

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет агротехнологій та природокористування
Кафедра біотехнології та хімії

Допущено до захисту

Завідувач кафедри Коваленко В.М.

«»2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «МАГІСТР»

Особливості вирощування міні-бульб сортів картоплі в
умовах закритого ґрунту
за спеціальністю 201 «Агрономія»

Виконав

Галушко Є.В.
Прізвище, ініціали

Група

АГР 2402-2м
Назва групи

Науковий керівник

Коваленко В.М.
Прізвище, ініціали

Суми – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет агротехнологій та природокористування

Кафедра біотехнології та хімії
Освітній ступінь - "Магістр"
Спеціальність – 201 «Агрономія»

“ЗАТВЕРДЖУЮ”:

Завідувач кафедри

_____ В.М. Коваленко
" ____ " _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

Галушко Євгеній Володимирович

ПІБ студента

1. Тема роботи " Особливості вирощування міні-бульб сортів картоплі в умовах закритого ґрунту"

Затверджено наказом по університету від “ ____ ” _____ 202__ р. № ____

2. Термін здачі студентом закінченої роботи на кафедру ____ .

3. Вихідні дані до роботи:

- місце проведення досліджень: ІНВК СНАУ

- методичне забезпечення: _____

- схема досліджу: _____

4. Перелік завдань, які будуть виконуватися в роботі: _____

Керівник кваліфікаційної роботи к.с.-г.н., доцент Коваленко В.М.

Завдання прийняв до виконання _____

Дата отримання завдання « ____ » _____ 2025 р.

АНОТАЦІЯ

Галушко Є.В. «Особливості вирощування міні-бульб сортів картоплі в умовах закритого ґрунту».

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю 201 – Агрономія – Сумський національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України, Суми, 2025.

У роботі наведено результати досліджень щодо впливу біостимулятора Гумікор на ріст, розвиток, фізіологічний стан та формування мінібульб картоплі сортів Бела Роса, Гранада та Орла в умовах закритого ґрунту. Метою дослідження було вдосконалення технології вирощування вихідного садивного матеріалу картоплі та підвищення ефективності біотехнологічної системи прискореного розмноження культури.

Досліди проводилися в умовах культиваційної теплиці ННБК СНАУ з контрольованими параметрами мікроклімату: температури, вологості та освітленості. У схемі дослідження передбачено два варіанти — контроль (без обробки) і варіант із застосуванням препарату Гумікор. У процесі роботи проаналізовано морфологічні та фізіологічні показники рослин, динаміку росту, формування стебел і мінібульб, а також їх якісні характеристики.

Отримані результати показали, що застосування Гумікору позитивно впливає на інтенсивність ростових процесів, сприяє збільшенню кількості стебел, активізує фотосинтез і покращує адаптивні властивості рослин. Встановлено, що у варіантах із обробкою препаратом спостерігалось збільшення кількості мінібульб на одну рослину на 30–40 % і підвищення їх середньої маси на 4–6 г порівняно з контролем. Найвищі показники врожайності отримано у сорту Бела Роса, який виявився найбільш чутливим до дії біостимулятора.

Практичне значення роботи полягає у розробці рекомендацій щодо використання біостимулятора Гумікор при вирощуванні мінібульб картоплі в умовах закритого ґрунту. Використання препарату забезпечує покращення росту, розвитку та продуктивності рослин, підвищує якість садивного матеріалу та сприяє формуванню здорових, стійких до стресових факторів рослин.

Отримані результати мають практичну цінність для впровадження у виробництво вітчизняних технологій біотехнологічного насінництва картоплі. Разом з тим, тема потребує подальших досліджень, спрямованих на визначення оптимальних концентрацій і способів внесення препарату Гумікор, вивчення його сумісності з іншими біостимуляторами та впливу на біохімічний склад мінібульб і показники їх зберігання.

Ключові слова: картопля, мінібульби, біостимулятор, Гумікор, теплиця, ріст і розвиток, врожайність.

ANNOTATION

Halushko Ye.V. "Peculiarities of Growing Mini-Tubers of Potato Varieties under Greenhouse Conditions."

Master's qualification work for obtaining the educational degree Master in the specialty 201 – Agronomy. – Sumy National Agrarian University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Sumy, 2025.

The paper presents the results of research on the effect of the biostimulant Humicor on the growth, development, physiological state, and formation of mini-tubers of potato varieties Bela Rossa, Granada, and Orla under greenhouse conditions. The aim of the study was to improve the technology of producing basic seed potato material and to enhance the efficiency of the biotechnological system for accelerated propagation of the crop.

The experiments were carried out in the cultivation greenhouse of the Educational and Research Production Complex of SNAU under controlled microclimate parameters: temperature, humidity, and illumination. The experimental design included two variants — control (without treatment) and treatment with the Humicor preparation. During the research, morphological and physiological parameters of the plants were analyzed, including growth dynamics, stem and mini-tuber formation, and their qualitative characteristics.

The obtained results showed that the use of Humicor positively influenced the intensity of growth processes, promoted an increase in the number of stems, enhanced photosynthetic activity, and improved the adaptive properties of the plants. It was found that in the variants treated with the preparation, the number of mini-tubers per plant increased by 30–40%, and their average weight rose by 4–6 g compared to the control. The highest yield indicators were obtained for the Bela Rossa variety, which showed the greatest sensitivity to the action of the biostimulant.

The practical significance of the research lies in the development of recommendations for the use of the biostimulant Humicor in the cultivation of potato mini-tubers under greenhouse conditions. The use of the preparation ensures

improved growth, development, and productivity of plants, enhances the quality of seed material, and promotes the formation of healthy plants resistant to stress factors.

The obtained results have practical value for the implementation of domestic technologies of biotechnological seed potato production. However, the topic requires further research aimed at determining the optimal concentrations and methods of Humicor application, studying its compatibility with other biostimulants, and assessing its effect on the biochemical composition of mini-tubers and their storage performance.

Key words: potato, mini-tubers, biostimulant, Humicor, greenhouse, growth and development, yield.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1.....	9
АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЩОДО	
МІКРОБУЛЬБООУТВОРЕННЯ У КУЛЬТУРІ IN VITRO.....	9
1.1. Біологічні особливості культури картоплі.....	9
1.2. Технології отримання вихідного матеріалу картоплі.....	10
1.3. Сучасні біотехнологічні підходи у виробництві вихідного садивного матеріалу.....	13
1.4. Отримання безвірусного посадкового матеріалу.....	24
1.5. Особливості формування міні-бульб у закритому ґрунті	25
1.6.Вплив середовища на формування міні-бульб у теплицях, аеробних/гідропонних установках.....	30
1.7. Економічні та екологічні аспекти вирощування міні-бульб	32
РОЗДІЛ 2.....	36
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	36
2.1. Місце проведення дослідження.....	36
2.2. Схема досліду.....	36
РОЗДІЛ 3.....	39
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	39
3.1. Особливості осту та розвитку рослин	40
3.2. Біометричні показники	41
3.3. Формування міні бульб	42
3.4 Фізіологічний стан та стійкість рослин.....	43
ВИСНОВОКИ	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	50

ВСТУП

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є однією з найважливіших продовольчих культур світу та відіграє значну роль у розвитку агропромислового комплексу України. Вона забезпечує населення високоякісним харчовим продуктом, є важливим джерелом вуглеводів, білків, вітамінів і мінералів, а також використовується у тваринництві як цінний корм. Стабільне виробництво картоплі залежить від якості садивного матеріалу, який повинен бути здоровим, генетично чистим і високопродуктивним.

Основною проблемою традиційного насінництва картоплі є швидке накопичення вірусних та бактеріальних інфекцій у вегетативному матеріалі, що призводить до зниження врожайності й виродження сортів. Тому особливого значення набувають сучасні біотехнологічні методи відновлення й розмноження безвірусного садивного матеріалу, серед яких особливе місце займає вирощування мікро- та мінібульб у контрольованих умовах.

Мінібульби — це бульби масою від 0,5 до 25 г, які отримують із оздоровлених мікророслин у теплицях або інших закритих спорудах. Вони є початковою ланкою системи насінництва картоплі та використовуються для подальшого розмноження у відкритому ґрунті. Цей етап дозволяє уникнути зараження рослин збудниками хвороб, забезпечує високий коефіцієнт розмноження та підвищує ефективність виробництва вихідного матеріалу. Технологія вирощування мінібульб поєднує біотехнологічні та агрономічні підходи, що дає змогу оптимізувати процес формування бульб у закритому ґрунті, підвищити їх якість та урожайність.

Одним із перспективних напрямів удосконалення технології вирощування є використання біостимуляторів природного походження, зокрема гумінових препаратів. Їх застосування сприяє активізації ростових процесів, покращенню живлення рослин, підвищенню стійкості до стресових умов та формуванню здорових, продуктивних кущів. Дослідження

ефективності таких препаратів у системі біотехнологічного насінництва картоплі має важливе наукове й практичне значення.

Мета дослідження – визначити особливості вирощування мінібульб картоплі різних сортів в умовах закритого ґрунту та оцінити вплив біостимулятора «Гумікор» на ріст, розвиток і формування бульб.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати біологічні особливості формування мінібульб картоплі в умовах закритого ґрунту.
2. Вивчити вплив біостимулятора «Гумікор» на ріст і розвиток рослин різних сортів картоплі.
3. Оцінити морфологічні та фізіологічні показники рослин під час формування мінібульб.
4. Встановити найефективніші умови для отримання високоякісного садивного матеріалу.

Об’єкт дослідження– сорти картоплі Бела Роса, Гранада та Орла.

Предмет дослідження – процес формування мінібульб картоплі в умовах закритого ґрунту під впливом біостимулятора «Гумікор».

Практичне значення роботи полягає в розробці рекомендацій щодо удосконалення технології вирощування мінібульб картоплі в тепличних умовах із використанням гумінових препаратів. Отримані результати можуть бути впроваджені у виробничу практику лабораторій біотехнологічного насінництва та тепличних господарств з метою підвищення якості вихідного садивного матеріалу.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота викладена на 53 сторінок комп’ютерного набору та складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Робота містить 3 таблиць, 1 рисунок та 40 використаних джерел літератури.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЩОДО МІКРОБУЛЬБОУТВОРЕННЯ У КУЛЬТУРІ IN VITRO

1.1. Біологічні особливості культури картоплі

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є четвертою за величиною сільськогосподарською культурою, що виробляється у світі після рису, пшениці та кукурудзи, із загальним річним виробництвом 370, 504, 766 та 1150 мільйонів тонн картоплі, рису, пшениці та кукурудзи відповідно. Картопля адаптована до широкого спектру географічних середовищ та клімату[1]. Картопля споживається людиною в багатьох різних варіантах приготування — вареній, запеченій, смаженій, у вигляді снєків, чіпсів, крохмалю — і є значним джерелом вуглеводів, білка, мінералів, вітаміну С та фенольних сполук. Картопля дуже чутлива до водного стресу, дефіциту азотних добрив та схильна до широкого спектру розладів та хвороб. До наземних захворювань та захворювань належать рання фітофтороз (*Alternaria solani*), фітофтороз (*Phytophthora infestans*), фузаріозна суха гниль (*Fusarium* spp.), чорна точкова гниль (*Colletotrichum coccodes*), вірус картоплі Y, чорна ніжка (*Pectobacterium* spp.), повітряна гниль стебла (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*), кільцева гниль (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*) та бура плямистість альтернатії (*Alternaria alternate*). До фізіологічних розладів належать, серед іншого, тріщини росту, шишки, деформації, порожниста серцевина та коричневий центр. До ґрунтових хвороб належать ризоктоніоз та чорна парша (*Rhizoctonia solani*), парша звичайна (*Streptomyces scabiei*), борошниста парша (*Spongospora subterranea* f. sp. *subterranean*), біла пліснява (*Sclerotinia sclerotiorum*), срібна парша (*Helminthosporium solani*), рожева гниль (*Phytophthora erythroseptica*), вертицильозне в'янення (*Verticillium dahlia*), пітіум (*Pythium* spp.) та бура гниль (*Ralstonia solanacearum*). Усі ці розлади та хвороби можуть суттєво вплинути на врожайність бульб та органолептичну якість зібраних бульб і продуктів переробки[2].

