

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

26.08 – КМР. «631.5/8 : 634.74 «С» 2023.03.13 012 ПЗ

ДЗЕКУНОВ КОНСТЯНТИН ГЕНАДІЙОВИЧ

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ

І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) Агробіологічний факультет

УДК 631.5/8: 634.74

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету (Директор ННІ)

Агробіологічний факультет

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Агрохімії та якості продукції
рослинництва ім. О.І.

Душечкіна

(назва факультету (ННІ))

Тонха О.Л.

(підпис)

(ПІБ)

(назва кафедри)

Бикін А.В.

(підпис)

(ПІБ)

“ ___ ” _____ 20_ р.

“ ___ ” _____ 20_ р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Управління мінеральним живленням лозини високобіологічної за
використанням елементів точного землеробства

Спеціальність

201 Агрономія

(код і назва)

Освітня програма

Агрохімія та сервіс у прецизійному агропромисловстві

(назва)

Орієнтація освітньої програми

освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

д.с.-г.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

Бикін А.В.

(підпис)

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

д.с.-г.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Лопушняк В.І.

(підпис)

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Дзекунов К.Г.

(ПІБ студента)

КИЇВ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) Агробіологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри агрохімії та якості продукції
рослинництва ім. О.І. Дунецькіна

професор, д.с.-г.н. Бикін А.В.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ІПБ)

“ ” 20 року

З А В Д А Н Н Я

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА

Дзекунов Костянтин Геннадійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 201 Агрономія

(код назва)

Освітня програма Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві

(назва)

Орієнтація освітньої програми Освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи: Управління мінеральним живленням дохини високорослої за використанням елементів точного землеробства «Management of Highbush Blueberry mineral nutrition using precision agriculture techniques»

затверджена наказом ректора НУБіП України від “ ” 20 р. №

Термін подання завершеної роботи на кафедру

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: агрономічні польові та лабораторні дослідження

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Огляд літературних джерел за темою магістерської роботи.
2. Здійснити дистанційний моніторинг за використанням БПЛА
3. Провести аналіз результатів дистанційного моніторингу, біометричних показників, агрохімічного аналізу ґрунту.
4. Регулювання системи живлення за виявлених неоднорідностей.
5. Аналіз отриманої якості врожаю за регулюванням системи живлення.

Дата видачі завдання “ ” 20 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи Лопушняк В.І.

(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Дзекунов К.Т.

(підпис) (прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

В рамках літературного огляду першого розділу було проведено аналіз сучасних підходів до вирощування лохини високорослої та виокремлено важливі аспекти, такі як метод фертигації краплинною системою зрошення та дистанційний моніторинг як метод аналізу в прецизійному агровиробництві, що слугувало основою для подальших досліджень.

У другому розділі наведено детальний опис методу дистанційного моніторингу, включаючи обґрунтування вибору дослідної ділянки, вимірювання водовиливу, метод відбору проб ґрунту та вимірювання біометричних показників рослин. Ці дані стали основою для аналізу розвитку лохини високорослої та виявлення нерівномірностей у рості.

Третій розділ включає аналіз отриманих результатів дистанційного моніторингу та ефективність використання таких даних. Виявлено вплив водовиливу на розподіл елементів живлення та встановлено морфологічну неоднорідність рослин, що свідчить про потребу в регулюванні системи мінерального живлення. Досліджено вплив розподілу елементів живлення крапельним поливом на ріст і розвиток лохини високорослої. Досліджено ефективність регулювання системи живлення за рахунок регулювання подачі води при використанні компенсованих крапельних трубок та її вплив на товарність врожаю.

Досліджено вплив розподілу елементів живлення крапельним поливом на ріст і розвиток лохини високорослої. У ході нашого дослідження було доведено, що ефективність системи фертигації та вирощування лохини високорослої суттєво залежить від рівномірності розподілу елементів живлення та води серед рослин. Нерівномірний розподіл може призвести до недоотримання окремих ділянок рослинами поживних речовин і, навпаки, надмірного живлення інших ділянок, що негативно впливає на ріст і розвиток рослин.

Використання компенсованих крапельних трубок сприяє більш рівномірному розподілу азоту та фосфору в ґрунті, а також збереженню стабільної вологості ґрунту.

Дистанційний моніторинг з використанням безпілотних літальних апаратів є ефективним інструментом для виявлення нерівномірностей та аномалій у розвитку лозини високорослої. Він надає можливість оперативно реагувати та приймати заходи для підвищення врожайності та покращення якості продукції.

Подальше вдосконалення систем фертигації та дистанційного моніторингу може призвести до покращення продуктивності та якості вирощуваної лозини високорослої, зменшення витрат ресурсів та підвищення екологічної стійкості сільськогосподарського виробництва.

Робота складається з вступу, 3-х розділів, висновків, рекомендації підприємству, робота має 71 сторінку друкованого тексту. Перелік графічного матеріалу: 13 таблиць, 24 рисунки, 2 діаграми 2 графіки.

Ключові слова: дистанційний моніторинг, фертигація, лозина високоросла, краплинна система зрошення, прецизійне сільське господарство.

Keywords: remote monitoring, fertigation, Blueberry highbush, Vaccinium corymbosum, drip irrigation system, precision agriculture

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ЛОХИНИ ВИСОКОРОСЛОЇ (Літературний огляд).....	9
1.2 Живлення лохини високорослої методом фертигації краплинною системою зрошення.....	21
1.3 Дистанційний моніторинг як інструмент у сільському господарстві.....	23
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	26
2.1 Місце розташування та виробничо-господарська характеристика господарства.....	26
2.2 Метод дистанційного моніторингу рослин.....	29
2.3 Метод відбору проб ґрунту. Агрохімічний аналіз.....	30
2.4 Вимірювання біометричних показників рослин.....	32
2.5 Метод вимірювання та регулювання якості водовиливу.....	33
2.6 Регулювання якості системи живлення рослин на дослідній ділянці.....	34
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ ТА РЕГУЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ.....	36
3.1 Аналіз даних дистанційного моніторингу за допомогою БПЛА.....	36
3.2 Агрохімічний аналіз.....	43
3.3 Аналіз біометричних даних.....	46
3.4 Аналіз якісних показників врожаю за регулюванням системи живлення....	50
3.5 Можливості використання отриманих результатів для оптимізації агротехнічних процесів.....	56
3.6 Ефективність та перспективи впровадження системи дистанційного моніторингу за допомогою БПЛА на посадках лохини високорослої.....	57
ВИСНОВКИ.....	59
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63
Додаток А.....	68
Додаток Б.....	69
Додаток В.....	70
Додаток Г.....	71

ВСТУП

Інститутом садівництва НААН України визначено, що у 2016 р. загальна площа комерційних насаджень лохини в Україні перевищила 1000 га. Тільки за останній рік ці обсяги зросли на 40%, що вивело Україну на 4-е місце в Європі за площами комерційних насаджень лохини після Польщі, на яку припадає майже половина всіх промислових плантацій ЄС, Німеччини та Іспанії. Також Україна потрапила в у десятку країн виробників за 2022 у світі [1].

Передбачається, що наступні 3-5 років приріст комерційних насаджень лохини становитиме 15-20% щорічно, а через 5 років лохина за площею комерційних насаджень обжене садову суницю.

Спонтанна посадка лохини високореслої (*Vaccinium corymbosum*), без попереднього вивчення її особливостей і підготовки ґрунту, у більшості випадків рано чи пізно призводить до загибелі рослини, а розумний підхід до її агротехніки гарантує нормальний ріст і стабільне плодоношення.

Актуальність теми: сучасне сільське господарство стикається з викликами, пов'язаними з удосконаленням систем живлення рослин, оптимізацією використання ресурсів, збільшенням врожайності та покращенням якості продукції.

Впровадження нових технологічних рішень на господарствах часто пов'язані з новими потенційними ризиками. Дистанційний моніторинг та аналіз даних, отриманих за допомогою дронів, що в нас час мають велику популярність та тенденцію до здешевлення, мають потенціал стати потужним, регулярним, інструментом для сільськогосподарських підприємств та знаходять широкий спектр застосування.

Збільшення точності та швидкості збору інформації, раннє розпізнавання патологій рослин, неоднорідностей живлення, поля, розвитку рослин загальному, стає можливими завдяки точному регулярному дистанційному моніторингу.

Обробка такої інформації дозволяє агрономам та фермерам приймати більш обґрунтовані рішення щодо ґрунтового оброблення, внесення добрив,

рівномірного зрошення та загального управління господарством, що в свою чергу завжди пов'язане з економічною вигодою.

Мета дослідження: метою даного дослідження є вивчення можливостей впровадження системи дистанційного моніторингу для оптимізації вирощування лохини високорослої за використанням краплинного зрошення та фертигаційної системи живлення.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі завдання дослідження:

- провести аналіз літературних джерел щодо застосування дистанційного моніторингу в аграрному секторі;

- здійснити дистанційний моніторинг за допомогою безпілотних літальних апаратів (дронів) на дослідній ділянці посадки лохини високорослої з фертигаційною системою живлення;

- провести агрохімічний аналіз ґрунту щодо рівномірності розподілу елементів живлення і рівня вологості на дослідній ділянці, знайти кореляції з даними NDVI показниками дослідної ділянки;

- здійснити біометричний аналіз рослин та визначити параметри якості врожаю знайти кореляції з показниками агрохімічного аналізу;

- опрацювати та проаналізувати отримані дані з використанням дистанційного зондування, програмного забезпечення та методів статистичного аналізу;

- виявити та обґрунтувати практичну користь впровадження дистанційного моніторингу для середніх та великих площ насаджень лохини високорослої з використанням технології краплинного поливу та фертигаційному методі внесення добрив.

Робоча гіпотеза дослідження полягає в припущенні, що при живленні лохини високорослої фертигаційним методом з використанням системи краплинного поливу присутній подвійний ризик для фітоценозів, у разі неоднорідності роботи зрошувальної системи.

Два критичні фактори для лохини, а саме вологість та елементи живлення, залежать від однієї системи на стабільність роботи якої може впливати багато

факторів. Тому моніторинг виступає в ролі нівелювання потенційних ризиків нерівномірної роботи зрошувальної системи на великих площах, особливо, у перші критичні роки посадки. Аналіз дистанційного моніторингу, зокрема за допомогою індексу NDVI, дозволяє агроному вчасно локалізувати проблемні ділянки та регулювати систему зрошення або вжити інших заходів для запобігання стресових ситуацій для рослин.

Об'єкт дослідження: система вирощування лохини високорослої з використанням краплинної системи зрошення та фертигації.

Предметом дослідження: показники неоднорідності розподілу елементів живлення крапельним поливом на ріст і розвиток лохини високорослої.

Ця неоднорідність може включати в себе варіації у водовидливості, розподілі живильних речовин у ґрунті, а також різницю в рості та розвитку рослин на різних ділянках поля. Робота спрямована на розробку методів для виявлення та корекції неоднорідностей у роботі краплинної системи зрошення для підвищення ефективності вирощування лохини високорослої та покращення якості врожаю.

Наукова новизна та практичне значення полягають у спрямуванні на інтеграцію сучасних методів агрохімічних досліджень з технологіями дистанційного моніторингу для оптимізації процесів вирощування багаторічних культур. Такий підхід відкриває нові можливості для підвищення ефективності вирощування, що є важливим завданням сучасного агровиробництва. В результаті цього дослідження буде вдосконалена технологія вирощування лохини високорослої з використанням краплинної системи зрошення в реальних умовах виробництва. Ефективність використання БПЛА у моніторингу стану посадок лохини високорослої. Дані щодо впливу рівномірності розподілу елементів живлення у системах зрошення, вплив агрохімічного складу ґрунту на біометричні показники рослин, що дозволить розробити ефективні рекомендації для агрономів та фермерів щодо оптимальних методів догляду за культурою.

Такі відомості важливі для збільшення виробництва сільськогосподарської продукції та забезпечення сталого розвитку сільських господарств.

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ЛОХИНИ ВИСОКОРОСЛОЇ (Літературний огляд)

За останні 10 років перетворилася з маловідомої нішевої культури на одну з основних ягідних культур в Україні. На сьогодні Україна входить до п'ятірки найбільших європейських виробників чорниці високорослої, і ця культура демонструє найвищі темпи зростання серед усіх плодово-ягідних культур в країні.

Станом на червень 2016 року в Україні було зареєстровано 13 сортів чорниці високорослої в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення.

Більшість з них - це сорти американської селекції. Найпопулярнішими сортами чорниці, що вирощуються в Україні, є Дюк, Блюкроп, Блюгод, Спартан, Патріот, Торо, Мендлер, Ліберті та Аврора [2].



Рис. 1.1 Представник виду *Vaccinium corymbosum* / Лохина високоросла
Чорниця американська [2].

Найбільший обсяг вирощування лохини високорослої (45%) припадає на Житомирську область, за якою слідує Волинська, Вінницька, Івано-Франківська області та Закарпаття.

Лохина високоросла залишається однією з найдорожчих ягід масового споживання в Україні, і обсяг ринку цієї культури оцінюється в 230 – 250 мільйонів гривень [3].

Ягоди лохини мають велику популярність через свої корисні властивості, а саме у ній містяться антоціани (деривати дельфінідину, петунідину, мальвідину), органічні кислоти (хлорогенова, ферулова, кавова, елагова), катехінові таніни, флавоноїди (деривати кверцетину, мирицетину і кемферолу), цукри, каротини, пектин, мікроелементи (такі як калій, кальцій, фосфор, магній) і вітаміни: А, В, РР, С, Е, D.

Висока концентрація антоціанів, які мають природні антиоксидантні властивості, дозволяє чорниці нейтралізувати вільні радикали в організмі людини, надлишок яких сприяє розвитку цивілізаційних захворювань, включаючи ракові захворювання і захворювання органів зору [4].

За походженням лохина високоросла (*Vaccinium corymbosum*) з Північної Америки, а саме, ця рослина була селекціонована в Сполучених Штатах Америки на початку минулого століття. Проте важливо відзначити, що початкова селекційна робота розпочалася вже в 19 столітті. На початку 1970-х років, коли наступив бум у вирощуванні лохини її також ввезли до Європи [5].

Сорт Bluegold – багатостовбуровий, густий, листопадний кущ, з прямими гілками, габітус розлогий, компактний, зазвичай досягає висоти близько 1,2-1,5 м і іноді 1,8 метра і шириною – 1,5 м, а кількість плодів, що збираються, досягає до 4,5-6 кг з однієї рослини. Фази росту лохини високорослої за шкалою ВВСН наведено нище (рис. 1.2).

Листя жорстке з шорсткою поверхнею з характерним блиском, темно-зеленого кольору з блакитним відтінком, широкої форми з гострим кінчиком. Особливо привабливий восени коли листя змінює забарвлення на відтінки червоного і пурпурового, які розташовані на жовтих стеблах.

Хоч Bluegold, досить скромний у габаритах, проте простір між рослинами в ряду має бути достатнім і складатиме не менше ніж 1 – 1.2 метра відповідно. Як і багато інших сортів, Bluegold є самозапильним [6].

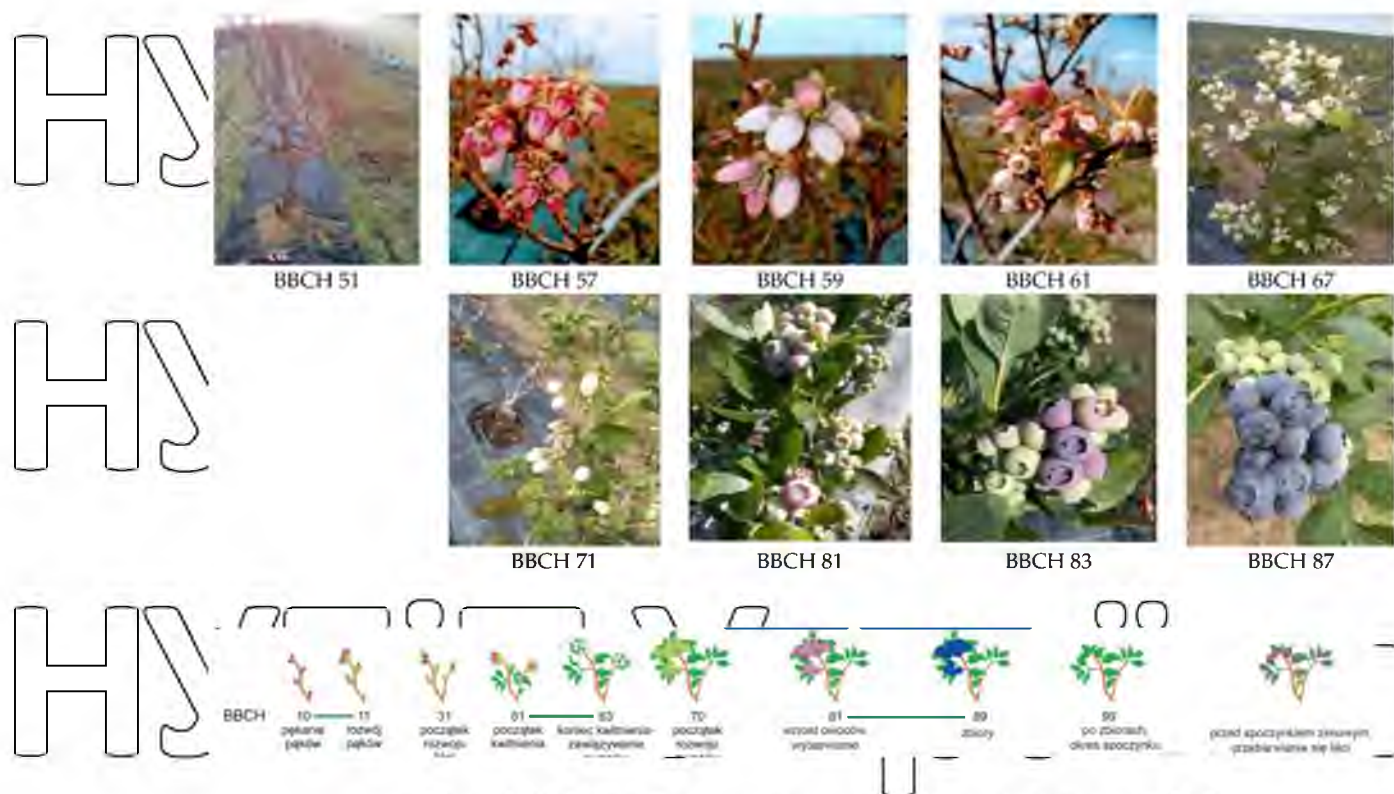


Рис. 1.2. Стадії розвитку лохини високорослої [7].

