

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Зав. кафедрою екології
доц. _____ Вікторія КАЦЕВИЧ
« _____ » грудня 2024р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «магістр»
на тему: **«Ефективність управління агроєкосистемою закритого ґрунту
в товаристві з обмеженою відповідальністю «Реалті Істейт»
Дніпровського району Дніпропетровської області»**

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу, групи
МгЕ-1-23 спеціальності
101 «Екологія»
_____ Валентин НОВАК

Керівник _____ доц. Ірина ЗЛЕНКО

Рецензент _____ головний агроном ТОВ
«Реалті Істейт» Остапенко Т.М.

Дніпро 2024

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Водогосподарської інженерії та екології

Кафедра: Екології

Освітньо-професійна програма: «Екологія»

Спеціальність: 101 «Екологія»

Ступінь вищої освіти: Магістр

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою екології

_____ Вікторія КАЦЕВИЧ

« _____ » _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

на підготовку кваліфікаційної роботи

Новаку Валентину Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Ефективність управління агроєкосистемою закритого ґрунту в товаристві з обмеженою відповідальністю «Реалті Істейт» Дніпровського району Дніпропетровської області

Науковий керівник: Кацевич В.В., к.с.-г.н., доцент

затверджена наказом по ДДАЕУ від «25» жовтня 2024 р. № 3584

2. Термін подання здобувачем роботи: 16.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їй належить розробити): _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Рисунків –7 , Таблиць –11 , Використаної літератури – 53, Розділів –4 , Сторінок –94.

6. Дата видачі завдання: « ____ » _____ 20 ____ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пп	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури за темою дослідження	03.09.2024-18.09.2024	виконано
2	Фізико-географічна і кліматична характеристика об'єкта досліджень	18.09.2024-03.10.2024	виконано
3	Методи досліджень	04.10.2024-17.10.2024	виконано
4	Результати досліджень та їх аналіз	18.10.2024-29.10.2024	виконано
5	Потенційні економічні переваги від проведених досліджень	30.10.2024-13.11.2024	виконано
6	Охорона праці	14.11.2024-27.11.2024	виконано
7	Оформлення дипломної роботи	28.11.2024-08.12.2024	виконано

Здобувач (ка)

_____ (підпис)

Валентин НОВАК

(Ім'я та прізвище)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Ірина ЗЛЕНКО

(Ім'я та прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ФУНДАМЕНТАЛЬНІ СКЛАДОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР У ТЕПЛИЧНИХ КОМПЛЕКСАХ	9
1.1 Особливості системи вирощування овочів в тепличних комплексах	9
1.2 Гідропонний метод вирощування овочів у виробництві	11
1.3 Регулювання поживних розчинів для культивування	13
1.4 Особливості вирощування культури перцю у закритому ґрунті	16
1.4.1 Морфологічні та фізіологічні характеристики	18
1.4.2 Оптимальні умови для росту і розвитку	20
1.4.3 Вимоги до тепличного середовища при вирощуванні овочів	22
1.5 Сорти та гібриди культури перцю	24
1.6 Вирощування розсади культури перцю	27
1.7. Особливості удобрення перцю	29
1.8 Вирощування рослин перцю у тепличному виробництві	30
1.9 Особливості збирання врожаю у тепличних комплексах	34
2 УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	37
2.1 Об'єкт та місце проведення досліджень	37
2.2 Особливості кліматичних умов	39
2.3 Агротехнічні методи захисту рослин на виробництві	41
2.4 Біологічні системи захисту рослин від шкідників та хвороб	43
2.5 Методика проведення досліджень	45
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ	51
3.1 Технологія вирощування та її вплив на розвиток рослин перцю	51
3.2 Вплив біопрепарату на врожайність перцю	57
3.3 Вплив біопрепарату на якість плодів перцю	61
3.4 Економічні переваги використання біопрепарату у вирощуванні перцю	71
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	74
4.1 Заходи з охорони праці у ТОВ «Реалті Істейт»	74
4.2 Заходи безпека під час догляду за рослинами у тепличних комплексах ТОВ «Реалті Істейт»	76
4.3 Заходи безпеки при використанні засобів захисту рослин	79
4.4 Вимоги до безпечної експлуатації обладнання у тепличних комплексах	81
4.5 Заходи дезінфекції тепличних приміщень	83
ВИСНОВКИ	87
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	90

РЕФЕРАТ

Тема дипломної роботи «Ефективність управління агроекосистемою закритого ґрунту в товаристві з обмеженою відповідальністю «Реалті Істейт» Дніпровського району Дніпропетровської області». Дипломна робота складається із вступу, 4 розділів, висновків та переліку посилань. Повний обсяг роботи – 94 сторінок друкованого тексту, включаючи 7 рисунків та 11 таблиць. Перелік посилань містить 53 найменування.

Мета досліджень : Розробка рекомендацій щодо підвищення ефективності управління агроекосистемами тепличних комплексів шляхом оптимізації технологічних процесів вирощування овочевих культур, впровадження екологічно безпечних методів захисту рослин та зниження енергетичних витрат.

Об'єкт дослідження - агроекосистема закритого ґрунту тепличного комплексу ТОВ «Реалті Істейт», розташованого у Дніпровському районі Дніпропетровської області.

Предмет дослідження - технологічні процеси вирощування овочевих культур у закритому ґрунті, вплив інноваційних методів на врожайність, якість продукції та екологічну стійкість.

Методи дослідження: аналіз літературних джерел, польові експерименти, статистична обробка даних, фізико-хімічні методи аналізу, оцінка економічної ефективності, моделювання технологічних процесів.

Ключові слова: ТЕПЛИЧНІ КОМПЛЕКСИ, АГРОЕКОСИСТЕМА, ЗАКРИТИЙ ҐРУНТ, ЕКОЛОГІЧНА СТІЙКІСТЬ, ОВОЧЕВІ КУЛЬТУРИ, ГІДРОПОНІКА.

ВСТУП

Агроекосистеми тепличних комплексів відіграють ключову роль у забезпеченні населення свіжими овочами незалежно від пори року, що особливо актуально в умовах кліматичних змін і нестабільності традиційного сільського господарства. Завдяки впровадженню сучасних технологій у тепличному господарстві з'являється можливість вирощування високоякісної продукції у контрольованих умовах, що дозволяє забезпечувати стабільну врожайність навіть за несприятливих кліматичних умов. Водночас стрімкий розвиток тепличного виробництва ставить перед аграріями нові виклики, серед яких необхідність раціонального використання ресурсів, зменшення енергетичних витрат та дотримання екологічних стандартів. У сучасному світі управління агроекосистемами тепличних комплексів виходить за межі лише технічних аспектів вирощування, вимагаючи комплексного підходу, що поєднує агротехнічні, біологічні та економічні складові.

Вирощування овочевих культур у теплицях вимагає не лише високотехнологічного обладнання, а й інтеграції інноваційних методів ведення господарства. Сучасні підходи включають використання гідропоніки, автоматизованих систем клімат-контролю, впровадження біопрепаратів для захисту рослин, а також раціонального підходу до використання поживних розчинів. Це дозволяє значно підвищити ефективність вирощування, забезпечуючи екологічну чистоту продукції та мінімізуючи негативний вплив на довкілля. Дослідження, проведені в рамках цієї роботи, спрямовані на аналіз та вдосконалення таких технологій з метою забезпечення стабільного розвитку тепличного господарства. Зокрема, увага приділяється питанням впливу агротехнічних методів на якість і кількість врожаю, економічній доцільності

використання інноваційних підходів, а також екологічній стійкості тепличних систем.

Метою дипломної роботи є розробка рекомендацій щодо підвищення ефективності управління агроекосистемами тепличних комплексів шляхом оптимізації технологічних процесів вирощування овочевих культур, впровадження екологічно безпечних методів захисту рослин та зниження енергетичних витрат. Досягнення цієї мети дозволить створити умови для сталого розвитку тепличного господарства та забезпечити конкурентоспроможність вітчизняної продукції на внутрішньому і міжнародному ринках.

Для реалізації поставленої мети в роботі визначено кілька основних задач. По-перше, проведено детальний аналіз сучасного стану технологій вирощування овочевих культур у тепличних комплексах, зокрема методом гідропоніки, що є одним із найефективніших підходів у сучасному овочівництві. По-друге, досліджено вплив біопрепаратів на якість та врожайність культур, вирощених у закритому ґрунті, що є важливим для підвищення екологічності виробництва. По-третє, оцінено економічну ефективність використання інноваційних методів управління агроекосистемами, що сприяє раціональному використанню ресурсів і зниженню витрат. По-четверте, розроблено рекомендації з удосконалення систем захисту рослин, які мінімізують екологічні ризики та забезпечують здоров'я культур. Нарешті, оцінено екологічні переваги та виклики впровадження інноваційних технологій у тепличному виробництві, враховуючи глобальні тенденції сталого розвитку.

Актуальність теми обумовлена необхідністю інтеграції новітніх досягнень науки та техніки в аграрний сектор, що дозволяє забезпечити стабільне виробництво продукції навіть у складних кліматичних умовах, підвищити її якість та знизити вплив на довкілля. Тепличне господарство є однією з найбільш динамічних галузей сільського господарства, яка потребує інноваційних рішень для забезпечення ефективного використання ресурсів і

конкурентоспроможності продукції на світовому ринку. Інтеграція розроблених підходів у практику дозволить підвищити екологічну стійкість агроєкосистем, створити додаткові робочі місця та зміцнити продовольчу безпеку.

1 ФУНДАМЕНТАЛЬНІ СКЛАДОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР У ТЕПЛИЧНИХ КОМПЛЕКСАХ

1.1 Особливості системи вирощування овочів в тепличних комплексах

Система вирощування овочів у тепличних комплексах є сучасним напрямом сільськогосподарського виробництва, який забезпечує стабільне постачання овочевої продукції протягом усього року незалежно від кліматичних умов регіону. Завдяки можливості створення контрольованого середовища, тепличне виробництво дозволяє не лише оптимізувати процеси росту рослин, а й значно підвищити їх продуктивність, що має важливе значення для забезпечення продовольчої безпеки.

Однією з основних характеристик тепличного вирощування є створення і підтримання оптимальних умов для розвитку рослин. Це досягається за допомогою автоматизованих систем клімат-контролю, які регулюють температуру, вологість повітря, освітленість, концентрацію вуглекислого газу та інші показники. Сучасні теплиці можуть бути оснащені датчиками, що постійно моніторять параметри середовища, дозволяючи швидко реагувати на будь-які відхилення від оптимальних умов. Наприклад, підтримання певного температурного режиму є критично важливим для таких культур, як томати, огірки та перець, які є одними з основних овочевих видів, що вирощуються в теплицях [1].

Іншою визначальною особливістю є використання альтернативних методів вирощування, серед яких найбільш поширеною є гідропоніка. Ця технологія передбачає вирощування рослин без використання ґрунту, де корені занурюються в спеціально підготовлений розчин з поживними речовинами.

Гідропоніка дозволяє більш раціонально використовувати воду та добрива, що є важливим фактором в умовах дефіциту природних ресурсів. Крім того, цей метод забезпечує високий рівень чистоти продукції, оскільки відсутність контакту з ґрунтом знижує ризик забруднення патогенами або важкими металами. Подібні технології відкривають можливості для впровадження вертикального фермерства, що дозволяє значно збільшити площу вирощування у межах міських територій.

Особливу увагу в сучасних тепличних комплексах приділяють енергоефективності. Використання сучасних матеріалів для будівництва теплиць, таких як полікарбонат або спеціальні види скла з низьким коефіцієнтом теплопровідності, зменшує втрати тепла і скорочує витрати на опалення. LED-освітлення стає стандартом у теплицях, оскільки ці лампи не лише енергоефективні, але й забезпечують спектр світла, оптимальний для фотосинтезу. Крім того, багато тепличних господарств інтегрують відновлювані джерела енергії, такі як сонячні батареї або системи утилізації біомаси, для зменшення залежності від викопного палива [2].

Застосування цифрових технологій є ще одним важливим елементом у розвитку тепличних систем. Інтернет речей (IoT), штучний інтелект та системи великого аналізу даних (Big Data) дозволяють створювати «розумні теплиці», які здатні автоматизовано регулювати процеси, зокрема, подачу води, добрив чи корекцію освітлення. Сенсорні системи можуть відстежувати стан листя або рівень вологості у субстраті, а на основі цих даних програмне забезпечення приймає рішення щодо оптимізації режиму поливу. Такий підхід дозволяє не лише зменшити витрати, але й уникнути стресових умов для рослин, які можуть вплинути на якість та кількість врожаю.

Серед основних екологічних переваг тепличного господарства можна виділити можливість зменшення використання пестицидів завдяки контролю умов середовища та захисту від шкідників. У тепличних умовах застосовуються біологічні методи боротьби зі шкідниками, наприклад, заселення корисних комах, таких як ентомофаги, що знижує потребу у хімічних засобах захисту.

Водночас існує й низка екологічних викликів, пов'язаних із високим енергоспоживанням та потребою у великих обсягах води. Тому в багатьох країнах активно розвиваються системи замкненого водопостачання, які дозволяють повторно використовувати воду, що стікає після поливу [3].

Особливу роль відіграє соціально-економічний аспект тепличного господарства. Завдяки створенню локальних тепличних комплексів зменшується залежність від імпорту овочевої продукції, що позитивно впливає на розвиток регіональних економік. Крім того, впровадження теплиць у малозабезпечених регіонах дозволяє забезпечити населення свіжою та якісною продукцією, підвищуючи рівень продовольчої безпеки.

Система вирощування овочів у тепличних комплексах є складною, багатогранною і технологічно насиченою. Її розвиток орієнтований на інтеграцію інноваційних технологій, підвищення енергоефективності та екологічності. Разом з тим, для забезпечення сталого розвитку галузі необхідно звертати увагу на раціональне використання ресурсів, вдосконалення систем управління та підвищення екологічної стійкості [4].

1.2 Гідропонний метод вирощування овочів у виробництві

Гідропоніка включає різноманітні методи вирощування рослин без використання ґрунту. До них належать такі підходи, як агрегатопоніка, водна культура, хемопоніка, іонітопоніка, аеропоніка. Кожен метод відрізняється способами забезпечення кореневої системи рослин необхідними компонентами: повітрям, водою та мінеральними речовинами. Найбільшого промислового поширення у тепличному овочівництві набув метод агрегатопоніки [5].

Агрегатопоніка передбачає вирощування рослин на твердих субстратах із низькою вологоємністю, де розчин мінеральних добрив подається

періодично. У країнах СНД цей метод застосовували на площі близько 120 га, зокрема в Україні – на 80 га.

Метод вирощування рослин у водному середовищі активно використовують у Болгарії, Чехії, Словаччині, Німеччині та інших країнах. Водна культура усуває певні недоліки агрегатопоніки, однак додає нові виклики, зокрема підтримання стабільної концентрації та реакції поживного розчину. Відхилення цих параметрів від оптимальних значень може призвести до зниження врожайності або навіть загибелі рослин. Також виникає проблема з забезпеченням кореневої системи киснем через низьку розчинність кисню у воді. Наприклад, у літрі поживного розчину за температури 20 °С міститься лише 9,4 мг кисню, чого недостатньо для нормального дихання коренів [6].

Для уникнення кисневого голодування водні розчини насичують киснем за допомогою компресорних установок. Частину кореневої системи занурюють у розчин, а іншу розміщують у вологому середовищі над ним, що покращує доступ до кисню.

У сучасному промисловому овочівництві застосовують удосконалені методи водної культури. Наприклад, у Болгарії та Німеччині використовують жолоби зі світлонепроникної поліетиленової плівки, встановлені з невеликим нахилом (1:100). Поживний розчин з резервуарів надходить у жолоби, де змочує кореневу систему рослин, після чого збирається у канавку, повертаючись до резервуара за допомогою насоса [7].

Для контролю параметрів розчину вимірюють його кислотність і електропровідність. Зниження електропровідності сигналізує про необхідність корекції концентрації розчину. Якщо розчин підлужується, додають ортофосфорну кислоту, а при підкисленні – їдкий калій. Такий підхід забезпечує оптимальні умови для росту рослин, постійно постачаючи їм вологу, поживні речовини та кисень. Це сприяє отриманню високих врожаїв.

У Інституті овочівництва в Гросберні (Німеччина) врожайність огірків досягає 53 кг з 1 м² тепличної площі, а томатів – до 32 кг з 1 м². У країнах СНД цей метод застосовують для вирощування салату та зеленних культур.

При вирощуванні рослин без ґрунту як субстрати можуть використовуватися різноманітні місцеві матеріали. В тепличних гідропонних комплексах України найчастіше застосовують гранітний щебінь. У деяких випадках використовують органічні субстрати, такі як торф, мох або деревна тирса.

Для забезпечення нормального росту і розвитку рослин субстрат повинен відповідати певним вимогам:

Субстрат має бути хімічно інертним і нейтральним, щоб не змінювати властивостей поживного розчину. Наприклад, матеріали з вмістом карбонату кальцію (CaCO_3) можуть підлужувати розчин, підвищуючи концентрацію іонів OH^- і Ca^{2+} , що призводить до осадження фосфатів і створює несприятливі умови для рослин.

Субстрат має забезпечувати достатній рівень водоутримання та добру циркуляцію повітря. Ці властивості значною мірою залежать від розміру частинок: зі збільшенням їхнього розміру водотримувальна здатність знижується, а пористість підвищується. Наприклад, подрібнений вермикуліт, перліт і керамзит характеризуються високою водотримувальною здатністю, тоді як гравій і гранітний щебінь – низькою.

Субстрат має бути достатньо міцним, щоб витримувати навантаження кореневої системи та тривалий час зберігати свої властивості.

До матеріалів, які відповідають цим вимогам, належать гранітний щебінь, гравій, пісок, керамзит, пемза тощо. Вони широко застосовуються як субстрати в агрегатопоніці [8].

1.3 Регулювання поживних розчинів для культивування

У світовій науковій літературі описано понад 500 рецептів поживних розчинів, які суттєво відрізняються за складом та співвідношенням поживних

іонів. Згідно з даними Гомеса (Homes M. V., 1955), загальна концентрація шести основних іонів (N, P, S, K, Ca, Mg) у цих розчинах варіюється від 3 до 178 мг-екв на літр. При цьому автори зазначених досліджень демонструють ефективність розроблених ними формул [9].

Як зазначає Г.С. Давтян (1969), ця варіативність свідчить про те, що незначні відхилення у складі поживних розчинів не є критичними для нормального живлення рослин. Це пояснюється тим, що в ході еволюції рослини пристосувалися до умов, у яких не існувало постійних або суворо визначених концентрацій поживних іонів. Однак слід визнати, що досягнення високих врожаїв можливе лише за оптимальних концентрацій і пропорцій поживних речовин [10].

У наукових колах існують різні підходи до формування складу поживних сумішей. Одні дослідники вважають, що всі культури можуть успішно рости у стандартних розчинах із однаковим співвідношенням шести основних іонів. Інші пропонують використовувати ті самі розчини для всіх культур, але змінювати співвідношення азоту та калію залежно від сезону вирощування (літній чи зимовий період). Третя група дослідників наполягає, що для різних видів рослин необхідні окремі поживні розчини зі сталими співвідношеннями іонів на всіх етапах розвитку.

Представники четвертого підходу вважають, що склад поживного розчину слід адаптувати не лише до виду рослин, але й до їхніх фаз росту та розвитку, враховуючи вплив зовнішніх факторів. Саме цей підхід, на їхню думку, є найбільш обґрунтованим.

При розробці збалансованих поживних розчинів слід враховувати низку важливих вимог. До їх складу повинні входити всі необхідні елементи мінерального живлення, які рослини споживають як у значних, так і в мінімальних кількостях.

Деякі елементи, такі як кобальт і йод, не впливають безпосередньо на врожайність, проте їх відсутність у продуктах харчування може призводити до розвитку певних захворювань у людей. Тому ці елементи додають до поживних

сумішей у невеликих кількостях для покращення біохімічних властивостей отриманої продукції [11].

Поживні розчини повинні забезпечувати рослинам всі необхідні елементи у таких кількостях і пропорціях, які сприяють їхньому нормальному росту, розвитку та високій продуктивності. Концентрація розчину та співвідношення поживних речовин впливають на його осмотичний тиск, а також на ефективність поглинання води й мінеральних елементів рослинами.

Одним із ключових показників якості поживного розчину є оптимальний рівень кислотності (рН), який повинен залишатися стабільним протягом усього вегетаційного періоду. Це забезпечує ефективність використання розчину та максимальну продуктивність культур.

Для приготування поживних розчинів необхідно використовувати воду, що відповідає певним вимогам. Вода з річок, озер та артезіанських джерел містить природні розчинені солі, тому перед її використанням потрібно визначити її хімічний склад. Зазвичай така вода має нейтральну або слаболужну реакцію (рН 7–7,8) через вміст бікарбонатів. У таких випадках воду необхідно підкислювати ортофосфорною або азотною кислотою, при цьому слід враховувати кількість поживних іонів, що додаються до розчину. Якщо їхній вміст не перевищує 10–12% від необхідної норми, коригувати склад поживної суміші не потрібно [12].

При приготуванні поживних розчинів переважно враховують тільки вміст кальцію та магнію, хоча іноді водопровідна вода може містити значну кількість заліза та хлору. Наявність заліза в воді є корисною, оскільки воно забезпечує рослини необхідним елементом, особливо в нейтральному чи лужному середовищі, де його забезпеченість може бути недостатньою. Вміст хлору не повинен перевищувати 150 мг/л; у разі його підвищеного рівня воду слід відстояти протягом кількох годин у відкритому резервуарі для вивітрювання хлору, після чого її можна використовувати для приготування розчину.