На якість бульб картоплі впливають різні фактори. Доступність азоту для рослин картоплі має вирішальне значення для росту та розвитку рослин, врожайності та якості бульб. Форма та джерело азоту є однією з основних відмінностей між традиційним та органічним виробництвом картоплі. Крім того, для контролю численних потенційних хвороб та стабілізації врожайності картоплі комерційні виробники застосовують суворий пакет пестицидів та високу норму азотних добрив. Деякі небажані залишки можуть накопичуватися в бульбах картоплі та ґрунті в умовах традиційного землеробства, що потенційно може вплинути на здоров'я людей та тварин, і тому органічні продукти загалом оцінюються як здоровіші та мають кращий смак, ніж традиційно вирощені культури.

Смак і гіркота є основними сенсорними властивостями вареної бульби картоплі, а текстура, колір і вміст олії, а також хрусткість є основними параметрами якості смаженої картоплі. М'яно та ін. виявили прямий зв'язок між питомою вагою картоплі, загальним вмістом сухих речовин, вмістом крохмалю, розміром клітин і площею поверхні, а також пектином і текстурою картоплі[3]. Для переробленого продукту, такого як картопляні чіпси, очікується дуже хрустка текстура, оскільки хрусткість є показником свіжості та високої якості. Крім того, колір свіжої, вареної або смаженої картоплі вважається однією з найважливіших визначальних якостей, зумовлених такими факторами, як вміст цукру в бульбах картоплі, температура та тривалість зберігання, генотип картоплі, висока вологість ґрунту наприкінці вегетаційного періоду, низька питома вага бульби картоплі та ферментативне потемніння.

1.2. Технології отримання вихідного матеріалу картоплі.

Картопля — це трав'яниста однорічна рослина короткого дня, яка належить до порядку Solanales і родини Solanaceae, і в основному культивується заради крохмалистих їстівних бульб[4]. Це культура помірного поясу, яка в основному вирощується в субтропічних умовах. Картопля посідає четверте місце серед найбільш вирощуваних продовольчих

культур у світі, після рису, пшениці та кукурудзи. Культурна картопля є природним автотетраплоїдом із соматичним числом хромосом $2n = 4x = 48$. Щоб зрозуміти наслідки картоплі як основної овочевої культури в багатьох країнах, що розвиваються, і сприяти дослідженням і розробкам, Організація Об'єднаних Націй оголосила 2008 рік «Міжнародним роком картоплі». Після Китаю Індія є другим за величиною виробником картоплі у світі. Картопля вперше була одомашнена 8000 років тому в перуансько-болівійських Андах і був завезений іспанськими дослідниками в Європу в 16 століття, після чого він був поширений по всьому світу[5]. Це критично важлива культура продовольчої безпеки та альтернатива для багатьох дорогих імпортованих зернових. У країні з обмеженими ресурсами, де потрібно підтримувати харчовий рівень населення в гостинній обстановці, картопля може значно доповнити харчові потреби країни завдяки своїй особливій харчовій цінності. Це дієтичне джерело незамінних амінокислот (таких як триптофан, ізолейцин, лейцин тощо) і вітамінів, і складається з 93 калорій, 21 г вуглеводів, 2,5 г білка, 2,2 г клітковини та 0,1 г жиру на 100 г бульби. Крім того, він має значний запас мінералів, таких як кальцій, калій, магній, фосфор і натрій. Він також містить антиоксиданти у значних кількостях. Картопля пропонується для столових цілей або як оброблена їжа. Ця культура бульби також використовується в різних галузях промисловості, таких як виробництво спирту, крохмалю, глюкози та декстрину. Фарина, побічний продукт картопляного крохмалю, використовується для проклейки пряжі на тканинних фабриках і в пральнях. Їх переробляють на сухі продукти, до яких відносяться картопля фрі, картопляні чіпси, терта або нарізана картопля. Бульби картоплі мають більш засвоювані властивості і часто подають цілими або в пюре як варений овоч. Картопля має ряд лікувальних властивостей; наприклад, вони використовуються для зменшення запалення, регулювання артеріального тиску та зміцнення кісток[6].

Картоплю традиційно розмножують статевим шляхом — за допомогою справжнього насіння картоплі, а також вегетативним шляхом — за

допомогою бульб. Однак традиційні методи культивування мають низку недоліків: високу норму висіву, низький коефіцієнт розмноження, трудомісткість і тривалість процесу, сприйнятливість до ураження хворобами та шкідниками, а також високу собівартість виробництва. Основним недоліком є ускладнений доступ до безвірусного посадкового матеріалу.

За таких умов першочерговим завданням стає розробка систем для отримання безвірусного посадкового матеріалу. Останні наукові досягнення дали змогу створити аеропонні системи та системи культури рослинних тканин для масового виробництва безвірусних рослин. Фактично, система культури тканин рослин стає необхідною альтернативою традиційним методам розмноження, оскільки забезпечує отримання високоякісного, здорового та безвірусного посадкового матеріалу. Ця *in vitro* технологія дає можливість здійснювати масове розмноження й виробництво посадкового матеріалу незалежно від сезону, причому за коротший час і на меншій площі, без будь-яких генетичних чи морфологічних відхилень.

Культура *in vitro* є надзвичайно перспективною технологією для культивування вторинних метаболітів, зокрема фенольних сполук. Вона виступає альтернативою вирощуванню рослин у ґрунті, а також є екологічною та стійкою методикою для виробництва рослинних видів, що перебувають під загрозою зникнення через надмірну експлуатацію чи ризик вимирання, але при цьому мають високий біологічний потенціал. Важливо зазначити, що ця технологія отримала підтримку ФАО як безпечний метод виробництва сполук для використання у харчовій промисловості[7].

Складність фенольних сполук відповідає складності їхніх біосинтетичних шляхів, проте дослідники можуть керувати цим процесом за допомогою еліцитації, щоб підвищити виробництво певних молекул. Більшість досліджень присвячена фенольним екстрактам та їхній біологічній активності, тоді як роботи з окремими фенольними сполуками досі обмежені через складність їхнього виробництва, а також складність процедур екстракції та ізоляції.

Культура клітин і тканин рослин, як правило, дозволяє отримувати вищі врожаї фенольних екстрактів/сполук, проте для досягнення ще більшого виробництва необхідна еліcitaція культур. Існують різні типи еліcitaції: хімічна, біологічна та фізична, при цьому хімічна еліcitaція використовується найчастіше, зокрема через додавання регуляторів росту та попередників метаболітів. Також застосовується комбінація різних типів елісаторів для досягнення більш високого вмісту фенольних сполук у культурах *in vitro*.

Зростання виробництва біоактивних фенольних екстрактів та сполук відкриває можливості для їхнього подальшого використання у харчовій промисловості функціональних продуктів або у фармацевтичній та медичній сферах. Прикладами є таксол та розмаринова кислота, які застосовуються відповідно через свої хіміотерапевтичні властивості та антиоксидантну активність[8].

За останнє десятиліття низка науковців опублікувала численні дослідження, присвячені *in vitro* розмноженню та мікробульбоутворенню картоплі. Водночас більшість із цих робіт стосуються лише популярних сортів картоплі, тоді як місцеві та малодосліджені сорти залишаються практично не вивченими. Отже, у майбутньому існують широкі перспективи для досліджень, спрямованих на вивчення місцевих (аборигенних) сортів картоплі та інших маловідомих різновидів.

1.3. Сучасні біотехнологічні підходи у виробництві вихідного садивного матеріалу.

Сьогодні картопля є найпоширенішою незерною культурою та важливим овочем для споживання людиною. Широка кліматична адаптованість та короткий термін дозрівання картоплі сприяли її поширенню в різних географічних регіонах. На сьогоднішній день понад три тисячі сортів картоплі вирощуються в 165 країнах з обсягом виробництва, що перевищує 350 мільйонів тонн на рік, особливо в помірних, субтропічних і тропічних регіонах, що становить значну економічну частку на світовому

сільськогосподарському ринку[9]. Протягом останніх двох десятиліть вирощування та використання картоплі також значно зросли в таких країнах, що розвиваються, як Китай, Індія та Бангладеш.

Хоча класична селекція дозволила вивести тисячі нових сортів, картопля все ще чутлива до незліченних хвороб і шкідників, що призводить до втрат врожаю в розмірі 44,9% щороку. Такі хвороби, як фітофтороз, спричинений ооміцетом *Phytophthora infestans* (Pi), віруси, такі як вірус Y картоплі (PVY), і шкідники, такі як колорадський жук (CPB), можуть повністю знищити картопляне поле, якщо їх не контролювати. Навіть сьогодні основним способом боротьби з хворобами та шкідниками є масове застосування пестицидів[10].

Пестициди збільшують забруднення навколишнього середовища, є токсичними для нецільових організмів, включаючи людей, і чинять селекційний тиск на хвороби та шкідників, які розвивають резистентність. Потрібні нові стійкі та ефективні способи боротьби з хворобами та шкідниками картоплі, і останнім часом були розроблені біотехнологічні підходи для вирішення цієї складної проблеми .

Крім того, кліматичні зміни протягом останніх десятиліть стали викликом для виробництва картоплі в усьому світі, і нові стратегії розробки картоплі, стійкої до посухи, високих температур, солі та інших абіотичних стресів або множинних стресів, є нагальною потребою для вирощування картоплі. Для досягнення цих цілей як класична селекція, так і біотехнологія використовують ресурси генів резистентності у диких родичів культури, як, наприклад, проект Міжнародного центру картоплі (CIP)[11]. Існує кілька опублікованих книг та оглядів, присвячених біотехнології та селекції картоплі.

Сучасна біотехнологія визначається як технологія, яка використовує живі клітини, мікроорганізми або функціональні частини, такі як ферменти, білки, молекули ДНК або РНК, для розвитку фундаментальних досліджень та впровадження нових корисних продуктів .

Генна інженерія, як частина рослинної біотехнології, охоплює методи, які змінюють геном рослин. У ширшому сенсі генна інженерія рослин включає: соматональну варіацію, клітинну фузію та регенерацію соматичних гібридних рослин, перенесення генів та редагування геному.

Вирощування картоплі вимагає значних витрат поживних речовин, пестицидів і води для підтримки врожайності, якості бульб і захисту від патогенів, шкідників і екстремальних кліматичних умов[12].

Генетична мінливість найважливіших ознак є низькою у комерційних сортах, але споріднені дикі родичі містять багато унікальних, цінних ознак, яких немає у сортах, що є багатим генетичним джерелом для поліпшення картоплі. Історично селекція картоплі зосереджувалася переважно на врожайності, якості свіжої продукції та продукції для переробки, здатності до зберігання, а також стійкості до хвороб.