Критичні періоди вегетативного циклу лохини

- **BBCH 51 - Свічення бруньок:** Ця стадія відповідає першому ознаку росту весною. На цьому етапі рослина починає активно рости після зимової дорманції. Бруньки квіток збільшуються у розмірі, і захисні зовнішні лусочки починають розокатися, показуючи світліші внутрішні лусочки. Важливо враховувати, що ця стадія може витримувати холодні температури від -12 до -9°C , і заморозки можуть пошкодити ростучі бруньки.

- **BBCH 53 - Розкриття бруньок:** На цьому етапі бруньки квіток розкриваються, і можна відрозділити окремі квіти між лусочками бруньки. Ця стадія може витримувати температури приблизно -7°C . Це важливий момент, коли розкривається квітка, і вони стають доступними для запилення.

- **BBCH 55 - Щільний кластер:** На цій стадії окремі квіти відрізняються в кластері квітів. Ця стадія бруньок може витримувати температури від -7 до -5°C . Важливо враховувати, що кластер квітів може бути вразливим до холоду, і заморозки можуть призвести до пошкодження квіток.

- **ВВСН 57 - Ранній рожевий бутон:** На цьому етапі розкриваються розширені квіти, які відрізняються одна від одної. Рожеві чашечки (пелюстки) корони короткі і зачинені. Ця стадія може витримувати температури від -5 до -4°C . На цьому етапі розкриття квітів стають доступні для запилення.

- **ВВСН 59 - Пізній рожевий бутон:** На цій стадії окремі квіти повністю розвинуті. Розкриті корони тепер білі, але все ще зачинені. Ця стадія може витримувати температури від -4.4 до -2.8°C . На цьому етапі квіти готові до запилення та запліднення, що є важливим для подальшого формування плодів.

- **ВВСН 65 - Повне цвітіння:** Більшість квіток на кущу розкриті. Ця стадія цвітіння може витримувати температури до -2.2°C .

- **ВВСН 67 - Випадання пелюсток:** Чашечки пелюсток випадають з квіток, виявляючи невеликі зелені плоди. Ця стадія найбільш вразлива до пошкоджень від заморозків. Пошкодження може відбуватися при температурі 0°C .

- **ВВСН 71 - Ранній зелений плід:** Маленькі зелені ягоди розширюються. Плоди в кластері варіюються від великих до малих, розміром з горошину. Ранній ріст плодів відбувається шляхом поділу клітин.

- **ВВСН 78 - Пізній зелений плід:** Ріст великих плодів сповільнюється. Плоди стають блідо-зеленими. Викладені плоди можуть набути червоного відтінку.

- **ВВСН 81-85 ембріональний розвиток:** Цей період включає в себе фазу, коли ягода не значно збільшується в розмірі. Після повного цвітіння і попадання пилку на стиглу маточку починається процес формування плодів. На цій стадії проходять ембріональний розвиток та початкове зростання плодів. Важливо враховувати, що на цьому етапі плоди дуже ніжні та вразливі до пошкоджень.

- **ВВСН 87-89 розростання клітин:** На цьому етапі кожна клітина поступово збільшується в розмірі. Процес росту є активним, і плоди набувають форми та об'єму. У цей період росте кількість цукру в ягодах, а кислотність зменшується, що впливає на смак та якість плодів.

- **ВВСН 91-95 зміна кольору:** Цей період охоплює розвиток рожевого та синього забарвлення ягід. Перше з'являється рожеве забарвлення, а потім плоди

починають змінювати колір на синій. У цей час відбувається активний процес синтезу пігментів, що впливає на забарвлення ягід. Важливо відслідковувати цей етап, оскільки колір ягід є показником готовності для збору, і смак плодів може суттєво змінюватися під час цього процесу.

Кожен з цих періодів важливий для вирощування лохини, оскільки на них впливають якість і смак плодів. Ретельне спостереження та догляд під час цих фаз може покращити врожайність та якість продукції.

Ці стадії ВВСН відображають важливі етапи росту і розвитку лохини та допомагають визначити їхню готовність до запилення, формування плодів та подальших процесів. Враховуючи температурну чутливість на цих етапах, можна вжити заходів для захисту від заморозків, щоб підтримати високий врожай [7].

Кліматичні та ґрунтові вимоги

Лохина - рослина, яка вимагає легкопроникного ґрунту, особливо піщаних та піщано-глинистих ґрунтів. Ґрунти повинні бути гумусними і помірно вологими, а також мають бути сильнокислими з рН в межах 3,5 - 4,5. Занадто високий рівень рН обмежує ріст кущів, і на ґрунтах з рН вище 5,5 врожайність стає низькою, а на ґрунтах з рН вище 6,8 взагалі не підходять для вирощування лохини, оскільки кущі перестають рости і гинуть. Також занадто висока кислотність ґрунту, коли рівень рН нижче 3,5, може спричинити захворювання кущів у вигляді хлорозу і зміни кольору.

Гумусовий вміст у ґрунті має становити не менше 3,5%, а оптимальний рівень більше 7%. Культура має ніжку кореневої систему і погано росте на важких та компактних ґрунтах, таких як вододільні, глинисті та суглинні ґрунти, а також на сухих ґрунтах. Кущі не можуть розвивати кореневі волоски на важких ґрунтах, оскільки вони не мають зони корневих волосків і не можуть проникнути в ущільнений ґрунт [10].

Лохина - рослина з неглибокою кореневою системою, тому рівень ґрунтових вод повинен бути нижче поверхні землі на 35-60 см, в залежності від типу ґрунту. Під час вегетації лохина дуже чутлива до води, але не переносить навіть

короткочасного затоплення ґрунту або недоливу, що може призвести до стресу, захворювань та загибелі кущів. Тому важливо забезпечити достатній полив під час посух [11].

У нашому помірному кліматі умови для вирощування лохини є сприятливими. Кількість опадів на рік близько 600 – 700 мм, що вважається достатньою для лохини. Вегетаційний період лохини повинен тривати не менше 160 днів, що дозволяє вирощувати її на всій території країни. Рослина не дуже вразлива до морозів і витримує морози до мінус 25°C, однак різкі перепади температури можуть призвести до вимерзання кущів [8, с.5, 11].

Техніка висадження

Підготовка поля для плантації лохини є важливим етапом та включає наступні кроки:

- Знищення бур'янів. Спочатку необхідно ефективно видалити стійкі бур'яни на обраній ділянці. Це може бути здійснене як механічними методами (культивация та боронування), так і хімічними обробками.

Покращення ґрунту. Після очищення ділянки важливо збагатити ґрунт органічним матеріалом (гумусом) та поліпшити його структуру. Це забезпечить гарний дренаж та забезпечить корінню доступ до необхідних поживних речовин.

При плануванні посадки лохини слід враховувати наступні аспекти.

Рекомендовано висаджувати 2–3-річні кущі, оскільки вони мають розвинену кореневу систему, що сприяє кращому приживанню та швидкому початку плодоношення.

Кущі лохини доступні в контейнерах або з ящиками. Вибір залежить від особистих переваг та умов посадки. Розставлення кущів в рядках повинно бути оптимальним для механічного обробітку та збору врожаю. Зазвичай використовується відстань приблизно 0.9-1 метри в рядку та 2 – 3 метри між рядами. Рядки краще розміщувати в напрямку північ-південь, щоб забезпечити рівномірне опромінення кущів сонячними променями [13].

Лохину можна садити як восени, так і навесні. Осіння посадка вигідна, оскільки кущі починають рости рано навесні. Посаджені в листопаді кущі мають можливість розвинути кореневу систему до зими.

При всіх етапах вирощування лохини важливо враховувати вимоги щодо ґрунту, клімату та правильного догляду, щоб забезпечити високий врожай і якість плодів. [8, с. 7].

Обрізка

Правильна обрізка кущів лохини, які мають високий врожай, є ключовою для забезпечення стабільного річного плодоношення та отримання якісних плодів протягом багатьох років. Зазвичай виробничі насадження створюють з кущів, які були вирощені у контейнерах, оскільки такі кущі легко приживаються, і коренева система не пошкоджується під час пересадки на постійне місце. Найкращий час для обрізки висококущової лохини - це кінець зими і початок весни, перед розпочатком вегетації.

Для добре розрослих кущів з потужною кореневою системою рекомендується залишити від 3 до 5 пагонів, які трохи скоротити, відкидаючи верхню частину з квітковими бруньками. Слабкі та тонкі пагони слід видаляти близько до основи. Проте, якщо кущі мають слабкий і короткий ріст, то їх слід сильно обрізати після посадки, залишаючи лише найсильніші 2-3 пагони, які також потрібно вкоротити на висоту приблизно 20 см від поверхні землі (рис. 1.3).

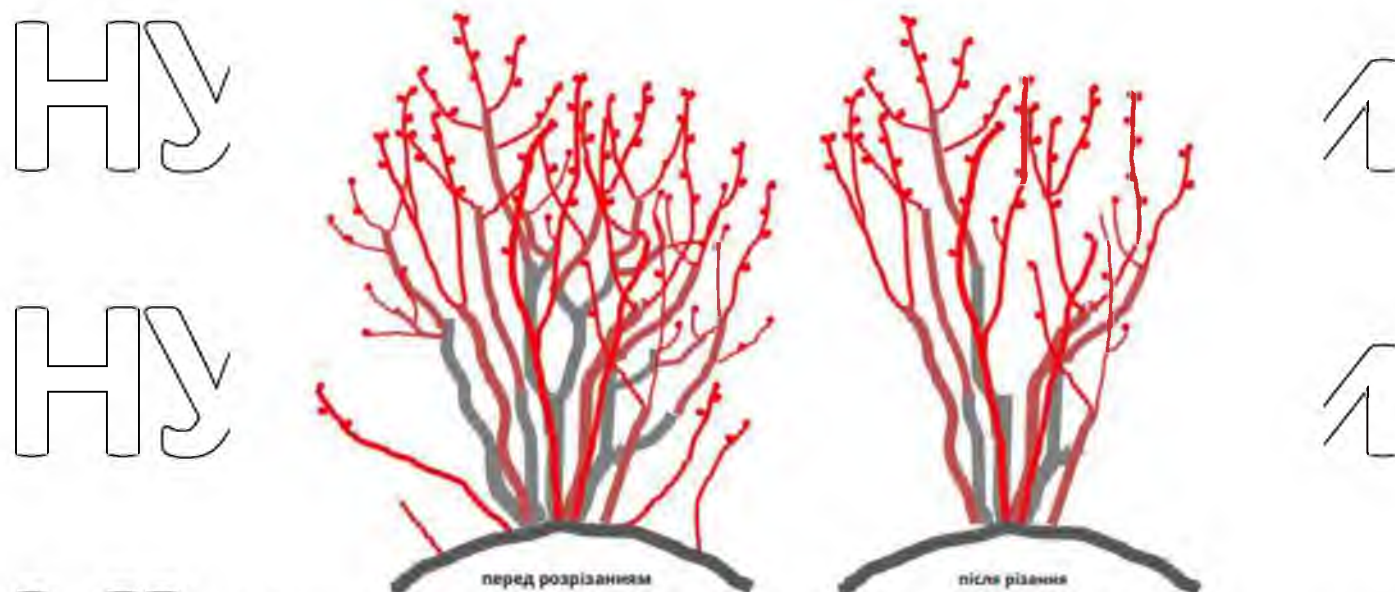


Рис. 13 Ілюстрація правильної обрізки лохини [14, с. 16]

У перший рік після посадки важливо видалити суцвіття з пагонів, щоб рослини могли добре вкоренитися і розвинути кілька сильних пагонів, не намагаючись плодоносити. В подальших роках, коли рослини починають повільно плодоносити, обрізку слід обмежити систематичним видаленням слабких, поламаних, а також тих пагонів, які затінюють нижню частину куща, надмірно загущують його або мають симптоми захворювань та підмерзлі верхівки однорічних пагонів.

Після повного плодоношення рослин обрізка має на меті зберегти необхідну кількість пагонів та омолодити їх. Старі малопродуктивні пагони видаляються, а сильніші пагони вкорочуються, щоб підтримувати баланс між ростом і плодоношенням рослин. Це важливо для запобігання нерівномірному дозріванню плодів і дробленню їх.

Видаляючи старі малопродуктивні пагони та забезпечуючи правильну обрізку, можна стимулювати кущі до інтенсивного росту і зберегти їх в гарному стані протягом багатьох років [14, с. 16]

Обробіток ґрунту та внесення добрив

Для досягнення оптимального росту та високого врожаю лохини важливо забезпечити достатню кількість азоту. Недостаток азоту може призвести до обмеженого росту і низьких врожаїв. Зазвичай рекомендується вносити приблизно 50 кілограмів чистого азоту на гектар плантації, і оптимальна доза не повинна перевищувати 100 кілограмів на гектар. Загальні рекомендовані дози внесення елементів живлення зазначені нижче (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Рекомендовані дози внесення для лохини високорослої згідно методики

Інститут огородництва «Комплексне виробництво лохини» [14, с.18].

Елемент живлення	Доза добрив, кг/га	Форма добрива
Азот (N)	30-50	сульфат амонію, аміачна селітра, сечовина
Калій (K ₂ O)	50-75	сульфат калію, калімагnezія, сіль калію
Фосфор (P ₂ O ₅)	30-60	суперфосфат, потрійний суперфосфат, фосфат амонію
Магній (MgO)	20-80	сульфат магнію

Для підживлення лохини азотними добривами рекомендується використовувати сульфат амонію або аміачну селітру, оскільки це фізіологічно кислі добрива. Зазвичай азотні підживлення проводять тричі в рік: під час початкового росту (набрякання бруньок), після цвітіння та на початку літня (після закінчення інтенсивного росту плодів). Для мульчованих рослин рекомендується подвоїти дозу азоту

У разі використання фосфорних та калійних добрив, їх рекомендується вносити перед закладанням плантації. Починаючи з третього року після посадки, ці добрива можна застосовувати щорічно після збору плодів. При цьому слід уникати високих доз хлоридів, зокрема калію [15].

Регулярне підживлення лохини азотом, фосфором та калієм є важливим елементом гарного вирощування цієї культури, але важливо дотримуватися рекомендованих доз та графіку підживлення для досягнення найкращого результату.

Зрошення

Вирощування лохини піддається впливу вимог до ґрунту та погодних умов, що часто вимагає додаткового зрошення. Відсутність опадів може значно обмежити врожайність та якість плодів лохини, особливо на легких ґрунтах. В наших кліматичних умовах, кількість опадів часто не досягає необхідних 500-650 мм, і розподіл опадів буває несприятливим для інтенсивного росту плодів. Тому полив стає важливою частиною вирощування лохини (табл. 1.2) [18, 19].

Таблиця 1.2

Вплив рівня зрошення на врожайність лохини високорослої «Дюк» протягом перних трьох років виробництва 2008-2010р. [18]

Рівень поливу	Врожайність за рік (кг/ рослина)				Урожайність по збору врожаю (кг/рослина)	
	2008 р.	2009 р.	2010 р.	Разом	Врожай 1	Врожай 2 і 3
Неполивний	0.702	1.231	4.091	6.024	1.133	0.875
Помірний	0.664	1.406	4.574	6.644	1.155	1.064
Сильний	0.601	1.390	4.331	6.323	1.148	0.964

Середній – 5 л на рослину за один полив; Важкий – 10 л на рослину за один полив;

P – дані усереднені за роками

Основним чинником при поливі лохини є якість води. Оскільки лохина вимагає кислого ґрунту, жорстка вода з високим вмістом кальцію, магнію і бікарбонатів не підходить для поливу лохини. Для зрошення лохини рекомендується використовувати дощувальні системи та системи крапельного зрошення. Вибір методу поливу залежить від доступності води та індивідуальних умов [8, с. 15].

Дошувальні системи вимагають великої кількості води і встановлюються, якщо є необмежена доступність води, наприклад, з річок або озер. Вони розподіляють воду рівномірно і забезпечують зволоження великих площ.

Крапельне зрошення є більш економічним методом та ідеальним для горбистої місцевості. Системи крапельного зрошення розташовуються над поверхнею рослин, і вода подається прямо до кореневої зони. Це дозволяє зекономити воду і енергію, а також уникнути змочування листя, що може бути корисним в умовах інтенсивного росту плодів. Однак слід бути обережними щодо засмічення системи крапельного зрошення, оскільки вона досить чутлива до цього аспекту (див. табл. 1.3),

Таблиця 1.3

Оцінка якості води для краплиного зрошення [8, с. 15]

Фактори	Ймовірність засмічення випромінювачів		
	Маленький	Середній	Великий
Вміст твердих речовин (мг/л)	<50	50 – 100	>100
РН	<7	7,0 – 8,0	>8,0
Марганець (ppm)	<0,1	0,1 – 1,5	>1,5
Залізо (ppm)	<0,1	0,1 – 1,5	>1,5
Бактерії (к-ть/мл)	10000	10000 – 50000	50000



Рисунок. 1.4. Система фільтрів на базі «Берр Ворлд»

Враховуючи вищезазначені фактори, важливо правильно обирати метод поливу та забезпечити якісну воду для лохини, щоб досягти оптимального врожаю

та якості плодів. У системі поливу на виробництві передбачено, два очисних фільтра грубої очистки, для очистки води з басейну та фільтр м'якої очистки для фінальної підготовки якості води, перед подачею в систему поливу (рис. 1.4).

