

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

«Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева»

Институт Геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова

Кафедра Химической и биохимической инженерии

Мурзагалиева Лилия Галимжановна
«Влияние стимуляторов роста на основе янтарной кислоты на образование и
рост адвентивных корней комнатных растений»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B07110-Химическая и биохимическая инженерия

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К. И. Сатпаева

Институт Геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова

Кафедра Химической и биохимической инженерии

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
«Химическая
и биохимическая
инженерия»
доктор PhD
А. А. Амитова
« » 2024 г.



ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Влияние стимуляторов роста на основе янтарной кислоты на образование и рост адвентивных корней комнатных растений»

По образовательной программе 6B07110-Химическая и биохимическая инженерия

Выполнил

Мурзагалиева Л. Г.

Рецензент
Канд. хим. наук.
ТОО "Опытное хозяйство масличных культур", зав. лабораторией масличных культур

С. Григорчук Григорчук Н. Ф.
«11» 06 2024 г.

Научный руководитель
Канд. тех. наук, асс. профессор

С. К. Кабдрахманова Кабдрахманова С. К.

«11» 06 2024 г.

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К. И. Сатпаева

Институт Геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова

Кафедра Химической и биохимической инженерии

6B07110-Химическая и биохимическая инженерия

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
«Химическая
и биохимическая
инженерия»
доктор PhD
А. А. Амитова
«__» _____ 2024 г.



ЗАДАНИЕ

На выполнение дипломного проекта
Обучающемуся: Мурзагалиевой Лилии Галимжановной

Тема: «Влияние стимуляторов роста на основе янтарной кислоты на образование и рост адвентивных корней комнатных растений».

Утверждена приказом проректора по академической работе университета № 548 П/Ө от «04» декабря 2023 г.

Срок сдачи законченной работы «4» июня 2024 г.

Исходные данные к дипломной работе получены на основе экспериментальных, расчетных и лабораторных работ:

Краткое содержание дипломного проекта:

- а) введение, литературный обзор;
- б) экспериментальная часть;
- в) результаты и их обсуждение;
- г) заключение.

Перечень графического материала: *представлены*

Рекомендуемая основная литература: *из 25 наименований.*

ГРАФИК

подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Литературный обзор	Февраль — апрель	Выполнено
Экспериментальная часть	Апрель	Выполнено
Результаты и их обсуждение	Май – июнь	Выполнено
Заключение	Май — июнь	Выполнено

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы.

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. Степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Экспериментальный часть	Кабдрахманова С. К. кандидат технических наук, Кабдрахманова А. К. докторант	11.06.2024	
Результаты и их обсуждение	Кабдрахманова С. К. кандидат технических наук, Кабдрахманова А. К. докторант	11.06.2024	
Нормоконтролер	Кабдрахманова С. К. кандидат технических наук, Кабдрахманова А. К. докторант	11.06.2024	

Научный руководитель

 Кабдрахманова С. К.

Задание принял к исполнению обучающийся

 Мурзагалиева Л. Г.

Дата

«11» 06 2024 г.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс шолу жасау кезінде 27 ғылыми әдебиет көзі қарастырылған.

«Янтарь қышқылы негізіндегі өсу стимуляторының бөлме өсімдіктердің қосымша тамырларының қалыптасуы мен өсуіне әсері» тақырыбындағы ғылыми-зерттеу жұмысы 36 беттен, 20 суреттен, 1 кестеден, 4 графиктен тұрады.

Өсу реттегіштерінің оңтайлы концентрациясын қолдана отырып, бөлме өсімдіктерінің жасыл қаламшелеу технологиясын жетілдіру және оның традесканция өсімдігінің қосалқы тамырларының түзілуі мен өсуіне әсерін зерттеу. Осы дипломдық жұмыста янтарь қышқылы негізіндегі өсу стимуляторларының әсерінен өсімдіктердің қосалқы тамырларының түзілуі мен өсу мәселелері қарастырылған. Зерттеу жұмысы өсімдікке зертханалық жағдайда, коммерциялық және арнайы дайындалған өсу стимуляторларының ерітінділерін пайдалана отырып жүргізілді. Жұмыс тақырып бойынша әдебиетке шолуды, зерттеу әдістемесін сипаттауды, эксперимент нәтижелерін және олардың талқылауын, сондай-ақ янтарь қышқылының тамыр түзу процесіне әсері туралы қорытындыларды қамтиды.

Түйінді сөздер: қосалқы тамырлар, янтарь қышқылы, ауксин, тамыр түзу.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа на тему «Влияние стимуляторов роста на основе янтарной кислоты на образование и рост адвентивных корней комнатных растений» включает 37 страниц, 20 рисунков, 1 таблицу, 4 графика. Обзор литературы выполнен при изучении 25 источников научной литературы.

Целью работы является усовершенствование технологии зеленого черенкования комнатных растений с использованием оптимальной концентрации регуляторов роста на основе янтарной кислоты и исследование её влияния на формирование и рост дополнительных корней у растения традесканция. В данной дипломной работе рассматриваются вопросы формирования и роста дополнительных корней у растений под воздействием стимуляторов роста на основе янтарной кислоты. Исследование проводилось на различных растениях в лабораторных условиях с использованием как коммерческих, так и специально приготовленных растворов стимуляторов роста. Работа включает обзор литературы по теме, описание методологии исследования, результаты экспериментов и их обсуждение, а также выводы о влиянии янтарной кислоты на процесс корнеобразования.

Ключевые слова: адвентивные корни, янтарная кислота, ауксин, корнеобразование.

ANNOTATION

The study titled "The Influence of Growth Regulators Based on Succinic Acid on the Formation and Growth of Adventitious Roots in Indoor Plants" consists of 36 pages, 20 figures, 1 table, and 4 graphs. The literature review was conducted by studying 27 sources of scientific literature.

The objective of this study is to improve the technology of green cuttings of indoor plants using the optimal concentration of growth regulators based on succinic acid and to investigate its effect on the formation and growth of adventitious roots in *Tradescantia*. This thesis addresses the issues of formation and growth of adventitious roots in plants under the influence of growth stimulators based on succinic acid. The research was conducted on various plants in laboratory conditions using both commercial and specially prepared solutions of growth stimulators. The work includes a literature review on the topic, a description of the research methodology, the results of the experiments and their discussion, as well as conclusions on the effect of succinic acid on the root formation process.

Keywords: adventitious roots, succinic acid, auxin, root formation.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	11
1.1 Понятие адвентивных корней и их роль в жизнедеятельности растений	11
2. Стимуляторы роста растений	16
2.1 Роль стимуляторов роста на основе янтарной кислоты в росте и развитии растений	16
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	18
3.1 Материалы и база исследования	18
3.2 Методы исследования	19
3.2.1 Получение комплекса на основе янтарной кислоты и серебра	19
3.2.2 Титрование комплекса SA – Ag	20
3.2.3 Интерпретация графика	21
3.4 Микрклональное размножение растений и наблюдение	23
3.4.1 Процесс черенкования	23
3.4.2 Фенологическое наблюдение черенкованных растений	24
3.5 Результаты фенологического анализа	33
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	35
Список использованной литературы	36

ВВЕДЕНИЕ

В условиях усиленного влияния антропогенных факторов на городскую среду разведение комнатных растений становится особенно важным. Комнатное цветоводство является значимой частью растениеводства, способствуя созданию дизайна как внутри помещений, так и на открытых площадках. Комнатные растения, размещенные в административных и офисных зданиях, аэропортах, магазинах, жилых домах и квартирах, не только приносят эстетическое удовольствие, но и очищают воздух, оказывая иногда лечебное воздействие. Совершенствование технологий выращивания комнатных растений приобретает особую актуальность.

Зеленое черенкование признано эффективным методом вегетативного размножения для многих культур, что обусловлено его влиянием на корнеобразование. Технологии выращивания комнатных растений также включают использование биостимуляторов, которые положительно влияют на их рост, развитие и цветение.

Регуляторы роста применяются для активизации жизненных процессов растений и выполняют множество полезных функций, таких как стимулирование ростовых процессов, образование почек и корней.

В настоящее время, в связи с активным поиском препаратов, являющихся физиологичными и не несущих опасности для человека и окружающей среды, значительно возрос интерес к янтарной кислоте (ЯК) (этан-1,2-дикарбоновая кислота, бутандиовая кислота; природный миметик салициловой кислоты; $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$), как к стимулятору продуктивности и устойчивости растений. Существенное преимущество применения ЯК в растениеводстве перед другими биостимуляторами состоит в том, что при весьма незначительных применяющихся для обработки дозах экзогенной ЯК, ее можно получать в больших количествах недорогим способом. Поэтому дальнейшее изучение применения ЯК в качестве биостимулятора и адаптогена растений является весьма перспективным направлением как с экологической, так и с экономической точки зрения.

Современное растениеводство требует применения экологически чистых и эффективных стимуляторов роста. Одним из таких является янтарная кислота, известная своими положительными эффектами на растения. Ее применение способствует улучшению метаболических процессов, увеличению всхожести семян, стимуляции роста корней и побегов, а также повышению устойчивости растений к стрессовым условиям. Янтарная кислота является природным соединением, присутствующим в цикле Кребса, и играет ключевую роль в энергетическом обмене клеток.

Актуальность

Современное сельское хозяйство, растениеводство сталкивается с рядом вызовов, таких как необходимость повышения урожайности, улучшения качества продукции и устойчивости к неблагоприятным условиям окружающей среды. В этом контексте использование природных биостимуляторов, таких как янтарная кислота, становится все более

актуальным. Янтарная кислота является экологически безопасным и эффективным средством, которое может значительно улучшить рост и развитие растений. Несмотря на многочисленные исследования, её влияние на образование и рост адвентивных корней у комнатных растений изучено недостаточно, что делает данное исследование особенно важным.

Цели и задачи исследования

Целью работы является определение влияния стимуляторов роста на основе янтарной кислоты на образование и рост адвентивных корней комнатных растений.

Усовершенствование фитотехнологии зеленого черенкования комнатных растений при использовании оптимальной концентрации регуляторов роста на основе янтарной кислоты и изучение ее влияния на образование и рост адвентивных (придаточных) корней традесканции белоцветковой. Изучение ее влияния на образование и рост адвентивных (придаточных) корней традесканции белоцветковой. Определить метод с высокими показателями прорастания. Актуальность изучения подобных комплексов помогает определить их роль в росте, развитии и улучшении устойчивости растений.

Для выполнения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

- Проведение литературного обзора по теме исследования;
- Синтез стимуляторов роста на основе янтарной кислоты;
- Выполнение микроклонального размножения растений *Tradescantia (Albiflora Kunth)* в условиях *in vitro*;
- Изучение влияния синтезированного комплекса на рост и развитие растений *Tradescantia* в условиях *in vitro*.

База исследования - кафедра химической и биохимической инженерии и лаборатория «Научный центр композитных материалов» (НЦКМ).

1. Литературный обзор

1.1. Понятие адвентивных корней и их роль в жизнедеятельности растений

Образование адвентивных корней представляет собой органогенный процесс, регулируемый на нескольких уровнях и имеющий решающее значение для успешного вегетативного размножения многих видов растений. Этот процесс полезен в лесном хозяйстве и садоводстве для колониального размножения и сохранения элитной зародышевой плазмы.

Знания о механизмах, влияющих на формирование адвентивных корней, все еще недостаточны. Исследования, посвященные тому, как дифференцированные соматические клетки меняют свою судьбу и превращаются в корневые меристематические клетки, особенно с учетом возраста и созревания растений, являются приоритетными. Было предложено несколько гипотез, включающих независимые факторы и механизмы перепрограммирования клеток для индукции корневых меристем.

