Скуга и Кворина-Лепуавра

Компоненты	Мурасиге-Скуга, мг/л	Кворина-Лепуавра, мг/л
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1650	400
KNO <sub>3</sub>	1900	1800
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	170	270
MgSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O	370	360,4
CaCl <sub>2</sub> *2H <sub>2</sub> O	440	-
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> *4H <sub>2</sub> O	-	833,8
FeSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O	27,8	27,8
Na <sub>2</sub> ЭДТА	37,3	37,3
MnSO <sub>4</sub> *4H <sub>2</sub> O	22,3	-
MnSO <sub>4</sub> *2H <sub>2</sub> O	-	0,76
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	6,2	6,2
ZnSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O	8,6	8,6
KI	0,83	0,08
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> *2H <sub>2</sub> O	0,25	0,25
CuSO <sub>4</sub> *5H <sub>2</sub> O	0,025	0,025
CoCl <sub>2</sub> *6H <sub>2</sub> O	0,5	0,025

Помимо MS, распространенной средой для культивирования *in vitro* является QL. На данный момент актуально выявить наиболее подходящую среду из самых популярных.

### 2.3.2 Стерилизация посуды, инструментов и питательных сред

Горлышки колб с приготовленной питательной средой оборачивались фольгой и бумагой, пластиковые контейнеры – бумагой, биологические пробирки – фольгой и бумагой. Далее посуду стерилизовали автоклавированием при 121 °С в течение 30 минут. Биологические пробирки, стерилизовались сухим жаром при 160 °С в течение 120 минут. Остальные инструменты, необходимые для проведения посева были простерилизованы 96% спиртом в ламинарном шкафу.



Рисунок 2 – Приготовление питательной среды



Рисунок 3 – Питательная среда на мешалке

#### 2.4.1 Производство посева на питательные среды

Для получения оздоровленной культуры пяти сортов земляники садовой семена высаживались на питательные среды в ламинарном боксе, позволяющий произвести посев семян в стерильных условиях. Прежде чем посадить, семена обработали стерилизующим раствором: дистиллированная вода, спирт, перекись водорода в соотношении 40:3:3. Посев производился на питательные среды MSO и QL. Было высажено по 200 семян сорта Александрина на каждую среду. Растения росли при температуре +23°C и интенсивностью освещения равной 9000 lux, под светодиодными светильниками с цветовой температурой 2700 К.



Рисунок 4 – Посев семян в ламинарном боксе



Рисунок 5 – Земляника в условиях *in vitro*

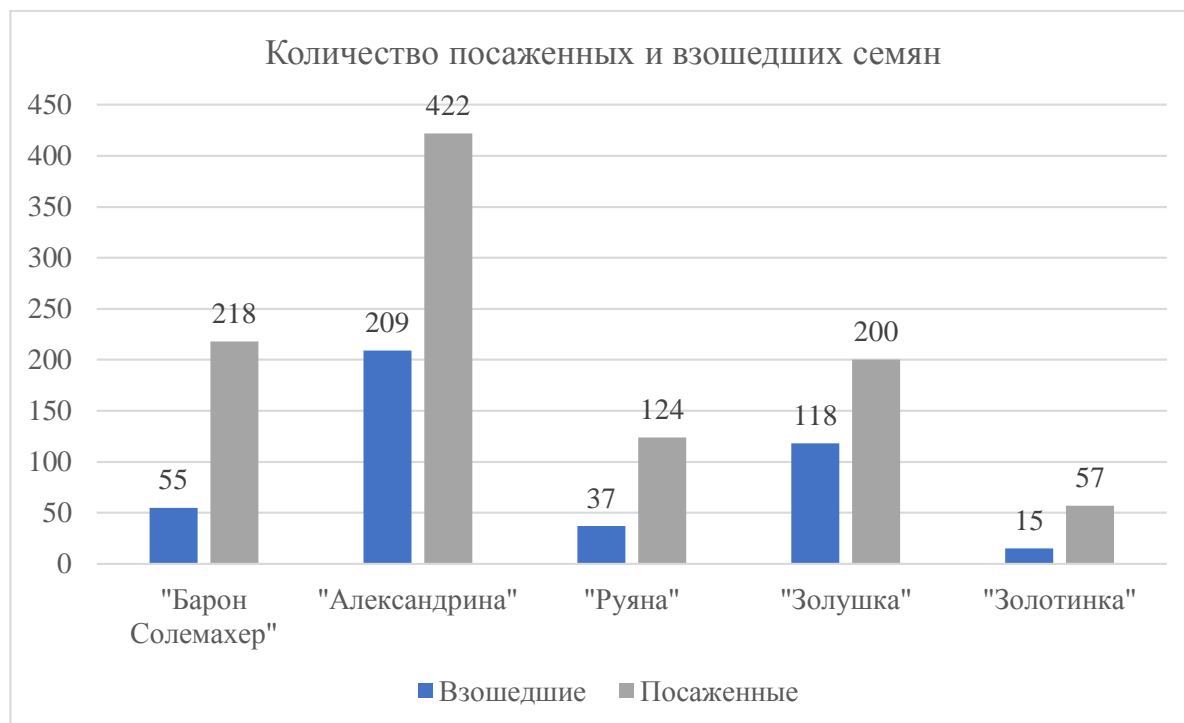
#### 2.4.2 Определение оптимальной среды