Якщо вода містить мікроелементи, їх можна не додавати в розчин у вигляді солей. Водночас не слід використовувати воду, в якій вміст бору або марганцю перевищує 2 мг/л. Загальна кількість солей у воді не повинна бути більшою за 700 мг/л.

Також при підготовці поживних розчинів потрібно враховувати різницю в поглинанні рослинами аніонів і катіонів із розчинених солей. Як відомо, сіль, що потрапляє в розчин, дисоціює на іони, наприклад, калій нітрат (KNO_3) на катіони калію (K^+) і аніони нітрату (NO_3^-). Позитивні іони (катіони) повинні бути урівноважені рівною кількістю негативних іонів (аніонів). Розчин, у якому катіони та аніони знаходяться в рівновазі, називається нейтральним. Оскільки рослини поглинають катіони та аніони з різною швидкістю, це може призвести до підкислення або залуження розчину .

Живлення рослин значною мірою визначається їх біологічними особливостями та зовнішніми умовами росту, зокрема сонячною інсоляцією та температурними коливаннями. Саме тому для різних культур та екологічних умов необхідно підбирати відповідні поживні розчини. Залежно від пори року в складі розчинів повинні коригуватися концентрації та співвідношення поживних елементів: влітку — підвищувати вміст азоту, а взимку — калію, фосфору та магнію. Крім того, потреби рослин у мінеральних елементах змінюються в процесі росту, тому склад поживних розчинів має коригуватися відповідно до фази розвитку рослин. Це пояснює наявність численних варіантів рецептур поживних розчинів [13].

1.4 Особливості вирощування культури перцю у закритому ґрунті

Вирощування культури перцю у закритому ґрунті, зокрема в теплицях, є одним із перспективних напрямів сучасного овочівництва. Ця технологія забезпечує можливість отримання високоякісного врожаю протягом усього

року незалежно від кліматичних умов, що особливо актуально для регіонів із суворим кліматом або обмеженим періодом вегетації. Особливості цього процесу зумовлені як біологічними властивостями перцю (*Capsicum annuum L.*), так і специфікою технологій, застосовуваних у тепличному виробництві.

Перець – це теплолюбна культура, яка належить до родини пасльонових (*Solanaceae*). Оптимальна температура для росту та розвитку становить 22–28°C вдень та не нижче 16°C уночі. Рослини чутливі до різких коливань температури та освітлення, що робить їх вирощування у відкритому ґрунті ризикованим у нестабільних кліматичних умовах. Перець потребує достатньої кількості вологи, але не переносить застою води, що вимагає ретельного регулювання водного режиму в закритому ґрунті.

Коренева система перцю є відносно слабкою та поверхневою, що робить рослини залежними від якісного субстрату та ефективного внесення добрив. Для забезпечення оптимального розвитку необхідно підтримувати кислотність ґрунту на рівні 6,0–6,5 рН. Також культура відзначається високою потребою в елементах живлення, таких як азот, фосфор, калій та мікроелементи (залізо, магній, кальцій) [14].

Скляні теплиці забезпечують найвищий рівень проникнення сонячного світла у порівнянні з іншими типами покриттів. Це є вагомою перевагою для вирощування перцю, оскільки культура є світлолюбною та чутливою до тривалості світлового дня. Для забезпечення оптимального мікроклімату сучасні теплиці оснащуються автоматизованими системами регулювання температури, вологості, освітлення та вентиляції.

Серед важливих елементів конструкції слід виділити систему опалення, яка дозволяє підтримувати необхідну температуру навіть у зимовий період. Часто використовуються гідропонні системи, що забезпечують оптимальне живлення рослин завдяки точному дозуванню добрив у розчині [15].

Вирощування перцю у скляних теплицях має низку переваг, зокрема стабільність врожаю, високу якість продукції та можливість ефективного використання ресурсів. Проте існують і певні виклики, серед яких значні

початкові інвестиції, висока енерговитратність теплиць та необхідність у кваліфікованому персоналі для обслуговування обладнання.

Сучасні тенденції у тепличному овочівництві включають автоматизацію виробничих процесів, використання енергоефективних технологій і впровадження систем точного землеробства. Розвиток цих напрямків сприятиме підвищенню рентабельності вирощування перцю в скляних теплицях та зменшенню впливу на довкілля.

1.4.1 Морфологічні та фізіологічні характеристики

Умови закритого ґрунту дозволяють створити оптимальне середовище для росту та розвитку рослин, регулюючи температурний, світловий та водний режими, що є важливими для реалізації потенціалу культури. Особливе значення у тепличному вирощуванні має врахування морфологічних та фізіологічних характеристик перцю, які визначають специфіку його агротехнічних вимог та біологічну продуктивність.

Морфологічні характеристики перцю визначають його стійкість до умов закритого ґрунту та формують основу для агротехнічних заходів. Коренева система перцю мичкувата, розташована переважно у верхніх шарах ґрунту на глибині до 30-50 см, що зумовлює високу чутливість рослини до режиму зволоження. Перець має прямостояче, напівкущове стебло, яке зазвичай досягає висоти 60-100 см, залежно від сорту та умов вирощування. У тепличних умовах активно використовуються високорослі гібриди, які вимагають підв'язування до опор або шпалер для забезпечення належного освітлення та вентиляції [16].

Листя перцю просте, цільне, яйцеподібної або ланцетної форми, темно-зеленого кольору. Листкова поверхня виконує важливу функцію у фотосинтезі, що забезпечує рослину енергією для росту плодів. У тепличних умовах особливу увагу приділяють рівномірності освітлення рослин, оскільки

затінення може значно знизити ефективність фотосинтетичних процесів. Квітки перцю двостатевої, дрібні, білуватого або світло-фіолетового кольору, формуються в пазухах листків. Запилення у теплицях зазвичай проводиться за допомогою джмелів, які ефективно сприяють підвищенню зав'язування плодів, або вручну у разі відсутності комах-запилювачів.

Плоди перцю мають значне морфологічне різноманіття за формою, розміром, кольором і товщиною стінок. У тепличних умовах вирощують переважно великоплідні сорти і гібриди, які мають високий товарний вигляд і тривалий термін зберігання. Формування плодів залежить від рівня забезпечення рослин макро- та мікроелементами, зокрема азотом, фосфором, калієм, магнієм і кальцієм, які впливають на ріст стінок плоду, забарвлення та загальний хімічний склад.

Фізіологічні особливості перцю в умовах закритого ґрунту визначають його реакцію на різні екологічні фактори. Температурний режим є одним із ключових факторів, що впливають на всі стадії росту та розвитку рослин. Оптимальна температура для проростання насіння становить 25–28 °С, а для росту та плодоношення – 22–28 °С вдень і 18–20 °С вночі. Різкі коливання температур можуть призводити до опадання зав'язей та зниження врожайності. У теплицях використовують системи опалення, що забезпечують стабільний мікроклімат, знижуючи стресові фактори для рослин [17].

Освітлення є важливим фактором для стимуляції фотосинтезу, який забезпечує вироблення вуглеводів, необхідних для росту плодів. Перець належить до світлолюбних культур, тому в зимовий період, коли природне освітлення недостатнє, використовуються додаткові джерела світла, такі як світлодіодні або натрієві лампи. Світловий день у теплицях підтримується на рівні 12–14 годин, що дозволяє прискорити процес дозрівання плодів.

Вологість повітря у теплиці також є критичним фактором для росту перцю. Оптимальні показники відносної вологості становлять 60–70%. Надмірна вологість може призводити до розвитку грибкових захворювань, таких як фітофтора або сіра гниль, тоді як недостатня вологість спричиняє

стрес у рослин і зниження якості плодів. Для підтримання оптимального рівня вологості використовують системи крапельного зрошення, що забезпечують рівномірне зволоження ґрунту та попереджають надмірне випаровування води [18].

Фізіологічні процеси, такі як транспірація, також мають велике значення для підтримання водного балансу в рослинах. У тепличних умовах контролюється вентиляція для запобігання застою теплого та вологого повітря, що може негативно впливати на транспіраційні процеси. Крім того, підтримка відповідного рівня вуглекислого газу в повітрі (до 700–1000 ppm) сприяє інтенсифікації фотосинтезу, що позитивно відображається на врожайності [19].

1.4.2 Оптимальні умови для росту і розвитку

Створення оптимальних умов для вирощування перцю у тепличних комплексах є критичним аспектом агротехнічного підходу, який спрямований на максимізацію продуктивності культури, забезпечення її стійкості до стресових факторів та отримання високоякісної продукції. У закритому ґрунті кожен екологічний параметр можна контролювати, що дозволяє мінімізувати вплив несприятливих зовнішніх умов та адаптувати вирощування до потреб рослин на кожному етапі їх розвитку.

Одним із ключових факторів, які визначають успішність росту перцю в теплицях, є температура повітря та ґрунту. Високий рівень теплолюбності культури вимагає підтримання стабільного температурного режиму. У період активного росту оптимальна температура вдень повинна становити 23–26 °С, тоді як уночі вона має бути на 4–6 °С нижчою. На стадії плодоношення допускається незначне підвищення температури до 28–30 °С для стимуляції дозрівання плодів. Водночас слід уникати різких коливань температури,

оскільки це може спричинити зниження активності фізіологічних процесів, опадання квіток і зав'язей. Контроль температури у теплицях забезпечується системами опалення, вентиляції та термоекранування.

Рівень освітлення є важливим фактором, що впливає на інтенсивність фотосинтезу, від якого залежить ріст і розвиток рослин. Для перцю характерна висока вимогливість до світла, особливо в період формування та дозрівання плодів. У тепличних комплексах ефективним рішенням є використання додаткового штучного освітлення за допомогою світлодіодних ламп з випромінюванням у синьому та червоному спектрах, що позитивно впливає на ріст листя, закладання квіткових бруньок та формування плодів. Оптимальний рівень освітлення забезпечується на рівні 15–20 тис. люксів із тривалістю світлового дня не менше 12 годин [20].

Режим вологості у теплицях має вирішальне значення для підтримання водного балансу рослин. Оптимальна відносна вологість повітря для вирощування перцю становить 60–70%. Підвищена вологість може сприяти розвитку грибкових захворювань, таких як борошниста роса, сіра гниль чи фітофтороз, тоді як надмірно сухе повітря провокує стрес у рослин, що негативно впливає на якість і кількість плодів. Для регулювання вологості використовуються системи зволоження повітря, а для уникнення застою теплого і вологого середовища — ефективні системи вентиляції.

Режим зрошення є ще одним важливим елементом агротехніки вирощування перцю. Оскільки коренева система рослини поверхнева, регулярне постачання води у помірних об'ємах є обов'язковим. У теплицях найчастіше застосовують крапельне зрошення, яке дозволяє підтримувати стабільний рівень вологості ґрунту, знижуючи ризики перезволоження чи пересихання. Важливо також забезпечувати перцю доступ до достатньої кількості поживних речовин. Система фертигації, яка поєднує подачу води та добрив, дозволяє підтримувати баланс макро- і мікроелементів, необхідних для нормального росту та розвитку культури.

Склад повітря у теплиці, зокрема рівень вуглекислого газу (CO₂), значно впливає на продуктивність фотосинтетичних процесів. Для підвищення врожайності рекомендується підтримувати концентрацію CO₂ на рівні 700–1000 ppm, що досягається за допомогою генераторів вуглекислого газу або спеціальних систем газового підживлення.

Ґрунтові умови також мають вирішальне значення для вирощування перцю. У теплицях зазвичай використовують ґрунтосуміші на основі органічних субстратів, таких як торф, кокосове волокно чи перліт, що забезпечують хорошу водо- та повітропроникність. Реакція ґрунту має бути слабнокислою або нейтральною (рН 6,0–6,5). Перед висадкою рослин ґрунт проходить дезінфекцію та збагачується органічними добривами для підвищення родючості.

Оптимальні умови вирощування перцю у тепличних комплексах формуються шляхом комплексного підходу до регулювання температури, освітлення, вологості, забезпечення адекватного зрошення та живлення, а також підтримання якісного складу повітря та ґрунту. Контроль цих параметрів дозволяє досягти стабільно високих показників урожайності, поліпшити якість плодів і підвищити економічну ефективність вирощування культури [21].

1.4.3 Вимоги до тепличного середовища при вирощуванні овочів

Тепличне середовище є штучно створеною екосистемою, яка дозволяє забезпечити оптимальні умови для вирощування різних видів овочевих культур незалежно від кліматичних особливостей регіону. Ефективне функціонування такого середовища залежить від чіткого регулювання ряду екологічних факторів, які мають безпосередній вплив на ріст, розвиток і продуктивність рослин. Серед них основними є температура, освітленість, вологість повітря, рівень вуглекислого газу, склад ґрунту та система зрошення.

Температурний режим є однією з найважливіших вимог до тепличного середовища. Для кожної овочевої культури існує свій оптимальний

температурний діапазон, який необхідно підтримувати протягом усіх фаз вегетації. Загалом більшість овочів потребують температури в межах 18–30 °C у денний час та не нижче 12–15 °C уночі. Недостатнє тепло може уповільнити фізіологічні процеси, тоді як надмірно висока температура сприяє прискореному випаровуванню вологи та зниженню фотосинтетичної активності. Системи обігріву та вентиляції в теплицях дозволяють підтримувати стабільну температуру, навіть за умов екстремальних змін зовнішнього клімату [22].

Освітлення також відіграє ключову роль у забезпеченні нормального росту овочевих культур. Рівень світлової інтенсивності залежить від біологічних потреб конкретної рослини. Деякі культури, як-от томати чи перець, потребують інтенсивного світла протягом тривалого часу, тоді як інші, наприклад салат або шпинат, є менш вимогливими до освітлення. У зимовий період або за умов недостатнього природного світла застосовуються додаткові джерела освітлення, зокрема світлодіодні або натрієві лампи. Такі технології забезпечують оптимальний спектральний склад світла, необхідний для фотосинтезу, та дозволяють продовжити світловий день до 12–16 годин.

Вологість повітря у теплиці є ще одним важливим чинником, який впливає на водний баланс рослин і розвиток захворювань. Більшість овочевих культур потребують відносної вологості повітря в межах 60–80%. Підтримання цього показника можливе завдяки використанню систем зволоження, туманоутворення або гігростатів. Водночас надмірна вологість може створювати сприятливе середовище для розвитку патогенів, тому важливе значення має також ефективна вентиляція, яка забезпечує циркуляцію повітря та попереджає його застій [23].

Особливу увагу у тепличному середовищі приділяють концентрації вуглекислого газу (CO_2), який є основним компонентом процесу фотосинтезу. У закритому ґрунті природний рівень CO_2 часто виявляється недостатнім, тому його концентрацію штучно підвищують за допомогою генераторів вуглекислого газу або систем дозованої подачі. Підтримка CO_2 на рівні 700–

1200 ppm дозволяє значно підвищити продуктивність багатьох овочевих культур, особливо в період активного росту та формування плодів.

Ґрунт або субстрат, на якому вирощуються овочеві культури, також є визначальним компонентом тепличного середовища. Важливою вимогою до ґрунту є його здатність утримувати вологу, забезпечувати корені доступом до кисню та поживних речовин. У теплицях часто застосовують субстрати на основі кокосового волокна, торфу або перліту, які мають високу пористість і водопроникність. Крім того, ґрунт повинен бути хімічно нейтральним або слабкокислим (рН 5,5–7,0) та попередньо знезараженим для знищення шкідників і збудників хвороб.

Зрошення у тепличному середовищі повинно відповідати фізіологічним потребам культури. Найпоширенішою системою є крапельне зрошення, яке забезпечує економічне використання води та дозволяє уникнути надмірного перезволоження ґрунту. Зрошувальна система зазвичай поєднується з фертигацією, що дозволяє одночасно з водою подавати добрива для забезпечення рослин необхідними поживними речовинами.

Створення оптимального тепличного середовища вимагає комплексного підходу, спрямованого на забезпечення стабільного мікроклімату, регулювання рівня освітлення, температури, вологості та концентрації CO₂, а також належної якості ґрунту і системи зрошення. Дотримання цих вимог дозволяє досягти високої врожайності та забезпечити якість продукції, відповідаючи потребам сучасного аграрного виробництва [24].

1.5 Сорти та гібриди культури перцю

Для забезпечення високої врожайності та рентабельності виробництва важливим є правильний добір сортів і гібридів, адаптованих до конкретних умов вирощування та потреб ринку.

Сучасні сорти й гібриди солодкого перцю повинні відповідати низці критеріїв, які враховують специфіку агротехнічних умов і економічні запити виробників. Для вирощування в теплицях, зокрема зимових, ключовими є такі характеристики:

1. Скоростиглість, яка дозволяє скоротити період вегетації та підвищити оборотність теплиць.
2. Стійкість до захворювань і шкідників, що забезпечує мінімальне використання пестицидів і знижує витрати на захист рослин.
3. Адаптація до стресових факторів, таких як низька освітленість, коливання температури та вологості.
4. Якість плодів: плоди повинні бути смачними, ароматними, мати привабливий зовнішній вигляд, високу транспортабельність і лежкість.

Українська селекція солодкого перцю перебуває на етапі активного розвитку. У зв'язку зі збільшенням попиту на цю культуру, зростає потреба у створенні гібридів, адаптованих до місцевих умов вирощування. Хоча українські сорти й гібриди поки що представлені в обмеженій кількості, їхні характеристики відповідають сучасним запитам.

Серед успішних прикладів української селекції виділяються F1 Дружок, F1 Піонер, F1 Полтавський. Ці гібриди характеризуються високою врожайністю, скоростиглістю, стійкістю до несприятливих умов і хорошими споживчими властивостями [25].

Вітчизняні селекціонери також працюють над удосконаленням сортів для відкритого ґрунту, що дозволяє виробникам зменшити витрати на захист і догляд за рослинами.

Значну частину сортів і гібридів, які вирощують в Україні, становлять продукти селекції провідних міжнародних компаній. Завдяки своїм високим характеристикам вони широко використовуються як у промисловому, так і в аматорському вирощуванні.

Компанія «Enza Zaden» пропонує серію високоврожайних і стійких до хвороб гібридів, таких як F1 Адель, F1 Бендиго, F1 Маратос, F1 Спірит, F1

Маврас. Ці гібриди ідеально підходять як для теплиць, так і для вирощування у відкритому ґрунті.

«De Ruiters Seeds» спеціалізується на створенні універсальних гібридів, серед яких популярні Дельгадо, Моніка, Альберто, Спартакус, Медес, Плутона, Голд Флейм.

Компанія «Royal Sluis» пропонує різноманітні гібриди з унікальними характеристиками, наприклад: Меліто, Сирена, Калумет, Коломбо, Керала, Денніс.

Ще одна провідна компанія — «Rijk Zwaan», яка рекомендує гібриди F1 Валета, F1 Полку, F1 Ламбада, F1 Мазурка, що відзначаються високою стійкістю до стресових умов і відмінною якістю плодів.

Зростання популярності вирощування солодкого перцю в Україні створює стимул для розвитку власної селекційної бази. Основними напрямками роботи є:

1. Створення адаптованих до місцевих умов сортів і гібридів, які будуть витривалими до стресових факторів, таких як посуха чи заморозки.
2. Удосконалення споживчих якостей плодів, включаючи підвищення вмісту корисних речовин, зокрема вітамінів.
3. Розробка сортів для органічного землеробства, що сприятиме зменшенню використання агрохімікатів.
4. Забезпечення високої рентабельності, шляхом підвищення врожайності та зниження витрат на вирощування.

Важливу роль у цьому процесі відіграє співпраця українських селекціонерів із міжнародними компаніями, яка дозволяє інтегрувати передові досягнення генетики та селекції у місцевий ринок.

Загалом, солодкий перець має всі передумови для того, щоб стати ще більш поширеною культурою в Україні, завдяки сприятливим агрокліматичним умовам, високому споживчому попиту та активному розвитку сучасних агротехнологій [26].

1.6 Вирощування розсади культури перцю

Насіння перцю має обмежений термін зберігання, тому рекомендується використовувати його, отримане з останнього врожаю, щоб забезпечити дружні та швидкі сходи. Кількість насіння в 1 г становить приблизно 100–140 штук. Високий рівень схожості досягається при суцільному висіві, з нормою від 1 до 2 г на квадратний метр.

Насіння слід висівати, вкриваючи тонким шаром ґрунту або компосту завтовшки близько 0,6 см, після чого цей шар акуратно вирівнюють і поливають дрібнодисперсним розпилювачем. Для підтримання вологості поверхню накривають поліетиленовою плівкою, склом або папером до появи сходів, які почнуть активно поглинати вологу.

Перець потребує вищих температур для успішного проростання, ніж, наприклад, томати. Оптимальний температурний діапазон складає 21–28 °С. При температурі 28 °С насіння проростає на тиждень швидше, ніж при 21 °С. Найкращими умовами є стабільна температура близько 24 °С як вдень, так і вночі до появи сходів [27].

Через 12–18 днів, залежно від температурного режиму, сіянці стають готовими до пересадки. Для вирощування розсади використовують контейнери більшого розміру, ніж для томатів. Пластикові горщики повинні мати діаметр 10–12 см, а ґрунтові блоки мають відповідати необхідному об'єму. Горщики заповнюють компостом із достатнім вмістом поживних речовин, яких вистачить до початку регулярного підживлення.

Горщики розташовують так, щоб між ними залишалися невеликі проміжки, які запобігатимуть надмірному висиханню. Згодом відстань поступово збільшують, щоб листя сусідніх рослин не перекривали одне одного. У фінальній стадії розміщення рослини мають залишати площу 20×20 см, що відповідає приблизно 25 рослинам на квадратний метр.

Після повного проростання насіння температуру можна знизити до 18–23 °С залежно від освітлення. За сонячної погоди денна температура може підвищуватися до 25 °С.

