

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально - науковий інститут екології
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ БУРОГО ВУГІЛЛЯ В ЯКОСТІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Виконала: студентка 4 курсу, групи ДЕ - 41
спеціальності : 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Автор _____ / Єва ГОРНОСТАЄВА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____ / доц. Іветта КРИВИЦЬКА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____ / _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____ / проф. Алла НЕКОС
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ / ст.лаб. Тетяна ВАУЛІНА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____ / ст. лаб. Раїса САВІЦЬКА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2021 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ / проф. Алла НЕКОС
підпис ім'я та прізвище

“ 14 ” травня 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

_____ **ЄвІ ГОРНОСТАСВІЙ**

(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи Особливості використання відходів бурого вугілля в якості мінеральних добрив

керівник роботи Іветта КРИВИЦЬКА, кандидат біологічних наук, доцент,
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “15” березня 2021 року №0210-05/467

2. Строк подання студентом роботи _____ 27 квітня 2021 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Зробити аналіз наукових, науково-популярних літературних джерел щодо проблеми накопичення відходів від видобутку вугілля та вирішення цієї проблеми шляхом переробки цих відходів у добрива;
2. Визначити та описати методи дослідження впливу гумата амонія на розвиток кореневої системи;
3. Визначити токсичний вплив гумата амонія при різних концентраціях з

додаванням глюкози;

4. Визначити токсичний вплив гумата амонія при різних концентраціях з додаванням глюкози та бору;

5. Визначити токсичний вплив гумата амонія при різних концентраціях з додаванням глюкози та міді;

6. Визначити токсичний вплив гумата амонія при різних концентраціях з додаванням глюкози, міді та бору;

7. Систематизувати матеріал дослідження, зробити висновки.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Огляд наукових літературних джерел
2	Визначення методів дослідження
3	Проведення дослідження та оцінка результатів

5. Дата видачі завдання 14 травня 2020 р.

Студент

підпис

Єва ГОРНОСТАСЬВА
ім'я і прізвище

Керівник роботи

підпис

доц. Іветта КРИВИЦЬКА
посада, ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ

**ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ БУРОГО ВУГІЛЛЯ В
ЯКОСТІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ**

Єва ГОРНОСТАЄВА

Кваліфікаційна робота «Особливості використання відходів бурого вугілля в якості мінеральних добрив» містить 35 сторінок, 3 розділи, 1 таблицю, 14 рисунків, 5 формул, 24 використаних джерел та 22 додатки.

Мета роботи: дослідження особливостей використання відходів бурого вугілля з додаванням різних добавок в якості мінеральних добрив

Актуальність теми: у сучасному світі є проблема у накопиченні відходів від видобутку вугілля. Одним з напрямком вирішення цієї проблеми може бути переробка цих відходів у добрива.

Завдання: дослідження передбачали виявлення токсичного впливу гумата амонія з додаванням глюкози, міді та бору при різних концентраціях на розвиток кореневої системи пшениці.

Методи: Біотестування, статистична обробка даних.

Результати. Гумат амонію з додаванням глюкози не виявляє токсичні властивості при низьких концентраціях. Додавання бору надає стимулюючу дію на ріст корінців лише при низьких концентраціях, при їх збільшенні відбувається пригнічення розвитку. Додавання міді також надає стимулюючу дію при низьких концентраціях, а при її збільшенні відбувається пригнічення зростання. Концентрація 10 г/л в усіх дослідях виявила токсичні властивості.

ГУМАТ АМОНІЮ, БУРЕ ВУГІЛЛЯ, БІОТЕСТУВАННЯ,
КОНЦЕНТРАЦІЯ, МІТОТИЧНИЙ ІНДЕКС

ANNOTATION

PECULIARITIES OF USING LIGNITE WASTE AS MINERAL FERTILIZER

Eva GORNOSTAEVA

Qualification work "Features of the use of lignite waste as mineral fertilizers" contains 35 pages, 3 chapters, 1 tables, 14 figures, 5 formulas, 24 sources used and 22 applications.

Purpose of work: research of peculiarities of lignite waste use with addition of various additives as mineral fertilizers

Topicality of the topic: in the modern world, the problem in the accumulation of waste from coal mining. One of the ways to solve this problem may be processing of this waste into fertilizers

Objectives: the study involved identifying the toxic effects of ammonium humate with the addition of glucose, copper and boron at different concentrations on the development of the root system of wheat.

Methods: Biotesting, statistical data processing.

Results. Ammonium humate with the addition of glucose does not exhibit toxic properties at low concentrations. The addition of boron has a stimulating effect on the growth of roots only at low concentrations, with their increase there is a suppression of development. Addition of copper also has a stimulating effect at low concentrations, and growth inhibition occurs when it is increased. The concentration of 10 g / L in all experiments revealed toxic properties.

AMMONIUM HUMATE, BROWN COAL, BIOTESTING, CONCENTRATION, MITOTIC INDEX

АННОТАЦИЯ

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ БУРОГО УГЛЯ В КАЧЕСТВЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Ева ГОРНОСТАЕВА

Квалификационная работа «Особенности использования отходов бурого угля в качестве минеральных удобрений» содержит 35 страниц, 3 главы, 1 таблицу, 14 рисунков, 5 формул, 24 использованных источников и 22 приложения.

Цель работы: исследование особенностей использования отходов бурого угля с добавлением различных добавок в качестве минеральных удобрений

Актуальность темы: в современном мире проблема в накоплении отходов от добычи угля. Одним из направлений решения этой проблемы может быть переработка этих отходов в удобрения.

Задачи: исследования предусматривали выявление токсического воздействия гумата аммония с добавлением глюкозы, меди и бора при различных концентрациях на развитие корневой системы пшеницы.

Методы: Биотестирования, статистическая обработка данных.

Результаты. Гумат аммония с добавлением глюкозы не проявляет токсические свойства при низких концентрациях. Добавление бора оказывает стимулирующее действие на рост корешков только при низких концентрациях, при их увеличении происходит подавления развития. Добавление меди также оказывает стимулирующее действие при низких концентрациях, а при ее увеличении происходит угнетение роста. Концентрация 10 г / л во всех опытах выявила токсичные свойства.

ГУМАТ АММОНИЯ, БУРЫЙ УГОЛЬ, БИОТЕСТИРОВАНИЯ,
КОНЦЕНТРАЦИЯ, МИТОТИЧЕСКИЙ ИНДЕКС

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ГУМАТІВ АМОНІЯ В ЯКОСТІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ.....	10
1.1. Гумати та їх вплив на рослини.....	10
1.2. Загальні відомості про біотестування.....	16
РОЗДІЛ 2 МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГУМАТА АМОНІЯ НА РОЗВИТОК ПШЕНИЦІ.....	17
2.1. Пророщування насіння у гуматах амонія з різними добавками та в різних концентраціях.....	17
2.2. Фіксація мітозу в клітинах кореневої меристеми пшениці.....	17
2.3. Фарбування хромосом в ядрах клітин кореневої меристеми.....	20
2.4. Методика визначення мітотичного індексу, профазного, метафазного, анафазного і телофазного індексів.....	21
РОЗДІЛ 3 ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ВПЛИВУ ГУМАТА АМОНІЯ НА НАСІННЯ ПШЕНИЦІ.....	24
ВИСНОВКИ.....	35
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	36
ДОДАТКИ.....	39

ВСТУП

Актуальність дослідження полягає в тому, що у сучасному світі є проблема у накопиченні відходів від видобутку вугілля. Одним з напрямком вирішення цієї проблеми може бути переробка цих відходів у добрива

До таких добрив відносяться гумінові препарати, зокрема, гумат амонію, який може бути виготовлений з бурого вугілля Донецького регіону, з відходів від видобутку вугілля або відходів целюлозно-паперової промисловості. При використанні невеликих концентрацій гумата амонія загальною реакцією є стимуляція зростання. Але при збільшенні концентрації можлива токсична дія на рослини, аж до появи хромосомних аберацій при мітозі.

Тема кваліфікаційної роботи: особливості використання відходів бурого вугілля в якості мінеральних добрив.

Мета роботи: дослідити особливості використання відходів бурого вугілля з додаванням різних добавок в якості мінеральних добрив

Завдання:

1. Аналіз наукових, науково-популярних літературних джерел щодо проблеми накопичення відходів від видобутку вугілля та вирішення цієї проблеми шляхом переробки цих відходів у добрива;
2. Визначити та описати методи дослідження впливу гумата амонія на розвиток кореневої системи;
3. Визначити токсичний вплив гумата амонія при різних концентраціях з додаванням глюкози;
4. Визначити токсичний вплив гумата амонія при різних концентраціях з додаванням глюкози та бору;
5. Визначити токсичний вплив гумата амонія при різних концентраціях з додаванням глюкози та міді;
6. Визначити токсичний вплив гумата амонія при різних концентраціях з додаванням глюкози, міді та бору;
7. Систематизувати матеріал дослідження, зробити висновки.

Об'єкт дослідження: пшениця сорту Донецька 48.

Предмет дослідження: вплив високих концентрацій гумата амонія з добавками глюкози, міді і бору на розвиток кореневої системи пшениці.

Методи дослідження: біотестування, статистична обробка даних, аналіз, порівняння.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ГУМАТІВ АМОНІЯ В ЯКОСТІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

1.1. Гумати та їх вплив на рослини

Родючість ґрунтів обумовлена наявністю в них органічних сполук під загальною назвою – гумінові речовини, які накопичувались в ґрунтах протягом тривалого часу. Походження гумінових речовин пов'язано з процесами біохімічного розкладу і перетворення залишків органічного походження [1].

Склад гумінових речовин надзвичайно різноманітний. До їх складу належать гумінові кислоти, фульвокислоти, солі цих кислот (гумати і фульвати), гуміни (з'єднання гумінових кислот і фульвокислот з ґрунтовими мінералами). Тривалий час накопичення в осадах органічних решток та зовнішні умови сприяли утворенню і накопиченню каустобіолітів [2]. В них гумінові речовини збереглися переважно у вигляді гумінових кислот. Після активації каустобіоліти переходять у фізіологічно активний стан і ефективно діють як стимулятори росту рослин і джерела елементів живлення. Процес активації може бути забезпечений шляхом підвищення температури або додаванням реагентів, що переводять гумінові кислоти у водорозчинний стан. Кількість гумінових речовин визначається складом того каустобіоліта, з якого отримано добриво, а також способом активізації. Так, торф містить від 0,8 до 3,3 % азоту, буре вугілля містить 1,2 % азоту, його обробка в цілях активізації гумінових речовин, наприклад, аміачною водою одночасно підвищує вміст азоту в добриві до 4,0 % [3].

Однією з особливостей цих добрив є зниження або повне усунення негативної дії несприятливих для розвитку рослин чинників. Так, при відхиленні умов живлення рослин від норми, добрива більш ефективні в ранні періоди розвитку рослин при значній недостатці в ґрунті фосфору [1].

Гумінові добрива проявляють захисні властивості: радіозахист, захист від фітотоксичної дії гербіцидів, адсорбційні властивості по відношенню до

шкідливих домішок і пестицидів в ґрунті [2, 4].

Таким чином, дію гумінових добрив на ґрунтову родючість і врожайність сільськогосподарських культур можна подати у вигляді комплексу взаємозв'язаних процесів:

- 1) вплив добрив на фізико-хімічні і фізичні властивості ґрунту;
- 2) безпосередня дія добрив на життєдіяльність вищих рослин і мікроорганізмів;
- 3) посилення процесів внутрішньоґрунтового обміну. Кінцевим результатом цієї взаємодії є підвищення родючості ґрунту і збільшення врожайності сільськогосподарських культур [1].

Гумінові добрива мають високий вміст гумінових кислот і фульвокислот. В зв'язку з цим надають комплексний вплив на ґрунт, покращуючи його фізичні, хімічні та біологічні властивості [5]. Також вони виконують протекторну функцію, пов'язуючи важкі метали, радіонукліди і органічні токсиканти, перешкоджаючи їх потраплянню в рослини. Гумінові добрива сприяють більш активному росту і розвитку рослин. Обробка гуміновими добривами покращує розвиток кореневої системи, закріплюючи рослини в ґрунті, підвищуючи стійкість до сильних вітрів, змиву в результаті рясного випадання опадів і ерозійних процесів [6]. Розвиток кореневої системи інтенсифікує поглинання рослиною води і кисню, а також ґрунтове харчування. В результаті застосування гумінових добрив в кореневій системі активізується синтез амінокислот, цукрів, вітамінів і органічних кислот, посилюється обмін речовин між коренями і ґрунтом [7].

В основі отримання гумінових добрив і препаратів лежить властивість гумінових кислот утворювати водорозчинні солі з натрієм, калієм, амонієм [8, 9]. Найбільш поширеним методом отримання «природних» гуматів є виділення гумінових речовин з викопної сировини (торфу, вугілля) в присутності луку [10, 11]. В процесі виробництва отримують баластні і безбаластні гумати, які можуть також називатися «гумінові добрива». Відмінність безбаластних гуматів (гумінових добрив) від баластних полягає в присутності в останніх механічних

домішок від вихідного субстрату, що обумовлено більш низьким ступенем очищення.