Лише після розробки генетичної трансформації та/або інших біотехнологічних підходів стало можливим швидше передавання цінних ознак, таких як якість складу бульб та стійкість до біотичних і абіотичних стресів. Більше того, за допомогою класичної селекції один новий сорт може бути виведений за 10–15 років від початкового схрещування до випуску сорту, тоді як за допомогою біотехнології, зокрема генного перенесення, потрібно менше часу, від декількох місяців (6–12 місяців) до декількох років, не враховуючи тривалі регуляторні процедури[13]. Існує багато спроб і результатів щодо перенесення та інтеграції економічно важливих генів у картоплю.

У природних умовах на культури зазвичай одночасно діє кілька стресових факторів, і всі вони спричиняють помітні втрати врожаю. Нині вже накопичено знання про різні гени, які беруть участь у біотичній та абіотичній відповіді на стрес і забезпечують стійкість/толерантність. Вплив абіотичного стресу на картоплю в умовах зміни клімату детально описано в недавньому огляді. Молекулярний та геномний аналіз виявив транскрипційно-регуляторні шляхи, що беруть участь у модулюванні генів, відповідальних за

реакцію на стрес. Як зазначалося вище, транскрипційні фактори (TFs) відіграють ключову роль, зокрема у відповіді рослин на множинні стреси .

Прикладами TFs, які активують гени стресової відповіді, є AP2/ERF — суперсімейство, що містить домен AP2/ERF та поділяється на AP2, ERF і RAV. Ця сімейства генів бере участь у регуляції розвитку. AP2-фактор є важливим для регуляції розвитку разом із білками сімейства ERF. На основі відмінностей у здатності зв'язуватися з певними ділянками ДНК єдиним доменом AP2/ERF сімейство ERF поділяють на ERF та CBF/DREB (C-repeat Binding Factor/Dehydration Responsive Element-Binding)[14]. Білки ERF здебільшого беруть участь у індукції стійкості до хвороб — як у негативній, так і позитивній формі регуляції.

Gangadhar та співавт. ідентифікували 95 генів, що беруть участь у теплостійкості картоплі, одинадцять із яких пов'язані зі стійкістю до кількох стресів, таких як посуха, засолення та висока температура.

Проламіни — це група запасних білків рослин, які є корисними факторами у контролі реакцій як на абіотичні, так і на біотичні стресові умови. Неспецифічний ліпідтранспортний білок рослин nsLTP бере участь у перенесенні фосфоліпідів, а також виконує різні інші біологічні функції, такі як запасання насіння, мобілізація ліпідів, синтез кутикули, соматичний ембріогенез та адгезія пилкової трубки[15] .

Трансгенні лінії картоплі, що надмірно експресують StnsLTP1, набули підвищеної стійкості до кількох абіотичних стресів завдяки посиленій активації антиоксидантного захисту через циклічне знешкодження активних форм кисню (ROS) та регуляцію експресії генів, пов'язаних зі стресом.

Іншим прикладом є використання транскрипційного фактора StWRKY1, який успішно індукував стійкість до Pi та підвищив толерантність до нестачі води. Ці експерименти доводять роль транскрипційних факторів, зокрема WRKY, у регуляції стійкості до біотичних та абіотичних стресів, модулюючи базові захисні мережі рослин і тим самим відіграючи значну роль у вдосконаленні сортів картоплі.

Протягом останніх п'ятдесяти років інтрогресія нових ознак від диких видів *Solanum* здебільшого досягалася за допомогою класичних методів селекції. Кількість диких видів, які можна інтегрувати в селекцію картоплі, досить обмежена через статеву несумісність та баланс ендосперму (EBN), хоча існують техніки, альтернативні статевому схрещуванню, такі як маніпуляції рівнями плоїдності, селекція $2n$ -гамет або використання проміжних видів для інтеграції генів диких видів *Solanum* у сучасні сорти. Через статеве схрещування головним джерелом генів стійкості залишається *S. demissum*, більше половини сучасних сортів містять інтрогресії від цього виду[16].

Основними обмеженнями класичної селекції картоплі є тетраплоїдія та гетерозиготність, що ускладнює процес селекції та робить його дуже тривалим. Крім того, коли необхідно використовувати гени від несумісного дикого виду, як у випадку з *S. bulbocastanum*, застосовували проміжний вид для створення нових сортів, що зайняло 49 років, і в результаті був інтегрований лише один ген стійкості (*Rpi-blb2*) проти фітофтори у геном картоплі (сорт *Bionica* та *Toluca*).

На сьогодні соматична гібридизація за допомогою фузії протопластів є добре відпрацьованим та рутинно використовуваним методом для створення гібридів *Solanum* з різними корисними властивостями. Протопласти рослин — це оголені соматичні клітини, з яких за допомогою ферментативного розщеплення видалена клітинна стінка, тому ці клітини можуть використовуватися для переносу генів, соматичної гібридизації і, більш нещодавно, для цільового мутагенезу та геномних досліджень. Протопласти зберігають тотипотентність і здатні відновлювати нову клітинну стінку, ділитися та формувати нові колонії клітин, мікрокалюси, калюси і, зрештою, нові рослини[17]. Ця технологія протопластів виявилася дуже ефективною у картоплі та є надійним способом для регенерації великої кількості соматичних гібридів (SHs) із різним генетичним фоном.

Серед агрономічно важливих культур картопля була першою, у якій використовували культуру протопластів та соматичну гібридизацію, що відкрила шлях для вільного переносу генів від диких родичів у культивовану картоплю. Протопласти виділяли з мезофільних клітин листя рослин, вирощених *in vitro*, після чого отримані продукти фузії культивували в середовищі VKM, а розвиток пагонів відбувався на середовищі MS13K. Нещодавно також спостерігалася селекція SHs (*S. tuberosum* + *S. chacoense*) на основі росту калюсу з міткою GFP[18].

Існують різні методи фузії протопластів, але загалом використовують два: електрофузію та фузію, індуковану поліетиленгліколем (PEG). Електрофузія є найбільш поширеним методом з часу її відкриття у 1979 році. Вона полягає спочатку у аглютинації протопластів під дією змінного струму (AC), так званої діелектрофорезної аглютинації, а потім у фузії аглютинованих вирівняних протопластів за допомогою імпульсів постійного струму (DC) високої інтенсивності (2000 В/см) і дуже короткої тривалості (10–100 мкс). Фузія, індукована PEG, зазвичай має схожу ефективність, особливо після промивання розчином кальцію.

Негайно після фузії або після регенерації рослин отримані SHs піддаються різним аналізам: цитологічним (потоківна цитометрія, підрахунок хромосом, підрахунок хлоропластів у замкових клітинах, FISH — флуоресцентна гібридизація *in situ* та GISH — геномна гібридизація *in situ*), молекулярним: ізозими, молекулярні мітки (RAPD, RFLP, ISSR, SSR, AFLP, DArT), фенотипічним змінам (зокрема ознаки листя, стебла, пагонів, квітів і бульб) та фертильності пилку. Через стабільність і універсальність мітки SSR є найбільш поширеними. Нещодавно застосування DArT дозволило визначити склад геному SHs між картоплею та *S. x michoasanum*, що підтвердило присутність геномів обох батьків у гібридних рослинах і довело передачу ознаки стійкості до фітофтори від диких родичів.

SHs також аналізуються на типи цитоплазми (гаплотип хлоропластів/мітохондрій: W/α, T/β, W/γ, W/δ, S/ε), на основі сегрегації

органел після фузії та специфічних міток органельного геному. Нарешті, SHs перевіряються на наявність цільових ознак у польових або контрольованих умовах, з подальшим тестуванням фенотипу та якості бульб.

Соматична гібридизація через фузію протопластів, яка обходить пре- та постзиготні бар'єри, успішно використовується для внесення стійкості в картоплю. Вона має більший потенціал для самостійного створення різноманітності у численних комбінаціях ядерного та цитоплазматичного геному порівняно зі статевим схрещуванням. Крім того, вона створює можливість для ініціювання рекомбінаційних подій між батьківськими геномами. Також може підвищуватися рівень гомологічних рекомбінацій (між схожими, але не ідентичними молекулами ДНК), що сприяє інтеграції цінних ознак, наприклад, шляхом індукції дефіциту репарації ДНК, як-от дефіцит системи виправлення невідповідностей (MMR).

MMR успішно індуковано шляхом переносу гена *AtMSH2* у антисмисловій орієнтації або домінантного негативного гена в *S. chacoense* за допомогою *Agrobacterium*, з подальшою соматичною гібридизацією з тетраплоїдним сортом картоплі *Delikat* через електрофузію. Стійкість до колорадського жука (CPB) була більш поширеною у соматичних гібридів з дефіцитом MMR; MMR також відповідав за більшу генетичну різноманітність та нову ознаку — толерантність до посухи[19].

З 1980-х років різні дикі види *Solanum* гібридизувалися з картоплею за допомогою фузії протопластів, і багато з них проявляли цінні ознаки, включно зі стійкістю до вірусів, бактерій, грибів, шкідників або толерантністю до абіотичних стресів. Крім того, можна переносити множинну стійкість від диких родичів у геном картоплі, і навіть створювати SHs із кількома батьківськими лініями, як у випадку три-видових соматичних гібридів.

Один із найцінніших SH був отриманий шляхом фузії несумісного *S. bulbocastanum* і культивованої тетраплоїдної картоплі, що підкреслило переваги соматичної гібридизації для покращення геному картоплі, оскільки

SHs були високо стійкими до фітофтори як у лабораторії, так і в полі під високим тиском хвороби. Після оберненого схрещування цих SHs з сортами картоплі стійкість не втрачалася. Згодом був ізольований ген RB, що забезпечує довготривалу стійкість, і розташований на хромосомі VIII[20]. Трансгенні рослини з RB, отримані після переносу гену за допомогою *Agrobacterium*, продемонстрували стабільну стійкість.

З того часу *S. Bulbocastanum* неодноразово доводив свою цінність як джерело генів довготривалої стійкості проти фітофтори, тому інтерес до перенесення ознак стійкості цього виду у культивовану картоплю зростає. Ген RB був першим описаним геном довготривалої стійкості проти фітофтори, але згодом було відкрито багато інших генів як у *S. bulbocastanum*, так і в інших диких видах. На сьогодні чотири гени стійкості, охарактеризовані у *S. bulbocastanum*: Rpi-blb1 (колишній RB), Rpi-blb2, Rpi-blb3 та Rpi-bt1.

Крім того, стійкість до фітофтори з інших джерел отримували шляхом створення міжвидових SHs з дикими видами *S. Pinnatisectum*, *S. tarnii*, *S. cardiophyllum* та нещодавно *S. x microachanum*, дикого диплоїдного виду, отриманого від спонтанного схрещування *S. bulbocastanum* і *S. pinnatisectum*. Ці новостворені SHs також тестувалися в полі і демонстрували стійкість після двох-трьох років оцінки, тому вони придатні для використання у селекції.

S. stenotomum є чудовим джерелом стійкості до бактеріальної гнилі, спричиненої *Ralstonia solanacearum*, і всі SHs, отримані шляхом фузії протопластів картоплі з цим диким видом, були настільки ж стійкими, як і дикий батьківський ряд. Аналогічно, *S. chacoense* досліджувався для молекулярних міток, пов'язаних зі стійкістю до бактеріальної гнилі, і для інтрогресії цієї стійкості у геном картоплі.