Процесс динамического изменения клеточной судьбы при формировании адвентивных корней зависит от регуляторных взаимодействий на различных уровнях, включая пространственно-временные сигналы клеток и тканей, гормональные взаимодействия, ключевые регуляторы транскрипции и изменения в экспрессии генов, отвечающих за органогенез. Эти факторы позволяют дифференцированным соматическим клеткам реактивировать программы, ведущие к образованию корневой меристемы.

Недавние исследования транскриптома и протеома адвентивных корней у трудно- и легкоукореняющихся видов деревьев показали, что ауксин и другие факторы, такие как перекись водорода и этилирование, играют значительную роль. Были отмечены реакции на ранения и стресс, гормональный метаболизм, углеводный и энергетический обмен, клеточный цикл и динамика, а также регуляция транскрипции в процессе формирования адвентивных корней у различных деревьев. Несмотря на увеличение знаний о молекулярных основах укоренения, остается малоизученным, как эти сигнальные пути влияют на поведение клеток и как изменения их идентичности отражаются на передаче сигналов в процессе развития.

Большинство видов растений требуют экзогенной обработки ауксином для индукции адвентивных корней. Ауксин накапливается в местах укоренения апикальной меристемы и в растущих тканях. Индукция укоренения зависит от экзогенного ауксина и его локализации в клетках. Нарушение накопления ауксина с помощью ингибиторов его транспорта приводит к образованию ксилемы и подавляет укоренение. Писарро и Диас-Сала показали, что клетки ксилемы у укореняющихся черенков сосны могут следовать разным путям развития, включая адвентивную корневую меристему или дифференциацию камбия и ксилемы, в зависимости от присутствия ауксина и направления его потока.

Изучение механизмов образования и роста адвентивных корней у комнатных растений является важным аспектом ботаники и растениеводства. Адвентивные корни, которые развиваются из тканей, отличных от первичного корня, играют ключевую роль в поглощении воды и питательных веществ, а также обеспечивают структурную поддержку растения. Эти корни особенно важны для вегетативного размножения многих культурных растений.

Недавние результаты показали, что регуляция образования адвентивных корней в побегах у однодольных растений представляет собой адаптивную реакцию на дефицит питательных веществ и воды, которая улучшает кормление верхнего слоя почвы.

Формирование адвентивных корней (АК) регулируется сложными взаимодействиями между гормонами и генами. Основными гормонами, участвующими в этом процессе, являются ауксины, цитокинины и этилен. Ауксины играют центральную роль, инициируя процесс образования корней путем активации специфических генов и сигнальных путей. Цитокинины и этилен взаимодействуют с ауксинами, усиливая или подавляя их действие в зависимости от условий окружающей среды.

Важным аспектом является регуляция генов семейства *WOX* (*WUSCHEL*-related homeobox) и *ARF* (Auxin Response Factors), которые контролируют начальные стадии формирования АК. Например, в рисе (*Oryza sativa*) гены *WOX11* и *WOX12* участвуют в инициации корней, подавляя негативные регуляторы цитокининов, такие как *OsRR2*. В то время как у маиса (*Zea mays*) ключевую роль играет ген *RTCS*, который регулирует формирование корней в ответ на ауксины.

1.2 Экологические факторы и стрессовые условия. Генетические исследования

Формирование АК также является адаптивным ответом на различные стрессовые условия. В условиях нехватки воды или водонасыщения растения развивают АК для улучшения захвата воды и питательных веществ. Например, у пшеницы (*Triticum aestivum*) водонасыщение вызывает образование корней с аэренхимой, что способствует газообмену и улучшает поглощение воды и питательных веществ. В этих условиях ключевую роль играют этилен и реактивные кислородные формы (ROS), которые взаимодействуют с ауксинами для индукции роста адвентивных корней.

Генетические исследования. Современные генетические и геномные исследования выявили ряд генов, участвующих в формировании адвентивных корней. Например, в резуховидке (*Arabidopsis thaliana*) было обнаружено, что микроРНК (miRNA) играют важную роль в регуляции этого процесса. *miR160* и *miR167* регулируют экспрессию генов *ARF* (Auxin Response Factors), которые, в свою очередь, контролируют уровень ауксинов в клетках и инициируют образование АК. В лотосе (*Nelumbo nucifera*) было идентифицировано 240 микроРНК, участвующих в различных этапах

формирования АК, что подчеркивает важность посттранскрипционной регуляции в этом процессе.

miR160 и miR167 — это микроРНК (miRNA), которые играют важную роль в регуляции генов, участвующих в различных биологических процессах у растений, включая формирование адвентивных корней.

miR160 функции: miR160 регулирует экспрессию генов ARF (Auxin Response Factors), которые являются ключевыми в сигнальном пути ауксинов. Ауксины — это гормоны, которые играют центральную роль в росте и развитии растений, включая инициацию корнеобразования. Основными мишенями miR160 являются гены ARF10, ARF16 и ARF17. miR160 подавляет их экспрессию, что позволяет контролировать баланс ауксинов в клетках и запускать процессы дифференциации и роста корней. miR160 помогает регулировать начальные стадии формирования адвентивных корней, контролируя активность ауксиновых сигнальных путей, что обеспечивает правильное развитие корневой системы.

miR167. miR167 также участвует в регуляции генов ARF, однако его мишенями являются ARF6 и ARF8. Эти гены связаны с регуляцией ауксинового ответа в различных тканях растений. miR167 подавляет экспрессию ARF6 и ARF8, что влияет на множество процессов, включая цветение, формирование плодов и корнеобразование. miR167 играет критическую роль в инициации и развитии корней, регулируя ауксиновую сигнализацию и обеспечивая адаптивный ответ на различные экологические условия.

1.3 Примеры и функции адвентивных корней.

Размножение и выживание растений.

Адвентивные корни важны для вегетативного размножения растений. Например, у многих комнатных растений, таких как фикус и филодендрон, они позволяют растениям укореняться из черенков, обеспечивая быстрый и эффективный способ размножения.

Поглощение воды и питательных веществ.

Эти корни увеличивают площадь поверхности корневой системы, что позволяет растению лучше поглощать воду и питательные вещества из почвы. Это особенно важно в условиях дефицита воды, когда дополнительная корневая система помогает растению выживать.

Адаптация к неблагоприятным условиям.

Адвентивные корни помогают растениям справляться с неблагоприятными условиями окружающей среды. Например, у мангровых деревьев эти корни позволяют им выживать в соленых водах и стабилизировать почву в прибрежных районах.

Механизмы образования адвентивных корней.

Процесс образования адвентивных корней включает в себя сложные физиологические и биохимические изменения, которые могут быть вызваны различными факторами, такими как гормоны роста, механическое

повреждение или стрессовые условия. Ауксины, в частности, играют ключевую роль в этом процессе, стимулируя деление и дифференцировку клеток в местах образования корней. Регулятор роста растений, ауксин, участвует почти во всех аспектах роста и развития растений, таких как расширение клеток, сосудистая дифференциация, образование боковых корней (БК), удлинение гипокотыля, старение, опадение, взаимодействие с другими гормонами и ответы на стрессовые условия. Наиболее распространенным природным ауксином является индолил-3-уксусная кислота (ИУК), которая может выполнять большинство регуляторных функций ауксинов в растениях. Помимо ИУК, в растениях также обнаружены индолил-3-масляная кислота (ИМК), 4-хлориндолил-3-уксусная кислота (4-Cl-ИУК) и фенилуксусная кислота (ФУК). Один из самых интересных вопросов в биологии ауксина заключается в том, как такая простая сигнальная молекула может выполнять столь разнообразные функции в растениях.

Ауксин в основном воспринимается комплексом корцепторов, который состоит из двух семейств белков: семейства Transport Inhibitor Response 1/Auxin Signaling F-box Protein (TIR1/AFB) и семейства Auxin/Indole Acetic Acid (Aux/IAA). После восприятия ауксина комплексом SCFTIR1/AFB-Aux/IAA транскрипция нижестоящих генов напрямую регулируется третьим семейством белков, семейством Auxin Response Factor (ARF). Ауксин действует как адаптер, который определяет, какой белок будет связан с транскрипционным репрессором Aux/IAA. В отсутствие ауксина Aux/IAA связываются с транскрипционными факторами ARF, чтобы ингибировать транскрипцию генов, опосредованную ARF, реагирующих на ауксин; Однако, когда присутствует ауксин, он опосредует связывание белков Aux/IAA с SCFTIR1/AFB с образованием комплекса SCFTIR1/AFB-Aux/IAA, что приводит к деградации Aux/IAA протеасомой 26S и освобождает ARF для регулирования вверх или вниз их целевых генов. Интересно, что ауксин не может связывать TIR1 напрямую без Aux/IAA. Многие гены, реагирующие на ауксин, попадают в одно из трех основных семейств: SAUR (малая РНК, регулирующая ауксин), Aux/IAA и GH3 (Gretchen Hagen 3).

Помимо точной регуляции биосинтеза и распределения ауксина, сигнальный путь ауксина подлежит локус-специфическому контролю со стороны микроРНК (миРНК). МикроРНК представляют собой короткие одноцепочечные молекулы нуклеиновой кислоты (~21–24 нуклеотида), которые подавляют экспрессию целевых генов в качестве дополнительного уровня регуляции роста растений и стрессовых реакций у растений. В растениях первичные микроРНК (pri-miRNA) эндогенно экспрессируются из генов, кодирующих микроРНК (MIR), ДНК-зависимой РНК-полимеразой II (Pol II).

1.4 Формирование адвентивных корней на черенках

В неповрежденных растениях цитокинин и стриголактоны преимущественно синтезируются в корне, тогда как ауксин — в побеге. При

повреждении жасмоновая кислота достигает пика через 30 минут и необходима для успешного развития корней. Активные формы кислорода, полифенолы и сероводород также увеличиваются и способствуют образованию адвентивных корней. Полифенолы делают это, уменьшая деградацию ауксина. Ауксин накапливается в основании черенка, действуя выше по потоку от оксида азота, способствуя образованию адвентивных корней. Ауксин, оксид азота и перекись водорода (H₂O₂) увеличивают содержание растворимых сахаров, которые могут быть использованы для развития корней. Кроме того, уровни ингибиторов корнеобразования (цитокинина и стриголактона) снижаются при удалении исходной корневой системы. На более поздних стадиях ауксин ингибирует удлинение примордиев, тогда как этилен способствует появлению адвентивных корней. По мере формирования новой корневой системы восстанавливается синтез цитокинина и стриголактонов.

Исследования и примеры

Фигус (*Ficus spp.*)

У фикусов адвентивные корни часто формируются на стеблях и ветвях, обеспечивая дополнительную поддержку и поглощение питательных веществ. Это особенно заметно у фикуса бенгальского, который образует массивные воздушные корни, спускающиеся с ветвей до земли.

Филодендрон (*Philodendron spp.*)

У филодендронов адвентивные корни образуются на стеблях и используются для прикрепления к опорам, что позволяет растениям расти вверх и получать больше света.

Мангровые деревья (*Rhizophora spp.*)

Адвентивные корни мангровых деревьев позволяют им выживать в соленых водах и стабилизировать прибрежные экосистемы. Эти корни также помогают в газообмене, обеспечивая растению доступ к кислороду в анаэробных условиях.

