

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський національний аграрний університет
Кафедра біотехнології та хімії

Допущено до захисту

Завідувач кафедри Коваленко В.М.

«»2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Адаптивність рослин *S. tuberosum* на етапі *in vitro* - *ex vitro*

ВИКОНАВЕЦЬ:

студентка 4 курсу
спеціальність 162 -
Біотехнології та
біоінженерія
Лупійко Мирослава
Миколаївна

КЕРІВНИК:

д.с.-г. наук, професор
Подгаєцький Анатолій
Адамович

Суми-2024

Анотація.

У роботі досліджуються способи покращення адаптації рослин *S. tuberosum*, вирощених в умовах *in vitro*, до середовища *ex vitro*. Описуються стресові фактори, які виникають під час культивування та призводять до змін в метаболізмі та морфології рослин. На етапі переходу від до випробувано різні підходи, з урахуванням їх особливостей у дослідженні. Важливим фактором для приживлення рослин є добре розвинена коренева система. Стан спокою рослин може підвищити їх адаптивність, адже він дозволяє їм "підготуватися" до стресу, пов'язаного з висаджуванням в ґрунт. Вплив деяких компонентів живильного середовища (сахароза, агар-агар, регулятори росту) на етапах розмноження та укорінення з метою отримання якісних регенерантів досліджуваних сортів картоплі.

Ключові слова: *in vitro*, культивування, регулятори росту, укорінення, *S. tuberosum*, *ex vitro*, живильне середовище, коренева система, адаптація, розмноження.

Abstract. The work examines methods of improving the adaptation of *S. tuberosum* plants grown *in vitro* to the *ex vitro* environment. Stress factors that occur during cultivation and lead to changes in plant metabolism and morphology are described. At the stage of the transition from to, various approaches were tested, taking into account their peculiarities in the study. An important factor for plant growth is a well-developed root system. The dormant state of plants can increase their adaptability, because it allows them to "prepare" for the stress associated with planting in the soil. The influence of some components of the nutrient medium (sucrose, agar-agar, growth regulators) at the stages of reproduction and rooting in order to obtain high-quality regenerants of the studied potato varieties.

Key words: *in vitro*, cultivation, growth regulators, rooting, *S. tuberosum*, *ex vitro*, nutrient medium, root system, adaptation, reproduction.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1.АДАПТИВНІСТЬ РОСЛИН.....	7
1.1.АДАПТАЦІЯ РОСЛИН.....	7
1.2.КАРТОПЛЯ S. TUBEROSUM.....	9
1.3.УМОВИ IN VITRO І EX VITRO.....	10
РОЗДІЛ 2.РОЗМНОЖЕННЯ КАРТОПЛІ (S. TUBEROSUM) В IN VITRO.	13
2.1. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ.....	14
2.2.ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА АДАПТИВНІСТЬ.....	16
2.3.ВИКОРИСТАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ ДЛЯ АДАПТАЦІЇ КАРТОПЛІ.....	18
2.4.РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ.....	23
РОЗДІЛ 3.СТРАТЕГІЇ ПОКРАЩЕННЯ АДАПТИВНОСТІ.....	26
3.1.ПЕРЕДПОСІВНЕ ЗАГАРТОВУВАННЯ.....	27
3.2.ВИКОРИСТАННЯ ЗАХИСНИХ АГЕНТІВ.....	29
3.3.АДАПТАЦІЯ ДО ГРУНТУ.....	30
3.4.ГЕНЕТИЧНА МОДИФІКАЦІЯ.....	33
3.5.ВАЖЛИВІСТЬ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	34
ВИСНОВКИ.....	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	39

ВСТУП

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є четвертою найбільш вирощуваною культурою у світі (322 млн. тонн) після кукурудзи (637 млн. тонн), рису (585 млн. тонн) і пшениці (549 млн. тонн). Бульби картоплі вирощують у 150 країнах і споживають мільярди людей. Серед країн Європейського Союзу Польща є лідером за площею посіву (21,6%, 1,66 млн га) картоплі.

Щоб запобігти проростанню та подовжити період спокою бульб картоплі, водночас затримуючи або гальмуючи небажані зміни та подовжуючи період високої посівної цінності, необхідно застосовувати відповідні умови зберігання. Рекомендується застосовувати вибрані природні засоби захисту від хвороботворних мікроорганізмів, інгібітори сходів (наприклад, кмин), УФ-С випромінювання та зберігання CO₂. Зберігати бульби також рекомендується при низькій температурі (2–4 °C) і достатній вологості повітря (80–90%). Також важливо звести до мінімуму втрату ваги бульб протягом усього періоду зберігання. Це найважливіші фактори для уповільнення фізіологічного старіння. Температура зберігання впливає на процеси загоєння та загоєння ран, поширення та тяжкість захворювання, співвідношення цукру та крохмалю та дихання. Висока вологість має важливе значення для оптимального загоєння рани протягом періоду лікування. Неприятливі умови зберігання можуть порушити метаболізм клітин і призвести до дисбалансу у виробництві вільних радикалів кисню. Дихання під час зберігання та переривання періоду спокою може спричинити проростання та зміни харчової цінності, ваги чи текстури бульб та утворення токсичних алкалоїдів.

Картопля розробила складні фізіологічні та біохімічні механізми підтримки стабільного внутрішньоклітинного середовища, накопичуючи різноманітні антиоксидантні ферменти. Стрес викликає надмірне виробництво активних форм кисню (АФК), що призводить до вторинного окисного стресу. АФК утворюються в основному з хлоропластів і мітохондрій, які викликані

пошкодженням мембран. АФК знижують синтез білка та інактивацію ферментів, серйозно порушуючи нормальний клітинний метаболізм і індукуючи перекисне окислення ліпідів. Щоб уникнути окисного пошкодження, спричиненого АФК, рослини можуть сформувати систему антиоксидантного захисту для видалення вільних радикалів. Підвищення активності каталази може бути пов'язане зі стійкістю рослин до абіотичного стресу, хоча необхідні додаткові дослідження механізму цієї активності. Інший фермент, N-ацетил- β -глюкозамінідаза, бере участь у виробництві вільних N-гліканів у картоплі. N-глікани присутні в мікромольних концентраціях у клітинах рослин, головним чином під час диференціювання, росту та дозрівання клітин. Було припущено, що N-глікани є сигнальними молекулами, які беруть участь у розвитку та дозріванні рослин. Однак біохімічні та молекулярні функції N-гліканів ще остаточно не встановлені. Варто зазначити, що N-ацетил- β -глюкозамінідаза також є ферментом біоконтролю, який здатний гідролізувати хітин-компонент клітинної стінки грибів. Таким чином, цей фермент може пригнічувати розвиток різних грибкових патогенів.

Умови зберігання насіння картоплі та його обробка різними факторами можуть визначати не тільки фізіологічні процеси, що проявляються, але й ріст і розвиток рослин, отриманих із цього насіння. Щоб прискорити ріст картоплі, материнські бульби можна зберігати до проростання при 4 °C, а потім перенести на кілька днів до 15–20 °C і вищої вологості повітря та природного освітлення. Цей метод давно використовується в агротехніці для прискорення розвитку картоплі. Якщо материнські бульби не піддаються зберіганню перед проростанням, бульбі потрібно більше часу, щоб прорости і з'явитися сходи. Під час зберігання до проростання початкова фаза розвитку рослин починається в не ґрунтовому середовищі при 10–15 °C і 80–85% відносної вологості (RH). Зникають метаболічні процеси, властиві бульбам у стані спокою, і посилюються зміни, що призводять до розвитку та росту паростків. Дослідження показали, що зберігання бульб з осені до весни в камері з

кондиціонером при 3 °С, а потім при 18 °С з відотною вологістю повітря 80–90% протягом 4 тижнів перед садінням у квітні позитивно вплинуло на пророщування 14 польських сортів картоплі. Для порівняння, бульби, що зберігалися безперервно з осені до весни при 18 °С і на 80–90% у темряві та світлі, старіють швидше. Літературні дані та більшість іншої доступної інформації стосуються зберігання бульб картоплі від збирання до висадки в ґрунт у квітні та/або перед проростанням у період з березня по квітень. Однак є мало даних про зміни посівної цінності та період спокою бульб, які зберігалися при 4 °С від збору врожаю до наступної осені, а також про можливість відновлення біологічної цінності бульб шляхом їх зберігання в умовах вищої температури та вологості. . Нарешті, є мало інформації щодо впливу умов зберігання на посівну цінність збережених бульб і різні аспекти розвитку рослин, такі як поява, ріст, розвиток, урожайність, структура коренів і пагонів або фізіологічна активність (наприклад, газообмін, вміст фотосинтетичного барвника, ферментативна активність). Щодо картоплі «Імпресія» інформації з цього приводу немає, незважаючи на те, що вона відноситься до дуже ранніх сортів, які вирощуються у великих масштабах, а покращення посівної цінності насінневої картоплі та обмеження її старіння є надзвичайно важливим.