Дуже успішним підходом було трансгенне індукування дефіциту MMR у високопродуктивній лінії *S. chacoense*, з подальшою соматичною гібридизацією, оскільки велика кількість отриманих рослин проявляла як

антиксено- так і антибіотичну активність проти CPB [21]. Нещодавно за допомогою специфічних генних міток були ідентифіковані чотири гени стійкості до фітофтори: Rpi-blb1, Rpi-blb3, R3a та R3b у *S. bulbocastanum* та похідних SHs із сортами картоплі Delikat та Rasant. Ці гени були присутні також у поколіннях BC1 і BC2, а стійкість до фітофтори зберігалася разом із хорошими характеристиками бульб.

Генетичний пул диких видів *Solanum* також можна використовувати для боротьби з абіотичними стресами, такими як засолення, посуха та мороз. Наприклад, SHs, отримані від фузії картоплі з *S. bertaultii*, є толерантними до сольового стресу.

Заморожування є ще одним абіотичним фактором, який знижує врожайність картоплі, і соматичні гібриди (SHs) *S. tuberosum* + *S. malmeanum* виявилися морозостійкими. Крім того, SHs картоплі та *S. chacoense* демонструють різні рівні толерантності до посухи та солей, крім стійкості до колорадського жука (CPB).

Міжвидова соматична гібридизація давала добрі результати, але внутрішньовидова соматична гібридизація також виявилася придатною для покращення картоплі. Починаючи з 1990-х років, соматична гібридизація використовувалася для дослідження різних дигаплоїдних ліній картоплі, отриманих шляхом схрещування з *S. phureja* або через культуру пилку та тичинок *in vitro*. Результати фузії протопластів двох дигаплоїдних ліній картоплі спочатку не були дуже перспективними, але відновлення тетраплоїдів із цих двох ліній із цінними ознаками врожайності та стійкості швидко довело цінність цього підходу для селекції картоплі.

Крім того, внутрішньовидова фузія протопластів дозволила досягти стійкості до нематод, вірусів (PVY) та бактеріальних хвороб, спричинених *Phytophthora*. Внутрішньовидова гібридизація має обмежений потенціал, але, поки він не використаний повністю, його варто враховувати[22].

Під час міжвидової соматичної гібридизації можуть виникнути два основні обмеження:

1. Перенесення надмірної кількості чужорідного, дикого генетичного матеріалу разом із бажаним геном (генами) від дикого виду.

2. Генетичний дисбаланс, який призводить до соматичної несумісності.

Ці обмеження можуть проявлятися у ненормальному рості та розвитку SHs і/або регенерації безплідних рослин. Щоб зменшити “дикій слід”, інтрогресивна гібридизація супроводжується одним або кількома оберненими схрещуваннями соматичних гібридів із сортами картоплі. Мета цих процесів — з одного боку, усунути небажану частину дикого геному, а з іншого — зберегти цільові ознаки, успадковані від диких батьків, та відновити селекційно цінні сорти з високою врожайністю та якістю бульб.

Кілька експериментів довели, що згадані недоліки можна усунути шляхом багаторазових обернених схрещувань. Соматичні гібриди культивованої картоплі та *S. tarnii* були стійкими до фітофтори та PVY, і ці цінні ознаки успішно передавалися у покоління BC1, яке також демонструвало добру врожайність та якість бульб. Багаторічні польові оцінки SHs *S. etuberosum* + *S. tuberosum* та їх нащадків показали стабільну передачу та експресію стійкості до PLRV та PVY у трьох поколіннях BC1, BC2, BC3 та двох поколіннях BC1 і BC2 відповідно[23].

Крім того, стійкість до фітофтори може передаватися через селекцію від тетраплоїдних соматичних гібридів (*S. × michoacanum* + *S. tuberosum* та автофузованих *S. × michoacanum*) до звичайних сортів. Стійкість до бактеріальної гнилі передавалася у просунуті покоління SHs між *S. commersonii* та культивованою картоплею, і три високо стійкі клони (BC1 та BC2) були обрані як селекційний матеріал.

У випадку картоплі існує багато повідомлень про симетричну міжвидову соматичну гібридизацію між диплоїдними дикими видами та дигаплоїдними лініями картоплі. Основною проблемою більшості таких гібридів була безплідність, що ускладнювало відновлення цінних сортів. З цієї причини симетрична соматична гібридизація між тетраплоїдними сортами картоплі та диплоїдними дикими видами стала більш популярною.

Очікуваним результатом після фузії протопластів тетраплоїдної та диплоїдної картоплі є гексаплоїдні SHs, але серед них часто регенеруються анеуплоїдні або міксоплоїдні гібриди. Генетично гібриди можуть бути нестабільними та зазвичай втрачають хромосоми дикого виду на наступному етапі культури тканин, як це було у гібридів картоплі та *S. bulbocastanum*, але після двох обернених схрещувань з культивованою картоплею багато з них стабілізуються на рівні тетраплоїдів.

Теоретично гексаплоїдні або майже гексаплоїдні SHs картоплі схильні до видалення хромосом дикого виду та збереження лише кількох чужорідних хромосом або інтеграції деяких генів від дикого батька. Видалення хромосом у деяких міжвидових соматичних гібридів картоплі значною мірою залежить від філогенетичного зв'язку, типу геному (A, B, C, D та P), синхронізації клітинного циклу після фузії та взаємодії хромосом обох батьків під час мітозу.

Асиметричні соматичні гібриди можуть утворюватися як результат звичайної симетричної фузії або шляхом фрагментації ДНК донорського виду за методом “donor-recipient”. Виробництво асиметричних соматичних гібридів зацікавило селекціонерів, оскільки контрольований перенос хромосом прискорює та полегшує процес відновлення сортів. Зазвичай протопласти донора обробляють сублетальними дозами іонізуючого випромінювання, наприклад, гамма-променів, рентгенів або УФ-випромінювання, щоб індукувати розриви подвійної спіралі та часткове видалення геному[24].

Окрім опромінення, для індукції видалення хромосом можуть використовуватися хімічні агенти, такі як рестрикційні ендонуклеази, токсини веретена поділу або агенти конденсації хромосом. Застосування цих методів дозволило успішно отримати асиметричні гібриди картоплі з деякими дикими видами *Solanum* та міжродові соматичні гібриди.

Ще одним можливим обмеженням соматичної гібридизації є створення гібридів зі стійкими ознаками, але зниженою врожайністю та/або якістю

бульб (деформовані бульби). Існують різні рішення для подолання цих недоліків: використання гаплоїдизації та внутрішньовидової гібридизації дигаплоїдних ліній картоплі, або використання соматичної фузії, коли тетраплоїдні сорти картоплі зливаються з статевіо несумісними диплоїдними дикими видами, при цьому отримані гексаплоїди зазвичай є фертильними та схрещуються з іншими тетраплоїдними сортами.

Соматична гібридизація дозволила отримати велику кількість соматичних гібридів картоплі, деякі з яких були інтегровані у програми передселекції та селекції. Перевага цього методу полягає у перенесенні кількох генів стійкості, хоча контроль за генами, що переносяться з диких родичів у культуру, є складним. Вважалося, що асиметрична фузія дозволить кращий контроль за генетичним матеріалом, але незабаром було показано, що лише мала кількість донорської ДНК видаляється, і немає кореляції між дозою опромінення та фрагментацією ДНК.

На сьогодні можна застосовувати нові стратегії для кращого контролю генетичної долі SHs. Молекулярні мітки можуть використовуватися для відбору потрібних ознак або генів, а селекційний тиск, наприклад патотоксини, може застосовуватися для підвищення кількості SHs, стійких до певного патогену. Крім того, з'явилася можливість використовувати всі геномні інструменти для глибшого розуміння складності SHs та взаємодії шести геномів, об'єднаних штучною фузією в одній клітині.

1.4. Отримання безвірусного посадкового матеріалу.

Посіви картоплі (*Solanum tuberosum* L.) розмножуються вегетативно за допомогою бульб і стикаються з багатьма ризиками, спричиненими патогенними мікроорганізмами. Дуже важливо не допустити зараження хвороботворними мікроорганізмами при розмноженні. Рослини *in vitro* вільні від більшості патогенів, але все одно можуть бути інфіковані вірусами. Оскільки вірусні захворювання можуть спричинити серйозні втрати врожаю, важливо використовувати для розмноження безвірусні рослини за допомогою меристемної культури. Здорова насіннева картопля виробляється з рослин,

вільних від вірусів *in vitro*, протягом кількох поколінь розмноження. Однак під час розмноження в польових умовах деякі рослини, вільні від хвороб, можуть знову заразитися патогенними мікроорганізмами. Тому важливо розмножувати якомога більше вільних від хвороб рослин або бульб, використовуючи методи *in vitro*, і для цього необхідні вдосконалені методи розмноження тканинних культур.

Мінібульби – це дрібні бульби картоплі, отримані шляхом культурування тканин. З мікробульбами легше працювати, ніж з рослинами *in vitro*; Їх можна зберігати кілька місяців, а потім висаджувати прямо в поле. Тому мікробульби корисні для виробництва насінневої картоплі. Крім того, мікробульби можуть бути використані для отримання трансгенних рослин і для збереження зародкової плазми[25].

1.5. Особливості формування міні-бульб у закритому ґрунті

Розрізняють два основні методи отримання вихідного матеріалу в насінництві картоплі: у напів *in vivo* умовах (теплицях) із використанням паросткових, стеблових і листових живців та в штучних *in vitro* умовах.

Мікророслини, отримані *in vitro*, широко використовуються як основа в програмах насінництва картоплі по всьому світу.

Jones зазначав, що великомасштабне виробництво безпатогенних мікророслин *in vitro* було започатковано у Північній Америці штатом Нью-Йорк у 1978 році. У Латвії доктор Улдіс Міглавс у 1974 році першим запропонував включити методи мікророзмноження в програму насінництва картоплі.

Після цього в 1979 році новостворена лабораторія Прієкульської селекційно-дослідної станції (тепер — Державний Прієкульський інститут рослинництва) отримала головне завдання — розробити систему насінництва картоплі в Латвії на основі безвірусних мікророслин[26].

Хоча були створені рідинні струшувані культури (мікророслини *in vitro* розрізаються на стеблові живці з трьома-чотирма вузлами, кожен фрагмент поміщають у рідке живильне середовище, колби струшують, і через 2–3

тижні швидкого росту кожна колба містить 60–70 вузлів), найпоширенішим методом масового розмноження є розмноження шляхом відділення окремих вузлів.

Один цикл розмноження за допомогою вузових живців триває приблизно чотири тижні, і в середньому з однієї мікророслини можна отримати 3–5 нових живців.

Живильне середовище, запропоноване Murashige і Skoog (1962) — неорганічні солі та вітаміни (відоме як середовище MS) із додаванням сахарози 30 г/л та агару 6–8 г/л — є найпоширенішим для мікророзмноження картоплі *in vitro*.

Деякі автори зазначають застосування регуляторів росту рослин (PGR), таких як кінетини, гібереліни, ауксини. у середовище сприяє вкоріненню, проте Ranalli вказував, що окрема стадія вкорінення для мікророслин картоплі не потрібна, оскільки культурні пагони швидко утворюють корені.