1.2 Живлення лохини високорослої методом фертигації краплинною системою зрошення

Згідно з висновками досліджень Познанського університету природничих наук, фертигація у краплинній системі зрошення є ефективним методом для вирощування лохини високорослої та позитивно впливає на її врожайність [20]. На виробництві впроваджене автоматичну систему фертигації з можливістю дистанційного контролю та керування (рис. 1.5).



Рисунок. 1.5 Система фертигації на базі «Беррі Ворлд»

Переваги фертигації:

- **Точність та контроль:** Фертигація надає можливість точно контролювати кількість та склад поживних речовин, які потрапляють до рослин. Це дозволяє уникнути недобору або перебору поживних речовин, забезпечуючи оптимальне живлення рослин.

- **Ефективність використання добрив:** Фертигація дозволяє максимально використовувати добрива, оскільки вони подаються безпосередньо до кореневої зони рослин, уникнувши втрати на поверхні ґрунту.

- **Адаптованість до потреб рослин:** Системи фертигації можуть бути налаштовані на конкретні потреби рослин у різних стадіях їхнього розвитку. Це

особливо важливо при вирощуванні культур, таких як лохина, які мають різні фази росту.

Недоліки фертигації:

- Вимоги до обладнання: Фертигація передбачає використання спеціалізованого обладнання, яке може бути високою вартістю та вимагати певних технічних навичок для обслуговування.

- Ризик перебору: Недбале використання фертигації може призвести до перебору рослин добривами, що може завдати шкоди навколишньому середовищу.

- Необхідність контролю: Фертигація потребує постійного контролю та моніторингу, щоб уникнути виникнення проблем з живленням рослин.

Використання краплинної системи зрошення для фертигації є практичним та ефективним методом.

Основними перевагами крапельного зрошення при фертигаційній системі живлення є економія води та енергії. Крапельний полив не змочує листя, польові роботи можна проводити при крапельному зрошенні. Ця система ідеально підходить для використання на горбистій місцевості. Основним недоліком крапельної системи є висока чутливість випромінювачів до засмічення.

Вона дозволяє точно подавати різні розчини добрив до кореневої зони рослин, забезпечуючи оптимальне споживання поживних речовин. Однак цей метод також потребує дбайливого планування та обслуговування для забезпечення його ефективності та уникнення можливих проблем.

Застосування контрольованого живлення рослин макро- та мікроелементами через краплинну фертигацію дозволяє значно підвищити врожайність лохини.

Фертигація має важливе значення у забезпеченні оптимального рівня кислотності ґрунту. Оптимальний рН ґрунту (у H_2O) для росту лохини зазвичай становить 4,3–4,8 [21].

Отже, фертигаційний метод живлення лохини у поєднанні з краплинною системою зрошення добре застосовується на практиці та показує ефективність у

дослідженнях проте має кілька суттєвих недоліків це вимоги до якості води та ризику з засміченням емітерів.

1.3 Дистанційний моніторинг як інструменту сільському господарстві

Дистанційний моніторинг, здійснюваний за допомогою дронів, стає все більш популярним та важливим інструментом в точному землеробстві та сільському господарстві. Ця технологія дозволяє сільським виробникам отримувати високоякісні та точні дані про свої поля, що сприяє підвищенню врожайності, зменшенню витрат та збільшенню сталості виробництва. У цій статті розглянемо ключові аспекти та переваги дистанційного моніторингу дронами в точному землеробстві та сільському господарстві [22].

Малі безпілотні літальні апарати - це транспортні засоби вагою менше 25 кг, здатні до тривалого польоту без присутності на борту людини. Ці системи мають велику варіабельність, але найпоширенішим класом, використовуваним у сільському господарстві, є роторний вертоліт з GPS, здатний автономно слідувати передбаченому рейсовому шляху.

Використання дронів, зокрема для збору дистанційно зондованих фенотипічних даних рослин за допомогою одного або декількох датчиків для зображень, стає все більш поширеним у сільському господарстві західних Сполучених Штатів і по всьому світу в останні роки [23].

Найпоширенішими видами датчиків для зображень є червоно-зелений-синій (RGB), багатоспектральні (MS), гіперспектральні, теплові та LiDAR. в нашому дослідженні ми використовували RGB датчик з дроном DJI Mavic mini

Основні переваги дистанційного моніторингу дронами

- Високоякісні зображення та дані. Дрони оснащені високоякісними камерами та сенсорами, які надають можливість отримувати деталізовані та високороздільні зображення з повітря. Це дозволяє точно аналізувати стан культур та ґрунту.

- **Ефективність та швидкість:** Дрони можуть охоплювати великі площі поля швидше та ефективніше, порівняно з традиційними методами. Це дозволяє виробникам заощаджувати час і ресурси.

- **Реальний час та аналіз даних:** Дані, зібрані дронами, можуть передаватися в реальному часі на базу даних, де їх можна аналізувати. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни та вживати необхідні заходи.

- **Точність та прецизія:** Дрони можуть збирати дані з великою точністю та прецизією, що дозволяє виробникам визначити оптимальні дози добрив, води та інших ресурсів. [24]

Застосування дистанційного моніторингу дронами:

- **Моніторинг стану культур:** Дрони регулярно фотографують поля з висоти, дозволяючи виробникам визначити, як ростуть рослини, і виявити ознаки хвороб або стресу у рослинах. Це допомагає вчасно вживати необхідні заходи для поліпшення врожаю.

- **Контроль за шкідниками та хворобами:** Дрони дозволяють виявляти ознаки пошкодження рослин від шкідників та хвороб, що допомагає вживати оперативні заходи для їхнього контролю.

- **Оцінка стану ґрунту:** Дистанційний моніторинг дронами дозволяє визначити структуру та якість ґрунту, що сприяє оптимізації сільськогосподарських операцій та раціональному використанню ресурсів.

- **Розмітка полів:** Деякі дрони можуть використовуватися для точної розмітки полів, що допомагає виробникам раціонально розподіляти добрива та інші ресурси. [25].

Зондування дронами вже успішно впроваджується в багатьох країнах. Наприклад, в США дрони використовуються для моніторингу культур, оцінки стану ґрунту та попередження шкідників. В Європі, дистанційний моніторинг дронами допомагає виробникам зменшити витрати та збільшити врожайність.

Моніторинг дронами стає важливим та доступним інструментом в точному землеробстві та сільському господарстві. Його переваги у вигляді високоякісних

зображень, ефективності та точності дозволяють сільським виробникам оптимізувати свої операції, збільшити врожайність та забезпечити сталість виробництва. Дрони стають ключовим елементом для підвищення продуктивності та сталого розвитку сільського господарства [27].

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження з якості мінерального живлення лохини за використання елементів прецизійного агровиробництва проводили на базі господарства «Бері Ворлд»

Мета досліджень – оцінка та покращення якості росту і розвитку рослин за допомогою оптимізації системи живлення та водопостачання на основі аналізу дистанційного моніторингу.

Об'єкт досліджень – процес і закономірності формування якісної системи живлення лохини за допомогою методу дистанційного моніторингу рослин та зміни якості системи водопостачання.

Предмет досліджень – ґрунт у агроценозі культури, біометричні показники рослин, застосування методу дистанційного моніторингу, система водовиліву.

2.1 Місце розташування та виробничо-господарська характеристика господарства

ТОВ «БЕРПІ-ВОРЛД» знаходиться у селі Калинівка розташоване в Макарівському районі Київської області, Україна. Іспе знаходиться на координатах 50.393003, 29.817124 у Макарівському районі село Калинівка. Воно розташоване на рівнинній місцевості з невеликим рівномірним ухилом близько -1 м на 80 м поля. Перепад висоти вздовж всього поля 14 м. Форма поля прямокутна 1200*500 м. Загальна площа 56 га.

Має помірно континентальний клімат з проявами риси південних та північних кліматичних зон. Літня температура може досягати +30°C, а зимова температура може опускатися до -20°C. Клімат характеризується достатнім опаданням та достатньо тривалим періодом вегетації для росту рослин з квітня до вересня (табл 2.1).

У 2023 році спостерігаються відмінності в кліматичних умовах Макарівського району Київської області в порівнянні зі звичайною нормою. Спільною з головних особливостей є помітні відхилення в кількості опадів, які

впливають на гідрологічний режим та аграрний сектор. Особливо важливими є відхилення в травні та серпні, коли кількість опадів суттєво відхиляється від норми.

Таблиця 2.1

Погодні умови 2023 р. за даними ГЦО у Макарівському районі

Показник	Місяць						За вегетаційний період
	4	5	6	7	8	9	
опаді, мм							
К-сть у 2023 р.	102	1	87,0	136,0	46,0	19	391,0
Багаторічна норма	40	65,2	74,6	68,6	41,8	56	322,7
Відхилення від норми	6,1	64,2	-12,2	68	5,8	-37	1,3
Коефіцієнт істотності відхилень	0,2	1,1	-0,3	-1,0	0,1	-0,8	0,01
сума активних температур, °С							
К-сть у 2023 р.	170,30	548,00	631,00	692,00	673,00	552	3266,3
Багаторічна норма	216,77	502,47	608,98	661,31	643,49	463,3	3096,4,0
Відхилення від норми	-46,47	-118,47	42,02	20,69	19,51	-28,4	173
Коефіцієнт істотності відхилень	-0,7	-2,3	1,5	0,7	0,4	-0,4	0,03
ГТК							
К-сть у 2023 р.	2,3	3,2	0,8	0,5	0,7	0,6	1,5
Багаторічна норма	1,6	1,4	1,0	1,0	0,7	1,3	1,14
Відхилення від норми	0,8	1,8	-0,3	-0,5	0,0	-0,7	0,36
Коефіцієнт істотності відхилень	0,8	1,7	-0,4	-1,0	0,1	-0,3	0,49

Зменшення кількості опадів у травні може викликати сухоту та вплинути на рослинництво. З іншого боку, вища кількість опадів у серпні може створити перешкоди для землеробства та вплинути на водний баланс.

Щодо температурних показників, весна та літо (з березня по серпень) характеризуються відхиленнями в бік підвищення температури. Особливо помітні відхилення в теплих місяцях, таких як квітень, травень і липень, коли температура перевищує норму. Такі високі температури можуть впливати на фізіологічні процеси рослин та вимагати додаткових заходів для забезпечення водним ресурсом.

Загальну тенденцію можна охарактеризувати як збільшення кількості опадів та високу температуру влітку. Це може викликати зміни в кліматичному балансі регіону та потребу у відповідних заходах для адаптації до нових умов.

Дорожнє сполучення бази.

Місцеві автомобільні дороги забезпечують зручний доступ до сусідніх населених пунктів та регіональних шляхів. Знаходиться у сільськогосподарській зоні, де присутні господарства, що спеціалізуються на вирощуванні різних видів культур, включаючи лохину.

З бази є дорожні зв'язки з іншими населеними пунктами та Києвом. існують місцеві дороги, які забезпечують транспортну доступність до сусідніх сіл, районних центрів та обласного центру. Це сприяє зручному транспортуванню сільськогосподарської продукції до ринків та споживачів. Розвиток сільськогосподарського виробництва є важливою економічною галуззю у цьому регіоні.

ґрунт на базі має глинисто-супінчасту структуру, високу водопроникність та здатність утримувати вологу на полі (рис 2.1).



Рис 2.1 Ґрунт на базі «Беррі Борлд»

Субстрат для кущів лохини має такий склад: пісок : торф(кислий) : тирса 1

: 1 : 1.

2.2 Метод дистанційного моніторингу рослин

Метою нашого дослідження було порівняти дані, отримані з використанням зображень RGB, зроблених за допомогою безпілотного літального апарата DJI Mavic Mini (ринкова вартість 12 000 грн), як потенційну альтернативу традиційним вимірюванням на полі в молодому насадженні лохини високої сорту 'Blue Gold'.

Це дослідження було проведено в трьохрізному насадженні чорниці високої сорту 'Blue Gold' протягом одного сезону росту (весна-літо 2023 року).

Поле знаходиться на координатах 50.393003, 29.817124 у Макарівському районі село Калинівка. Воно розташоване на рівнинній місцевості з невеликим рівномірним ухилом близько -1 м на 80 м поля. Перепад висоти вздовж всього поля 14 м. Форма поля прямокутна 1200*500 м (рис. 2.2).

Зображення RGB були використані для створення ортофотопланів ділянки, що дозволило визначити нерівномірності в рослинному покриві. Також були створені індекси NDVI для оцінки стану рослин чорниці високої сорту 'Blue Gold'. В результаті був проведений статистичний аналіз отриманих даних [32]



Рис. 2.2 Схема розташування бази «Бері Ворлд»

Зйомка RGB-зображень проводилася 3 рази у різні фази росту (початок вегетації 2 травня, зелений плід 16 червня, дозрівання плодів 14 липня) за

допомогою споживчого безпілотного літального апарату (DLI Mavic mini, Китай), обладнаного 12-мегапіксельним CMOS-сенсором. БПЛА летів на висоті 25 метрів зі швидкістю 2 метри на секунду та слідував попереду визначеної сітки зйомки під кутом камери 90 градусів.

Кожний набір зображень складався приблизно з 10-20 знімків. Ці зображення використовувалися для створення 3D-моделі експериментальної ділянки, із неї був згенерований цифровий модель рельєфу DSM (рис 2.3), карту відбиття коригування легенди та візуалізація індексу NDVI за допомогою програмного забезпечення Pix4D та QGIS 3.18 [33].

2.3 Метод відбору проб ґрунту. Агрохімічний аналіз



Рис. 2.3 Ділянка відбору проб ґрунту на базі «Беррі Ворлд» .Адреса

Київська обл., с.Калинівка, вул Київська

Інструменти

Бур для відбору проб або лопата, пластикове відро, лінійка або метрова стрічка, паперовий/крафтовий пакет, паперова коробка

Точкові проби відбирали на пробних ділянках з декількох горизонтів на глибину від 30 см ґрунту методом конверта.

Метод конверта полягає у відборі п'яти проб по кутах умовного конверту розміром 1 м x 1 м або 1 м x 2 м в центральній частині представницької ділянки на пробному майданчику (рис. 2.4)

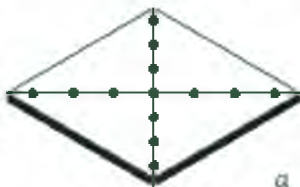


Рис. 2.4. Схема відбору точкових зразків ґрунту

Відібрані методом конверта п'ять проб загальною вагою 1 кг висипають на крафт-папір, механічно перемішують і методом квартування відбирають одну об'єднану пробу вагою 200-300 г.

Отримані шість об'єднаних проб ґрунту запаковані та направленні у лабораторію на визначення Рh водного, вмісту азоту, фосфору, та вологості.

Ділянка відбору була поділена на дві зони. Розділення дослідної ділянки на зони враховуючи віддаленість від магістралі системи, на початкову ділянку та кінцеву (рис. 2.5), базується на логіці рівномірного і ефективного внесення води і добрив на полі.

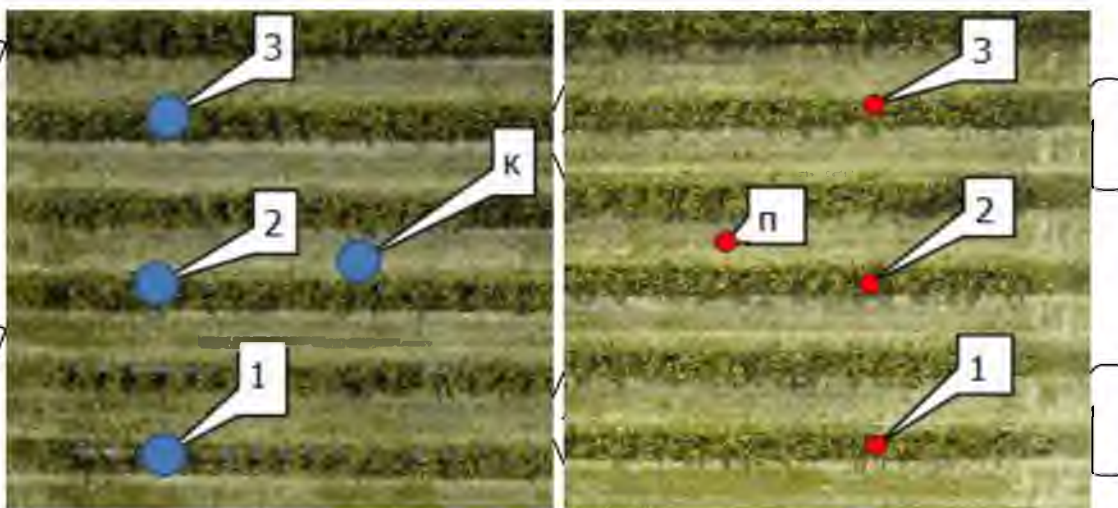


Рис. 2.5. Розділення ділянки на зони відбору проб ґрунту.

За нерівномірності зрошувальної системи деякі зони матимуть різницю в агрохімічних показниках. Розділення на зони дозволяє зрозуміти ступінь

рівномірності зрошення дослідної ділянки, та управляти цими гідрологічними ризиками.

2.4 Вимірювання біометричних показників рослин

Для вивчення росту та розвитку рослин на ділянці була використана наступна методика збору біометричних даних.

– Ділянка була поділена на дві основні зони, початкову та кінцеву. Для отримання репрезентативних даних було обрано 3 ряди на кожній зоні. В кожному з обраних рядів вимірювались показники росту рослин на 9 обраних кушах.