РОЗДІЛ 1. АДАПТИВНІСТЬ РОСЛИН

1.1. АДАПТАЦІЯ РОСЛИН

Світ стрімко змінюється, і сільське господарство не може залишатися осторонь. Традиційні методи, що спираються на інтенсивне використання ресурсів та хімічних препаратів, більше не гарантують стабільності та екологічної безпеки. Саме тут на сцену виходить **адаптивне землеробство та рослинництво** – інноваційний підхід, який пропонує рішення цих проблем.

В основі адаптивного землеробства лежить принцип гармонії з природою. Цей напрямок досліджень та практики ставить собі за мету:

- **Зробити агросистеми більш стійкими** до посухи, повеней, шкідників та хвороб.
- **Зберегти та відновити родючість ґрунтів**, щоб вони залишалися джерелом життя для рослин.
- **Розробити технології вирощування культур**, які враховують природні потреби рослин та умови місцевості.
- **Зменшити негативний вплив на довкілля**, скоротивши використання хімічних препаратів та сприяючи біорізноманіттю.

Адаптація – це не просто реакція, а ціла стратегія.

- Вона може стосуватися окремих компонентів агросистеми, як, наприклад, стійких сортів рослин.
- Адаптація може відбуватися на рівні цілих взаємодій, наприклад, між рослинами та ґрунтом, чи рослинами та комахами-захисниками.
- Розуміння адаптації ґрунтується на принципах екології, генетики та еволюції, враховуючи не лише організми, а й цілі екосистеми.

Кожна рослина має свій адаптивний потенціал – здатність виживати, розмножуватися та давати врожай за мінливих умов. Цей потенціал

проявляється комплексно, на всіх рівнях – від клітинних процесів до взаємодії з іншими організмами.

Рослини мають різноманітні механізми адаптації:

- **Уникання** несприятливих факторів, наприклад, пізні посіви для уникнення весняних заморозків.
- **Толерантність** до несприятливих факторів, наприклад, посухостійкі сорти рослин.
- **Саморегуляція** – рослини можуть змінювати темпи росту та інші процеси, щоб краще пристосуватися до умов.

На жаль, існуючі технології часто не враховують природну адаптивність рослин. Вони розраховані на середні кліматичні умови, не беручи до уваги їх мінливість. Це призводить до зниження врожайності та негативного впливу на довкілля.

Адаптивне землеробство та рослинництво пропонує низку переваг:

- **Підвищення стійкості агросистем** дозволяє отримувати стабільні врожаї навіть за мінливих умов.
- **Збереження родючості ґрунтів** є запорукою майбутніх врожаїв.
- **Зменшення негативного впливу на довкілля** робить сільське господарство більш екологічним.
- **Раціональне використання ресурсів** сприяє збереженню води, добрив та інших важливих елементів.

Адаптивне землеробство та рослинництво – це шлях до сталого розвитку сільського господарства. Впровадження цього підходу потребує співпраці науковців, фермерів, урядів та громадськості. Завдяки спільним зусиллям ми зможемо забезпечити продовольчу безпеку, зберегти природні

ресурси та зробити сільське господарство більш відповідальним перед довкіллям.

1.2.КАРТОПЛЯ *S. TUBEROSUM*

Картопля *Solanum tuberosum* , яка походить із регіону Болівійсько-Перуанських Анд, є четвертою за значенням продовольчою культурою у світі (найважливішою не зерною продовольчою культурою), займає близько 18 мільйонів га у всьому світі та вирощується на всіх континентах, крім Антарктиди. Спочатку одомашнений корінним населенням Анд тисячоліття тому через їстівні бульби, він був завезений до Європи наприкінці 16-го століття іспанцями. В результаті багатовікової гібридизації та селекції зараз існує понад 4000-5000 різних сортів, що демонструють значні морфологічні та якісні відмінності за такими характеристиками, як: колір шкірки та м'якоті бульб; форма, розмір, кількість і однорідність бульб; тип приготування; і врожайність. У всьому світі існують значні відмінності в системах виробництва, починаючи від дрібномасштабного і порівнянного з вирощуванням овочів, до проміжних культур і до більш масштабного. Однак системи помірних регіонів більш-менш однакові: у більших масштабах, у монокультурах і майже повністю механізовані. Культура переважно розмножується вегетативно дрібними («насіневими») бульбами. У місцях вирощування оптимальна денна температура для виробництва сухої речовини коливається від 20 до 25°C. Однак для оптимального клубнеобразовання потрібні більш прохолодні ночі. Потрібна рівномірна кількість опадів 500-700 мм за вегетаційний період. Картопля стійка до різноманітних ґрунтів, за винятком важких, заболочених глинами. Глибокі ґрунти з хорошим водоутриманням і аерацією забезпечують найкращий ріст і врожайність. Одні з найвищих урожаїв і найкращої якості картоплі у Великобританії отримують на ґрунтах з рН вище 8,0. Сирі бульби містять в основному воду з лише 16-28% сухих речовин, з яких 65-80% - крохмаль. Бульби споживають у багатьох

формах, приготовлених різними способами, від простого варіння до запікання, смаження та смаження (картопля фрі), а також у вигляді тонко нарізаних чіпсів та інших оброблених форм. Картопля є інгредієнтом багатьох страв, а також її вирощують на корм тваринам, використовують у промисловості для виробництва крохмалю та спирту, а також для виробництва насінневої картоплі.

1.3.УМОВИ IN VITRO I EX VITRO

In vitro та ex vitro – це два ключові етапи в культурі картоплі (*S. tuberosum*), які кидають виклик рослинам і вимагають від них адаптивних здібностей. Розуміння цих етапів та факторів, що на них впливають, є важливим для оптимізації методів мікроклонування та підвищення виходу якісного посадкового матеріалу.

Стреси in vitro:

- Штучне середовище: Перебування в поживному розчині, що відрізняється від природного ґрунту, може спричинити фізіологічні та метаболічні зміни в рослинах.
- Відсутність коренів: На ранніх стадіях in vitro рослини формують слабкі кореневі системи, що обмежує їхнє поглинання води та поживних речовин.
- Гормональні дисбаланси: Штучне середовище може впливати на гормональний баланс, який регулює ріст та розвиток рослин.
- Світловий стрес: Не оптимальні умови освітлення можуть негативно впливати на фотосинтез та морфогенез.

Адаптивні механізми:

- Зміна метаболізму: Рослини in vitro можуть змінювати свої метаболічні шляхи, щоб краще використовувати доступні ресурси та адаптуватися до стресових умов.

- Синтез захисних сполук: Рослини можуть продукувати антиоксиданти та інші захисні сполуки, щоб нейтралізувати вільні радикали та пошкодження, спричинені стресом.

- Активація генів стійкості: Експресія генів, пов'язаних зі стійкістю до абіотичних та біотичних стресів, може посилюватися *in vitro*.