Перець значною мірою залежить від температурного режиму. Для досягнення оптимального росту та високої врожайності потрібні досить високі температури. Умови зниженої температури часто призводять до слабкого вегетативного розвитку, що негативно впливає на врожайність. Особливу увагу слід приділяти підтриманню температури в зоні коренів. Тому рослини краще вирощувати на стелажах, а не безпосередньо на ґрунті.

Підвищення рівня вологості повітря шляхом дощування може спричинити розвиток ботритису. Тому рекомендується здійснювати дощування два-три рази на день, переважно у сонячні дні.

На етапі вирощування розсади доцільно підтримувати рівень освітлення близько 5000 лк протягом перших 3–4 тижнів після пересадки. Світловий режим організовується таким чином, щоб тривалість дня становила 16 годин, чого досягають за допомогою додаткового штучного освітлення.

Для отримання врожаю перцю в теплицях оптимальну густоту визначають за кількістю рослин на одиницю площі. Зазвичай вона становить від п'яти до восьми стебел на квадратний метр, при цьому найчастіше використовують густоту шість-сім стебел/м².

Процес підготовки ґрунту до висаджування рослин здебільшого аналогічний до підготовки для інших овочевих культур. Ґрунт повинен бути очищений від бур'янів, патогенів і шкідників. Для цього застосовують стерилізацію за допомогою пари або хімічних засобів. У разі підвищення рівня засоленості ґрунту до небажаних показників його необхідно попередньо промити, щоб видалити надлишок солей і поживних елементів. Об'єм води для промивання залежить від типу ґрунту та рівня його засолення і варіюється від 40 до 120 л на квадратний метр. Перед висаджуванням важливо довести рівень вологості ґрунту до оптимальної вологоємності [28].

Заключна обробка ґрунту, яка виконується безпосередньо перед посадкою, передбачає внесення всіх необхідних органічних та мінеральних добрив, а також підготовку ділянки: розмітку, прокладання доріжок і встановлення системи крапельного зрошення.

1.7. Особливості удобрення перцю

Під час вирощування перцю на ґрунтових субстратах перед висадкою розсади необхідно провести агрохімічне дослідження ґрунту. На основі отриманих результатів слід забезпечити оптимальний рівень поживних речовин у ґрунті, довівши їх до таких показників (у мг/л у водному розчині 1:2): нітратний азот – 100–120 мг/л, фосфор – 15–20 мг/л, калій – 100–120 мг/л, магній – 40 мг/л, кальцій – 100–200 мг/л.

Після того як розсада буде висаджена й укоріниться, проводиться регулярний полив рослин розчином добрив. Склад розчину адаптується для ґрунтової або малооб’ємної технології вирощування, залежно від умов.

У таблиці 1.1. наведено рекомендовані параметри живлення і субстрату для перцю в малооб’ємних технологіях.

Таблиця 1.1 - Рекомендовані параметри живлення і субстрату для перцю в малооб’ємних технологіях.

Період	pH	ЕС, мСм/см	NH ₄ , мг/л	NO ₃ , мг/л	P, мг/л	K, мг/л	Ca, мг/л	Mg, мг/л	Fe, мг/л	Mn, мг/л
Перші 4–8 тижнів	5,5–6	2–2,1	до 17,5	200	45	215	200	37	0,85	0,5
Інтенсивне плодоношення	5,5–6	2–2,1	до 17,5	220	40	250–300	190	47	0,9	0,5

Під час інтенсивного плодоношення рівні поживних елементів у малооб’ємних субстратах та ґрунтових витяжках із дренажу становлять (у

мг/л): ЕС – 2 мСм/см, рН у межах 5,5–6, нітрати (NO₃) – 235 мг/л, амоній (NH₄) – менше ніж 7 мг/л, фосфор (P) – 22 мг/л, калій (K) – 273–300 мг/л, кальцій (Ca) – 280 мг/л, магній (Mg) – 80 мг/л, сульфати (SO₄) – 200 мг/л, залізо (Fe) – 1,5 мг/л, марганець (Mn) – 0,4 мг/л [29].

1.8 Вирощування рослин перцю у тепличному виробництві

Після висадки розсади на постійне місце створюють умови, що забезпечують оптимальний мікроклімат. Вологість повітря підтримується на рівні 70–75 %, при цьому не рекомендується знижувати її нижче 60 %. Приблизно через 3–4 тижні після посадки починають формуватися перші зав'язі.

На момент висадки визначити, в яких пазухах утворяться перші плоди, доволі складно. Рекомендується видаляти плоди з перших двох пазух кожного стебла, залишаючи їх тільки у розвилках. Зазвичай рослини формують у 2–3 основних стебла, а всі бічні пагони видаляють, обрізаючи їх над першим або другим листком. На 1 м² слід підтримувати щільність у 5–7 стебел. У теплицях з великим об'ємом і хорошим освітленням залишають до 7 стебел, тоді як у менш освітлених конструкціях їх кількість зменшують. Найефективнішою вважається схема вирощування з формуванням рослин у два основних стебла. На кожному стеблі залишають максимум 3 плоди.

Перші плоди збирають у стадії технічної стиглості (зеленому стані). Прорідження зайвих плодів здійснюють, коли вони досягають віку близько двох тижнів. Підв'язування стебел проводиться одночасно для всіх рослин, а не вибірково для найсильніших. Обрізання здійснюють раз на два тижні, одночасно виконуючи підв'язування основних стебел, починаючи із досягнення ними довжини 5–7 см [30].

Після утворення перших зав'язей поступово підвищують середньодобову температуру на 1 °С. При цьому важливо уникати перегрівання теплиці: у сонячні дні температура не повинна перевищувати 22–23 °С, а в похмурі дні – залишатися нижчою за 23 °С. Оптимальний розвиток великих плодів забезпечується підтриманням правильної різниці між денною та нічною температурами після появи першої зав'язі.

Занадто висока денна температура повітря негативно впливає на процес цвітіння та формування зав'язей. Якщо середньодобова температура падає до 14 °С, можуть утворюватися так звані “хвостики” через те, що маточка квітки відмирає нерівномірно. Видалення цих “хвостиків” слід проводити якомога раніше, але не пізніше, ніж за два тижні до збирання плодів у зеленому стані.

У весняний період для зниження відносної вологості повітря до рівня нижче 80 % у передранкові години застосовують нічне опалення.

У березні та квітні може виникати верхова гнилизна плодів, що зазвичай спричинена надмірно високою температурою, яка перевищує 28 °С, у поєднанні з недостатньою вентиляцією теплиці в сонячні години. Оптимальним температурним режимом є 23 °С, із можливим підвищенням на 1 °С при зростанні інтенсивності освітлення.

На 12–14-му тижні проводять перше збирання врожаю. Для забезпечення стабільного росту рослин важливо підтримувати помірну вентиляцію теплиці. Це дозволяє утримувати денну температуру на рівні 22–23 °С, а відносну вологість у межах 60–75 %.

Висока відносна вологість повітря та значне засолення субстрату (понад 3 мСм/см) ускладнюють транспортування кальцію в рослину. Натомість за умов низької вологості повітря кальцій концентрується в листках, де відбувається активна транспірація. Це може призводити до ураження плодів верхівковою гнилизною. Для забезпечення стабільних показників ЕС і рН у ґрунтового розчині важливо підтримувати достатній рівень вологи як у ґрунті, так і в субстраті з невеликим об'ємом. У весняно-літній період полив проводять

частіше, але короткочасно, щоб сприяти нормальному росту рослин та підтримувати оптимальну вологість субстрату.

У нічний час, за умов достатньої вологості ґрунту й повітря, підвищується осмотичний тиск клітинного соку, що сприяє активному транспорту кальцію в плоди. Це позитивно впливає на якість плодів у теплий період року, включаючи весну, літо та початок осені. Проте восени, коли вологість повітря та субстрату стає надмірною, можливе розтріскування плодів у верхівковій частині або утворення водянистих плям [31].

У процесі росту рослин на шпалері кожні два тижні виконують обрізання верхніх частин пагонів. У разі значного навантаження плодами інтенсивність обрізки зменшують. Для слабких рослин рекомендовано зберігати максимальну кількість листя, оскільки воно забезпечує захист плодів від опіків, особливо в зоні верхніх зав'язей. Водночас нестача листової маси може погіршити якість плодів, які формуються на бічних пагонах.

У весняний період через високу вологість повітря та субстрату виникає ризик розвитку фузаріозної прикореневої гнилизни. Для запобігання цьому необхідно проводити обробку ґрунту препаратами, такими як топсин, фундазол або триходермін. Основними заходами профілактики є забезпечення помірного рівня зволоження, підтримання оптимальної вологості повітря та утримання стебел рослин у сухому стані. Додатковим фактором захисту є передранковий обігрів, який допомагає підтримувати рослини в належному фізіологічному стані.

Після нічного періоду рослини потребують помірного поливу з одночасним зниженням вологості повітря, особливо у ранкові години, коли активізується випаровування води. Зазвичай після двох ранкових поливів з'являється дренаж, який повинен починатися до настання піку сонячної радіації, приблизно о 10–11 годині ранку, зазвичай під час третього поливу.

У випадку виникнення проблем із гнилизною, викликаною *Rythium*, необхідно застосовувати препарат Превікур. Найкраще вносити його після завершального вечірнього поливу, зокрема через краплинну систему,

забезпечуючи рівномірне насичення субстрату препаратом без дренажу. У деяких випадках розчин. Превікур концентрацією 0,2 % вводять безпосередньо в субстрат для його повного насичення [32].

У літній період підвищене водоспоживання може значно впливати на рівень ЕС у субстраті. Для його стабілізації збільшують норму дренажу до 20–25 %, знижують ЕС робочого розчину до 1,9 мСм/см, а рівень ЕС у субстраті підтримують у межах 2,7–3 мСм/см. Перевищення цих показників може спричинити підвищення чутливості рослин до верхівкової гнилизни плодів.

Особливу увагу потрібно приділяти моніторингу стану росту та розвитку рослин. Для стимуляції росту застосовують агротехнічні заходи, такі як підвищення нічної та середньодобової температури на 1–2 °С, ранній перехід від нічного до денного температурного режиму, провітрювання теплиць за помірної вологості, частіші поливи з невеликими нормами, регулярний збір зелених плодів. Додатково забезпечують оптимальні умови для розвитку кореневої системи, використовуючи препарати, такі як Превікур, Етамон та інші стимулятори росту.

Для запобігання надмірному росту рослин використовують такі заходи, як зниження нічної температури, регулювання концентрації CO₂ у повітрі, часте прищипування пагонів, включаючи міжвузля, а також зміну графіка поливів – їх починають пізніше і завершують раніше. У похмурі дні дренажний стік має становити не більше 10–15 %, а останній полив проводять приблизно о 15–16 годині. Об'єм одного поливу на рослину становить 100 мл.

Під час літнього вирощування здійснюють захист рослин від шкідників, таких як кліщі, попелиця, білокрилка та гусінь. Використання біологічних методів боротьби вважається ефективним і перспективним. Для отримання врожаю жовтих і червоних перців у жовтні необхідно забезпечити формування зав'язей до середини серпня. Зав'язі, які утворюються наприкінці серпня, дозрівають і стають плодами на початку листопада [33].

1.9 Особливості збирання врожаю у тепличних комплексах

Збирання врожаю овочів у тепличних комплексах є надзвичайно важливим етапом виробництва, що визначає якість кінцевої продукції, її товарний вигляд, тривалість зберігання та економічну ефективність виробничого процесу. Цей етап вимагає врахування біологічних характеристик культур, умов вирощування, кліматичних факторів і застосування сучасних технологій. Специфіка цього процесу у теплицях зумовлена замкненим середовищем вирощування, що забезпечує контрольовані умови для дозрівання, але водночас висуває особливі вимоги до технології збору.

Одним із ключових аспектів є визначення правильних термінів збору врожаю. Кожна культура має свої особливості дозрівання, які залежать від сорту, способу вирощування та кінцевого призначення продукції. Наприклад, для томатів важливим є розподіл плодів на технічну і біологічну зрілість: перша стадія є ідеальною для транспортування, тоді як друга – для безпосереднього споживання. Огірки збирають на різних етапах залежно від цільового розміру плодів, особливо якщо вони призначені для консервування. У випадку цибулі врожай збирають після часткового вилягання пера, що забезпечує краще збереження сухих лусок і мінімізацію втрат під час зберігання [34].

Терміни збору визначають також ефективність механізації. Наприклад, для культур із синхронним дозріванням (капуста, морква, редис) можливе одноразове збирання із залученням сучасної техніки. Водночас багатостадійне дозрівання (перець, баклажани) потребує багаторазового збору вручну, що підвищує витрати праці, але забезпечує збереження якості продукції.

Методи збирання значною мірою залежать від культури, її біологічних особливостей і вимог до збереження. Для овочів із високою ймовірністю механічного пошкодження (томати, огірки, баклажани) використовується

ручний збір. Це дозволяє уникнути втрати товарного вигляду і подовжити термін зберігання. У сучасних теплицях ручну працю часто доповнюють використанням мобільних платформ, які забезпечують ефективне транспортування зібраного врожаю до зони обробки

Для овочів, які дозрівають одночасно (наприклад, капуста, коренеплоди), можливе застосування механізованого збору. Сучасні комбайни обладнані системами точного налаштування для уникнення ушкодження продукції. У разі збирання цибулі передбачають попереднє розпушування ґрунту та підрізання коренів, що полегшує механічне вилучення рослин із ґрунту і зменшує втрати врожаю.

Збирання врожаю найкраще здійснювати в ранкові або вечірні години, коли температура є оптимальною для збереження свіжості продукції. Надмірна спека або вологість можуть прискорити псування овочів, тому в теплицях часто використовують додаткові системи охолодження на етапі збору. Для збереження врожаю важливо дотримуватися санітарних норм: очищення тари, використання стерильного обладнання та уникнення контакту продукції із забрудненими поверхнями [35].

Після збору овочі проходять кілька етапів обробки. Сортування дозволяє виділити продукцію, що відповідає стандартам якості, а пошкоджені плоди направляються на переробку. Для довгострокового зберігання деякі овочі (цибуля, часник) прогрівають або сушать. Це запобігає розвитку хвороб і проростанню. У випадку листових овочів важливо забезпечити миття та попереднє охолодження перед упаковкою, щоб зберегти їхню свіжість.

У тепличному виробництві активно впроваджуються новітні технології, які оптимізують процес збору. До них належать автоматизовані системи моніторингу дозрівання, програмне забезпечення для управління виробничими циклами, а також інноваційні платформи для механізованого збору. Використання таких підходів значно скорочує витрати праці, мінімізує втрати продукції та забезпечує конкурентоспроможність на ринку.

Збирання врожаю овочів у теплицях – це комплексний процес, що поєднує технологічні інновації, біологічні знання та управлінські рішення. Його оптимізація дозволяє не лише підвищити ефективність виробництва, а й забезпечити стабільно високу якість продукції для задоволення споживчих потреб [36].

2 УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Об'єкт та місце проведення досліджень

Дослідження проводилися в тепличних комплексах ТОВ «Реалті Істейт» у селі Новоолександрівка Дніпропетровської області з координатами 48°21'28.3"N 35°02'19.2"E. Цей тепличний комплекс представляє собою сучасну та високотехнологічну аграрну одиницю, що спеціалізується на виробництві сільськогосподарської продукції в умовах інтенсивного тепличного господарства. Важливою особливістю комбінату є застосування інноваційних технологій у сфері агрономії, енергозбереження, автоматизації виробничих процесів, санітарії та екології, що значно підвищують ефективність та сталий розвиток виробництва.

На рисунку 2.1 зображено територію ТОВ «Реалті Істейт»

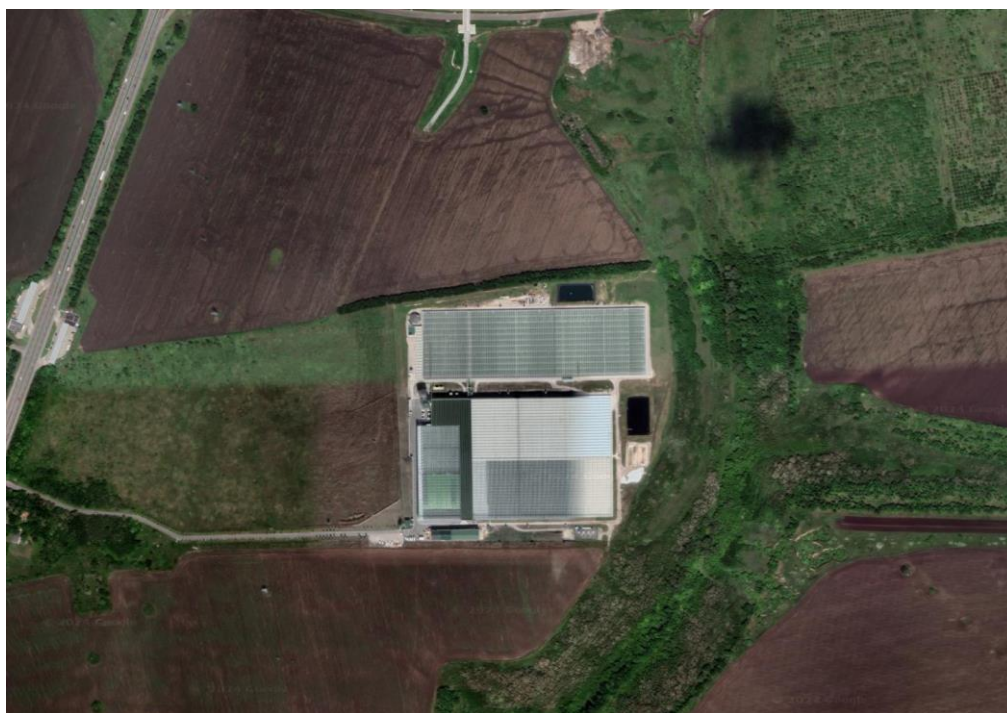


Рисунок 2.1 – Територія тепличного виробництва ТОВ «Реалті Істейт»

Комбінат оснащений сучасними технологічними системами для контролю мікроклімату, що забезпечують оптимальні умови для росту та розвитку рослин, а також для збереження природних ресурсів. Системи автоматизованого поливу та дозування добрив дозволяють мінімізувати витрати води та хімічних засобів, що є важливим для сталого землеробства та збереження екологічної рівноваги. Також на комбінаті застосовуються високоефективні системи енергозбереження, включаючи використання сонячних панелей та альтернативних джерел енергії, що знижує залежність від традиційних енергетичних ресурсів та зменшує викиди парникових газів.

Дослідження проводилися в рамках тепличного виробництва солодкого перцю. Завданням дослідження було оцінити ефективність застосування біологічних препаратів для боротьби з хворобами та шкідниками рослин у контрольованих умовах закритого ґрунту. Особливістю тепличного комбінату є використання систем екологічного моніторингу та інтегрованого захисту рослин, що дозволяє знижувати залежність від хімічних засобів захисту та сприяти створенню стійких агроecosystem.

На базі ТОВ «Реалті Істейт» створено унікальну виробничу платформу для наукових досліджень, яка включає експериментальні ділянки, обладнані системами автоматизованого моніторингу параметрів мікроклімату, вологості, освітлення та концентрації поживних речовин у ґрунтових субстратах. Це дозволяє проводити високоточний аналіз впливу застосування біопрепаратів на ріст, розвиток і продуктивність рослин [37].

Для проведення досліджень обрано культуру солодкого перцю, оскільки ця рослина має специфічні агробіологічні особливості, що визначають її технологічні потреби і складнощі вирощування в умовах України. У природних умовах відкритого ґрунту солодкий перець часто вирощується як багаторічна культура в регіонах із тривалим періодом вегетації, зокрема на високогір'ях із помірним кліматом. Однак у помірно-континентальному кліматі України його вирощування обмежується сезонністю і недостатністю природного освітлення в період активного росту рослин.

Основною проблемою у вирощуванні солодкого перцю в умовах закритого ґрунту є дефіцит світла, що характерний для зимово-весняного періоду, коли рослини знаходяться у фазі інтенсивного росту та формування врожаю. Додаткове освітлення є необхідним для компенсації цього дефіциту, проте воно значно збільшує витрати на виробництво, підвищуючи собівартість продукції до рівнів, які роблять вирощування нерентабельним. У зв'язку з цим, у ТОВ «Реалті Істейт» перець висаджується в лютому, коли природне освітлення починає поступово зростати, а врожай збирається у жовтні, що дозволяє максимально використати природний фотоперіод для зменшення енерговитрат.

Крім того, солодкий перець є вимогливою культурою до параметрів мікроклімату, таких як температура, вологість повітря, рівень вуглекислого газу та склад поживного розчину. Ці чинники мають бути ретельно регульовані для досягнення високої врожайності та якості плодів. Дослідження, спрямовані на оптимізацію технологій захисту солодкого перцю в умовах теплиць, є актуальними з огляду на високу сприйнятливість цієї культури до шкідників і хвороб.

Вибір солодкого перцю для проведення досліджень зумовлений специфічністю його вирощування в умовах закритого ґрунту України, потребою у вдосконаленні ресурсозберігаючих технологій і перспективами підвищення рентабельності виробництва за рахунок оптимізації використання природних і техногенних ресурсів.

2.2 Особливості кліматичних умов

Солодкий перець є теплолюбною культурою, що потребує специфічних кліматичних умов для успішного вирощування, розвитку та формування врожаю. Ця рослина особливо чутлива до температурного, світлового режимів та режиму вологи, а також до рівня вуглекислого газу і складу поживного розчину. У природних умовах відкритого ґрунту солодкий перець оптимально

росте в регіонах із тривалим теплим періодом, проте вирощування в умовах закритого ґрунту дозволяє створити необхідний мікроклімат навіть у регіонах із обмеженими природними ресурсами. У тепличному комплексі ТОВ «Реалті Істейт» застосовуються передові технології, які забезпечують рослинам необхідні умови для інтенсивного росту [38].