Важливо відзначити, що вимірювання проводились на відстані від крайніх рядів та останніх кушів у ряду, щоб отримати об'єктивні результати.

– Вимірювання висоти пагонів. Для вимірювання пагонів використовувалася рулетка. Вимірювання проводилися на кожному з обраних 9 кушів у кожному з обраних 3 рядів. Отримані дані були записані в польовий журнал.

– Вимірювання діаметру пагонів. Для вимірювання діаметру пагонів використовувалися лінійка або каліпер. Ці вимірювання також проводилися на кожному обраному куші в обраних рядах. Отримані дані також були записані в польовий журнал.

– Підрахунок кількості пагонів. Для визначення кількості пагонів на кожному куші проводився підрахунок. Отримані дані також вносилися до польового журналу, і після цього робився підрахунок середнього значення кількості пагонів для кожного ряду.

– Вимірювання діаметру плодів. Методика збору зразків ягід для проведення наших досліджень була розроблена з метою забезпечення точності та репрезентативності отриманих результатів. Процедура полягала в наступному:

Було обрано дві ділянки які мали схожий рівень розвитку рослин та встановлені в аналогічних умовах тобто кінечні зони рядів, системи зрошення.

З обраних ділянок було вибрано по шість кушів, які вважались найбільш представницькими та типовими для даної ділянки. З обраних кушів було відібрано

ягоди, які мали найбільш характерні та різноманітні параметри. Було відібрано 120 ягід по 20 ягід з кожного куша з потрійним повторенням.

Для зменшення можливих відхилень у результатах, ми використовували процедуру множинного відбору. Відбір зразків проводився неодноразово, з інтервалом у два дні, для врахування можливих змін в рості та якості ягід протягом цього часу [36].

2.5 Метод вимірювання та регулювання якості водовиливу

Для порівняння та аналізу рівномірності водовиливу на дослідній ділянці ми провели вимірювання. За методикою онлайн-платформа для підтримки рішень щодо зрошення [34].

Методика оцінки рівномірності напування крапельної системи полягає в обчисленні параметра (DU), який вказує на те, наскільки рівномірно вода подається з емітерів в різних частинах системи поливу. Цей метод допомагає визначити, чи однаково рівномірно розподіляється вода з емітерів в різних частинах поля. Щоб провести оцінку, необхідно мати наступні інструменти та обладнання:

- Стопер або годинник.

- Називний мірний відільник або ваги.

- 36 контейнерів для збирання води з емітерів.

- Вода для наповнення контейнерів.

Кроки для проведення оцінки рівномірності зрошення крапельною системою:

Систему поливу поділили на 3 частини: початкову, середню і кінцеву (рис. 2.6).

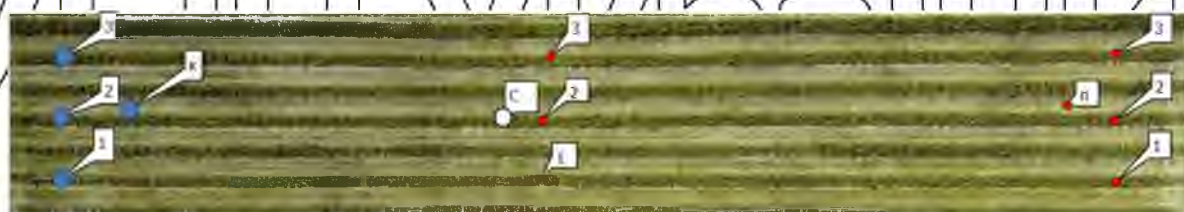


Рис. 2.6. Схема розташування відбору зразків аналізу водовиливу

Кожну з обраних частин системи поділили на три підрозділи: початковий, середній і кінцевий. В кожному з обраних підрозділів виміряли витрати води з 4х емітерів. Емітери розташовані на відстані 33см один від одного.

Вимірювання необхідно розпочати коли система працює не менше декількох хвилин, адже тоді стабілізується тиск. Необхідно поставити називний мірний віддільник (або вагу) під кожний емітер. При цьому емітери можуть розташовуватися на різних відстанях один від одного. Після наповнення кожного віддільника водою, відстали їх від емітерів, дотримуючись однакового часу вимірювання для всіх віддільників.

За отриманими даними обчислено параметр (DU), який виразно показує, наскільки рівномірно вода розподіляється з емітерів в одній секції системи поливу. Результат виражається у відсотках і визначається як середня витрати води для 25% найменших зразків порівняно з середньою витратою води для всіх зразків (див. рис. 3.12).

2.6 Регулювання якості системи живлення рослин на послідній ділянці

Для покращення якості системи живлення було проведено дослідження впливу зміни якості розподілу вологи по всій довжині ряду за рахунок застосування трубки компенсованого типу.

Використання компенсованих трубок (крапельного поливу) сприяє покращенню урожаю лохини завдяки раціональному використанню водних ресурсів. Крапельний полив дозволяє подавати воду прямо до коренів рослин, зменшуючи зайві втрати та ризик пере-зрошування.

Ще однією важливою перевагою крапельного поливу є зменшення ризику ураження рослин грибовими хворобами та шкідниками. Оскільки вода не потрапляє на листя та плоди, шанси поширення хвороб зменшуються, а рослини залишаються більш здоровими.

Рівномірний доступ до води для всіх рослин є ще однією важливою перевагою крапельного поливу. Кожна лохина отримує потрібну кількість вологи, що сприяє однаковому росту та плодоношенню.

Крім цього, крапельний полив допомагає зменшити конкуренцію між рослинами за воду, оскільки кожна рослина має власне джерело вологи.

І, нарешті, важливою перевагою є ефективне використання ресурсів та зменшення затрат води, що також є важливим аспектом для збереження навколишнього середовища і підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва.

Схема досліду використовується для порівняння впливу звичайних крапельних трубок і трубок із компенсацією тиску на вирощування лохини високорослої (табл. 2.2).

Дослід проводиться на 6 рядах лохини, через кожен ряд розміщуються звичайні крапельні трубки та трубки з компенсацією тиску. Поділ рядів на зони відбувається у фазу ВВСН 67, коли відбувається випадання пелюсток починає формуватись зелений плід.

Таблиця 2.2

Схема досліду

Культура

Варіант досліду

Лохина Blue Gold

Контроль 1

Крапельна трубка з компенсацією Irritec MULTIBAR 16 мм, товщ. 1,1 мм, крок 33 см, 2,1 л/год

Контроль 2

Крапельна трубка з компенсацією Irritec MULTIBAR 16 мм, товщ. 1,1 мм, крок 33 см, 2,1 л/год

Контроль 3

Крапельна трубка з компенсацією Irritec MULTIBAR 16 мм, товщ. 1,1 мм, крок 33 см, 2,1 л/год

Суть досліду полягає в тому, щоб порівняти вплив різних видів крапельних трубок якості розподілу елементів живлення для лохини та її врожайність. Звичайні крапельні трубки і трубки з компенсацією тиску встановлені поруч через ряд, в межах однієї ділянки зрошення, що дозволяє об'єктивно порівнювати їхні результати. Дослід дозволяє визначити, яка система поливу є більш ефективною для вирощування лохини високорослої та отримання найкращого врожаю.

РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ ТА РЕГУЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ

3.1 Аналіз даних дистанційного моніторингу за допомогою БПЛА

Кожний набір зображень складався приблизно з 10-20 знімків (Рис. 3.2). Ці зображення використовувалися для створення 3D-моделі експериментальної ділянки, а з неї був згенерований цифровий модель рельєфу (DSM), карту відбиття коригування легенди та візуалізація індексу NDVI (рис. 3.5) за допомогою програмного забезпечення Pix4D (рис. 3.3 – 3.6) та QGIS 3.18 (рис. 3.7 – 3.8) [33].