Штучні, або синтетичні, гумати отримують шляхом переробки рослинної сировини яка містить лігнин, який є відходом целюлозно-паперових комбінатів. Технологія передбачає окислення суміші яка містить лігнин з лужними агентами при температурах 170-200 °C і тиску 0,5-3 МПа з додаванням перекису водню і обробкою киснем повітря. В результаті окислення і часткового синтезу отримують темнофарбовані розчин гуміноподібних речовин, по частині хімічних ознак схожих на природні гумінові кислоти. Переваги методу – в утилізації великої кількості відходів целюлозно-паперових комбінатів, дешевизні сировини. До недоліків варто віднести високий вміст сірки і важких металів, успадкованих з сировини, і меншу фізіологічну активність по відношенню до рослин в порівнянні з природними гуміновими препаратами [10].

Гумінові кислоти – представляють собою найбільш велику групу гумінових речовин, вони розчинні у лугах і нерозчинні у кислотах, характеризуються полі дисперсністю, хімічною гетерогенністю, а також відносно високою стабільністю і виразною реакційною здатністю. До їх складу входить вуглець (50–62 %), водень (2,8–6,6 %), кисень (30–40 %), азот (3,5–6 %) і зольні елементи. Молекули з катіонами кальцію, натрію, калію, магнію утворюють солі, які називають гуматами. Вони є природними стимуляторами росту рослин. Потрапляючи до ґрунту, гумінові речовини активізують "роботу" ґрунтових мікроорганізмів, завдяки чому помітно поліпшується структура ґрунту, його водо- і повітропроникність. Найчастіше гумінові кислоти виділяють з торфу за допомогою луґу. Після чого їх очищають від домішок, нейтралізують розчин і готують з нього гранули або рідке добриво [10, 12].

В рослинництві гумінові стимулятори застосовуються у вигляді водних розчинів для обробки насіння, розсади і дорослих рослин. Коли гумати поглинаються корінням або пагонами рослин, в клітинах зеленого організму

нормалізуються обмінні процеси і збільшується швидкість синтезу білків.

При замочуванні насіння в розчині гумінових стимулятора підвищується їх схожість, збільшується енергія проростання. Під час висадки розсади гумати покращують процес вкорінення і прискорюють її приживлюваність. Дорослі культури ростуть швидше і дають більш якісний і багатий урожай. При цьому найбільш добре "відгукуються" на застосування гумінових препаратів гарбузові, редис, перець, цибуля, баклажани, помідори, капуста, буряк, морква [8, 13].

В основі отримання гумінових добрив і препаратів лежить властивість гумінових кислот утворювати водорозчинні солі з натрієм, калієм, амонієм. Поширеним методом отримання «природних» гуматів є виділення гумінових речовин з викопної сировини (торфу, вугілля) в присутності луку. Виробництво гуматів розвивається в двох напрямках – отримання баластних і безбаластних добрив. Безбаластні (містять більший відсоток активних корисних речовин) гумати частіше називають препаратами або стимуляторами росту, а баластні (при виробництві яких не проводиться їх відділення від субстрату і очищення від домішок) – добривами. Це поділ пов'язано з відмінностями в способах застосування і дозуваннях вищеназваних типів гуматів [8, 13].

Факт позитивного впливу гуматів на ріст і розвиток рослин був вперше виявлений в кінці XIX століття. У численних польових і лабораторних експериментах з різними тест-культурами показано, що застосування промислових гуматів натрію, калію і амонію, незалежно від джерела сировини для їх виробництва, в оптимальних дозах помітно стимулює проростання насіння, покращує дихання і живлення рослин, зменшує надходження в рослини важких металів і радіонуклідів.

Цей ефект особливо помітний на ранніх стадіях розвитку рослин, але в окремих випадках виявляється протягом всього онтогенезу, включаючи урожай продукції.

Найбільш сильний ефект гуматів проявляється при несприятливих умовах навколишнього середовища. Незважаючи на півстолітню історію вивчення

механізмів фізіологічної дії гумінових кислот і їх солей (гуматів) на живі організми, природа стимулюючої дії до сих пір залишається предметом гострих дискусій між представниками різних наукових шкіл [10].

Значний внесок у вивчення гумусових речовин внесли вітчизняні та зарубіжні вчені: С. С. Драгунов – вивчав хімічну природу гумінових речовин; Л. А. Христева, Н. В. Реутов, А. Н. Старостин – вивчали вплив гумінових кислот на біоелектричний потенціал у рослин; І. І. Ярчук, А. І. Горова, Д. С. Орлов, – вивчали гумінові речовини у біосфері; І. В. Пермінова, Д. М. Жилин – вивчали гумінові речовини у контексті зеленої хімії. А також дослідники зарубіжних країн, в тому числі В. Фляйг (Німеччина), Ф. Дюшофур (Франція), Т. Хаясі (Японія), М. Шнітцер (Канада), Ф. Стівенсон (США), М. Х. Б. Хейес (Англія) та ін [5, 9, 11, 12, 14, 15].

На думку Д. С. Орлової (1990), механізми дії гумінових кислот і гуматів включають як пряме специфічний вплив на рослини, так і захисну дію гуматів, що визначається основними функціями гумінових кислот в біосфері: акумулятивний, транспортної, регуляторної, протекторної і фізіологічної. У разі застосування препаратів гумінових кислот і гуматів в якості фізіологічно активних речовин логічно розглядати дві останні функції [11].

При розгляді фізіологічного і стимулюючої дії природних гумінових кислот на вищі рослини С. С. Драгунов зазначає п'ять можливих і різних випадків їх впливу на рослини:

1. гормональний вплив;
2. поліпшення проникнення мінеральних поживних елементів через коріння рослин;
3. проникнення тих же мінеральних елементів у вигляді гумин-мінеральних сполук;
4. активну участь в окисно-відновних процесах рослинної клітини;
5. попереднє ферментативне розщеплення з утворенням стимулюючих з'єднань.

Починаючи з 50-х років минулого століття опубліковано велику кількість робіт з теоретичних основ механізму фізіологічної дії гуматів в системі ґрунт –

рослини. Однак до сих пір немає єдиної вичерпної відповіді на це питання. Описані в літературі гіпотези можливих головних механізмів впливу гуматів можуть бути зведені в чотири групи:

1. безпосереднє надходження поживних речовин і мікроелементів;
2. мобілізація сполук фосфору в біодоступності форми;
3. мобілізація і транспорт катіонів перехідних металів (зокрема, міді, заліза і цинку) в доступній рослинам хелатній формі;
4. оптимізація властивостей ґрунту (забезпечення енергії для ґрунтових мікроорганізмів і посилення мікробіологічної діяльності, посилення водоутримуючої здатності, зміцнення структури та ін.) [12].

Будучи поверхнево-активними речовинами, гумінові кислоти та фульвокислоти знижують поверхневий натяг водних розчинів, збільшуючи тим самим проникність клітинних мембран. У свою чергу це оптимізує пропускну здатність транспортної системи рослин – прискорює пересування поживних речовин. Це прискорює метаболізм енергії, інтенсивність фотосинтезу і синтез хлорофілу. За рахунок своєї амфіфільності гумінові речовини впливають на гідрофільні і гідрофобні ділянки на поверхнях мембран. Крім того, багато вчених вважають, що фосфоліпідні складові клітинних мембран також схильні до впливу гумінових речовин.

При надходженні гумінових речовин в клітини в мембранах і ендоплазматичний компонентах рослинних клітин відбувається ряд біохімічних реакцій:

1. Передбачається, що гумінові речовини підсилюють синтез високоенергетичного аденозинтрифосфату (АТФ) в клітинах, який оптимізує дихання рослин.
2. Деякі молекулярні складові гумінових речовин призводять до формування ростових фітогормонів або діють як «гормоноподібні» речовини.
3. Посилення ферментативної активності, так як ферменти – складні протеїди – стабілізуються за рахунок присутності ковалентних зв'язків в гуміновій молекулі [16].

1.2. Загальні відомості про біотестування

Біотестування – це процедура встановлення токсичності середовища за допомогою тест-об'єктів, що сигналізують про небезпеку незалежно від того, які речовини і в якому поєднанні викликають зміни життєво важливих функцій у тест-об'єкті. Завдяки простоті, оперативності й доступності біотестування отримало широке визнання в усьому світі і його все частіше використовують поряд з методами аналітичної хімії [17].

Біологічні тест-системи показують загальний індекс токсичності зразка і дозволяють у короткі терміни відповісти на запитання: присутні чи ні в середовищі токсичні агенти в небезпечній для живого організму концентрації.

Важлива умова правильного проведення біотестування – використання генетично однорідних лабораторних культур, тому що вони проходять перевірки чутливості, утримуються в спеціальних, обговорених стандартами лабораторних умовах, що забезпечують необхідну подібність і відтворюваність результатів досліджень, а також максимальну чутливість до токсичних речовин.

Життєва функція або критерій токсичності, використовують в біотестуванні для характеристики відгуку тест-об'єкта на дію середовища. Так для різних об'єктів використовують різні показники. Для більшості це відсоток виживання або смертності або генетичні відхилення на ранньому терміні розвитку [18].

Тривалість біотестування залежить від задачі, поставленої дослідником. Гострі біотести, які виконують на різних тест-об'єктах по показниках виживання, тривають від декількох хвилин до 24–96 годин.

Використання біотестування висуває ряд вимог, дотримання яких необхідне для отримання достовірних результатів. Серед останніх можна назвати наступні: відносна швидкість проведення досліджень, отримання достатньо точних і відтворюваних результатів, присутність об'єктів, застосовуваних у біотестуванні у великій кількості і з однорідними властивостями, а також діапазон погрішності у порівнянні з іншими методами тестування не більше 20% [19].

РОЗДІЛ 2

МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГУМАТА АМОНІЯ НА РОЗВИТОК ПШЕНИЦІ

2.1. Пророщування насіння пшениці у гуматах амонія з різними добавками та в різних концентраціях

Пророщування насіння пшениці відбувалось у розчині гумата амонія.

Для проведення досліду ми обрали 4 види гумата амонія та 4 концентрації для них, які представлені у таблиці 2.1:

Таблиця 2.1

Перелік використаних концентрацій гуматів амонія

Назва	Використані концентрації
Гумат амонію з додаванням глюкози	0,01 г/л
Гумат амонію з додаванням глюкози та бору	0,1 г/л
Гумат амонію з додаванням глюкози та міді	1,0 г/л
Гумат амонію з додаванням глюкози, міді та бору	10 г/л

Для кожної групи було відібрано 150 насінь пшениці, які були розподілені між трьома чашками Петрі по 50 насінь у кожній. Тобто для кожної концентрації в нас було потрійне повторення.

Далі ми поміщали насіння у розчини з гуматом амонія і також контроль у дистильовану воду та чекали 96 годин. Після того ми виміряли довжину кореня і вносили ці данні до таблиць приведених у Додатку 1 та переходили до фіксації мітоза в кореневій меристемі.

2.2. Фіксація мітозу в клітинах кореневої меристеми пшениці

Клітинний цикл – це період існування клітини від моменту її утворення шляхом поділу материнської клітини до власного поділу або загибелі.

Клітинний цикл складається з двох періодів:

Перший – період клітинного росту – інтерфаза, під час якого йде синтез ДНК і білків і здійснюється підготовка до поділу клітини.

Інтерфаза складається з декількох періодів:

- G1 – фаза – фази початкового росту, під час якої йде синтез мРНК, білків та інших клітинних компонентів.
- S – фаза – під час неї йде реплікація ДНК клітинного ядра, також відбувається подвоєння центріолей.
- G2 – фаза – під час неї йде підготовка до мітозу.

Інтерфаза займає 90 % часу життя клітини.

Другий - період клітинного ділення, називається «фаза М».

Мітоз – поділ клітини, найбільш поширений спосіб репродукції еукаріотичних клітин. Біологічне значення мітозу складається в строго однаковому розподілі хромосом між дочірніми ядрами, що забезпечує утворення генетично ідентичних дочірніх клітин і зберігає наступність у ряді клітинних поколінь.

М-фазу умовно поділяють на шість частин, поступово і безупинно переходять одна в іншу. Перші п'ять – профази, прометафаза, метафаза, анафаза і телофаза – складають мітоз, а бере свій початок в анафазе процес поділу цитоплазми клітини, або цитокинез, протікає аж до завершення мітотичного циклу і, як правило, розглядається в складі телофази.

Під час профази відбувається конденсація хромосом всередині ядра і утворюється веретено поділу в цитоплазмі клітини. Закінчення профази і настання прометафази, як правило, знаменується розпадом ядерної мембрани. Після руйнування ядерної мембрани хромосоми, без особливого порядку, розташовуються в області ядра. Однак незабаром вони починають рухатися. На завершення прометафази хромосоми розташовуються в екваторіальній площині веретена приблизно на рівній відстані від полюсів ділення, утворюючи метафазну пластинку. Метафаза займає значну частину мітозу, і відрізняється відносно стабільним станом. До закінчення метафази спостерігається чітке відокремлення сестринських хроматид, з'єднання між якими зберігається лише в центромерних ділянках. Анафаза – сама коротка стадія мітозу, яка починається раптовим поділом і подальшим розходженням сестринських

хроматид в напрямку протилежних полюсів клітини. Телофаза розглядається як заключна стадія мітозу; за її початок приймається момент зупинки розділених сестринських хроматид у протилежних полюсів ділення клітини. У ранній телофазі спостерігається деконденсація хромосом і, отже, збільшення їх в обсязі. Поблизу згрупованих індивідуальних хромосом починається злиття мембранних бульбашок, що дає початок реконструкції ядерної оболонки. Матеріалом для побудови мембран новоутворених дочірніх ядер служать фрагменти спочатку розпалася ядерної мембрани материнської клітини, а також елементи ендоплазматичного ретикулума. Усередині заново сформувалися клітинних ядер хроматин переходить в дисперсний стан, відновлюється синтез РНК, і стають помітними ядерця. Закінчення телофази переважно збігається з поділом тіла материнської клітки – цитокінезом. При цьому утворюються дві або більше дочірні клітини. Мітоз є важливим засобом підтримки сталості хромосомного набору. В результаті мітозу здійснюється ідентичне відтворення клітини. Отже, ключова роль мітозу – копіювання генетичної інформації.

