

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Институт геологии и нефтегазового дела им. К.Турысова
Кафедра «Химическая и биохимическая инженерия»

Есмаканова Аружан Муратовна

Тестирование *in vitro* регуляторной активности стимулятора роста на основе янтарной
кислоты и меди

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казакский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт геологии и нефтегазового дела им. К.Турысова
Кафедра «Химическая и биохимическая инженерия»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
«Химическая и биохимическая
инженерия»

Доктор Ph.D.

Амитова А.А.

« » 20 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Тестирование *in vitro* регуляторной активности стимулятора роста на основе
янтарной кислоты и меди»

6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия

Выполнила

Есмаканова Аружан
Муратовна

Рецензент

К.с.-х.н

ТОО «Опытное хозяйство
масличных культур»

Григорчук Н.Ф.

Научный руководитель

К.т.н., ассоц.профессор

Кабдрахманова С.К.

« »  2024 г.
11. 06.

« 11. » 06. 2024 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казакский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт геологии и нефтегазового дела им. К.Турьсова
Кафедра «Химическая и биохимическая инженерия»
6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

«Химическая и биохимическая
инженерия»

Доктор Ph.D.

Амитова А.А.

« »

2024 г.



ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающейся Есмаканова Аружан Муратовна

Тема: Тестирование *in vitro* регуляторной активности стимулятора роста на основе
янтарной кислоты и меди

Утверждена приказом Члена Правления - Проректора по академическим вопросам
№ 548-П/О от «04» декабря 2023 г.

Срок сдачи законченной работы: «3» июня 2024 г.

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

Краткое содержание дипломной работы:

- а) введение, литературный обзор
- б) материалы и методики исследования
- в) результаты собственных исследований, выводы

Перечень графического материала: 15 слайдов презентации работы.




Рекомендуемая основная литература: 25 наименований.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Литературный обзор	Февраль-апрель	Выполнено
Материалы и методика исследований	Апрель	Выполнено
Результаты исследований	Май-июнь	Выполнено
Заключение и выводы	Май-июнь	Выполнено

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу
(проект)с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основная часть	Кабдрахманова А.К Докторант	11.06.2024	
Материалы и методика исследований	Кабдрахманова А.К Докторант	11.06.2024	
Нормоконтролер	Кабдрахманова А.К Докторант	11.06.2024	

Научный руководитель, к.б.н.

 Кабдрахманова С.К.

Задание приняла к исполнению обучающаяся

 Есмаканова А.М.

Дата

«11» июня 2024 г.

АНДАТПА

Соңғы жылдары өсімдіктердің өсуін ынталандырудың экологиялық таза және тиімді әдістерін жасауға көбірек көңіл бөлінді. Осыған байланысты кәріптас қышқылы мен мыс негізіндегі өсу стимуляторлары картоптың өсуі мен дамуын жақсартудың перспективалық құралы ретінде ерекше қызығушылық тудырады. Бұл дипломдық жұмыс янтарь қышқылы мен мыс негізінде өсімдік өсу стимуляторларының әртүрлі картоп сорттарында *in vitro* жағдайында тиімділігін зерттеуге бағытталған. Дипломдық жұмысты орындау барысында ЯК-Cu комплексі синтезделіп, картопты микроклондық көбейту және синтезделген комплекстер қосылған қоректік ортаға өсімдіктерді отырғызу жүзеге асырылды. ЯК-Cu комплексінің «Императрица» және «Диар» картоп сорттарына әсері зерттелді. Сонымен қатар, картоптың морфометриялық және физиологиялық көрсеткіштерін өлшеу әдістемесі меңгерілді.

Түйінді сөздер: кәріптас қышқылы, мыс, *in vitro* тестілеу, картоп.

Үш тараудың тезисі: әдеби шолу, эксперименттік бөлім, нәтижелер және оларды талқылау.

Барлық жұмыс химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы мен "Композициялық материалдардың ғылыми орталығы" ЖШС (КМҒО) базасында жүргізілді.

Аннотация

В последние годы все большее внимание уделяется разработке экологически безопасных и эффективных методов стимуляции роста растений. В связи с этим, стимуляторы роста на основе янтарной кислоты и меди представляют особый интерес как перспективное средство для улучшения роста и развития картофеля. Данная дипломная работа направлена на изучение эффективности стимуляторов роста на основе янтарной кислоты и меди в условиях *in vitro* на различных сортах картофеля. В рамках выполнения дипломной работы был проведен синтез комплекса ЯК-Си, осуществлено микрклональное размножение картофеля и последующая посадка растений на питательную среду с добавлением синтезированных комплексов. Изучено влияние комплекса ЯК-Си на сорта картофеля «Императрица» и «Диар». Также была освоена методика измерения морфометрических и физиологических показателей картофеля.

Ключевые слова: янтарная кислота, медь, тестирование *in vitro*, картофель.

Дипломная работа трех глав: литературный обзор, экспериментальная часть, результаты и их обсуждение.

Вся работа проходила на базе кафедры химической и биохимической инженерии и ТОО Научный центр композитных материалов (НКЦМ)

Annotation

In recent years, more and more attention has been paid to the development of environmentally safe and effective methods of stimulating plant growth. In this regard, growth stimulants based on succinic acid and copper are of particular interest as a promising tool for improving the growth and development of potatoes. This thesis is aimed at studying the effectiveness of growth stimulants based on succinic acid and copper in vitro on various potato varieties. As part of the thesis work, the synthesis of the Cu-Succ complex was carried out, microclonal propagation of potatoes and subsequent planting of plants on a nutrient medium with the addition of synthesized complexes were performed. The effect of the Cu-Succ complex on the potato varieties "Impera" and "Diar" was studied. Additionally, methods for measuring the morphological and physiological parameters of potatoes were mastered.

Keywords: succinic acid, copper, in vitro testing, potatoes.

The thesis consists of three chapters: a literary review, an experimental part, results and their discussion.

All work was carried out at the Department of Chemical and Biochemical Engineering and at the «Scientific Center for Composite Materials» (SCCM)

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Литературный обзор	10
1.1 Влияние янтарной кислоты на рост растений	10
1.2 Влияние меди на рост растений	13
1.3 Особенности культуры картофеля	14
1.3.1 Сорты картофеля, использованные в ходе исследования	15
1.3.2 Заболевания, которым могут быть подвержены растения картофеля	16
1.3.3 Агрономическая ситуация картофельных культур Казахстана	20
2 Экспериментальная часть	22
2.1 Изготовление комплекса янтарной кислоты и меди	22
2.2 Титрование комплекса	24
2.3 Подготовка среды	27
2.4 Черенкование	29
3 Результаты и их обсуждение	32
Заключение	38
Список литературы	39

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время вопрос повышения эффективности сельскохозяйственного производства и улучшения качества технологий, используемых в агрономии, становится все более актуальным. Одним из ключевых аспектов является разработка и применение новых регуляторов роста растений, которые способствуют повышению урожайности и устойчивости растений к различным стрессовым факторам. Одним из перспективных регуляторов роста является стимулятор на основе янтарной кислоты и меди. Исследования в данной области могут внести значительный вклад в развитие устойчивого сельского хозяйства, способствуя повышению продуктивности и качества продукции, а также снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Янтарная кислота, известная своими положительными эффектами на рост и развитие растений, стимулирует метаболические процессы и повышает устойчивость растений к неблагоприятным условиям. Медь, в свою очередь, является важным микроэлементом, который играет ключевую роль в физиологических процессах растений, включая фотосинтез и дыхание. Совместное использование янтарной кислоты и меди в качестве регуляторов роста может обеспечить значительное улучшение качества и урожайности сельскохозяйственных культур.

Целью данной работы установление стимулирующего воздействия комплекса на основе янтарной кислоты и меди на картофель, в частности на сорт «Диар» и «Императрица» (Восточно-Казахстанская область) в условиях *in vitro*.

Задачи исследования:

- Сбор литературного обзора по теме исследования;
- Синтез комплекса на основе янтарной кислоты и меди;
- Выполнение микроклонального размножения картофеля в условиях *in vitro*;
- Изучение влияния синтезированного комплекса на рост и развитие картофеля в условиях *in vitro*;

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

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Влияние янтарной кислоты на рост растений

Янтарная кислота (*L. succinum*, янтарь), $\text{H00C}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$, изначально получалась при дистилляции янтаря, твердой окаменевшей смолы. Янтарная кислота обычно встречается в виде бесцветных кристаллов или белого кристаллического порошка. Янтарная кислота хорошо растворима в воде. Также она растворима в этаноле и других органических растворителях. Янтарная кислота является двухосновной кислотой. Водные растворы янтарной кислоты имеют слабокислую реакцию. Также её извлекали из бурого угля и она встречается в небольших количествах в растениях. В промышленности её производят восстановлением малеиновой или фумаровой кислот [1]. Янтарная кислота и её соли являются одними из самых экономичных и эффективных регуляторов роста для предпосевной обработки семян и обработки вегетирующих растений.

В митохондриях происходит синтез и задействование янтарной кислоты для энергетических реакций. Все органические кислоты в митохондриях окисляются с помощью содержащегося кислорода в клетке, образуя АТФ – аденозинтрифосфат, единица энергии [2].

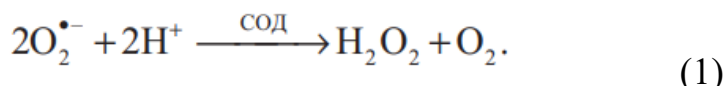
В цикле Кребса в митохондриях янтарная кислота является одним из промежуточных соединений. Энергетическая эффективность синтеза АТФ при её окислении значительно выше по сравнению с другими субстратами. Обработка растений янтарной кислотой повышает их стрессоустойчивость к засухе. Например, ростки ячменя, обработанные жасмоновой и янтарной кислотой на ранних стадиях, показали меньшую потерю воды в листьях и не испытывали ингибирования роста в условиях засухи [2].

Эксперименты *in vitro* показали, что применение сукцината приводит к увеличению потребления кислорода тканями за счет окисления субстратов, добавляемых к конечным продуктам - углекислому газу, воде и теплу. Молекула янтарной кислоты, добавляемая в ткани, обеспечивает окисление многих эндовеществ. Таким образом, превращение янтарной кислоты в организме связано с выработкой энергии, необходимой для жизнедеятельности. При повышенной нагрузке на одну из систем организма обеспечивается, в первую очередь, поддержание ее работы за счет окисления янтарной кислоты. Мощность системы, вырабатывающей энергию с помощью янтарной кислоты, в сотни раз превышает мощность всех других систем, вырабатывающих энергию в организме [2].