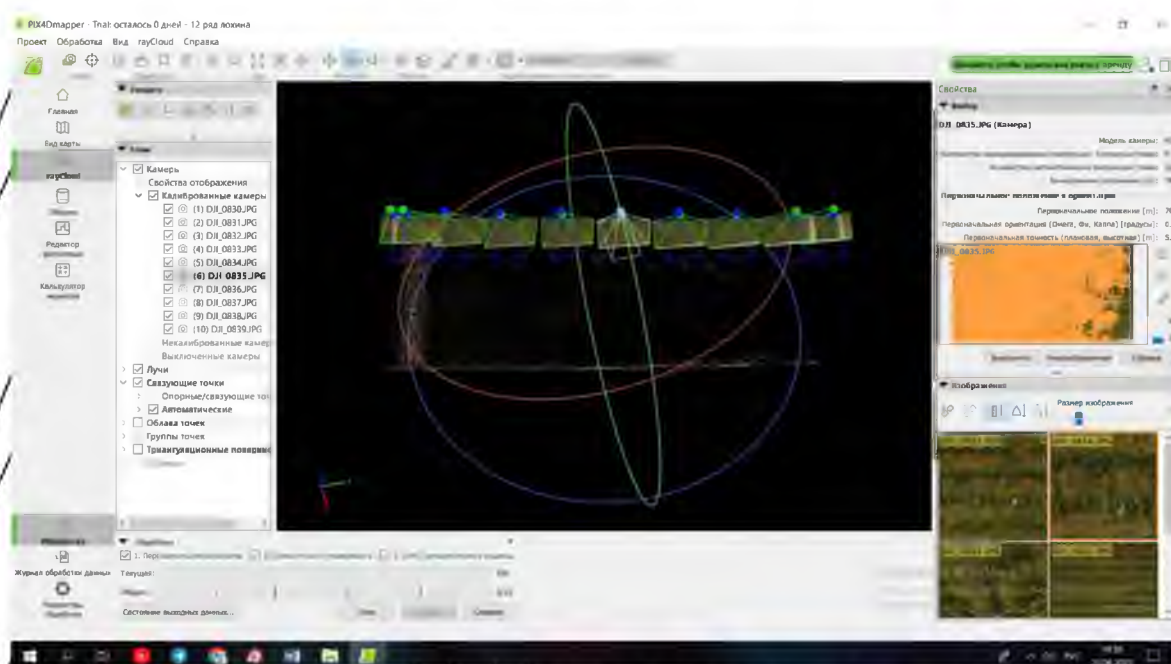


Рис. 3.2. Створення цифрової карти рельєфу Pix4D

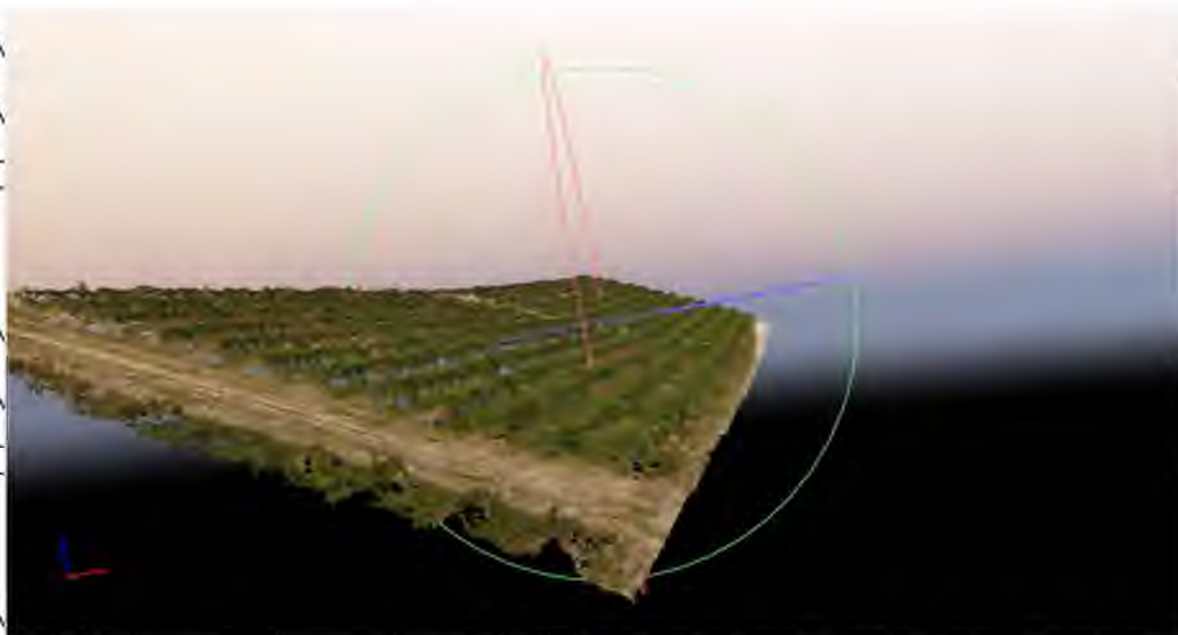


Рис. 3.3 Об'ємна карта ділянки

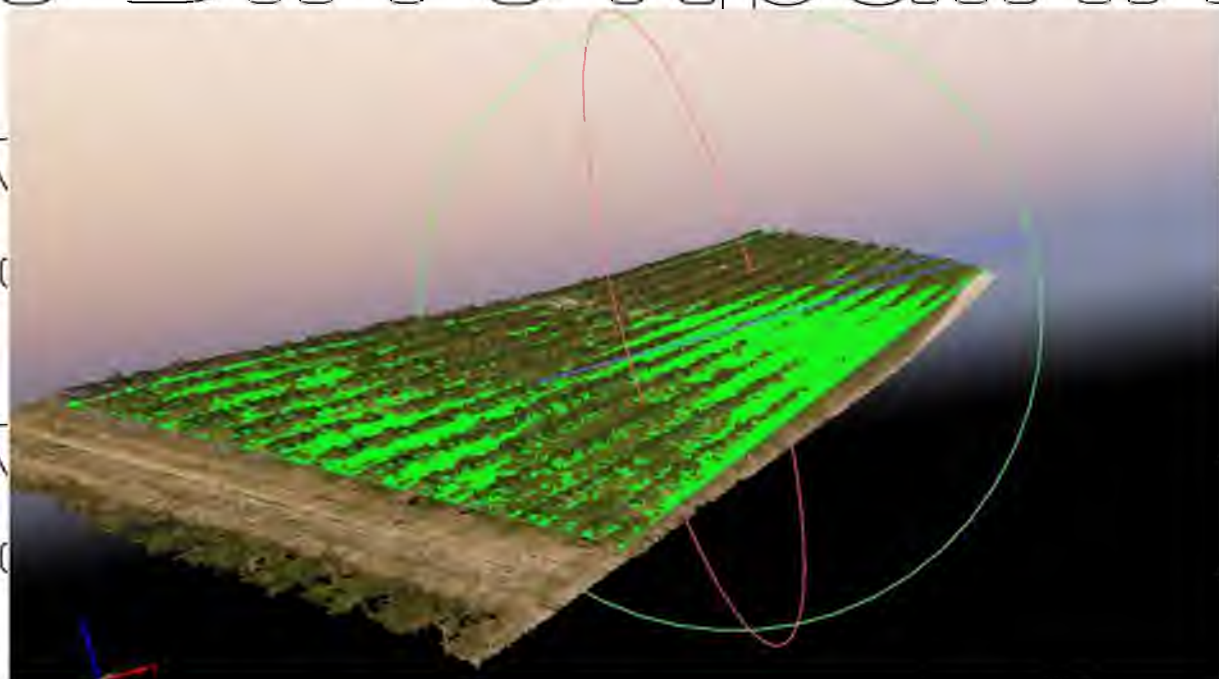


Рис. 3.4 Просторова однорідності в межах ділянки

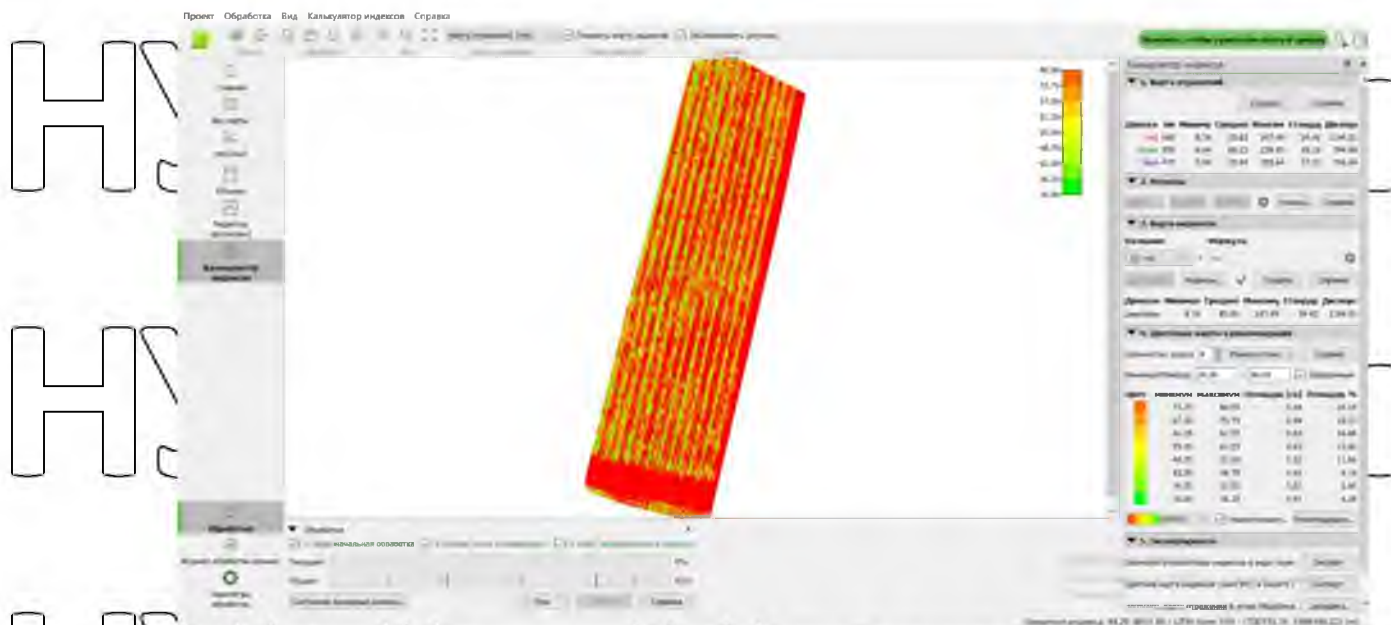


Рис. 3.5. Створення карти відбиття та візуалізація індексів

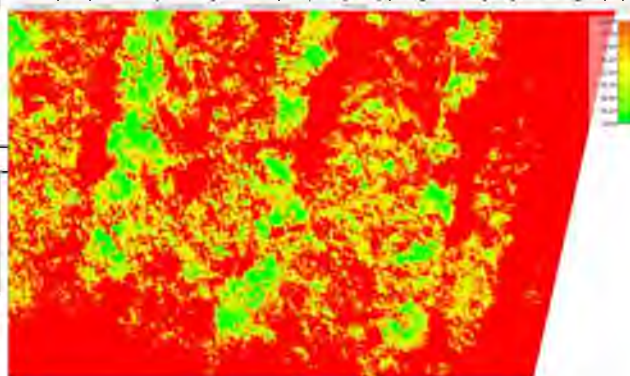


Рис. 3.6. Точність отриманих результатів у програмі Pix4D

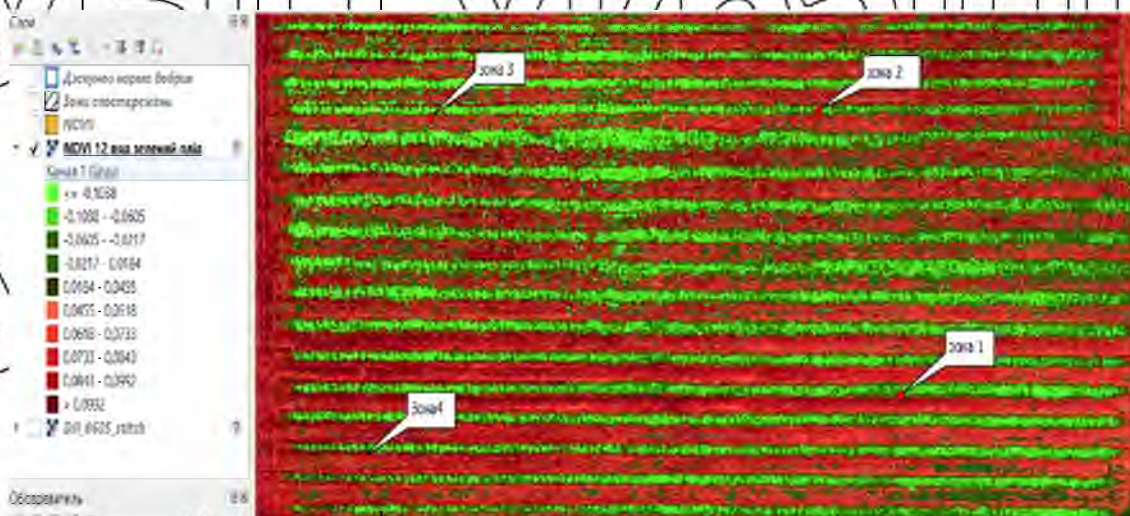


Рис. 3.7. Отримані результати індексу NDVI дослідної ділянки за допомогою програми QGIS. Інструмент - Калькулятор растра

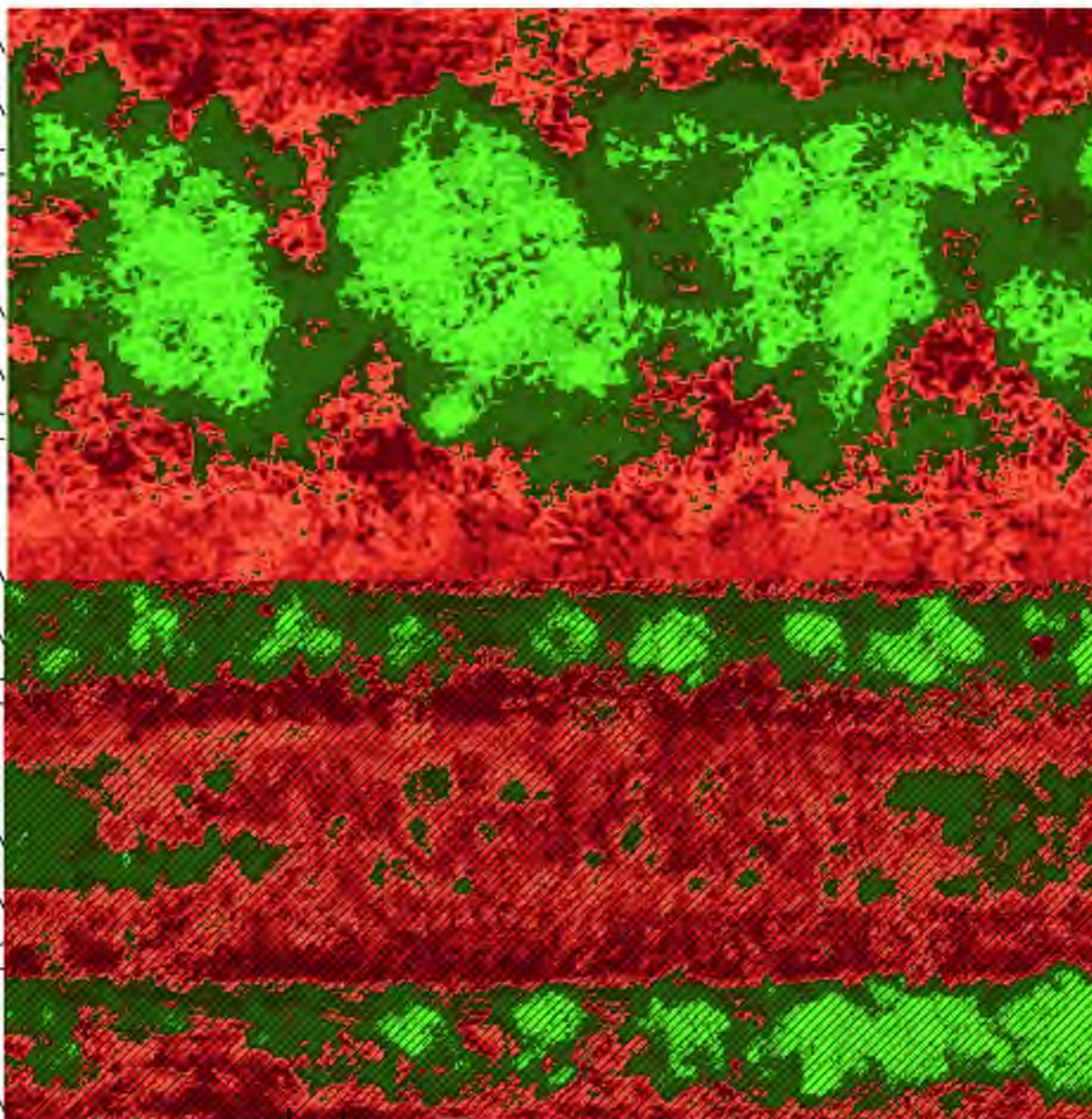


Рис. 3.8. Якість отриманих результатів в програмі QGIS 3.18

Після додавання векторного шару зони спостережень, ділянка була умовно рівно поділена на 4 зони спостережень. За зонами спостережень було розраховано середні значення NDVI отримані атрибути занесені у Microsoft Excel та виявлено неоднорідність у вегетивній масі за зонами (рис. 3.9 – 3.11)

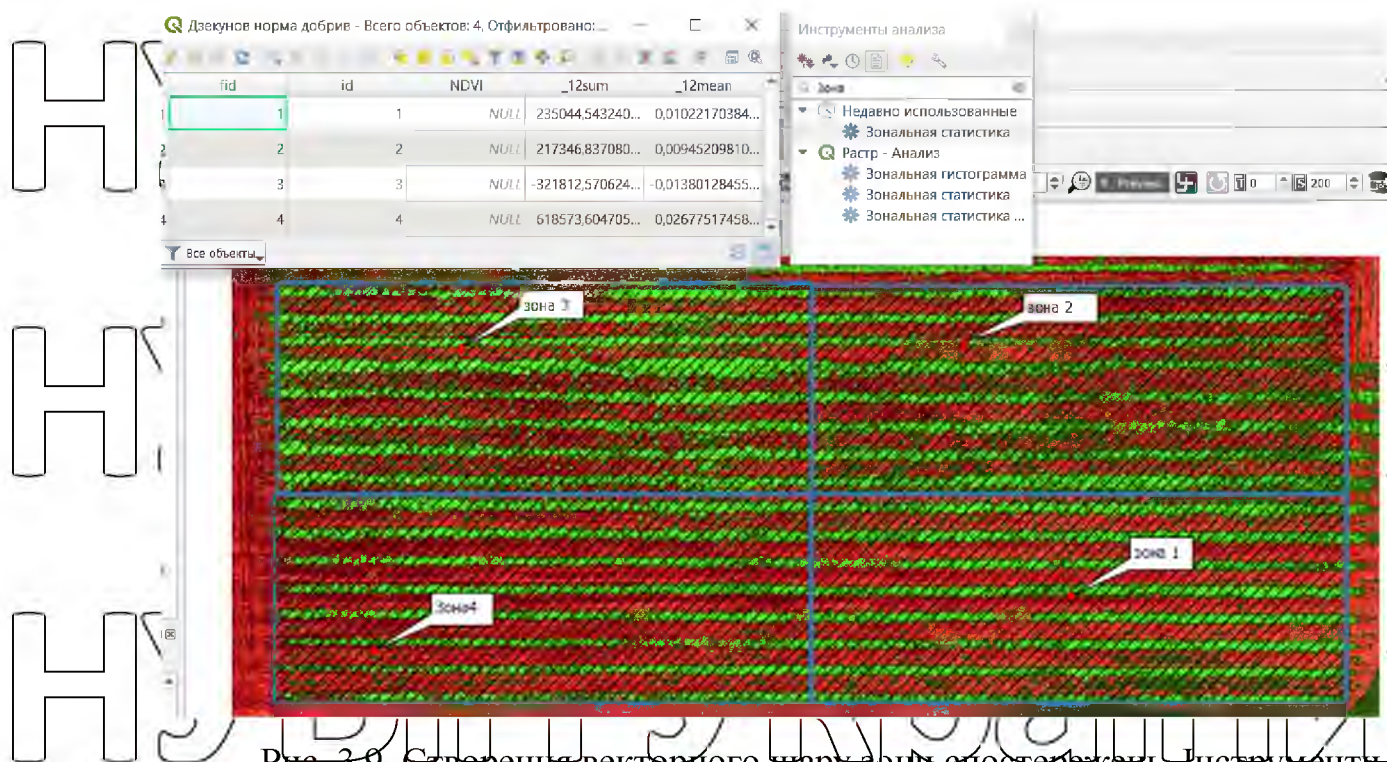
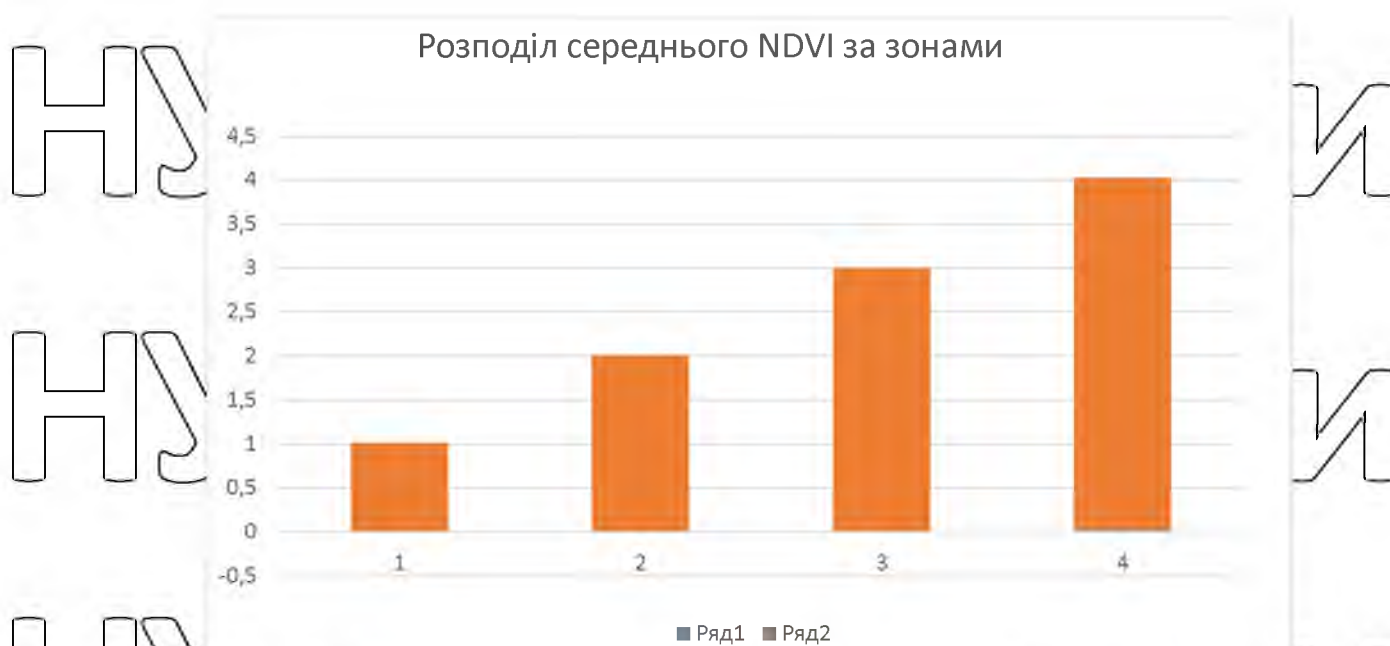


Рис. 3.9. Створення векторного шару зони епостережень. Інструменти аналізу - Зональна статистика

Аналізуючи отримані дані, ми можемо розглянути можливі причини та наслідки неоднорідності та надати рекомендації для оптимізації агротехнічних процесів на дослідній ділянці.



Рис. 3.10. Візуалізація отриманих атрибутів



Фиг. 3.11. Інтерпретація отриманих даних у Excel

Отже, аналізуючи кількісні дані вегетативної маси рослин на різних зонах дослідної ділянки, ми виявили неоднорідність в розвитку культур. Зокрема, зона 4 відзначається найвищим позитивним показником NDVI, що згідно з легендою карти, може вказувати на найменшу кількість вегетативної маси в цій області.

Після аналізу дослідної ділянки за допомогою дистанційного зондування та визначення індексом NDVI було виявлено нерівномірність у розвитку кушів лопухи. Це було підтверджено польовими вимірюваннями біометричних показників рослин та аналізом ґрунту. У даному випадку це може бути наслідком нерівномірного розподілу води разом з елементами живлення у системі зрошення, що далі також було підтверджено експериментально (рис. 3.12 – 3.13).

Важливо враховувати, що ця неоднорідність розподілу елементів живлення виникає через нерівномірний розподіл тиску в поливній системі, який впливає на норму виливу води на початку та кінці рядів ділянки.

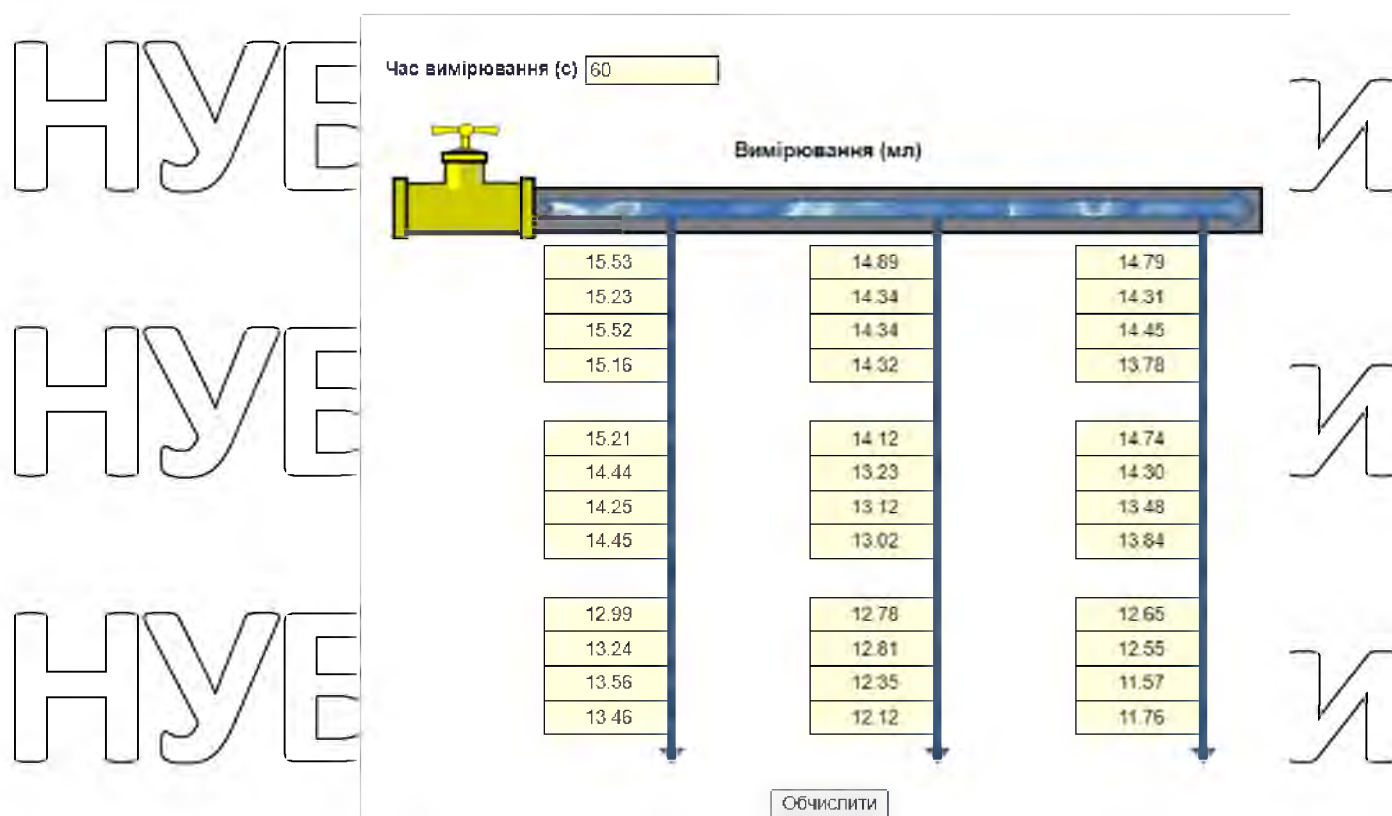


Рис. 3.12. Заповнення даних вимірювань водовиливу

Однорідність (% DU_{Iq})	
дуже добре	>90%
добре	80% - 90%
слабкий	70% - 80%
погано	< 70%

DU_{Iq} (%)	89,69
Середня витрата води з крапельниці (л/год)	0.83
Поправочний коефіцієнт	1/11

Рис. 3.13. Однорідність вилливу та поправочний коефіцієнт для розрахунку при визначенні часу поливу.