Мітоз займає 10 % часу клітинного циклу [20].

Так як клітини постійно проходять всі фази розвитку і зростання, то для спостереження за конкретною фазою мітозу необхідно процеси росту зупинити. Це досягається за допомогою застосування фіксаторів – певних речовин, які зупиняють клітинний ріст і як би «заморожують» клітини в одному стані: саме в тому, в якому вони були до процесу фіксації.

Залежно від потреб випробувача, застосовують різні види фіксаторів. Для нашого рослинного об'єкта придатними були такі фіксатори :

- фіксатор С. Г. Навашина: використовують для фіксації коренів і дрібних ембріологічних об'єктів. Тривалість фіксації 24 години в темряві. Склад: хромова кислота 1 % -й розчин – 10 години; формалін – 16 % -й – 4 години; крижана оцтова кислота – 1 година;

- фіксатор Шампо – тривалість фіксації 24 години. Склад: хромова кислота, 1 % -й розчин – 35 мл; біхромат калію, 3 % -й – 35 мл; осмієва кислота, 2 % -й – 15 мл; крижана оцтова кислота – 2-4 краплі;

- фіксатор Кларка – широко застосовують в цитологічних і ембріологічних дослідженнях, особливо для виготовлення роздавлених препаратів. Час фіксації – 2-12 годин, також можливо зберігання препаратів при 0-2 °С. Склад: абсолютний етиловий спирт або його 96 % -й розчин – 3 частина .; крижана оцтова кислота – 1 частина. [21].

Ми обрали фіксатор Кларка, тому що він є доволі доступним: для нього потрібно лише абсолютний етиловий спирт або його 96 % -й розчин – 3 частини; крижана оцтова кислота – 1 частина, і не дуже тривалий час фіксації: від 2 до 12 годин [8].

Щоб зафіксувати стадію мітозу, фіксацію проводили в період з 7 до 9 ранку.

Першим етапом було обережне відрізання корінців, які досягли 1 сантиметра та більше, і поміщали їх в фіксатор Кларка на 2 години [22].

Другим етапом після фіксації ми кілька разів промивали корінці в 70 % спирті та поміщали їх в Пеніцилінові бульбашки у 70 % спирт та зберігали їх в темному холодному місці.

Третім етапом було фарбування зафіксованих корінців.

2.3. Фарбування хромосом в ядрах клітин кореневої меристеми

Після фіксації клітини залишаються незмінними тривалий час, але для впевненого перегляду органел їх необхідно пофарбувати. Барвниками можуть бути різні речовини в залежності від того, які саме органели потрібно розглянути. Досліджуючи фази мітозу, необхідно вивчати розташування хромосом в ядрі клітини. Для цього вибирають такий барвник, який забарвлює тільки ДНК всередині ядра.

Для фарбування використовувався барвник на основі фуксину для фуксінсерністих кислот.

Барвник приготували в такий спосіб:

1г. фуксина розчинили в 200-та мл окропу і залишили остигати до 50 °С

Потім додали 20 мл 1 Н розчину соляної кислоти і залишили остигати до 25 °С, після цього додали 1гр. безводного метабісульфіту Na, закрили і поставили в темне місце на добу. На готовність барвника вказує те, що він стає прозоро-коричневого кольору і зникає рожевість.

Для того, щоб пофарбувати зафіксовані корінці, їх спочатку опускали в 1 Н соляну кислоту на 20 хвилин, потім в розчин HCl:H₂O (1:1) на 30 хвилин, після цього на 2-3 хвилини в 45 % -у оцтову кислоту і на 40 хвилин – в барвник. Після фарбування відрізали малиновий кінчик корінця, клали його на предметне скло, капали 1-2 краплі 45 %-ої оцтової кислоти, накривали покривним склом, роздавлювали і вивчали під мікроскопом.

Підрахунок ядер клітин здійснювали при використанні 3-х полів зору мікроскопа. Загальна кількість клітин в полі зору – 300 [22].

2.4. Методика визначення мітотичного індексу, профазного, метафазного, анафазного і телофазного індексів

Визначення мітотичного індексу потрібно для того, щоб побачити яка кількість клітин знаходиться в процесі ділення, данні щодо мітотичного індексу представлені у Додатку 2.

Визначення фаз мітозу потрібно для того, щоб побачити чи є між ними порушення, що може свідчити про негативний вплив гумата амонія на розвиток рослини. Фази мітозу повинні розподілятися рівномірно, та кожна наступна фаза повинна бути у два рази меншою за попередню.

Ці значення визначаються за наступними формулами (за Марією Іларіонівною Прохоровою):

Мітотичний індекс (МІ) – відсоток клітин, які діляться від загального числа проаналізованих.

МІ обчислюється за такою формулою:

$$MI = \frac{P + M + A + T}{N} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

де: Р – клітини на стадії профазі

М – клітини на стадії метафази

А – клітини на стадії анафази

Т – клітини на стадії телофази

Н – загальне число проаналізованих клітин.

Профазний індекс (ПІ) – відсоток клітин в профазі мітозу від загального числа проаналізованих клітин.

ПІ обчислюється за такою формулою:

$$PI = \frac{P + M + A + T}{P} \cdot 100\% \quad (2.2)$$

де: Р – клітини на стадії профазі

М – клітини на стадії метафази

А – клітини на стадії анафази

Т – клітини на стадії телофази

Метафазний індекс (МЕ) – відсоток клітин в метафазі мітозу від загального числа проаналізованих клітин.

МЕ обчислюється за такою формулою:

$$ME = \frac{P + M + A + T}{M} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

де: Р – клітини на стадії профазі

М – клітини на стадії метафази

A – клітини на стадії анафази

T – клітини на стадії телофази

Анафазного індекс (AI) – відсоток клітин в анафазі мітозу від загального числа проаналізованих клітин.

AI обчислюється за такою формулою:

$$AI = \frac{P + M + A + T}{A} \cdot 100\% \quad (2.4)$$

де: P – клітини на стадії профазі

M – клітини на стадії метафази

A – клітини на стадії анафази

T – клітини на стадії телофази

Телофазний індекс (TI) - відсоток клітин в телофазі мітозу від загального числа проаналізованих клітин.

TI обчислюється за такою формулою:

$$TI = \frac{P + M + A + T}{T} \cdot 100\% \quad (2.5)$$

де: P – клітини на стадії профазі

M – клітини на стадії метафази

A – клітини на стадії анафази

T – клітини на стадії телофази [22].

РОЗДІЛ 3

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ
ВПЛИВУ ГУМАТА АМОНІЯ НА НАСІННЯ ПШЕНИЦІ.

При дослідженні токсичних властивостей гумінових кислот ми використовували по 50 насіннь у триразовій повторюваності для кожного виду гумату і було обрано дві тест реакції: довжина коріння та мітотичний індекс.

Довжини кореня при різних концентраціях гумата амонія та в контролі (без додавання гуматів) представлені у Додатках 1-13, а мітотичні індекси при різних концентраціях та у контролі(без додавання гуматів) у Додатках 14-22.

Результати дослідження при додаванні гумата амонія з глюкозою при різних концентраціях.

На (рис 3.1) видно, що гумат амонію з додаванням глюкози надає стимулюючу дію на кореневу систему пшениці. При цьому, при збільшенні концентрації гумату амонію з 0,01 г/л до 1,0 г/л збільшується довжина корінців з 3,9 см до 5,2 см. Концентрація 10 г/л виявила токсичні властивості.

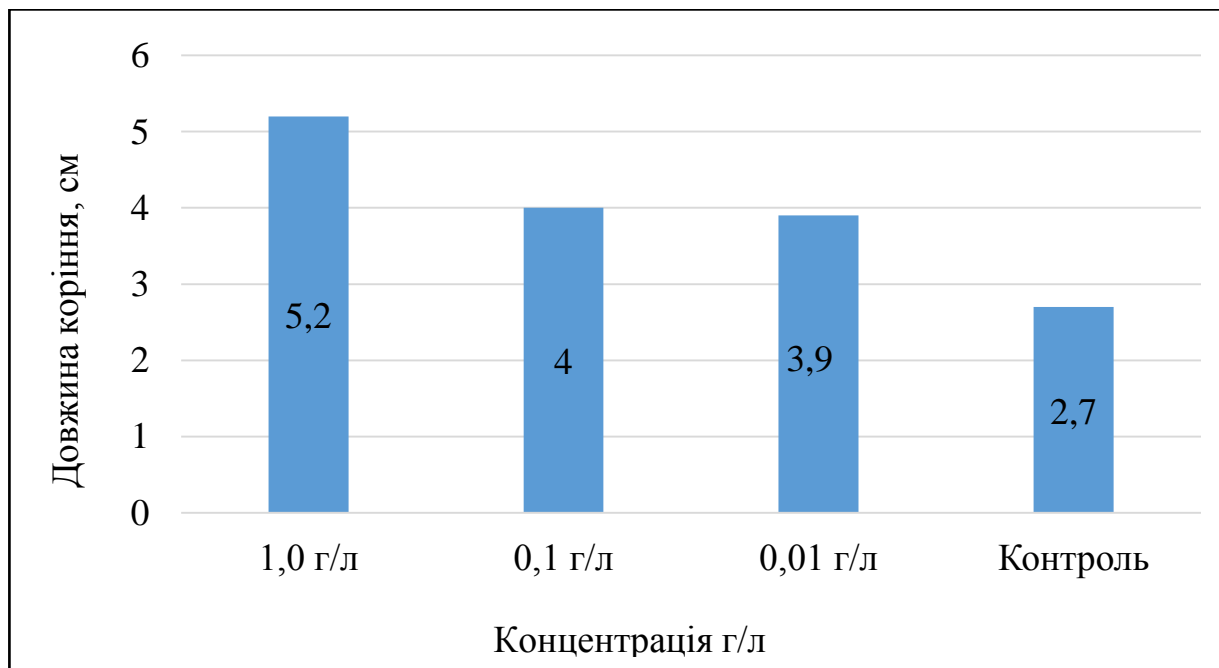


Рис. 3.1 – Показник максимальної довжини коріння з додаванням гумату амонія з глюкозою при різних концентраціях

З точки зору цитологічних процесів гумат амонію з додаванням глюкози прискорює процеси ділення клітин, це видно по збільшенню профазного індексу з 49 % до 56 %, а також не викликає порушень між фазами мітозу.

Розподіл фаз мітозу при додаванні гумата амонія з глюкозою при концентрації 0,01 г/л представлено на (рис. 3.2) та при концентрації 1,0 г/л на (рис. 3.3).

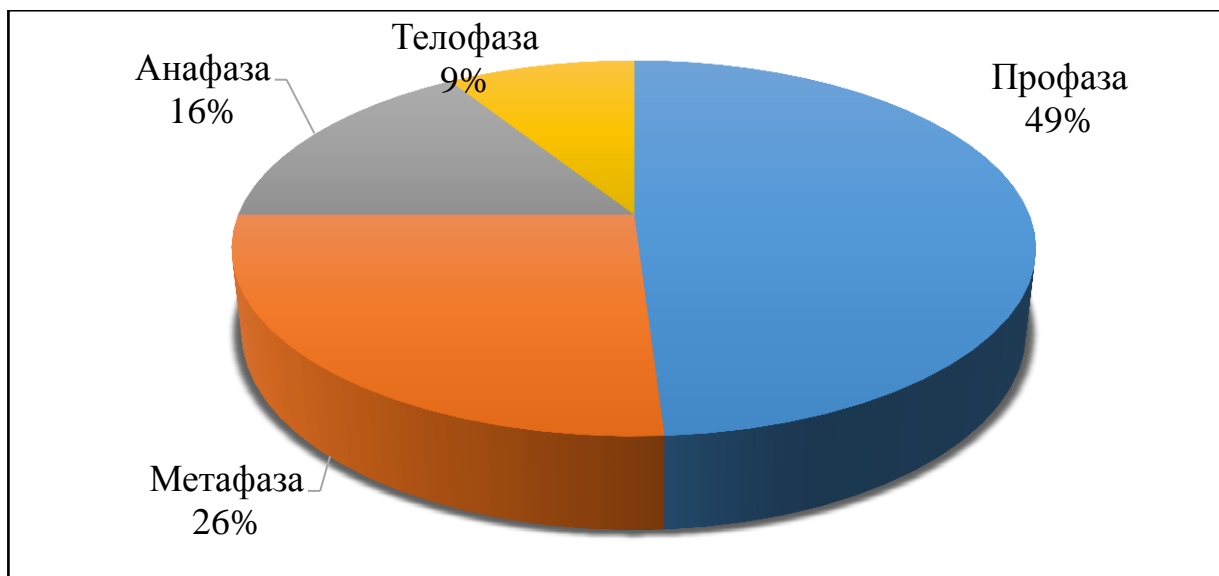


Рис. 3.2 – Мітоз в кореневій системі пшениці при додаванні гумата амонія з глюкозою при концентрації 0,01 г/л