Ex vitro: нові виклики:

- Перехід до ґрунтового середовища: Раптовий перехід з контрольованого середовища *in vitro* до жорсткіших умов ґрунту може викликати нові стреси.

- Зміна температури та вологості: Різкі коливання температури та вологості ґрунту можуть негативно впливати на рослини, що не звикли до них *in vitro*.

- Вплив патогенів: У відкритому ґрунті рослини стикаються з різними патогенами, до яких вони не були піддані *in vitro*.

Підвищення адаптивності:

- Оптимізація умов *in vitro*: Створення оптимального середовища *in vitro*, яке мінімізує стреси та стимулює розвиток коренів, може допомогти рослинам краще адаптуватися до *ex vitro*.

- Поступове загартовування: Поступове привчання рослин *in vitro* до умов *ex vitro* перед висаджуванням у ґрунт може зменшити ризик шоку та полегшити адаптацію.

- Використання стійких сортів: Вибір сортів картоплі, стійких до стресів та патогенів, може підвищити їхні шанси на успішне приживлення *ex vitro*.

Вчені постійно вивчають механізми адаптації рослин *in vitro* - *ex vitro* та розробляють нові методи для оптимізації цього процесу. Використання таких

методів, як селекція *in vitro*, генна інженерія та мікроклонування, може допомогти створити більш стійкі та продуктивні сорти картоплі.

Адаптивність *in vitro* - *ex vitro* – це складний процес, що потребує глибокого розуміння фізіології та біохімії рослин. Вивчення цього процесу та розробка нових методів його покращення є ключовими для успішного мікроклонування картоплі та забезпечення продовольчої безпеки.

РОЗДІЛ.2.РОЗМНОЖЕННЯ КАРТОПЛІ (S. TUBEROSUM) В IN VITRO

Перехід рослин картоплі (*Solanum tuberosum*) з контрольованого середовища *in vitro* (пробірка) до середовища *ex vitro* (відкрите поле) часто викликає стрес. Цей стрес може призвести до загибелі рослини або зниження продуктивності. Таким чином, успішне культивування *S. tuberosum* шляхом мікророзмноження значною мірою залежить від їх здатності адаптуватися до умов *ex vitro*.

Методи культивування тканин використовуються в усьому світі для виробництва насінневої картоплі без вірусів, відомої як мікробульби. Процес бульбоутворення в картоплі дуже складний, але його можна індукувати в умовах *in vitro*. Завдяки невеликому розміру та вазі мікробульби мають величезні переваги щодо зберігання, транспортування та виробництва. Їх можна висівати безпосередньо в ґрунт і виробляти оптом у будь-який сезон. Вони мають схожі морфологічні та біохімічні характеристики порівняно з бульбами польового виробництва. Тому масове виробництво мікробульб картоплі, ймовірно, зробить революцію у світовому виробництві картоплі.

Мікророзмноження - це методи традиційного розмноження картоплі. Застосування методів культивування тканин для швидкого розмноження картоплі набуло більш широкого застосування в багатьох країнах. Культура тканин, яка використовується для підвищення швидкості розмноження та модифікації зародкової плазми рослин. Культивування тканин було застосовано для покращення виробництва картоплі шляхом збереження зародкової плазми, вільних від патогенів рослин картоплі та мікророзмноження.

Методи мікророзмноження *in vitro* з використанням мікробульб, вузлових живців і кінчиків меристем забезпечують більшу генетичну стабільність розмножених клонів. Розмноження картоплі *in vitro* з використанням одного вузлового розрізу є найкращим методом швидкого розмноження з максимальною генетичною стабільністю. Швидке виробництво вільних від

патогенів рослин картоплі за допомогою меристемної культури, мікророзмноження та знищення вільних від вірусів рослин, ймовірно, з використанням меристемної культури. Обмеження виробництва мікробульб багато в чому базуються на здатності до компонентів культурального середовища та фотосинтетичній здатності рослини. Виробництво мікробульб залежить від розміру та кількості мікробульб, вироблених за цикл. Методи виробництва мікробульб все ще менш економічні порівняно зі швидким розмноженням *in vitro*. Індукція мікробульб у картоплі залежить від комбінації регуляторів росту цитокинів і ауксинів.

2.1. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Стерилізація рослинного матеріалу

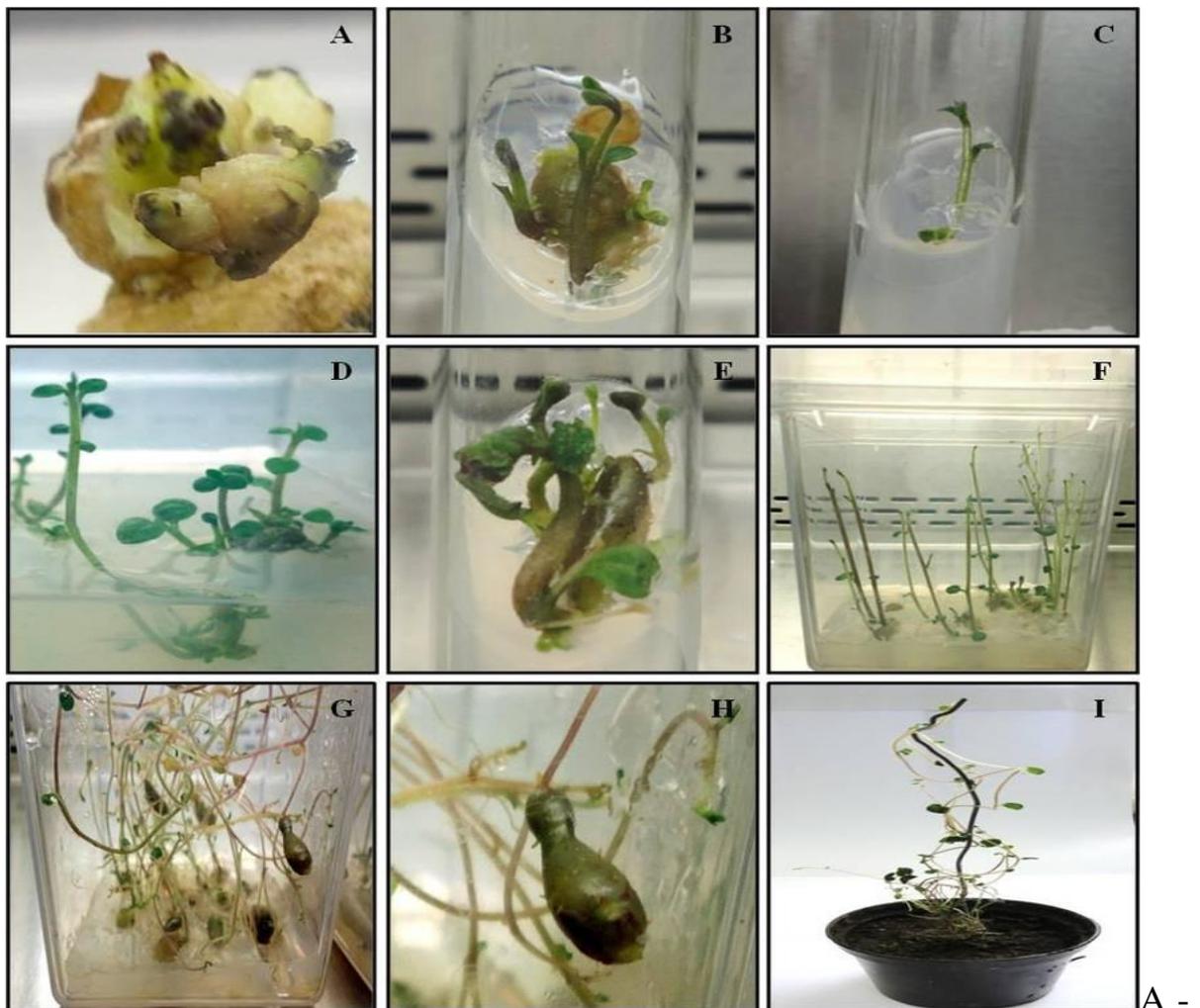
Як експланти використовували бруньки вузлових сегментів, їх поверхню стерилізували зануренням у 0,2% розчин HgCl₂ на 5 хв, а потім тричі промивали стерильною дистильованою водою. Середовище автоклавували при 15 psi протягом 20 хвилин. Експланти культивували в середовищі Мурасіге і Скуга (MS) (pH 5,8). Після стерилізації експланти висівали в середовище MS, доповнене різними гормональними комбінаціями, і переносили в кімнату для вирощування культури при 25±2°C і 16-годинному фотоперіоді при інтенсивності білого світла (3000 люкс). Найкращі комбіновані середовища були обрані на основі продуктивності росту культур, тобто висоти пагона, кількості вузлів, довжини кореня, свіжої маси пагона та кореня.