2. Стимуляторы роста растений

2.1 Роль стимуляторов роста на основе янтарной кислоты в росте и развитии растений

Развитие аграрного сектора является важной задачей для мировой экономики во многих странах. Так, по данным ФАО, в мире около 820 миллионов человек страдают от голода и недоедания, часть населения страдает от проблемы недостатка определенных веществ в пище или несбалансированного питания, что приводит к ожирению и другим заболеваниям. Согласно сельскохозяйственному прогнозу на 2020–2029 годы, около 85% мирового роста производства сельскохозяйственных культур в ближайшие годы связано с более высокой урожайностью в результате более интенсивного использования ресурсов, инвестиций в производственные технологии и совершенствования методов возделывания (ОЕСД-ФАО, 2020). В результате сельское хозяйство требует динамичного взаимодействия науки и технологий для решения глобальных проблем изменения климата, деградации земель и производства продовольствия следующего поколения для растущего населения мира (Rangga et al., 2021).

Влияние наночастиц оксида железа (НЧ Fe_3O_4) на адвентивные корни

В исследовании, под названием "Настоящее и будущее биотехнологии растений", было установлено, что наночастицы оксида железа (НЧ Fe_3O_4) оказывают значительное воздействие на морфогенез эксплантов различных культур. При добавлении НЧ Fe_3O_4 в концентрациях 1,0 и 2,0 мг/л в питательную среду, у таких растений, как роза садовая, инжир и хризантема садовая, наблюдалось значительное увеличение числа побегов и корней. У эксплантов земляники садовой, культивируемых на средах с НЧ Fe_3O_4 , также произошли значительные морфологические изменения, свидетельствующие о стимулирующем воздействии наночастиц на рост корневой системы.

Экологически, адвентивные корни важны для стабилизации изменяющихся сред, таких как прибрежные регионы (морские травы; Ondiviela et al., 2014), эстуарии и речные поймы (Krauss et al., 2003). Они важны для выживания растений в условиях абиотического и биотического стресса и индуцируются во время наводнения у широкого спектра видов (см. пример 1). Они также важны в ответ на другие стрессы, включая тяжелые металлы (для обзора см. Steffens, 2014), захоронение (Dech and Maun, 2006), засуху (Liao et al., 2012), дефицит питательных веществ (см. пример 2) и биотическое или абиотическое ранение (Simberloff et al., 1978). Это вызванное ранением придаточное укоренение является основой черенкования.

2.2 Влияние гуматов

Исследование также показало, что применение препарата Гумат+7В в концентрации 10 мл/л в питательной среде способствует увеличению числа и длины корней у винограда. Через три недели после посадки суммарная длина

корней увеличилась вдвое по сравнению с контролем, что демонстрирует эффективность гуматов как стимуляторов роста корневой системы.

Эти данные подтверждают, что использование наночастиц оксида железа и гуматов значительно улучшает рост и развитие адвентивных корней у различных растений. Это особенно важно для повышения их устойчивости к неблагоприятным условиям и увеличения урожайности.

Исследования, проведенные Ф. Д. Самуиловым и Л. С. Щербак, показали, что обработка семян яровой пшеницы и кукурузы янтарной кислотой перед посадкой увеличивает интенсивность дыхания и усиливает поглощение воды у этих растений. Наибольший эффект был достигнут при использовании янтарной кислоты в комбинации с фумаровой кислотой. Янтарная кислота также оказывает косвенное влияние на фотосинтез, так как её активные формы — сукцинил-S-КоА и гликокол, являющиеся непосредственными предшественниками хлорофилла (протопорфирина), способствуют биосинтезу хлорофилла и цитохромов.

Также известно, что янтарная кислота проявляет антистрессовые свойства, повышая устойчивость растений к неблагоприятным условиям окружающей среды. Например, при переуплотнении почвы обработка янтарной кислотой увеличивала урожайность яровой пшеницы почти в два раза, а при засухе способствовала оптимизации водного режима растений гороха. Кроме того, она повышала урожайность, засухоустойчивость и водный потенциал растений хлопка, подсолнечника и ячменя. Существует информация, что янтарная кислота снижает негативное воздействие высокого уровня засоленности почвы, увеличивает устойчивость растений к фитопатогенам и уменьшает содержание нитратов в корнеплодах почти в два раза при их избыточном содержании в почве.

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Материалы и база исследования

База исследования: База кафедры «Химической и биохимической инженерии» и ТОО Научный центр композитных материалов (НЦКМ).

Объект исследования: Растение *Tradescantia* «Albiflora Kunth», комплексы SA – Ag в концентрациях 0.005% и 0.001%, растворы SA- 0.005% и 0.001%, коммерческий регулятор роста растений «Корнерост М».

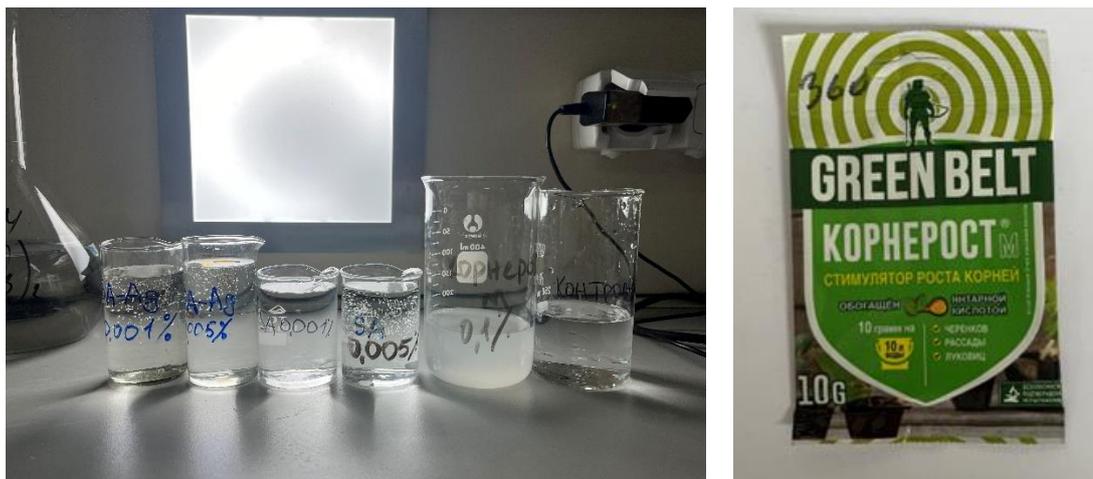


Рисунок 1,2 – Растворы комплексов SA – Ag в концентрациях 0.005% и 0.001%, растворы SA- 0.005% и 0.001%, коммерческий регулятор роста растений «Корнерост М».

Материалы и объект исследования:

Подготовка оборудования и лабораторной посуды по ГОСТ - 12044–93.

Реактивы:

- 1.Янтарная кислота $C_4H_6O_4$
- 2.Нитрат серебра
- 3.Дистиллированная вода

Исходные материалы:

- | | |
|------------------------------------------|---------------------------|
| 1.Мензурка/мерный цилиндр
50 мл | 8.Пипетка |
| 2.Мензурка/мерный цилиндр
500–1000 мл | 9.Биологический микроскоп |
| 3.Колба 1000 мл | 10.Дозатор одноканальный |
| 4.Химический стакан | 11.Лабораторные весы |
| 5.Колба круглодонная | 12.Предметное стекло |
| 6.Воронка | 13.Кондуктометр |
| 7.Шпатель | 14.Бумага фильтровальная |
| | 15.Ножницы |
| | 16.Пинцет медицинский |

3.2 Методы исследования

3.2.1 Получение комплекса на основе янтарной кислоты и серебра

Использовались растворы деионизированной воды, гидроксида натрия (NaOH) 0,05 моль/л, нитрата серебра AgNO_3 0,003 моль/л, янтарной кислоты $(\text{CH}_2)_2(\text{COOH})_2$ – 0,003 моль/л. Все реагенты, из которых готовился раствор, применялись без дополнительной очистки, концентрацией $\geq 99.0\%$ (Sigma-Aldrich). Весь процесс проводился в темноте. Полученный комплекс из нитрата серебра и янтарной кислоты представлен на рисунке.

Массы сухих твердых веществ для приготовления растворов рассчитывали по формуле:

$$m = C_{\text{м}} \times M \times V \text{ (р-ра)},$$

где, $C_{\text{м}}$ – молярная концентрация раствора, моль/л (М);

M – молярная масса, г/моль,

V – объем раствора, л.

$$m (\text{AgNO}_3) = 0,003 \text{ М} \times 170 \text{ г/моль} \times 0,02 \text{ л} = 0,0102 \text{ г};$$

$$m ((\text{CH}_2)_2 (\text{COOH})_2) = 0,003 \text{ М} \times 118 \text{ г/моль} \times 0,02 \text{ л} = 0,00708 \text{ г};$$

$$m (\text{NaOH}) = 0,05 \text{ М} \times 40 \text{ г/моль} = 2 \text{ г/л}.$$

После доведения 20 мл водного раствора ЯК до pH 7 раствором NaOH, в условиях темной комнаты добавляли 20 мл водного раствора AgNO_3 . Сразу же выпадал белый мутный осадок. Осадок сушили в обмотанных фольгой чашках Петри в сушильном шкафу 72 часа при 50°C.

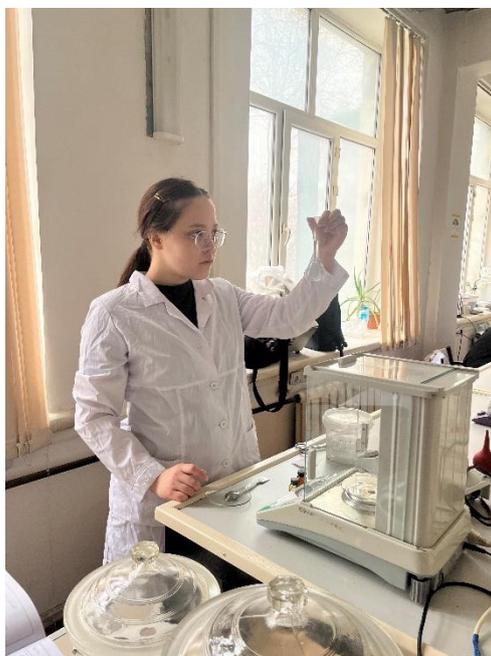


Рисунок 3 – Процесс работы

3.2.2 Титрование комплекса SA – Ag

График представляет собой изменение значения титрования SA - Ag (янтарной кислоты с ионами серебра) при добавлении титранта NaOH (гидроксида натрия). Ось X отображает количество добавленного NaOH, а ось Y — значение параметра, который изменяется в процессе титрования (например, значение pH или концентрации).