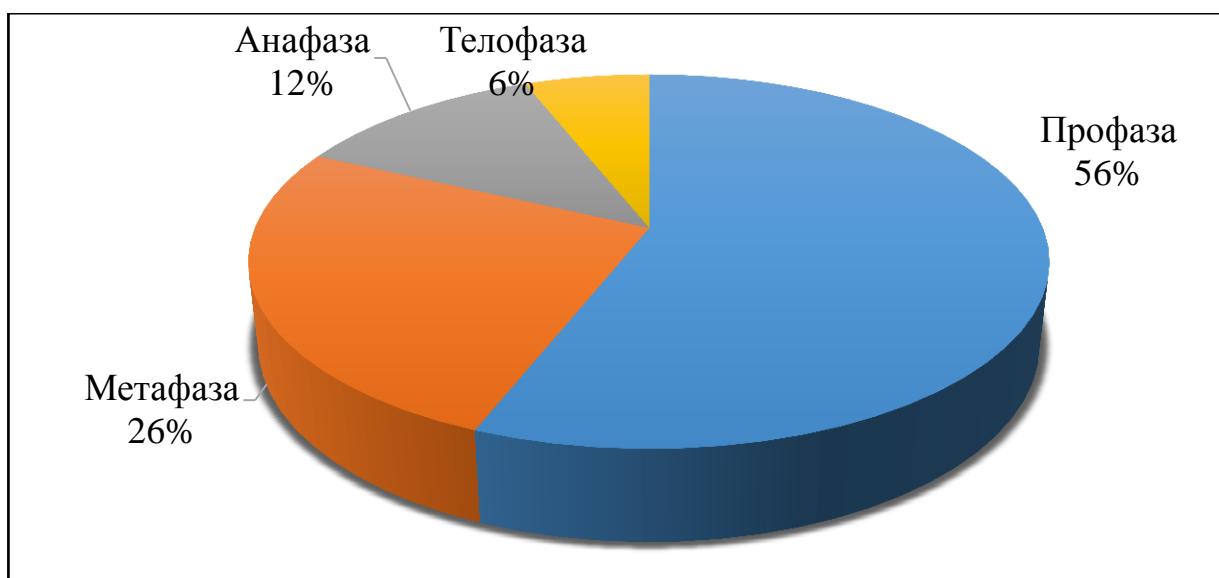


Рис. 3.3 – Мітоз в кореневій системі пшениці при додаванні гумата амонія та глюкози при концентрації 1,0 г/л

Результати дослідження при додаванні гумата амонія з глюкозою та бором при різних концентраціях.

Додавання бору надає стимулюючу дію на ріст корінців вже при концентрації гумата амонію 0,01 г/л. Але подальше підвищення концентрації веде до пригнічення зростання кореневої системи.

На (рис.3.4) можна побачити, що при збільшенні концентрації довжина кореня зменшується з 10 см до 0,2 см. Концентрація 10 г/л виявила токсичні властивості.

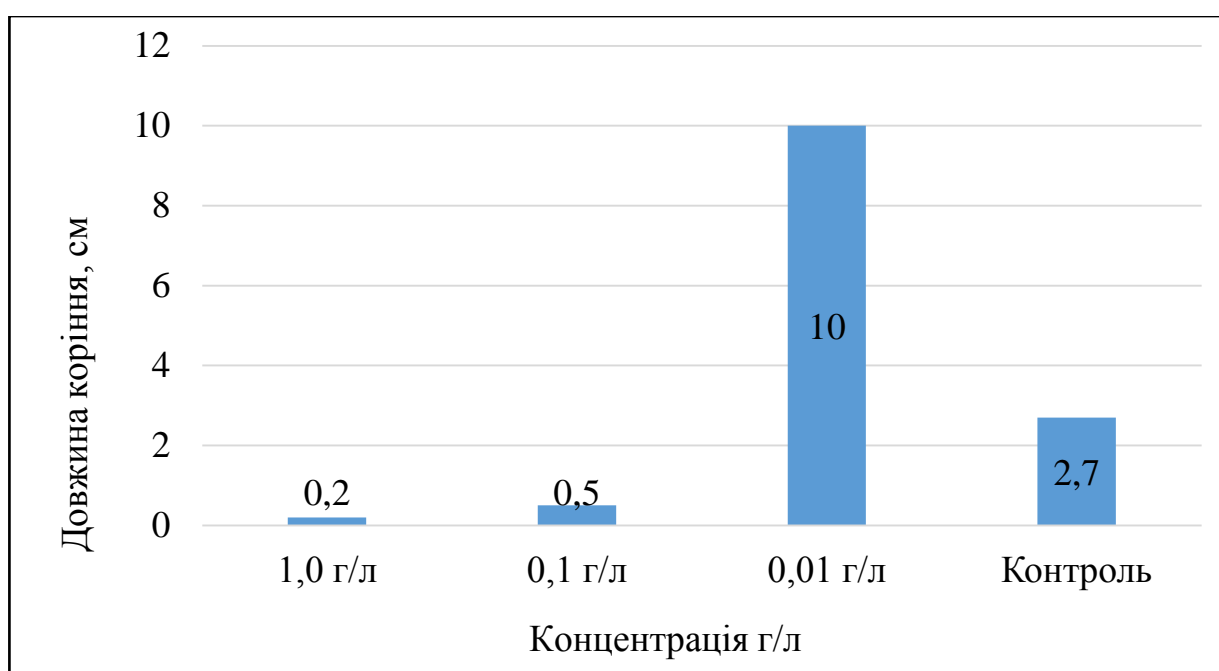


Рис. 3.4 – Показник максимальної довжини насіння з додаванням гумату амонія, глюкози та бору при різних концентраціях

На мікро-рівні при збільшенні концентрації також спостерігається падіння профазного індексу з 49 % до 45 %. Але порушення між фазами мітозу не спостерігається, все фазні індекси рівномірно зменшуються. Концентрація 10 г/л виявила токсичні властивості.

Розподіл фаз мітозу при додаванні гумата амонія з глюкозою та бором представлено на (рис. 3.5) при концентрації 0,01 г/л та при концентрації 1,0 г/л. на (рис. 3.6).

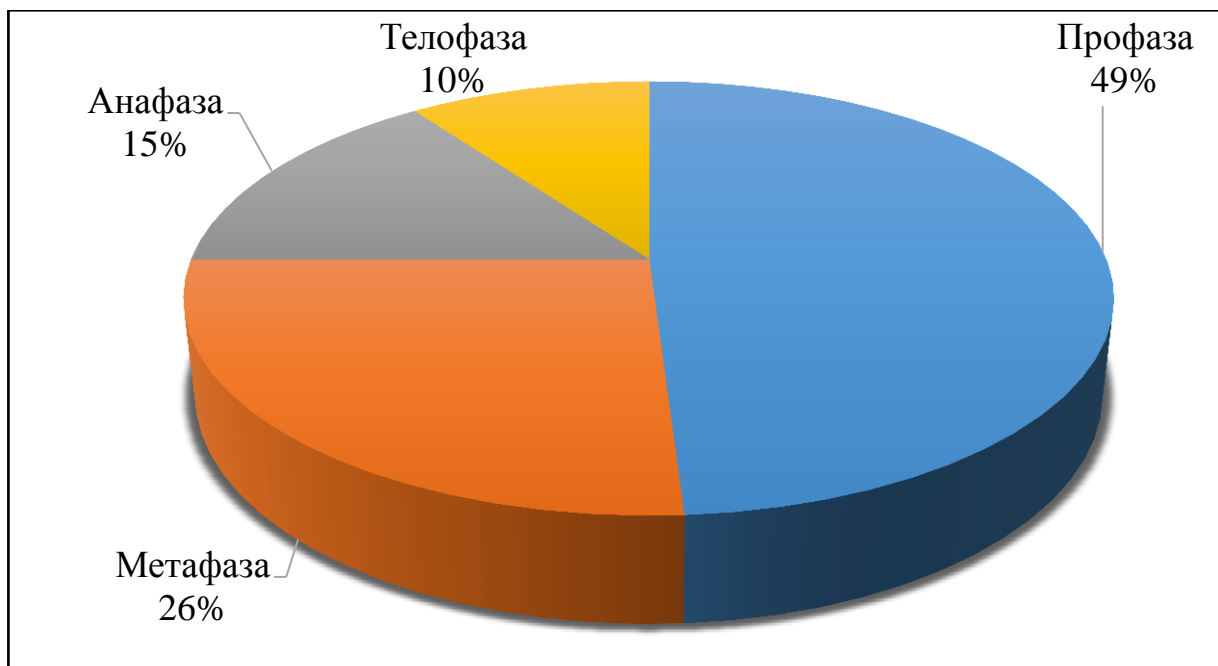


Рис. 3.5 – Мітоз в кореневій меристемі пшениці при додаванні гумата амонія, глюкози та міді при концентрації 0,01 г/л

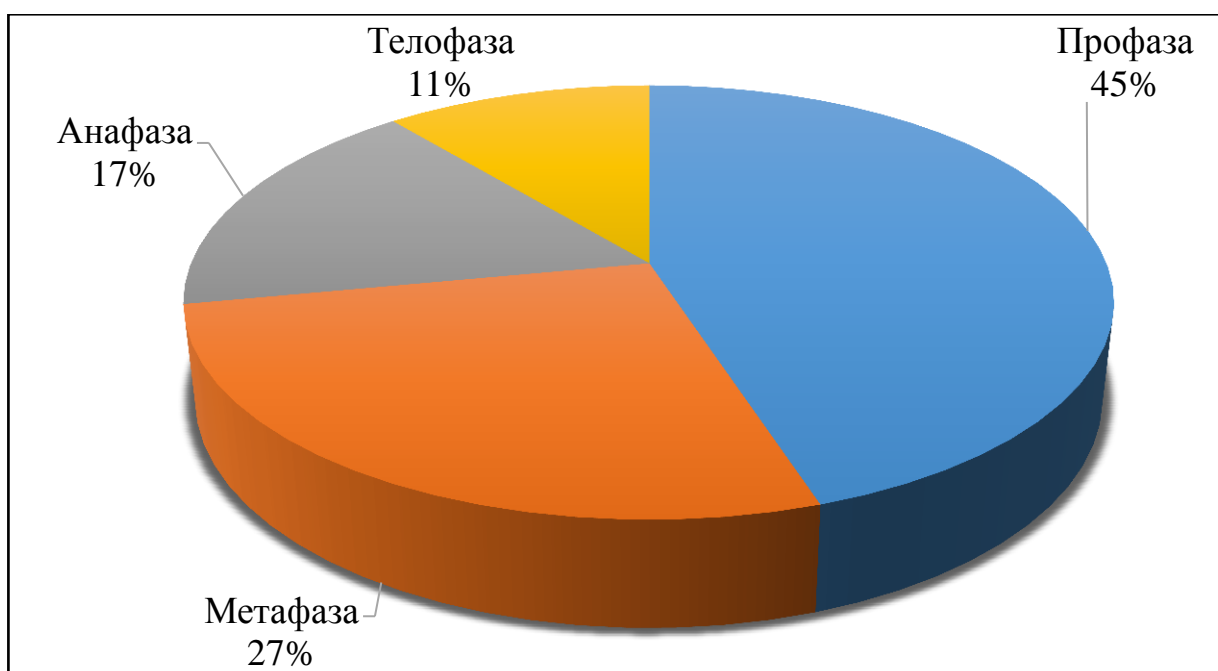


Рис. 3.6 – Мітоз в кореневій меристемі пшениці при додаванні гумата амонія, глюкози та міді при концентрації 1,0 г/л

Результати дослідження при додаванні гумата амонія з глюкозою та міддю при різних концентраціях

Мідь – універсальний мікроелемент для рослин, її додавання веде до

значного зростання кореневої системи навіть при мінімальній концентрації гумата 0,01 г/л. При збільшенні концентрації гумата амонія до 1 г/л відбувається пригнічення зростання кореневої системи. Концентрація 10 г/л виявила токсичні властивості.

На (рис 3.7) видно що при збільшенні концентрації з 0,01 г/л до 1,0 г/л довжина кореня зменшується з 5 см до 0,4 см.