Температура є ключовим фактором у вирощуванні солодкого перцю. Для проростання насіння необхідно підтримувати температуру на рівні +25...+28°C. У період вегетації оптимальний температурний режим становить +22...+26°C вдень та не менше +16°C уночі. Температура вище +35°C може викликати тепловий стрес, зниження продуктивності та якісних характеристик плодів, тоді як різкі температурні коливання можуть спричинити деформацію плодів, затримку росту та підвищення сприйнятливості рослин до захворювань.

Солодкий перець також є світлолюбною культурою, що вимагає 12–14 годин інтенсивного освітлення на добу. У зимово-весняний період в Україні спостерігається дефіцит природного освітлення, що негативно впливає на фотосинтетичну активність, ріст і розвиток рослин. Для вирішення цієї проблеми в теплицях ТОВ «Реалті Істейт» використовуються автоматизовані системи додаткового освітлення, які компенсують нестачу світла. Завдяки цьому забезпечується рівномірний розвиток рослин і висока продуктивність культури.

Вологість повітря та ґрунту є ще одним важливим параметром для вирощування солодкого перцю. Оптимальна відносна вологість повітря для цієї культури становить 60–70%. Підвищення вологості понад 85% створює сприятливі умови для розвитку грибкових захворювань, а надмірна сухість повітря призводить до опадання зав'язей і уповільнення росту. У теплицях застосовуються системи крапельного поливу, які забезпечують рівномірне зволоження без надмірного перезволоження ґрунту, що може викликати кореневі гнилі [39].

Контроль рівня вуглекислого газу є важливим для підвищення ефективності фотосинтезу. У теплицях рівень CO₂ підтримується на рівні 800–

1000 ppm, що сприяє інтенсивному формуванню біомаси та підвищенню врожайності. Крім того, особливу увагу приділяють складу поживного розчину, зокрема забезпеченню рослин макро- та мікроелементами, такими як азот, фосфор, калій, кальцій та магній. Системи фертигації, впроваджені на підприємстві, дозволяють точно регулювати подачу поживних речовин відповідно до потреб рослин на різних етапах їх розвитку.

Водночас клімат поза межами теплиць має значний вплив на функціонування тепличного господарства. В Україні, зокрема в зимовий період, коли температура зовнішнього повітря може падати нижче -10°C , виникає потреба у значних енерговитратах для обігріву теплиць. У літній період надмірно високі температури і сильне сонячне випромінювання можуть спричинити перегрів теплиць, тому необхідні ефективні системи вентиляції та затінення. Також зміни вологості та сильні вітри можуть впливати на герметичність споруд, що потребує додаткових заходів для забезпечення стабільного мікроклімату всередині теплиць [40].

Умови теплиць ТОВ «Реалті Істейт» забезпечують солодкому перцю оптимальне середовище для проростання, росту та плодоношення. Завдяки автоматизації процесів управління мікрокліматом, застосуванню енергоефективних технологій обігріву, освітлення та поливу створюються умови, максимально наближені до біологічних потреб цієї культури. Ізоляція теплиць від впливу зовнішніх несприятливих факторів сприяє стабільному розвитку рослин і забезпечує високоякісний урожай, незалежно від коливань кліматичних умов зовнішнього середовища.

2.3 Агротехнічні методи захисту рослин на виробництві

Захист рослин є одним із ключових елементів технологічного процесу вирощування сільськогосподарських культур у закритому ґрунті, особливо в

умовах інтенсивного виробництва на підприємстві ТОВ «Реалті Істейт». Мікроклімат теплиць, що сприяє швидкому росту рослин, одночасно створює сприятливі умови для накопичення та поширення шкідників і хвороб. Для забезпечення високої врожайності та якості продукції в тепличному господарстві важливо реалізовувати комплексну систему захисту, яка охоплює карантинні, профілактичні, агротехнічні, санітарно-гігієнічні, хімічні та біологічні заходи [41].

Особлива увага приділяється карантинним заходам, які запобігають проникненню нових видів шкідливих організмів на територію господарства. Внутрішньогосподарський карантин передбачає суворий контроль за ввезенням рослинного матеріалу. Усі партії садивного та посівного матеріалу, а також горщиківі рослини підлягають обов'язковому огляду спеціалістами служби захисту рослин. Для зменшення ризику зараження рекомендується проводити попереднє обстеження підприємств-постачальників. Крім того, забороняється вирощування в теплицях культур, не передбачених технологічним процесом, а озеленення території здійснюється лише за погодженням з агрономом із захисту рослин.

Для запобігання перенесенню хвороб і шкідників через ґрунт, взуття, техніку або інвентар застосовуються дезінфекційні заходи. На входах до теплиць розміщують спеціальні дезінфекційні килимки, які обробляються дезінфекційними розчинами. Також на території підприємства впроваджено процедури миття та дезінфекції тари, що надходить із зовнішніх джерел [42].

Важливу роль у боротьбі зі шкідниками та хворобами відіграють агротехнічні заходи, такі як підготовка ґрунту, дотримання сівозміни, підтримання оптимального мікроклімату в теплицях та забезпечення збалансованого живлення рослин. Ці дії сприяють підвищенню стійкості рослин до негативного впливу патогенів. Правильне чергування культур запобігає ранньому ураженню рослин шкідниками, а утримання прилеглих до теплиць територій у належному санітарному стані дозволяє мінімізувати ризику поширення шкідливих організмів. Для цього між теплицями

створюються газони із злакових трав, а від висадження гарбузових і пасльонових культур поблизу виробничих приміщень рекомендується відмовитися.

Ефективним засобом виявлення та часткового контролю чисельності літаючих комах-шкідників є застосування клейових пасток. На підприємстві використовуються жовті та сині пастки, які зарекомендували себе як дієвий засіб для виявлення попелиць, трипсів, білокрилок та інших шкідників.

Хімічні методи захисту включають використання пестицидів, які застосовуються у випадках масового ураження рослин, але з урахуванням екологічної безпеки та допустимих норм. Однак на підприємстві ТОВ «Реалті Істейт» особлива увага приділяється біологічним методам захисту, які передбачають використання корисних комах, хижих кліщів і мікроорганізмів для боротьби зі шкідниками. Біологічні засоби є безпечними для довкілля, забезпечують тривалий ефект і сприяють формуванню стійкості рослин до патогенів [43].

Система захисту рослин у теплицях ТОВ «Реалті Істейт» є комплексною, інтегрованою та спрямованою на запобігання втратам урожаю, забезпечення екологічної безпеки та збереження біологічної рівноваги. Завдяки впровадженню сучасних технологій та раціональному поєднанню профілактичних, агротехнічних, біологічних і хімічних заходів господарство ефективно протидіє викликам, пов'язаним із захистом тепличних культур [44].

2.4 Біологічні системи захисту рослин від шкідників та хвороб

У тепличному комплексі ТОВ «Реалті Істейт» забезпечення ефективного захисту рослин є одним із ключових завдань, зважаючи на цілорічний цикл виробництва. Постійний мікроклімат і безперервне вирощування культур створюють сприятливі умови для накопичення шкідників, які можуть

формувати стійкі до пестицидів популяції. Це знижує ефективність профілактичних заходів, що зазвичай проводяться після завершення вегетаційного періоду. Як наслідок, виникає необхідність збільшення кількості хімічних обробок за допомогою акарицидів, інсектицидів і фунгіцидів, а також підвищення норм витрат препаратів. Такі заходи часто призводять до накопичення залишків пестицидів і токсичних метаболітів у ґрунті, рослинах і плодах, що не лише знижує якість продукції, але й погіршує умови праці персоналу.

У зв'язку з цим у ТОВ «Реалті Істейт» велика увага приділяється впровадженню біологічних методів захисту рослин. Зокрема, ефективним рішенням є застосування ентомофагів, акарифагів, а також бактеріальних і грибкових препаратів, які дозволяють ефективно контролювати поширення шкідників і збудників хвороб протягом вегетаційного періоду. Завдяки розвитку методів масового розмноження цих біологічних агентів у спеціалізованих лабораторіях тепличного господарства забезпечується їх достатня кількість для широкого використання.

Значного успіху досягнуто в боротьбі з павутинним кліщем за допомогою хижого кліща фітосейулюса (*Phytoseiulus persimilis*). У теплицях ТОВ «Реалті Істейт» застосовуються два способи його використання: локальний та масовий випуск. Локальний метод передбачає колонізацію кліща в місцях виявлення шкідників, що потребує регулярного (кожні 7–10 днів) моніторингу рослин для оцінки рівня пошкодження. При виявленні заражених рослин фітосейулюс випускають безпосередньо на вогнища ураження. Для цього використовують листя або цілі рослини сої, на яких знаходяться хижаки. Норма випуску залежить від інтенсивності зараження: зазвичай це 10–60 особин на одну рослину або до 140 особин на квадратний метр у разі значного пошкодження. У сильно заражених ділянках може знадобитися до 250 особин на квадратний метр [45].

Хижий кліщ демонструє високу ефективність, знищуючи павутинного кліща протягом 2–10 днів. Після повного очищення рослин фітосейулюс

продовжує розселятися у пошуках їжі, забезпечуючи довготривалий захисний ефект. Навіть за повторного нападу шкідників у теплиці зберігається певна кількість личинок хижака, здатних оперативно придушити нові осередки зараження.

Біологічні методи захисту рослин, які впроваджуються в ТОВ «Реалті Істейт», не лише зменшують необхідність у використанні хімічних засобів, але й сприяють підвищенню екологічності виробництва, збереженню ґрунтового середовища і поліпшенню умов праці персоналу. Завдяки інтеграції сучасних біотехнологій тепличний комбінат ефективно вирішує завдання захисту рослин, зберігаючи високу якість продукції та дотримуючись принципів сталого розвитку [46].

2.5 Методика проведення досліджень

Для досліджень було обрано сорт перцю Мадуро, який відзначається високою продуктивністю, рівномірним дозріванням плодів та адаптацією до умов закритого ґрунту. Цей сорт популярний серед виробників завдяки високій якості плодів, їх органолептичним властивостям та стійкості до основних шкідників і хвороб.

Метою дослідження було оцінити ефективність використання препарату SilicaPower у технології вирощування перцю сорту Мадуро, зокрема його вплив на фізіологічні параметри рослин, стійкість до стресів, врожайність та якість плодів. Основними завданнями стали вивчення динаміки росту і розвитку рослин за контрольного та дослідного варіантів, оцінка впливу препарату на стійкість рослин до абіотичних і біотичних стресів, порівняння врожайності та якості продукції між варіантами, а також проведення статистичного аналізу для підтвердження достовірності отриманих результатів.

Експеримент передбачає закладає ділянку у теплиці, яка має площу 50 м². Контрольним варіантом слугувало використання базової технології вирощування з традиційним підживленням, тоді як у дослідному варіанті застосовували препарат SilicaPower у складі живильного розчину. Тривалість дослідження охоплювала повний період вегетації перцю – від висадки розсади до збирання врожаю.

Для гідропонної системи використовувалася крапельна система поливу з регулярним поданням живильного розчину. Контрольний варіант передбачав стандартний склад розчину: азот (150 мг/л), фосфор (60 мг/л), калій (200 мг/л), магній (50 мг/л) та мікроелементи (Fe, Zn, Mn, Cu). У дослідному варіанті до цього розчину додавали SilicaPower у концентрації 100 мл на 100 л розчину, що забезпечувало вміст кремнію на рівні 50 мг/л. Використання кремнієвого препарату сприяло зміцненню клітинних стінок, підвищенню стійкості рослин до стресів та поліпшенню обміну речовин [47].

У таблиці 2.1 відображено схему внесення біопрепарату SilicaPower у субстрат

Таблиця 2.1 - Схема досліду внесення біопрепарату SilicaPower в субстрат

Варіант досліду	Біопрепарат	Концентрація препарату в живильному розчині	Об'єм розчину, мл/рослину
Контрольний варіант	Не використовується	-	-
Дослідний варіант	SilicaPower	100 мл/100 л (50 мг/л кремнію)	500

Рослини висаджували за схемою 50 × 40 см, що забезпечувало густоту посадки 3 рослини на 1 м². Освітлення здійснювалось за допомогою світлодіодних ламп із синьо-червоним спектром (450–660 нм) у режимі 16 годин на добу, що забезпечувало оптимальні умови для фотосинтезу. Температурний режим підтримувався на рівні 25–28°C вдень і 18–20°C уночі, а відносна вологість повітря — 60–70%.

Для забезпечення ефективного вирощування перцю сорту Мадуро у тепличних умовах важливу роль відіграє якість поливної води. У наших дослідженнях використовувалась вода зі свердловини, що попередньо пройшла аналіз відповідно до стандартів, рекомендованих для закритого ґрунту. Основними критеріями оцінки були електропровідність (ЕП), вміст хлоридів (Cl), гідрокарбонатів (HCO_3^-) та натрію (Na).

У таблиці 2.2 відображені показники води для поливу перцю сорту Мадуро.

Таблиця 2.2 – Якість води для поливу при ефективному вирощуванні перцю сорту Мадуро

Параметр	Рекомендовані межі	Фактичні дані	Придатність води
ЕП, мСм/см	<1,0	0,8	Придатна
Cl, ммоль/л	<2,0	1,2	Придатна
HCO_3^- , мг/л	<80	60	Придатна
Na, ммоль/л	<2,0	1,4	Придатна

Аналіз показав, що вода повністю відповідала вимогам до якісної поливної води. Параметри електропровідності залишалися в межах, що свідчать про низьку концентрацію розчинених солей, а рівень хлоридів і натрію був безпечним для кореневої системи рослин. Гідрокарбонати також знаходились у прийнятних межах, що виключало ризик надмірного лужного впливу на субстрат.

Отримані результати підтверджують придатність використаної води для поливу в гідропонній системі вирощування перцю. Це дозволило забезпечити оптимальні умови для живлення та розвитку рослин протягом усього періоду досліджень.

Оптимальна концентрація макро- і мікроелементів в поживному розчині для вирощування перцю сорту Мадуро представлена наступним чином:

- *Макроелементи:*

- NO_3^- (нітрати): 13,5 ммоль/л

- H_2PO_4^- (фосфати): 2 ммоль/л

- SO_4^{2-} (сульфати): 3,5 ммоль/л
- NH_4^+ (амоній): 0,5 ммоль/л
- K^+ (калій): 9,5 ммоль/л
- Ca^{2+} (кальцій): 4,75 ммоль/л
- Mg^{2+} (магній): 1,5 ммоль/л
- *Мікроелементи:*
 - Fe (залізо): 20-25 ммоль/л
 - Mn (марганець): 10 ммоль/л
 - Zn (цинк): 5 ммоль/л
 - B (бор): 25 ммоль/л
 - Cu (мідь): 0,75 ммоль/л
 - Mo (молібден): 0,5 ммоль/л

Такий склад поживного розчину забезпечує оптимальні умови для живлення рослин протягом вегетаційного періоду, сприяючи досягненню високої продуктивності та якості плодів перцю сорту Мадуро.

Насіння перцю для вирощування розсади висівали у парники 20 лютого 2024 року. Пересадку розсади у відкритий ґрунт здійснювали 22 травня 2024 року, використовуючи стрічковий спосіб посадки за схемою 80+50+50×25. Ділянки були розміщені за рендомізованим принципом, площа кожної становила 10 м².

Морфологічні показники, такі як висота рослин, товщина стебла, а також сира та суха маса рослин, визначали з інтервалом у 10 днів. Площу листків вимірювали ваговим методом відповідно до загальноприйнятих рекомендацій.

Рослини обробляли ранковим обприскуванням за допомогою ранцевого обприскувача ОП-2 до повного змочування листкової поверхні. Для обробки використовували такі препарати: 0,005%-вий розчин 1-нафтилоцтової кислоти (1-НОК), 0,005%-вий розчин гіберелової кислоти (ГКЗ), 0,005%-вий розчин 6-бензиламінопурина (6-БАП) та 0,025%-вий розчин тебуконазолу.

Мезоструктуру листків аналізували наприкінці вегетаційного періоду на фіксованому матеріалі за методикою А. Т. Мокроносова. Вміст хлорофілів

визначали у свіжому матеріалі спектрофотометричним методом із використанням спектрофотометра СФ–16. Листковий індекс (ЛІ) обчислювали як площу всіх зелених листків на одиницю площі ґрунту за рекомендаціями Г. О. Прядкіної.

Вміст загальних та редукуючих цукрів, крохмалю у вегетативних органах і плодах оцінювали йодометричним методом за Х. М. Починком. Концентрацію фосфору визначали за утворенням фосфорно-молібденового комплексу з використанням залізо-молібдату амонію, калію – полум'яно-фотометричним методом (В. А. Разумов, 1982), а вміст загального азоту – методом К'ельдаля.

В рамках досліджень вимірювались висота рослин, площа листків, кількість плодів, а також вміст хлорофілу в листках за допомогою портативного хлорофілметра SPAD-502. Урожайність фіксувалася як загальна маса плодів з одиниці площі, а якість плодів оцінювалася за їхньою середньою масою, розмірами та вмістом сухих речовин, визначеним за допомогою рефрактометра.

Для підтвердження достовірності отриманих результатів було застосовано методи дисперсійного аналізу та t-тест Стьюдента, які відображають статистичні відмінності між контрольним та дослідним варіантами.

Для досліджень проводилися обліки і спостереження відповідно до загальноприйнятих методик до вирощування перцю сорту Мадуро:

1. Фенологічні спостереження: фіксували строки висаджування розсади, початок цвітіння, початок формування плодів і початок їх дозрівання. Дані реєструвались для кожного варіанту дослідження окремо.

2. Біометричні показники: визначали висоту рослин, кількість листків та їх площу у фазі початку плодоношення, а також кількість зав'язей за період активного плодоношення відповідно до методичних рекомендацій Інституту овочівництва та баштанництва УААН.

3. Агрономічні обліки: проводили збір плодів через кожні 10-12 днів протягом усього періоду плодоношення. Реєстрували загальну масу зібраних плодів, їх середню масу, розміри та кількість з кожної рослини.

4. Визначення якісних показників плодів: оцінювали вміст сухих речовин, а також вміст загального цукру, органічних кислот та аскорбінової кислоти (вітаміну С) методом титрування.

5. Фітосанітарний моніторинг: проводили регулярні спостереження за станом рослин для оцінки стійкості до грибкових захворювань, фіксували кількість уражених рослин і площу ураження на контрольних ділянках.

Усі отримані дані заносились до робочих журналів і оброблялись методами математичної статистики для забезпечення достовірності отриманих результатів.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1 Технологія вирощування та її вплив на розвиток рослин перцю

Для проведення дослідження було застосовано сучасні методи вирощування рослин перцю сорту Мадуро в умовах закритого ґрунту, що включали використання гідропонної системи та субстратного методу. Ці технології вирощування забезпечували оптимальні умови для розвитку рослин, сприяли ефективному використанню ресурсів і дозволяли досягти високої якості врожаю.

Гідропонний метод передбачав вирощування рослин без використання ґрунту, що виключало ризики зараження патогенами або шкідниками. Рослини розташовувалися на субстратах із кокосового волокна, які характеризуються високою вологоємністю, хорошою циркуляцією повітря та низькою щільністю. Ці властивості забезпечували достатнє постачання кисню до кореневої системи та підтримували стабільний водний баланс. Живлення рослин здійснювалося через надходження поживного розчину з точно підібраним складом макро- і мікроелементів, таких як азот, фосфор, калій, магній і кальцій. Використання гідропонної системи дозволяло підвищити ефективність споживання поживних речовин, знижуючи витрати води та добрив.

У разі субстратного методу використовувалися суміші торфу та перліту, які сприяли підтриманню оптимального рівня вологості й забезпечували доступ кисню для кореневого дихання. Такий субстрат створював стабільне середовище для росту рослин, дозволяючи регулювати водний і поживний режим відповідно до фази розвитку культури. Відомо, що торф забезпечує

достатнє утримання вологи, тоді як перліт сприяє покращенню аерації, що є особливо важливим для теплолюбних культур, таких як перець.

Для створення сприятливих умов розвитку рослин застосовували комплекс агротехнічних заходів. Освітлення підтримувалося на рівні 12–14 годин на добу завдяки використанню світлодіодних ламп із синьо-червоним спектром випромінювання. Цей спектр є найбільш ефективним для стимуляції фотосинтезу, оскільки синє світло сприяє росту листкової маси, а червоне — активному утворенню плодів.

Температурний режим у теплиці регулювався автоматизованою системою клімат-контролю. Вдень температура підтримувалася в межах 22–26 °С, а вночі — 16–18 °С. Це дозволяло уникнути температурного стресу для рослин, зберігаючи високу активність фізіологічних процесів. Оптимальний рівень відносної вологості (60–70%) досягався за рахунок автоматизованих систем зволоження та вентиляції, що попереджувало розвиток грибкових захворювань і забезпечувало стабільну транспірацію.

У рамках дослідження було організовано порівняння між двома групами рослин: контрольної та дослідної. У контрольній групі рослини вирощували за стандартною технологією без використання біопрепаратів чи стимуляторів росту, тоді як в дослідній групі до поживного розчину додавали біопрепарат. Це дозволило оцінити вплив біопрепарату на ріст і розвиток рослин у рівних умовах за рівнем освітлення, температури, вологості та вентиляції.