Было посчитано количество взошедших семян и определены показатели жизнеспособных растений. На среде MS проросло 54,3% семян, в то время как среда QL дала всхожесть в 20,8%. В дальнейшей работе было решено использовать питательную среду MS, как субстрат для культивирования земляники в условиях *in vitro*.

### 2.5.1 Получение чистой культуры земляники садовой

Оздоровленный материал земляники садовой получили всего 1021 семя, 422 из которых приходилось на Александрина, 218 – на Барона Солемахера, 200 – на Золушку, 124 – на Руяну и 57 – на Золотинку. Сеянцы росли при тех же условиях – температура +23°C, интенсивность освещения равная 9000 люкс, с цветовой температурой светодиодных светильников 2700 К.

### 2.5.2 Жизнеспособность семян в культуре *in vitro*



Гистограмма 1 – Количество посаженных и взошедших семян

В общей сложности мы получили 65,1% от посаженных семян. Наибольшую продуктивность дал сорт Золушка – 59%. Было решено использовать данный сорт земляники для микроклонирования, по причине его жизнестойкости.

#### 2.6.1. Микроклонирование

По истечению трех месяцев растения достигли размеров, пригодных для микроклонирования (стебель  $\approx$  6,5см).

Перед размножением они подверглись обработке стерилизующим раствором. Далее образовавшиеся почки отделяли от материнского растения и высаживались в среду.

Для установления наиболее оптимальных гормонов и их концентрации было приготовлено 5 сред: MSO, MS + ИУК 0,5мг/мл., MS + ИУК 1мг/мл., MS + БАП 0,5мг/мл., MS + БАП 1мг/мл. На одну среду пришлось по 6 пробирок объемом 50мл.