Розмноження *in vitro*: розмноження *in vitro* проводили вузловими фрагментами на твердому середовищі MS, що містить різні концентрації. Допоміжні бруньки починали рости через 6-8 днів культивування на середовищі MS. Середовище автоклавували при 15 psi протягом 20 хвилин. Експланти культивували в середовищі MS (pH 5,8). Після стерилізації експланти висівали в середовище MS, доповнене різними гормональними комбінаціями, і переносили в кімнату для вирощування культури при 25±2°C і 16-годинному фотоперіоді при інтенсивності білого світла (3000 люкс).

Бульбовкладення: сегменти стебла довжиною близько 1 см, кожен з яких містить допоміжну бруньку, готували з культур пагонів *in vitro* та переносили на поверхню затверділого середовища в культуральні банки та зберігали в повній темряві при температурі $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ протягом 60 днів залежно від ріст мікробульб.

План експерименту: кожна обробка складається з 30 вузлових живців, що містять експлантати допоміжних бруньок для врахування розмноження, подовження, кількості укорінення та середньої ваги мікробульби, в експериментах. Усі досліди проводили у трьох повторах. Результати реєстрували з різних експериментів через чотири тижні після культивування. Статистичний аналіз даних проводився різними методами.

Етапи розмноження рослини картоплі (*Solanum tuberosum*) *in vitro*.



Експлантати вузлового різання, що містять допоміжні бруньки.

B - Початок зйомки на початковому носії.

C - Подовження знімка на носії Ps3.

D - Експланти вузлових різців, що містять допоміжні бруньки, з'являються на пагоні, вирощеному на середовищі Ps3 з 0,3% (мас./об.) сахарози.

E - Ініціація відростка з вузлових експлантів.

F і G — пагони з допоміжними бруньками та мікробульбами.

H - Ініціація мікробульб з вузлових експлантів.

I - Саджанці з шістьма-сім корінцями довжиною 5-7 см були успішно перенесені в горщики для акліматизації

2.2.ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА АДАПТИВНІСТЬ

1. Фізіологічні відмінності:

Рослини, вирощені *in vitro*, часто мають відмінності в анатомії, морфології та фізіології порівняно з рослинами, вирощеними *ex vitro*.

Ці відмінності можуть зробити їх більш чутливими до стресів *ex vitro*, таких як посуха, засолення, дефіцит поживних речовин та екстремальні температури.

Наприклад, *in vitro* рослини можуть мати:

Тонші листки з меншою кількістю епікутикулярного воску, що робить їх більш схильними до втрати води.

Недорозвинені кореневі системи, що обмежує їх здатність поглинати воду та поживні речовини з ґрунту.

Менш розвинені механізми фотосинтезу, що робить їх більш чутливими до інтенсивного сонячного світла.

2. Стрес акліматизації:

Перехід до *ex vitro* середовища пов'язаний з раптовою зміною багатьох факторів навколишнього середовища, таких як світло, вологість, температура та доступність поживних речовин.

Ці зміни можуть призвести до:

Окисного стресу, який пошкоджує клітинні мембрани та білки.

Порушення фотосинтезу, що призводить до зниження продуктивності рослин.

Зневоднення, яке може призвести до загибелі рослин.

3. Недостатньо розвинена коренева система:

Рослини *in vitro* часто мають слаборозвинену кореневу систему, що може обмежувати їх здатність поглинати воду та поживні речовини з ґрунту.

Це може призвести до: В'янення та загибелі рослин, особливо в умовах посухи. Повільного росту та розвитку рослин. Зниження стійкості до хвороб та шкідників.

4. Інші фактори:

Хвороби та шкідники: Рослини *in vitro* можуть бути більш схильні до певних хвороб та шкідників, яких немає в стерильному середовищі *in vitro*.

Якість ґрунту: Фізичні та хімічні властивості ґрунту можуть впливати на здатність рослин *in vitro* адаптуватися до *ex vitro* умов.

Кліматичні умови: Температура, вологість та інші кліматичні фактори можуть впливати на адаптивність рослин *in vitro*.

2.3. ВИКОРИСТАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ ДЛЯ АДАПТАЦІЇ КАРТОПЛІ

У ході експериментів були використані наступні біопрепарати.

- **Оптим-гумус:**

- Гумінове добриво, отримане з біогумусу, виробленого каліфорнійськими хробаками.

- Ефективний для квітів та багатьох рослин саду і городу.

- Використовується при пересадці розсади, саджанців, а також для поливу та позакореневого підживлення.

- Підвищує рухливість біогенних елементів ґрунту, стимулює ріст, коренеутворення, стійкість до посухи та похолодань.

- **Фітодоктор:**

- Порошковий біологічний препарат пролонгованої дії для профілактики та лікування сільськогосподарських культур від грибних та бактеріальних хвороб.

- Містить живі спори бактерії *Bacillus subtilis*, які пригнічують розвиток шкідливих грибів та бактерій, а також стимулюють імунітет та ріст рослин.

- **Мікосан:**

- Препарат-імуностимулятор, що містить специфічні полісахариди, глюкани і олігохітин.

- Стимулює синтез ферментів у рослинних клітинах, що забезпечує стійкість до екстремальних умов, покращує поглинання поживних речовин та підвищує урожайність.

- **Кладостм:**

- Стимулятор росту, що містить комплекс фітогормонів, еліситорів та мікроелементів.

- Активує синтез РНК, ДНК та білків, стимулює поділ клітин, ріст стебел, коренів.

- Підвищує стійкість до хвороб, низьких температур та інших негативних факторів.

- Покращує якість продукції та суттєво збільшує урожайність.

- **Хетомік:**

- Біопрепарат на основі мікроміцета *Chaetomium cochliodes*.

- Використовується на картоплі для покращення живлення та захисту від парші та ризоктоніозу.

- Містить 0,4-0,5 мільярда спор на один грам.

Переваги використання біопрепаратів:

- Екологічно чисті та безпечні для людей та довкілля.

- Ефективні для профілактики та лікування хвороб, стимуляції росту та покращення якості продукції.

- Підвищують стійкість рослин до несприятливих факторів.

- Збільшують урожайність.

Для вивчення впливу біопрепаратів на адаптацію мікророслин картоплі до умов відкритого ґрунту було проведено дослідження.

Методика:

- Розчини препаратів: готувалися згідно з інструкціями виробників.

- Використовувані біопрепарати:

1. Кладостим (розведення 1:1000 та 1:5000)

2. Хетомік (розведення 1:100)

3. Шедевр (розведення 1:20)

- Об'єкт дослідження: мікроклони картоплі *S. tuberosum*.

- Етапи дослідження:

1. Очищення рослин *in vitro*.

2. Пересадка очищених рослин *in vitro* у плівкові рулони.

3. Утримання рослин у рулонах протягом трьох тижнів.

4. Обробка кореневої системи мікророслин картоплі біопрепаратами перед висаджуванням у рулони.