У таблиці 3.1 наведено дані про тривалість фенологічних фаз розвитку рослин перцю сорту Мадуро залежно від варіанту дослідження

Таблиця 3.1 - Тривалість фенологічних фаз розвитку рослин перцю сорту Мадуро залежно від варіанту дослідження

Варіант дослідження	Гібрид	Тривалість періоду, днів від сходів до початку досягання			
		бутонізація	цвітіння	утворення плодів	досягання першого плода
Контроль	Мадуро	50	66	90	120
Дослід		45	60	83	115

Результати в таблиці відображають тривалість основних фенологічних фаз розвитку рослин перцю сорту Мадуро залежно від використання стандартних агротехнічних заходів (контрольний варіант) та додаткового застосування біопрепарату SilicaPower (дослідний варіант). Дані свідчать, що використання біопрепарату у дослідному варіанті значно скорочує тривалість кожної фенологічної фази. Зокрема, бутонізація почалася на п'ять діб раніше порівняно з контрольним варіантом (45 діб проти 50 діб). Фаза цвітіння скоротилася на шість діб, що сприяло швидшому переходу до наступної фази розвитку. Тривалість періоду утворення плодів зменшилася на сім діб, що вказує на покращення умов формування зав'язей. Загалом, досягання першого плоду у дослідному варіанті відбулося на п'ять діб раніше (115 діб проти 120 діб у контрольній групі).

Препарат SilicaPower активізує метаболічні процеси, зокрема синтез фітогормонів, що регулюють ріст і розвиток, а також сприяє кращому засвоєнню макро- та мікроелементів із поживних розчинів. Використання SilicaPower забезпечило суттєве прискорення розвитку рослин перцю та їхню готовність до плодоношення, що підтверджує його ефективність як стимулятора росту і перспективність застосування в сучасних агротехнологіях. У таблиці 3.2 наведено дані про умови вирощування перцю у контрольній та дослідній групах.

Таблиця 3.2 - Умови вирощування перцю у контрольній та дослідній групах

Дані показують, що для обох груп	Параметр	Контрольна група	Дослідна група
	Температура вдень, °С	22–26	22–26
	Температура вночі, °С	16–18	16–18
	Вологість, %	60–70	60–70
	Освітленість, тис. лк	15–20	15–20
	Підживлення	Стандартне	З додаванням SilicaPower

підтримувалися ідентичні умови мікроклімату: температура вдень становила 22–26 °С, уночі – 16–18 °С, а вологість залишалася на рівні 60–70%. Єдиною відмінністю між групами було внесення біопрепарату до поживного розчину в експериментальній групі, що забезпечувало додаткову стимуляцію росту рослин.

Анатомо-морфологічні показники листка є важливими характеристиками, що відображають адаптаційні процеси рослин до змін умов навколишнього середовища. Вони відіграють ключову роль у забезпеченні ефективності фотосинтезу, водного балансу та газообміну, що, в свою чергу, впливає на загальну продуктивність рослин. Дослідження змін цих показників дозволяє оцінити вплив різних факторів на фізіологічний стан рослин і їхню здатність адаптуватися до стресових умов.

У таблиці 3.3 наведено дані впливу біопрепарату на мезоструктурну організацію листків перцю солодкого

Таблиця 3.3 - Вплив біопрепарату на мезоструктурну організацію листків перцю солодкого

Варіант досліджу	Контроль	Дослід
Товщина листка, мкм	263,7 ±13,18	298,6 ±14,93
Товщина верхнього епідермісу, мкм	23,3 ± 0,62	28,7 ± 0,73
Товщина хлоренхіми, мкм	216,5 ±1,68	244,9 ±4,13
Товщина нижнього епідермісу, мкм	23,9 ±0,49	25,1 ±0,85
Об'єм клітин стовпчастої паренхіми, мкм ³	19857,1 ±896,32	23058,6±1147,19
Довжина клітин губчастої паренхіми, мкм	33,3 ±0,95	34,1 ±1,30
Ширина клітин губчастої паренхіми мкм	24,9 ±0,75	26,9 ±1,04
Питома поверхнева щільність листка, мг/см ²	7,9±0,39	9,1±0,45

У результаті проведених досліджень виявлено, що структурно-функціональні показники листка змінюються під впливом експериментальних умов.

Товщина листка у дослідному варіанті була більшою на 13,2% порівняно з контрольним ($298,6 \pm 14,93$ мкм проти $263,7 \pm 13,18$ мкм). Це свідчить про посилення мезофільної тканини, що може сприяти підвищенню інтенсивності фотосинтетичних процесів.

Значне збільшення товщини верхнього епідермісу (на 23,2%) вказує на посилення захисних функцій рослини. Аналогічно, товщина нижнього епідермісу також збільшилася, але в меншій мірі (на 5%).

Особливу увагу привертають зміни в хлоренхімі: товщина хлоренхіми збільшилася на 13,1%, що може бути пов'язано з посиленням фотосинтетичної активності. Крім того, збільшення об'єму клітин стовпчастої паренхіми (на 16,1%) свідчить про підвищення ефективності поглинання та переробки світлової енергії.

Дослідження показали, що довжина та ширина клітин губчастої паренхіми також зросли, відповідно на 2,4% і 8%, що сприяє покращенню аераційних властивостей тканини.

Питома поверхнева щільність листка у дослідному варіанті зросла на 15,2%, що свідчить про збільшення відносної маси сухих речовин листкової пластинки, ймовірно, внаслідок накопичення органічних речовин та посилення метаболізму.

У таблиці 3.4 наведено дані, які демонструють динаміка росту рослин перцю в контрольній та дослідній групах.

Таблиця 3.4 - Динаміка росту рослин перцю в контрольній та дослідній групах

День дослідження	Висота рослин, см (контроль)	Висота рослин, см (дослід)
7-й день	7,5	8
14-й день	15	16
21-й день	20	25
28-й день	30	33

Таблиця демонструє динаміку росту рослин перцю у контрольній та дослідній групах протягом 28 днів дослідження. Вона містить дані щодо висоти рослин, виміряної на 7-й, 14-й, 21-й та 28-й дні.

У контрольній групі висота рослин збільшувалася поступово, досягнувши 30 см до кінця дослідження. В дослідній групі, завдяки використанню біопрепарату SilicaPower, спостерігався швидший темп росту, і висота рослин склала 33 см на 28-й день.

На рисунку 3.1 зображено динаміка росту рослин перцю сорту Мадуро при вирощуванні у дослідних умовах

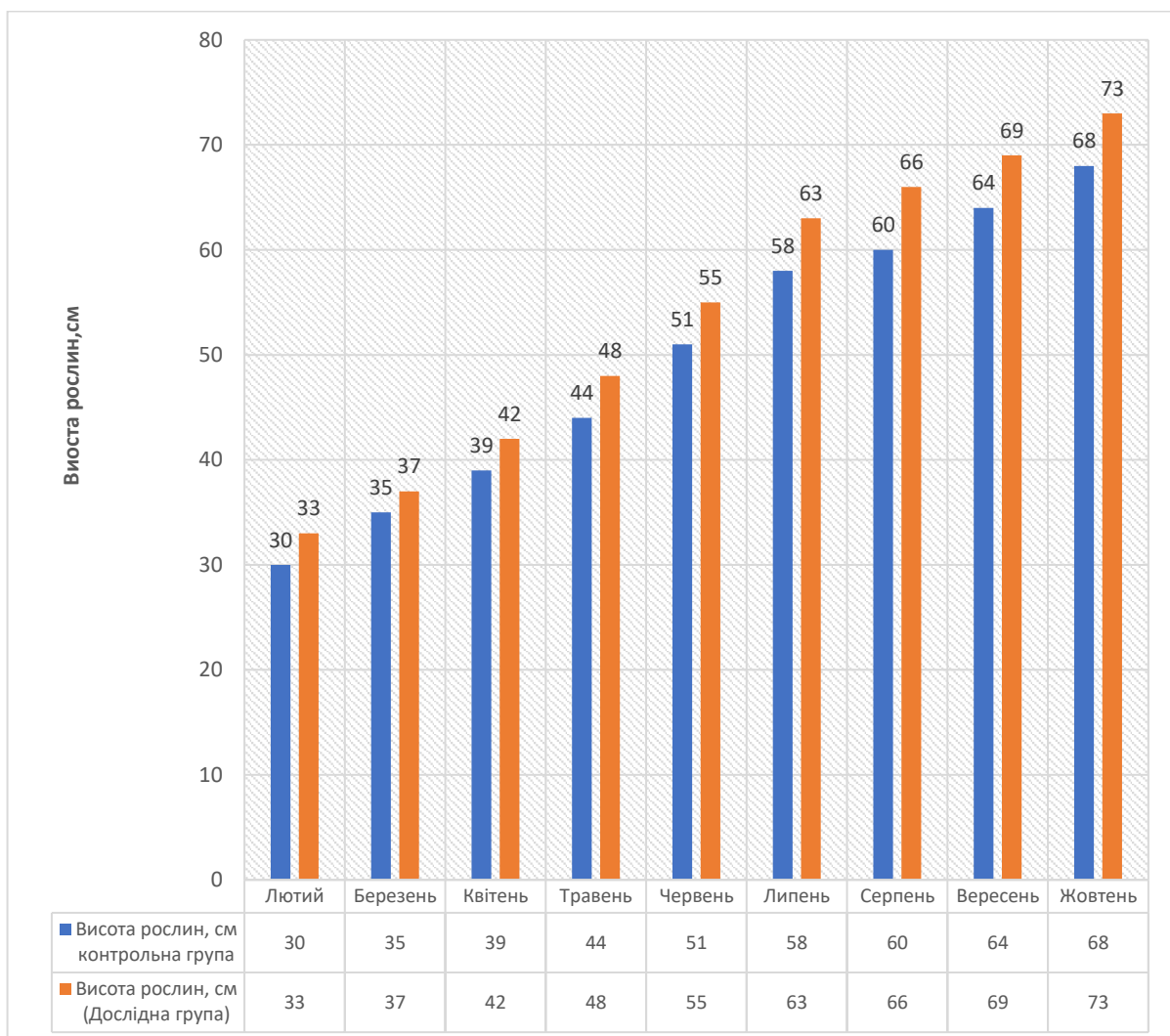


Рисунок 3.1 - Динаміка росту рослин перцю сорту Мадуро при вирощуванні у дослідних умовах.

Згідно з даними на рисунку, висота рослин перцю сорту Мадуро в контрольній групі, вирощених за стандартними агротехнічними методиками, зростала від 30 см у лютому до 68 см у жовтні. У дослідній групі, де використовувалися ті ж методики з додаванням SilicaPower, висота рослин була на кілька сантиметрів вища на кожному етапі. Наприклад, у лютому рослини дослідної групи досягали 33 см, а в жовтні їх висота становила 73 см.

Графічне відображення цих даних показує, що використання SilicaPower сприяло більш швидкому росту рослин, що видно в порівнянні висоти між контрольними та дослідними групами. Різниця в висоті рослин між групами поступово збільшується з часом, що свідчить про позитивний вплив додавання SilicaPower на розвиток перцю протягом вегетаційного періоду.

Отримані результати свідчать, що використання біопрепарату в дослідній групі забезпечило швидший розвиток рослин і більш інтенсивне утворення листкової маси, що є важливим показником для подальшого формування врожаю.

3.2 Вплив біопрепарату на врожайність перцю

Для оцінки ефективності біопрепарату SilicaPower було проведено порівняння врожайності перцю в контрольному і дослідному варіантах. Аналіз включав показники кількості плодів на одну рослину, середньої маси плодів та загальної врожайності з одиниці площі. Отримані результати дозволяють оцінити вплив біопрепарату на продуктивність культури та визначити його доцільність для використання у закритому ґрунті.

У таблиці 3.5 наведено дані про загальна врожайність перцю в контрольному і дослідному варіантах.

Таблиця 3.5 - Загальна врожайність перцю в контрольному і дослідному варіантах

Показник	Контроль	Дослід	Відхилення (%)
Кількість плодів на рослину (шт.)	14,5	16,7	+15%
Середня маса плодів (г)	160	185	+15%
Загальна маса врожаю (кг/м ²)	21,5	24,2	+15%

Застосування біопрепарату SilicaPower продемонструвало суттєвий позитивний вплив на врожайність перцю у дослідному варіанті в порівнянні з контрольним. Зокрема, кількість плодів на одну рослину у контрольному варіанті становила 14,5 шт., тоді як у дослідному – 16,7 шт., що на 15% більше. Середня маса плодів у контрольному варіанті склала 160 г, а у дослідному – 185 г, що також відповідає зростанню на 15%.

Загальна маса врожаю на одиницю площі (кг/м²) у контрольному варіанті досягла 21,0 кг, тоді як у дослідному варіанті цей показник становив 24,2 кг, демонструючи підвищення врожайності на 15%. Таким чином, використання біопрепарату сприяло збільшенню врожаю за рахунок як підвищення кількості плодів, так і їх середньої маси.

Для детального аналізу впливу біопрепарату SilicaPower на врожайність перцю було проведено оцінку розподілу плодів за категоріями маси у контрольному та дослідному варіантах. Це дозволило визначити, як застосування біостимулятора впливає на якісні характеристики плодів, зокрема їх масу.

У таблиці 3.6 подано результати дослідження розподілу плодів за масою в контрольному і дослідному варіантах.

Таблиця 3.6 - Розподіл плодів за масою в контрольному і дослідному варіантах

Категорія маси плодів (г)	Контроль (шт.)	Дослід (шт.)	Відхилення (%)
<50 г	10	8	-20%
50–100 г	30	28	-7%
>100 г	60	72	+20%

Аналіз розподілу плодів за масою показав, що застосування біопрепарату SilicaPower суттєво вплинуло на структуру врожаю. У контрольному варіанті кількість дрібних плодів (<50 г) становила 10 шт., тоді як у дослідному варіанті цей показник зменшився до 8 шт., що відповідає зниженню на 20%. Це свідчить про зменшення частки плодів низької якості за рахунок поліпшення умов зростання та розвитку рослин.

У категорії середньої маси (50–100 г) спостерігалось незначне зменшення кількості плодів у дослідному варіанті порівняно з контрольним: 28 шт. проти 30 шт., що складає відхилення на -7%. Цей результат пояснюється тим, що більша частка плодів перейшла до категорії важких плодів (>100 г) завдяки дії біопрепарату.

Найбільший приріст спостерігався у категорії плодів з масою понад 100 г. У контрольному варіанті їх кількість становила 60 шт., тоді як у дослідному — 72 шт., що відповідає збільшенню на 20%. Це підтверджує, що використання біостимулятора сприяє формуванню плодів більшої маси, які мають вищу товарну цінність.

В умовах сучасних енергетичних викликів, зокрема часткових відключень електропостачання в Україні, забезпечення стабільної продуктивності тепличних господарств набуває особливого значення. У цих умовах використання біопрепаратів, таких як SilicaPower, може бути ефективним рішенням для підвищення врожайності навіть за нестабільного освітлення. Додаткові витрати на впровадження біостимуляторів

компенсуються збільшенням економічної ефективності завдяки покращенню врожайності та якості продукції.

У таблиці 3.7 представлено порівняння витрат на вирощування і економічної ефективності між контрольним та дослідним варіантами.

Показник	Контроль	Дослід	Різниця (Δ)
Витрати на вирощування (грн/м ²)	100	115	+15
Валовий дохід (грн/м ²)	630	726	+96
Економічна ефективність (грн/м ²)	530	611	+81

Таблиця 3.7- Порівняння витрат на вирощування і прибутковість

Аналіз економічних показників свідчить, що використання біопрепарату SilicaPower у дослідному варіанті призвело до незначного зростання витрат на вирощування, однак це було повністю компенсовано збільшенням врожайності та валового доходу.

Зокрема, витрати на вирощування у контрольному варіанті становили 100 грн/м², тоді як у дослідному варіанті зросли до 115 грн/м² (+15%) через додаткові витрати на закупівлю і застосування біопрепарату. Попри це, використання SilicaPower забезпечило збільшення врожайності на 15%, що, за умовами дослідження, спричинило зростання валового доходу на 96 грн/м² (з 630 грн/м² у контрольному варіанті до 726 грн/м² у дослідному).

Економічна ефективність, розрахована як різниця між валовим доходом та витратами на вирощування, у контрольному варіанті становила 530 грн/м², тоді як у дослідному досягла 611 грн/м². Це відповідає приросту в 81 грн/м² (+15%).

Дані свідчать, що використання біопрепарату SilicaPower може бути ефективним засобом підвищення економічної рентабельності тепличного вирощування перцю навіть в умовах нестабільного електропостачання,

зумовленого енергетичною кризою. Завдяки біопрепарату рослини отримують підтримку, що компенсує можливі стресові фактори, пов'язані із відключеннями світла, сприяючи стабільній врожайності.

Застосування SilicaPower не лише підвищує загальну врожайність перцю, а й значно покращує його якісні характеристики, зменшуючи частку дрібних плодів і збільшуючи кількість великих. Це свідчить про ефективність біопрепарату у підвищенні продуктивності культури перцю.

3.3 Вплив біопрепарату на якість плодів перцю

Для оцінки ефективності біостимулятора SilicaPower було проведено дослідження його впливу на якість плодів перцю сорту Мадуро, вирощеного в умовах закритого ґрунту гідропонним методом. Основними критеріями оцінки стали показники хімічного складу плодів, зокрема товщина стінки, вміст цукрів, концентрація вітаміну С, кислотність і збереженість продукції після зберігання.

Порівняння проводилося між двома варіантами: контрольним, у якому використовувалися лише загальноприйняті агротехнічні заходи, та дослідним, де до стандартних методів було додано біостимулятор SilicaPower. Отримані результати дозволяють оцінити потенціал використання цього препарату для підвищення якості продукції в тепличному овочівництві.

У таблиці 3.8 представлені дані про основні якісні характеристики плодів, отримані в контрольному і дослідному варіантах.

Таблиця 3.8 - Хімічний склад плодів перцю сорту Мадуро при проведенні досліджень

Варіант	Товщина стінки (мм)	Вміст цукрів (%)	Вміст вітаміну С (мг/100 г)	Водневий показник (рН)	Збереженість (%) через 10 днів
---------	---------------------	------------------	-----------------------------	------------------------	--------------------------------

Контрольний	6,2	4,1	115	5,6	70
Дослідний	6,8	5,2	130	5,4	85

Показники товщини стінки демонструють переваги дослідного варіанту, де вона вища (6,8 мм) у порівнянні з контрольним варіантом (6,2 мм), що свідчить про більш щільну структуру плодів. Аналіз вмісту цукрів показав підвищення цього показника у дослідному варіанті до 5,2%, що є важливим з точки зору покращення смакових характеристик. Вміст вітаміну С, який є ключовим показником харчової цінності, також виявився вищим у плодах з дослідного варіанту (130 мг/100 г проти 115 мг/100 г у контрольному).

Кислотність плодів у дослідному варіанті була незначно нижчою (5,4 рН проти 5,6 рН у контрольному), що вказує на помірну зміну хімічного балансу плодів під впливом біостимулятора. Важливим показником збереженості плодів через 10 днів є суттєве підвищення цього показника у дослідному варіанті до 85%, що перевищує аналогічний результат у контрольному варіанті (70%).

Отримані результати підтверджують позитивний вплив біостимулятора SilicaPower на якість плодів перцю, покращуючи їх хімічний склад, смакові властивості та здатність до тривалого зберігання.

Вміст хлорофілу в шкірці плодів є важливим індикатором їх свіжості та біологічної активності. Хлорофіл, що відповідає за процес фотосинтезу, є основним пігментом, який сприяє забезпеченню рослини енергією для росту та розвитку. З часом, після збору врожаю, вміст хлорофілу в плодах зменшується, що свідчить про зниження їх свіжості та якості. Проте застосування біопрепаратів, таких як SilicaPower, може впливати на цей процес, сприяючи збереженню біологічної активності рослин та продовженню їх життєздатності після збору.

На рисунку 3.2 відображено вміст хлорофілу в шкірці плодів у контрольному та дослідному варіантах.

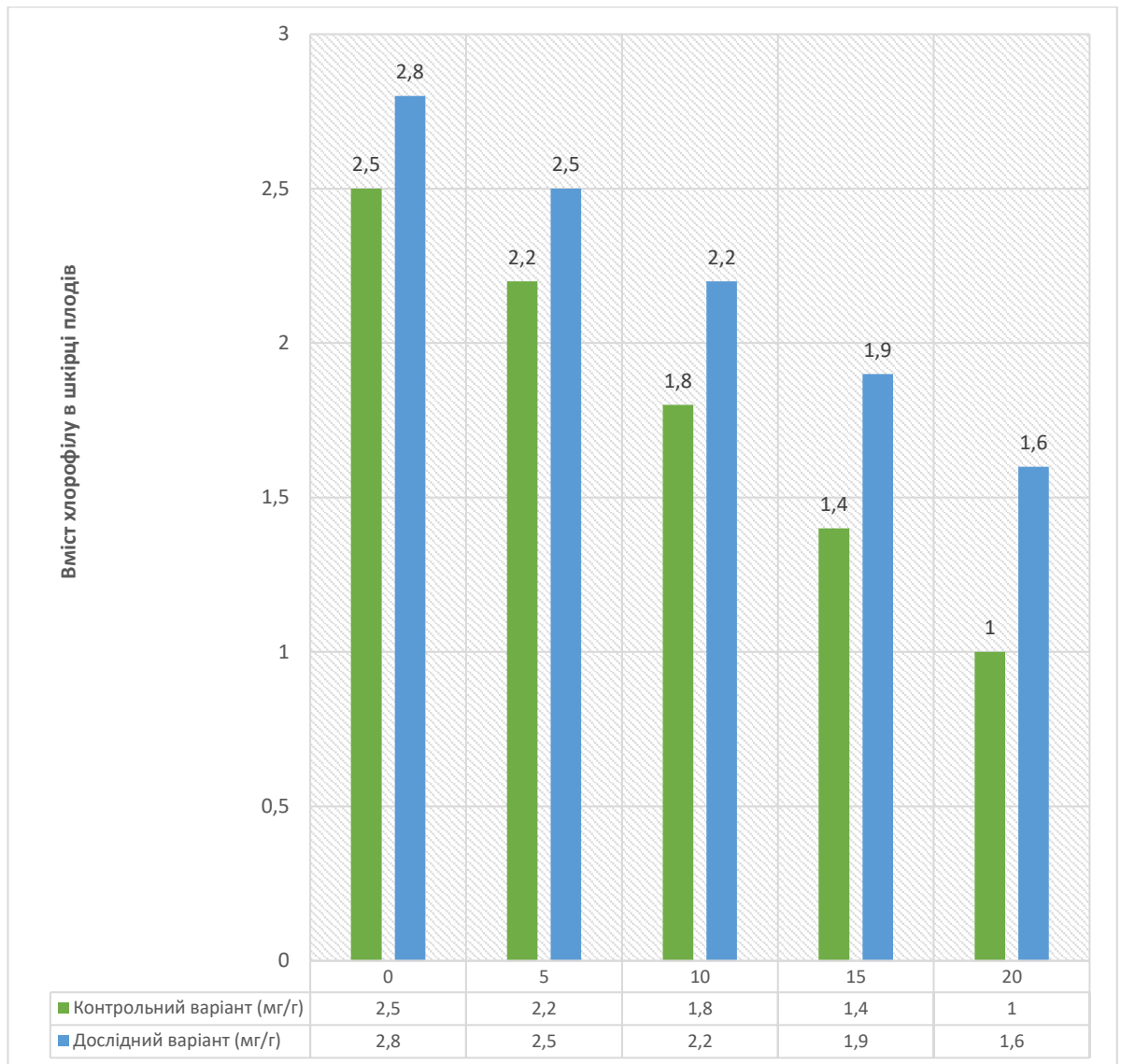


Рисунок 3.2 - Вміст хлорофілу в шкірці плодів у контрольному та дослідному варіантах.