Рисунок 6 – Почка на среде MS0



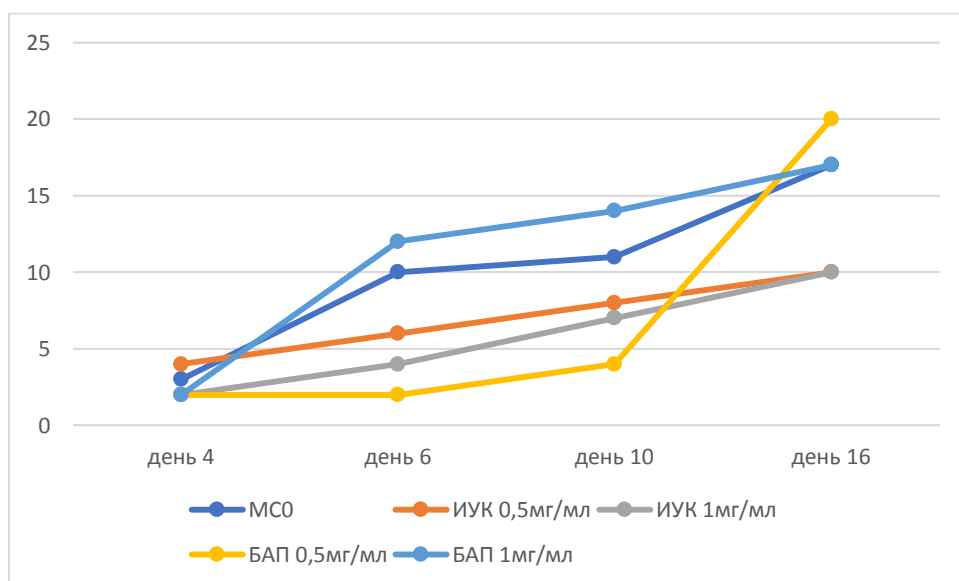
Рисунок 7 – Микроклоны

### 2.6.2. Определение оптимальной концентрации гормонов

Количество новообразовавшихся листьев представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Количество новообразовавшихся листьев

Гормоны	день 4	день 6	день 10	день 16
MS0	3	10	11	17
ИУК 0,5мг/мл	4	6	8	10
ИУК 1мг/мл	2	4	7	10
БАП 0,5 мг/мл	2	2	4	20
БАП 1мг/мл	2	12	14	17



Гистограмма 2 – Скорость образования листьев у микроклонов

Всего из 30 микроклонов прижилось 16. По прошествии шести дней растения укоренились, стали образовываться новые экспланты. Наибольшую продуктивность в этом русле показали клоны на среде БАП 0,5мг/мл, что также подтверждается в статье Т. В. Плаксиной «Микроразмножение земляники садовой сорта Московский деликатес». Характерной чертой относительно образовавшихся листов для растений, высаженных на ИУК 0,5мг/мл. стало образование ростков в корнях. По данным из таблицы, MS0 и MS + БАП 1мг/мл одинаково стимулируют развитие листьев, что показывает, что данная концентрация не оказывает положительного эффекта на растение. Неподходящим для образования вегетативных побегов оказался гормон ИУК в концентрациях 0,5мг/мл и 1мг/мл. Количество новообразовавшихся корней представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Количество новообразовавшихся корней, шт.

Гормон	Корни, шт.
MS0	6
ИУК 0,5мг/мл	4
ИУК 1мг/мл	30 <
БАП 0,5мг/мл	2
БАП 1мг/мл	2

Наиболее оптимальным гормоном для корнеобразования оказался ИУК в концентрации 1мг/мл. Длина стеблей указана в таблице 5.

Таблица 5 – Длина стеблей, см.

Гормоны	№1	№2	№3	№4
MS0	50	5	30	70
ИУК 0,5мг/мл	20	54	10	
ИУК 1мг/мл	24	23	31	10
БАП 0,5 мг/мл	45	37		
БАП 1мг/мл	16	60	40	

Высокие результаты в развитии стебля в данном исследовании показали растения, растущие на среде MS0, не стимулирующей развитие вегетативных побегов. Такие же данные приводятся в работе Т. В. Плаксиной «Микроразмножение земляники садовой сорта Московский деликатес». Растения, растущие в питательной среде с гормонами ИУК и БАП в концентрациях 0,5мг/мл. дали низкие показатели относительно роста стебля.

### 2.7.1. Адаптация земляники садовой на сити-ферме

Завершающим этапом культивирования земляники является пересадка подросших растений на гидропонику. Субстрат для выращивания земляники на сити-ферме готовился из смеси кокосовых чипсов и кокосового торфа в отношении 1/3 частям. Смесь промывается раствором кальциевой селитры (1600ppm) для удаления ионов натрия из кокоса, затем вымачивали 2 суток в растворе «YaraLiva Calcinit» при ЕС=1600ppm и 1 сутки в растворе этого же удобрения при ЕС=700ppm.