Титрование было проведено без индикатора, кондуктометрическое.
Данные титрования:

0	83,8	16	56,3
1	82,1	17	53
2	82,4	18	48,9
3	78,7	19	44,7
4	75	20	39,5
5	77,4	21	32,9
6	74,4	22	27,1
7	73,5	23	21,7
8	68,9	24	44,7
9	63,9	25	38
10	58,6	26	32,6
11	53,1	27	41,7
12	46,3	28	34,3
13	62,9	29	34,9
14	64,6	30	37,1
15	61,4		

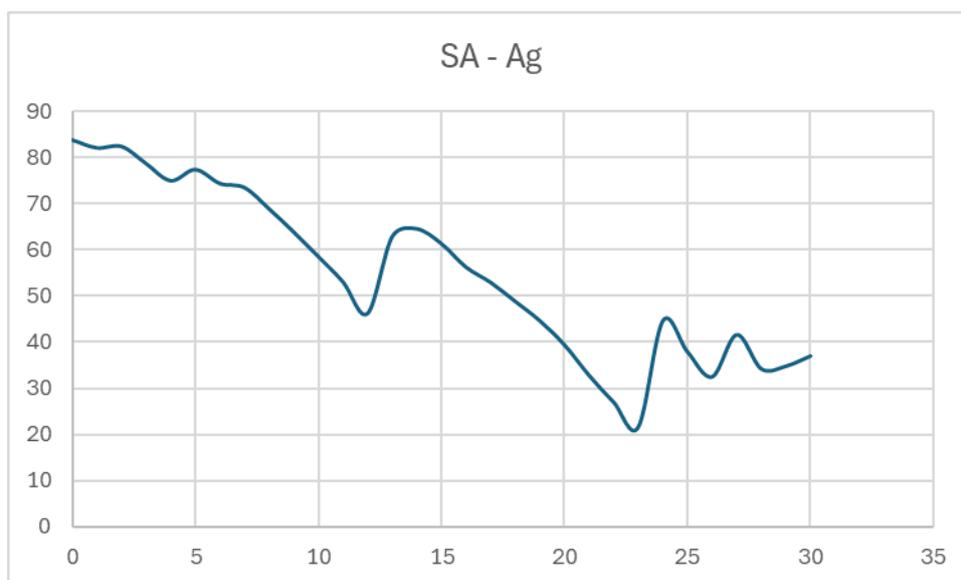


Рисунок 4 – График титрование комплекса SA – Ag

3.2.3 Интерпретация графика

Начальная часть графика (0 - 10 мл NaOH):

В начале титрования наблюдается плавное снижение значения параметра. Это указывает на то, что NaOH постепенно нейтрализует янтарную кислоту, снижая ее концентрацию. На этой стадии титрант медленно влияет на раствор, так как количество добавленного NaOH относительно мало.

Средняя часть графика (10 - 20 мл NaOH):

В этой области происходит несколько изменений значений параметра. Можно увидеть резкое снижение и повышение значений, что может свидетельствовать о промежуточных реакциях между SA - Ag и NaOH. В этой части титрования происходит более активное взаимодействие компонентов.

Точка эквивалентности (~20 мл NaOH):

Примерно в районе 20 мл наблюдается резкое снижение значения параметра, что указывает на достижение точки эквивалентности. Это означает, что все молекулы янтарной кислоты нейтрализованы NaOH, и происходит изменение состава раствора. Это ключевая точка, на которую следует обратить внимание при расчете концентрации.

Конечная часть графика (20 - 30 мл NaOH):

После достижения точки эквивалентности значение параметра стабилизируется, но продолжают небольшие колебания. Это может быть связано с избытком NaOH в растворе, что приводит к дальнейшим, менее значительным изменениям.

График титрования SA - Ag показывает типичное поведение раствора в процессе нейтрализации. Основные этапы включают постепенное снижение значений, резкие изменения в точке эквивалентности и последующее стабилизирование. Анализ этого графика позволяет определить точку эквивалентности и рассчитать концентрацию исходного раствора янтарной кислоты.

3.3 ИК и УФ анализы

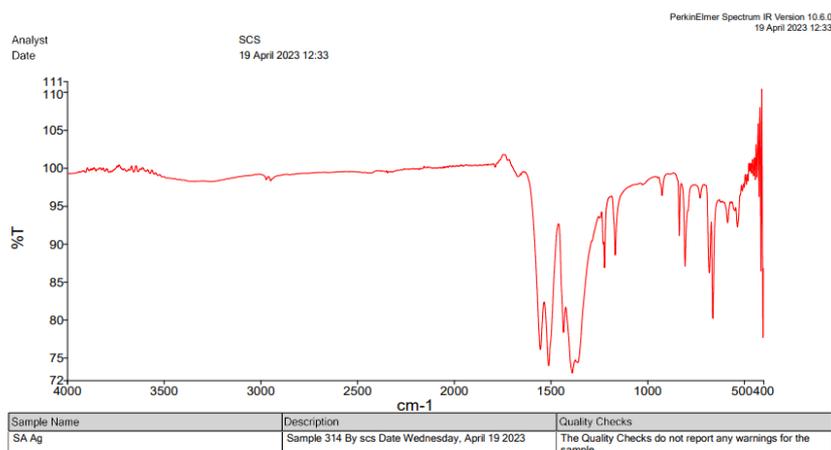


Рисунок 5 – ИК (инфракрасная спектроскопия) анализ комплексов SA – Ag

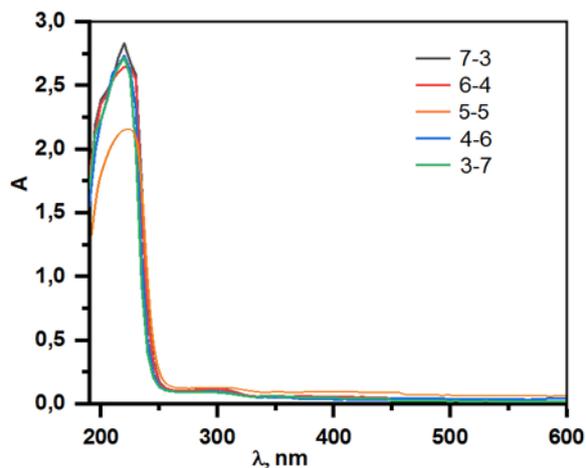


Рисунок 6 – УФ-спектры комплексов SA – Ag комплексов в объемных соотношениях 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3 мл/мл соответственно

На рисунке 6 представлен УФ-спектры поглощения комплексов SA – Ag, в различных соотношениях при pH=4,75. Из-за осаждения комплексов SA – Ag в соотношениях 9:1; 8:2 и 2:8; 1:9 мл/мл дальнейшее их исследования не было проведено. Результаты УФ-спектроскопии установило, что объемное соотношение 5:5 (1:1) мл/мл имеет полосу поглощения при длине волны 230 нм, характерная для электронных переносов, которые в свою очередь указывают на образование связи между карбоксильной группой в молекуле янтарной кислоты и ионами серебра (рисунок 6). Таким образом, выявлено, что оптимальным соотношением получения комплекса SA/ - Ag является 1:1 (5:5) мл/мл соответственно.

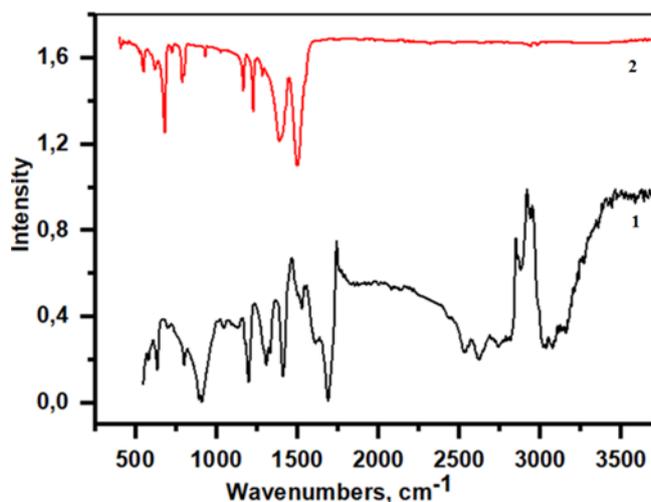


Рисунок 7 – ИК-спектры: 1 – янтарной кислоты; 2 – оптимального комплекса SA – Ag в объемных соотношениях 5:5 (1:1) мл/мл

ИК-спектры комплекса SA-Ag в объемных соотношениях 5:5 (1:1) мл/мл приведены на рисунке 7. Видно, что некоторые полосы поглощения ИК-спектра янтарной кислоты существенно претерпели изменению. Это

указывает на образование новых связей с металлом через карбоксильные группы в янтарной кислоте. Так, в ИК-спектре янтарной кислоты наблюдается большая валентная полоса O–H в диапазоне 3300–2900 см⁻¹, из-за того, что карбоновые кислоты за счет водородных связей обычно существуют в виде димеров. В спектре полученного комплекса SA-Ag в данном диапазоне отсутствует характерное поглощение O–H группы, которые были полностью разорваны для образования новых связей с серебром (рисунок 7). Следующее изменение наблюдается в валентных и изгибных колебаниях C=O, C–O и O–H в области 1300–1800 см⁻¹. Полоса поглощения C=O янтарной кислоты наблюдается при 1690 см⁻¹, изгиб O–H при 1414 и 910 см⁻¹ и растяжение C–O при 1310 см⁻¹. Что касается комплекса SA – Ag, COO- ионы образуют сильные асимметричное валентное колебание при 1497 см⁻¹ и слабые симметричное валентное колебание при 1388 см⁻¹. Разница между COO- асимметричным и COO- симметричным валентным колебанием зависит от типа координации между металлом и карбоксилатом. Карбоксильная группа сохраняет симметрию C₂ при координации в качестве мостиковой или биденантной группы. Атом металла в равной степени связан с двумя атомами кислорода в янтарной кислоте. Разница Δν между частотами асимметричного и симметричного валентных колебаний COO– в комплексе составляет 109 см⁻¹ соответственно, что указывает на бидентатную координацию каждой карбоксильной группы с двумя ионами Ag(I). Также в спектре комплекса можно наблюдать полосы поглощения функциональных групп (C–H; C=H) характерные для янтарной кислоты в диапазоне 800–500 см⁻¹. Характерный пик поглощения для частиц серебра наблюдается при 409 см⁻¹.

3.4 Микроклональное размножение растений и наблюдение

3.4.1 Процесс черенкования

Род *Tradescantia* (паукообразные) является вторым по величине родом семейства Commelinaceae и состоит примерно из 75 видов. Как и все представители своего семейства, традесканции представляют собой пантропические однодольные травы с сочными листьями, распускающимися цветками, закрытой листовой оболочкой и отсутствием нектарников. Некоторые из них считаются сорняками из-за их способности расти в широком диапазоне условий, устойчивости к засухе и эффективного вегетативного размножения (укоренение в узлах и регенерация черенками). Большинство из них многолетние, с типично обоеполыми цветками, лепестки варьируются от белого, сиреневого, пурпурного или пикантного цвета, иногда тычиночные, но редко пестичные.

Процесс черенкования происходит по ГОСТ 28851–90 и проводится над комнатным растением *Tradescantia* «*Albiflora Kunth*». Для черенкования выбирают крепкие зрелые побеги и нарезают черенки длиной до 15 см. На черенках должно быть как минимум два междоузлия, листья желательно удалить, оставив только 2–3 листочка на верхушке. Срезы выполняются под

узлами так, чтобы каждый из черенков оказался с почками. Черенки опускают в воду для образования корешков (рисунок 8).