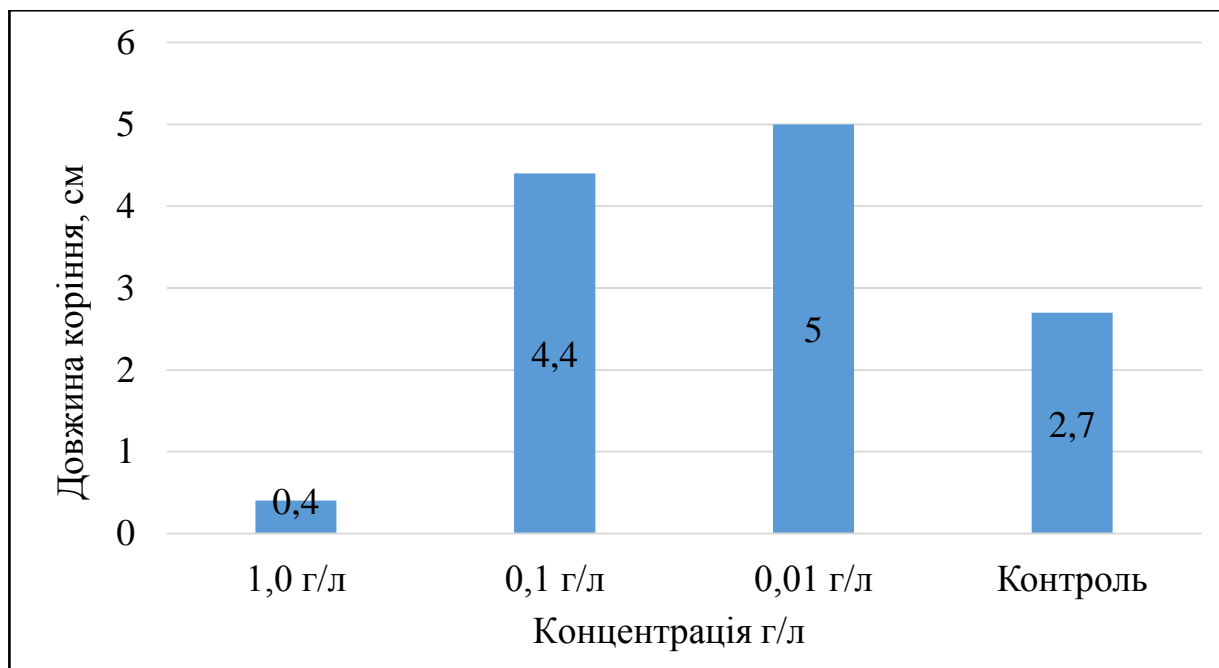


Рис. 3.7 – Показник максимальної довжини насіння з додаванням гумату амонія, глюкози та міді при різних концентраціях

На мікро-рівні можна побачити, що при збільшенні концентрації з 0,01 г/л до 1,0 г/л профазний індекс падає з 56 % до 45 %. Порушень між фазами мітозу теж не спостерігається. Концентрація 10 г/л виявила токсичні властивості.

Розподіл фаз мітозу при додаванні гумата амонія з глюкозою та міддю представлено на (рис. 3.8) при концентрації 0,01 г/л та при концентрації 1,0 г/л. на (рис. 3.9).

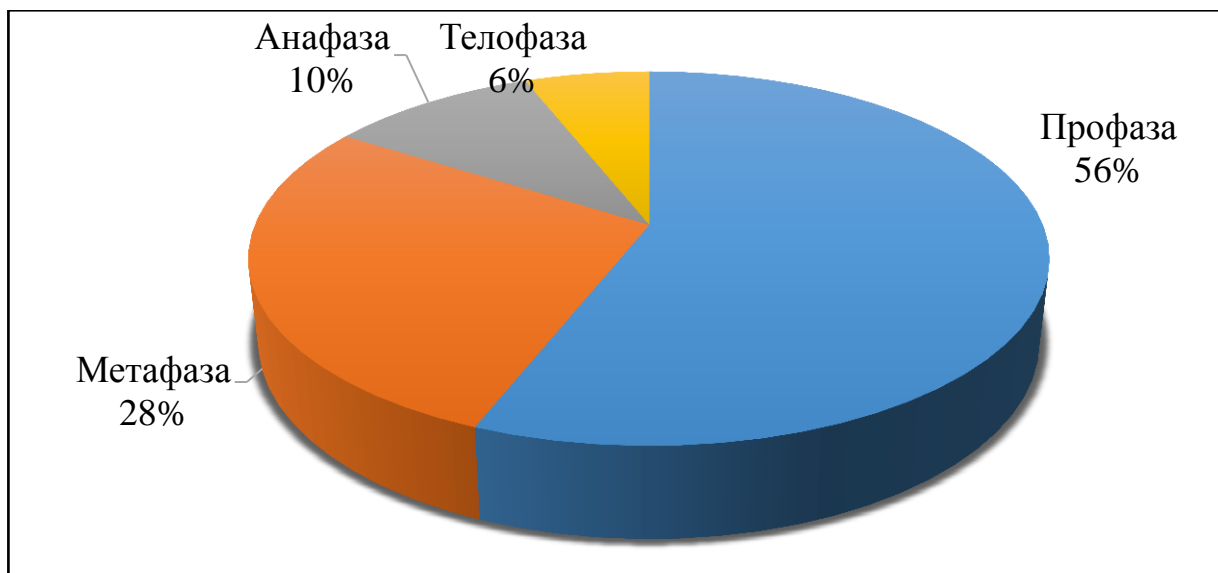


Рис.3.8 Мітоз в кореневій меристемі пшениці з додаванням гумату амонія, глюкози та міді при концентрації 0,01 г/л

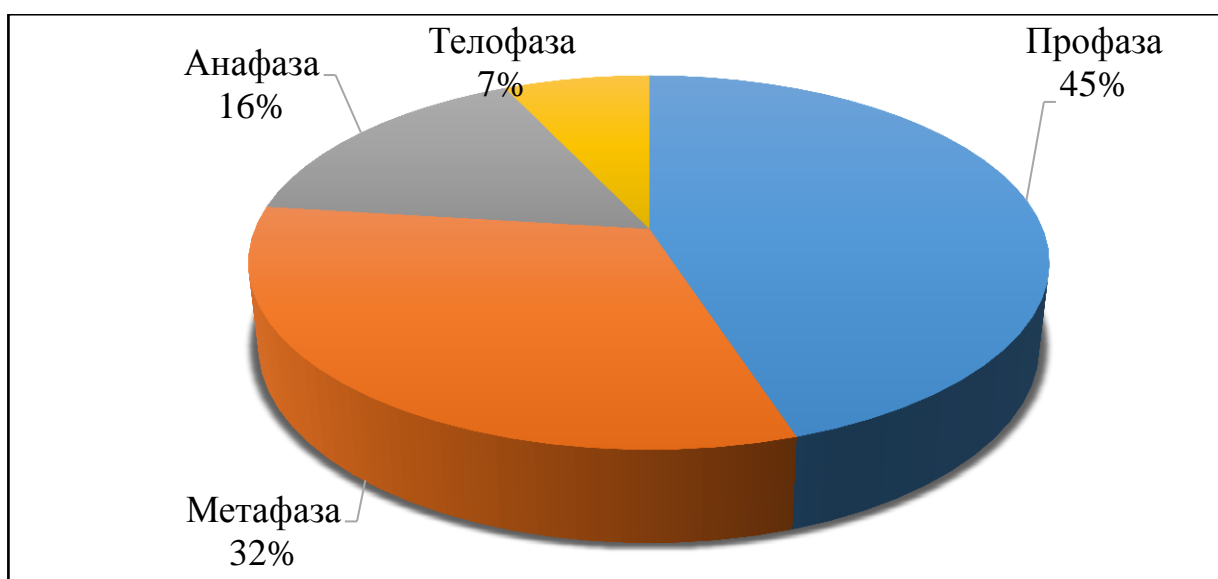


Рис.3.9 Мітоз в кореневій меристемі пшениці з додаванням гумату амонія, глюкози та міді при концентрації 1,0 г/л

Результати дослідження при додаванні гумату амонія з глюкозою, міддю та бором при різних концентраціях.

Для гумату амонія з додаванням глюкози, міді та бору було зафіксовано, що при збільшенні концентрації з 0,01 г/л до 1,0 г/л відбувається пригнічення росту корінців.

На (рис. 3.10) можна побачити що при збільшенні концентрації,

зменшується довжина кореня з 5 см до 0,7 см.

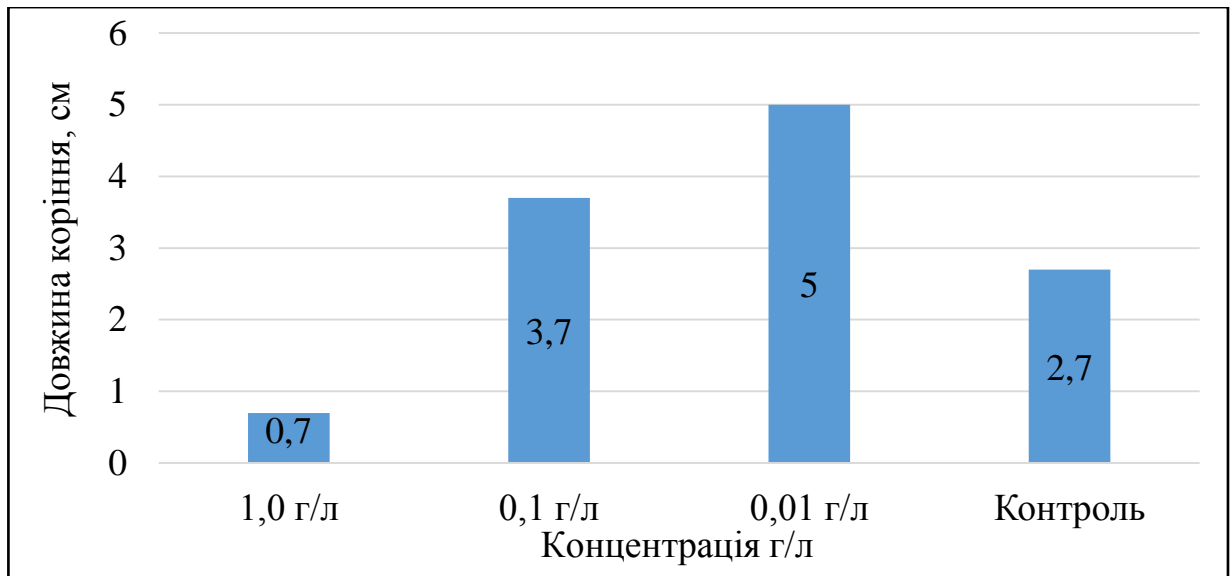


Рис. 3.10 – Показник максимальної довжини насіння з додаванням гумату амонія, глюкози, міді та бору глюкози при різних концентраціях

Розподіл фаз мітозу при додаванні гумата амонія з глюкозою, міддю та бором представлено на (рис. 3.11) при концентрації 0,01 г/л та при концентрації 1,0 г/л. на (рис. 3.12):

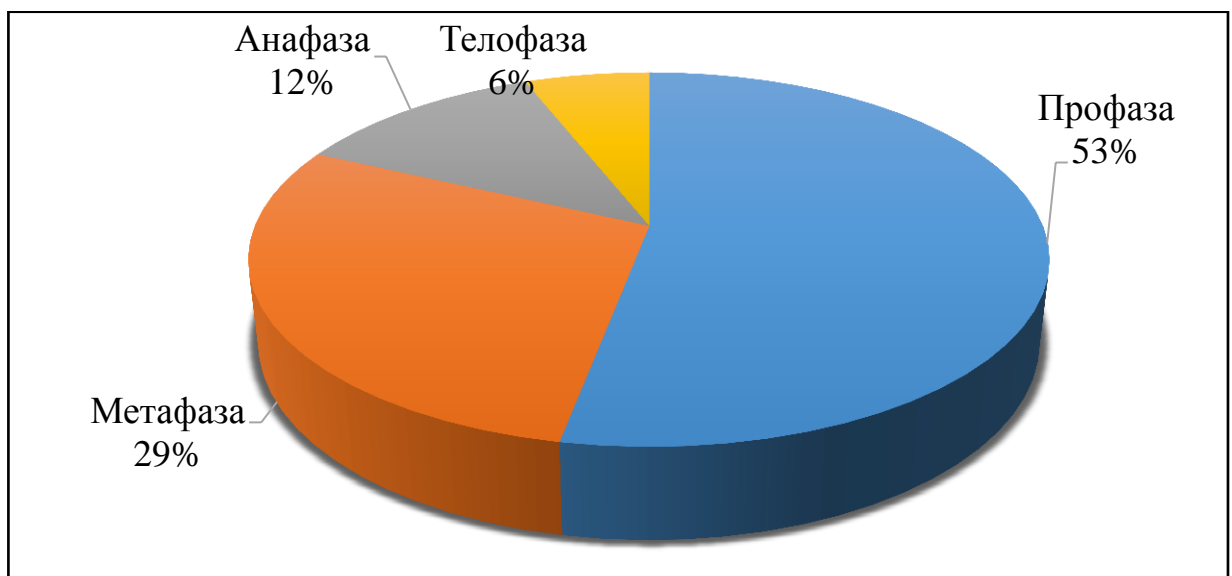


Рис. 3.11 – Мітоз в кореневій меристемі пшениці з додаванням гумату амонія, глюкози, міді та бору глюкози при концентрації 0,01 г/л

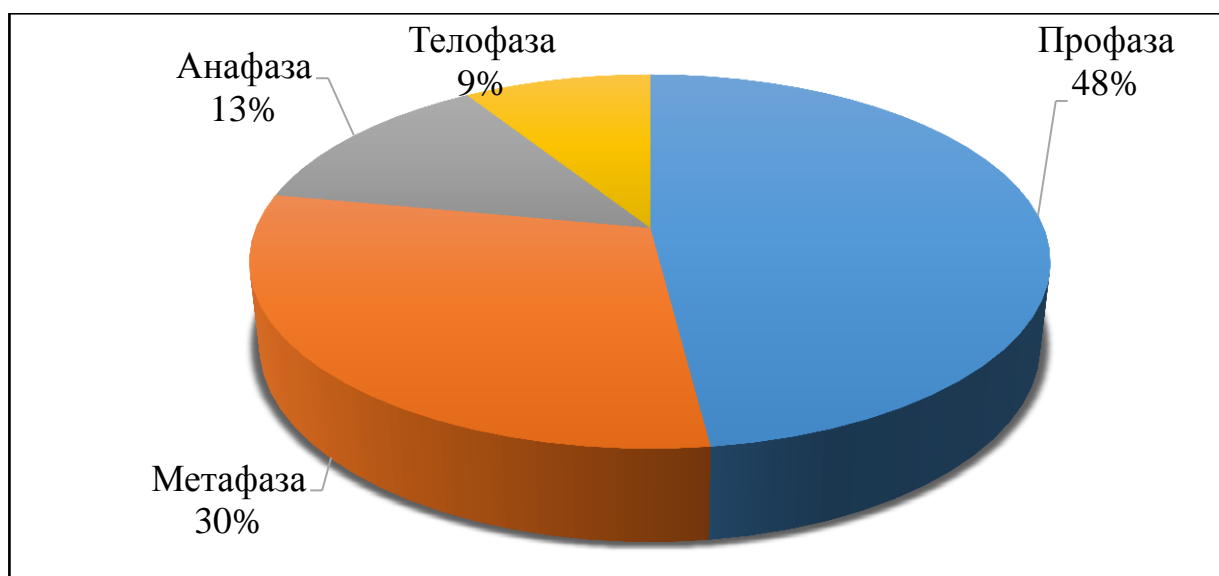


Рис. 3.12 – Мітоз в кореневій меристемі пшениці з додаванням гумату амонія, глюкози, міді та бору глюкози при концентрації 1,0 г/л

На мікро-рівні можна спостерігати, що при збільшенні концентрації з 0,01 г/л до 1,0 г/л падає профазний індекс з 53 % до 48 %. Порушень між фазами мітозу не виявлено. Концентрація 10 г/л виявила токсичні властивості [23].