5. Спостереження за адаптацією рослин до умов відкритого ґрунту після висадки.

При висаджуванні у відкритий ґрунт:

1 – контроль – обробіток кореневої системи розсади водою;

2 – обробіток Фітодоктор (1:500);

3 – обробіток Кладостим (1:1000);

4 – обробіток Оптим-гумус (1:1000);

5 – обробіток Мікосан (1:100).

Догляд за рослинами, включаючи прополку, прополювання та захист від шкідників, був однаковим на всіх ділянках. Отримані результати підлягали статистичному аналізу відповідно до методик, що використовуються в сільському господарстві та біології, за допомогою набору комп'ютерних програм.

Результат: Дослідження допоможе визначити, які з біопрепаратів (Кладостим, Хетомік, Шедевр) та в яких розведеннях найефективніше стимулюють адаптацію мікророслин картоплі до умов відкритого ґрунту.

Отримані дані можуть бути корисними для розробки нових методів вирощування картоплі з використанням біопрепаратів.

В роботі досліджувалися вплив біопрепаратів Фітодоктор, Мікосан, Оптим-гумус та Хетомік на ріст та розвиток мікророслин картоплі *in vitro*. Для оцінки фізіологічної активності препаратів використовували методи біотестування на сім'ядолях огірка.

Результати досліджень:

- Хетомік:

- Стимулює ріст та розвиток мікророслин картоплі.
- Збільшує товщину стебла, площу листків, масу рослин, включаючи кореневу систему.
- Мікророслини мають зелене забарвлення.
- Метаболіти гриба Хетомік у культуральній рідині мають значну фізіологічну активність, стимулюючи ауксинову, цитокінінову та гіберелінову активність.
 - Фітодоктор та Оптим-гумус:
 - Мають значну ауксинову активність, що стимулює ріст мікророслин.
 - Мікосан:
 - У рекомендованій концентрації має інгібуючий ефект, трохи гальмуючи ріст.
 - Розведений (1:100) стимулює поділ клітин.
 - Оптим-гумус:
 - Додатково до ауксинової активності, володіє цитокініноювою активністю, стимулюючи поділ клітин.

Таблиця 1.

Порівняльний аналіз фізіологічної активності досліджуваних речовин

Варіанти досліджу	Фітогормональна активність		
	ауксинова	цитокінінова	гіберелінова
Контроль - вода	100	100	100
Контроль - ІОК, 10-5М	233,3	-	-
Контроль – кінетин, 10-5М	-	429,4	-
Контроль – ГК, 0,00001%	-	-	152,2

Фітодоктор	135,4	22,6	71,7
Оптим-гумус	124,1	163,1	118,1
Мікосан	36,9	-20,1	14,0
Мікосан, 1:100	89,2	122,5	83,2

Результати дослідження ефективності Кладостим, Хетомік та Шедевр були проаналізовані. Встановлено, що найбільша кількість рослин, які прижилися, та здорова розсада спостерігалися у випадку застосування препарату Кладостим (концентрація 1:5000). Розсада відрізнялася від контрольної групи за масою і висотою. Крім того, висота і маса рослин збільшувалися при використанні препарату Кладостим у концентрації 1:1000. Обробка мікророслин іншими препаратами сприяла підвищенню коефіцієнтів приживання рослин і виходу здорової розсади порівняно з контрольною групою. Однак погодні умови протягом вегетаційного періоду не дозволили повністю оцінити вплив препаратів на врожайність міні-бульб. Збільшення маси клубнів при використанні Кладостиму (1:5000) та Хетоміку, а також зменшення цього показника при обробці препаратом Шедевр знаходилися в межах похибки.

Таблиця 2.

Вплив препаратів на ріст та розвиток рослин

Препарат	прижи лося рослин	Тритижнева розсада			Урожайність	
		конди ційні	висота, см	маса, г	маса клону, г	кількість бульб, од
Контроль	82	66	13,4±0,45	4,20±0,328	166,1±25,26	±10

Кладостим, 1:1000	74	73	17,3±0,35	5,41±0,489	164,8±21,33	±15
Кладостим, 1:5000	93	90	15,8±0,36	5,47±0,279	177,1±16,54	±13
Хетомік, 1:100	85	79	15,2±0,40	4,17±0,275	176,4±21,30	±9
Шедевр, 1:20	82	80	14,2±0,39	4,13±0,305	131,4±9,31	±16

Під час вирощування оздоровленого матеріалу картоплі з тритижневої розсади було проведено експерименти з використанням біопрепаратів Мікосан, Кладостим, Фітодоктор та Оптим-гумус.

Таблиця 3.

Вплив біопрепаратів на продуктивність рослин

Варіанти дослідів	маса клону		кількість бульб		маса бульб	
	г	%	од.	%	г	%
Контроль	2624±4,86	100	3,1±0,55	100	8,2±0,55	100
Мікосан	50,2±7,73	192,3	3,7±0,53	123,5	13,7±1,42	156,8
Кладостим	55,2±6,45	214,7	3,2±0,57	104,7	16,4±1,11	205,7
Фітодоктор	72,4±8,21	274,8	4,5±0,73	152,9	19,1±0,62	220,8
Оптим-гумус	33,2±4,52	124,5	3,5±0,42	122,7	8,9±1,31	105,6

Ми дослідили вплив чотирьох біопрепаратів (Мікосан, Кладостим, Фітодоктор та Оптим-гумус) на ріст та врожайність оздоровленої картоплі, вирощеної з тритижневої розсади.

Результати продемонстрували, що:

- Фітодоктор, Кладостим та Мікосан суттєво збільшили масу клубнів: до 192,3% порівняно з контрольною групою.

- Кількість бульб у всіх оброблених групах дещо зросла, проте цей ефект може бути пов'язаний з погодними умовами, а не з біопрепаратами.

- Оптим-гумус не показав значного впливу на масу або структуру врожаю, можливо, через недостатню одноразову обробку.

Вчені рекомендують:

- Використовувати Фітодоктор, Кладостим та Мікосан для оздоровлення та стимуляції росту картоплі з тритижневої розсади.

- Застосовувати Мікосан у розведенні 1:100, де він проявляє найвищу активність.

- Провести подальші дослідження, щоб вивчити вплив цих біопрепаратів на інші сорти картоплі та в різних умовах вирощування.

Важливо зазначити:

- Ці результати стосуються лише одного дослідження на певному сорті картоплі.

- Для остаточних висновків щодо ефективності біопрепаратів потрібні ширші дослідження з урахуванням різних сортів та умов вирощування.

Ця наукова робота може бути корисною для:

- Фермерів, які прагнуть підвищити врожайність та якість картоплі.
- Науковців, які досліджують вплив біопрепаратів на рослини.
- Виробників біопрепаратів, які прагнуть вдосконалити свою продукцію.

-

2.4.РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) – це не просто їжа, а й основа світового продовольства. Завдяки мікроклонуванню, цю культуру можна розмножувати вегетативно, отримуючи величезну кількість генетично ідентичних рослин з однієї материнської.

Цей метод має безліч переваг:

- Швидке розмноження: За короткий час можна отримати тисячі нових рослин.
- Безвірусність: Мікроклоновані рослини не заражені вірусами, що робить їх стійкішими до хвороб.
- Селекція: Можна відбирати рослини з бажаними характеристиками, наприклад, з високою врожайністю або стійкістю до шкідників.

Проте, перехід з штучного середовища *in vitro* (пробірка) до природних умов *ex vitro* (відкритий ґрунт) може стати стресом для рослини. Це може призвести до загибелі або зниження врожайності.

Тому адаптивність до умов *ex vitro* є ключовою для успішного мікроклонування *S. tuberosum*.

Використання біопрепаратів для адаптації картоплі до умов *in vivo* та *in vitro* є перспективним напрямком, який може допомогти покращити приживлюваність, ріст, розвиток та стійкість до стресів цієї важливої культури.