Рисунок 8 – Растение Tradescantia «Albiflora Kunth» и его черенки

3.4.2 Фенологическое наблюдение черенкованных растений

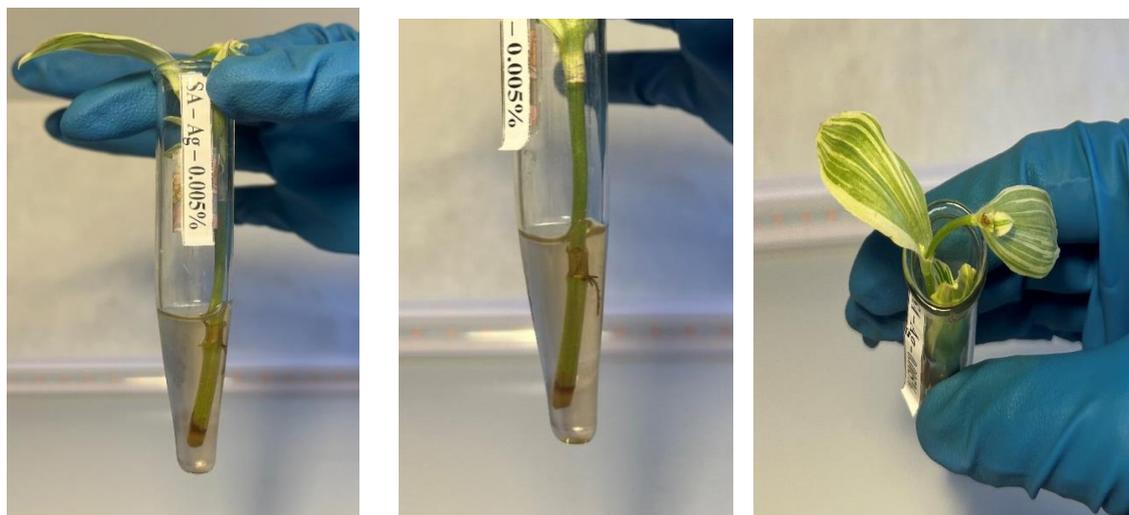


Рисунок 9 – Черенок в растворе SA – Ag – 0.005%

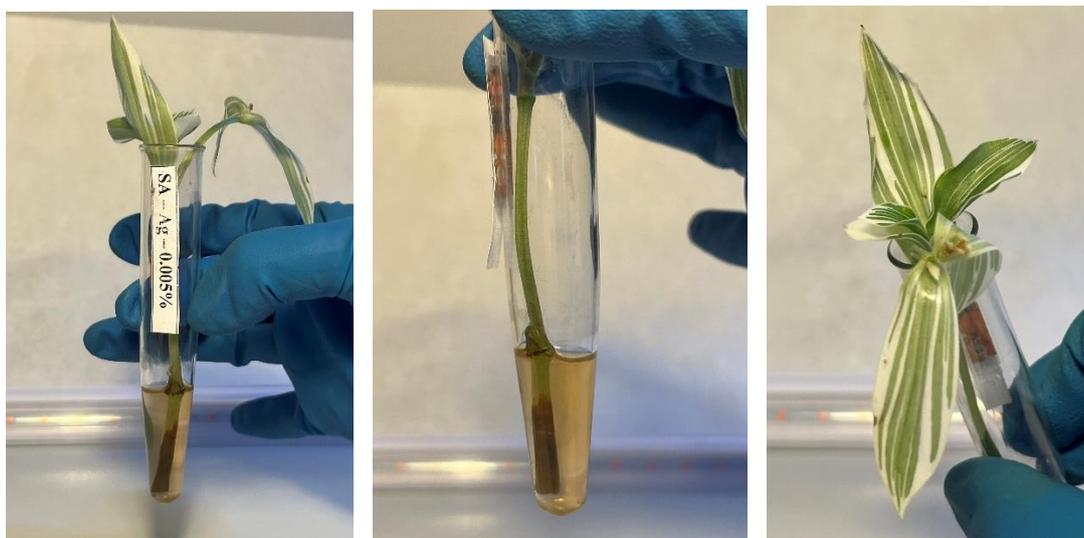


Рисунок 10 – Черенок в растворе SA – Ag – 0.005%

На фотографиях представлены состояния двух черенков, помещенных в раствор SA - Ag 0.005%.

Оба черенка демонстрируют признаки стресса: листья пожелтели и начали подсыхать. На стеблях наблюдаются темные пятна, что может свидетельствовать о начале гниения или недостатке необходимых условий для роста. Потемнение стеблей также может быть связано с присутствием ионов серебра в растворе.

Черенок 1 (Рисунок 9)

Наблюдаются начальные признаки образования адвентивных корней справа на стебле, что указывает на то, что процесс корнеобразования начался, несмотря на неблагоприятные условия.

Черенок 2 (Рисунок 10)

Также видны начальные признаки корнеобразования, но корневая система не развита в полной мере.

Состояние листьев и стебля:

Листья обоих черенков пожелтели, что может указывать на недостаток освещения или питательных веществ. Стебли в нижней части имеют темные пятна, что может быть признаком избыточного полива или гниения. Потемнение стеблей может быть также связано с присутствием ионов серебра в растворе.

Использование раствора янтарной кислоты с серебром в концентрации 0.005% показывает начальные признаки корнеобразования у черенков, что подтверждает потенциальную эффективность этого метода. Потемнение стеблей, возможно, связано с присутствием ионов серебра. Тем не менее, необходимы дальнейшие исследования для определения оптимальных условий выращивания.

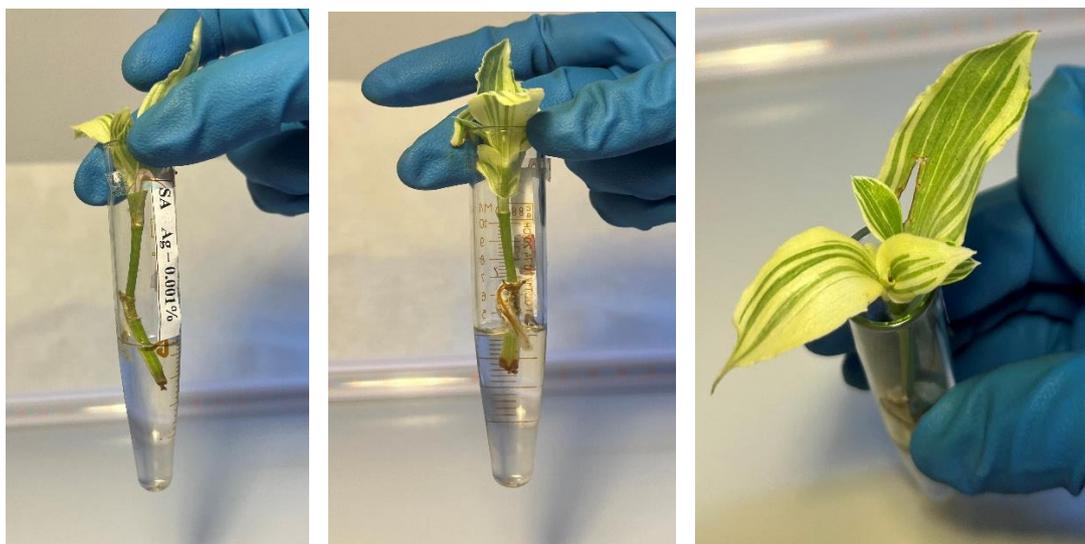


Рисунок 11 – Черенок в растворе SA – Ag- 0.001%

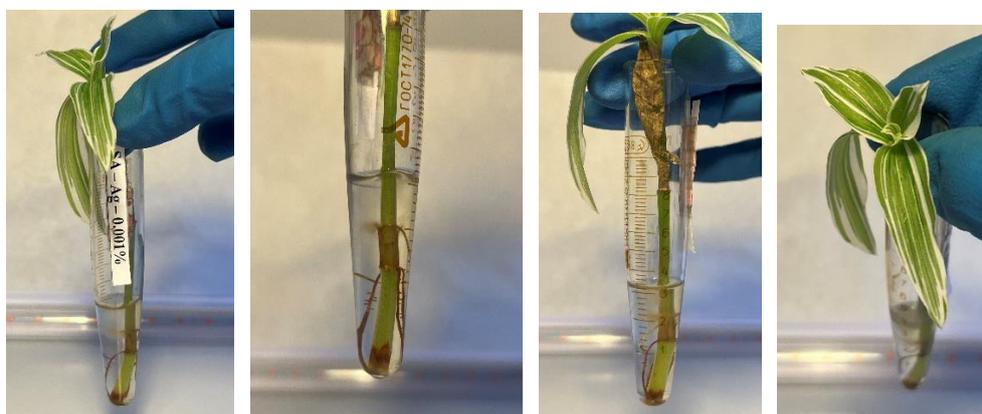


Рисунок 12 – Черенок в растворе SA – Ag – 0.005%

На фотографиях представлены состояния двух черенков, помещенных в раствор SA - Ag 0.001%.

Оба черенка демонстрируют признаки стресса: листья пожелтели и начали подсыхать. На стеблях наблюдаются темные пятна, что может свидетельствовать о начале гниения или недостатке необходимых условий для роста. Потемнение стеблей также может быть связано с присутствием ионов серебра в растворе.

Черенок 1 (Рисунок 11)

Наблюдаются начальные признаки образования адвентивных корней справа на стебле, что указывает на то, что процесс корнеобразования начался, несмотря на неблагоприятные условия.

Черенок 2 (Рисунок 12)

Также видны начальные признаки корнеобразования, но корневая система не развита в полной мере.

Листья обоих черенков пожелтели, что может указывать на недостаток освещения или питательных веществ. Стебли в нижней части имеют темные пятна, что может быть признаком избыточного полива или гниения. Потемнение стеблей может быть также связано с присутствием ионов серебра в растворе.

Сравнительный анализ

Признаки стресса: В обоих случаях черенки демонстрируют признаки стресса, такие как пожелтение и подсыхание листьев.

Корнеобразование: В обоих растворах наблюдаются начальные признаки образования адвентивных корней, но корневая система не развита в полной мере.

Темные пятна на стеблях: Потемнение стеблей наблюдается как в растворе SA - Ag 0.005%, так и в растворе SA - Ag 0.001%. Это может быть связано с присутствием ионов серебра.

Интенсивность корнеобразования:

В растворе SA - Ag 0.005% корнеобразование проявляется быстрее, чем в растворе SA - Ag 0.001%. Однако в обоих растворах корневая система все еще не развита полностью, но видимые различия в скорости образования корней между концентрациями наблюдаются.

Состояние листьев и стебля:

В растворе SA - Ag 0.005% листья и стебли демонстрируют более выраженные признаки стресса, такие как пожелтение и подсыхание листьев.

В растворе SA - Ag 0.001% симптомы стресса также присутствуют, но выглядят менее выраженными по сравнению с раствором SA - Ag 0.005%.

Потемнение стеблей:

В обоих случаях наблюдается потемнение стеблей, что может быть связано с воздействием ионов серебра. Однако, в растворе SA - Ag 0.005% это потемнение более выражено.