Результати дослідження зміни мітотичного індексу.

Зміни мітотичного індексу вивчались при концентраціях 0,01 г/л та 1,0 г/л.

На рис 3.13 можна побачити, що при концентрації 0,01 г/л найбільший показник мітотичного індексу був у гумата амонія з додаванням глюкози, міді та бору і склав 29,3 %, а найменший у гумата амонія з додаванням глюкози та бору та склав 17,3 %.

Це означає, що при концентрації 0,01 г/л більш стимулюючу дію на розвиток кореневої системи пшениці надає гумат амонію з додаванням глюкози, міді та бору.

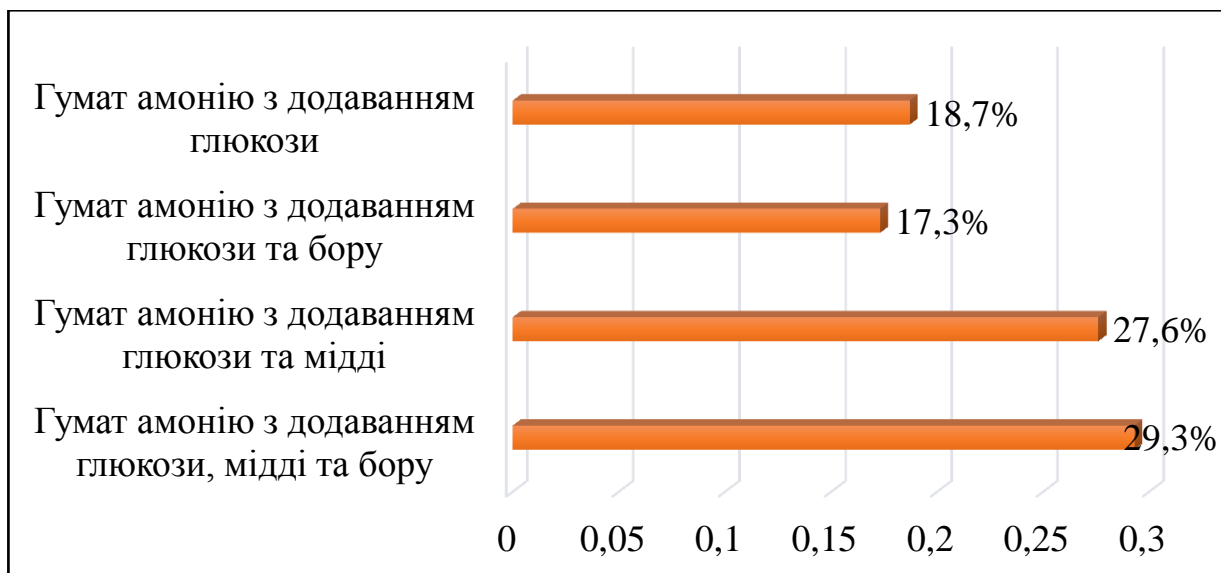


Рис. 3.13 – Зміна мітотичного індексу при концентрації гумату 0,01 г/л

На (рис. 3.14) можна побачити, що при концентрації 1,0 г/л найбільший показник мітотичного індексу був у гумата амонія з додаванням глюкози і склав 28 %, а найменший у гумата амонія з додаванням глюкози та бору та склав лише 8 %.

Це означає, що при концентрації 1,0 г/л більш стимулюючу дію на розвиток кореневої системи пшениці надає гумат амонію з додаванням глюкози.

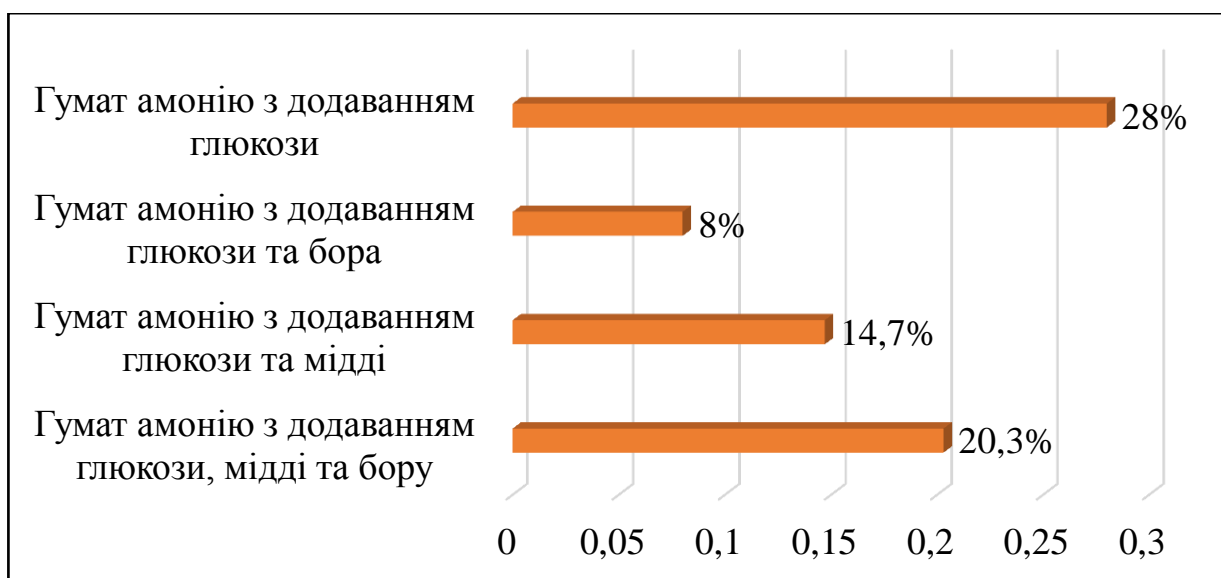


Рис. 3.14 – Зміна мітотичного індексу при концентрації гумату 1,0 г/л

З точки зору цитологічних процесів, гумат амонію з додаванням глюкози прискорює процеси ділення клітин, що видно по збільшенню мітотичного індексу з 18,7 % та довжини кореня з 3,9 см (при концентрації 0,01 г/л) до 28 % і довжини кореня до 5,2 см (при концентрації 1,0 г/л).

При додаванні гумаа амонія з глюкозою та бором на мікро-рівні спостерігається падіння мітотичного індексу з 17,3 % та зменшення довжини кореня з 10 см (при концентрації 0,01 г/л) до 8 % і до довжини кореня 0,2 см (при концентрації 1,0 г/л).

При додаванні гумата амонія з глюкозою та міддю на мікро-рівні мітотичний індекс при 0,01 г/л розчину гумату становить 27,6 %, а максимальна довжина кореня 5 см (при концентрації 0,01 г/л), а при 1 г/л – всього 14,7 % та максимальна довжина кореня 0,4 см (при концентрації 1,0 г/л).

При додаванні гумата амонія з глюкозою, міддю та бором при концентрації 0,01 г/л мітотичний індекс – 29,3 %, максимальна довжина кореня – 5 см (при концентрації 0,01 г/л). Але при концентрації 1,0 г/л відбувається падіння мітотичного індексу до 20,3 % та довжина кореня 0,7 см (при концентрації 1,0 г/л).

Таким чином можна зробити сказати, що найкращим варіантом буде додавання глюкози, міді і бору, тому що навіть при мінімальній концентрації гумату (0,01 г/л) ми спостерігали найвищий показник мітотичного індексу (29,3 %), але підвищення концентрації до 1 г/л викликає пригнічення розвитку кореневої системи.

Також позитивний вплив надає додавання гумата амонія з глюкозою при концентрації 1,0 г/л, додавання гумата амонію з глюкозою та міддю при концентрації 0,01 г/л. З обережністю слід використовувати гумат амонія з глюкозою та бором.

У всіх випадках концентрація 10 г/л виявилася токсичною і пшениця не проросла.

Також досліджено залежності розвитку фаз мітозу кореневої меристеми пшениці від концентрації гумата амонія і внесених добавок. При пригніченні

росту корінців спостерігалось зменшення профазних індексів, але не було порушень між фазами мітозу.

При концентрації 1 г/л розчину гумата амонія з додаванням глюкози тиміди був зафіксований мітотичний індекс 8 %, що нижче, ніж у пшениці, яка вирощувалася без гумата амонію (12,7 %)[24]

ВИСНОВКИ

1. Після проведеного дослідження можна сказати, що при додаванні гумата амонія з глюкозою не було виявлено порушень між фазами мітозу, що свідчить про те, що гумат амонію не надає негативний вплив на розвиток рослини. Також при концентрації 1,0 г/л спостерігалась найбільша довжина кореня 5,2 см, а мітотичний індекс був 28 %.

2. При додаванні гумата амонія з глюкозою та бором порушень між фазами мітозу виявлено також не було і це свідчить про те, що гумат амонію не надає негативний вплив. Найбільша довжина коріння була вже при концентрації 0,01 г/л, а мітотичний індекс склав 17,3 %. Але при збільшенні концентрації до 1,0 г/л довжина коріння помітно стала меншою 0,2 см, а мітотичний індекс 8 %, що нижче ніж у контрольній групі.

3. При додаванні гумата амонія з глюкозою та міддю порушень між фазами мітозу виявлено не було. При концентрації 0,01 г/л довжина коріння склала 5 см, а мітотичний індекс 27,6. Але при збільшенні концентрації до 1,0 г/л відбулось пригнічення розвитку, довжина коріння зменшилась до 0,4 см, а мітотичний індекс до 14,7 %.

4. При додаванні гумата амонія з глюкозою, міддю та бором порушень між фазами мітозу виявлено не було. При концентрації 0,01 г/л була найбільша довжина кореня і склала 5 см, а також був зафіксований найбільший мітотичний індекс 29,3 %. Але при збільшенні концентрації помітно зменшилась довжина коріння до 0,7 см, а мітотичний індекс до 20,3 %.

5. Концентрація 10 г/л в усіх дослідках виявила токсичну властивість і пшениця не зійшла.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Корнієнко Я. М. , Степанюк А. Р. Процес вилучення гумінових речовин з торфу : монографія. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 146 с.
2. Корнієнко Я. М. , Степанюк А. Р. Процес одержання мінерально – гумінових твердих композитів : монографія. Київ : НТУУ «КПІ», 2013. 137 с.
3. Реутов В. А. Использование бурых углей Днепровского бассейна в качестве сырья для получения гуминовых удобрений в степной зоне УРСР. Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Київ.: И зд-во С.Х. академии УРСР.1962. 520 с.
4. Горová А. И. Роль физиологически активных гуминовых веществ в адаптации растений к действию ионизирующей радиации и пестицидов. Гуминовые вещества в биосфере. ран. Научн. совет по пробл. почвоведения, МГУ им. М. В. Ломоносова. с.-х. ин-т МСХ РФ и др. Москва: Наука, 1993. 236 с.
5. Горová А. И., Ярчук И. Значение работ Л. А. Христева В науке о физиологически активных веществах гумусовой природы. Гуминовые вещества в биосфере: Москва: Наука, 1993. С. 6-15.
6. Денисюк Е. А., Кузнєцова І. А., Митрофанов Р. А. Технології отримання гумінових речовин. *Вісник НГІЕІ*, 2014. № 2 (33). С. 66-79.
7. Мотовилова Л. В. Гумат - экологически чистые стимуляторы роста и развития растений. Москва: Колос, 2001. 105 с.
8. Попов А. И. Гуминовые вещества. Свойства, строение, образование: Санкт-Петербург: Унта, 2004. 248 с.
9. Христева Л. А. Реутов Н. В., Старостін А. Н. Вплив гумінових кислот на біоелектричний потенціал у рослин. Гумінові добрива. Теорія і практика їх застосування: Київ, 1968. Ч. III. С. 28-30
10. Горová А. И., Орлов Д. С., Щербинка О. В. Гуминовые веществ. Киев: Наукова думка, 1995. 303 с.
11. Орлов Д. С. Гуминовые вещества в биосфере. Соросовский

образовательный журнал №2. 1997. С. 56-63.