Аналізуючи отримані дані проведеного дослідження можна зробити висновок, що у ділянці К, водовилив за тих чи інших причин має певну нерівномірність відносно ділянки П, що підтверджується даними дистанційного моніторингу.

За виміряними даними, середній водовилив для ділянки К становить приблизно 762 мл/год, а для ділянки П - приблизно 935 мл/год. Відхилення більше 19%.

Отримавши результати аналізу можна зробити попередній висновок, що система зрошення має певні відхилення, зумовлені розподілом тиску у системі подачі води можливі через довжину ряду, яка складає близько 120 метрів та розташування клітини в системі.

3.2 Агрохімічний аналіз

Одним із ключових аспектів аналізу є визначення того, як водовідлив впливає на доступність та рівномірний розподіл елементів живлення серед рослин (табл. 3.1). Дані цього розділу мають важливе значення для подальших висновків і рекомендацій щодо оптимізації агротехнічних процесів.

Культура: Ляшка високоросла

Сорт: Блю Голд,

Фаза: 61 Початок цвітіння

Дата: 02.06.2023

Глибина: 30 см

Дзекунов К.Г.

Таблиця 3.1

Агрохімічний аналіз ґрунту дослідних зон ділянки неоднорідності

Зразок / Показник	pH	Нітрати NO ₃ (мг/кг)	Амонійний азот N-NH ₄ (мг/кг)	Фосфор P ₂ O ₅ (за Кірсановим)	Вологість (%)
П1	4.8	0.78	17.2	270	10.1
П2	4.8	1.16	26.8	290	12.5
П3	4.9	0.38	15.5	343	10.9
К3	5.1	1.16	14.5	250	6.7
К2	5.1	0.74	11.7	296.7	7.7
К1	5.2	0.73	3.5	286.7	8.5
П середнє	4.8	0.8	19.83	302	11.1
К середнє	5.2	0.9	9.9	277	7.6

Агрохімічний аналіз ґрунту вказує на певні відмінності між дослідними ділянками К та П. Середнє значення pH ґрунту на ділянці К вище, що свідчить про меншу кислотність, в порівнянні з ділянкою П.

Ділянка П має вищий вміст амонійного азоту і фосфору, а також більшу вологість, ніж ділянка К. Ці відмінності можуть впливати на ріст та розвиток рослин на обох ділянках і вимагати різних підходів до ґрунтового обробітку та агротехніки. Здійснений аналіз ґрунтується на графіках та діаграмах, що відображають розподіл цих елементів на основі агрохімічного аналізу (рис. 3.4 – 3.5).

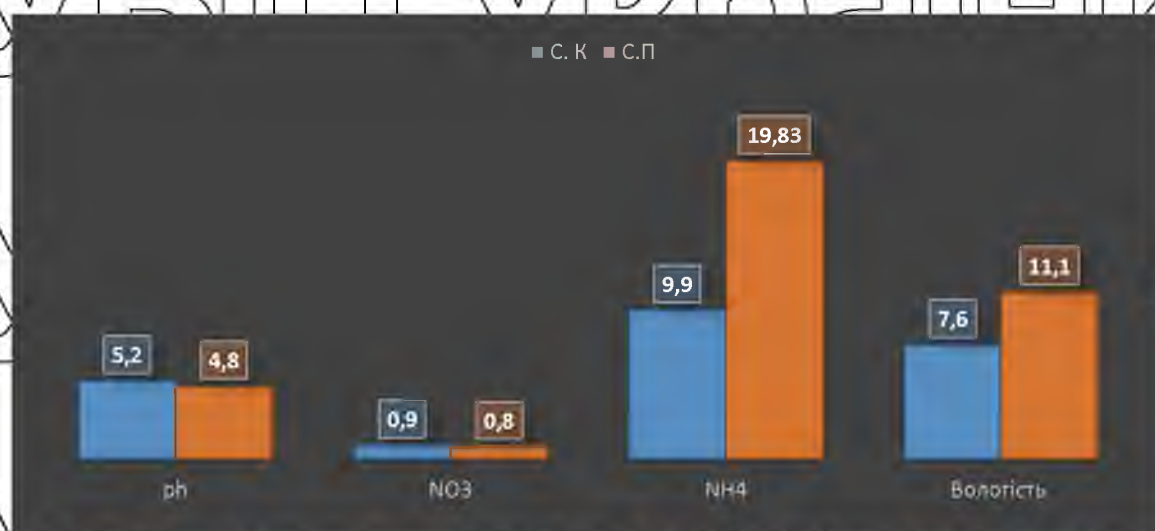


Рис. 3.4. Гістограма середніх показників аналізу ґрунту за зонами К та П



Рис. 3.5. Гістограма розподілу фосфору на дослідних зонах

На основі даних таблиці агрохімічного аналізу виділяється нерівномірний розподіл елементів живлення на дослідній ділянці. Зокрема, на початковій ділянці спостерігається вищий рівень азоту, фосфору в порівнянні з кінцевою ділянкою.

Також слід зазначити, що на початковій ділянці виявлено більш кислий рН ґрунту, та більшу вологість в порівнянні з кінцевою зоною.

Ця нерівномірність у розподілі елементів живлення може бути спричинена функціонуванням системи зрошення. Відмінності в умовах на дослідній ділянці можуть впливати на доступність поживних речовин для рослин і, відповідно, на їхній розвиток. Рослини на початковій ділянці можуть мати перевагу в отриманні поживних речовин, що може відобразитися у більшій висоті та кількості скелетних пагонів.

Отже, для оптимізації росту рослин та досягнення більш рівномірного розвитку, важливо враховувати ці фактори та вживати заходів щодо рівномірного розподілу поживних речовин і води на дослідній ділянці.

Для регулювання та досягнення більш якісного живлення рослин рекомендується використання додаткового джерела живлення, наприклад фоліарне внесення добрив:

Фоліарне внесення добрив або *позакореневе підживлення* - це метод внесення добрив через листя рослин. Добрива розчиняються в воді та розпилюються на листя рослин, де вони поглинаються. Цей метод дозволяє обійти проблеми, пов'язані з нерівномірністю розподілу добрив через корені рослин. За використання фоліарного внесення добрив у поєднанні з програмою фертигації, коли є нерівномірність розподілу добрив на ділянці через систему зрошення. Необхідно звернути увагу на застосуванні правильної концентрації добрив та наявність оптимальних умов. Згідно з багатьма дослідженнями ефективно застосовується та добре рекомендує себе при вирощуванні лохини високоролої [38, 39, 40].

Використання компенсованих трубок:

Компенсовані трубки - це трубки, які розроблені для рівномірного розподілу води на всій ділянці. Вони компенсують різницю в тиску та водовиливу на різних ділянках.

Принцип дії компенсованих трубок:

Коли вода подається в компенсовану трубку, компенсуючі елементи реагують на тиск і впливають на швидкість виходу води з різних частин трубки.

Якщо на ділянці з вищим тиском (наприклад, на початку ряду), компенсуючі елементи обмежують виходження води, що дозволяє знизити тиск і забезпечити рівномірний потік води на усій ділянці.

На ділянці з меншим тиском (наприклад, на кінцях ряду) компенсуючі елементи допускають більше води, щоб компенсувати знижений тиск і забезпечити рівномірний полив на цій ділянці.

Переваги використання компенсованих трубок:

– Рівномірний полив: Однією з основних переваг є можливість забезпечити рівномірний розподіл води і добрив навіть на ділянцях з нерівномірним водопостачанням.

– Ефективність ресурсів: Зниження витрат води та добрив завдяки точному розподілу.

– Зниження втрат: Мінімізація втрат води та добрив завдяки точному та контрольованому поливу.

– Можливість використання на схилах: Вони ефективно працюють навіть на схилах або нерівних ділянках. [41]

Моніторинг та корекція

Важливо систематично моніторити розподіл води та добрив на ділянці та реагувати на будь-які виявлені проблеми. Систематичний моніторинг дозволяє вчасно виявляти та виправляти проблеми, що можуть виникнути.

Результати даного дослідження підтверджують, що розподіл елементів живлення є залежним від системи правильності і рівномірності системи поливу.

Основною проблемою, яка була виявлена, є нерівномірний розподіл води та добрив у системі зрошення, зокрема на кінцях рядів ділянки. Це є результатом нерівномірного розподілу тиску у системі фертигації, що, в свою чергу, призводить до нерівномірного виливу води на початку та кінцях рядів.

3.3 Аналіз біометричних даних

В даному підрозділі нашого дослідження ми ретельно розглянемо та проаналізуємо різноманітні аспекти морфологічних особливостей рослин.

Важливим аспектом буде встановлення кореляційних зв'язків між цими морфологічними характеристиками та даними, які ми отримали завдяки дистанційному зондуванню.

Проаналізуємо таблицю біометричних показників рослин на ділянці і порівняємо дані для двох різних зон П - початкова, К – кінцева (табл. 3.2)

Початкова зона (П). Середній ріст рослин варіюється від 75 см до 105 см, з середнім значенням приблизно 90 см. Середній діаметр пагонів становить приблизно 1.5 - 2.0 см для всіх рядів. Середня кількість скелетних пагонів різняться від 3 до 7, з середнім значенням приблизно 5 пагонів.

Кінцева зона (К). Середній ріст рослин варіюється від 27 см до 73 см, з середнім значенням приблизно 57 см. Середній діаметр пагонів також становить приблизно 1.5 - 2.0 см для всіх рядів. Середня кількість скелетних пагонів різняться від 2 до 5, з середнім значенням приблизно 4 пагони. Середні значення росту рослин у початковій зоні вищі, ніж в кінцевій зоні. Рослини на початковій ділянці досягають більшої висоти. Середні значення діаметру пагонів в обох зонах приблизно однакові. Кількість скелетних пагонів в обох зонах також схожа, з вищими значеннями в початковій зоні, але різниця не дуже велика. Графіки середніх даних вимірювання біометричних показників наведені (рис 3.6 – 3.7).

[37]

Таблиця 3.2

Біометричні показники дослідних зон ділянки. П – початок К – кінець зрошувальної системи

Ділянка/ря д	Висота (см)	Серед не (см)	К-ть скелетних пагонів(шт)	Діаметр пагонів (см)	Ділянка/ря д	Висота (см)	Середнє (см)	Кількість скелетних пагонів(шт)	Діаметр пагонів (см)
П1	75, 75, 80		3	1.5 – 2.0	К1	35, 38, 34		4	1.5 – 2.0
П2	83, 88, 85	83	5	1.5 – 2.0	К2	58, 27, 49	45	4	1.5 – 2.0
П3	87, 91, 90		5	1.5 – 2.0	К3	55, 47, 60		3	1.5 – 2.0
П4	95, 97, 80		5	1.5 – 2.0	К4	73, 66, 45	58	4	1.5 – 2.0
П5	105, 90, 95	92	6	1.5 – 2.0	К5	55, 42, 69		2	1.5 – 2.0
П6	85, 90, 95		4	1.5 – 2.0	К6	60, 57, 70		3	1.5 – 2.0
П7	105, 90, 90		5	1.5 – 2.0	К7	58, 62, 59	61	5	1.5 – 2.0
П8	97, 90, 101	96	6	1.5 – 2.0	К8	73, 50, 49		3	1.5 – 2.0
П9	102, 100, 95		7	1.5 – 2.0	К9	65, 67, 56		4	1.5 – 2.0

На основі біометричних показників можна зробити висновок, що рослини на початковій зоні досягають більшої висоти, але мають приблизно однаковий діаметр пагонів та кількість скелетних пагонів, порівняно з рослинами на кінцевій зоні. Це може вказувати на різницю в умовах росту та впливі факторів на ріст рослин в обох зонах дослідної ділянки.

Цей аналіз дозволить нам краще розібратися в тому, як саме різні умови вирощування впливають на морфологічні параметри та як ці особливості розподіляються серед рослин на дослідній ділянці.



Рис. 3.6. Графік середніх даних аналізу біометричних показників за зонами



Рис. 3.7. Графік середніх даних аналізу біометричних показників за зонами

На основі польових досліджень та аналізу біометричних показників рослин на дослідній ділянці можна зробити кілька важливих висновків. Перш за все, отримані морфологічні дані відображають велику неоднорідність у розвитку рослин на різних ділянках дослідної площі. Зокрема, видно, що рослини, які ростуть на початковій ділянці, мають значно більшу вегетативну масу, порівняно з рослинами на кінцевій ділянці.

Ця неоднорідність у розвитку рослин може бути викликана різницею в розподілі води та поживних речовин в ґрунті, що, в свою чергу, корелює з нерівномірністю водовідводу та розподілом елементів живлення. Наш аналіз демонструє наявність кореляції між біометричними параметрами рослин та умовами вирощування на дослідній ділянці.

Додатково важливим є той факт, що морфологічні дані, отримані в результаті польових досліджень, повністю корелюють з даними NDVI, та об'ємної карти отриманими за допомогою дистанційного зондування БПЛА. Це підтверджує узгодженість даних, які отримані з різних джерел та методами, і підкреслює достовірність наших результатів.

Висновки нашого дослідження можуть мати практичне застосування в управлінні агротехнічними процесами. Рослини, які досягають більшої висоти на початковій ділянці, можуть мати перевагу у доступі до води та необхідних елементів живлення.

Ця кореляція підкреслює важливість оптимального управління водовідведенням та розподілом елементів живлення для підвищення урожайності та збільшення продуктивності.

3.4 Аналіз якісних показників врожаю за регулюванням системи живлення

В ході аналізу діаметрів ягід у рядах К та К1 були отримані дані, які можна вважати представниками загальної популяції. Розглянемо отримані результати та їх вплив на якість врожаю більш детально (табл. 3.3.)

Таблиця 3.3

Вимірювання товарності лохини виражений в діаметрі ягід при регулюванні системи живлення за допомогою компенсованих трубок

К- контроль К1 – компенсована трубка

Ділянка \ Вибірка	Контроль	К1
Вибірка 1 Діаметр (по найширшій проекції) мм	18.9, 16.5, 20.8, 14.2, 21.6, 18.1, 16.8, 19.3, 15.7, 17.2, 18.4, 15.3, 14.9, 20.1, 21.5, 17.7, 16.3, 19.8, 13.7, 20.7	22.0, 14.4, 21.7, 12.4, 20.2, 13.8, 18.0, 22.0, 16.6, 19.9, 11.5, 20.1, 15.2, 19.4, 22.0, 17.4, 20.3, 12.9, 21.0, 18.3
Вибірка 2 Діаметр (по найширшій проекції) мм	13.8, 19.2, 21.0, 16.9, 12.2, 15.1, 22.0, 18.3, 14.6, 19.5, 15.8, 12.6, 17.8, 13.3, 21.3, 18.7, 14.1, 20.5, 16.2, 12.5	20.7, 14.3, 22.0, 12.1, 19.8, 15.7, 20.9, 17.1, 13.2, 21.5, 12.7, 18.7, 16.4, 22.0, 11.8, 19.0, 16.6, 17.9, 14.9, 16.9
Вибірка 3 Діаметр (по найширшій проекції) мм	20.0, 14.7, 21.2, 15.4, 12.9, 18.6, 19.7, 16.1, 13.9, 20.9, 17.5, 12.0, 22.0, 15.6, 14.5, 21.8, 13.1, 18.8, 16.4	21.2, 17.0, 22.0, 12.2, 19.5, 15.8, 21.6, 18.1, 14.7, 20.4, 11.7, 18.9, 16.3, 22.0, 12.5, 19.3, 15.5, 17.7, 13.9
$HIR_{0.5} = 2.573$		

Отже, значення HIR для ділянок контроль і К1 приблизно дорівнює 2.573.

Середній діаметр ягід у рядах К1 щонайменше на 2.573 мм більший, ніж у рядах К. Різниця між середніми діаметрами на цих ділянках є статистично істотною на рівні значущості $\alpha=0.05$ і з урахуванням найменшої істотної різниці (HIR) 2.573 мм [43].