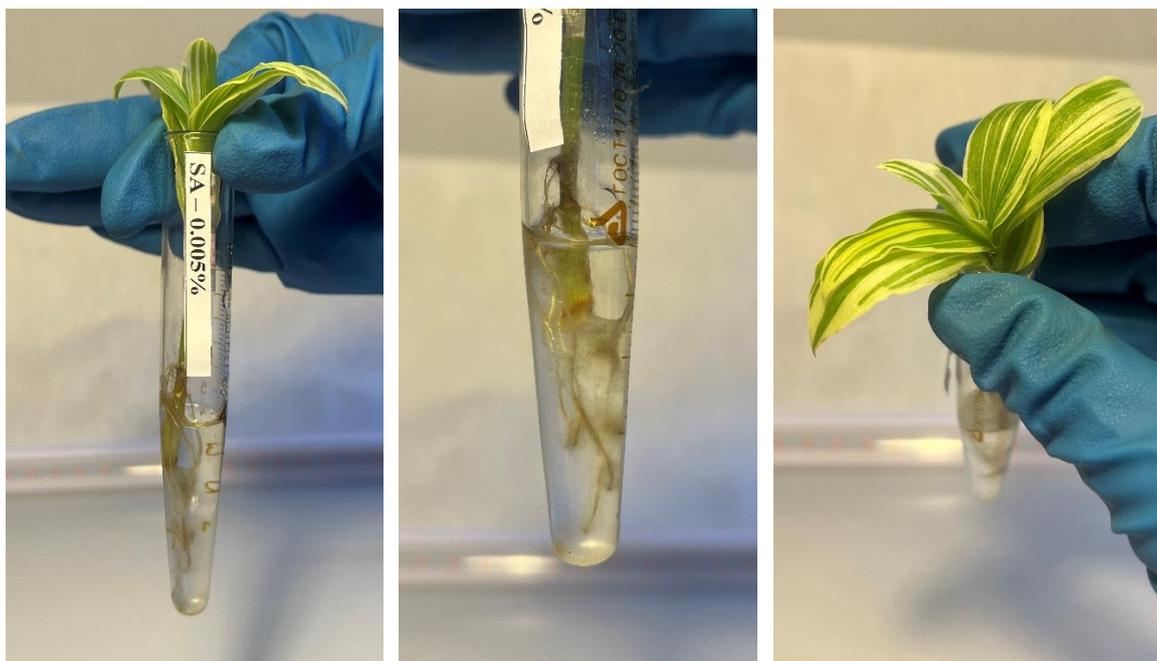


Рисунок 13 – Черенок с раствором SA 0.005%

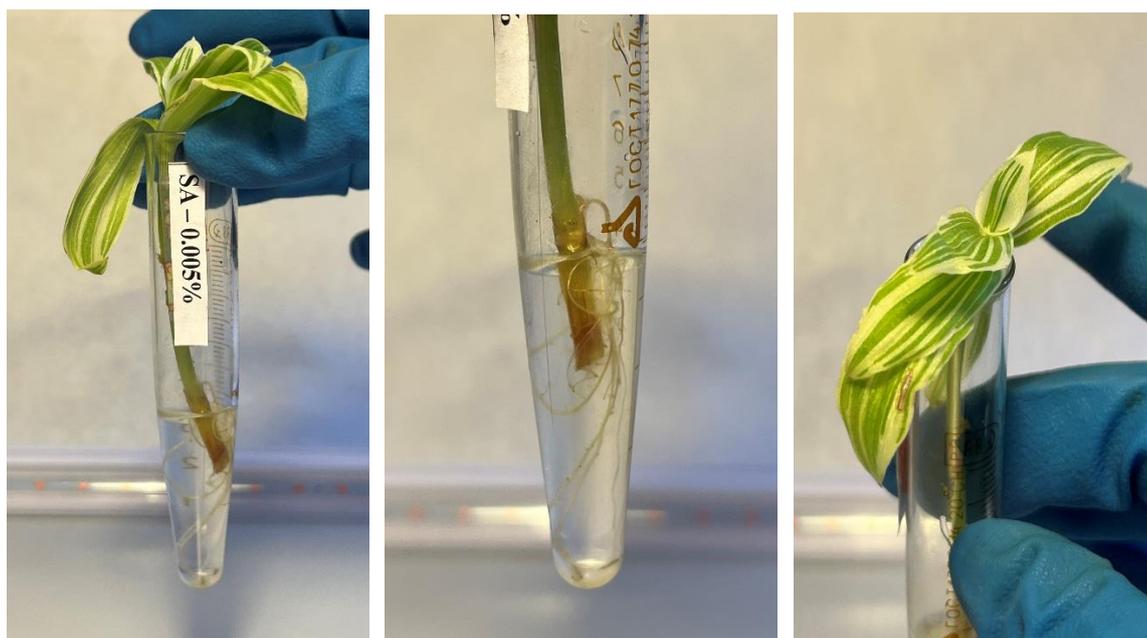


Рисунок 14 – Черенок с раствором SA – 0.005%

На фотографиях представлены состояния двух черенков, помещенных в раствор SA 0.005%.

Черенок 1 (Рисунок 13)

Листья выглядят зелеными и свежими, что может свидетельствовать о хорошем общем состоянии растения. Наблюдаются признаки стресса, такие как потемнение стеблей. Виден активный рост адвентивных корней, которые выглядят хорошо развитыми и многочисленными. Листья выглядят здоровыми, но наблюдается незначительное пожелтение в некоторых местах.

Черенок 2 (Рисунок 14)

Листья также выглядят зелеными и свежими, что указывает на удовлетворительное состояние растения. На стебле наблюдается потемнение, что может быть связано с влиянием янтарной кислоты. Корни хорошо развиты, с множеством мелких корешков, что указывает на активный процесс корнеобразования. Листья в хорошем состоянии, с незначительными признаками пожелтения.

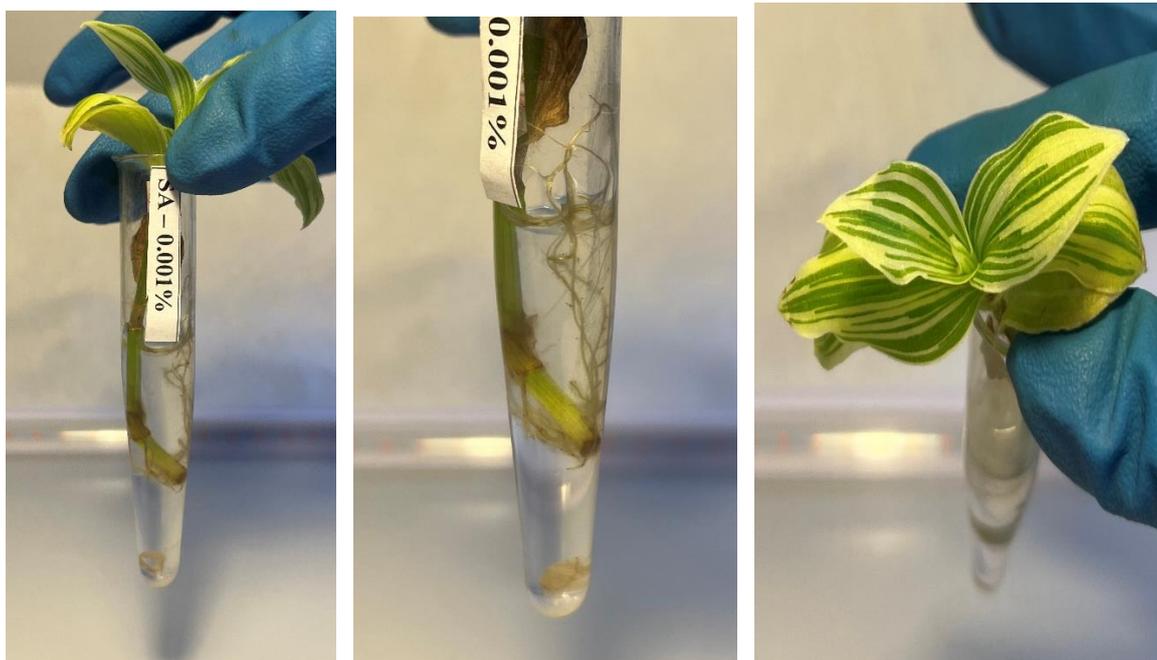


Рисунок 15 – Черенок с раствором SA- 0.001%

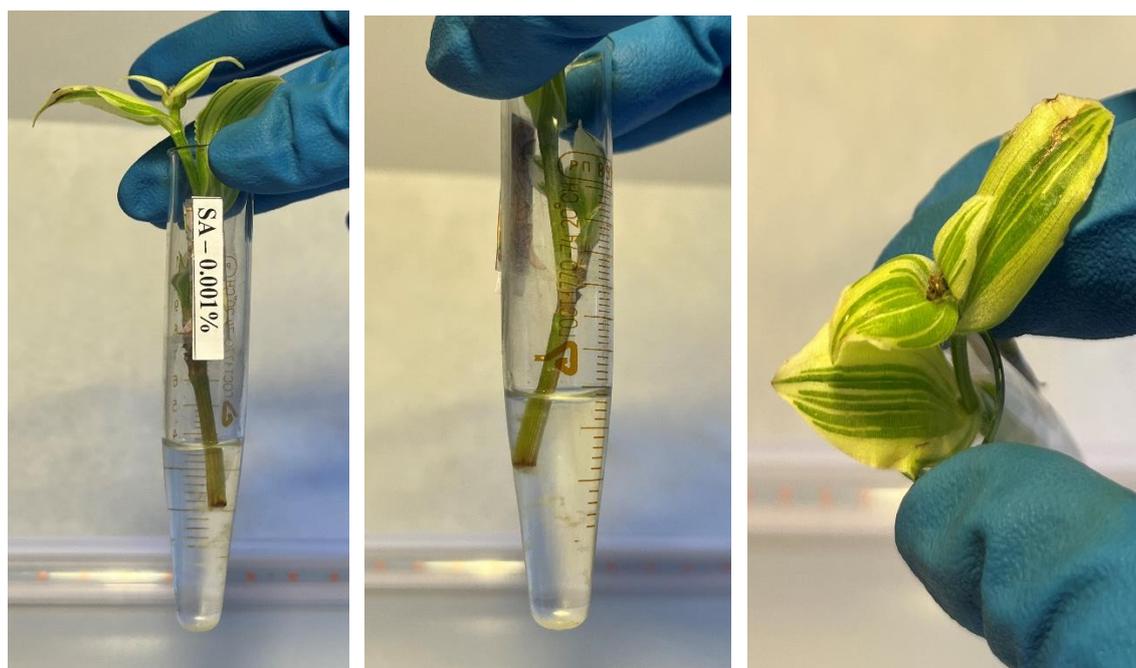


Рисунок 16 – Черенок с раствором SA- 0.001%

На фотографиях представлены состояния двух черенков, помещенных в раствор SA 0.001%.

Черенок 1 (Рисунок 15)

Листья выглядят зелеными, но с признаками пожелтения и подсыхания.

На стебле наблюдаются темные пятна, что может быть связано с воздействием янтарной кислоты. Виден активный рост адвентивных корней, которые выглядят хорошо развитыми. Листья имеют признаки пожелтения и подсыхания, стебель потемнел в некоторых местах.

Черенок 2 (Рисунок 16)

Листья также выглядят зелеными, но с признаками пожелтения и подсыхания. На стебле наблюдаются темные пятна, что может быть связано с воздействием янтарной кислоты. Корневая система развита, с множеством мелких корешков. Листья имеют признаки пожелтения и подсыхания, стебель потемнел в некоторых местах.

Сравнительный анализ между SA 0.005% и SA 0.001%

Корнеобразование:

В растворе SA 0.001% наблюдается активное корнеобразование, с хорошо развитыми корнями.

В растворе SA 0.005% также наблюдается активное корнеобразование, но корневая система более развита.

Состояние листьев и стебля:

Листья в растворе SA 0.001% имеют признаки пожелтения и подсыхания, аналогично наблюдениям в растворе SA 0.005%.

Потемнение стеблей наблюдается в обоих растворах, что может быть связано с воздействием янтарной кислоты.



Рисунок 17 – Черенок с раствором «Корнерост М»



Рисунок 18 - Черенок с раствором «Корнерост М»

Наблюдения и результаты

На фотографиях представлены состояния двух черенков, помещенных в раствор "Корнерост М".

Черенок 1 (17)

Листья выглядят зелеными, но с признаками пожелтения и подсыхания. На стебле наблюдаются темные пятна. Виден активный рост адвентивных корней, которые выглядят хорошо развитыми. Листья имеют признаки пожелтения и подсыхания, стебель потемнел в некоторых местах.

Черенок 2 (18)

Листья также выглядят зелеными, но с признаками пожелтения и подсыхания. На стебле наблюдаются темные пятна. Корневая система развита, с множеством мелких корешков. Листья имеют признаки пожелтения и подсыхания, стебель потемнел в некоторых местах.