Дослідження показали, що біопрепарати, засновані на бактеріях, грибах або гумінових кислотах, можуть:

- Збільшувати приживлюваність мікророслин картоплі після пересадки у відкритий ґрунт.
- Стимулювати ріст та розвиток рослин, що призводить до збільшення врожаю.

- Підвищувати стійкість картоплі до таких стресів, як посуха, спека, холод, хвороби та шкідники.

Вибір біопрепарату слід проводити з урахуванням сорту картоплі, умов вирощування та цілей, які хочеться досягти. Важливо дотримуватися рекомендованих доз та режимів застосування біопрепаратів. Використання біопрепаратів може бути ефективним способом покращити адаптацію картоплі до різних умов вирощування. Це може призвести до збільшення продуктивності, зниження витрат на хімічні засоби захисту рослин та покращення якості продукції. Більш детальну інформацію про використання біопрепаратів для адаптації картоплі можна знайти в науковій літературі. Важливо зазначити, що біопрепарати не є панацеєю і не можуть гарантувати 100% успіху. Для отримання найкращих результатів слід використовувати біопрепарати в комплексі з іншими агротехнічними заходами.

РОЗДІЛ 3. СТРАТЕГІЇ ПОКРАЩЕННЯ АДАПТИВНОСТІ

Адаптивність картоплі – це комплексна властивість, яка визначається здатністю рослини рости, розвиватися та давати урожай у різних умовах середовища.

Існує декілька стратегій, які можна використовувати для покращення адаптивності картоплі:

1. Селекція:

- Відбір сортів з природною стійкістю до стресів: Це може включати стійкість до посухи, засолення, високих та низьких температур, хвороб та шкідників.
- Використання методів молекулярної селекції: Ці методи дозволяють ідентифікувати та впровадити гени, які відповідають за стійкість до певних стресів.

2. Агротехнічні заходи:

- Оптимізація методів вирощування: Це може включати правильний вибір ґрунту, добрив, режиму зрошення та методів боротьби з бур'янами, хворобами та шкідниками.
- Застосування біотехнологій: Використання біопрепаратів, стимуляторів росту та інших біотехнологічних методів може допомогти покращити адаптивність картоплі до різних умов.

3. Фізіологічні дослідження:

- Вивчення механізмів стійкості: Дослідження того, як картопля реагує на різні стреси, може допомогти розробити нові стратегії покращення адаптивності.

- Розробка методів штучного підвищення стійкості: Ці методи можуть включати генну інженерію та інші біотехнологічні підходи.

4. Комплексний підхід:

- Найкращого результату можна досягти, використовуючи комбінацію вищезазначених стратегій.

- Важливо враховувати специфічні умови вирощування та потреби фермерів.

Покращення адаптивності картоплі має багато переваг:

- Збільшення продуктивності: Більш стійкі до стресів сорти картоплі можуть давати більший урожай навіть у несприятливих умовах.

- Зниження витрат: Зменшення залежності від хімічних засобів захисту рослин та добрив може допомогти фермерам заощадити кошти.

- Покращення якості продукції: Більш стійкі до хвороб та шкідників сорти картоплі дають більш якісний урожай.

- Сталий розвиток: Покращення адаптивності картоплі може допомогти зробити її вирощування більш стійким до зміни клімату.

Дослідження та розробка нових методів покращення адаптивності картоплі є важливим напрямком роботи для забезпечення продовольчої безпеки та сталого розвитку сільського господарства.

3.1.ПЕРЕДПОСІВНЕ ЗАГАРТОВУВАННЯ

Передпосівне загартовування – це агротехнічний прийом, який полягає у штучному впливі на насіння або розсаду з метою підвищення їх стійкості до несприятливих умов середовища.

Цей прийом може бути використаний для:

- Підвищення схожості насіння: Загартовані насіння краще сходять, навіть у несприятливих умовах.
- Збільшення стійкості до хвороб та шкідників: Загартовані рослини менш схильні до захворювань та нападу шкідників.
- Покращення адаптації до умов вирощування: Загартовані рослини краще переносять перепади температур, посуху, заморозки та інші стреси.

Існує декілька методів передпосівного загартовування:

- Низькотемпературне загартовування: Насіння або розсаду витримують при низьких температурах (від 0°C до 5°C) протягом декількох днів або тижнів.
- Змінні температури: Насіння або розсаду піддають чергуванню низьких та високих температур.
- Вологість: Насіння або розсаду обробляють вологою, а потім висушують.
- Хімічні речовини: Насіння або розсаду обробляють стимуляторами росту або фунгіцидами.

Вибір методу передпосівного загартовування залежить від:

- Видів рослин: Різні види рослин мають різні потреби в загартовуванні.
- Умов вирощування: Умови вирощування можуть впливати на вибір методу загартовування.
- Доступних ресурсів: Деякі методи загартовування потребують спеціального обладнання або матеріалів.

Передпосівне загартовування – це простий та ефективний метод, який може допомогти покращити схожість насіння, стійкість рослин до хвороб та шкідників, а також адаптацію до умов вирощування.

Важливо зазначити, що:

- Передпосівне загартовування не гарантує 100% успіху.
- Необхідно правильно підібрати метод загартовування для конкретних видів рослин та умов вирощування.
- Важливо дотримуватися рекомендованих режимів та доз загартовування.

3.2.ВИКОРИСТАННЯ ЗАХИСНИХ АГЕНТІВ

Захисні агенти – це широкий спектр речовин, які використовуються для захисту рослин від шкідників, хвороб та інших несприятливих факторів.

Існує декілька типів захисних агентів:

- Хімічні пестициди: Це синтетичні або природні речовини, які вбивають або пригнічують шкідників, хвороби або бур'яни.
- Біологічні пестициди: Це живі організми або їх продукти, які використовуються для контролю шкідників, хвороб або бур'янів.
- Фізичні методи: Це методи, які не використовують хімічних чи біологічних речовин, наприклад, механічне видалення шкідників, використання феромонних пасток або обробка рослин гарячою водою.

Вибір захисного агента залежить від:

- Видів шкідників, хвороб або бур'янів, які потрібно контролювати.
- Видів рослин, які потрібно захистити.
- Умов вирощування.
- Законодавства.

Важливо використовувати захисні агенти з розумом та відповідально:

- Перед використанням будь-якого захисного агента важливо уважно прочитати інструкцію та дотримуватися всіх рекомендацій.
- Необхідно використовувати захисний агент лише для тих шкідників, хвороб або бур'янів, для яких він призначений.
- Важливо дотримуватися рекомендованих доз та режимів застосування.
- Необхідно використовувати засоби індивідуального захисту при роботі з захисними агентами.
- Важливо не забруднювати навколишнє середовище.

Існує декілька альтернативних методів захисту рослин, які можна використовувати замість хімічних пестицидів:

- Сійкі сорти: Вирощування сортів, які сійкі до шкідників, хвороб або бур'янів.
- Біологічний контроль: Використання живих організмів для контролю шкідників, хвороб або бур'янів.
- Інтегроване управління шкідниками (ІУШ): Комплексний підхід, який поєднує різні методи контролю шкідників, хвороб і бур'янів.

Використання захисних агентів може бути ефективним способом захисту рослин від шкідників, хвороб та інших несприятливих факторів.

Однак важливо використовувати їх з розумом та відповідально, а також досліджувати альтернативні методи захисту рослин.

3.3.АДАПТАЦІЯ ДО ГРУНТУ

Адаптація до ґрунту є одним із найважливіших факторів, які визначають виживання та процвітання рослин у різних екосистемах.

Рослини, які добре адаптовані до ґрунту, можуть:

- Ефективно поглинати воду та поживні речовини.
- Витримувати стреси, такі як посуха, засолення та затоплення.
- Захищатися від шкідників та хвороб.
- Швидше рости та давати більший урожай.