Застосування регулятора росту Alar (дамінозиду) під час останнього пересаджування сприяє виживанню мікророслин після перенесення в теплицю.

Додатково до середовища можуть вводитися неорганічні солі — тетрагірат нітрату кальцію та діамонійфосфат, а високоякісну сахарозу можна успішно замінити звичайним цукром.

Питання генетичної стабільності мікророзмножених рослин завжди було в центрі уваги дослідників. У перші роки після впровадження *in vitro* розмноження здорового вихідного матеріалу в систему насінництва картоплі жодних виявлених змін, спричинених процедурами *in vitro*, не було знайдено за морфологічними та біохімічними критеріями.

Рослини, отримані з меристем, можуть бути більш генетично стабільними, ніж ті, що отримані з інших *in vitro* процедур (наприклад, із листових дисків). Однак, мутації можуть виникати, коли рослини походять із малих експлантів, таких як меристеми.

Ahloowalia дослідив фенотипічну стабільність мікророслин і міні-бульб, проводячи тепличний експеримент із тисячами рослин. Його результати показали лише варіацію листків однієї гілки однієї рослини. Було виявлено кілька міні-бульб, що відрізнялися від типу, але під час наступного розмноження вони знову відповідали вихідному типу.

Міні-бульби, отримані з мікророслин, були перевірені на генетичну варіацію в польових умовах. Жодної генетичної мінливості не виявлено; однак автори зазначили, що клональні лінії з меристем відрізнялися за інтенсивністю цвітіння, висотою стебел та однорідністю рослин.

І досі існують різні точки зору щодо того, чи потрібно оновлювати вихідний матеріал для мікророзмноження щороку (через меристеми, верхівкові живці та інші методи), чи його можна отримувати з колекцій, де вихідні рослини зберігаються тривалий час.

Адаптація (загартування) мікророслин

Різні автори мають різні погляди на необхідність етапу адаптації *in vitro* рослин перед висаджуванням їх у виробничі контейнери в теплицях.

Мікророслини картоплі можуть висаджуватися в малі контейнери — наприклад, у паперові горщики, пластикові рулони або в касети з малими комірками заповнені певним субстратом (наприклад, удобреним торфом). Рослини можна утримувати при зниженому освітленні.

Після етапу адаптації рослини зазвичай пересаджують у більші ємності або на інший субстрат.

З іншого боку, повідомляється, що мікророслини можна висаджувати безпосередньо в теплицю, минаючи етап адаптації.

Методи вирощування міні-бульб

Із літератури можна виділити дві основні ознаки, за якими міні-бульби відрізняються від мікробульб і звичайних насінневих бульб.

Перша ознака — спосіб отримання міні-бульб. Більшість авторів погоджуються, що міні-бульби виробляються з отриманих *in vitro*

мікророслин картоплі в тепличних умовах — або в ґрунті, або в безґрунтових системах, таких як гідропоніка й аеропоніка, або навіть у польових умовах.

Спосіб виробництва відрізняє міні-бульби від мікробульб, які формуються *in vitro*. Деякі автори також зазначають, що міні-бульби можуть бути отримані з мікробульб.

Друга ознака — розмір міні-бульб, який є менш однозначним. Struik і Wiersema узагальнили, що розмір міні-бульб може варіювати від 5 до 25 мм, хоча в багатьох системах насінництва картоплі зустрічаються і більші міні-бульби.

Деякі системи насінництва передбачають вирощування міні-бульб безпосередньо в польових умовах, незважаючи на крихкість посадкового матеріалу і необхідність обережного поводження.

Більшість програм насінництва вже понад два десятиліття тому включали тепличне вирощування міні-бульб.

Незважаючи на широке впровадження безґрунтових систем у всьому світі, вирощування міні-бульб картоплі в теплицях у звичайних субстратах (ґрунт, торф тощо) досі вважається простим і дешевим способом виробництва; тому його можна назвати традиційною системою виробництва міні-бульб.

Основна мета початкового насінництва картоплі — отримати якомога більше середніх за розміром міні-бульб із хорошим фітосанітарним станом з однієї *in vitro* мікророслини або з одиниці площі теплиці.

П'ять основних параметрів, якими можна керувати під час виробництва міні-бульб:

1. кількість міні-бульб на одну *in vitro* рослину;
2. кількість міні-бульб на одиницю площі;
3. середня маса однієї міні-бульби;
4. врожайність міні-бульб з однієї рослини;
5. врожайність міні-бульб з одиниці площі.

Для регулювання цих параметрів застосовують різні агротехнічні прийоми — густоту посадки, тип субстрату, систему удобрення, вид контейнера тощо. Часто ці фактори взаємодіють, тому зміна одного може впливати на інші показники врожайності.

Урожайність міні-бульб (кількість)

Кількість отриманих бульб — найважливіший показник у виробництві міні-бульб для насіннєвих цілей.

Кількість міні-бульб зазвичай коливається від 2 до 5 бульб на одну рослину. Середні дані, отримані різними авторами, відповідають цьому діапазону. Різницю між сортами за кількістю бульб на рослину підтверджують численні дослідження.

Дослідження впливу густоти посадки на урожайність показали, що збільшення густоти зменшує кількість і розмір бульб на рослину, але підвищує кількість бульб на одиницю площі.

Хоча дослідження Роя та ін. і Векена з Ломменом частково збігаються за найменшою густотою посадки (25 рослин/м²), результати суттєво відрізнялися: Рой отримав у середньому 11,1 міні-бульби на рослину, тоді як Векен і Ломмен — лише 5,4 міні-бульби через 10 тижнів після посадки.

Ці відмінності можна пояснити різними факторами — сортом, типом ємностей (пластикові коробки у Векена і Ломмена, великі розсадні грядки у Роя), товщиною шару субстрату (10 см і 18 см відповідно), складом і удобренням субстрату, а також додатковими агротехнічними заходами, такими як додаткове освітлення та підгортання.

Вплив in vitro етапу на подальше утворення міні-бульб

Багато дослідників намагалися зрозуміти, як умови вирощування на етапі in vitro впливають на подальшу продуктивність мікророслин у теплицях.

Повідомлялося, що урожай міні-бульб у теплиці можна підвищити, змінюючи умови вирощування in vitro.

Тривале перебування на етапі *in vitro* негативно впливає на формування міні-бульб. Натомість Мілінкович та ін. повідомили протилежні результати — позитивний ефект подовження періоду *in vitro*, що забезпечив на 97% більше міні-бульб, ніж у контрольному варіанті.

Скорочення фотоперіоду під час останніх пересадок *in vitro* може позитивно впливати на подальше утворення міні-бульб у теплицях, але Мілінкович та ін. не підтвердили цього ефекту[27].

За результатами дослідження Отроші, нижча температура на етапі *in vitro* сприяла формуванню більших міні-бульб, але не впливала на їх кількість. Проте Тадессе та ін. отримали протилежні результати — зміна температури *in vitro* не впливала суттєво на середню масу міні-бульб.

Подальші дослідження необхідні для глибшого розуміння впливу фізичних факторів на етапі *in vitro* на продуктивність мікророслин у теплицях, зокрема для стабільного отримання великої кількості якісних міні-бульб.

1.6. Вплив середовища на формування міні-бульб у теплицях, аеробних/гідропонних установках

В останні роки мінібульби вихідного насінневого матеріалу стали надзвичайно популярною групою товарів на світовому ринку. Це сприяло необхідності розробки різних стандартизованих методів у технологічному процесі виробництва мінібульб для їх подальшого використання у виробництві насінневої картоплі[28].

Довгий час розробка основних технологій вирощування міні-бульб здійснювалася в опалювальних тепличних комплексах. Але в майбутньому, через високі витрати на опалення, освітлення та заміну ґрунту, ця технологія стала економічно неефективною. Багато виробників перейшли на більш економічні традиційні технології вирощування міні-бульб для насінневого матеріалу[29].

На практиці було встановлено, що в каркасних укритих приміщеннях тунельного типу (теплицях), де дотримуються суворі умови контролюваного

середовища та заходи захисту від шкідників у весняно- літній період, можна досягти оптимальних результатів у вирощуванні мінібульб, які відповідатимуть усім стандартам світового ринку. Після збору врожаю з кожної партії мінібульб відбирають зразки для лабораторних досліджень з метою виявлення фітопатогенів. Їх також сортують на фракції за розміром, оскільки це є важливою вимогою технологічного процесу, як у виробництві, так і в обсязі торгівлі.

Відповідно до міжнародних стандартів, мінібульби розміром від 9 до 60 мм в діаметрі дозволені до використання. І цей технологічний процес підтвердив, що вирощування мінібульб в рамкових приміщеннях є досить ефективним і дозволяє досягти високих показників кількісного врожаю стандартної фракції - 75-85%[30].

Існує також гідропонний метод вирощування мінібульб. Цей метод виключає використання землі та торф'яного ґрунту, оскільки всі картопляні рослини, які будуть розміщені в спеціальних відсіках гідропонного модуля, будуть живитися поживним розчином різних макро- та мікросолей, спеціально розроблених для цієї технологічної процедури.

Гідропонний метод дозволяє вирощувати міні-бульби цілий рік і максимально виключає ризик вірусної інфекції ззовні. Технологія аеропонного вирощування. Аеропоніка — це метод вирощування рослин, при якому коріння рослини повинно постійно або періодично перебувати в поживному середовищі у вигляді туману або аерозолі. Аеропонні установки повинні бути максимально ізольовані від зовнішнього середовища, щоб підтримувати високий рівень фітогігієни та захищати від шкідників і хвороб.

Експерименти та дослідження показали, що аеропонна технологія дозволяє отримати, залежно від сорту, від 40 до 100 міні-бульб з одного куща. З аеропонних комплексів, зібраних на площі 1000 м², було отримано близько 1 мільйона міні-бульб протягом одного року. Економічні розрахунки також підтвердили ефективність цього методу вирощування[31].

Аерогідропоніка. У сучасній практиці найбільше значення набули комбіновані аерогідропонні технології, аерація кореневої системи (аеропоніка) поєднується з безперервним або періодичним зануренням у живильний розчин (гідропоніка).

Розташування рослин на модулі становить 200×200 мм, загальна кількість місць — 50, загальна площа модуля для посадки — 95×65 мм[32].

1.7. Економічні та екологічні аспекти вирощування міні-бульб

Виробництво сертифікованих насіннєвих бульб передбачає подолання складної комбінації технічних, екологічних, інституційних та економічних обмежень. У сукупності це зазвичай призводить до того, що кінцевий продукт є дорогим, має сумнівну якість, потребує років для виробництва або випускається в обмеженій кількості — або ж поєднує всі ці недоліки. Однією з головних економічних проблем високоякісних насіннєвих бульб, вироблених у формальних системах країн, що розвиваються, є їхня вартість для кінцевих користувачів[33]. Такий садивний матеріал може становити від 30 до 70 % загальних витрат на виробництво комерційного врожаю. Його висока ціна унеможлиблює використання більшістю малозабезпечених фермерів, які переважають у секторі виробництва картоплі в цих країнах. Щоб послабити цю проблему, поширеною практикою багатьох програм з виробництва насіння є вирощування остаточного насіння (сертифікованого, авторизованого або перевіреного — залежно від законодавства кожної країни) після трьох-п'яти поколінь розмноження у відкритому полі, щоб збільшити обсяги та знизити витрати, але з ризиком втрати фітосанітарної якості.