Одним из следствий обработки растений янтарной кислотой – стрессоустойчивость растений к засухе. Например, ростки ячменя, которые были обработаны жасмоновой и янтарной кислотой на ранних стадиях, [3] имели меньшую потерю воды в листьях и их рост не был ингибируемым из-за условий засухи.

В результате эксперимента было выявлено, что также изменилась активность ферментов: увеличилась активность супероксиддисмутазы (СОД)

– фермента, который [4] останавливает разрушение тканей или клеток активными формами кислорода (АФК). АФК, то есть такие радикалы образуются в результате и нормальных метаболических процессов – дыхание. Основа работы СОД – дисмутация, то есть ускорение процесса превращения супероксидного аниона ($O_2^{\bullet-}$) в перекись водорода (H_2O_2) и молекулярный кислород (O_2). Это реакция дисмутации, которая происходит в два этапа, реакция дисмутации СОД (1):

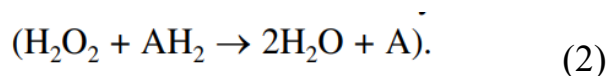


В первом этапе супероксиддисмутаза взаимодействует с супероксидным анионом, образуя промежуточное соединение. Во втором этапе фермент восстанавливается, взаимодействуя с другим супероксидным анионом, что приводит к образованию перекиси водорода и молекулярного кислорода. Скорость взаимодействия СОД с супероксидным анионом зависит от вязкости мембран.

Супероксиддисмутаза (СОД) считается антиоксидантным ферментом, который играет важную роль в защите от активных форм кислорода (АФК). Удаляя супероксидные анионные радикалы, СОД уменьшает образование гидроксильных радикалов, синглетного кислорода, пероксинитрита и других высокореактивных АФК, которые не могут быть удалены другими ферментами. Таким образом, повышение активности СОД за счет жирных кислот и янтарной кислоты, присутствующих в листьях ячменя, считается важной защитной реакцией на засуху.

В эксперименте над ростками ячмени было заметно увеличение пероксидазы и увеличение каталазы при засухе и ее уменьшение при нормальных условиях.

Пероксидаза участвует в одресневении, пробковании, связывании белков клеточной стенки, катаболизме ауксина, регенерация ран и защита от патогенных инфекций [5]. Реакция пероксидазы (2).



где H_2O_2 — перекись водорода,
 AH_2 — донор электронов (субстрат),
 A — окисленный субстрат.

Пероксидаза отвечает за ферментативную катализирующий механизм разрушение H_2O_2 , в результате реакции получая воду и окисленный субстрат.

Повышение пероксидазы происходит, так как засуха вызывает увеличение активных форм кислорода (АФК) в растительных клетках, что приводит к оксидативному стрессу. Пероксидазы играют ключевую роль в нейтрализации АФК, таких как перекись водорода (H_2O_2), путем их разложения на воду и кислород. Это помогает защитить клеточные компоненты, такие как липиды, белки и дезоксирибонуклеиновая кислота, от повреждений. Пероксидазы участвуют в процессах лигнификации клеточных

стенок, что укрепляет структуры растений и повышает их устойчивость к стрессам. В условиях засухи это может способствовать уменьшению потерь воды и повышению общей устойчивости растений.

Суберин откладывается в поврежденных тканях. Поскольку суберин представляет собой высокогидрофобную макромолекулу, состоящую из гидроксикоричной кислоты и её производных, содержащих конъюгированные алифатические фрагменты, его отложение вокруг поврежденных тканей должно способствовать заживлению ран. Мономер суберина является субстратом для пероксидаз, и пространственные и временные паттерны экспрессии индуцируемых ранениями анионных пероксидазы (РОХ) были показаны как сильно коррелирующие с отложением суберина, что предполагает участие РОХ в опробковании [5].

Каталаза и другие формы пероксидазы ингибируют перекись водорода, которая может образоваться и естественно, или в результате СОД. Под действием ЖК и ЯК происходит снижение каталазы при нормальной влажности, так как активируется гваяколпероксидаза. Кроме антиоксидантного эффекта, пероксидаза выступает как окислитель с перекисью водорода, влияя на укрепление клеточных стенок, защищая растение от патогенов, регулирует осмос, увеличение лигнина и суберина в условиях засухи. В связи с этим, переключение превращения перекиси водорода с каталазных реакций на пероксидазные может рассматриваться как физиологически значимый процесс. В частности, пероксидазные реакции способствуют укреплению клеточных стенок, что важно не только для устойчивости к патогенам, но и для осморегуляции.

Пероксидазы участвуют в накоплении лигнина и суберина в растительных тканях, особенно при недостатке влаги. Недавние исследования показали, что обработка метилжасмонатом усиливает отложение лигнина, укрепляя барьерные свойства клеточных стенок в корнях проростков пшеницы [3].

Янтарная кислота влияет на фотосинтетическую активность [6]. Применение раствора янтарной кислоты с концентрацией 10–3 М показало увеличение площадь листовой поверхности пшеницы на 17–20%, массу сухого вещества на 33%, и фотосинтетический потенциал на 17–20% по сравнению с семенами, которые не были обработаны. Стимулирующее действие проявляется в фазе "трубкование – колошение" (Фаза "трубкование – колошение" у пшеницы является критическим периодом её роста. Во время трубкования происходит удлинение стебля и формирование междоузлий, что подготавливает растение к выдвиганию колоса. На этапе колошения колос становится видимым, начинается цветение и формирование зерен. Эти стадии важны для определения конечного количества и качества урожая пшеницы). Наилучший эффект достигается при сочетании предпосевной обработки янтарной кислотой и внесении минеральных удобрений (N18P42), что увеличивает фотосинтетический потенциал до 568,1 тыс. м²/га·сут и

урожайность сухой биомассы до 5200 кг/га, что на 24% и 55% выше контроля соответственно.

Под воздействием янтарной кислоты активируются ростовые процессы яровой мягкой пшеницы: листовая поверхность увеличивается на 4–20%, а биомасса — на 7–33%. Наилучшие результаты достигнуты при предпосевной обработке семян раствором янтарной кислоты (10–3 М) и внесении минеральных удобрений (N18P42). Фотосинтетический потенциал в среднем за вегетационный период увеличился на 2–20%. Максимальный фотосинтетический потенциал (568,1 тыс. м²/га·сут) за период "кущение – колошение" был на 24% выше необработанной группы. Установлена тесная корреляционная зависимость ($r = 0,81$) между урожайностью пшеницы и фотосинтетическим потенциалом [6]. Таким образом, янтарная кислота выступает как стимулятор роста.

1.2 Влияние меди на рост растений

Свойства меди по отношению к растениям:

- устойчивость к засухе
- устойчивость к морозу
- толерантность к бактериальным поражениям

Медь участвует компонентом в нескольких видах ферментов у растений, активизируя их продукцию. Она улучшает азотный и фосфорный обмены, способствует накоплению фотосинтезирующих пигментов, улучшает поглощение биогенных элементов, увеличивает интенсивность и продуктивность фотосинтеза, стимулирует дыхание и повышает устойчивость растений к неблагоприятным условиям окружающей среды [7].

В эксперименте над рисовой культуре, обработанной медным удобрением, было показан большой урожай: количество колосков и зерен в соцветии увеличилось, повысилась масса растения как в одиночном экземпляре, так и в виде 1000 зерен. Изменился и биохимический состав зерна в положительную сторону, так как медь играет роль в накоплении белка в зерновках.

Медь является составным элементом в полифенолоксидазы и пластоцианина, которые задействованы в углеводном обмене, ввиду чего увеличилось количество крахмала в растениях.

Изменилось не только качество семян, но и урожайность: урожайность семян увеличилась на 2,5-6,2 ц/га по сравнению с контролем (зависит от концентрации удобрения в водном растворе), всход семян возросло на 1,3-2,1% [7].

Медь является составным микроэлементом для супероксиддисмутазы, полифенолоксидазы, цитохрома, которые участвуют в фотосинтезе и антиоксидантной защите. Медь участвует в синтезе хлорофилла. Недостаток меди в растениях выражается как [8]:

- пожелтение листьев (из-за недостаточного количества хлорофилла)
- некроз в виде потемнения отмирание тканей
- замедленный рост [22]

В моей работе использовался нитрат меди ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$) это растворимое соединение меди, которое используется в сельском хозяйстве как источник меди для питания растений. С молекулами воды вещество выглядит как голубые кристаллогидраты.



Рисунок 3 - Нитрат меди на весах

1.3 Особенности культуры картофеля

Картофель (*Solanum tuberosum*) является одним из важнейших культурных растений в мире, широко используемым в пищевой промышленности и сельском хозяйстве. Картофель имеет большое значение для питания человека благодаря своему уникальному химическому составу и биологическим особенностям.

Картофель относится к семейству пасленовых (*Solanaceae*) и является многолетним клубненосным растением. Основной биологической особенностью картофеля является его способность образовывать клубни – подземные стебли, которые служат основным органом для хранения питательных веществ. Клубни картофеля содержат глазки, из которых развиваются новые растения.

Картофель имеет высокую адаптивность к различным климатическим условиям и почвам, что позволяет его выращивать в разных регионах мира. Однако оптимальными условиями для роста картофеля считаются умеренные температуры ($15\text{-}20^\circ\text{C}$) и достаточное количество влаги. Картофель чувствителен к заморозкам, особенно в период всходов и цветения.

Картофель богат углеводами, главным образом крахмалом, который составляет около 60-80% сухого вещества клубня. Крахмал является основным источником энергии и легко усваивается организмом человека. Кроме углеводов, картофель содержит значительное количество белков (2-3%), которые, хотя и уступают по содержанию белка многим другим культурам, обладают высокой биологической ценностью.

Картофель также богат витаминами и минералами. Он содержит витамины группы В (В1, В2, В6), витамин С, калий, фосфор, магний и железо. Витамин С в картофеле сохраняется даже после варки, что делает его важным источником этого витамина в питании. Калий способствует поддержанию нормального артериального давления и функции сердца [23].