Існує декілька способів покращити адаптацію рослин до ґрунту:

1. Селекція:

- Відбір сортів, які природно стійкі до несприятливих факторів ґрунту.
- Використання методів молекулярної селекції для впровадження генів, які відповідають за стійкість до певних стресів.

2. Агротехнічні заходи:

- Оптимізація методів вирощування: Це може включати правильний вибір ґрунту, добрив, режиму зрошення та методів боротьби з бур'янами, хворобами та шкідниками.
- Застосування біотехнологій: Використання біопрепаратів, стимуляторів росту та інших біотехнологічних методів може допомогти покращити адаптивність рослин до ґрунту.

3. Фізіологічні дослідження:

- Вивчення механізмів стійкості: Дослідження того, як рослини реагують на різні стреси ґрунту, може допомогти розробити нові стратегії покращення адаптивності.
- Розробка методів штучного підвищення стійкості: Ці методи можуть включати генну інженерію та інші біотехнологічні підходи.

4. Покращення ґрунту:

- Збільшення органічної речовини: Додавання компосту, гною або інших органічних матеріалів може покращити структуру ґрунту, його водоутримуючу здатність та вміст поживних речовин.

- Збалансування рН ґрунту: Додавання вапна або інших речовин може допомогти привести рН ґрунту до оптимального рівня для росту рослин.

- Зменшення забруднення ґрунту: Заходи з очищення ґрунту та запобігання його забрудненню можуть допомогти покращити його здоров'я та продуктивність.

Покращення адаптації рослин до ґрунту має багато переваг:

- Збільшення продуктивності: Більш стійкі до стресів ґрунту сорти рослин можуть давати більший урожай навіть у несприятливих умовах.

- Зниження витрат: Зменшення залежності від хімічних засобів захисту рослин та добрив може допомогти фермерам заощадити кошти.

- Покращення якості продукції: Більш стійкі до хвороб та шкідників сорти рослин дають більш якісний урожай.

- Сталий розвиток: Покращення адаптивності рослин до ґрунту може допомогти зробити їх вирощування більш стійким до зміни клімату.

Дослідження та розробка нових методів покращення адаптації рослин до ґрунту є важливим напрямком роботи для забезпечення продовольчої безпеки та сталого розвитку сільського господарства.

Важливо зазначити, що:

- Не існує універсального способу покращити адаптацію рослин до ґрунту.

- Найкращий підхід буде залежати від конкретних умов ґрунту, виду рослини та цілей вирощування.

- Важливо використовувати комбінацію вищезазначених методів для досягнення найкращих результатів.

3.4.ГЕНЕТИЧНА МОДИФІКАЦІЯ

Генетична модифікація (ГМ) – це метод, який використовується для зміни генетичного коду організмів, включаючи рослини.

Цей метод може бути використаний для покращення адаптивності рослин до різних несприятливих факторів, таких як:

- **Посуха:** Впровадження генів, які роблять рослини більш стійкими до втрати води, наприклад, генів, які кодують білки, що закривають пори під час посухи.
- **Засолення:** Впровадження генів, які роблять рослини більш стійкими до високих концентрацій солі, наприклад, генів, які кодують білки, що допомагають виводити сіль з клітин.
- **Шкідники та хвороби:** Впровадження генів, які роблять рослини стійкими до певних шкідників або хвороб, наприклад, генів, що кодують токсини, які вбивають шкідників, або генів, що роблять рослини стійкими до збудників хвороб.
- **Хімічні гербіциди:** Впровадження генів, які роблять рослини стійкими до певних гербіцидів, що дозволяє використовувати ці гербіциди для контролю бур'янів без шкоди для культурних рослин.

Генетична модифікація рослин має багато потенційних переваг:

- **Збільшення продуктивності:** Більш стійкі до стресів ГМ-рослини можуть давати більший урожай навіть у несприятливих умовах.
- **Зниження витрат:** Зменшення залежності від хімічних засобів захисту рослин та добрив може допомогти фермерам заощадити кошти.

- Покращення якості продукції: Більш стійкі до хвороб та шкідників ГМ-рослини дають більш якісний урожай.

- Сталий розвиток: ГМ-рослини можуть допомогти зробити сільське господарство більш стійким до зміни клімату.

Однак існують також деякі ризики, пов'язані з ГМ-рослинами:

- Невідомі довгострокові наслідки: Вплив ГМ-рослин на навколишнє середовище та здоров'я людини до кінця не вивчений.

- Етичні міркування: Деякі люди вважають, що ГМ-рослини є неетичними, оскільки вони є результатом штучного втручання в природу.

- Можливість перехресного запилення: ГМ-рослини можуть схрещуватися з немодифікованими рослинами, що може призвести до неконтрольованого поширення генів ГМ.

Важливо ретельно зважити потенційні переваги та ризики ГМ-рослин перед прийняттям рішення про їх використання.

Важливо зазначити, що:

- Генетична модифікація – це потужний інструмент, який може бути використаний для покращення адаптивності рослин.

- Важливо використовувати цей метод відповідально та з урахуванням потенційних ризиків.

- Необхідно більше досліджень, щоб краще зрозуміти довгострокові наслідки ГМ-рослин.

3.5.ВАЖЛИВІСТЬ ДОСЛІДЖЕНЬ

Картопля (*Solanum tuberosum*) – це важлива продовольча культура, яка відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки у всьому світі.

Однак картопля також є чутливою до різноманітних факторів стресу довкілля, таких як:

- Хвороби: Фітофтороз, парша, вертицильозне в'янення та інші хвороби можуть значно знизити врожайність картоплі.
- Шкідники: Колорадський жук, картопляна міль, дротяники та інші шкідники можуть пошкодити рослини та бульби картоплі.
- Неприятливі умови: Посуха, заморозки, засолення ґрунту та інші несприятливі умови можуть призвести до зниження врожайності та якості картоплі.

Дослідження способів покращення адаптивності картоплі до цих факторів стресу є надзвичайно важливими з кількох причин:

1. Забезпечення продовольчої безпеки: Зростаюче населення світу потребує більше їжі, і картопля є важливим джерелом калорій та поживних речовин. Покращення адаптивності картоплі може допомогти збільшити врожайність та зробити цю культуру більш стійкою до несприятливих факторів, що дозволить забезпечити продовольчу безпеку для більшої кількості людей.

2. Зменшення втрат урожаю: Хвороби, шкідники та несприятливі умови можуть призвести до значних втрат урожаю картоплі. Дослідження способів покращення стійкості картоплі до цих факторів може допомогти зменшити ці втрати та забезпечити більшу доступність цієї важливої культури.

3. Покращення стійкості до зміни клімату: Зміна клімату призводить до більш екстремальних погодних умов, таких як посуха, повені та заморозки. Дослідження способів покращення адаптивності картоплі до цих умов може допомогти зробити цю культуру більш стійкою до зміни клімату та забезпечити її стійке вирощування в майбутньому.

4. Зменшення використання хімічних речовин: Для боротьби з хворобами, шкідниками та бур'янами часто використовуються хімічні речовини, які можуть мати негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людини. Дослідження способів покращення стійкості картоплі до цих факторів може допомогти зменшити використання хімічних речовин та зробити сільське господарство більш стійким.

5. Покращення якості життя фермерів: Фермери, які вирощують картоплю, часто стикаються з проблемами, пов'язаними з хворобами, шкідниками та несприятливими умовами. Дослідження способів покращення адаптивності картоплі може допомогти фермерам збільшити врожайність, зменшити втрати та отримати більший прибуток, що може покращити їхнє життя та добробут.

Існує багато різних методів дослідження способів покращення адаптивності картоплі:

- Селекція: Виведення сортів картоплі, які природно стійкі до хвороб, шкідників та несприятливих умов.
- Генетична модифікація: Впровадження генів, які роблять картоплю стійкішою до певних факторів стресу.
- Агротехнічні заходи: Розробка методів вирощування, які допомагають покращити стійкість картоплі до несприятливих умов.
- Біотехнології: Розробка нових методів захисту картоплі від хвороб та шкідників, наприклад, за допомогою біопестицидів.