Формальне виробництво насіннєвих бульб зазвичай має три етапи розмноження. Перший відбувається в лабораторіях мікророзмноження, де отримують *in vitro* сіянці або живці з високою сортовою чистотою та фітосанітарною якістю[34]. Другий етап — це виробництво пре-базового насіння у вигляді міні-бульб у контрольованих умовах (теплиці або сітчасті

споруди). Третій етап полягає у перенесенні міні-бульб у відкритий ґрунт для збільшення обсягів і отримання базового насіння та інших категорій відповідно до законодавства кожної країни. Ця модель зазнала різних модифікацій, зумовлених технологічним розвитком або необхідністю адаптації до специфічних умов кожного виробничого центру[35].

Ця стаття зосереджується на технологіях, що використовуються на другому етапі — виробництві пре-базового насіння або міні-бульб. Виробництво великої кількості високоякісних міні-бульб за низькою ціною, у відносно короткий термін і в екологічно безпечний спосіб є ключовим елементом для вдосконалення як формальних, так і альтернативних систем насінництва, тобто систем, які дотримуються правил і стандартів, близьких до формальних, але краще адаптовані до місцевих умов і можливостей дрібних фермерів. Наприклад, стратегія 3G (3 покоління), запропонована Міжнародним центром картоплі (CIP)[36]. Основна інновація цієї стратегії полягає у виробництві великої кількості міні-бульб за одне покоління з використанням аеропоніки. Це дає змогу отримати остаточне насіння лише після двох поколінь у полі замість трьох-п'яти. Насіннєві бульби продаються дрібним фермерам, які проходять навчання з повторного використання насіння без втрати якості — наприклад, за допомогою простих методів позитивного відбору та поліпшеного зберігання[37]. Ця стратегія також може включати концепцію “насіння з підтвердженою якістю” — насіння, сертифіковане виробником на основі децентралізованої системи контролю якості.

Виробництво міні-бульб із використанням ґрунтових субстратів або сумішей твердих матеріалів поширене в усьому світі. Рослини *in vitro* зазвичай висаджують безпосередньо в грядки в теплицях або сітчастих спорудах. Коефіцієнти розмноження в таких традиційних або субстратних системах зазвичай низькі (приблизно десять міні-бульб на рослину), що підвищує собівартість продукції[38]. Крім того, субстрати дезінфікують за

допомогою високих температур або токсичних речовин, які негативно впливають на довкілля та здоров'я людей.

Альтернативною технологією отримання міні-бульб є гідропоніка. Один зі специфічних варіантів гідропоніки, відомий як *telhas de fibrocimento* (азбестоцементні жолоби), ґрунтується на техніці тонкої поживної плівки (NFT). Технологія передбачає використання ряду каналів або жолобів, встановлених на дерев'яних опорах, через які циркулює тонкий шар поживного розчину, що зволожує корені рослин. Цей тип гідропоніки успішно розвинуто в Бразилії, де його застосовує EMBRAPA[39].

Напівгідропоніка, також відома як пасивна гідропоніка, — це технологія, коли рослини ростуть у інертному середовищі, яке транспортує воду й добрива до коренів за рахунок капілярного підняття з окремого резервуара. Це поєднання твердих субстратів і гідропоніки також було адаптовано в Андійському регіоні. У Колумбії ця технологія була розроблена в результаті співпраці національної сільськогосподарської дослідницької програми (CORPOICA) та компанії McCain. В Еквадорі національна програма (INIAP) розробила систему виробництва міні-бульб напівгідропонним методом, засновану на прямій висадці *in vitro* рослин у ґрядки в теплиці.

Одним із різновидів гідропоніки є аеропоніка. При цій технології корені рослин картоплі знаходяться в темному контейнері й піддаються дії тонкого туману з поживного розчину. Аеропоніка використовувалася як дослідницький інструмент, а також у програмах виробництва міні-бульб у Кореї і Китаї. Повідомляється, що коефіцієнти розмноження при цьому значно вищі, ніж у традиційних системах, при меншому використанні води та без твердих субстратів. Nichols наголошує на потенціалі аеропоніки у скороченні принаймні одного покоління насіннєвого розмноження в полі, зниженні витрат і підтриманні високої фітосанітарної якості[40]. Таким чином, аеропоніка була адаптована CIP та національними партнерами в

Болівії, Колумбії, Перу, Еквадорі, Ефіопії, Кенії, Уганді та Малаві в рамках стратегії 3G.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Місце проведення дослідження.

Дослідження проводилось в Сумському національному аграрному університеті при дотриманні усіх вимог «Методики визначення сортових та посівних якостей насіннєвої картоплі».

Вирощування рослин проводили в умовах закритого ґрунту при контролюванні навколишнього довкілля. Вивчення показників продуктивності розсади проводили після висаджування міні-бульб картоплі у спеціальні ємності. Попередня підготовка посадкового матеріалу, включаючи адаптацію та укорінення міні-бульб, сприяла підвищенню відсотка їх приживлюваності та забезпечила рівномірний розвиток рослин. Використання ємностей дозволяло контролювати умови зволоження та живлення, що покращувало формування кореневої системи та оптимізувало густоту стояння рослин.

2.2. Схема досліду

Мінібульби- це бульби маса яких складає 0,5-25г, вони одержані завдяки вирощуванню у культивацийних спорудах або у відкритому ґрунті, в умовах ізоляції від інфекцій та збудників хвороб, особливо вірусних.

Під час підготовки до досліду особливу увагу було приділено вибору сортів картоплі, та їх мінібульб.

Вихідним матеріалом для дослідження стали сорти картоплі Бела Роса, Гранада та Орла. Ці сорти мають високу пластичність до умов вирощування, швидко формують бульби та мають вислук генетичу стійкість до хвороб і стресів. Булиби цих сортів були отримані з Проблемно науково-дослідної лабораторії «Інституту проблем картоплярства Північного Сходу України» Сумського національного аграрного університету.

Для проведення досліду з вивчення особливостей вирощування мінібульб сортів картоплі в умовах закритого ґрунту використовували пластикову ємність прямокутної форми розміром приблизно 65 × 40 × 20 см (довжина × ширина × глибина). Орієнтовний об'ємності становив близько

50л, що забезпечувало достатній обсяг субстрату для розвитку кореневої системи рослин.

На дно ємності було укладено дренажний шар, після чого внесено підготовлений субстрат. Висаджування мінібульб здійснювали у п'ять паралельних рядків з відстанню між ними близько 8–10 см. Відстань між бульбами в рядку становила 4–5 см. Глибина загортання мінібульб — 3–4 см.

Такі параметри дозволили забезпечити рівномірне розміщення посадкового матеріалу, оптимальний повітряно-водний режим у субстраті та спостереження за ростом і розвитком рослин у контрольованих умовах теплиці.

Склад та підготовка субстрату для висадження

Для вирощування мінібульб картоплі використовували готовий універсальний субстрат «Щедра земля», призначений для розсади овочевих, квіткових та декоративних культур. Субстрат має оптимальну структуру і збалансований вміст поживних речовин, що забезпечує сприятливі умови для проростання мінібульб і розвитку кореневої системи.

До складу субстрату входять:

- високоякісний верховий торф,
- біогумус,
- агроперліт,
- комплекс мінеральних добрив (азот, фосфор, калій, мікроелементи).

Реакція середовища (pH) становить 5,5–6,5, що є оптимальним для вирощування картоплі. Завдяки високій вологості та хорошій аерації, субстрат «Щедра земля» сприяє формуванню рівномірних і здорових паростків, запобігає ущільненню ґрунту та розвитку гнилей.

Перед висаджуванням субстрат було злегка зволожено до вологості 65–70 % від повної вологості. Додаткової стерилізації не проводили, оскільки субстрат реалізується у готовому до використання вигляді, з

попередньою термічною обробкою та нейтралізацією від патогенних мікроорганізмів.

Умови вирощування

Дослід проводили в умовах закритого ґрунту (теплиці), де підтримувався контрольований мікроклімат:

- температура повітря вдень — $+20...+22\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- вночі — $+16...+18\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість повітря — 70–80 %;
- освітлення — природне з додатковим штучним освітленням до 12–14 годин світлового дня за допомогою LED-ламп (інтенсивність $\sim 8\text{--}10$ тис. лк).

Полив проводили ручним обприскуванням дрібнодисперсною водою, уникаючи перезволоження. Температура поливної води становила $+20...+22\text{ }^{\circ}\text{C}$.

При закладанні досліду було передбачено такі варіанти висадки:

1. Контроль(К)- висаджували на субстрат «Щедра земля» без обробки бульб.
2. Варіант 1(В1)- висаджували на субстрат «Щедра земля» з обробкою бульб препаратом Гумікор.

Обробка препаратом проводилась в декілька етапів:

1. Перед посадкою- оброблялися міні бульби картоплі шляхом оприскування їх.
2. Під час вегетації- додаткове оприскування розчином для стимуляції росту та розвитку рослин, підвищення стресостійкості.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Слабкою стороною прискореного розмноження картоплі шляхом черенкування в пробірках залишається етап акліматизації, тобто перехід культури з лабораторного середовища до умов ґрунту. Під час висаджування у відкритий або закритий ґрунт коренева система мікророслин часто зазнає значного стресу, внаслідок чого частина коренів відмирає, а рослини важко приживаються, сповільнюють ріст і розвиток. Це зумовлює необхідність створення перехідного етапу вирощування в умовах контрольованого мікроклімату, що дозволяє поступово адаптувати рослини до зовнішніх чинників.

Для забезпечення високого рівня приживлення ми вирощували мінібульби картоплі в умовах культиваційних теплиць, де було створено оптимальні умови для росту і розвитку рослин: підтримувалася стабільна температура, вологість, освітленість, а також проводився регулярний полив дрібнодисперсною водою. Такі умови дають змогу уникнути інфікування рослин, контролювати рівень живлення та сприяти формуванню здорових бульб із високим потенціалом продуктивності.

У межах даного дослідження роботу було спрямовано на удосконалення технології вирощування мінібульб картоплі в умовах закритого ґрунту. Основну увагу приділяли аналізу процесів росту, формування бульб, а також вивченню впливу біостимулятора Гумікор на фізіологічний стан рослин, їх життєздатність, адаптивність і врожайність.

Крім того, важливим аспектом було визначення оптимальних параметрів мікроклімату (температури, вологості, освітленості) та режиму живлення, які забезпечують найкраще укорінення та розвиток мінірослин. Отримані результати мають практичне значення для вдосконалення біотехнологічного процесу виробництва вихідного садивного матеріалу

картоплі та підвищення ефективності системи прискореного розмноження культури.

3.1. Особливості осту та розвитку рослин

У процесі дослідження ми з'ясували що на ріст рослин вплинули як і сортові особливості, так і умови вирощування. Мінібульби сортів Бела Роса, Гранада та Орла, що були висаджені в контрольному варіанті, проростали нерівномірно, а поява сходів почалася на 2-3 дні пізніше ніж у варіанті з обробкою.

У варіанті з обробкою було видно що сходи з'являються дружніше, а вже на 15 день після появи сходів висота рослини була більше на 4 -5 см від висоти рослин контролю, таблиця 1. Забарвлення листів було значно зеленішим.