Дані рисунку демонструють вміст хлорофілу в шкірці плодів перцю в контрольному та дослідному варіантах за різними періодами зберігання. Вміст хлорофілу є важливим показником свіжості плодів, оскільки цей пігмент відповідає за фотосинтез і, відповідно, є індикатором їх біологічної активності та здоров'я. За допомогою цього показника можна оцінити, як довго плоди зберігають свої корисні властивості та скільки часу вони залишаються придатними для споживання.

У контрольному варіанті (плоди, вирощені без біопрепарату SilicaPower) вміст хлорофілу поступово зменшується з часом зберігання, що є природним процесом старіння та втрати свіжості. Наприклад, на п'ятому дні зберігання

хлорофіл в плодах контрольної групи зменшується до 2.2 мг/г, а на 20-й день цей показник падає до 1.0 мг/г.

У дослідному варіанті (плоди, вирощені з використанням біопрепарату SilicaPower) відзначається більш повільне зниження вмісту хлорофілу. Це може свідчити про те, що біостимулятор має позитивний вплив на підтримку свіжості плодів, покращуючи їх здатність утримувати хлорофіл протягом тривалого часу. Плоди в дослідному варіанті на 5-й день зберігання мають 2.5 мг/г хлорофілу, що є на 0.3 мг/г більше, ніж у контрольній групі. На 20-й день зберігання цей показник зменшується до 1.6 мг/г, що також є вищим, ніж у контрольному варіанті.

Дані досліджень підтверджують, що використання біопрепарату SilicaPower може позитивно вплинути на збереження свіжості плодів перцю, забезпечуючи довший період утримання хлорофілу у шкірці. Це свідчить про потенціал біопрепарату для підвищення якості зберігання плодів, що має важливе значення для збільшення терміну зберігання та покращення товарного вигляду продукції.

Підвищення якості зберігання та зменшення кількості дефектних плодів є важливими аспектами в керуванні агроecosystemами, особливо при вирощуванні овочевих культур у тепличних умовах. Одним із способів покращення якості зберігання є використання біопрепаратів, що можуть позитивно впливати на збереженість плодів, зменшуючи розвиток хвороб, механічні пошкодження та інші дефекти. У цьому контексті біостимулятор SilicaPower, який застосовується для стимулювання росту та розвитку рослин, може бути ефективним засобом для покращення збереженості плодів після збору.

При дослідженнях було зроблено порівняльний аналіз контрольного варіанту (плоди, вирощені без використання біопрепарату) та дослідного варіанту (плоди, вирощені з використанням біопрепарату). За допомогою цього аналізу можна оцінити ефективність біопрепарату у покращенні якості та

збереженості плодів перцю, що має важливе значення для підвищення товарного вигляду і тривалості зберігання продукції.

На рисунку 3.3 зображено кількість плодів з дефектами у контрольному та дослідному варіантах.

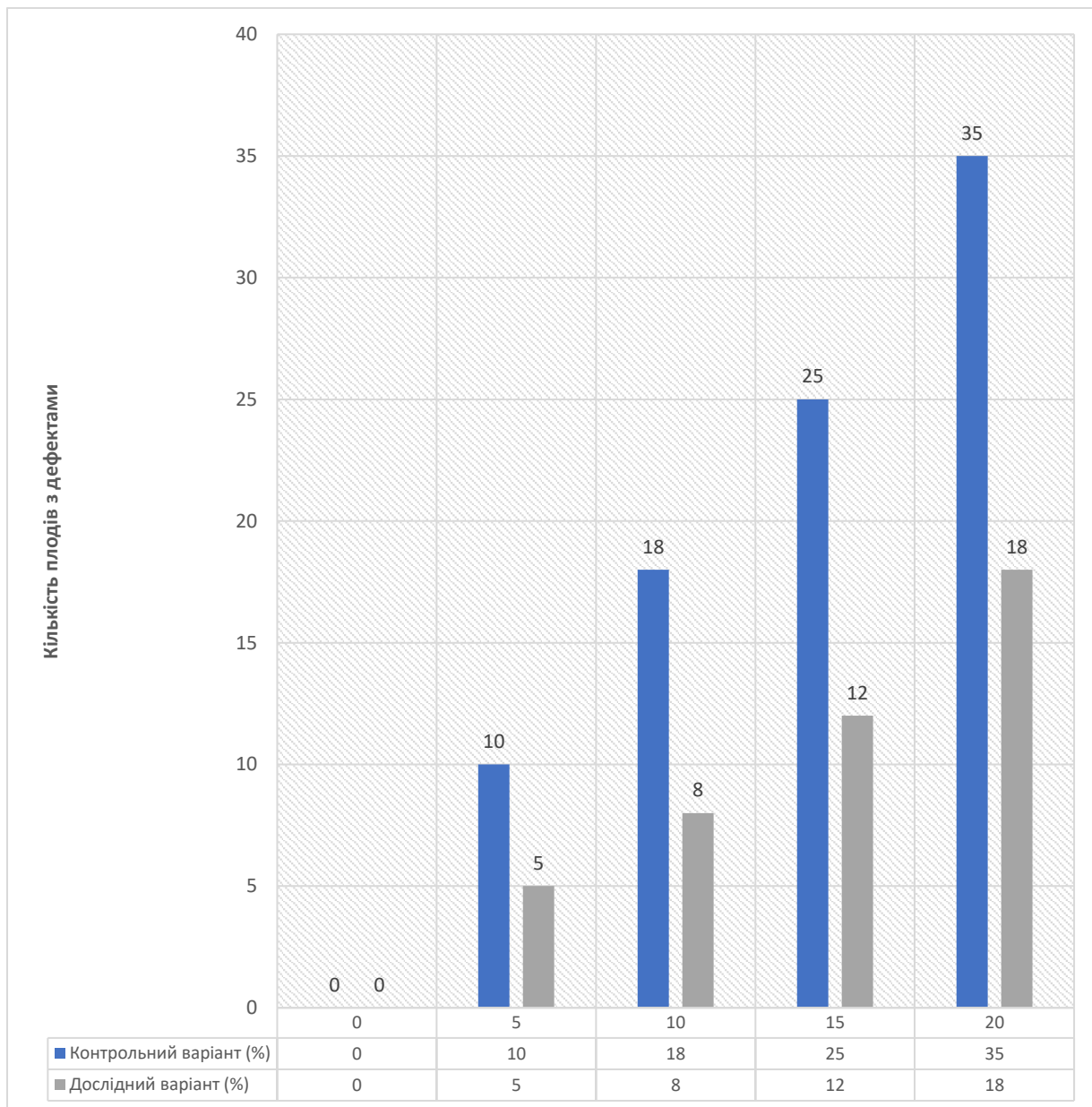


Рисунок 3.3 - Кількість плодів з дефектами у контрольному та дослідному варіантах.

Рисунок демонструє відсоток плодів з дефектами (механічні пошкодження, гниль та інші), що спостерігається в контрольному та дослідному варіантах протягом періоду зберігання. Визначення кількості плодів з дефектами є важливим індикатором якості зберігання, оскільки наявність

дефектів безпосередньо впливає на товарний вигляд плодів, їх придатність до реалізації та тривалість зберігання.

У контрольному варіанті, де плоди вирощуються без використання біопрепарату SilicaPower, кількість плодів з дефектами зростає з часом. Це природний процес, коли плоди знижують свою якість під час зберігання, що може бути пов'язано з порушеннями в структурі шкірки, механічними пошкодженнями під час збору, а також з розвитком гнилі. Так, на 20-й день зберігання 35% плодів мають дефекти, що вказує на значне погіршення їх якості.

Водночас у дослідному варіанті, де застосовувався біопрепарат SilicaPower, спостерігається менший відсоток дефектних плодів на всіх етапах зберігання. Наприклад, на 20-й день лише 18% плодів мали дефекти, що значно менше, ніж у контрольному варіанті. Це свідчить про позитивний вплив біопрепарату на збереження товарного вигляду плодів і їх стійкість до механічних пошкоджень та гнилі. Біостимулятор може покращувати загальний стан рослин, зміцнювати їх тканини та зменшувати ризик пошкоджень, що в результаті покращує якість і збереженість плодів протягом тривалого часу.

Дані підтверджують ефективність біопрепарату SilicaPower у зменшенні кількості дефектних плодів, що є важливим показником для забезпечення високої якості продукції та продовження її терміну зберігання.

Органічні кислоти є важливим компонентом хімічного складу плодів, що визначають їх смакові якості, аромат і здатність до тривалого зберігання. Їх вміст впливає на метаболічну активність плодів і служить індикатором свіжості. У даному дослідженні оцінювався вплив біопрепарату SilicaPower на накопичення яблучної, лимонної, щавлевої, молочної кислот і загальної суми кислот у плодах перцю сорту Мадуро протягом періоду зберігання. Результати дозволяють виявити динаміку змін у хімічному складі плодів та ефективність застосування біопрепарату для збереження їх якості.

На рисунку 3.4 Накопичення кислот у плодах перцю сорту Мадуро з використанням стандартної методики вирощування.

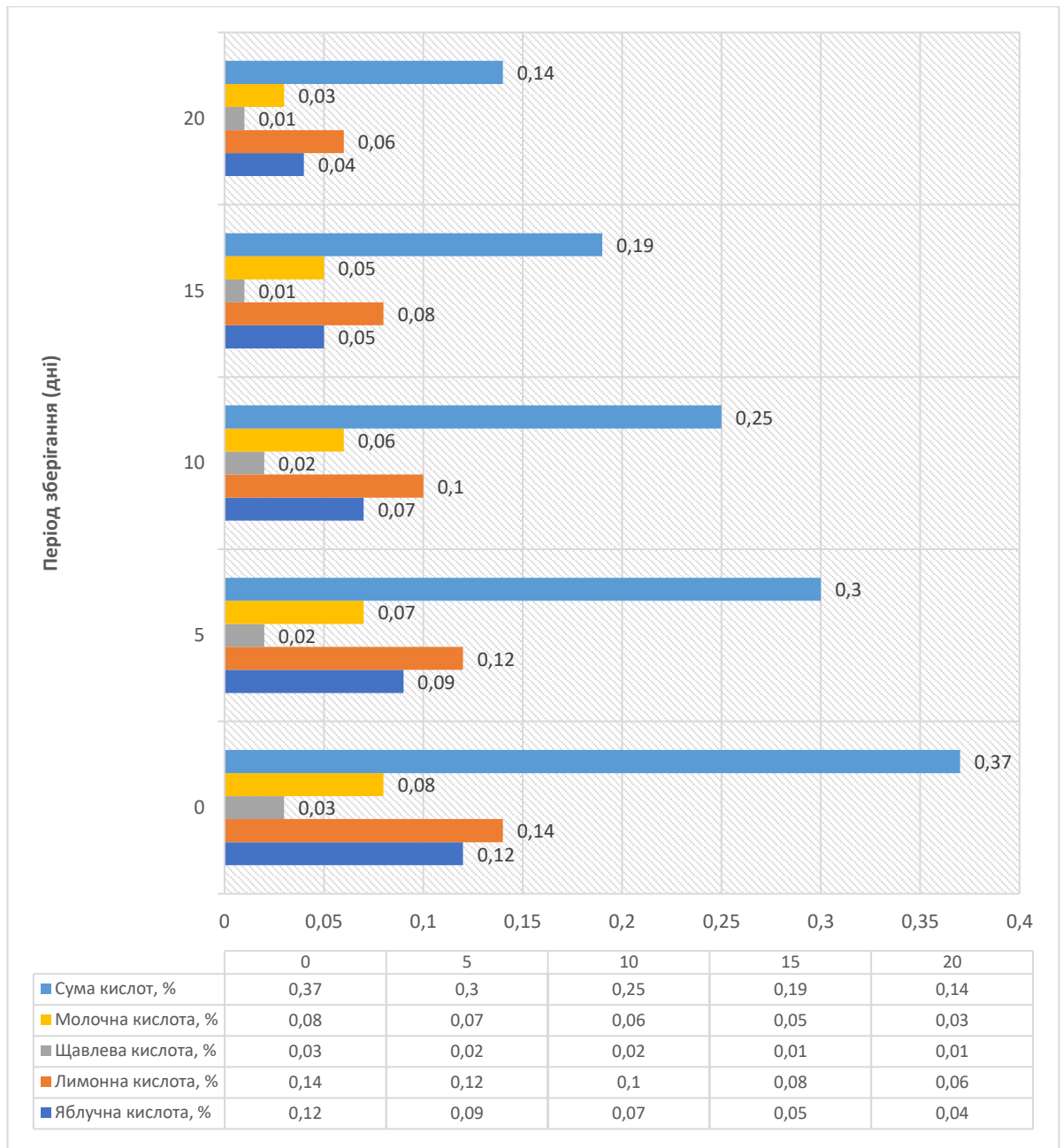


Рисунок 3.4 - Накопичення кислот у плодах перцю сорту Мадуро з використанням стандартної методики вирощування.

Отримані дані ілюструють результати дослідження накопичення органічних кислот у плодах перцю сорту Мадуро, вирощених без використання біопрепарату SilicaPower, із застосуванням базових агротехнічних заходів.

На момент збору (0 день) плоди мали максимальний вміст кислот: яблучна кислота становила 0.12%, лимонна — 0.14%, молочна — 0.08%, а сума кислот дорівнювала 0.37%. Ці показники є типовими для якісних плодів, вирощених за стандартними технологіями.

У процесі зберігання відбувалося поступове зниження кислотності плодів. На 5-й день яблучна кислота зменшилася до 0.09%, лимонна — до 0.12%, молочна — до 0.07%, а сума кислот скоротилася до 0.30%. Подальше зберігання призвело до більш інтенсивного зниження показників. На 20-й день вміст яблучної кислоти зменшився до 0.04%, лимонної — до 0.06%, молочної — до 0.03%, а загальна сума кислот знизилася до 0.14%. Ця динаміка свідчить про природний процес старіння плодів, зумовлений зменшенням метаболічної активності та розпадом органічних кислот.

На рисунку 3.5 зображено вплив біопрепарату SilicaPower на накопичення кислот у плодах перцю сорту Мадуро

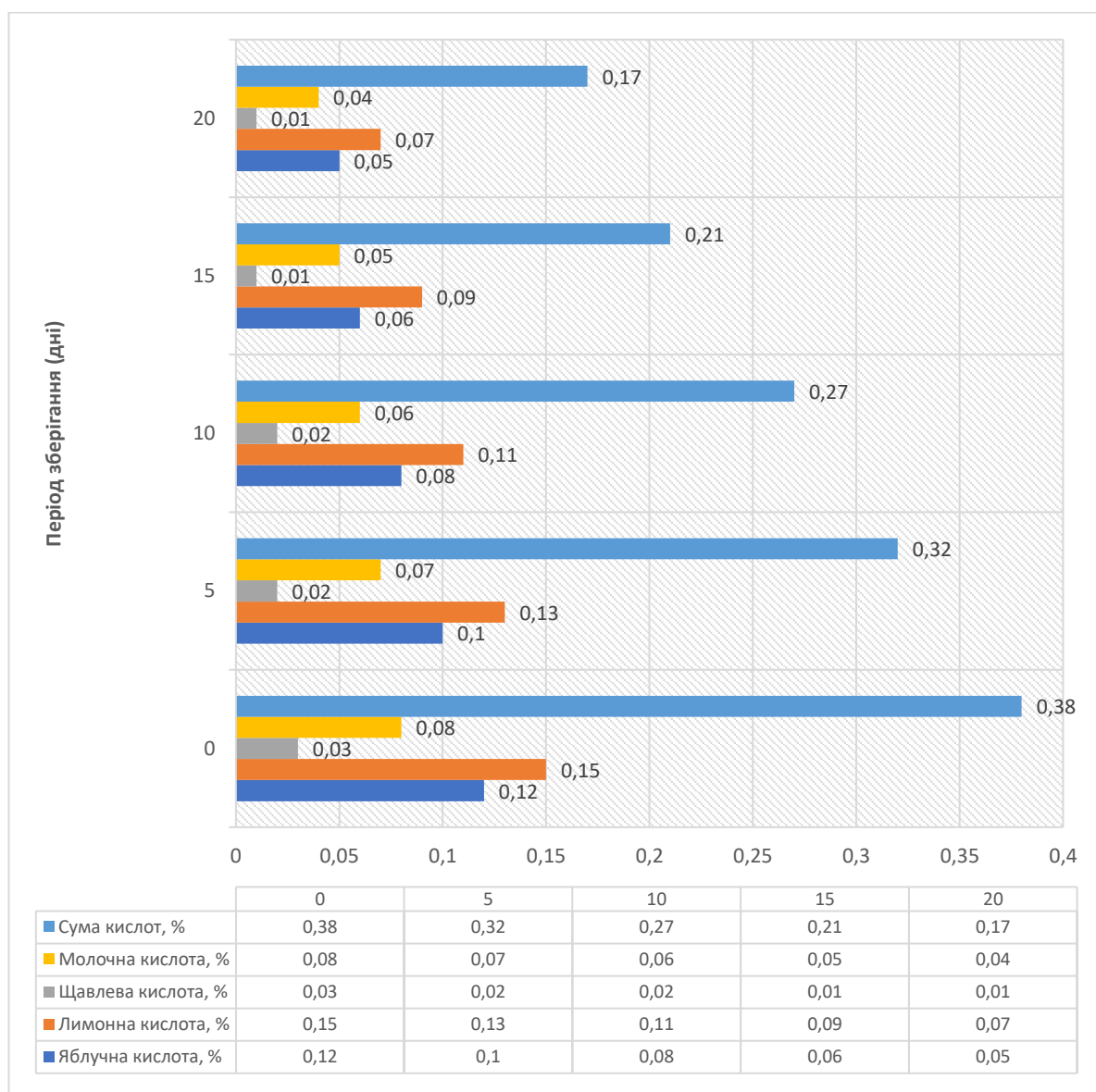


Рисунок 3.5 - Вплив біопрепарату SilicaPower на накопичення кислот у плодах перцю сорту Мадуро

На початковому етапі зберігання (0 день) спостерігався максимальний рівень накопичення кислот, зокрема яблучної (0.12%), лимонної (0.15%) і молочної (0.08%). Це пояснюється активними метаболічними процесами в плодах, що зберігають свіжість. Сума кислот становила 0.38%, що є характерним для високоякісних плодів, готових до споживання або тривалого зберігання.

Протягом періоду зберігання спостерігалось поступове зниження вмісту кислот. Вже на 5-й день яблучна кислота знизилася до 0.10%, лимонна до 0.13%, молочна до 0.07%, а загальна сума кислот зменшилася до 0.32%. Це свідчить про природний процес старіння плодів, зокрема зменшення інтенсивності метаболічної активності.

Найбільш помітне зниження спостерігалось на 15-й і 20-й день зберігання. На 20-й день вміст яблучної кислоти знизився до 0.05%, лимонної — до 0.07%, а молочної — до 0.04%. Загальна сума кислот становила лише 0.17%, що є значно нижчим у порівнянні з початковими показниками.

Зменшення кислотності з часом може бути обумовлене як природними процесами деградації органічних сполук, так і поступовим виснаженням ресурсів плодів, необхідних для підтримки їхньої структури та смаку. Водночас більш повільне зниження вмісту кислот у дослідному варіанті може свідчити про позитивний вплив біопрепарату SilicaPower на стабільність метаболічних процесів у плодах.

Дослідження демонструють, що використання біопрепарату SilicaPower сприяє підтримці більш високого рівня кислотності протягом зберігання, що є важливим показником якості та товарного вигляду плодів. Це підкреслює доцільність застосування біопрепарату для продовження терміну зберігання перцю та підвищення його споживчих властивостей.

Вміст сухих речовин є важливим показником якості плодів, оскільки він визначає їх харчову цінність, текстуру, смакові властивості та здатність до зберігання. Високий рівень сухих речовин вказує на більшу концентрацію корисних компонентів, таких як цукри, клітковина та білки, що позитивно

впливає на товарний вигляд і стійкість плодів до гниття та інших процесів деградації. В даному дослідженні оцінюється вплив біопрепарату SilicaPower на вміст сухих речовин у плодах перцю сорту Мадуро. Порівняння результатів для контрольного варіанту, де використовувалися стандартні агротехнічні методи, і дослідного варіанту, де застосовувався біопрепарат, дозволяє оцінити ефективність біостимулятора у покращенні якості та збереження плодів протягом зберігання.