Картофель требователен к плодородию почвы и хорошему дренажу. Он нуждается в регулярном поливе, особенно в период образования клубней. Важно также соблюдать севооборот, так как постоянное выращивание картофеля на одном и том же участке может привести к накоплению болезней и вредителей.

Для повышения урожайности и качества клубней используют различные агротехнические методы, такие как окучивание, внесение органических и минеральных удобрений, защита растений от вредителей и болезней.

Картофель подвержен различным заболеваниям, включая фитофтороз, паршу и вирусные инфекции. Эти заболевания могут существенно снижать урожай и качество клубней. Для борьбы с ними применяются устойчивые сорта, фунгициды и правильные агротехнические меры.

Картофель имеет широкое применение в пищевой промышленности. Из него производят картофельные чипсы, картофельное пюре, крахмал, алкогольные напитки (например, водку), а также используют как корм для скота.

В целом, картофель является ценным продуктом питания благодаря своему богатому химическому составу и широким возможностям использования в различных отраслях пищевой промышленности.

1.3.1 Сорта картофеля, использованные в ходе исследования

Я работала сортами картофеля, как: «Императрица» и «Диар».

Картофель "Императрица" — среднеранний сорт столового назначения, выведенный российскими селекционерами. Он обладает овальной, правильной формой клубней со светло-желтой гладкой кожурой и светло-желтой мякотью. Клубни имеют средний и крупный размер, массой от 90 до 150 г, с небольшим количеством мелких и поверхностных глазков.

Сорт "Императрица" характеризуется высокой урожайностью, в среднем 250-300 ц/га, и среднеранними сроками созревания, составляющими около 70-80 дней после посадки. Он обладает высокой устойчивостью к фитофторозу, раку картофеля и другим грибковым заболеваниям, а также устойчив к

механическим повреждениям. Картофель хорошо хранится, сохраняя товарные качества в течение длительного времени.

Картофель "Диар" — это высокоурожайный сорт, созданный в Казахстане. Он примечателен своими удлиненно-овальными клубнями с гладкой светло-желтой кожурой и мякотью. Средняя масса клубней составляет 80-150 г. "Диар" созревает примерно через 90-100 дней после посадки и демонстрирует высокую устойчивость к основным заболеваниям картофеля, включая фитофтороз и паршу. Его урожайность может достигать до 30 тонн с гектара, что делает его привлекательным для фермеров и аграрных предприятий. Для посадки этого сорта рекомендуется использовать плодородные почвы с хорошей аэрацией. Оптимальное расстояние между клубнями при посадке — 30-35 см, а между рядами — 60-70 см.

1.3.2 Заболевания, которым может быть подвержены растения картофеля

Фитофтороз. Фитофтороз — это разрушительное заболевание картофеля и томатов, вызванное оомицетом *Phytophthora infestans*, который является родственником диатомовых и бурых водорослей. Открытие этого патогена в конце XIX века стало важным событием в становлении фитопатологии как научной дисциплины. Спустя почти 150 лет, фитофтороз по-прежнему остается основным заболеванием картофеля. Глобальная популяция *P. infestans* постоянно меняется, и появление агрессивных новых штаммов создает непрерывную угрозу для мировой продовольственной безопасности.

Существует более 120 видов *Phytophthora*, все они патогены растений, колонизирующие корни, клубни, стебли, листья и плоды. Основные стадии их распространения — многоядерные спорангии и одноядерные зооспоры. Спорангии *P. infestans* могут переноситься ветром или водой, прорастая напрямую или выпуская зооспоры для начала инфекции.

Гаустории представляют собой структуры, образующие тесное взаимодействие с клетками хозяина, удаляя клеточную стенку растения, но оставляя мембрану неповрежденной, что способствует молекулярному обмену между патогеном и живой клеткой растения. Переход от одной стадии к другой: спорангий -> зооспора -> циста -> прорастание -> аппессориум -> проникновение в хозяина и инфекционный везикул -> межклеточный рост гиф -> формирование гаустории -> начало споруляции. Инфекционные везикулы, гаустории и межклеточные гифы представляют особый интерес, так как эти стадии находятся в тесном контакте с клетками растения и определяют исход инфекции [9].

Фитофтороз картофеля лечится с использованием различных методов, включая культурные практики, применение фунгицидов и выращивание устойчивых сортов. Применение фунгицидов является одним из наиболее распространенных способов борьбы с этим заболеванием. Среди них часто используются такие препараты, как мефеноксам (металаксил), который

эффективен против патогена, но может вызывать развитие устойчивости при частом использовании. Также применяются системные фунгициды, такие как мандипропамид и флуопиколид, и контактные фунгициды, такие как хлороталонил.[24].

Культурные практики играют важную роль в контроле фитофтороза. Правильное управление поливом, избегание переувлажнения почвы и использование капельного орошения помогают снизить влажность листьев и риск заболевания. Севооборот с культурами, не подверженными фитофторозу, также способствует снижению количества патогена в почве. Удаление зараженных растений и растительных остатков предотвращает распространение инфекции [20].

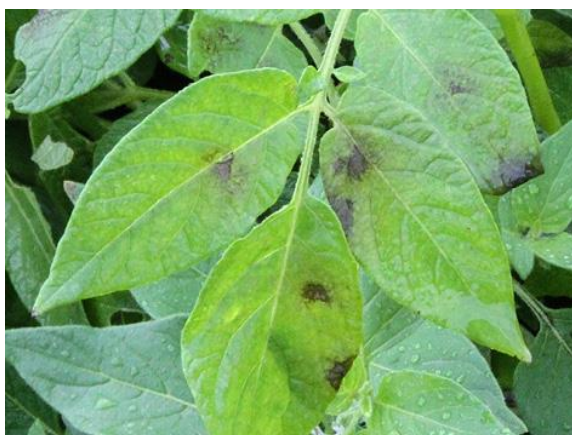


Рисунок 4 – Фитофтороз листьев картофеля [17]

Парша обыкновенная. Обыкновенная парша картофеля встречается в нейтральных или слабо щелочных почвах, особенно в засушливые годы. Она мало влияет на урожайность, но значительно ухудшает качество клубней из-за шершавых пятен, что снижает рыночную стоимость продукции. Возбудители включают *Streptomyces scabies*, *S. acidiscabies*, *S. turgidiscabies* и *S. ipomoeae*, при этом *S. scabies* является наиболее распространенным. Парша картофеля проявляется в виде различных симптомов, которые в первую очередь затрагивают клубни. На поверхности клубней появляются шершавые, коричневые или серые пятна, которые могут быть слегка вдавленными или выпуклыми. Эти пятна могут быть разного размера и формы, обычно имеют неровные края и могут быть мелкими и разбросанными по всей поверхности клубня или крупными и соединенными.

Пораженные участки могут утолщаться, образуя твердые корковые наросты, которые придают клубням неэстетичный вид. Иногда шершавые пятна могут трескаться, образуя раны на поверхности клубней, что делает их уязвимыми для вторичных инфекций и гнилей. В некоторых случаях изменения могут затрагивать не только поверхность, но и внутренние ткани клубней. При разрезе пораженные участки могут иметь коричневатый или ржавый оттенок [15].

Хотя основное внимание уделяется клубням, парша может проявляться и на других частях растения, таких как стебли и листья, вызывая некротические пятна и ухудшая общее состояние растения. Эти симптомы могут значительно ухудшить качество и рыночную стоимость картофеля, поэтому важно применять эффективные методы контроля и профилактики заболевания.

Различные меры контроля, такие как изменение рН почвы, органические и химические добавки, фумигация, зеленое удобрение, севооборот, избыточное орошение, бактеризация семян и агрохимикаты, были испробованы, но надежных методов пока нет. Интегрированные методы борьбы с болезнями, включая применение биологических агентов, стали эффективным вариантом. Антагонистические ризобактерии, такие как виды *Pseudomonas*, показали себя полезными в управлении почвенными патогенами [10].

Обыкновенная парша картофеля, вызываемая бактериями рода *Streptomyces*, незначительно влияет на урожайность, но значительно ухудшает качество клубней. Для управления этим заболеванием используются различные методы.

Культурные практики:

- севооборот
- чередование картофеля с культурами, не подверженными парше
- изменение рН почвы до кислого уровня (ниже 5.2)
- избыточное орошение во время формирования клубней, что снижает риск заражения.

Почвенные добавки, такие как компост и навоз, улучшают структуру почвы и биологическую активность, что способствует снижению уровня патогена. Минеральные добавки, например, гипс и сульфат аммония, помогают снизить рН почвы и контролировать паршу.

Химические методы включают фумигацию почвы с использованием фумигантов, таких как метам-натрий, и бактеризацию семян с помощью бактерий-антагонистов, таких как виды *Pseudomonas* и *Bacillus*. Интегрированные методы борьбы, сочетающие различные подходы, такие как изменение рН почвы, органические добавки и бактеризация семян, являются наиболее эффективным способом управления паршой. Биологические методы включают использование антагонистических микроорганизмов, таких как ризобактерии, стимулирующие рост растений, особенно виды *Pseudomonas*, которые помогают контролировать почвенные патогены [11].



Рисунок 5 - Парша обыкновенная [18]

Черная ножка. Черная ножка — это распространенное заболевание картофеля, вызываемое различными патогенными бактериями, такими как *Pectobacterium atrosepticum* и *Pectobacterium carotovorum*. Это заболевание может существенно снизить урожайность и качество клубней. *Pectobacterium atrosepticum* является основным возбудителем черной ножки в более прохладных климатических условиях, вызывая гниение основания стеблей и нижней части стеблей, а также гниение клубней при хранении. *Pectobacterium carotovorum* более распространен в теплых и влажных условиях и вызывает гниение стеблей и клубней, часто сопровождающееся неприятным запахом из-за разложения тканей.

Признаки поражения включают появление черных или темно-коричневых пятен на основании стеблей, гниение нижней части стеблей, что приводит к увяданию и гибели растения. Также наблюдается размягчение и потемнение тканей стебля, часто с выделением неприятного запаха. На клубнях появляются темные, влажные пятна, внутреннее гниение, клубни становятся мягкими и могут выделять неприятный запах. Общие симптомы включают увядание и пожелтение листьев, замедление роста растений и снижение общего урожая.

Основные источники инфекции — зараженные семенные клубни, которые могут передавать бактерии в почву и заражать здоровые растения. Бактерии могут сохраняться в почве и воде, особенно при наличии растительных остатков. Инфекция может распространяться через механические повреждения растений во время обработки и уборки урожая, а высокая влажность и избыток воды в почве способствуют развитию и распространению заболевания.