Таблиця 1

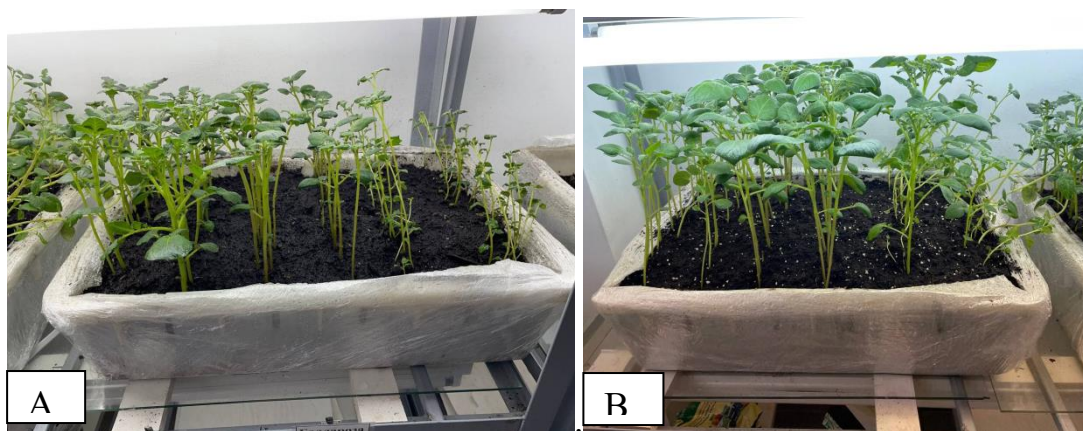
Динаміка росту міні бульб

Сорт	Варіант	Висота рослини см, на 15 день	Висота рослини см, на 30 день	Висота рослини см, на 45 день
Бела Роса	Контроль	9,5	17,8	28,4
Бела Роса	Варіант 1	13,2	22,5	34,1
Гранада	Контроль	8,7	16,9	27,3
Гранада	Варіант 1	12,6	21,4	33,0
Орла	Контроль	9,0	18,2	29,0
Орла	Варіант 1	13,0	23,0	35,2

Аналіз отриманих даних свідчить, що обробка мінібульб препаратом Гумікор позитивно вплинула на інтенсивність ростових процесів у всіх досліджуваних сортів картоплі. Уже на 15-й день після появи сходів рослини у варіанті з обробкою мали більшу висоту порівняно з контролем у середньому на 4–5 см, що підтверджує стимулюючу дію препарату на початкові етапи росту.

На 30-й і 45-й день спостерігалось подальше зростання різниці між контрольними і дослідними рослинами. Найвищі показники зафіксовано у сорту Орла — 35,2 см на 45-й день у варіанті з обробкою, що на 6,2 см перевищує контроль. Подібна тенденція відзначена і в сортів Бела Роса та Гранада, у яких приріст висоти становив відповідно 5,7 см і 5,7 см.

Отже, використання препарату Гумікор сприяло прискоренню росту надземної маси картоплі, покращенню розвитку рослин та формуванню більш інтенсивного забарвлення листків, що свідчить про підвищення рівня фотосинтетичної активності, малюнок 1.



Малюнок 1. А- рослини картоплі на 15 день сходів у контрольному варіанті.

В- рослини картоплі на 15 день сходів у варіанті з обробкою

3.2. Біометричні показники

Таблица 2

Кількість стебл у рослин міні бульб залежно від варіанту обробки

Сорт	Варіант	Кількість стебл, шт.	Візуальна характеристика
Бела Роса	Контроль	2-3	Листки світло зелені, рослини менш рівномірні
Бела Роса	Варіант 1	3-5	Рослини густі, мають міцні стебла, колір листіків – темно- зелений
Гранада	Контроль	2-3	Кущі середньої густоти, стебла

			тонкі, листя-бліде
Гранада	Варіант 1	3-4	Рослина міцніша, стебла товсті, листики насиченого кольору.
Орла	Контроль	2-3	Спостерігається нерівномірний ріст, стебла тонкі.
Орла	Варіант 1	3-5	Кущі густіші, стебла товщі, листя має темно-зелений колір.

За результатами спостережень встановлено, що обробка мінібульб препаратом «Гумікор» позитивно вплинула на біометричні показники рослин усіх досліджуваних сортів. У варіантах з обробкою спостерігалось збільшення кількості стебел, потовщення їхньої структури та інтенсивніше забарвлення листків. Найбільшу кількість стебел сформували рослини сорту Бела Роса (3–5 шт.), що свідчить про активніше кущення та краще засвоєння поживних речовин.

Таким чином, застосування препарату «Гумікор» сприяє формуванню більш розвинених і життєздатних рослин мінібульб картоплі, забезпечуючи рівномірніший ріст і підвищення потенційної врожайності.

3.3. Формування міні бульб

Під час процесу дослідження було встановлено, що застосування біостимулятора сприяло кращому процесу бульбоутворення, підвищило врожайність у всіх досліджуваних сортів картоплі.

У варіанті з обробкою ми можемо спостерігати збільшення кількості бульб на одну рослину та збільшення їх середньої маси.

Це можна пояснити дією гумінових кислот та фітогормонів у складі препарату, вони стимулюють обмін речовин, також покращують живлення рослин і активізують процес формування бульб

Таблиця 3

Формування мінібульб картоплі залежно від варіанту обробки

Сорт	Варіант обробки	Кількість міні бульб шт./рос.	Середня маса однієї бульби, г
Бела Роса	Контроль	4-6	10-12
Бела Роса	Варіант 1	6-9	15-18
Гранада	Контроль	3-5	9-11
Гранада	Варіант 1	6-8	14-17
Орла	Контроль	4-5	10-11
Орла	Варіант 1	7-9	15-16

За результатами дослідів ми можемо сказати що обробка бульб препаратом сприяла підвищенню продуктивності рослин. У всіх сортів спостерігалось збільшення кількості маси бульб, а також їх якості.

Найвищі показники формування міні бульб зафіксовані у сорту Бела Роса, що свідчить про його кращу реакцію на дію біостимулятора.

Отже, застосування препарату Гумікор є доцільним технологічним прийомом при вирощуванні міні бульб в умовах закритого ґрунту, оскільки він забезпечує покращення ростових процесів і підвищує продуктивність.

3.4 Фізіологічний стан та стійкість рослин

У ході проведення дослідів встановлено, що фізіологічний стан рослин мінібульб картоплі значною мірою залежав від умов вирощування та застосування препарату Гумікор. Дослідження проводили в умовах закритого ґрунту (теплиці), де підтримувався стабільний мікроклімат: температура повітря вдень становила +20...+22 °С, уночі — +16...+18 °С, відносна вологість підтримувалася на рівні 70–80 %. Освітлення було комбінованим — природне із додатковим штучним освітленням LED-лампами, що забезпечувало 12–14 годин світлового дня з інтенсивністю 8–10 тис. лк.

Полив проводили ручним обприскуванням дрібнодисперсною водою температурою +20...+22 °С, уникаючи перезволоження.

Такі умови сприяли створенню оптимального середовища для росту і розвитку рослин, проте саме використання препарату Гумікор позитивно вплинуло на стійкість рослин до незначних коливань температури та вологості, які могли виникати протягом періоду вирощування.

У варіанті з обробкою Гумікором спостерігалось:

- більш інтенсивне зелене забарвлення листків, що свідчить про підвищену активність фотосинтезу;
- довший період збереження тургору, навіть при короткочасному зниженні вологості повітря;
- відсутність ознак пригнічення росту чи передчасного пожовтіння листя;
- рівномірний розвиток кущів і збалансований ріст надземної та підземної частин рослини.

У контрольному варіанті, навпаки, зафіксовано менш інтенсивне забарвлення листя, у деяких рослин спостерігалися ознаки в'янення після тимчасових перепадів температури, а відновлення рослин відбувалося повільніше. Це вказує на нижчу адаптивну здатність рослин без стимулювальної дії гумінових речовин.

Позитивний вплив Гумікору пояснюється його біологічно активним складом, який містить:

- гумінові речовини — підвищують доступність поживних елементів і покращують структуру ґрунту;
- амінокислоти, вітаміни, ферменти — підсилюють метаболізм і активують антиоксидантну систему;
- фітогормони (ауксини, цитокініни, гібереліни) — регулюють ріст і розвиток рослин, прискорюють утворення нових клітин і формування бульб;

- корисну мікрофлору, яка стабілізує мікробіологічні процеси у зоні коренів (ризосфері).

У результаті дії препарату покращувався водний режим рослин, підвищувалася ефективність фотосинтезу та здатність до саморегуляції під дією короткочасних стресових факторів.

Отже, застосування Гумікору в умовах теплиці сприяло підтриманню високого фізіологічного стану рослин, підвищенню їх стійкості до стресів, активнішому росту та формуванню більш продуктивних і життєздатних кущів мінібульб картоплі.

ВИСНОВКИ

У результаті проведених досліджень з вивчення особливостей вирощування мінібульб картоплі різних сортів в умовах закритого ґрунту встановлено, що застосування біостимулятора Гумікор має суттєвий позитивний вплив на ріст, розвиток, фізіологічний стан і продуктивність рослин. Отримані результати свідчать про високу ефективність використання цього препарату на етапі формування вихідного садивного матеріалу картоплі, що є одним із ключових елементів біотехнологічної системи прискореного розмноження культури.

Під час досліду було доведено, що однією з основних проблем при вирощуванні мікророслин і мінібульб картоплі є перехід рослин із лабораторних умов до ґрунту, оскільки на цьому етапі вони зазнають значного стресу. Використання тепличних умов із контрольованими параметрами мікроклімату (температури, вологості, освітленості) дозволило суттєво підвищити рівень приживлення рослин і знизити відсоток їх загибелі. При цьому важливу роль відіграло застосування препарату Гумікор, який посилював адаптаційні можливості мікророслин, забезпечуючи м'якший перехід до ґрунтового середовища.

Результати досліджень свідчать, що ростові процеси у всіх досліджуваних сортів картоплі (Бела Роса, Гранада, Орла) активізувалися під впливом обробки біостимулятором. Уже на 15-й день після появи сходів висота рослин у варіанті з Гумікором перевищувала контроль у середньому на 4–5 см. З подальшим розвитком рослин ця різниця зростала, досягаючи 5,7–6,2 см на 45-й день. Це свідчить про стимулюючу дію препарату на ріст надземної частини, активізацію фотосинтетичних процесів і поліпшення загального фізіологічного стану рослин.

Позитивний вплив біостимулятора проявлявся також у зміні морфологічних показників — збільшенні кількості стебел, потовщенні їх структури та формуванні темно-зеленого забарвлення листків, що є ознакою високого вмісту хлорофілу та інтенсивнішого фотосинтезу. Найвищі

показники за цими параметрами зафіксовано у сорту Бела Роса, де кількість стебел сягала 3–5 шт. у варіанті з обробкою, тоді як у контролі — лише 2–3. Це вказує на покращене кущення, що безпосередньо впливає на майбутню врожайність.

Аналіз процесів формування мінібульб показав, що застосування Гумікору сприяло збільшенню як кількості, так і середньої маси бульб у всіх досліджуваних сортів. Так, у варіантах із обробкою кількість мінібульб на одну рослину зростає в середньому на 2–3 шт., а середня маса однієї бульби — на 4–6 г. Найбільшу кількість і масу бульб отримано у сорту Бела Роса (6–9 шт. із середньою масою 15–18 г), що підтверджує його високу реактивність до дії біостимулятора. Отже, Гумікор не лише підсилює рістові процеси, а й сприяє підвищенню продуктивності рослин, забезпечуючи формування більшої кількості повноцінних мінібульб.