Рисунок 8 – Адаптация земляники

На сити-ферму с системой капельного полива было перенесено 80 растений. Условия выращивания изменили, повысив интенсивность освещения до 17000 lux. Минеральное питание обеспечили подачей экспериментальной среды в количестве 350мл/сут. на растение. Состав экспериментальной питательной среды представлен в таблице 6

Таблица 6 – Состав экспериментальной питательной среды

	Для вегетации	Для плодоношения
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	180 г	230 г
$\text{KNO}_3$	10 г	8 г
Удобрение Rexolin	3 г	2 г
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	64 г	74 г
$\text{K}_2\text{SO}_4$	10 г	58 г
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	40 г	28 г
$\text{KNO}_3$	58 г	62 г
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	16 г	16 г
$\text{H}_3\text{BO}_3$	0,2 г	0,2 г
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,04 г	0,04 г
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,6 г	0,6 г
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,02 г	0,02 г
$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,6 г	0,4 г

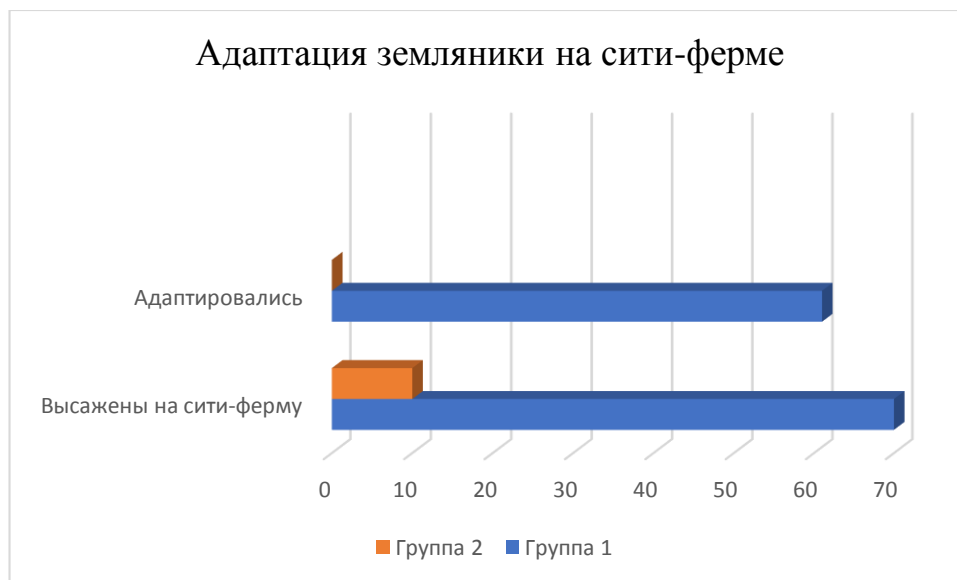
Так как у растений в пробирочной культуре нарушен газообмен и практически не функционирует устьичный аппарат, что при пикировке может послужить причиной гибели микропобегов от избыточной транспирации или грибковых заболеваний, необходимо осуществить процедуру адаптации к условиям *ex vitro*. Группу №1 из 70 растений накрыли прозрачными пластиковыми стаканами объемом 0,2 л, и открывали раз в 24 часа: сначала на 10 мин, а затем постепенно увеличивали длительность в соответствии с информацией из таблицы. Таким образом, растения адаптировали к пониженной влажности воздуха. Контрольную группу (№2) из 10 растений не адаптировали



Рисунок 9 – Земляника на сити-ферме

данным методом для подтверждения необходимости метода адаптации путем ограничения транспирации.

### 2.7.2 Жизнеспособность растений в культуре ex vitro



Гистограмма 3 – Адаптация земляники на сити-ферме.