Рисунок 6 – Черная ножка [19]

Для профилактики и контроля черной ножки рекомендуется использовать здоровые семенные клубни, приобретение сертифицированных здоровых семенных клубней, свободных от инфекции. Важно правильно хранить клубни в условиях с низкой влажностью и хорошей вентиляцией, применять севооборот для снижения риска накопления патогенных бактерий в почве. Своевременное удаление и уничтожение пораженных растений помогает предотвратить распространение инфекции. Применение фунгицидов и бактерицидов может также помочь в контроле заболевания [13] [21].

1.3.3 Агронимическая ситуация картофельных культур в Казахстане

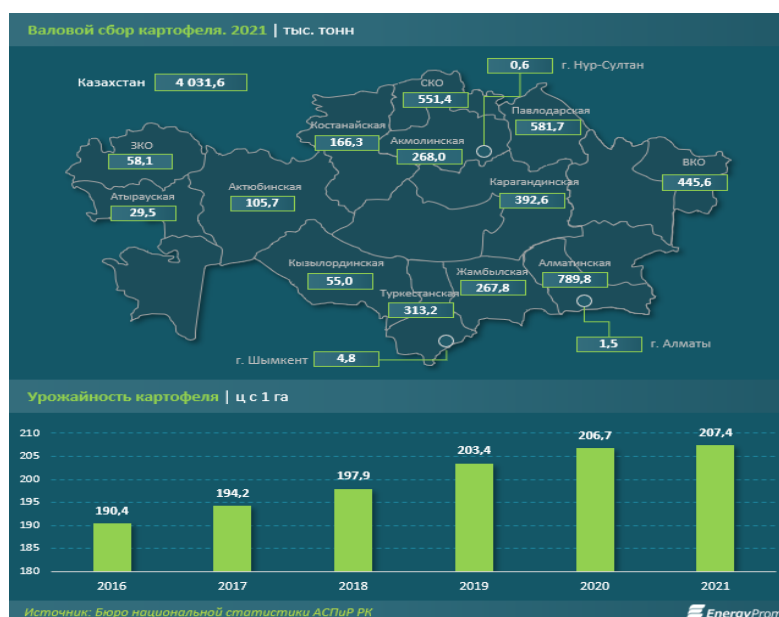


Рисунок 7 - Урожайность картофеля в Казахстане, до 2021 г [16]

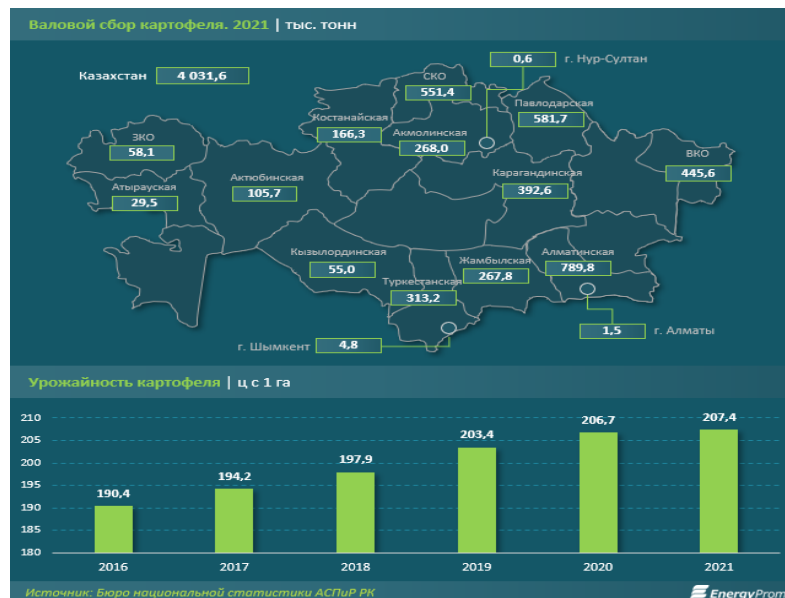


Рисунок 8 - Урожай картофеля по областям Казахстана. [16]

Казахстане выращивают различные сорта картофеля, включая как местные, так и импортные сорта. Популярные сорта включают "Ауыл", "Диар", "Сарыарка", "Императрица" и другие. Выбор сорта зависит от климатических условий региона, устойчивости к заболеваниям и целевого назначения (пищевое, промышленное использование).

2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Материалы исследования

Исследование была проведена на базе кафедры химической и биохимической инженерии и в лаборатории «Научный центр композитных материалов» (НКЦМ)

Приборы и оборудование:

Подготовка комплекса на основе янтарной кислоты и меди (ЯК-Cu)

Приборы:

- 1) Стакан стеклянный 50 мл
- 2) Магнитная мешалка
- 3) Магнит
- 4) Фильтровальная бумага
- 5) Ультразвуковая баня
- 6) Сушильный шкаф
- 7) Колба

Реактивы:

- 1) Cu^{2+} (в составе $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$)
- 2) Янтарная кислота
- 3) Na_2CO_3
- 4) H_2O – бидистиллированная

2.2 Изготовление комплекса янтарной кислоты и меди



Рисунок 9 – Взвешивание реактива

Ход Работы:

- 1) Взвесила 2.44 г Na_2CO_3 на электронных весах



Рисунок 10 - Na_2CO_3 (слева) и Нитрат меди (справа) на весах

- 2) Смешала карбонат натрия с 50 мл воды в стеклянном стакане 50 мл и держала в ультразвуковой бане. На растворение ушло 3 минуты.
- 3) Взвесила 5.75 г нитрата меди
- 4) Взвесила 6.71 г янтарной кислоты с 50 мл H_2O в стеклянном стакане и поставила на магнитную мешалку при температуре 50 С в течении 15 минут
- 5) Подняла температуру до 60 С на 1 минуту, затем добавила раствор карбоната натрия. Магнитная мешалка перешивала в течение 30 минут на 60 С. Накрыла стакан пленкой во избежание выпаривания жидкости.
- 6) После добавила раствор нитрата меди – изменение цвета раствора на голубой, 30 минут на магнитной мешалке с температурой 60 С, накрыв пленкой

2.3 Получение комплекса:



Рисунок 11 – Комплекс до «сушки» (слева) и комплекс после сушки (справа)

- 1) Провела раствор сквозь фильтровальную бумагу
- 2) Оставшееся на фильтровальной бумаге оставила в сушильном шкафу на сутки – это и станет комплексом для растений

2.2 Титрование комплекса

Для титрования:

1. Взвесила 0.364 г комплекса ЯК-Си



Рисунок 12 - Комплекс на весах

2. Добавила комплекс в 10 мл ДМСО (диметилсульфоксиде)
3. Поставила на магнитную мешалку в течение 5 минут.



Рисунок 13 - Комплекс с ДМСО на магнитной мешалке

4. 0.03 г NaOH растворила в 100 мл H₂O – это титрант

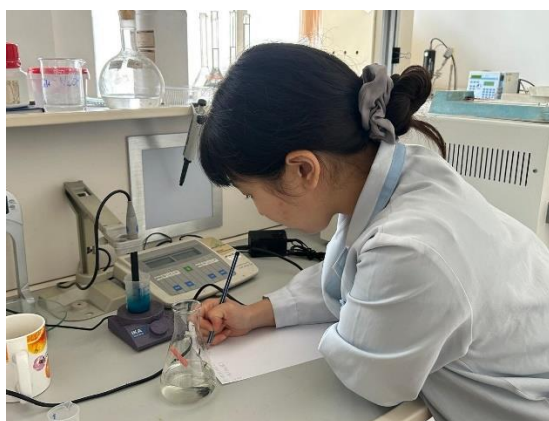


Рисунок 14 - Запись данных

Кондуктометрическое титрование комплексов.

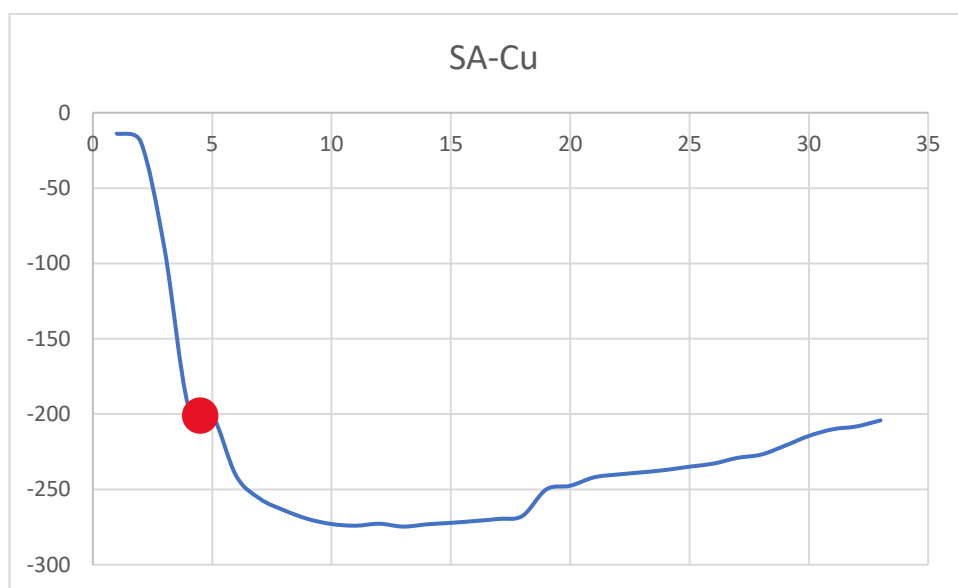


Рисунок 15 – Титрование SA-Cu

0-5 единиц (капель) по оси X: происходит резкий, спад значений по оси Y, то есть происходит значительное изменение по в потенциале и в рН. Происходит реакция нейтрализации.

Резкое начальное падение указывает на сильное взаимодействие между NaOH и кислыми компонентами комплекса янтарной кислоты-меди

5-25 единиц (капель) по оси X: – стабильная область с небольшим спадом, что указывает на достижение равновесного состояния реакции. Точка перегиба около 20-25 единиц может указывать на значительное событие, такое как полная нейтрализация кислых компонентов или крупное изменение в координационной среде комплекса.