Відсотковий склад розподілу ягід за ділянками можна описати наступним чином (табл. 3.4) Аналіз даних з обох ділянок вказує на те, що середні діаметри ягід на них подібні однак, розподіл ягід у рядах К1 є більш стабільним, з меншими варіаціями діаметрів, відсоток ягід у яких покращились показники товарності близько 18% [44, 45]

Таблиця 3.4

Середній відсотковий склад розподілу ягід за дослідом

Ділянка	% ягід діаметром ≤ 12 мм	% ягід діаметром від 13 до 20 мм	% ягід діаметром > 20 мм
Контроль	20%	40%	40%
K1	12%	38%	50%

Це може вказувати на те, що у рядах K1 ягоди більш однорідної якості, що може бути важливим фактором для визначення підходу до системи живлення для подальшого вирощування лохини та закладки плантації з краплинною системою зрошення. У той же час, ділянка K також показує стабільний розподіл ягід, хоча з деякими відхиленнями від середнього значення (рис. 3.8).

Технічна ефективність використання компетентної трубки, та її вплив на розподіл елементів живлення на ділянці наведені в таблиці 3.5.

Ці дані можуть бути корисними для подальшого планування агрономічних заходів та вибору ділянок для вирощування ягід з урахуванням їх основного якісного показника врожаю, що впливає на комерційну цінність продукції. Ділянка K1 виглядає більш обіцяючою з точки зору стабільності діаметрів ягід, що може вплинути на уніфікацію продукції та задоволення вимог ринку. [38, 44].

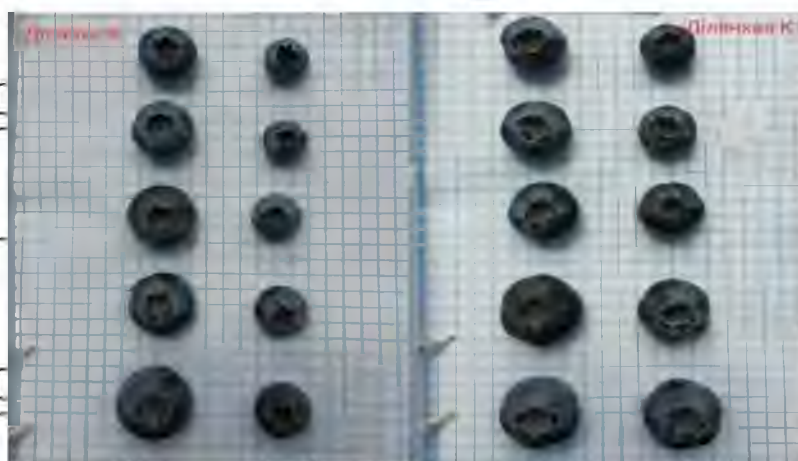


Рис. 3.8. Репрезентативна картина відмінності якості врожаю на ділянках

Таблиця 3.5

Технічна ефективність використання компенсованої трубки в насадженнях лохини на базі «Беррі Ворлд» Київська область, Макарівський р-н.

Варіант досліджу	Зо ни	Якісні показники				
		Вміст Е живлення в грунті рН, N, P (мг/кг)	Вологість грунту %	Середня висота пагонів (см)	Середня в- ть З куш/кг	
Контроль (К)	П	4,9 ;17.5; 270	10.1	83	3,05	
		4,7 ;26.8; 290	12.5	92	2,76	
		4,8 ;15.8; 343	10.9	96	2,95	
	К	4,8 ;14.5; 250	6.7	45	2,46	
		4,9 ;11.7; 290	7.7	58	2,13	
		4,9 ;3.5; 286	8.5	61	2,35	
	Х	4,9 ;18.6; 284	9.4	72.5	2,77	
		Компенсована трубка (К1)	4,7 ;18.5; 285	12.1	95	3,12
			4,7 ;16.8; 272	12.5	85	3,18
4,8 ;15.8; 284	11.9		92	3,22		
К	4,8 ;17.5; 273		11.3	60	2,95	
	4,8 ;16.7; 281		10.5	57	2,87	
	4,9 ;15.5; 276		11.9	70	2,82	
Х	4,8 ;16.3 ; 278	11,7	76.5	3.03		

Проведений аналіз даних вказує на значущий позитивний вплив використання компенсованої трубки порівняно з зоною «Контроль» (К) на рівномірність розподілу елементів живлення та росту рослин. У зоні "Контроль" спостерігається нерівномірний розподіл азоту та фосфору в ґрунті, що проявляється значними варіаціями вмісту від 11,7 до 26,8 мг/кг для азоту та від 250 до 343 мг/кг для фосфору. Також вологість ґрунту варіюється від 6,7% до 12,5%. Цей нерівномірний розподіл може призводити до незбалансованого росту рослин, впливаючи на урожайність.

З іншого боку, в зоні "Компенсована трубка" спостерігається більш рівномірний розподіл азоту та фосфору в ґрунті, де показники варіюються менше,

від 15,5 до 18,5 мг/кг для азоту та від 272 до 285 мг/кг для фосфору. Вологість ґрунту також досить стабільна, коливаючись від 10,5% до 12,5%. Цей рівномірний розподіл сприяє більш однорідному росту рослин, що може позитивно вплинути на урожайність та якість рослин.

Загальною врожайністю на ділянці контролю (К) було досягнуто середній результат 2,64 кг/кущ, у порівнянні з ділянкою компенсована трубка, на якій було отримано вищий середній врожай на рівні 3,03 кг/кущ. Таким чином, використання компенсованої трубки сприяло підвищенню загальної врожайності на досліджуваній ділянці (табл 3.6).

Таблиця 3.6

Урожайність кущів лохини Blue Gold залежно від варіантів дослідів кг/кущ

Варіант дослідів	Повторність	Середня врожайність з 3 кущів	+/- до контролю %
Контроль	1	2,26	
	2	2,53	
	3	2,95	
	середнє	2,58	
Компенсована трубка	1	2,97	117,05
	2	3,14	
	3	3,12	
	середнє	3,03	

Отже, дані дозволяють зробити висновок, що використання компенсованої трубки сприяє створенню більш сприятливих умов для росту рослин, роблячи їх ріст більш рівномірним та стабільним.

Аналізуючи таблицю врожайності лохини Blue Gold в залежності від варіантів дослідів, можна зробити такі висновки. В ділянці "Контроль" середня врожайність становить 2,58 кг. У порівнянні з цим, на ділянці з "Компенсованою трубкою" середній врожай дещо вищий і становить 3 кг. Варіант дослідів "Компенсована трубка" показав позитивний результат, збільшивши врожайність на 17,05% в порівнянні з контрольною ділянкою.

Отже, використання компенсованої трубки сприяло підвищенню врожайності лехини Blue Gold в порівнянні з ділянкою "Контроль".

Економічна ефективність

За попереднім розрахунком, з урахуванням ширини рядів (3 м.) та відстані між рослинами (0,9 м.) у посадці, на гектарі (28 рядів*120м.) потрібно близько 3360 метрів крапельної трубки, якщо на кожен ряд використовується лише одна трубка. Сума потенційних витрат на гектар = 3360 метрів * 2900 грн/100 метрів = 97,440 грн. Для розрахунку економічної ефективності впровадженні компенсованої трубки врахуємо врожайність та ціну (мінімальна) за кілограм (табл. 3.7) [46].

Таблиця 3.7

Економічна ефективність використання компенсованої трубки

Варіант	Витрати (грн/га)	Врожай ність кг/кущ	Врожайні сть кг/га	Ціна за кг/мін	Дохід грн/га	Додатков ий прибуток
Контроль	0	2,5	9,260	100	926,000	
Компенсава на трубка	97,440	3,03	11,112	100	1,111,200	87,760

Без використання компенсованої трубки врожайність дорівнює 2,5 кг і ціні 100 грн за кг тобто дохід з 1 гектара (при густоті посадки 3700 шт/га) = 9,260 кг/гектар * 100 грн/кг ≈ 926,000 грн/гектар.

З використанням компенсованої трубка врожайність піднімається до 3 кг і ціні 100 грн за кг дохід з 1 гектара ≈ 11,112 кг/гектар * 100 грн/кг = 1,111,200 грн. з гектару

Використання компенсованих трубок в цьому варіанті приносить більший чистий прибуток порівняно з контрольним варіантом. Різниця в чистому прибутку між двома варіантами становить 1,013,760 грн - 926,000 грн = 87,760 грн/гектар. Таким чином, використання компенсованих трубок є економічно доцільним і приносить додатковий прибуток у розмірі 87,760 грн на гектарі.

3.5. Можливості використання отриманих результатів для оптимізації агротехнічних процесів

Результати дослідження можуть бути використані для поліпшення систем живлення в сільському господарстві. Фермери та агрономи можуть коригувати параметри систем поливу та фертигації, враховуючи рекомендації щодо рівномірного розподілу добрив та води серед рослин.

Оптимізація агротехнічних процесів на основі отриманих результатів може призвести до підвищення врожайності. Забезпечення рослин необхідними поживними речовинами на всій ділянці дозволить досягти більшого врожаю та покращити якість продукції.

Оптимізація розподілу добрив та води також може призвести до зменшення витрат ресурсів, таких як добрива та вода. Рівномірний розподіл дозволяє використовувати ці ресурси більш ефективно та зменшує їхню втрату.

Зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Оптимізація агротехнічних процесів допомагає зменшити негативний вплив сільського господарства на навколишнє середовище. Зменшення витрат добрив та води сприяє збереженню ресурсів та зменшенню забруднення водою.

Підвищення стійкості до негативних факторів. Оптимізація розподілу елементів живлення допомагає створити більш стійку систему вирощування рослин до негативних факторів, таких як посуха чи забруднення водою.

Загалом, отримані результати дослідження можуть бути використані для покращення агротехнічних процесів у сільському господарстві, що веде до зменшення витрат та збільшення екологічної стійкості сільськогосподарського виробництва.

3.6 Ефективність та перспективи впровадження системи дистанційного моніторингу за допомогою БПЛА на посадках лохини високорослої.

Завдяки використанню системи дистанційного моніторингу, зокрема безпілотних літальних апаратів (БПЛА), ми здійснили успішний моніторинг росту та розвитку посадок лохини високорослої. Отримані дані надали можливість визначити кілька важливих аспектів та сформулювати рекомендації для впровадження покращень у системі вирощування цієї культури. Ефективність моніторингу за допомогою БПЛА та дистанційних технологій проявилася на високому рівні.

Отримані дані дозволили точно визначити нерівномірність росту рослин на дослідній ділянці та своєчасно виявити можливі проблеми. Дистанційний моніторинг дав можливість рано виявити проблеми у розвитку рослин. Це надало можливість оперативно реагувати та приймати заходи для виправлення ситуації та підвищення врожайності.

Отримані дані морфологічного аналізу рослин корелюють з даними NDVI, та об'ємною картою отриманими за допомогою дистанційного зондування. Аналіз біометричних показників рослин на початкових та кінцевих зонах дослідної ділянки підтверджує наявність кореляції з біометричними показниками та нерівномірністю водовивливу і розподілом елементів живлення в системі.

Впровадження системи дистанційного моніторингу з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА) на посадках лохини високорослої виявилось дуже ефективним і корисним. Нижче подані висновки щодо ефективності цієї системи та рекомендації для подальшого впровадження:

Ефективність системи дистанційного моніторингу:

Система дистанційного моніторингу з БПЛА дозволяє точно визначати ступінь росту та розвитку лохини високорослої. Це надає можливість агрономам та фермерам вчасно реагувати на будь-які аномалії та нерівномірності у рості рослин, дозволяє вчасно виявляти патології та стресові стани у рослинах з точністю до 1

куща, такі як нестача води, надмірна або дефіцитне живлення. Це сприяє запобіганню захворюванням та зниженню врожаю.

Завдяки зібраним даним з БПЛА можна визначити оптимальні режими поливу та фертигації для кожної ділянки. Це допомагає зменшити витрати води та добрив, забезпечуючи при цьому рослини необхідними ресурсами.

Рекомендації для впровадження системи дистанційного моніторингу:

Для ефективного моніторингу слід вибрати високоякісні БПЛА та сенсори. Детально вивчіть ринок та консультируйтесь із фахівцями для правильного вибору обладнання.

Важливо навчити персонал користуватися системою дистанційного моніторингу. Це включає навички керування БПЛА, обробки та аналізу отриманих даних.

Перед впровадженням системи слід розробити детальний план моніторингу, включаючи часові рамки та методику збору та аналізу даних.

Система дистанційного моніторингу повинна бути інтегрована з іншими агротехнічними системами, такими як системи автоматичного поливу та фертигації, для автоматизації управління процесами вирощування.

Потрібно забезпечити систему постійними оновленнями та технічною підтримкою для забезпечення її ефективності та надійності.

Впровадження системи дистанційного моніторингу з БПЛА є перспективним напрямком для сільського господарства. Вона допомагає підвищити ефективність та стійкість вирощування рослин, зменшити витрати та покращити якість продукції.

ВИСНОВКИ

У ході нашого дослідження були отримані результати, які можна узагальнити в наступних основних висновках. Ефективність системи фертигації та вирощування лохини високорослої суттєво залежить від рівномірності розподілу елементів живлення та води серед рослин. На підставі наших досліджень було доведено, що нерівномірний розподіл елементів живлення і води може призводити до недоотримання окремих ділянок рослинами поживних речовин і, навпаки, надмірного живлення інших ділянок.

Ця нерівномірність має негативний вплив на ріст і розвиток рослин, що може призвести до зниження врожайності та якості продукції. Розподіл азоту та фосфору в ґрунті, що проявляється значними варіаціями вмісту від 11,7 до 26,8 мг/кг для азоту та від 250 до 343 для фосфору вздовж ділянки. Також вологість ґрунту варіюється від 6,7% до 12,5%.

При використанні компенсованої трубки спостерігається більш рівномірний розподіл азоту та фосфору в ґрунті, де показники варіюються менше, від 15,5 до 18,5 мг/кг для азоту та від 272 до 285 для фосфору. Вологість ґрунту також досить стабільна, коливаючись від 10,5% до 12,5%. Цей рівномірний розподіл сприяє більш однорідному росту рослин, що позитивно впливатиме на урожайність та якість рослин та продукції.

Загальною врожайністю на ділянці контролю (К) було досягнуто середній результат 2,64 кг/кущ, у порівнянні з ділянкою компенсована трубка, на якій було отримано вищий середній врожай на рівні 3,03 кг/кущ. Таким чином, використання компенсованої трубки сприяло підвищенню загальної врожайності на досліджуваній ділянці.

Використання компенсованих трубок може приносити більший чистий прибуток порівняно з контрольним варіантом. Різниця в чистому прибутку між двома варіантами становить $1,013,760 \text{ грн} - 926,000 \text{ грн} = 87,760 \text{ грн/гектар}$. Таким чином, використання компенсованих трубок є економічно доцільним і приносить додатковий прибуток у розмірі 87,760 грн на гектарі.

Дистанційний моніторинг з використанням БПЛА є ефективним інструментом для вчасного виявлення нерівномірностей та аномалій у розвитку лохини високорослої. Наші дослідження показали, що завдяки БПЛА ми можемо точно визначати ступінь росту та розвитку лохини, виявляти патології та стресові стани у рослинах, такі як нестача води або надмірне живлення. Це надає можливість оперативно реагувати та приймати заходи для виправлення ситуації та підвищення врожайності.

Отримані дані з БПЛА дозволяють визначити оптимальні режими поливу та фертигації для кожної ділянки. Це допомагає зменшити витрати води та добрив, забезпечуючи при цьому рослини необхідними ресурсами. Оптимізація цих процесів може призвести до підвищення врожайності та зменшення витрат, що є ключовими факторами в сільському господарстві.

Подальше вдосконалення систем фертигації та дистанційного моніторингу може призвести до покращення продуктивності та якості вирощуваної лохини високорослої, зменшення витрат ресурсів та підвищення екологічної стійкості сільськогосподарського виробництва.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РЕКОМЕНДАЦІ ВИРОБНИЦТВУ

Вирощування лохини вискорослої є перспективним видом сільськогосподарської діяльності, однак вимагає комплексного та

диференційованого підходу. Наша магістерська робота спрямована на вдосконалення методів вирощування цієї культури та надання практичних рекомендацій для підприємств, що займаються вирощуванням лохини вискорослої.

Диференційований підхід вирізняється як важливий аспект вирощування лохини. Розглядати кожну зону окремо, враховуючи їх умови та специфіку, дозволить оптимізувати різні аспекти обробітку та догляду за рослинами.

Фоліарне внесення добрив є ключовою рекомендацією для ділянок з обмеженими елементами живлення. Цей метод дозволяє швидко та ефективно постачати рослинам необхідні мінеральні речовини, обходячи проблеми, пов'язані з нерівномірним розподілом елементів у ґрунті.

Фоліарне внесення особливо корисне на ділянках з обмеженим забезпеченням поживними речовинами, оскільки воно дозволяє оперативно врегулювати недостачу конкретних елементів живлення та забезпечити рослини необхідними ресурсами для нормального росту і розвитку. Крім

того, фоліарне внесення може бути корисним і в контексті дистанційного моніторингу за допомогою БПЛА, оскільки це дозволяє швидко визначити ділянки з дефіцитом поживних речовин та вносити виправлення в добривну стратегію в реальному часі, забезпечуючи ефективне вирощування лохини вискорослої.

Вирощування компенсованих трубок для поливу є важливим аспектом оптимізації системи поливу. Ця технологія дозволяє точно подавати воду в зони з найбільшою потребою та уникати зайвих витрат води. Ретельне планування та встановлення компенсованих трубок сприятиме

раціональному використанню водних ресурсів та збільшенню ефективності поливу, що в свою чергу позитивно вплине на ріст та розвиток лохини вискорослої.

Моніторинг розвитку за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є надзвичайно корисним інструментом для збору даних та виявлення аномалій. Впровадження цієї технології дозволить вам вчасно виявляти проблеми та реагувати на них, спрямовуючи зусилля туди, де це потрібно.