Важливим аспектом є також покращення фізіологічного стану рослин під впливом Гумікору. У варіантах з його застосуванням спостерігалось більш інтенсивне зелене забарвлення листків, рівномірний розвиток кущів, довший період збереження тургору та відсутність ознак пригнічення росту навіть за короткочасних коливань температури або вологості. Це свідчить про підвищену стійкість рослин до стресових факторів, що особливо важливо для тепличних умов, де навіть незначні зміни мікроклімату можуть впливати на розвиток культури.

Покращення стійкості пояснюється біологічно активним складом Гумікору, який містить гумінові речовини, фітогормони, амінокислоти, ферменти та вітаміни. Гумінові сполуки сприяють кращому засвоєнню поживних елементів і стимулюють розвиток кореневої системи, фітогормони (ауксини, цитокініни, гібереліни) активізують ріст клітин і процеси поділу, тоді як амінокислоти та вітаміни забезпечують антистресовий ефект і стабілізують метаболізм. Крім того, корисна мікрофлора, присутня у складі препарату, сприяє підтриманню здорового мікробіологічного балансу у зоні коренів, що додатково покращує живлення та загальний стан рослин.

Отримані результати підтверджують, що оптимальні умови вирощування в теплиці — температура +20...+22 °С удень, +16...+18 °С уночі, відносна вологість 70–80 %, освітленість 8–10 тис. лк із тривалістю світлового дня 12–14 годин — у поєднанні з використанням Гумікору створюють найбільш сприятливе середовище для формування високоякісного вихідного садивного матеріалу картоплі. Застосування біостимулятора дозволяє ефективніше використовувати потенціал сортів і підвищити коефіцієнт розмноження культури.

Таким чином, проведене дослідження доводить, що використання біостимулятора Гумікор є доцільним і перспективним елементом технології вирощування мінібульб картоплі в умовах закритого ґрунту. Препарат забезпечує:

- інтенсивніший ріст і розвиток рослин на ранніх етапах онтогенезу;
- покращення біометричних показників (висота, кількість і товщина стебел, забарвлення листків);
- підвищення кількості та маси сформованих мінібульб;
- покращення фізіологічного стану й стійкості рослин до стресових факторів;
- збільшення загальної продуктивності культури та якості садивного матеріалу.

Разом з тим результати дослідження свідчать, що тема використання біостимуляторів при вирощуванні мінібульб картоплі потребує подальшого вивчення. Доцільним є проведення додаткових експериментів для визначення оптимальних концентрацій і способів внесення препарату Гумікор, а також його поєднання з іншими біологічними засобами стимуляції росту. Перспективним напрямом є також дослідження впливу препарату на біохімічний склад бульб, їх зберігання, схожість і стійкість до хвороб у

подальших поколіннях. Проведення таких робіт дозволить більш глибоко оцінити механізми дії біостимулятора та розробити науково обґрунтовані рекомендації для його практичного використання у виробництві.

Отже, застосування препарату Гумікор у технології вирощування мінібульб картоплі в умовах закритого ґрунту є ефективним способом підвищення якості садивного матеріалу та загальної продуктивності культури, а подальші дослідження у цьому напрямі сприятимуть вдосконаленню біотехнологічних процесів і розвитку інноваційних методів у картоплярстві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бугаєва І.П., Сніговий В.С. Культура картоплі на Півдні України.- Херсон, 2002.- 176 с. 5.
2. Алексеєв І.В. Індустріальна технологія виробництва картоплі / І.В. Алексеєв, А.С. Мороз, Р. М.Романів, І.Б. Хома. – Львів: «Бескид Біт», 2003. – 152 с.
3. Андрійчук В.Г. Внутрішня будова ринку сільськогосподарської продукції, теорика - методологічний аспект / В.Г. Андрійчук // Економіка АПК. – 2004. - №3. – С. 29-34.
4. Бойко В.І. До проблеми формування ринку картоплі / В.І. Бойко // Економіка АПК. – 2004. – №3. – С. 35–37.12. Бульботко Г. В. Картопля / Г.В. Бульботко. – Київ: Урожай. – 1997. С. 74-77.
5. Бурковська А.В. Культура картоплі на півдні України / А.В. Бурковська // Економіка АПК. – 2004. - № 12. – С. 107-109.
6. Біотехнологія *in vitro* в отриманні незараженої насіннєвої картоплі. Таврійський науковий вісник № 85. 2020.- с 49-55
7. Влох.В.Г. Рослинництво / В.Г.Влох, С.В. Дубровицький, Г.С. Кияк, Д.М. Онищук. – Київ: Вища школа. 2005. – 382 с.
8. Гамаюнов В.Є. Продуктивність і якість бульб в залежності від добрив / В.Є.Гамаюнов, С.М. Грабовецький // Проблеми та перспективи розвитку зрошуваного землеробства на півдні України. – 2003. – С. 54-56
9. Теслюк П. Каталог сортів картоплі та пошкодження бульб / П. Теслюк, В. Сорока, Ю. Верменко, Ю. Пашковська. – Київ. – 2002. – 296 с.
10. Шелепов В. В. Сорт і його значення в підвищенні врожайності/ В. В. Шелепов // Сортовивчення та охорона прав на сортирослин. – К. : Алефа, 2006. – 140 с
11. Лебединський І.В. Урожайність сортів картоплі і пошкодження рослин грибковими хворобами в умовах Лісостепу України / І.В. Лебединський // . –2010.– С. 181-187

12. Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. –2010. – № 9. – С. 184-189.
13. Семенченко О. Л. Продуктивність картоплі ранньостиглої у двоврожайній культурі в умовах північного Степу України на зрошенні дощуванням / О. Л. Семенченко // Науковий Вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України, К.: 2013. – Вип.183/1. – С. 202.
14. Семенченко О. Л. Продуктивність картоплі у двоврожайній культурі та повторних овочевих рослин літніх строків сівби на зрошенні дощуванням в умовах північного Степу України / О. Л. Семенченко // Вісник Львівського НАУ. – Львів., 2013. – № 17 (2). – С. 110–116.
15. Semenchenko E. Growing two-crop early potato and recurrent crops of vegetable farming standards by irrigation in the conditions of north Steppe territories of Ukraine: матеріали міжнар. наук. практичн. конф. [«Овочівництво України. Наукове забезпечення і резерви збільшення виробництва товарної продукції та насіння»], (25–28 липня 2012 р.) / Інститут овочівництва і баштанництва. –Інститут овочівництва і баштанництва, 2012. – С. 136.
16. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні / Державна служба з охорони прав на сорти рослин України. – К.: ТОВ Алефа, 2010. – С. 64–65.
17. Бондарчук А. А. Перспективи розвитку картоплярства в Україні А. А. Бондарчук // Вісн. аграр. науки. — 2009. — N 4. — С. 21–22.
18. Шемавнєв В. І. Овочівництво / І. В. Шемавнєв, О. М. Лазарева, Н. В. Грекова. – Дніпропетровськ, 2001. – 368 с.
19. Функціонування ринку картоплі в Україні. Мельник С.І., Ковчі А.Л, Стефківська Ю.Л. та ін. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2017. Т. 13. № 2. С. 206-210.
20. Бондарчук А.А. Наукові основи насінництва картоплі в Україні. Монографія. Біла Церква, 2010. 400 с

21. Бондарчук А. А. Стан та пріоритетні напрямки розвитку галузі картоплярства в Україні. Картоплярство. – 2008. – № 37. – С. 7-12.
22. Серeda Л. П. Досліди на картопляному полі. Зб. наук. пр. Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – 2013. – № 12. – С. 29-36.
23. Саблук П. Т. Світове і регіональне виробництво аграрної продукції: Монографія. – К.: ННЦ ІАЕ, 2008. – 210 с. 18. Ходаківський Є. І. Виробництво та споживання картоплі. Економіка АПК. – 2006. – № 7. – С. 109-111.
24. Подгаєцький А. А. Генетичні ресурси картоплі України. – 2006. – С. 45-55.
25. Картоплярство. – 2006. – Вип. 34-35. – С. 45-55.
26. 37. Подгаєцький А. А. Генофонд картоплі, його складові, характеристика і стратегія використання. Картопля. – К., 2002. – Т. 1. – С. 156-198.
27. Кожушко Н. С. Нові сорти картоплі сумської селекції Вісник Сумського національного аграрного ун-ту: наук. журн. – Сер. «Агрономія і біологія». Сумський НАУ. – Суми, 2011. – Вип. 11(22). – С. 109-112.
28. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. К.: 2021. 296 с
29. Сортіві та посівні якості картоплі насіннєвої. Технічні умови: ДСТУ 4013-2001. Київ: Держстандарт України, 2001. 18 с.
30. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. - Немішаєве, 2002.- 183 с.
31. The efficiency increase of the nutrition element uptake by various potato cultivars grown in one-crop system and in crop rotation / Vakhnyi S. et al. EurAsian Journal of BioSciences Eurasia J Biosci 12, 1-7 (2018).
32. Положенець В.М., Чернілевський М.С., Немирицька Л.В. Агроекологічні основи вирощування картоплі. Київ: Світ. -2008.- 196 с.

33. Бондарчук А.А. Виродження картоплі та прийоми боротьби з ними. Біла Церква: БДАУ. -2007.- 103 с
34. Гамаюнова В. В. Формування поживного режиму ґрунту та врожайності картоплі літнього садіння / В. В. Гамаюнова, О. Ш. Іскакова // Вісник ЖНАЕУ : наук.-теорет. зб. - 2014. – Т. 1. № 2 (42), - С. 100-105.
35. Гамаюнова В. В. Урожайність сортів картоплі залежно від мінерального живлення та ріст регулюючих речовин за вирощування на краплинному зрошенні в умовах Півдня України / В. В. Гамаюнова, О. Ш. Іскакова // Вісник Уманського НУС. - 2014. - № 2, – С. 23-27.
36. Іскакова О. Ш. Удосконалення системи удобрення картоплі літнього садіння за краплинного зрошення в умовах Степу України та сучасні підходи до використання бульб / О. Ш. Іскакова, В. В. Гамаюнова // Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку : матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 3 листопада 2016 р.). - М-во аграр. політики та прод. України, Укр. ін-т експертизи сортів рослин. – Вінниця : Нілан-ЛТД, 2016. – С. 185-188.
37. Подгаєцький А.А. Особливості мікроклонального розмноження видів рослин : монографія / А.А. Подгаєцький, В. В. Мацкевич, А.Ан. Подгаєцький. – Біла Церква : БНАУ.- 2018. – 209 с.
38. Філіпова Л.М. Ефективність природних та синтезованих регуляторів росту при застосуванні під садивні бульби картоплі: автореф. дис. канд. с.–г. наук: 06.01.09 «Рослинництво»/ Л. М. Філіпова.– К.- 2002. – 19 с.
39. Бондарчук А.А. Наукове забезпечення виробництва картоплі в Україні. Картоплярство. 2004. № 33. С. 3–9.Балашова Г.С. Насінництво картоплі за дво-врожайної культури в умовах Степу України. Картоплярство. 2012. № 41. С. 64–69
40. Кушнір Г.П. Мікроклональне розмноження рос-лин : монографія. Київ : Наукова думка.- 2005. -271 с.