Резкое начальное падение указывает на сильное взаимодействие между NaOH и кислыми компонентами комплекса янтарной кислоты-меди

25-35 единиц (капель) по оси X: наблюдается постепенный рост значений по оси Y, что указывает на переход системы в новое равновесное состояние после того, как титрование прошло основную фазу реакции.

Заключительный рост указывает на то, что все кислотные группы нейтрализованы, и теперь в растворе присутствует избыток гидроксида натрия.

Красной точкой отмечена точка эквивалентности - момент, при котором количество добавленного раствора NaOH эквивалентно количеству комплексу ЯК-Cu в анализируемом растворе.

Повторное титрование

Результаты повторного титрования отличаются от первого варианта. Отличие в методике в этом титровании, что я нагревала комплекс на магнитной мешалке в течении 30 минут при 40 С.

0-5 единиц (капель) по оси X: значения потенциала резко возрастают, начиная с отрицательных значений и достигая пика около 300 мВ. Это указывает на сильную реакцию между гидроксидом натрия и комплексом янтарной кислоты и меди.

Резкий рост потенциала может быть связан с начальной нейтрализацией кислотных групп янтарной кислоты или с изменением координационного окружения меди в растворе

5-10 единиц (капель) по оси X: потенциал достигает максимума и затем начинает постепенно снижаться. Это указывает на то, что основная часть реакции уже завершена, и система приближается к равновесию.

Красной точкой отметила точку эквивалентности.

10-30 единиц (капель) по оси X: наблюдается постепенное снижение потенциала, что указывает на постепенное достижение нового равновесия в системе. Это снижение может быть связано с добавлением избытка NaOH, что приводит к дальнейшим изменениям в координационной структуре меди или к образованию новых продуктов реакции.

30-40 единиц (капель) по оси X: потенциал продолжает снижаться, что указывает на продолжающееся добавление избытка титранта и дальнейшие изменения в растворе.

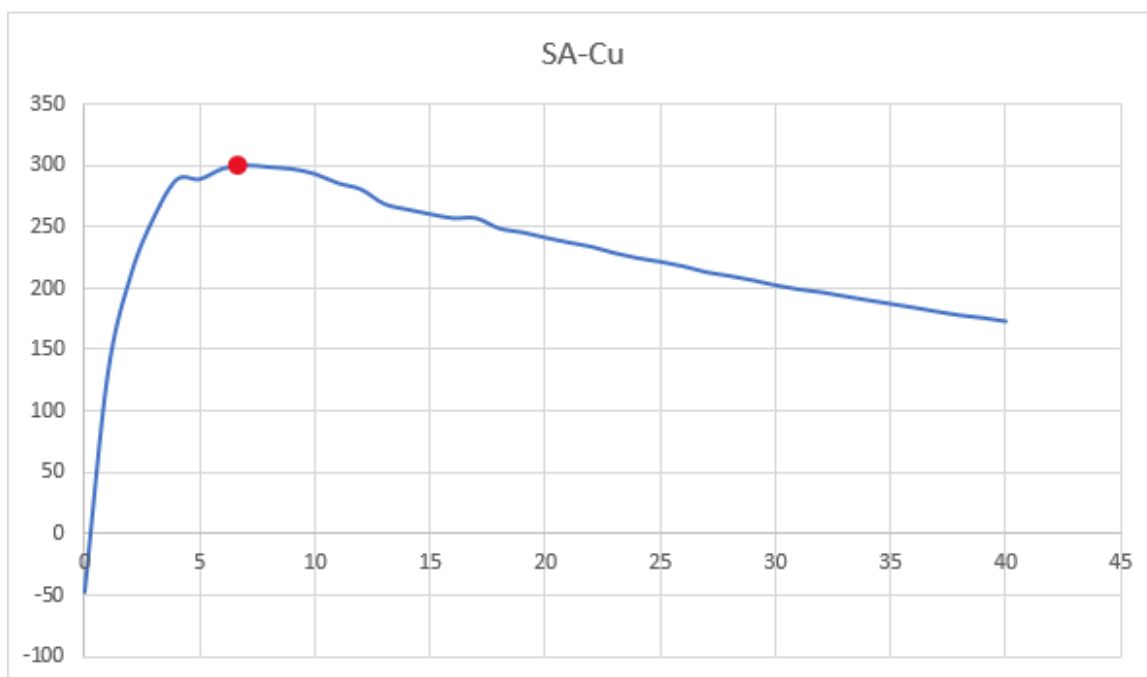


Рисунок 16 – Повторное титрование SA-Cu

2.3 Подготовка питательной среды

Таблица 1 – Состав питательной среды Мурасиге – Скуга.

№	Реагент	На 1 л
1	Сахароза	20 г
2	Макросоли	50 мл
3	Микросоли	1 мл
4	Гадроллизат казеина	0,040 г
5	Fe – хелат	5 мл
6	Витамины	1 мл
7	ИУК	1 мл
8	Фелуроловая кислота	1 мл
9	Кинетин	1 мл
10	Агар	7 г

Витамины

№	Реагент	На 25 мл	На 12,5 мл
1	Пиридоксин B_6	2,5 мг (0,0025 г)	1,25 мг (0,00125 г)
2	Тиамин B_1	5,0 мг (0,0050 г)	2,5 мг (0,0025 г)
3	Аскорбиновая кислота	5,0 мг (0,0050 г)	2,5 мг (0,0025 г)

Макросоли

№	Реагент	На 25 мл	На 12,5 мл
1	NH_4NO_3	33 г	16,5 г
2	KNO_3	38 г	19,0 г
3	$Ca Cl_2 * 2H_2O (Ca Cl_2 * 6H_2O)$	8,8 г (13,8 г)	4,4 г (6,9 г)
4	$Mg SO_4 * 7H_2O (MgSO_4 б/вод)$	7,4 г (3,6 г)	3,7 г (1,8 г)
5	K_2PO_4	3,4 г	1,7 г

Микросоли

№	Реагент	На 100 мл	На 50 мл
1	H_2BO_3	620 мг (0,62 г)	310 мг (0,31 г)
2	$MnSO_4 * 4H_2O$	2230 мг (2,23 г)	1115 мг (1,115 г)
3	$ZnSO_4 * 7H_2O$	860 мг (0,86 г)	430 мг (0,43 г)
4	KI	83 мг (0,083 г)	41,5 мг (0,041 г)
5	$NaMoO_4 * 2H_2O$	25 мг (0,025 г)	12,5 мг (0,0125 г)
6	$CuSO_4 * 5H_2O$	2,5 мг (0,0025 г)	1,25 мг (0,00125 г)
7	$CoCl_2 * 6H_2O$	2,5 мг (0,0025 г)	1,25 мг (0,00125 г)
$NaMoO_4 * 2H_2O$ – растворить отдельно в 1/2 V H_2O , затем соединить			

Fe-хелат

№	Реагент	На 100 мл	На 50 мл
1	$FeSO_4 * 7H_2O$	557 мг (0,557 г)	278,5 мг (0,2785 г)
2	Трилон В	745 мг (0,745 г)	372,5 мг (0,3725 г)
$FeSO_4 * 7H_2O$ – растворить отдельно в 1/2 V H_2O , затем соединить			
Трилон В – растворить отдельно в 1/2 V H_2O , затем соединить			

Фитогормоны

№	Реагент	Количество вещества	Количество H_2O
1	Кинетин	1 мг (0,001 г)	25 мл
2	ИУК	25 мг (0,025 г)	25 мл
3	Ферулловая кислота	1 мг (0,001 г)	50 мл
4	5% <i>KOH</i> или <i>NaOH</i>	5 г	100 мл
Сначала порошок растворить в 2-3 каплях <i>KOH</i> или <i>NaOH</i>			

1. Наполнили дистиллированную воду в стеклянный стакан объемом 950 л.

2. В объеме 50 мл растворили макросоли, микросоли, гидролизат казеина, Fe – хелат, витамины, ИУК, феруловую кислоту, кинетин в нужном количестве.

4. Перелили полученную смесь в стакан с водой. Добавили 20 г сахара.

5. Проверили на соответствие с рН. У нас вышел показатель 5.5, что соответствует норме.

6. 10 г агара постепенно, в нескольких порциях добавили в раствор, поставили на магнитную мешалку, поставив на температуру 40 С на 5 минут.

7. Затем нагрели питательную среду до 60 С, помешивая раствор шпателем, чтобы растворившийся агар не остался на дне. Держали 20 минут питательную среду на магнитной мешалке.

У меня было три раствора, которые буду смешивать с питательной средой:

- ЯК-Cu 0.005%
- ЯК-Cu 0.05%
- Cu 0.01%

Для ЯК-Cu 0.005%: так как ЯК действует как гормон, то к растворам с ЯК мы не добавляли гормоны. На 50 г воды добавила 0.025 г комплекса.

Для ЯК-Cu 0.05%: так как ЯК действует как гормон, то к растворам с ЯК мы не добавляли гормоны. На 50 мл воды добавила 0.25 г комплекса.

Для Cu 0.01%: медь растворяем в ДМАС. Для 50 мл ДМСО добавила 0.005 г меди.

Измерение рН у растворов:

- ЯК-Cu 0.005% - 8.4
- ЯК-Cu 0.05% 8.4
- Cu 0.01% - 5

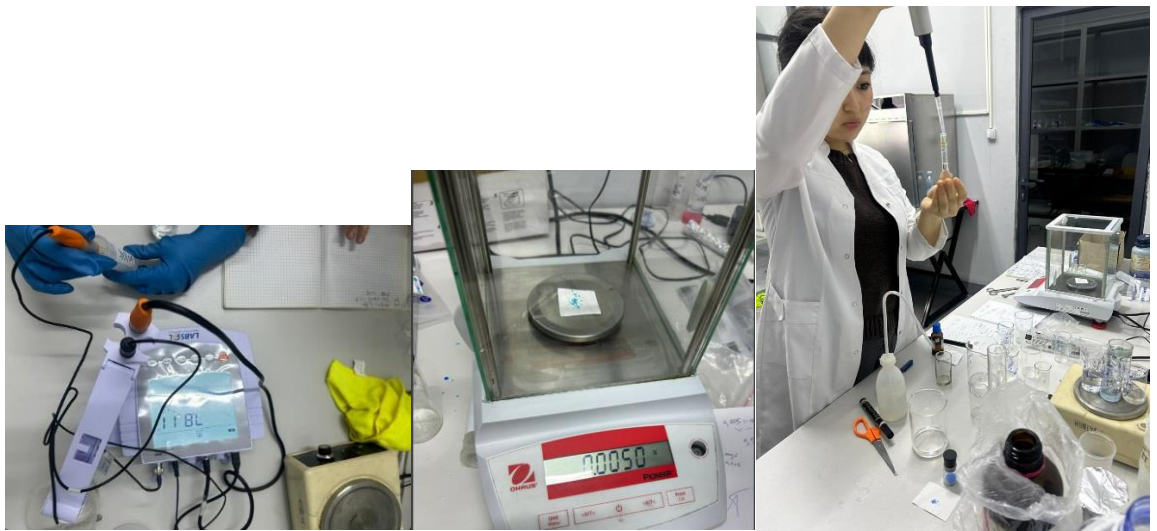


Рисунок 17 – Подготовка питательной среды

После того, как мы разлили питательную среду по стаканам объемом 50 мл, мы добавляем с помощью дозатора по 0.025 мл каждого раствора.