12. Драгунов С. С. Хімічна природа гумінових речовин. Гумінові добрива. Теорія і практика їх застосування: Київ, 1962. Ч. 2. С. 11-22.

13. Прохорова И. М., Ковалева М. И., Фомичева А. Н. Генетическая токсикология. Ярославль: Ярославский ун-т, 2005. 132 с.

14. Перминова И. В., Жилин Д. М Гуминовые вещества в контексте зеленой химии. Москва: Изд-во МГУ, 2004. С. 146-162.

15. Flaig, W., Beutelspacher H., Rietz E. Chemical composition and physical properties of humic substances, in Soil Components. NewYork. Vol. I. 1975. P. 1–211.

16. Орлов Д. С. Свойства и функции гуминовых веществ. Гуминовые вещества в биосфере. Москва: Наука, 1993. С. 16-27.

17. Валерко Г. А. Использование биотестирования для оценки антропогенного загрязнения почвенного покрова. Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы Виини-и междунар. науч. конф., 14-18 марта 2011 г. Брянск, 2011. С. 74-78.

18. Губачов О. І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій. Наук. Вісник КУЕІТУ. Нові технології. 2010. № 3 (29). С. 164-171.

19. Биоиндикация и антропогенные стрессоры: курс лекций. Москва: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2006. 135 с.

20. Ченцов Ю. С. Введение в клеточную биологию. Ростов-на-Дону: Академкнига, 2004. 495 с.

21. Паушева С. П. Практикум по цитологии растений. Москва: Агропромиздат, 1988. 271 с.

22. Прохорова И. М., Комарова М. И., Фомичева А. Н. Оценка митотоксического и мутагенного действия факторов окружающей среды. Ярославль: Ярославский ун-т, 2003. 32 с.

23. Горностаева Є. О. Вплив гумату амонія з додаванням міді та бора на кореневу систему пшениці. Екологічна безпека та оцінка впливу діяльності.

Матеріали Всеукраїнської наукової on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених з міжнародною участю “Сучасні проблеми екології”. Житомир: Житомирський державний технологічний університет, 2019. С. 38.

24. Горностаєва Є. О. Закономірності токсичного впливу високих концентрацій гумату амонія на розвиток кореневої системи пшениці. Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування. *Матеріали Міжнародної наукової конференції молодих вчених.* Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна 2017. С. 33-36.

ДОДАТКИ

Розвиток кореневої системи з додаванням гумата амонія та глюкози при
концентрації 0,01 г/л

№ п/п	Максимальна довжина кореня №1, см	Максимальна довжина кореня №2, см	Максимальна довжина кореня №3, см
1	2,7	2,6	2,1
2	0,3	0,5	0,4
3	3,1	3,1	3,4
4	3,0	3,7	3,1
5	3,2	1,1	3,9
6	1,1	1	0,9
7	1,4	0,2	0,8
8	0,2	0,7	0,4
9	0,7	0,8	0,9
10	0,6	0,1	0,8
11	0,1	0,1	0,1
12	0,1	2,2	0,1
13	2,2	0,5	2,2
14	0,5	0,5	0,5
15	0,6	0,1	0,5
16	0,1	0,7	0,1
17	0,2	0,1	0,7
18	0,1	0,3	0,4
19	0,2	0,3	0,7
20	0,3	0,2	0,9
21	0,2	0,2	0,8
22	0,2	0,1	0,7
23	0,2	0,2	0,9
24	0,2	0,1	0,4
25	0,1	0,1	0,5
26	0,1	0,2	0,5
27	0,84	0,3	0,7
28		0,4	0,9
29		0,1	0,5
30		0,1	0,4
31		0,69	0,97
	Середня довжина кореня см	0,83	

Розвиток кореневої системи з додаванням гумата амонія та глюкози при
концентрації 0,1 г/л

№ п/п	Максимальна довжина кореня №1, см	Максимальна довжина кореня №2, см	Максимальна довжина кореня №3, см
1	2	1,7	1,5
2	2,5	1,2	1,5
3	2,3	1,9	0,6
4	2,8	2,3	1,3
5	0,3	1,5	1,2
6	4	1,1	1,1
7	3,9	0,4	0,7
8	2,2	1,4	1,2
9	3,2	1,5	2,2
10	3,1	0,6	0,7
11	1,5	1,15	1,4
12	1,5	0,6	0,5
13	1,2	1,7	2,5
14	1,5	0,2	0,8
15	1,3	1,2	1
16	1,4	0,6	0,5
17	0,7	0,5	3,1
18	0,8	0,8	1,5
19	0,6	0,7	0,6
20	1,5	1,5	0,3
21	1,6	1,5	0,5
22	1	0,1	0,7
23	0,9	0,9	0,4
24	1,4	0,9	2,5
25	0,5	0,3	0,7
26	0,3	1	1
27	1,1	0,2	0,9
28	1,3	0,1	2,1
29	1,1	0,2	1,2
30	0,3	0,2	0,6
31	0,7	0,6	1,1
32	0,3	0,2	0,4
33	0,3	0,1	1,4
34	0,7	0,3	1,6
35	1,47	0,3	1,2
36		0,3	2,6
37		0,3	1,3
38		0,81	1,6
39			0,4
40			1,1
			0,99
	Середня довжина кореня, см	1,09	

Розвиток кореневої системи з додаванням гумата амонія та глюкози при
концентрації 1,0 г/л

№ п/п	Максимальна довжина кореня №1, см	Максимальна довжина кореня №2, см	Максимальна довжина кореня №3, см
1	3,7	3,6	3,4
2	4,1	5,1	5,1
3	1,5	1,7	1,9
4	2,2	2,1	2,1
5	1,1	3,4	3,2
6	3,2	3,5	3,5
7	3,1	2,7	2,7
8	0,3	0,5	0,5
9	4,8	4,8	4,6
10	2,0	2,4	2,4
11	2,8	0,8	1,8
12	4,4	4	4
13	5,2	5,1	5,2
14	2,1	2,1	2,1
15	2,6	2,7	3,7
16	1,2	2,9	2,9
17	1,4	2,4	2,8
18	2,7	3,7	3,7
19	2,9	2,5	2,5
20	0,5	1,5	1
21	0,7	0,7	0,7
2	0,6	0,6	0,8
23	3,1	3,1	3,1
24	1,5	1,5	1,5
25	2,4	2,4	2,4
26	2,3	2,3	2,3
27	0,6	0,6	0,6
28	0,1	0,1	0,5
29	0,1	0,1	0,1
30	0,3	0,8	0,8
31	0,1	0,1	0,5
32	0,1	0,1	0,1
33	0,2	0,2	0,7
34	0,1	0,4	0,4
35	0,1	0,1	0,1
36	0,1	2,02	2,11
37	1,6		
38	4,2		
	1,84		
	Середня довжина кореня, см	1,99	

Розвиток кореневої системи з додаванням гумата амонія, глюкози та бора при
концентрації 0,01 г/л

№ п/п	Максимальна довжина кореня №1, см	Максимальна довжина кореня №2, см	Максимальна довжина кореня №3, см
1	4,4	0,4	3,8
2	5,2	2,9	0,9
3	3,4	3,3	1,6
4	2,2	1,8	10
5	1,9	0,1	1,4
6	2,9	2,7	1,5
7	2,4	0,1	1,6
8	2,9	3,4	2,2
9	3,7	0,4	2,2
10	1,3	0,2	2,5
11	2,9	0,2	2,1
12	1,9	0,2	1,2
13	1,7	0,2	2,3
14	1,6	0,8	0,7
15	2,2	0,2	2,5
16	1,1	0,6	2,7
17	1,1	3,3	1,2
18	2,2	1,6	2,6
19	1,6	1,2	0,7
20	0,2	1,2	0,9
21	0,9	1,2	0,5
22	1,8	1,2	1,7
23	0,1	1,2	2
24	2,1	1,2	1,2
25	1,2	1,2	0,5
26	1,4	1,2	2,1
27	2,08	1,2	0,6
28		1,23	2,5
29			2,2
30			2,4
31			0,6
			1,78
	Середня довжина кореня, см	1,70	

Розвиток кореневої системи з додаванням гумата амонія, глюкози та бора при
концентрації 0,1 г/л

№ п/п	Максимальна довжина кореня №1, см	Максимальна довжина кореня №2, см	Максимальна довжина кореня №3, см
1	0,1	0,1	0,1
2	0,2	0,2	0,3
3	0,3	0,3	0,3
4	0,3	0,3	0,1
5	0,4	0,1	0,1
6	0,1	0,1	0,1
7	0,2	0,2	0,1
8	0,1	0,1	0,2
9	0,2	0,2	0,1
10	0,1	0,1	0,1
11	0,1	0,1	0,4
12	0,2	0,2	0,3
13	0,1	0,4	0,2
14	0,3	0,3	0,2
15	0,2	0,2	0,4
16	0,2	0,2	0,4
17	0,4	0,4	0,1
18	0,4	0,4	0,2
19	0,1	0,1	0,2
20	0,2	0,2	0,3
21	0,2	0,2	0,2
22	0,21	0,3	0,21
23		0,1	
24		0,5	
25		0,4	
		0,23	
	Середня довжина кореня, см	0,22	

Розвиток кореневої системи з додаванням гумата амонія, глюкози та бора при
концентрації 1,0 г/л

№ п/п	Максимальна довжина кореня №1, см	Максимальна довжина кореня №2, см	Максимальна довжина кореня №3, см
1	0,1	0,1	0,1
2	0,1	0,2	0,2
3	0,1	0,1	0,1
4	0,1	0,1	0,1
5	0,1	0,2	0,2
6	0,2	0,2	0,2
7	0,1	0,15	0,2
8	0,1		0,2
	0,11		0,2
			0,17
	Середня довжина кореня, см	0,14	

Розвиток кореневої системи з додаванням гумата амонія, глюкози, мідді та бора
при концентрації 0,01 г/л

№ п/п	Максимальна довжина кореня №1, см	Максимальна довжина кореня №2, см	Максимальна довжина кореня №3, см
1	2,5	0,3	2,1
2	2,7	0,8	1,2
3	2,3	0,2	2
4	1,4	1,5	2,5
5	1,5	1,6	2,3
6	1,6	1,8	1,4
7	2,8	2,2	1,5
8	4,5	2,4	1,8
9	1,5	0,5	1,3
10	1,6	2,7	1,4
11	1,7	2,4	1,5
12	2,3	2,3	1,5
13	2,5	1,5	0,5
14	0,2	1,9	0,2
15	2,8	3,4	0,1
16	2,9	3,8	0,2
17	1,4	3,5	0,2
18	0,4	3,9	0,1
20	0,2	4,0	2,1
21	0,2	0,2	2,4
22	0,3	0,5	1,3
23	0,5	0,5	1,2
24	0,2	0,5	1,4
25	1,4	0,6	2,1
26	1,5	0,7	0,8
27	1,6	1,6	0,3
28	1,8	1,8	1,8
29	1,5	1,7	1,1
30	1,8	1,9	1
31	4	1,4	1,4
32	4,5	1,3	0,5
33	0,2	1,5	0,9
34	0,6	1,0	1,25
35	0,8	5	
36	0,7	0,3	
37	0,4	0,2	
38	1,2	1,71	
39	1,3		
40	0,8		
	1,59		
	Середня довжина кореня, см	1,52	

Розвиток кореневої системи з додаванням гумата амонія, глюкози, мідді та бора
при концентрації 0,1 г/л

№ п/п	Максимальна довжина кореня №1, см	Максимальна довжина кореня №2, см	Максимальна довжина кореня №3, см
1	2,6	3,0	3,5
2	2,8	1,5	3
3	3,5	1,0	2
4	2,8	1,2	2,3
5	2,0	1,5	2
6	2,2	1,7	1,5
7	2,1	1,4	2,7
8	1,4	1,9	2,8
9	3,7	1,4	0,9
10	3,0	0,5	1,5
11	2,0	0,6	1,4
12	3,0	0,2	1,1
13	2,0	0,3	1,6
14	0,5	0,4	0,3
15	0,6	0,2	0,5
16	2,0	2,3	0,9
17	2,7	2,4	0,4
18	3,6	2,7	0,2
19	3,5	2,1	1,5
20	0,7	1,3	1,5
21	0,2	0,3	1,5
22	0,3	1,2	1,9
23	0,1	1,4	1,7
24	0,2	1,2	1,3
25	0,7	1,5	0,9
26	0,6	1,6	1,2
27	1,2	1,2	1,8
28	0,1	0,3	1,9
29	0,1	0,2	2,4
30	0,1	0,2	1,6
31	0,9	0,5	2,5
32	0,1	0,7	2,3
33	0,5	0,8	0,3
34	0,1	0,4	2,1
35	0,1	1,9	0,6
36	0,1	1,3	2,2
37	0,1	1,3	1,61
38	0,1	1,5	
39	1,37	1,8	
40		1,5	
41		1,2	
42		1,1	
		1,21	
	Середня довжина кореня, см	1,40	

Розвиток кореневої системи з додаванням гумата амонія, глюкози, мідді та бора
при концентрації 1,0 г/л