Выживаемость растений, адаптированных экспериментальным методом составила 86,7%, в то время как в контрольной группе коэффициент составил 0.

### 3. Выводы

1. Подбор наиболее оптимальной питательной среды среди двух предложенных, Мурасиге-Скуга и Кворина-Лепуавра, определил, что МС является подходящей для культивирования земляники садовой в культуре *in vitro*, так как по результатам всхожести на этой среде всхожесть семян составила 54,3%, в противопоставление этому коэффициент всхожести на QL был равен 20,8%, что практически в 2,5 раз меньше;

2. Оздоровленная культура земляники садовой была получена в количестве 665 растений. Общий процент приживаемости составил 65,1%.

3. Выявлено, что концентрация гормона БАП 0,5мг/мл оказывает значительную стимуляцию на развитие вегетативных побегов. Также было выяснено, что активизировать корнеобразование возможно гормоном ИУК в концентрации 1мг/мл.

4. Адаптация экспериментальным методом прошла успешно для всех эксплантатов. Коэффициент приживаемости контрольной группы составил 0, что показывает необходимость проведения процедуры адаптации.

#### 4. Заключение

В проведенной работе мы установили, что наиболее подходящей средой для культивирования земляники садовой в культуре *in vitro*, из двух самых популярных: MS и QL, является MS, так как всхожесть семян в 2,5 раз больше, чем на альтернативной среде.

Также мы определили гормон, оптимальный для микроклонального размножения сорта Золушка, и его концентрацию – 6-БАП 0,5мг/л. Также было выявлено, что стимуляция на укоренение происходила на среде MS с концентрацией гормона ИУК 1мг/мл.

В дальнейшем планируется сравнение влияния концентрации гиббереллинов на рост и развитие растений.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Князева И. В. Изучение особенностей ризогенеза у нового сорта земляники садовой *in vitro* // Плодоводство и ягодоводство – 2016. – Том XXXXVI. – С. 139-142.
2. Маркова М. Г. Приемы повышения укореняемости микропобегов земляники садовой в культуре *in vitro* / М. Г. Маркова, Е. Н. Сомова // Вестник Марийского государственного университета серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». – Ижевск – 2017. – Т. 3. № 2 (10). – С. 34-38.
3. Маркова М. Г. Влияние регулятора роста НВ-101 и экспериментальных светодиодных фитооблучателей на ризогенез земляники садовой (*Fragaria Ananassa Duch*) в условиях *in vitro* / М. Г. Маркова, Е. Н. Сомова // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. - № 4 (60). – С. 28-33.
4. Катаева Н. В. Клональное микроразмножение растений / Н. В. Катаева, Р. Г. Бутенко // Москва : Наука, – 1983. - 97 с.
5. Бородаева Ж. А. Влияние различных источников углеводного питания на ризогенез микрочеренков ягодных культур в условиях *in vitro* / Ж. А. Бородаева, С. А. Муратова, С. В. Кулько, Л. А. Тохтарь // Биологические науки. – Белгород, Мичуринск – 2017.
6. Манжелесова Н. Фитогормоны и фенольные соединения в борьбе с болезнями растений / Н. Манжелесова, А. Волынец // Наука и инновации. – 2015. – С. 62-65.
7. Вечернина Н. А. Адаптация растений-регенерантов с использованием гидропоники / Н. А. Вечернина, О. К. Таварткиладзе, И. Д. Бородулина, А. А. Эрст // Известия Алтайского государственного университета – 2008. – С. 7-10
8. Бородулина И. Д. Адаптация растений-регенерантов земляники садовой сорта Московский Деликатес к условиям *ex vitro*. *Acta Biologica Sibirica* / И. Д. Бородулина, Т. В. Плаксина // *Acta Biologica Sibirica*. Промышленные биотехнологии – 2015 – 1 (1-2), С. 74-84.
9. Murashige T. and Skoog F. (1962) A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant* 15(3): 473—497.