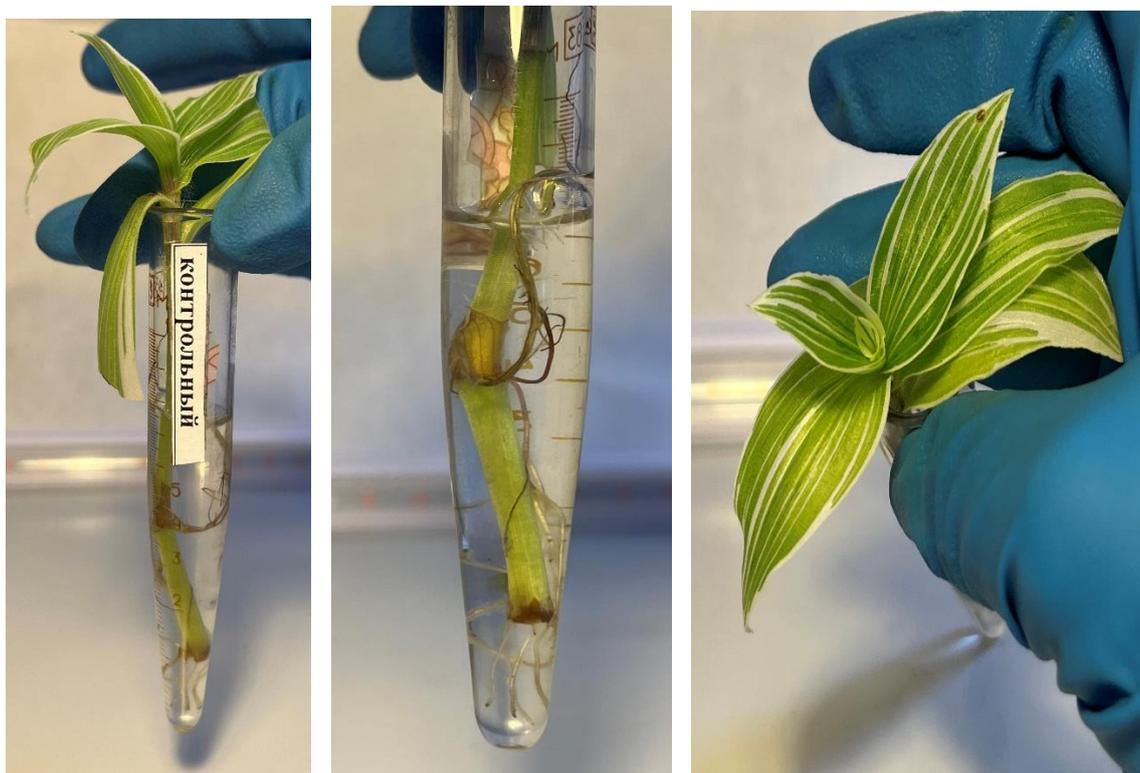


Рисунок 19 – Черенок контрольный с водой

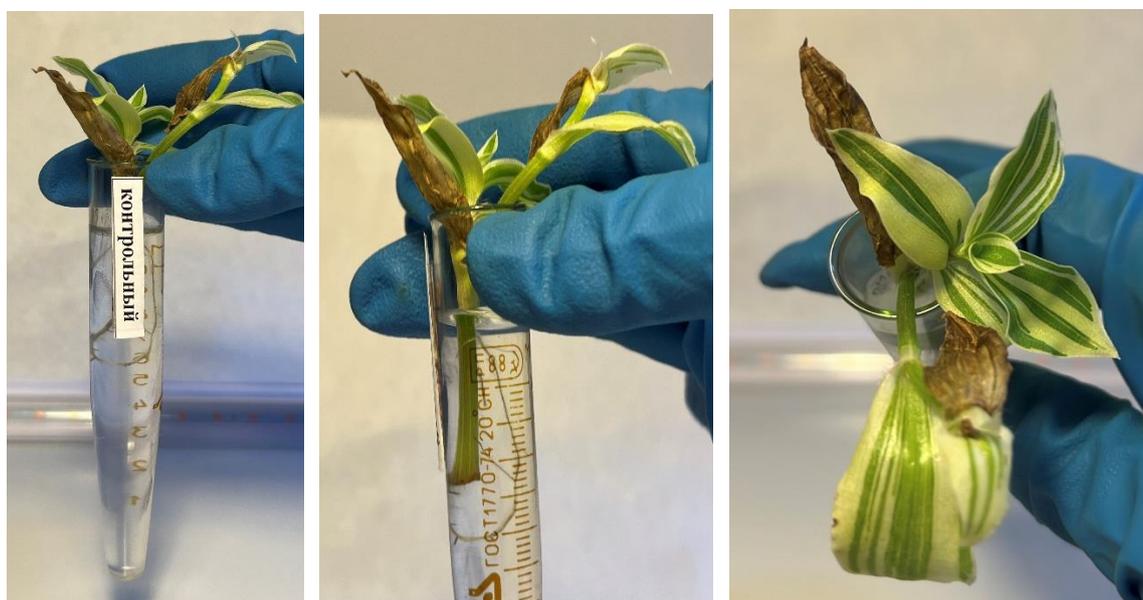


Рисунок 20 - Черенок контрольный с водой

Черенок 1 (19)

Черенок в целом выглядит здоровым, листья ярко-зеленого цвета, с отчетливо выраженными полосками. Наблюдаются несколько корней, однако их развитие значительно уступает черенкам, обработанным стимуляторами роста. Корни тонкие и слаборазвиты, их количество невелико. Листья в хорошем состоянии, без видимых повреждений или признаков увядания. Цвет

листьев насыщенный, присутствует типичная для растения полосатость. В нижней части стебля и на корнях не наблюдается значительного потемнения или других изменений, характерных для обработки стимуляторами.

Черенок 2 (20)

Черенок выглядит менее здоровым по сравнению с первым, листья начинают подсыхать и терять цвет. Листья более увядшие, присутствуют коричневые и сухие участки. Корни также слаборазвиты, как и у первого черенка. Количество корней небольшое, они тонкие и короткие. Листья в плохом состоянии, многие из них сухие и коричневые, что свидетельствует о неблагоприятных условиях или недостатке питательных веществ. Верхняя часть листьев остается зеленой, но состояние заметно ухудшилось по сравнению с первым черенком. На стебле и корнях не наблюдается значительного потемнения, характерного для обработки стимуляторами. Листья потеряли тургор и начали подсыхать, что может свидетельствовать о недостатке воды или питательных веществ.

Заключение

Контрольные черенки, находящиеся в растворе с обычной водой, показали следующее: Корневая система развита слабо, корни тонкие и их количество невелико. У первого черенка листья в хорошем состоянии, а у второго черенка листья начинают подсыхать и терять цвет, показывая признаки увядания. Отсутствие стимуляторов роста в контрольном растворе явно влияет на развитие корневой системы и состояние листьев, что подтверждает необходимость использования стимуляторов для улучшения роста и здоровья черенков.

3.5 Результаты фенологического анализа

Коммерческие стимуляторы роста, такие как "Корнерост М", являются эффективным средством для стимуляции корнеобразования и могут использоваться в качестве альтернативы или дополнения к растворам янтарной кислоты.

Контрольная группа, использовавшая обычную воду, продемонстрировала низкую эффективность в стимуляции роста корней, что подтверждает необходимость применения специализированных стимуляторов для успешного черенкования комнатных растений.

В ходе исследования были проанализированы различные черенки комнатных растений, обработанные различными стимуляторами роста, а также контрольные черенки, помещенные в обычную воду. Анализ включал наблюдение за процессами корнеобразования и состоянием черенков в течение 6 недель периода времени.

Черенки, находившиеся в контрольном растворе, то есть в обычной воде, продемонстрировали значительно более слабые показатели корнеобразования по сравнению с черенками, обработанными стимуляторами роста. Листья

контрольных черенков постепенно теряли тургор и начинали засыхать. Это свидетельствует о том, что вода не обладает достаточными стимуляторными свойствами для активного роста и развития корневой системы.

Наблюдалось, что корневая система у контрольных черенков развивалась медленно, корни были тонкими и слабыми. Такие черенки не могли полноценно развиваться и достигать тех же результатов, что и черенки, обработанные растворами с янтарной кислотой или коммерческими стимуляторами роста.

Черенки, обработанные янтарной кислотой в концентрациях 0.001% и 0.005%, показали значительное улучшение в процессе корнеобразования. Листья этих черенков сохраняли здоровый зеленый цвет и тургор, что указывает на благоприятное воздействие янтарной кислоты на растения. Корневая система таких черенков была хорошо развита, корни были многочисленными и толстыми. Особенно эффективно проявила себя концентрация 0.005%, при которой наблюдалось наиболее активное корнеобразование.

Черенки, обработанные растворами янтарной кислоты с ионами серебра (SA - Ag), также показали хорошие результаты. Хотя в некоторых случаях наблюдалось потемнение корней из-за присутствия ионов серебра, общее состояние растений оставалось удовлетворительным. Листья сохраняли зеленый цвет, а корни развивались активно и равномерно.

Коммерческий стимулятор роста «Корнерост М» также продемонстрировал высокую эффективность. Черенки, обработанные этим стимулятором, имели хорошо развитую корневую систему и сохраняли здоровый вид листьев. Результаты применения «Корнерост М» были сопоставимы с результатами использования янтарной кислоты, что подтверждает его потенциал как эффективного средства для стимулирования роста и развития черенков комнатных растений.

Таким образом, проведенный фенологический анализ показал, что стимуляторы роста на основе янтарной кислоты и коммерческий стимулятор «Корнерост М» значительно улучшают процессы корнеобразования и общее состояние черенков по сравнению с контрольными образцами, помещенными в обычную воду. Это подтверждает необходимость использования специализированных стимуляторов роста для улучшения качества и скорости развития корневой системы комнатных растений.

Применение стимуляторов роста на основе янтарной кислоты положительно сказывается на образовании адвентивных корней у комнатных растений. Оптимальная концентрация янтарной кислоты в растворе составляет 0.005%, что обеспечивает наилучшие результаты в росте корней. Ионы серебра могут улучшить антибактериальные свойства растворов, однако их концентрацию следует тщательно подбирать, чтобы избежать негативного влияния на ткани растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги дипломной работы, можно утверждать, что янтарная кислота показала высокую эффективность в стимулировании образования и роста адвентивных корней у комнатных растений. Применение растворов янтарной кислоты в концентрациях 0.005% и 0.001% положительно сказывалось на процессах корнеобразования. При этом, оптимальной концентрацией для достижения наилучших результатов была признана концентрация 0.005%.

Комплексы янтарной кислоты с ионами серебра (SA - Ag) продемонстрировали хорошие антибактериальные свойства, которые способствуют здоровому росту корней. Однако, при использовании ионов серебра важно тщательно подбирать концентрацию, так как чрезмерное содержание серебра может негативно влиять на ткани растений.

Коммерческий стимулятор роста «Корнерост М» также показал высокую эффективность в стимуляции корнеобразования. Результаты использования «Корнерост М» были сопоставимы с результатами применения янтарной кислоты, что подтверждает его потенциал в качестве эффективного средства для черенкования.

Контрольные черенки, находившиеся в обычной воде, продемонстрировали значительно более слабое корнеобразование и ухудшение состояния листьев по сравнению с черенками, обработанными стимуляторами роста. Это подтверждает необходимость применения специализированных стимуляторов для улучшения роста и здоровья черенков комнатных растений.