№ п/п	Максимальна довжина кореня №1, см	Максимальна довжина кореня №2, см	Максимальна довжина кореня №3, см
1	0,1	0,1	0,1
2	0,3	0,3	0,2
3	0,3	0,4	0,1
4	0,2	0,3	0,2
5	0,3	0,5	0,1
6	0,4	0,6	0,1
7	0,3	0,4	0,1
8	0,2	0,7	0,1
9	0,5	0,1	0,2
10	0,1	0,3	0,3
11	0,5	0,4	0,2
12	0,2	0,2	0,4
13	0,2	0,1	0,1
14	0,1	0,1	0,3
15	0,2	0,5	0,3
16	0,1	0,1	0,3
17	0,5	0,3	0,1
18	0,7	0,4	0,1
19	0,3	0,6	0,2
20	0,1	0,2	0,2
21	0,1	0,1	0,2
22	0,3	0,3	0,3
23	0,1	0,1	0,1
24	0,1	0,4	0,1
25	0,1	0,2	0,1
26	0,1	0,2	0,2
27	0,1	0,30	0,3
28	0,2		0,2
29	0,1		0,2
30	0,2		0,2
31	0,2		0,2
32	0,5		0,3
33	0,2		0,19
34	0,2		
35	0,1		
	0,23		
	Середня довжина кореня, см	0,24	

Розвиток кореневої системи з додаванням гумата амонія, глюкози та мідді при
концентрації 0,01 г/л

№ п/п	Максимальна довжина кореня №1, см	Максимальна довжина кореня №2, см	Максимальна довжина кореня №3, см
1	0,4	3,4	1,2
2	0,3	3,5	1,2
3	2	5	1,3
4	4,5	3,2	0,3
5	0,2	3,5	0,3
6	0,5	3,4	0,4
7	4,5	3,8	0,5
8	4,3	3,9	2,4
9	0,4	1,5	2,6
10	4,6	0,9	2,7
11	4,7	0,9	1,9
12	3,8	0,7	1,8
13	0,9	0,8	1,7
14	2,3	0,6	0,2
15	2,3	0,4	0,5
16	2,8	0,2	0,6
17	2,9	1,6	0,7
18	2,4	1,9	1,6
19	0,5	1,8	1,5
20	0,5	1,3	1,4
21	0,6	1,7	2,7
22	0,9	1,9	2,9
23	0,8	1,4	0,3
24	1,9	0,6	0,4
25	1,7	0,7	0,5
26	1,9	0,3	0,2
27	1,6	0,5	0,1
28	1,7	0,6	0,2
29	1,6	0,7	0,3
30	1,9	0,8	0,3
31	1,7	0,6	0,4
32	1	0,4	1,07
33	0,9	0,2	
34	0,8	2,1	
35	0,7	2,4	
36	0,6	0,1	
37	0,9	0,1	
38	1,2	0,5	
39	1,3	0,6	
40	1,4	0,7	
	1,75	1,48	
	Середня довжина кореня, см	1,43	

Розвиток кореневої системи з додаванням гумата амонія, глюкози та мідді при
концентрації 0,1 г/л

№ п/п	Максимальна довжина кореня №1, см	Максимальна довжина кореня №2, см	Максимальна довжина кореня №3, см
1	3,0	3	0,3
2	4,4	3,4	3,4
3	3,3	3,3	2,3
4	3,3	2,3	2,3
5	2,1	2,1	3,1
6	3,9	1,9	2,12
7	4,0	4	4
8	2,2	1,2	0,2
9	0,1	0,4	0,4
10	2,5	1,5	1,5
11	1,7	1,7	1,7
12	3,0	3	3
13	2,5	2,7	2,7
14	3,3	3,3	3,3
15	0,7	0,7	0,7
16	2,2	2,2	2,2
17	2,0	2	2
18	0,1	4,1	4,1
19	2,9	2,9	2,9
20	3,2	3,2	3,2
21	1,2	1,9	1,9
22	2,8	2,8	2,8
23	2,0	2	2
24	0,1	0,1	0,1
25	0,5	0,5	0,5
26	1,0	1	1
27	0,1	0,6	0,6
28	0,1	0,7	0,7
29	0,1	0,9	0,9
30	1,8	1,8	1,8
31	1,2	1,2	1,2
32	0,5	0,5	0,5
33	0,2	0,2	0,2
34	0,7	0,7	0,7
35	0,1	0,1	0,1
36	0,1	0,1	0,1
37	0,8	0,8	0,8
38	0,1	0,9	0,9
39	1,4	1,73	0,1
40	1,2		0,2
41	0,5		0,3
42	0,2		0,4
	1,60		1,51
	Середня довжина кореня, см	1,61	

Розвиток кореневої системи з додаванням гумата амонія, глюкози та мідді при
концентрації 1,0 г/л

№ п/п	Максимальна довжина кореня №1, см	Максимальна довжина кореня №2, см	Максимальна довжина кореня №3, см
1	0,1	0,1	0,3
2	0,2	0,2	0,4
3	0,3	0,1	0,2
4	0,3	0,2	0,3
5	0,4	0,1	0,3
6	0,1	0,1	0,4
7	0,2	0,3	0,2
8	0,1	0,1	0,2
9	0,1	0,3	0,1
10	0,2	0,2	0,1
11	0,1	0,3	0,2
12	0,3	0,3	0,4
13	0,2	0,19	0,2
14	0,2		0,2
15	0,4		0,1
16	0,4		0,3
17	0,1		0,24
18	0,2		
19	0,2		
20	0,22		
	Середня довжина кореня, см	0,22	

Додаток 13

Розвиток кореневої системи без використання гумата амонія

№ п/п	Максимальна довжина кореня №1, см	Максимальна довжина кореня №2, см	Максимальна довжина кореня №3, см
1	2,2	0,7	0,4
2	1,8	1,0	2,0
3	2,4	0,9	0,3
4	0,4	1,3	0,90
5	2,7	0,8	
6	0,3	0,4	
7	1,8	0,3	
8	1,3	0,7	
9	1,3	0,8	
10	1,0		
	1,5		
	Середня довжина кореня, см	1,07	

Додаток 14

Мітоз в кореневій меристемі пшениці з додаванням гумата амонія та глюкози
при концентрації 0,01 г/л

Профаза	Кількість клітин			Профазний індекс			Середній ПІ
	24	28	28	43%	50%	50%	48,3%
Метафаза	Кількість клітин			Метафазний індекс			Середній МІ
	12	16	16	21%	29%	29%	26,3%
Анафаза	Кількість клітин			Анафазний індекс			Середній АІ
	12	8	8	21%	14%	14%	16,3%
Телофаза	Кількість клітин			Телофазний індекс			Середній ТІ
	8	4	4	14%	7%	7%	9,3%
Мітотичний індекс на 300 клітин в полі зору	Кількість клітин			Мітотичний індекс МІ			Середній МІ
	56	56	56	18,7%	18,7%	18,7%	18,7%

Додаток 15

Мітоз в кореневій меристемі пшениці з додаванням гумата амонія та глюкози
при концентрації 1,0 г/л

Профаза	Кількість клітин			Профазний індекс			Средній ПІ
	44	44	48	50%	55%	57%	54%
Метафаза	Кількість клітин			Метафазний індекс			Средній МІ
	20	24	24	22,7%	30%	28,6%	27%
Анафаза	Кількість клітин			Анафазний індекс			Средній АІ
	16	8	8	18%	10%	9,5%	12,5%
Телофаза	Кількість клітин			Телофазний індекс			Средній ТІ
	8	4	4	10%	5%	5%	6,7%
Мітотичний індекс на 300 клітин в полі зору	Кількість клітин			Мітотичний індекс МІ МІ			Средній МІ
	88	80	84	29%	27%	28%	28%

Додаток 16

Мітоз в кореневій меристемі пшениці з додаванням гумата амонія, глюкози та
бора при концентрації 0,01 г/л

Профаза	Кількість клітин			Профазний індекс			Средній ПІ
	24	28	24	46%	54%	46%	48,7%
Метафаза	Кількість клітин			Метафазний індекс			Средній МІ
	12	12	16	23%	23%	31%	25,7%
Анафаза	Кількість клітин			Анафазний індекс			Средній АІ
	8	8	8	15,3%	15,3%	15,3%	15,3%
Телофаза	Кількість клітин			Телофазний індекс			Средній ТІ
	8	4	4	15,4%	7,7%	7,7%	10,3%
Мітотичний індекс на 300 клітин в полі зору	Кількість клітин			Мітотичний індекс МІ МІ			Средній МІ
	52	52	52	17,3%	17,3%	17,3%	17,3%

Додаток 17

Мітоз в кореневій меристемі пшениці з додаванням гумата амонія, глюкози та бора при концентрації 1,0 г/л

Профаза	Кількість клітин			Профазний індекс			Средній ПІ
	12	12	8	50%	43%	40%	44,3%
Метафаза	Кількість клітин			Метафазний індекс			Средній МІ
	8	8	4	33%	28,6%	20%	27,2%
Анафаза	Кількість клітин			Анафазний індекс			Средній АІ
	4	4	4	16,7%	14,3%	20%	17,1%
Телофаза	Кількість клітин			Телофазний індекс			Средній ТІ
	-	4	4	-	14,3%	20%	11,4%
Мітотичний індекс на 300 клітин в полі зору	Кількість клітин			Мітотичний індекс МІ			Средній МІ
	24	28	20	8,0%	9,3%	6,7%	8,0%

Додаток 18

Мітоз в кореневій меристемі пшениці з додаванням гумата амонія, глюкози, мідді та бора при концентрації 0,01 г/л

Профаза	Кількість клітин			Профазний індекс			Средній ПІ
	44	48	48	47,8%	54,5%	57%	53,1%
Метафаза	Кількість клітин			Метафазний індекс			Средній МІ
	24	28	24	26,1%	31,8%	28,6%	28,8%
Анафаза	Кількість клітин			Анафазний індекс			Средній АІ
	16	8	8	17,4%	9,1%	9,5%	12%
Телофаза	Кількість клітин			Телофазний індекс			Средній ТІ
	8	4	4	8,7%	4,5%	4,8%	6,1%
Мітотичний індекс на 300 клітин в полі зору	Кількість клітин			Мітотичний індекс МІ			Средній МІ
	92	88	84	30,7%	29,3%	28%	29,3%

Додаток 19

Мітоз в кореневій меристемі пшениці з додаванням гумата амонія, глюкози,
мідді та бора при концентрації 1,0 г/л

Профаза	Кількість клітин			Профазний індекс			Средній ПІ
	28	32	28	46,7%	50%	46,7%	47,8%
Метафаза	Кількість клітин			Метафазний індекс			Средній МІ
	20	20	16	33%	31%	26,7%	30,2%
Анафаза	Кількість клітин			Анафазний індекс			Средній АІ
	8	8	8	13,3%	12,5%	13,3%	13,2%
Телофаза	Кількість клітин			Телофазний індекс			Средній ТІ
	4	4	8	6,7%	6,3%	13,3%	8,8%
Мітотичний індекс на 300 клітин в полі зору	Кількість клітин			Мітотичний індекс МІ			Средній МІ
	60	64	60	20%	21%	20%	20,3%

Додаток 20

Мітоз в кореневій меристемі пшениці з додаванням гумата амонія, глюкози та
мідді при концентрації ГК-глю-Су-3 0,01 г/л

Профаза	Кількість клітин			Профазний індекс			Средній ПІ
	44	48	48	52,4%	60%	57,1%	56,5%
Метафаза	Кількість клітин			Метафазний індекс			Средній МІ
	20	24	24	23,8%	30%	28,6%	27,5%
Анафаза	Кількість клітин			Анафазний індекс			Средній АІ
	12	4	8	14,3%	5,0%	9,5%	9,6%
Телофаза	Кількість клітин			Телофазний індекс			Средній ТІ
	8	4	4	9,5%	5%	4,8%	6,4%
Мітотичний індекс на 300 клітин в полі зору	Кількість клітин			Мітотичний індекс МІ			Средній МІ
	84	80	84	28%	26,7%	28%	27,6%

Додаток 21

Мітоз в кореневій меристемі пшениці з додаванням гумата амонія, глюкози та мідді при концентрації 1,0 г/л

Профаза	Кількість клітин			Профазний індекс			Средній ПІ
	20	16	20	45,5%	40%	45,5%	43,7%
Метафаза	Кількість клітин			Метафазний індекс			Средній МІ
	12	12	16	27,3%	30%	36%	31,1%
Анафаза	Кількість клітин			Анафазний індекс			Средній АІ
	4	8	8	9,0%	20%	18%	15,7%
Телофаза	Кількість клітин			Телофазний індекс			Средній ТІ
	4	4	-	9%	10%	-	6,3%
Мітотичний індекс на 300 клітин в полі зору	Кількість клітин			Мітотичний індекс МІ			Средній МІ
	44	40	44	8,0%	9,3%	6,7%	14,7%

Додаток 22

Мітоз в кореневій меристемі пшениці без використання гуматів амонія

Профаза	Кількість клітин			Профазний індекс			Средній ПІ
	20	16	20	50%	44%	50%	48%
Метафаза	Кількість клітин			Метафазний індекс			Средній МІ
	12	8	12	30%	22%	30%	27%
Анафаза	Кількість клітин			Анафазний індекс			Средній АІ
	8	8	8	20%	20%	20%	20%
Телофаза	Кількість клітин			Телофазний індекс			Средній ТІ
	0	4	0	-	11%	-	3,7%
Мітотичний індекс на 300 клітин в полі зору	Кількість клітин			Мітотичний індекс МІ			Средній МІ
	40	36	40	13%	12%	13%	12,7%