На рисунку 3.6 зображено вміст сухих речовин у плодах перцю сорту Мадуро в контрольному та дослідному варіантах.

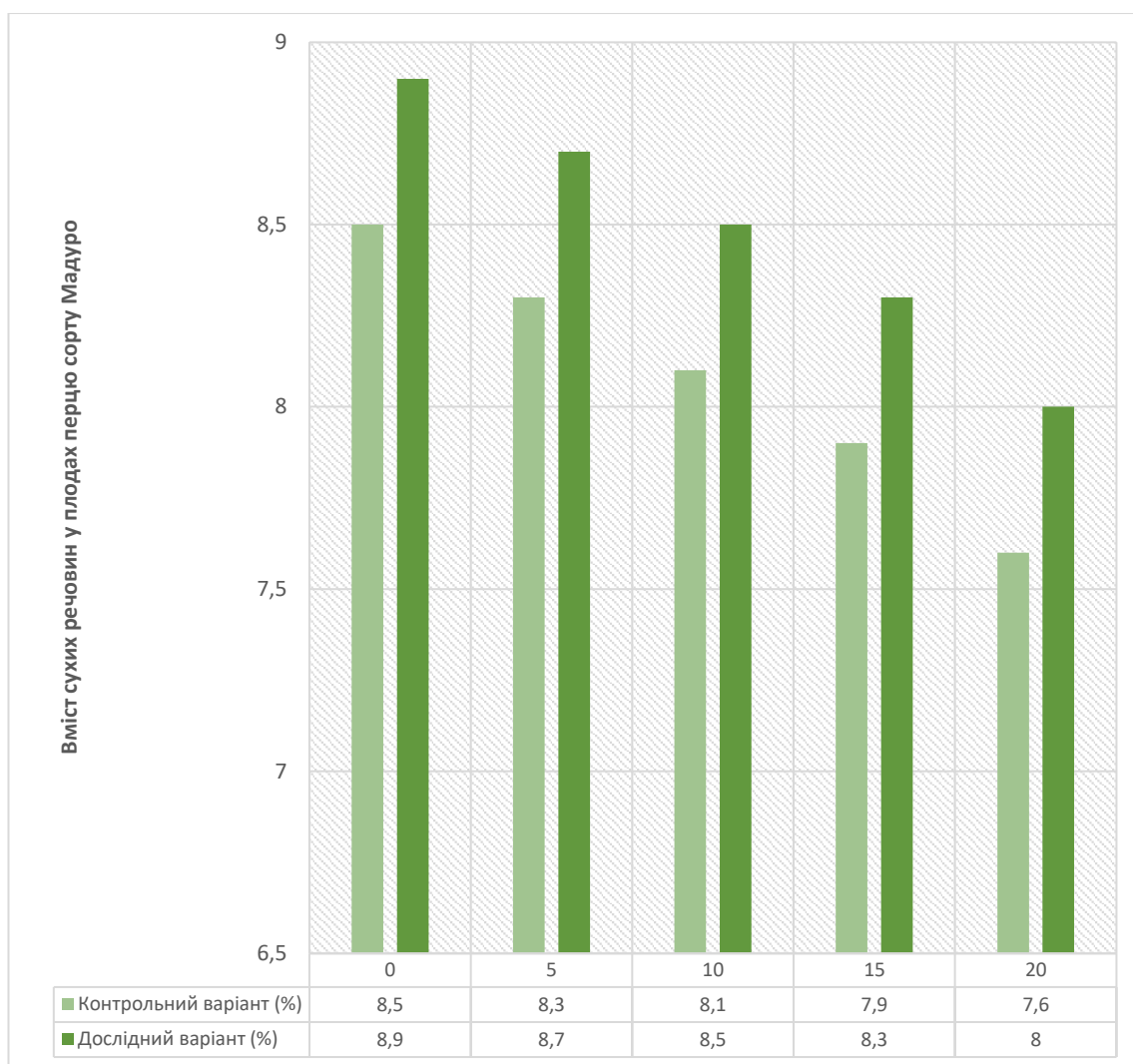


Рисунок 3.6 - Вміст сухих речовин у плодах перцю сорту Мадуро в контрольному та дослідному варіантах

Сухі речовини є важливим показником, що відображає загальний рівень органічних сполук, включаючи цукри, білки та клітковину, що визначають

харчову цінність і якість плодів. Вміст сухих речовин також корелює з текстурою та смаковими властивостями плодів, оскільки більша кількість сухих речовин зазвичай означає кращу консистенцію і більшу стійкість до псування.

У контрольному варіанті (без використання біопрепарату SilicaPower) вміст сухих речовин поступово зменшується протягом періоду зберігання. Наприклад, на 20-й день зберігання показник становить 7.6%, що є значним зниженням у порівнянні з початковим значенням 8.5%. Це є типовим процесом для овочів, коли в міру зберігання відбувається деградація органічних компонентів, що складають сухі речовини.

Водночас у дослідному варіанті, де застосовувався біопрепарат SilicaPower, спостерігається більш стабільний вміст сухих речовин. Наприклад, на 20-й день цей показник становить 8.0%, що є вищим, ніж у контрольному варіанті. Це свідчить про позитивний вплив біопрепарату на стабільність метаболічних процесів у плодах і збереження їх структури та якості протягом періоду зберігання.

Використання біопрепарату SilicaPower сприяє кращому збереженню вмісту сухих речовин у плодах, що позитивно впливає на їхню якість, стійкість до деградації та термін зберігання. Це має важливе значення для підвищення товарної цінності та харчової цінності продукції.

3.4 Економічні переваги використання біопрепарату у вирощуванні перцю

Біопрепарат SilicaPower відкриває нові можливості для підвищення економічної ефективності тепличного виробництва перцю, забезпечуючи зниження витрат на агрохімікати, підвищення врожайності та покращення якості продукції. Основною перевагою даного препарату є його здатність поліпшувати фізіологічний стан рослин і підвищувати їхню стійкість до

стресових факторів, таких як патогенні мікроорганізми, шкідники, несприятливі погодні умови та дефіцит поживних речовин.

Застосування SilicaPower дозволяє оптимізувати використання добрив і засобів захисту рослин, що суттєво знижує собівартість виробництва. Завдяки зміцненню клітинних стінок рослин, препарат зменшує необхідність у застосуванні фунгіцидів, гербіцидів та інших хімічних засобів. Це особливо актуально для тепличного вирощування, де зниження рівня хімічного навантаження на рослини не лише зменшує витрати, але й позитивно впливає на екологічність кінцевої продукції. Поліпшення мінерального живлення перцю, зокрема підвищення здатності рослин абсорбувати фосфор та калій із ґрунту, сприяє збільшенню врожайності на 15–20%. Згідно з дослідженнями, кремній, основний компонент препарату, сприяє посиленню асиміляції поживних речовин навіть у ґрунтах із низьким рівнем доступного кремнію.

Ефективність SilicaPower також проявляється у зниженні впливу стресових факторів на рослини. Кремній зміцнює клітинні стінки, що створює фізичний бар'єр проти патогенів та зменшує втрати води через транспірацію. Це особливо важливо в умовах дефіциту вологи, що часто є актуальним для тепличного вирощування. Крім того, кремній здатний регулювати водний баланс рослин, що підвищує їхню стійкість до засухи та сприяє збереженню високої продуктивності. Такі властивості роблять препарат незамінним для підтримки стабільності врожаю за умов мінливих кліматичних умов.

Важливим економічним аспектом застосування SilicaPower є зменшення втрат продукції під час транспортування та зберігання. Плоди, вирощені з використанням препарату, мають щільнішу клітинну структуру, що підвищує їхню механічну стійкість та лежкість. Це дозволяє зменшити втрати продукції на 10–12% під час логістики та подовжити термін реалізації. Щільна структура плодів також сприяє їхній кращій стійкості до пошкоджень, що забезпечує вищу товарність і зменшує частку відходів, які не підлягають реалізації.

Окремо слід відзначити підвищення стійкості рослин до біотичних і абіотичних стресів. Кремній стимулює активність антиоксидантних ферментів,

що знижують рівень оксидативного стресу, та сприяє детоксикації важких металів, якщо вони наявні у ґрунті. Дослідження показали, що рослини, оброблені кремнієвими препаратами, демонструють кращу стійкість до захворювань, шкідників і стресів від несприятливих факторів середовища. Це значно зменшує потребу у використанні засобів захисту рослин, знижуючи витрати на виробництво та вплив на довкілля.

Ще одним суттєвим економічним фактором є покращення екологічності виробництва. Використання SilicaPower дозволяє отримувати продукцію преміум-класу, яка відповідає вимогам ринку органічних овочів. Висока якість та екологічність продукції забезпечують підвищення середньої ціни реалізації на 20–25%, що позитивно впливає на загальний прибуток виробника. Додатково, підвищення екологічності виробництва сприяє збереженню природних ресурсів та зменшенню забруднення довкілля.

Окрім економічної вигоди, важливим є і стратегічний аспект застосування кремнієвих препаратів у сучасному сільському господарстві. Використання SilicaPower відповідає принципам сталого розвитку, зокрема завдяки оптимізації використання води та добрив, підвищенню ефективності виробничих процесів і зменшенню хімічного навантаження на ґрунти. У комплексі це сприяє не лише покращенню врожайності та якості продукції, але й створює додаткову конкурентну перевагу на ринку тепличних овочів.

Застосування біопрепарату SilicaPower у вирощуванні перцю є інноваційним і рентабельним інструментом, який забезпечує інтегровану економічну, екологічну та соціальну вигоду. Його використання дозволяє підвищити ефективність тепличного господарства, зменшити виробничі витрати, покращити якість продукції та зміцнити позиції виробника на конкурентному ринку овочів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Заходи з охорони праці у ТОВ «Реалті Істейт»

Охорона праці є ключовою складовою функціонування будь-якого підприємства, включаючи ТОВ «Реалті Істейт», яке веде діяльність у сфері агропромислового виробництва. На підприємстві реалізується комплексний підхід до забезпечення безпеки працівників, що базується на положеннях Закону України «Про охорону праці». Цей закон визначає основні обов'язки роботодавців, спрямовані на створення безпечних умов праці, попередження травматизму та професійних захворювань, а також забезпечення соціальних гарантій для працівників у разі нещасних випадків на виробництві.

Відповідальність за організацію охорони праці у ТОВ «Реалті Істейт» покладається на директора, який зобов'язаний забезпечити впровадження нормативно-правових актів, що регулюють питання безпеки на підприємстві. В умовах відсутності окремої посади спеціаліста з охорони праці функції в цій сфері виконує головний бухгалтер. Така організація відповідає вимогам чинного законодавства, проте вимагає додаткового контролю з боку керівництва через розширення функціональних обов'язків працівників.

Одним із важливих заходів, що впроваджується на підприємстві, є організація навчання працівників з питань охорони праці. Це навчання здійснюється відповідно до Типового положення про навчання і перевірку знань з питань охорони праці, затвердженого законодавством. Процес включає проведення вступного, первинного, повторного, позапланового та цільового інструктажів. Зокрема, особливу увагу приділяють первинному інструктажу, який проводиться безпосередньо на робочих місцях із врахуванням специфіки

виконуваних робіт, таких як обслуговування теплиць, догляд за рослинами, використання агротехнічного обладнання та робота з хімічними речовинами.

Для мінімізації ризиків, пов'язаних із виробничими процесами, працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту (ЗІЗ). Ці засоби відповідають вимогам стандартів і включають захисний одяг, рукавички, респіратори, захисні окуляри тощо. Особливо це стосується робіт, пов'язаних із використанням хімічних препаратів для догляду за рослинами. Робота із засобами захисту рослин супроводжується суворим контролем за дотриманням правил їх застосування та зберігання.

Додатково на підприємстві проводяться заходи з контролю виробничого середовища, включаючи підтримання належного мікроклімату в теплицях, перевірку вентиляційних систем, забезпечення природного та штучного освітлення, а також контроль температури і вологості повітря. Такі умови є критично важливими не тільки для забезпечення ефективності аграрного виробництва, але й для збереження здоров'я працівників, які працюють у замкнених приміщеннях із підвищеною температурою.

З метою попередження нещасних випадків на підприємстві регулярно здійснюється аналіз виробничих ризиків. Такий аналіз включає оцінку небезпек, пов'язаних із використанням техніки, механізмів, а також фізичних та хімічних факторів. За його результатами впроваджуються коригувальні заходи, спрямовані на усунення виявлених недоліків.

Крім того, на підприємстві проводиться атестація робочих місць за умовами праці, що дозволяє оцінити вплив шкідливих факторів на здоров'я працівників. Результати атестації стають основою для перегляду внутрішніх інструкцій з охорони праці, розробки заходів із покращення умов праці та забезпечення працівників належними соціальними гарантіями.

Щороку працівники проходять обов'язкові медичні огляди, які проводяться у встановлені терміни відповідно до нормативних актів. Такі огляди дають змогу виявити ризики, пов'язані з професійними

захворюваннями, а також визначити придатність працівників до виконання робіт в умовах впливу шкідливих факторів.

На підприємстві також розроблено інструкції з безпеки для кожного виду робіт. Вони враховують специфіку аграрного виробництва, вимоги до робочого обладнання, порядок виконання небезпечних робіт, а також заходи з ліквідації аварійних ситуацій. Регулярний контроль за дотриманням цих інструкцій є обов'язковою частиною діяльності керівників структурних підрозділів [48].

Система охорони праці у ТОВ «Реалті Істейт» ґрунтується на комплексному підході до забезпечення безпеки працівників, дотриманні законодавчих вимог та застосуванні сучасних методів управління ризиками. Реалізація цих заходів сприяє створенню безпечного та комфортного робочого середовища, мінімізації виробничого травматизму та забезпеченню стійкого розвитку підприємства.

4.2 Заходи безпека під час догляду за рослинами у тепличних комплексах ТОВ «Реалті Істейт»

Забезпечення безпеки праці під час виконання робіт у тепличних комплексах є одним із головних завдань у сфері охорони праці ТОВ «Реалті Істейт». Дотримання правил безпеки при догляді за рослинами дозволяє уникнути травматизму, зменшити вплив шкідливих факторів на здоров'я працівників та забезпечити ефективність виробничих процесів. У зв'язку із специфікою тепличного господарства, заходи безпеки охоплюють широкий спектр робіт, таких як натягування шпалерного дроту, роботи в умовах підвищеного рівня вуглекислого газу, стерилізація субстрату, побілення приміщень та інші технологічні операції.

Під час натягування шпалерного дроту працівникам забороняється перебувати в міжряддях або в зоні, де існує ризик розриву дроту. Це може становити значну небезпеку для здоров'я та навіть життя працівників. Для зниження ризику травм рекомендується дотримуватись безпечної відстані від натягнутого дроту, а також уникати виконання робіт у поспіху. Натягування шпалер на висоті виконується за допомогою спеціальних підставок або платформ, які забезпечують стабільність і захист від падіння. Працівники повинні уважно перевіряти стан підставок перед початком роботи.

Роботи в розсадних теплицях мають свої особливості. Їх виконання дозволяється лише після повного вимкнення системи досвічування рослин. Використання ламп для додаткового освітлення створює підвищений ризик ураження електричним струмом, особливо при контакті з вологою поверхнею або інструментами. Перед початком робіт працівники повинні впевнитися, що система освітлення повністю знеструмлена, і лише після цього приступати до роботи.

У теплицях, обладнаних генераторами вуглекислого газу безперервної дії, особливу увагу приділяють контролю за рівнем цього газу в повітрі робочої зони. Вуглекислий газ є корисним для рослин, але при його надмірній концентрації може бути небезпечним для людини, викликаючи запаморочення, задуху та інші симптоми. Працівники повинні регулярно перевіряти показання приладів, що вимірюють концентрацію вуглекислого газу, і негайно вживати заходів у разі перевищення допустимих норм, таких як припинення робіт та провітрювання приміщення.

Стерилізація субстрату є одним із важливих етапів підготовки теплиць, проте вона пов'язана з низкою ризиків. Усі роботи з парою слід виконувати лише у засобах індивідуального захисту, таких як респіратори, захисні окуляри, рукавички та спеціальний одяг. Перед початком роботи працівники мають перевірити цілісність плівки, під якою відбувається стерилізація. У разі виявлення розривів її необхідно негайно усунути. Якщо це неможливо зробити самостійно, працівник повинен повідомити про проблему керівника робіт.

Тиск пари під плівкою повинен знаходитися в межах 45–60 Па. Для цього використовується спеціальний манометр, за показаннями якого слід ретельно стежити. Порухення тиску може призвести до аварійної ситуації, тому контроль цих параметрів є обов'язковим. Роботи виконуються виключно при вимкненому підсвічуванні, щоб уникнути ризику ураження електрострумом. Перевірка якості знезараження субстрату здійснюється тільки в протигазах, оскільки це дозволяє захистити працівників від шкідливих випарів, які можуть залишатися після обробки парою.

Побілення приміщень, зокрема вікон теплиць, також має специфічні вимоги до безпеки. Роботи на висоті понад 1 метр виконуються лише із використанням спеціальних перевірених засобів для підйому, таких як стійкі платформи або ліси. Забороняється використовувати нестабільні предмети (ящики, стільці), оскільки це значно підвищує ризик падіння. Категорично заборонено спирати драбини на скло або віконні переплетення, оскільки такі дії можуть спричинити їх пошкодження та травми працівників.

Перед початком роботи з інструментами, такими як нагнітальні бачки чи шланги, необхідно перевірити їх справність. Шланги не повинні бути перекрученими або перегнутими, а їх роз'єднання можливе лише після повного припинення подачі повітря. Забороняється використовувати перегин шланга як спосіб зупинки подачі повітря, оскільки це може пошкодити обладнання. Електрифіковані інструменти мають бути вимкнені під час перерви в роботі, щоб запобігти випадковому їх увімкненню.

Для роботи з вапном та іншими хімічними речовинами працівники мають використовувати рукавички та захисний одяг. Контакт руками з такими матеріалами категорично заборонений через ризик хімічних опіків та подразнень. Робота повинна проводитись у добре провітрюваних приміщеннях, щоб уникнути накопичення шкідливих парів. Після закінчення робіт забороняється відпочивати у приміщеннях, де проводилось побілення, оскільки залишкові хімічні речовини можуть завдати шкоди здоров'ю.

Завершення роботи також потребує дотримання встановлених вимог. Робоче місце має бути ретельно прибрано, а інструменти та пристосування очищені від залишків матеріалів і зберігатись у спеціально відведених місцях. Спецодяг та взуття працівників повинні бути очищені та здані на зберігання. Особиста гігієна є обов'язковою: працівники повинні ретельно вимити руки, обличчя та, за потреби, прийняти душ.

Комплексне виконання всіх зазначених заходів безпеки у тепличних комплексах ТОВ «Реалті Істейт» дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з виконанням агротехнічних робіт, зберегти здоров'я працівників і забезпечити високу ефективність виробничих процесів. Такий підхід сприяє створенню безпечного середовища праці та відповідає вимогам чинного законодавства України[49].

4.3 Заходи безпеки при використанні засобів захисту рослин

Використання засобів захисту рослин, особливо у закритих приміщеннях, таких як теплиці, вимагає дотримання суворих заходів безпеки через підвищений ризик для здоров'я працівників та довкілля. У теплицях «Реалті Істейт» особлива увага приділяється організації безпечних умов праці, мінімізації шкідливого впливу засобів захисту рослин та зниженню екологічного навантаження.

Перед початком робіт із засобами захисту рослин здійснюється ретельний відбір препаратів, які мають бути зареєстровані та дозволені для використання в Україні, а також відповідати класу небезпечності, рекомендованому для застосування у закритих приміщеннях. Особлива увага приділяється вибору засобів із низьким рівнем токсичності для людей і навколишнього середовища.

Усі роботи, пов'язані з приготуванням робочих розчинів та їх внесенням, проводяться відповідно до затверджених регламентів і технічних інструкцій виробників препаратів. Важливо, щоб ці процеси виконувалися тільки спеціально навченим персоналом, який пройшов відповідну підготовку та медичний огляд. Забороняється допуск до роботи осіб із хронічними захворюваннями дихальної системи, алергіями та іншими протипоказаннями.

Застосування засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) є обов'язковою вимогою при роботі із ЗЗР у теплицях. До таких засобів належать захисний одяг (комбінезони, халати), гумові або нітрилові рукавички, протиаерозольні респіратори, захисні окуляри або маски, а також гумові чоботи. Усі ЗІЗ мають бути сертифікованими, справними та відповідати вимогам безпеки.

Після завершення робіт із ЗЗР обов'язковим є ретельне очищення всіх ЗІЗ, а також особиста гігієна працівників – миття рук, обличчя і прийом душу. Робочий одяг необхідно зберігати окремо від звичайного і регулярно прати з використанням спеціальних засобів.

Для зниження концентрації парів і дрібнодисперсних частинок ЗЗР у повітрі теплиці встановлюється система вентиляції. У теплицях «Реалті Істейт» використовуються сучасні вентиляційні системи з фільтрами, що забезпечують ефективне очищення повітря. Усі технічні пристрої для внесення ЗЗР (розпилювачі, обприскувачі) проходять регулярну перевірку на герметичність та працездатність.

Щоб знизити ризик отруєння та перевтоми, працівники виконують роботи із ЗЗР у теплицях не більше 4 годин на день. Після завершення робіт передбачені перерви з виходом на свіже повітря та обов'язковий контроль самопочуття. Внесення препаратів проводиться у відсутності сторонніх осіб, зачиняються всі двері та обмежується доступ до теплиці під час обробки і протягом певного часу після завершення робіт.