После подготовки растворов отправляем их в автоклав. В среднем, на автоклавирование уходило 40 минут.

Для жидкой среды: выполняли те же шаги при подготовке питательной среды, добавление растворов, НО без добавления агара.

2.4 Черенкование растений

1. Провели влажную уборку в помещении с моющими средствами.
2. В течении 2 часов помещение находилось под кварцеванием для обеззараживания. После двух часов, отключили лампы и подождали 15 минут.

Кварцевые лампы излучают ультрафиолетовое (УФ) излучение, которое разрушает ДНК и РНК микроорганизмов, предотвращая их размножение и выживание. Эффективное УФ-излучение обычно имеет длину волны 254 нм, которая обладает максимальной бактерицидной активностью

3. Подготовила стерильную посуду и приборы
4. Подготовка ламинарного бокса: все стенки и внутреннюю поверхность ламинарного бокса протерла 70% этиловым спиртом, там же разложила инструменты для черенкования: емкость со спиртом, вату, чашки Петри, пробирки, спиртовку, спички.
5. Переносим нужные нам растения-доноры внутрь ламинарного бокса.
6. Закрыла ламинарный бокс, включила режим УФ на 20 минут.
7. По истечению 20 минут, выключила режим УФ и оставила на 20 минут.
8. Работа выполнялась с вентиляцией

После того, как достали стаканы с питательной средой, их перенесли в ламинарный бокс. В работе мы использовали 10 мл шприцы. При работе с твердой средой, нужно было быстрее переливать в пробирки, так как среда начинала застывать.



Рисунок 18 – Процесс черенкования

Принципы работы:

1. Не ложить инструменты на поверхность стола, только на чашки Петри, перед этим обмакнуть в спирте и прижечь над спиртовкой.
2. Перед работой с пробиркой, прогреваем ее снизу доверху, прокручивая, чтобы вышел воздух.
3. Не достагиваться руками до крышки пробки и не проводить над ней в процессе работы.
4. В жидкой среде мы помещали черенок в отверстие мостика.

2.6 УФ-спектрофотометрический анализ

SA-Cu 0.005

Длина волн: 190.0 нм - 260.0 нм

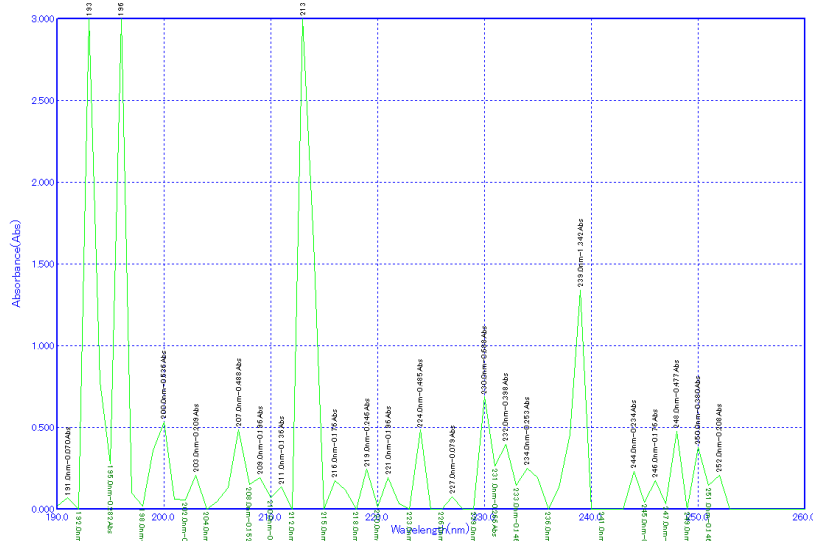


Рисунок 19 – УФ-спектрометрия SA-Cu 0.005

На графике видны несколько пиков абсорбции, каждый из которых соответствует определенной длине волны.

- ~195 нм: высокий пик с абсорбцией около 3.0 Abs.
- ~213 нм: высокий пик с абсорбцией около 2.5 Abs.
- ~239 нм: пик с абсорбцией около 2.0 Abs.

Высокие пики на определенных длинах волн указывают на сильное поглощение света раствором янтарной кислоты и меди. Это может быть связано с электронными переходами в молекулах комплекса, такими как переходы $\pi-\pi^*$ и $n-\pi^*$.

Впадины и более мелкие пики могут указывать на более слабые поглощения или на комбинацию нескольких переходов в молекулах, которые накладываются друг на друга.

УФ-спектрофотометрия предоставляет важную информацию о химическом составе и форме активных веществ в растворе, что является первым шагом к пониманию их взаимодействия с растениями.

SA-Cu 0.05

Длина волны: 300.0 нм - 900.0 нм

Высокие пики на определенных длинах волн указывают на сильное поглощение света раствором янтарной кислоты и меди. Это может быть связано с конкретными электронными переходами в молекулах комплекса.

Спад абсорбции после пиков указывает на то, что поглощение света постепенно уменьшается по мере увеличения длины волны, что типично для многих органических соединений и комплексов металлов.

Характерные пики абсорбции позволяют идентифицировать присутствие янтарной кислоты и меди в растворе и их концентрации.

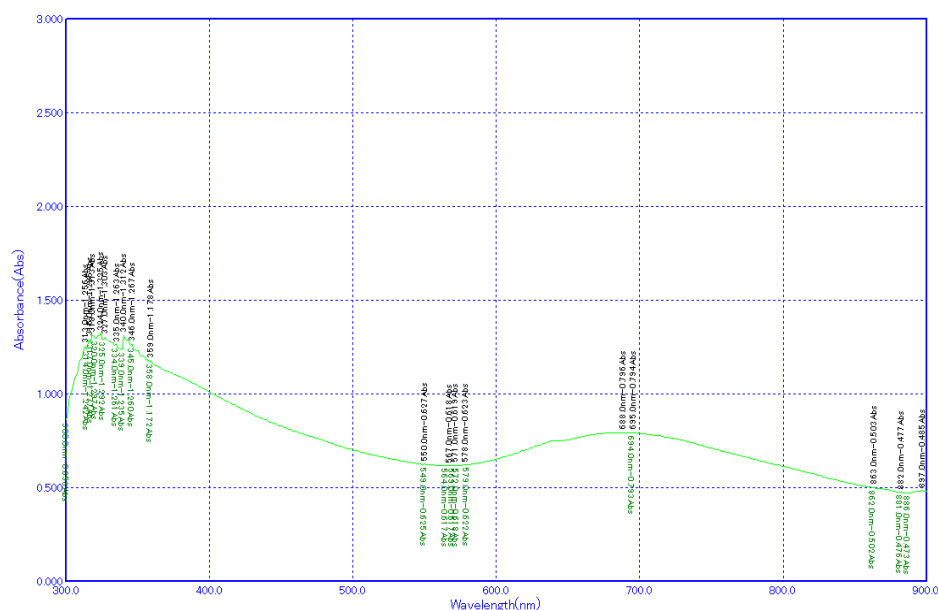


Рисунок 20 – УФ-спектрометрия SA-Cu 0.05

Здесь видно, что интенсивность (поглощение, то есть Absorbance, по оси y) поднимается (график плавный в начале как волна, затем идет резко вверх, и там, где пики, это значения пиков). Это означает комплексообразование в этих местах. УФ-спектроскопия проверяет частицы в растворе на видимость на свету, то есть как частицы поглощают свет. Если бы частиц не было, была бы прямая линия, и не было бы подъема. Линия была бы на уровне оси x, как у воды, потому что в воде нет частиц. Когда на графике видны волны, это тоже считается пиком, но самого пика там нет.

Cu 0.01

Длина волн: 300.0 нм - 500.0 нм

Высокие значения поглощения при 315 нм, 330 нм и 350 нм указывают на наличие веществ, которые активно поглощают свет в УФ-диапазоне. Резкое снижение поглощения после 360 нм может свидетельствовать о том, что в этом диапазоне волн нет значимых поглощающих веществ. Анализ данных пиков может помочь в идентификации функциональных групп или веществ в исследуемом образце. Например, поглощение при 315 нм и 350 нм может быть связано с наличием ароматических соединений или конъюгированных систем

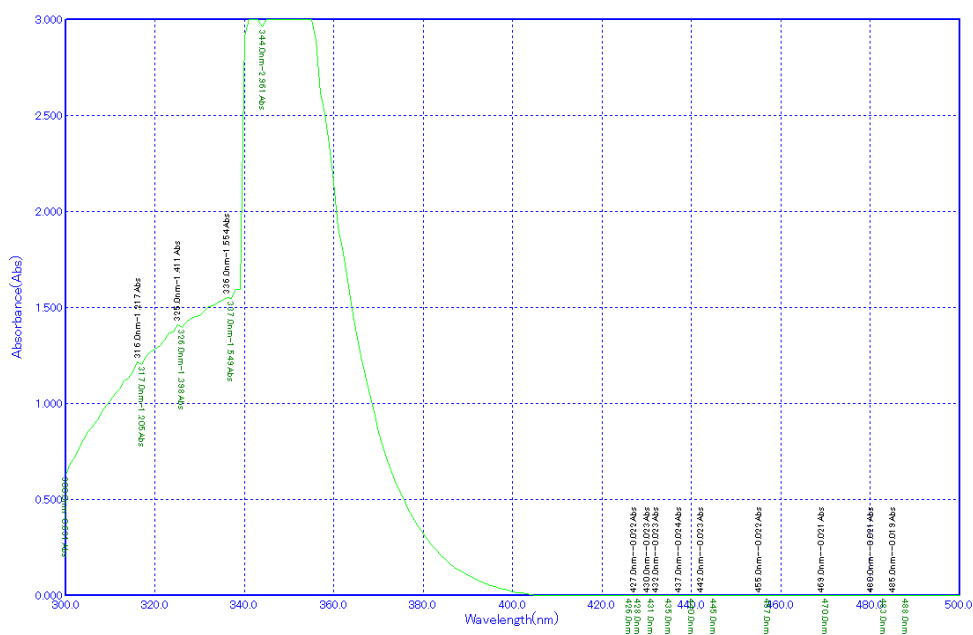


Рисунок 21 – УФ-спектроскопия Cu 0.01

Результаты и их обсуждения

От растений-доноров сортов «Императрица» и «Диар» я пересадила на среду Мурасига-Скуга черенки с добавлением растворов:

- ЯК-Cu 0.005%
- На 100 мл 0.005 мл ЯК-Cu
- ЯК-Cu 0.05%

На 100 мл 0.05 мл ЯК-Сu

• Cu 0.01%

На 100 мл 0.01 мл ЯК-Сu

На 100 мл 0.01 мл ЯК-Сu



Рисунок 22 – Донорные растения «Диар» (слева) и донорное растение «Императрица» (справа)



Рисунок 23 – «Диар» с раствором ЯК-Сu 0.05 (2 недели) и «Императрица» с раствором ЯК-Сu 0.05 (2 недели)



Рисунок 24 – «Императрица» (5 Неделя)

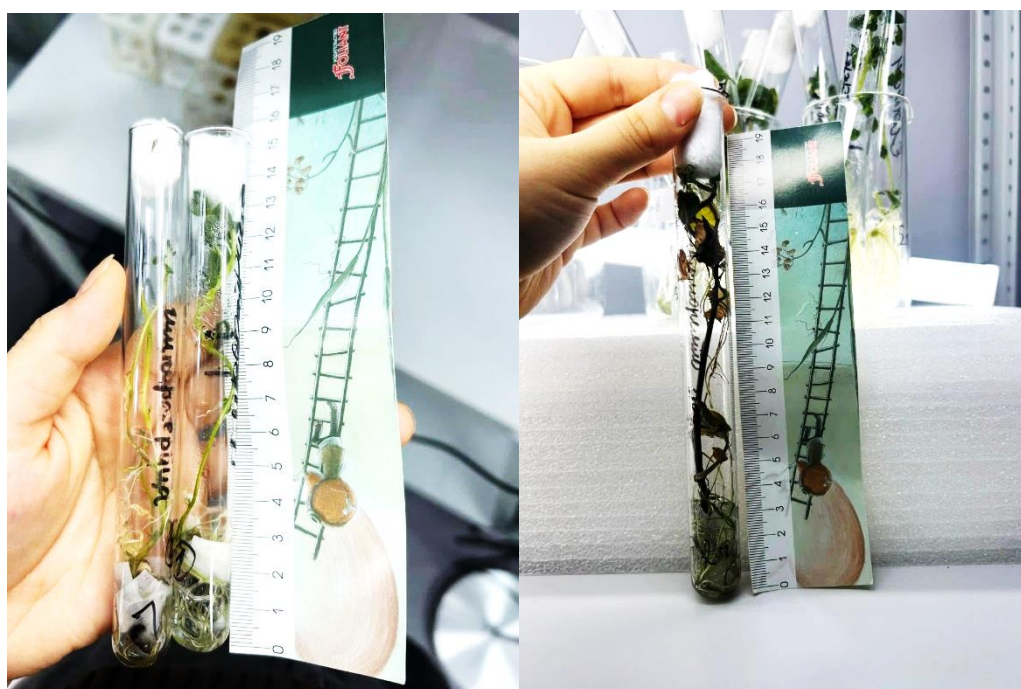


Рисунок 25 – «Императрица» (5 Неделя)



Рисунок 26 – «Диар» (5 неделя)

Таблица 2 – Морфологические показатели образцов картофеля сорта «Диар»

Образцы картофеля	Длина растения, см	Количество листьев	Количество междоузлий
Контрольный	7	6	3
ЯК-Cu 0.005%)	8,4	8	6
ЯК-Cu 0.05%)	9,6	9	5
Cu 0.01%	7,9	7	5

Таблица 3 – Морфологические показатели образцов картофеля сорта «Императрица»

Образцы картофеля	Длина растения, см	Количество листьев	Количество междоузлий
Контрольный	8.5	8	4
ЯК-Cu 0.005%)	9,8	10	5
ЯК-Cu 0.05%)	10.7	13	7
Cu 0.01%	9,1	10	4

В обоих сортах картофеля добавление растворов ЯК-Си (особенно в концентрации 0.05%) и Си 0.01% в большинстве случаев увеличивало длину растений, количество листьев и междоузлий по сравнению с контрольными образцами. Это указывает на положительное влияние данных растворов на рост картофеля.

Таблица 4 - Количественный учет больных и здоровых образцов картофеля сорта «Диар»

Образцы картофеля	Здоровые образцы, %	Больные образцы, %
Контрольный	90%	10%
ЯК-Си 0.005%)	100 %	0 %
ЯК-Си 0.05%)	90 %	10 %
Си 0.01%	90%	10 %

Таблица 5 - Количественный учет больных и здоровых образцов картофеля сорта «Императрица»

Образцы картофеля	Здоровые образцы, %	Больные образцы, %
Контрольный	90%	10%
ЯК-Си 0.005%)	100 %	0 %
ЯК-Си 0.05%)	100 %	0 %
Си 0.01%	90%	10 %

Для сорта "Диар" добавление растворов ЯК-Си значительно улучшило состояние растений, полностью исключив больные образцы.

Для сорта "Императрица" аналогичные результаты наблюдаются для раствора ЯК-Си 0.005%, тогда как остальные растворы не показали значимого изменения.

Растворы ЯК-Си в концентрации 0.005% и 0.05% показали наибольшую эффективность как в улучшении роста, так и в уменьшении процента больных растений.

Раствор Си 0.01% также показал положительное влияние на рост, но его воздействие на здоровье растений было менее выраженным.

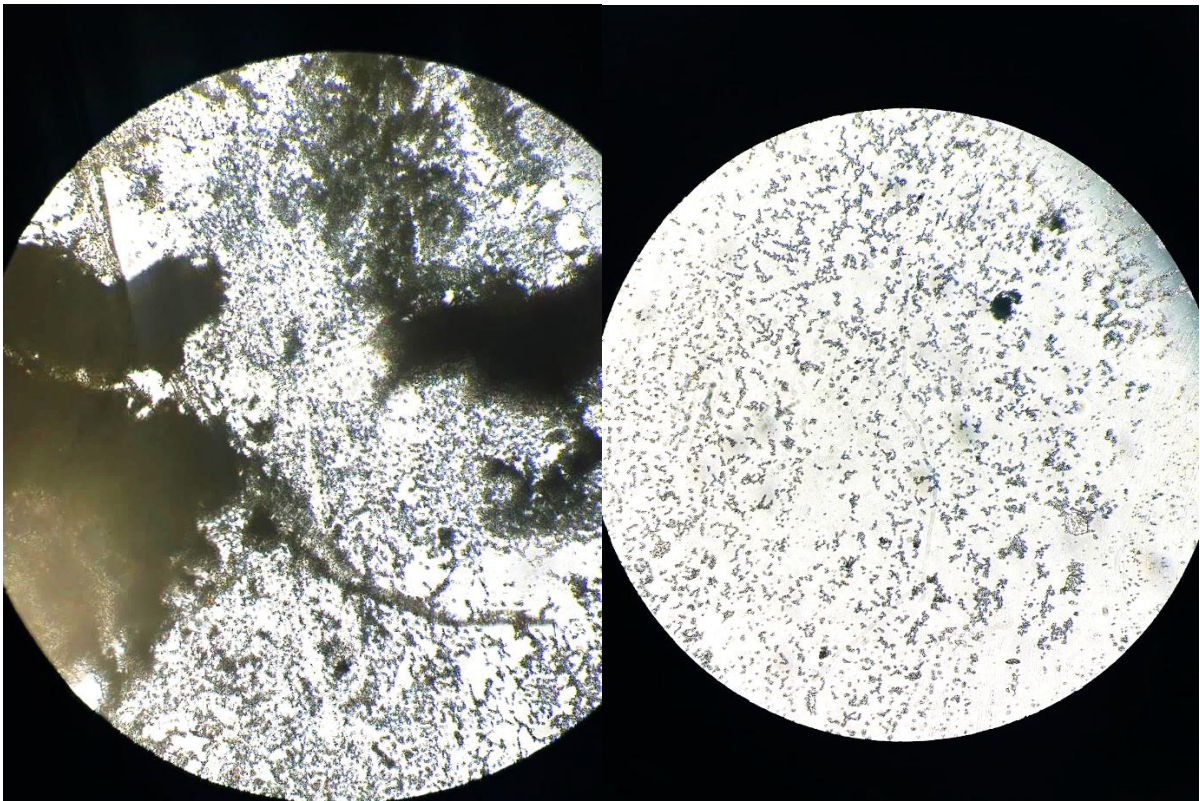


Рис 27 – Плесень под микроскопом (увеличение 100х)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Осуществлено исследование влияния стимулятора роста на основе янтарной кислоты и меди на сорта картофеля "Диар" и "Императрица". Комплекс был синтезирован на основе янтарной кислоты и меди. Проведены анализы УФ-спектроскопии и титрования для определения характеристик комплекса и подтверждения его эффективности.

Результаты исследования показали, что при использовании комплекса на основе янтарной кислоты и меди растения демонстрируют улучшенные морфологические показатели и высокую выживаемость. Комплекс активно проявляет свои защитные свойства благодаря своему составу, включающему янтарную кислоту и медь, которые обеспечивают защиту от бактерий и других патогенных микроорганизмов.

Использование комплекса привело к увеличению количества здоровых образцов на 10-20% по сравнению с контрольной группой. Также отмечено улучшение таких морфологических показателей, как длина растения, количество листьев и междоузлий. Это свидетельствует о положительном влиянии комплекса на рост и развитие картофеля.