Дослідження способів покращення адаптивності картоплі *S. tuberosum* є важливою та актуальною темою, яка має потенціал для значного впливу на продовольчу безпеку, стійкість сільського господарства та добробут фермерів.

Важливо зазначити, що:

- Не існує універсального способу покращити адаптивність картоплі.
- Найкращий підхід буде залежати від конкретних факторів стресу, які є актуальними для певного регіону або системи вирощування.
- Важливо також враховувати етичні та соціальні аспекти досліджень та використання ГМ-картоплі.

ВИСНОВКИ

Адаптація рослин *S. tuberosum* на етапі *in vitro* - *ex vitro* є складним процесом, який потребує ретельного вивчення та розуміння.

На цьому етапі рослини стикаються з різними стресами, які можуть негативно вплинути на їх виживання та ріст.

Важливо розробити ефективні методи для покращення адаптивності рослин на цьому етапі, щоб отримати здорові та продуктивні рослини *ex vitro*.

Дослідження в цій галузі показали, що можна використовувати різні методи для покращення адаптивності рослин *S. tuberosum* на етапі *in vitro* - *ex vitro*:

- Оптимізація умов культури *in vitro*: Це включає підбір відповідного поживного середовища, регулювання гормонів, освітлення та температури.
- Загартовування рослин: Це передбачає поступове піддавання рослин стресам, з якими вони зіткнуться *ex vitro*, наприклад, посусі, засоленню або низьким температурам.
- Використання біопрепаратів: Деякі біопрепарати, наприклад, мікоризні гриби, можуть допомогти рослинам краще адаптуватися до *ex vitro*.
- Генетична модифікація: Впровадження генів, які роблять рослини стійкішими до стресів, може допомогти покращити їх адаптивність *ex vitro*.

Важливо зазначити, що не існує універсального методу, який би гарантував успішну адаптацію всіх рослин *S. tuberosum* на етапі *in vitro* - *ex vitro*.

Найкращий підхід буде залежати від конкретного сорту рослини, умов культури *in vitro* та умов *ex vitro*.

Подальші дослідження в цій галузі необхідні для розробки більш ефективних методів покращення адаптивності рослин *S. tuberosum* на етапі *in vitro* - *ex vitro*.

Це допоможе збільшити вихід якісного посадкового матеріалу та покращити продуктивність картоплі.

Крім того, важливо враховувати етичні та соціальні аспекти досліджень та використання ГМ-картоплі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Богдашевська-Манковська Д., Зажинська К., Носалевич А. Посуха по-різному впливає на розмір та архітектуру кореневої системи сортів картоплі з різною стійкістю до посухи. 2020 р. ст. 54-62.
2. Бородай, В. В., Парфенюк, А. І. Поширеність і розвиток основних хвороб картоплі (*Solanum tuberosum* L.) в Україні. Агроекологічний журнал 2018 р. ст. 82-87.
3. Гарсія Байона, Л., Грахалес, А., Карденас, М.Е., Сьєрра, Р., Лозано, Г., Гаравіто, М.Ф., Рестрепо, С. Виділення та характеристика двох штамів *Fusarium oxysporum*, що викликають суху гниль картоплі в *Solanum tuberosum* у Колумбії. Іbero-американський журнал мікології, 2011р. 28 (4), ст. 166–172.
4. Гордієнко В.В., Захарчук Н.А. Створення вихідного селекційного матеріалу картоплі з комплексною стійкістю проти сухої фузаріозної гнилі та фітофторозу бульб. Вивчення та охорона сортів рослин, 2017р. 13(3), 239–244.
5. Дембі Корджі, Баша Кебеде Важливість адаптованої ірландської картоплі (*Solanum tuberosum*) у високогір'ї зони Гуджі, регіон Оромія, Ефіопія. 2017 р. ст. 14–20.
6. Кампос Х. та Ортіс О. Урожай картоплі: його сільськогосподарський, харчовий і соціальний внесок у людство 2020 р. с. 518.
7. Колтунов В.А., Сонець Т.Д., Бородай В.В., Войцешина Н.І. Оцінка конкурентоспроможності та ресурсного потенціалу сортименту картоплі в Україні. Овочівництво і баштанництво, 2016 р. 62, ст. 123–136.

- 8.К.Л. Фландерс, С. Арнон та Е.Б. Радкліфф. Глобальні рослинні генетичні ресурси для стійких до комах культур 2019 р. ст. 207-239.
- 9.Овчіннікова А., Крилова Є., Гавриленко Т., Смекалова Т., Жук М., Кнапп С. та Спунер Д.М. Таксономія культурної картоплі (*Solanum* секція *Petota*: *Solanaceae*). Ботанічний журнал Ліннеївського товариства. 2011 р. ст. 107-155.
- 10.Парізо Р., Арена К., Руфаяель І., Даквіно Л., Макріс К., Віталіоне П., Де Паскале С. Вплив джерела світла на ріст, фотосинтетичну активність та якість бульб двох сортів картоплі в контрольованому середовищі. *Plant Biosystems* - міжнародний журнал, що займається всіма аспектами біології рослин 2019 р. ст. 725-35.
- 11.Петті К., Мід К., Даунс М. та Маллінз Е. Полегшення співіснування шляхом відстеження поширення генів у звичайних системах вирощування картоплі за допомогою мікросателітних маркерів. Дослідження екологічної біобезпеки. 2007 р. ст. 223-236.
- 12.Подгаєцький, А.А. Міжвидова гібридизація в селекції картоплі в Україні. Вавіловський журнал генетики і селекції 2012 р.
- 13.Ріос Д., Гіслейн М., Родрігес Ф. та Спунер Д.М. Яке походження європейської картоплі? Докази місцевих сортів Канарських островів. Рослинництво. 2007 р.
- 14.Саймон, Р., Се, К. Х., Клаузен, А., Янські, С. Х., Халтерман, Д., Коннер, Т., Напп, С., Брандадж, Дж., Саймон, Д. і Спунер, Д. Дика та культивована картопля (*Solanum* sect. *Petota*) втекла та стійка за межами свого природного ареалу. Наука про інвазивні рослини та менеджмент.2010 р. ст. 286-293.
- 15.Сонєць Т. Д., Києнко З. Б., Фурдига М. М., Верменко Ю. Я. Адаптованість сортів картоплі до ґрунтово-кліматичних умов Полісся та Лісостепу України. Вивчення та охорона сортів рослин 2019 р.
- 16.Спунер, Д.М., Нуньєс, Дж., Трухільо, Г., дель Росаріо Еррера, М., Гусман, Ф. та Гіслейн, М. Широке повторне генотипування простих послідовностей

місцевих сортів картоплі підтримує серйозну переоцінку структури їх генофонду та класифікації. Праці Національної академії наук. 2007 р.

17. Стефанчик, Е., Собковьяк, С., Брилінська, М., і Слівка, Я. Різноманітність *Fusarium* spp. пов'язаний із сухою гниллю бульб картоплі в Польщі. Європейський журнал патології рослин, 2016 р. 145, ст. 871–884.

18. Теводрос Аялев, Адане Хірпа. Характеристика насінневої картоплі (*Solanum tuberosum* L.) зберігання, передпосадкової обробки та маркетингових систем в Ефіопії: приклад зони Західного Арсі. Африканський журнал сільськогосподарських досліджень 2014 р. ст. 18-26.

19. Хабтаму Гебреселассі, Бенеберу Шимеліс. Оцінка сортів картоплі (*Solanum tuberosum* L.) за врожайністю та компонентами врожайності у Східній Ефіопії. 2016 р. ст. 46–54.

20. Шитікова А.В., Худякова Є.В., Худякова Г.К., Савоскіна О.А., Константинович А.В. Інформаційні технології для визначення оптимального періоду заготівлі кормів з багаторічних трав. 2020 р. ст. 44-56.