У теплицях «Реалті Істейт» здійснюється постійний контроль умов праці. Проводяться заміри рівня концентрації шкідливих речовин у повітрі теплиць, а також моніторинг стану здоров'я працівників. У разі виявлення

перевищення допустимих концентрацій або симптомів інтоксикації роботи зупиняються до усунення причин порушень.

Порожню тару від ЗЗР та залишки препаратів утилізують відповідно до чинних екологічних вимог. Тару зберігають у спеціально відведених місцях, що виключає її контакт із ґрунтом, водою чи продуктами харчування. Важливим етапом є навчання персоналу правилам поведінки з відходами ЗЗР, щоб уникнути екологічного забруднення [50].

Таким чином, дотримання заходів безпеки при використанні ЗЗР у теплицях «Реалті Істейт» забезпечує зниження ризиків для здоров'я працівників, підтримку екологічної безпеки та досягнення високих стандартів виробництва. Інтеграція сучасних технологій, суворий контроль та відповідальне ставлення до використання ЗЗР є основою безпечної роботи у тепличному господарстві.

4.4 Вимоги до безпечної експлуатації обладнання у тепличних комплексах

Умови роботи в теплицях мають свою специфіку через високу вологість, температурні коливання та наявність хімічних речовин, що створює додаткові ризики для працівників та обладнання.

Усі технічні засоби, що використовуються у теплицях, відповідають стандартам безпеки та проходять регулярну перевірку на працездатність. Перед введенням в експлуатацію обладнання забезпечують:

- Відповідність технічної документації вимогам нормативних актів з охорони праці;
- Наявність інструкцій з експлуатації, які мають бути зрозумілими для персоналу;

- Проведення інструктажів з безпечного використання обладнання для всіх працівників.

Особлива увага приділяється електрообладнанню, що використовується в умовах підвищеної вологості. Електроприлади повинні мати відповідний рівень захисту (IP), що виключає ризик ураження електричним струмом. Забороняється використовувати обладнання з пошкодженими кабелями, розетками чи іншими компонентами [51].

Монтаж обладнання виконується кваліфікованими фахівцями відповідно до проектної документації. Усі елементи систем надійно закріплені, щоб уникнути їх падіння або зміщення. Трубопроводи, вентиляційні канали та кабелі розміщені таким чином, щоб забезпечити вільний доступ до них для обслуговування і виключити ризик травмування працівників.

Важливо забезпечити достатнє освітлення робочих зон та доступ до аварійних вимикачів обладнання. Усі системи тепличного комплексу (поливу, опалення, вентиляції тощо) повинні мають чітку схему розташування та маркування для швидкого орієнтування персоналу.

Регулярне технічне обслуговування обладнання є обов'язковим для підтримання його в належному стані. Відповідальні особи здійснюють:

- Планові перевірки стану обладнання;
- Очищення робочих поверхонь, фільтрів та інших елементів;
- Заміни зношених деталей і витратних матеріалів.

У разі виявлення несправностей обладнання необхідно негайно зупинити його роботу та провести ремонт. Забороняється експлуатація технічних засобів із недоліками, які можуть спричинити аварії або травми.

Працівники, які здійснюють обслуговування або експлуатацію обладнання, повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту (ЗІЗ):

- Рукавичками, що забезпечують захист від порізів і контакту з хімічними речовинами;
- Захисним одягом і взуттям з антиковзаючими підошвами;
- Протишумовими навушниками у разі роботи з гучним обладнанням;

- Респіраторами або масками, якщо існує ризик вдихання шкідливих речовин [52].

Особливу увагу приділено роботам, що пов'язані з обслуговуванням обладнання під тиском або високою температурою. Перед початком таких робіт проводять перевірку герметичності систем і функціонування запобіжних пристроїв.

Теплиці оснащені автоматизованими системами управління поливом, мікрокліматом і внесенням добрив. Для їх безпечного використання необхідно:

- Регулярно оновлювати програмне забезпечення;
- Забезпечити захист систем від несанкціонованого доступу;
- Навчати персонал роботи з автоматизованими панелями керування.

У разі аварійного відключення автоматизованих систем є план дій для переходу на ручне управління.

Тепличний оснащений системами аварійного відключення обладнання, які дозволяють швидко припинити його роботу у разі загрози аварії.

На постійній основі здійснюється аудит систем безпеки, перевіряються виконання вимог охорони праці та проведення аналізу потенційних ризиків. За результатами перевірок розробляються заходи для усунення виявлених недоліків.

4.5 Заходи дезінфекції тепличних приміщень

Дезінфекція тепличних приміщень є важливим заходом у підготовці теплиці до нового циклу вирощування сільськогосподарських культур. Основною метою дезінфекції є знищення патогенних мікроорганізмів, шкідників і залишків попередньої рослинності, які можуть стати джерелом розповсюдження хвороб та спричинити значні втрати урожаю. В умовах інтенсивного тепличного господарства, де створюються сприятливі

мікрокліматичні умови для розвитку хвороб і розмноження шкідників, дезінфекція стає обов'язковим профілактичним заходом. Її недотримання може призвести до повної загибелі рослин, що, у свою чергу, спричинить значні економічні збитки.

Дезінфекційні заходи у теплицях передбачають кілька основних етапів, кожен із яких відіграє важливу роль у забезпеченні чистоти та безпечності умов для вирощування.

Перед початком будь-яких дезінфекційних заходів з теплиці видаляють всі залишки рослинності: опале листя, зіпсовані плоди, рослинні рештки, які перебувають як на поверхні ґрунту, так і у його верхньому шарі. Ці залишки можуть бути джерелом патогенних мікроорганізмів, зокрема грибкових спор, бактерій і вірусів, а також місцем скупчення шкідників на різних стадіях їхнього розвитку. Після цього проводять очищення всіх поверхонь теплиці: плівки, скла, металевих та пластикових каркасів. Для цього використовують механічні методи, такі як обробка щітками чи миття водою із застосуванням мийних засобів.

Особливу увагу приділяють утилізації залишків. Їх необхідно виносити за межі теплиці і знищувати, оскільки залишення органіки може спричинити повторне зараження ґрунту та конструкцій.

Після механічного очищення проводять обробку теплиці дезінфікуючими засобами. Серед найбільш поширених та ефективних засобів варто відзначити:

Перекис водню (6%). Використовується для обробки ґрунту та конструкцій теплиці. За рахунок своєї здатності викликати заокислення середовища перекис руйнує клітинні мембрани більшості грибкових та бактеріальних патогенів. Засіб залишається активним до 42 годин, що забезпечує тривалу дію.

Дутріон (діоксид хлору). Його застосовують для обробки поверхонь, ґрунту, систем водопостачання. Дутріон ефективний проти широкого спектру

патогенів, включаючи гриби, бактерії та віруси, а також сприяє профілактиці захворювань рослин.

Фармайод (10%). Засіб із високою фунгіцидною активністю. Він знищує грампозитивні та грамнегативні бактерії, віруси та патогенні гриби, але може викликати корозію металевих конструкцій, що потрібно враховувати при його використанні.

Марганцівка (0,05%). Її гарячий розчин використовують для проливання ґрунту з метою знищення патогенів і шкідників. При цьому оброблену поверхню рекомендують накрити плівкою на 48 годин для посилення ефекту.

Системи поливу часто стають джерелом біоплівки, що містять хвороботворні мікроорганізми. Для очищення системи застосовують спеціальні засоби, наприклад, Дутріон, який не тільки усуває біоплівки, але й попереджає засмічення трубопроводів.

Обкурювання проводять сірчаними шашками, що виділяють сірчаний ангідрид, або тютюновим димом, насиченим нікотиноїдами. Ці методи дозволяють обробляти важкодоступні місця теплиці та знищувати збудників гнилей, кліщів, білокрилку, попелиць. Для фумігації використовують газові балони із хімічними речовинами, що знищують шкідників на всіх стадіях їхнього розвитку.

Для боротьби із ґрунтовими шкідниками, такими як нематоди, застосовують біологічні препарати, наприклад, Метаризин і Нематофагін. Ці засоби на основі ентомопатогенних грибів ефективно знищують шкідників, забезпечуючи їхнє повне усунення за кілька тижнів після внесення.

Методи озонування та кварцювання дозволяють знищувати патогени за допомогою озонових генераторів або ультрафіолетових ламп. Озон руйнує структуру патогенів, а кварцова лампа ефективно нейтралізує бактерії, віруси та грибки.

Герметизація теплиць забезпечує збереження необхідного мікроклімату, запобігаючи повторному зараженню теплиці після дезінфекції. Під час обробки

важливо використовувати москітні сітки для провітрювання, що допомагає уникнути потрапляння шкідників всередину приміщення [53].

Перед посадкою розсади проводять повторну контрольну обробку теплиці. Це дозволяє забезпечити повну ліквідацію залишкових патогенів і шкідників.

Усі ці заходи знижують ризики ураження культур хворобами та сприяють підвищенню врожайності, забезпечуючи тепличним господарствам високу економічну ефективність.

ВИСНОВКИ

Представлені дослідження є надзвичайно актуальними, оскільки спрямовані на вдосконалення технологій вирощування овочевих культур у тепличних комплексах. Це має стратегічне значення для забезпечення продовольчої безпеки, особливо в умовах змін клімату, зростання населення та скорочення доступних земельних ресурсів для сільськогосподарського виробництва. У сучасному сільському господарстві все більшої популярності набувають гідропонні методи та технології, що дозволяють оптимізувати умови вирощування культур, зокрема перцю, з мінімізацією впливу зовнішніх несприятливих факторів. Такі методи сприяють не лише підвищенню врожайності, але й покращенню якості продукції. Автоматизація процесів, включаючи клімат-контроль, регулювання вологості, освітлення та системи фертигації, дозволяє створювати ідеальні умови для росту рослин протягом усього року. В умовах теплиць зменшується ризик захворювань рослин, зростає ефективність використання води та добрив, що є особливо важливим в умовах дефіциту природних ресурсів.

Особливу увагу в роботі приділено застосуванню біопрепаратів, які є інноваційним підходом до підвищення врожайності та екологічної безпеки продукції. Використання біопрепаратів дозволяє знизити залежність від хімічних добрив і пестицидів, які можуть негативно впливати на екологію та здоров'я людини. Це є важливим кроком у напрямку сталого розвитку сільського господарства. Крім того, впровадження таких препаратів сприяє покращенню якості плодів, зокрема їх харчових характеристик, та значному скороченню витрат на традиційні засоби захисту рослин.

Новизна роботи полягає у використанні біопрепаратів у вирощуванні перцю в закритому ґрунті, що є перспективним напрямком сучасного

тепличного господарства. У роботі доведено їх позитивний вплив на врожайність, товарну якість плодів та загальну економічну ефективність виробництва. Окрім того, важливим аспектом дослідження є оптимізація систем зрошення, які забезпечують рослини необхідними елементами живлення та сприяють підтриманню стабільного рівня вологості ґрунту. Регулювання складу поживних розчинів дозволяє забезпечити рослини макро- та мікроелементами відповідно до їхніх потреб на різних етапах розвитку.

Наукова значущість дослідження полягає у розширенні знань про альтернативні підходи до вирощування овочевих культур у тепличних умовах. Особливо важливими є результати щодо впливу різних умов живлення на морфологічні та фізіологічні особливості культури перцю. Ці результати створюють основу для подальших наукових і практичних розробок, які можуть бути адаптовані до потреб різних регіонів. Дослідження спрямовані на підвищення стійкості рослин до стресових факторів, таких як коливання температури, зміна рівня вологості чи вплив патогенів.

Практичне значення роботи полягає у впровадженні екологічно безпечних методів вирощування овочевих культур. Отримані результати можуть бути використані у великих агрокомплексах для промислового виробництва, а також у невеликих фермерських господарствах, де важливим є поєднання економічної ефективності та екологічної безпеки. Застосування біопрепаратів у теплицях дозволяє оптимізувати витрати, зменшуючи залежність від дорогих хімічних засобів захисту рослин. Це робить виробництво не лише прибутковішим, а й більш дружнім до навколишнього середовища.

Окремий аспект дослідження, пов'язаний із використанням кремнію, також заслуговує на увагу. Застосування кремнію може значно покращити стійкість рослин до стресів, зменшити ризик ураження патогенами та підвищити загальну врожайність. Кремній відіграє важливу роль у зміцненні клітинних стінок рослин, покращенні їх водного режиму та підвищенні

здатності протистояти впливу шкідливих факторів. Ці аспекти відкривають нові перспективи для подальших досліджень у цій сфері.

Отримані дослідження є вагомим внеском у розвиток науки та практики у сфері тепличного овочівництва. Її результати мають значний потенціал для впровадження в агропромислове виробництво, сприяючи підвищенню ефективності, екологічності та стійкості технологій вирощування овочевих культур.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Андрієнко Г.І., Буц М.О., Суліма Л.Т. Вирощування овочів в гідропонних теплицях //Овочівництво закритого ґрунту / За ред. Бондаренка Г.П. – К: Урожай, 1978. – С.131–144.
2. Барабаш О.Ю Овочівництво. – К.: Вища школа 1994. – 174 с
3. Білецький П.М. Овочівництво – К.: Вища школа, 1970
4. Станінець Н. П. Особливості розподілу і виносу азоту, фосфору в калію рослинами помідорів в умовах гідропоніки // Овочівництво і баштанництво. – К.: Урожай, 1988. Вип. 31. – С. 49–51.
5. Алиев Э. А. Выращивание овощей в гидропонных теплицах. – К.: Урожай, 1985. – 160 с
6. Біолого-екологічні особливості овочевих культур : навч. посіб. / Н. В. Нікончук та ін. Миколаїв : МНАУ, 2020. 407 с.
7. Гіль Л. С., Л. Т. Суліма Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Ч.1. Закритий ґрунт: навчальний посібник. Вінниця : Нова Книга, 2008. 368 с.
8. Лихацький В. І. Овочівництво: практикум. Вінниця. : Нова Книга, 2012. 451 с.
9. Сич З. Д., Бобось І. М., Федосій І. О. Овочівництво : навч. посіб. Київ : ЦП «Компринт», 2018. 406 с
10. Яровий Г. І., Романов О. В. Овочівництво : навч посіб. Харків : ХНАУ, 2017. 376 с.
11. Болотских А. С. Овощи Украины / А.С. Болотских. – Харьков : Орбита. – 2001. – 108 с.
12. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: підручник [2-е вид.] / Д.Г. Войтюк, Г.Р. Гаврилюк. – Київ: Каравела, 2008. – 552 с.

13. Ратнер Е. И. Питание растений и применение удобрений. – М. Наука, 1965. – 220 с.
14. Ankerman D. large R/ soil and plant analysis. Agricultural Laboratories Inc/ 1980.
15. Fregoni M. Nutrizione e fertilizzazione della vite. Edagricole, Italy, 1984
16. Enhance your vineyard with Muftik. Haifa Chemicals Ltd. Israel, Inform bull, 1988
17. Приліпка О.В. Гібриди і сорти овочевих культур для закритого ґрунту /О.В. Приліпка, В.А. Кравченко, Н.І. Янчук. - К.: ЕКМО, 2006. - 23 с
18. Пышная О.Н. Баклажаны и перцы. - М.: Астриль, 2002. - 127 с
19. Kushnir O., Kuriata V. The influence of synthetic regulators of 1-NOC, 6-BAP growth and tobuconazol rehardant on morphogenesis and productivity of sweet pep. Magyar Tudományos Journal. Budapest. 2020. №39. P. 5–8
20. Реїзова Л.О. Зеленні культури: біологічні особливості і технологія вирощування у закритому та відкритому ґрунті. - К.: УСГА, 1991.-21 с.
21. Гармонія овочевої краси та користі /З.Д. Сич, І.М. Сич. - К.: Арістей, 2005 - 190 с.
22. Kuryata V. G., Kushnir O. V., Kravets O. O. Effect of 6-Benzylaminopurine on Morphogenesis and Production Process of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.). Ukrainian Journal of Ecology. 2020. №10(2). 106–111. doi: 10.15421/2020_71
23. Опыт выращивания зеленных культур в СООО „Киевская овощная фабрика" / Е. Белогубова, В. Бурлака. - К.: Урожай, 2005.-25 с.
24. Польовий, В. М. , Колесник, Т. М., Майборода, Х. А. Обґрунтування оптимальної системи живлення салату листового для умов гідропоніки / Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. 2023, Вип. 3(103). С. 190-197

25. Яровий Г.І., Романов О.В. Овочівництво. Навчальний посібник. — Харків: ХНАУ, 2017. — 376 с
26. Зрошуване овочівництво: прогресивні технології та нормативи витрат [Навч. посібник] / За ред. Г.Є.Мазнева. — Харків: «Майдан». 2009. 318 с
27. Технології вирощування овочевих культур при краплинному зрошенні в умовах України. Рекомендації. // За ред. М.І. Ромаценка. Київ, 2006. 124с.
28. Kafkafi U., Tarchitzky J. Fertigation: A Tool for Efficient Fertilizer and Water Management. Paris-Horgen: International Fertilizer Industry Association (IFA), International Potash Institute (IPI), 2011. 141 p.
29. The Fertilizer Encyclopedia / Gowariker V., Krishnamurthy V. et al. Wiley, 2009. — 880p.
30. Іваненко В. Ф. Моделювання енерговитрат у тепличному господарстві/ Іваненко В. Ф. // Менеджмент підприємницької діяльності: матеріали десятої Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів і докторантів. Тавр. нац. ун. ім. В.І. Вернадського. — 2012. — С. 51 – 53.
31. Віхрова Л. Г. Математичне і комп'ютерне моделювання розподілу температур в теплиці для створення системи управління / Л. Г. Віхрова, В. М. Каліч, Т. О. Прокопенко // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. — 2011. — №24(II). — С.174–180.
32. Котик П. С. Ефективність вирощування овочевої продукції у закритому ґрунті / П. С. Котик, Л. Ф. Бурик // Зб. наук. праць Уман. держ. аграр. ун-ету. — 2007. — С. 215–221.
33. Левкіна Р. В. Підвищення ефективності енерговикористання в овочівництві : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.07.02. — «Економіка сільського господарства і АПК» / Р. В. Левкіна — Х., 2003. — 21 с.

34. Лобастов І. В. Шляхи формування системи енергозбереження в рослинництві / І. В. Лобастов // Продуктивність агропромислового виробництва. – 2009. – №13. – С. 95–102.
35. Sebastian D, Rodrigues H, Kinsey C et al (2013) A 5-day method for determination of soluble silicon concentration in nonliquid fertilizer materials using a sodium carbonate-ammonium nitrate extractant followed by visible spectroscopy with heteropoly blue analysis: single laboratory validation. *J AOAC Int* 96:251–259
36. Pokrovsky GS, Schott J, Garges F et al (2003) Iron(III)-silica interactions in aqueous solution: Insights from X-ray absorption fine structure spectroscopy. *Geochim Cosmochim Acta* 67:3559–3573
37. <https://www.rijkzwaan.ua/news/dnipro-greenhouse-plant>
38. Sonneveld C A. method for calculating the composition of nutrient solutions for soilless cultures. Naaldwijk research station. Proceeding 57, 1982, Netherlands.
39. Камінський В. Органічне землеробство – шлях до продовольчої безпеки / Громадянське суспільство : електрон. версія журн. 2014. URL : <http://www.viche.info/journal/4161>
40. Тіхонова Н. О. Формування категоріального апарату у сфері визначення різних типів харчових продуктів // Економічний аналіз. 2014. Т. 3, № 15. С. 191–196.
41. Державна служба статистики України URL <http://www.ukrstat.gov.ua/>
42. Довгань О.М., Мандибуря Я.В. Органічне виробництво: сутність, об'єктивна необхідність, ефективність. Сталій розвиток економіки. 2013. № 1(18). С. 200–206.
43. Dawson C. Implication of Precision Farming for fertilizer application policies // Paper of the International Conference in Cambridge. Strensall, York, UK. 2018. 44 p

44. Рослинництво основних культур: монографія. / Балан В.М., Присяжнюк О.І., Балагура О.В., Карпук Л.М. / Вінниця, Тов «ТВОРИ», 2018. 384 с
45. Owino-Gerroh C, Gascho GJ (2004) Effect of silicon on low pH soil phosphorus sorption and on uptake and growth of maize. *Commun Soil Sci Plant Anal* 35:2369–2378
46. Opfergelt S, Cardinal D, André L, Delvigne C, Bremond L, Delvaux B (2010) Variations of ³⁰Si and Ge/Si with weathering and biogenic input in tropical basaltic ash soils under monoculture. *Geochim Cosmochim Acta* 74:225–240
47. Tubaña B, Narayanaswamy C, Kanke Y et al (2012b) Estimation of plant available silicon using different extraction procedures for selected soils from the Midwest and South USA. ASACSSA-SSSA International Annual Meetings, Cincinnati, 21–24 Oct
48. Закон України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 року № 2694-XII. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 49, ст. 668
49. Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування» від 23 вересня 1999 року № 1105-XIV. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1999, № 46-47, ст. 403
50. Наказ Міністерства охорони здоров'я України «Про затвердження Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій» від 21 травня 2007 року № 246. Офіційний вісник України, 2007, № 46, ст. 97.
51. Закон України «Про хімічну безпеку» від 8 лютого 2018 року № 2307-VIII. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2018, № 12, ст. 67.
52. ДНАОП 0.00-4.26-96 Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту, затвержене Держнаглядом охорони праці України 29.10.96 р. Наказ № 170.

53. Наказ Міністерства соціальної політики України «Про затвердження Положення про порядок забезпечення працівників засобами індивідуального захисту» від 29 листопада 2018 року № 62