Янтарная кислота и медь проявляют свои полезные свойства при низких концентрациях. Оптимальные концентрации комплекса, такие как 0.005% и 0.01%, показали наилучшие результаты, обеспечивая максимальный рост и развитие образцов картофеля. Важно помнить, что медь является токсичным металлом, и превышение оптимальных концентраций может привести к токсическому воздействию на растения.

Исходя из данных исследования, можно сделать вывод, что комплекс на основе янтарной кислоты и меди эффективно стимулирует рост и развитие картофеля сортов "Диар" и "Императрица". Комплекс обладает фунгицидной активностью и противопатогенным воздействием, не нанося вреда окружающей среде и человеку, благодаря своей биоразлагаемости.

Использование подобных комплексов в сельском хозяйстве может существенно повысить урожайность и улучшить качество продукции, обеспечивая при этом экологическую безопасность и устойчивость агротехнологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разумовский, В. А. Управление маркетинговыми исследованиями в регионе [Текст] / В. А. Разумовский, Д. А. Андреев ; Ин-т экономики города. – М., 2002. – 210 с. : схемы. – Библиогр.: с. 208–209. – Деп. в ИНИОН Рос. акад. наук 15.02.02, № 139876.
2. Staley, J. G. Effects of succinic acid 2,2-dimethylhydrazide and succinic acid on some physiological processes of *Phaseolus vulgaris* L. / James G. Staley.
3. Евглевский, Ал. А. Биологическая роль и метаболическая активность янтарной кислоты / Ал. А. Евглевский, Г. Ф. Рыжкова, Е. П. Евглевская, Н. В. Ванина, И. И. Михайлова, А. В. Денисова, Н. Ф. Ерыженская.
4. Луговая, А. А. Стресспротекторное действие жасмоновой и янтарной кислоты на растения ячменя в условиях почвенной засухи / А. А. Луговая, Ю. В. Карпец, А. И. Обозный, Ю. Е. Колупаев. – 2014.
5. Бараненко, Б. Супероксиддисмутаза в клетках растений
6. Hiraga, S. A Large Family of Class III Plant Peroxidases / Susumu Hiraga, Katsutomo Sasaki, Hiroyuki Ito, Yuko Ohashi, Hirokazu Matsui.
7. Цыганова, Н. А. Влияние янтарной кислоты на фотосинтетическую активность яровой мягкой пшеницы / Н. А. Цыганова, Н. А. Воронкова, В. Д. Дороненко, Н. Ф. Балабанова.
8. Змушко, А. А. Применение янтарной кислоты в растениеводстве / А. А. Змушко, Т. А. Красинская.
9. Copper in Crop Production [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://extension.umn.edu/micro-and-secondary-macronutrients/copper-crop-production>.
10. Whisson, S. C. The cell biology of late blight disease / Stephen C. Whisson, Petra C. Boevink, Shumei Wang, Paul R. J. Birch.
11. Singhai, P. K. Biological management of common scab of potato through *Pseudomonas* species and vermicompost / P. K. Singhai, B. K. Sarma, J. S. Srivastava.
12. Al-Mughrabi, K. I. Management of common scab of potato in the field using biopesticides, fungicides, soil additives or soil fumigants / Khalil I. Al-Mughrabi, Appanna Vikrama, Rene Poiriera, Kithsiri Jayasuriyaa, Gilles Moreaub.
13. Буданов, Н. У. Оценка сортов картофеля отечественной и зарубежной селекции для органического производства в условиях юго-востока Казахстана / Нурбол У. Буданов, Молдир М. Ибрайымова, Нурлыхан Барлыкова.
14. Pèrombelon, M. C. M. Potato blackleg: Epidemiology, host-pathogen interaction and control / M. C. M. Pèrombelon // Neth. J. Pl. Path. 98 (1992) Supplement 2:135-146.
15. Ajayi-Oyetunde, O. O. *Rhizoctonia solani*: Taxonomy, Population Biology, and Management of *Rhizoctonia* Seedling Disease of Soybean / O. O. Ajayi-Oyetunde, C. A. Bradley.
16. Информационное агентство El.kz [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3BJihc>

17. Robinson, A. Late Blight in Potato [Текст] // NDSU/University of Minnesota. – (PP1849, Reviewed May 2022). – Рис – фитофтороз листьев картофеля. Источник: Andy Robinson, NDSU/University
18. Парша обыкновенная [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3BJrQ>
19. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3BJ6H>
20. 17. Kreuze, J.F., Souza-Dias, J.A.C., Jeevalatha, A., Figueira, A.R., Valkonen, J.P.T., Jones, R.A.C. (2020). Viral Diseases in Potato. In: Campos, H., Ortiz, O. (eds) The Potato Crop. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_11
21. Adolf, B. et al. (2020). Fungal, Oomycete, and Plasmodiophorid Diseases of Potato. In: Campos, H., Ortiz, O. (eds) The Potato Crop. Springer, Cham.
22. Kabdrakhmanova, S.; Kabdrakhmanova, A.; Shaimardan, E.; Akatan, K.; Beisebekov, M.; Hryhorchuk, N.; Selenova, B.S.; Joshy, K.S.; Thomas, S. Fungicidal and Stimulating Effects of Heteroleptic Copper Complex on the Germination and Phytosafety of Plants. J. Compos. Sci. 2023, 7, 308. <https://doi.org/10.3390/jcs7080308>
23. 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. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7110460>
24. Charkowski, A., Sharma, K., Parker, M.L., Secor, G.A., Elphinstone, J. (2020). Bacterial Diseases of Potato. In: Campos, H., Ortiz, O. (eds) The Potato Crop. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_10

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на дипломную работу

(наименование вида работы)

Есмаканова Аружан Муратовна

(Ф.И.О. обучающегося)

6B05101 – «Химическая и биохимическая инженерия»

(шифр и наименование специальности)

**На тему: «Тестирование *in vitro* регуляторной активности стимулятора
роста на основе янтарной кислоты и меди»**

В настоящее время вопрос повышения эффективности сельскохозяйственного производства и улучшения качества технологий, используемых в агрономии, становится все более актуальным. Одним из ключевых аспектов является разработка и применение новых регуляторов роста растений, которые способствуют повышению урожайности и устойчивости растений к различным стрессовым факторам. Одним из перспективных регуляторов роста является стимулятор на основе янтарной кислоты и меди. Исследования в данной области могут внести значительный вклад в развитие устойчивого сельского хозяйства, способствуя повышению продуктивности и качества продукции, а также снижению негативного воздействия на окружающую среду.

В дипломной работе студент рассматривает влияние регуляторной активности стимулятора роста на основе янтарной кислоты и меди на растения картофеля в условиях *in vitro*. Картофель благодаря короткому циклу развития, разнообразию сортов и хорошей урожайности идеально подходит для исследования.

Работа имеет новизну, так как объект исследования картофель впервые тестируется *in vitro* с использованием регуляторной активности стимулятора роста на основе комплекса янтарной кислоты и меди.

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

Дипломная работа на тему «Тестирование *in vitro* регуляторной активности стимулятора роста на основе янтарной кислоты и меди» оценивается на 95 баллов (отлично), и Есмаканова Аружан Муратовна заслуживает присвоения квалификации бакалавра по специальности 6B05101 – «Химическая и биохимическая инженерия».

Научный руководитель

к.т.н. ассоц-профессор

(должность, уч. степень, звание)



Кабдрахманова С.К.

(подпись)

«11» 06 2024г.

РЕЦЕНЗИЯ

Есмаканова Аружан Муратовна

Дипломная работа

6B05101 – «Химическая и биохимическая инженерия»

Тема: «Тестирование *in vitro* регуляторной активности стимулятора роста на основе янтарной кислоты и меди»

Разработано:

а) графическая часть ___ листов

б) пояснительная записка _____ стр.

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Дипломная работа посвященная тестированию *in vitro* регуляторной активности стимулятора роста на основе янтарной кислоты и меди, представляет собой всестороннее и детальное исследование. Во введении автор четко сформулировал цель исследования и определил задачи, которые необходимо было решить для достижения этой цели.

Первая глава содержит обширный литературный обзор, охватывающий следующие аспекты: история и значение янтарной кислоты и меди как стимулятора роста растений, современные методы и подходы к тестированию регуляторной активности веществ *in vitro*. Автор продемонстрировал глубокие знания в области агрохимии и физиологии растений, что позволило ему провести тщательный анализ существующих исследований и выявить основные направления для дальнейшей работы.

Экспериментальная часть посвящена методике синтеза и характеристике используемого комплекса на основе янтарной кислоты и меди, процесс приготовления питательной среды и условия выращивания картофеля *in vitro*, фенологические наблюдения за растениями, включая описание методики измерений и анализа данных.

В ходе эксперимента были исследованы различные концентрации стимулятора роста, что позволило выявить оптимальную дозу для повышения урожайности и устойчивости картофеля.

ОЦЕНКА РАБОТЫ

Исследовательская работа Есмакановой Аружан выполнена в строгом соответствии с установленными стандартами и рекомендациями. Автор продемонстрировал высокую степень владения материалом, грамотно используя источники литературы и применяя научные методики. В работе тщательно изучен метод получения комплекса и его применение на растениях. Исследование соответствует всем предъявляемым требованиям и регламентам, заслуживая высшую оценку – «отлично» (95%).

Рецензент:

К.с/х.н. ТОО «Опытное хозяйство
масличных культур»,

зав. лаб. масличных культур

Григорчук Н.Ф.

« 13 » июня 2024 г.





Метаданные

Название

Тестирование in vitro регуляторной активности стимулятора роста на основе янтарной кислоты и меди

Автор

Есмаканова Аружан Муратовна

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		122
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		9

Объем найденных подобиий

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.



КП1

25

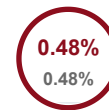
Длина фразы для коэффициента подобия 2



КП2

5594

Количество слов



KC

40696

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	https://morris-shop.ru/stati/dlya-chego-nuzhna-yantarnaya-kislota/	26	0.46 %
2	https://morris-shop.ru/stati/dlya-chego-nuzhna-yantarnaya-kislota/	12	0.21 %
3	https://morris-shop.ru/stati/dlya-chego-nuzhna-yantarnaya-kislota/	9	0.16 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)

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

из домашней базы данных (0.00 %)

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

из программы обмена базами данных (0.00 %)



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

из интернета (0.84 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
---------------------	--------------	--

1	https://morris-shop.ru/stati/dlya-chego-nuzhna-yantarnaya-kislota/	47 (3) 0.84 %
---	---	---------------

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

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