Исследование внесло вклад в понимание механизмов воздействия янтарной кислоты и ее комплексов на процесс корнеобразования. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации технологий выращивания комнатных растений, что особенно актуально в условиях урбанизации и увеличения антропогенной нагрузки на окружающую среду. Применение природных биостимуляторов, таких как янтарная кислота, позволяет улучшить качество продукции растениеводства и повысить устойчивость растений к неблагоприятным условиям окружающей среды. Дипломная работа продемонстрировала значимость использования янтарной кислоты как эффективного стимулятора роста для комнатных растений. Полученные данные могут быть полезны как для научных исследований, так и для практического применения в области растениеводства и агротехнологий. Таким образом, вопросы применения биостимуляторов на основе янтарной кислоты для предпосевной обработки семян и выращивания растений с целью повышения урожайности и качества продукции требуют дальнейшего всестороннего изучения, а регламент применения — доработки и спецификации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отделение биологических наук НАН Беларуси; Совет ботанических садов стран СНГ при МААН; редкол.: В. Н. Решетников [и др.]. — Минск: ИВЦ Минфина. (2023). «Настоящее и будущее биотехнологии растений».
2. Грабовская Наталья Ивановна, Бабенко Ольга Николаевна, Сафронова Наталья Михайловна, Хусаинова Разья Каирбековна. «Особенности применения янтарной кислоты в качестве биостимулятора и адаптогена растений» (2020).
3. Безуглова А. Б. «Удобрения и стимуляторы роста». Ростов-н/Д: Феникс, 2002.
4. Скалий Л.П., Самощенко Е.Г. «Размножение растений зелеными черенками». М.: Изд-во ТСХА, 2002.
5. Демиденко, Г. А. (2021). "Влияние регуляторов роста на образование и рост адвентивных корней комнатных растений".
6. Грабовская Н. И. «Влияние биостимуляторов растений на всхожесть семян и ростовые показатели кресс-салата» // Уалихановские чтения — 23: мат. межд. научно-практ. конф. — 2019.
7. «Антистрессовое действие янтарной кислоты на проростки гороха» / Э.М. Коф, Т. А. Борисова, Р. В. Макарова, Н. Н. Симонова // Агрехимия. — 1999.
8. Куренкова С. В., Табаленкова Т. Н. «Влияние янтарной кислоты на продуктивность растений ячменя». // Тез. докл. конф. «Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях». (2001).
9. Пещеров А. В. «Удобрения и биодобавки для комнатных растений». Ростов-н/Д: Феникс, 2002.
10. Коф Э. М. «Влияние янтарной кислоты на растения огурца, подвергнутые факторам, вызывающим стресс, и инфицированные фитопатогенами» / Э. М. Коф, Т. А. Борисова, Р. В. Макарова, Н. Н. Симонова // Агрехимия. — 1999.
11. Carmen Díaz-Sala. (2020). «Perspective on Adventitious Root Formation in Tree Species».
12. Peter Anargyrou Roussos. (2023). «Adventitious Root Formation in Plants: The Implication of Hydrogen Peroxide and Nitric Oxide».
13. Mhimdi M, Pérez-Pérez JM. «Understanding of Adventitious Root Formation: What Can We Learn from Comparative Genetics? » (2020).
14. Druege, U., Hilo, A., Pérez-Pérez, J. M., Klopotek, Y., Acosta, M., Shahinnia, F., et al. (2019). «Molecular and physiological control of adventitious rooting in cuttings: phytohormone action meets resource allocation».
15. Hetherington, A. J., and Dolan, L. (2018). «Stepwise and independent origins of roots among land plants».
16. Yu, P., Baldauf, J. A., Lithio, A., Marcon, C., Nettleton, D., Li, C., et al. (2016). «Root type-specific reprogramming of maize pericycle transcriptomes by local high nitrate results in disparate lateral root branching patterns».

17. Kenrick, P., and Strullu-Derrien, C. (2014). «The origin and early evolution of roots».
18. Inukai, Y., Sakamoto, T., Ueguchi-Tanaka, M., Shibata, Y., Gomi, K., Umemura, I., et al. (2005). «Crown rootless1, which is essential for crown root formation in rice, is a target of an AUXIN RESPONSE FACTOR in Auxin signaling».
19. Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., and Tamura, K. (2018). «MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms».
20. Bustillo-Avendaño, E., Ibáñez, S., Sanz, O., Barros, J. A. S., Gude, I., Perianez Rodriguez, J., et al. (2018). «Regulation of hormonal control, cell reprogramming and patterning during de novo root organogenesis».
21. Gutjahr, C., Sawers, R. J. H., Marti, G., Andrés-Hernández, L., Yang, S. Y., Casieri, L., et al. (2015). «Transcriptome diversity among rice root types during asymbiosis and interaction with arbuscular mycorrhizal fungi».
22. Vidoz, M. L., Loreti, E., Mensuali, A., Alpi, A., and Perata, P. (2010). «Hormonal interplay during adventitious root formation in flooded tomato plants».
23. Takehisa, H., Sato, Y., Igarashi, M., Abiko, T., Antonio, B. A., Kamatsuki, K., et al. (2012). «Genome-wide transcriptome dissection of the rice root system: implications for developmental and physiological functions».
24. Qi, X., Li, Q., Ma, X., Qian, C., Wang, H., Ren, N., et al. (2019). «Waterlogging induced adventitious root formation in cucumber is regulated by ethylene and auxin through reactive oxygen species signalling».
25. Péret, B., De Rybel, B., Casimiro, I., Benková, E., Swarup, R., Laplaze, L., et al. (2009). «Arabidopsis lateral root development: an emerging story».
26. Yruela I. «Copper in plants: Acquisition, transport and interactions. Functional Plant Biology». 2009.
27. Burgos, G., Zum Felde, T., Andre, C., Kubow, S. (2020). «The Potato and Its Contribution to the Human Diet and Health». In: Campos, H., Ortiz, O. (eds) The Potato Crop. Springer, Cham.

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на дипломную работу
(наименование вида работы)

Мурзагалиева Лилия Галимжановна
(Ф.И.О. обучающегося)

6В05101 – «Химическая и биохимическая инженерия»
(шифр и наименование специальности)

На тему: «Влияние стимуляторов роста на основе янтарной кислоты на образование и рост адвентивных корней комнатных растений».

Образование адвентивных корней представляет собой органогенный процесс, регулируемый на нескольких уровнях и имеющий решающее значение для успешного вегетативного размножения многих видов растений. Этот процесс полезен в лесном хозяйстве и садоводстве. Современное растениеводство требует применения экологически чистых и эффективных стимуляторов роста. Одним из таких является янтарная кислота, известная своими положительными эффектами на растения. Ее применение способствует улучшению метаболических процессов, увеличению всхожести семян, стимуляции роста корней и побегов, а также повышению устойчивости растений к стрессовым условиям. Янтарная кислота является природным соединением, присутствующим в цикле Кребса, и играет ключевую роль в энергетическом обмене клеток.

Зеленое черенкование признано эффективным методом вегетативного размножения для многих культур, что обусловлено его влиянием на корнеобразование. Технологии выращивания комнатных растений также включают использование биостимуляторов, которые положительно влияют на их рост, развитие и цветение.

В дипломной работе студент рассматривает влияние стимуляторов роста на основе янтарной кислоты на образование и рост адвентивных корней комнатных растений. Работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы. Введение включает в себя актуальность темы, цели и задачи работы.

В ходе выполнения дипломной работы студент смогла применить полученные теоретические знания при выполнении исследовательских работ.

Дипломную работу на тему: «Влияние стимуляторов роста на основе янтарной кислоты на образование и рост адвентивных корней комнатных растений».

Научный руководитель

к.т.н. ассоц-профессор

(должность, уч. степень, звание)

 Кабдрахманова С.К.

(подпись)

«11» 06 2024г.

РЕЦЕНЗИЯ

Мурзагалиева Лилия Галимжановна

Дипломная работа

6B05101 – «Химическая и биохимическая инженерия»

Тема: «Влияние стимуляторов роста на основе янтарной кислоты на образование и рост адвентивных корней комнатных растений»

Разработано:

- а) графическая часть _____ листов
- б) пояснительная записка _____ стр.

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Дипломная работа была посвящена исследованию влияния регуляторов роста на основе янтарной кислоты на рост и развитие адвентивных корней растения «Tradescantia albiflora Kunth».

Использование природных биостимуляторов, таких как янтарная кислота, становится все более актуальным. Янтарная кислота является экологически безопасным и эффективным средством, которое может значительно улучшить рост и развитие растений. Несмотря на многочисленные исследования, её влияние на образование и рост адвентивных корней у комнатных растений изучено недостаточно, что делает данное исследование особенно важным.

В ходе выполнения работы студент провел обширный литературный обзор по определению адвентивных корней, их роли в жизнедеятельности растений, механизмы образования адвентивных корней, а также описал влияние янтарной кислоты и ее комплексов на растения. Различные концентрации синтезированного комплекса добавляли в пробирки для выращивания традесканции. Производили фенологические наблюдения за растениями от начала до конца опыта. Выявили оптимальную концентрацию комплекса из всех исследуемых. Сравнили растения выращенные в пробирке с добавлением комплекса с растениями выращенными в контрольной пробирке.

Традесканция отлично подошла как выбранный объект исследования. Важность традесканции как культуры позволит применять полученный комплекс для повышения урожайности и устойчивости.

ОЦЕНКА РАБОТЫ

Исследовательская работа Мурзагалиевой Л. Г. выполнена с соблюдением требований и стандартов, предъявляемых к дипломным работам, в ходе которого студент выполнила обширный литературный обзор и экспериментальную работу, освоив синтез комплекса химическим методом, метод определения всхожести культур. Таким образом, работа Мурзагалиевой Л. Г. заслуживает оценку 95 – «отлично».

Рецензент:

К.с/х.н. ТОО «Опытное хозяйство
масличных культур»,
зав. лаб. масличных культур
Григорчук Н.Ф.

« 13 » июня 2024г.





Метаданные

Название

Влияние стимуляторов роста на основе янтарной кислоты на образование и рост адвентивных корней комнатных растений

Автор

Мурзагалиева Лилия Галимжановна

Научный руководитель / Эксперт

Сана Қабдрахманова

Подразделение

ИГИНГД

Тревога

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв		0
Интервалы		0
Микропробелы		3
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		3

Объем найденных подоби

КП-ия определяют, какой процент текста по отношению к общему объему текста был найден в различных источниках.. Обратите внимание!Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.


25

Длина фразы для коэффициента подобия 2


4867

Количество слов


36998

Количество символов

Подобия по списку источников

Ниже представлен список источников. В этом списке представлены источники из различных баз данных. Цвет текста означает в каком источнике он был найден. Эти источники и значения Коэффициента Подобия не отражают прямого плагиата. Необходимо открыть каждый источник и проанализировать содержание и правильность оформления источника.

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	Изучение процессов комплексообразования серебра и меди с производными янтарной кислоты 6/12/2023 Satbayev University (Г_М_И)	20	0.41 %
2	https://kgu.kz/sites/default/files/Documents/nauka/konf/Nedelya%20nauki%20studentov%202019/tom_3.pdf	19	0.39 %
3	Изучение процессов комплексообразования серебра и меди с производными янтарной кислоты 6/12/2023 Satbayev University (Г_М_И)	11	0.23 %

4	Изучение процессов комплексообразования серебра и меди с производными янтарной кислоты 6/12/2023 Satbayev University (Г_М_И)	10	0.21 %
5	Изучение процессов комплексообразования серебра и меди с производными янтарной кислоты 6/12/2023 Satbayev University (Г_М_И)	7	0.14 %
6	Изучение процессов комплексообразования серебра и меди с производными янтарной кислоты 6/12/2023 Satbayev University (Г_М_И)	6	0.12 %
7	https://kgu.kz/sites/default/files/Documents/nauka/konf/Nedelya%20nauki%20studentov%202019/tom_3.pdf	5	0.10 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	-----------------------------------------

из домашней базы данных (1.11 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	Изучение процессов комплексообразования серебра и меди с производными янтарной кислоты 6/12/2023 Satbayev University (Г_М_И)	54 (5)

из программы обмена базами данных (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	-----------------------------------------

из интернета (0.49 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	https://kgu.kz/sites/default/files/Documents/nauka/konf/Nedelya%20nauki%20studentov%202019/tom_3.pdf	24 (2)

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	------------	-----------------------------------------