- Регулювання рівня рН ґрунту – ще один важливий аспект вирощування лохини. Спеціалізовані агрохімічні аналізи ґрунту допоможуть визначити необхідність регулювання рН та дозу внесення засобів для досягнення оптимальних значень.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. International Blueberry Organization Annual Report 2022. International Blueberry Organization. URL: <https://www.internationalblueberry.org/2022-report>

(дата звернення: 09.07.2023).

2. Звіт темпи зростання серед усіх плодово-ягідних культур в країні. Національна академія аграрних наук України. URL: http://naas.gov.ua/news/?ELEMENT_ID=5919 (дата звернення: 12.07.2023).

3. Босий, О., Ярещенко, О., Поперечна, О. 2017. Чорниця високоросла (лохина). Технологія промислового вирощування. Журнал "Агроном". URL: <https://www.agronom.com.ua/chornytysya-vysokorosla-lohyna-tehnologiya-promyslovogo-vyroshtuvannya/> (дата звернення: 12.07.2023).

4. Вінні Рутрей, Валерій Орсат. "Чорниця та її антоциани: фактори, що впливають на біосинтез та властивості." Журнал "Journal of Food Science." Опубліковано 25 жовтня 2011 р. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00164.x> (дата звернення: 14.07.2023).

5. "Vaccinium corymbosum." Вікіпедія. вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Vaccinium_corymbosum (дата звернення: 09.09.2023).

6. "Bluegold (Блуголд) - опис та характеристики сорту чорниці." KUST.ua. URL: https://kust.ua/ua/blueberry/bluegold_opisanie (дата звернення: 16.08.2023).

7. Annual Growth Cycle of Northern Highbush Blueberry / Mark Longstroth. Мічиганський державний університет Extension, 2020 р. URL: <https://www.canr.msu.edu/news/annual-growth-cycle-of-northern-highbush-blueberry> (дата звернення: 09.08.2023).

8. Integrowana Produkcja Borówki Wysokiej (czwarte wydanie zmienione) / Opracowanie zbiorowe Instytutu Ogrodnictwa za red. Barbary H. Łabanowskiej, prof. IO, i dr Małgorzaty Tartanus. Warszawa: 2020 p. 37с.

9. Yujie Zhou ,Yuqing Liu ,Xun Zhang "Effects of Soil Properties and Microbiome on Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum*) Growth" Agronomy 2022, Vol.12 №6 <https://doi.org/10.3390/agronomy12061263>

10. Sujuan Chen, Ye Zhu, Tianyun Shao, Xiaohua Long, Xiumei Gao, Zhaosheng Zhou "Relationship between rhizosphere soil properties and disease severity in highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*)" 2019 Applied Soil Ecology, Elsevier
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.02.015>

11. M.D. López, P. Jara, S. Fischer, R. Wilckens, H. Serri "Effect of climatic conditions and soil type on antioxidant compounds in organic and conventional blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.)" *Planta Med* 2016; Vol. 82 № 1: DOI: 10.1055/s-0036-1596842

12. W. Alan Erb Mark Pyeatt "Effect of Wind and Soil Moisture on the Growth of 'Bluecrop' (*Vaccinium corymbosum* L.)" *HortScience* 1996 Vol. 31: № 4 648–648 c
 DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.31.4.648c>

13. Su Jin Kim a, Duk Jun Yu a, Tae-Choon Kim b, Hee Jae Lee "Growth and photosynthetic characteristics of blueberry (*Vaccinium corymbosum* cv. Bluecrop) under various shade levels" *Scientia Horticulturae* Vol. 129, № 3, 2011 p., 486-492 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.04.022>

14. Jan Gembara Uprawa borowki amerykańskiej, *Kalski* 2020 p. 22 c.

15. Eric J. Hanson Jorge B. Retamales Effect of Nitrogen Source and Timing on Highbush Blueberry Performance *HortScience* 1992 Vol. 27 № 12 1265–1267 c. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.27.12.1265>

16. Ewa Rumasz-Rudnicka, Zdzisław Koszanski, Anna Jaroszevska. "Plonowanie borówki wysokiej na Nizinie Szczecińskiej w zależności od opadów i nawadniania." *Polska Akademia Nauk, Krakow*, 2009, № 3, 191–199 c.

17. *Metodyka Integrowanej Ochrony Borowki Wysokiej* / za red. dr Hanny Bryk. Skierniewice, 2013. 50 c.

18. David L. Ehret, Brenda Frey, Tom Forge, Tom Helmer. "Effects of Drip Irrigation Configuration and Rate on Yield and Fruit Quality of Young Highbush Blueberry Plants." *HortScience*, 2012, Vol. 47, No. 3, c. 414–421. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.3.414>

19. Lagos, LO, Souto, C., Lillo-Saavedra, M. та ін. Добова евапотранспірація врожаю та добова динаміка поверхневого енергетичного балансу саду лохини (

Vaccinium corymbosum) з краплинним зрошенням. *Intig Sci* (2023).
<https://doi.org/10.1007/s00271-023-00869-4>

20. J. Glonek, A. Komosa. "Fertigation of Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). Part I. The Effect on Growth and Yield." Department of Horticultural Plants Nutrition, Poznan: 2013, с. 47–57.

21. Glonek J., Komosa A., The effect of fertigation with macro and microelements on the growth and yield of highbush blueberry. *Ann. Agric., Poznan*: 2004 p. 356, *Hort.* 37, 61–66

22. Пасічник Н. А. Агрохімічний дистанційний моніторинг фітоценозів: навч. посібник / Н. А. Пасічник, В. П. Лисенко, О. О. Опришко, Д. С. Комарчук. Київ: НУБІП України, 2019. 268с

23. Del Cerro, J., Cruz Ulloa, C., Barrientos, A., and de León Rivas, J. 2021. Unmanned aerial vehicles in agriculture: a survey. *Agronomy*. 11(2), 203–209

24. Demir, N., Sönmez N.K., Akar T., Automated measurement of plant height of wheat genotypes using a DSM derived from UAV imagery. *Proceedings of the 2nd International Conference on Remote Sensing*. 2018 Vol.2 №7-350 с.

25. Feng, L., Chen, S., Zhang, C., Zhang, Y., and He, Y. 2021. A comprehensive review on recent applications of unmanned aerial vehicle remote sensing with various sensors for high-throughput plant phenotyping. *Computers and Electronics in Agriculture*. 182, 106-133 с.

26. Технології які змінять сільське господарство URL: <https://www.youtube.com/watch?v=XcNDbZ0wp2Y> (дата звернення: 16.08.2023).

27. Дистанційне зондування зернових культур для програмування врожаю. Монографія. Лисенко В. П., Опришко О. О., Комарчук Д. С., Пасічник Н.А. (Рекомендовано Вченою радою Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол № 4 від 22 листопада 2017 р.) – К."ЦП Компрінг" – 362 с

28. Shanmugapriya, P., Rathika, S., Ramesh, T., & Janaki, P. Applications of Remote Sensing in Agriculture - A Review. *International Journal of Current*

Microbiology and Applied Sciences, 2019. Vol. 8 № 1. P. 238. DOI:
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.801238>

29. Komarchuk D. Monitoring the Condition of Mineral Nutrition of Crops Using UAV for Rational Use of Fertilizers / D. Komarchuk, V. Lysenko, O. Opryshko, N. Pasichnyk // Advanced Agro-Engineering Technologies for Rural Business Development 2019, pp. 293-319.

30. Вуйцик В. Мікроелектронні сенсори фізичних величин / Вуйцик В. [та ін.]; за ред. З.Ю. Готри. – Львів: Ліга-Прес, 2002. 474 с.

31. Levin, N., Lugassi, R., Ramon, U., Braun, O., & Ben-Dor, E. Remote sensing as a tool for monitoring plasticulture in agricultural landscapes. *International Journal of Remote Sensing*, 2007, 28(1), 183-202 с. (DOI <https://doi.org/10.1080/01431160600658156>)

32. Every Pixel - Processing Data URL:
<https://www.youtube.com/watch?v=YiXbqXxgmnw> (дата звернення: 16.08.2023).

33. Landsat 8 Images and QGIS - Calculate NDVI Using URL:
<https://www.youtube.com/watch?v=cl-MLPBGnIE> (дата звернення: 16.08.2023).

34. Internetowa platforma wspomagania decyzji nawodnieniowych równomierność nawadniania kropowego <http://www.nawadnianie.inhort.pl/równomierno-nawadniania-kropowego> (дата звернення: 16.08.2023).

35. ДСТУ ISO 9001: 2001. Системи управління якістю. [Чиний від 30.11.2004]. Київ, 2004. 40 с. (Інформація та документація).

36. Hunt R. 1990. Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners. London: Unwin Human. (Основи аналізу росту: аналізи росту рослин для початківців).

37. Калінін М.І., Єлісеєв В.В. Біометрія: Підручник для студентів вузів біологічних і екологічних напрямків. Миколаїв: Вид-во МФ НаУКМА, 2000. 204 с.

38. Zala Zorenc, Veberic Robert, Stampar Franci; та ін. "Changes in berry quality of northern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during the harvest

season," Turkish Journal of Agriculture and Forestry: 2016 Vol. 40: № 6, Article 5.
<https://doi.org/10.3906/tar-1607-57>

39. Bamouh, A. Bouras, H. Nakro, A. "Effect of foliar potassium fertilization on yield and fruit quality of strawberry, raspberry and blueberry" Acta Horticulturae 2019: № 1265 255-262 c. ref.39 (<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1265.36>)

40. Zofia Zydlik, Piotr Zydlik, Nesibe Ebru Kafkas, Betül Yesil. "Foliar Application of Some Macronutrients and Micronutrients Improves Yield and Fruit Quality of Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.)." Horticulturae, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070664>

41. FermerShop. "Капельний полив." [Електронний ресурс]. URL: <http://url.li/lyzss> (дата звернення: 16.08.2023).

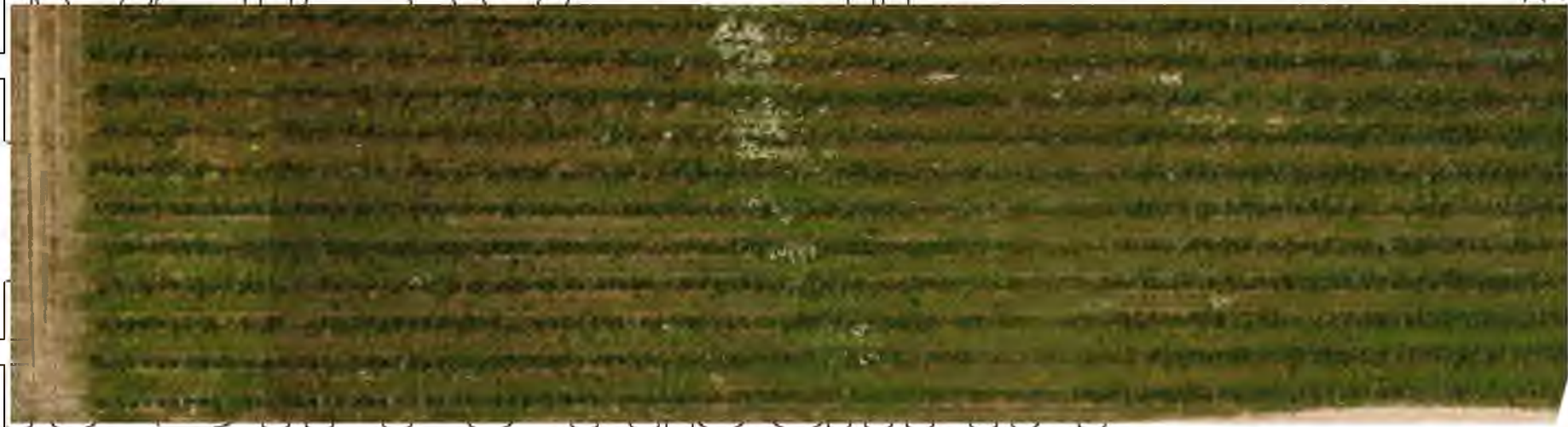
42. Побудова графіків кореляції - <https://www.youtube.com/watch?v=BUycq9EsohA> (дата звернення: 16.08.2023).

43. Визначення коефіцієнта кореляції - <https://www.youtube.com/watch?v=GtlGWqhrMww> (дата звернення: 16.08.2023)

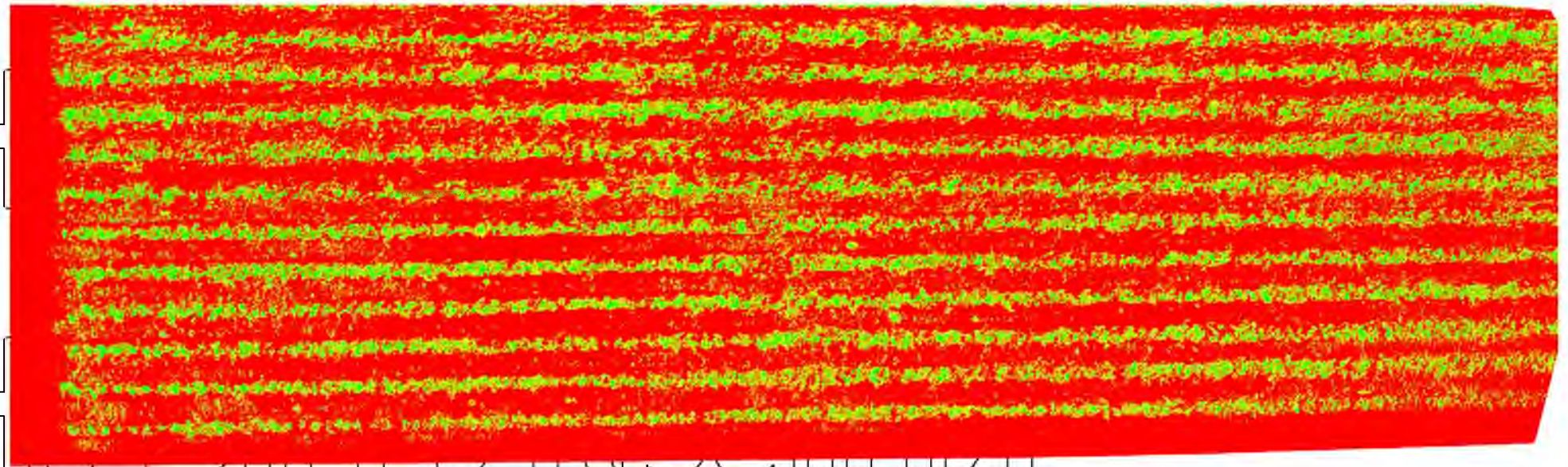
44. Визначення дисперсії, середнього квадратичного відхилення <https://www.youtube.com/watch?v=DW5-vfP1eZE> (дата звернення: 16.08.2023).

45. Трушева С.С. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни "Основи наукових досліджень" НУБІП, 2016 р. Рівне 27 с

46. Крапельна трубка з компенсацією тиску Itifec MULTIBAR: веб-сайт. URL: <https://poliv-service.kiev.ua/ua/p1583760093-kaпельnaya-trubka-kompensatsiej.html> (дата звернення 02.06.2023)



Ортофотоплан ділянки фаза 81 Дозрівання плодів

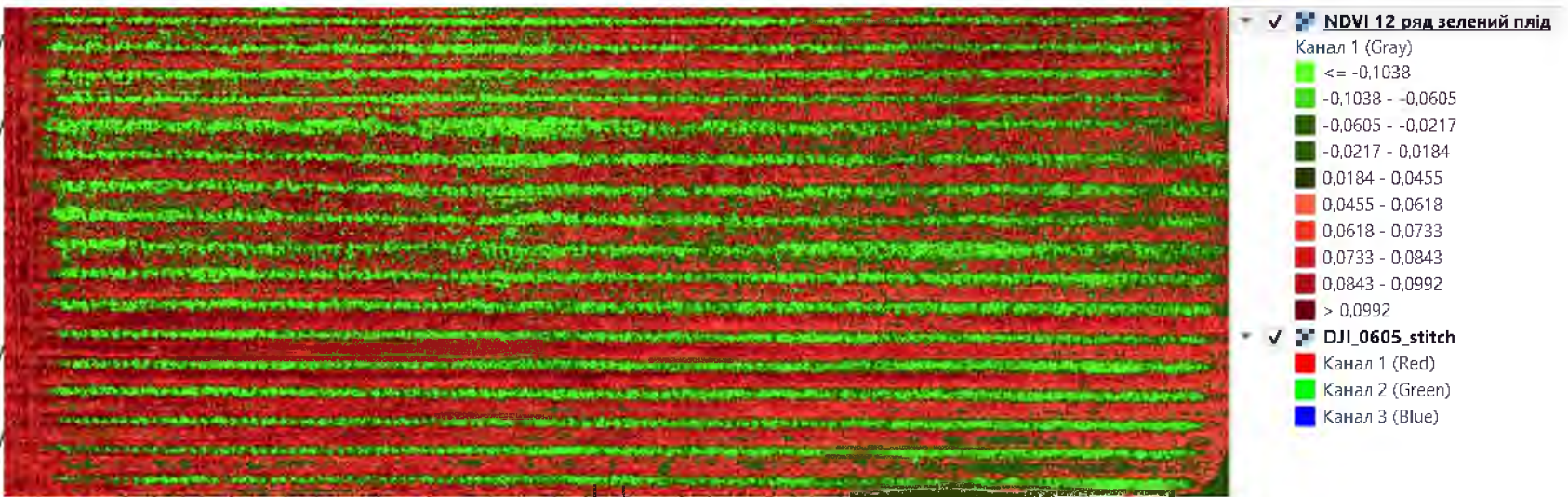


NDVI показник дослідної ділянки за допомогою програми Pix4D фаза 81 Дозрівання плодів

Додаток Б



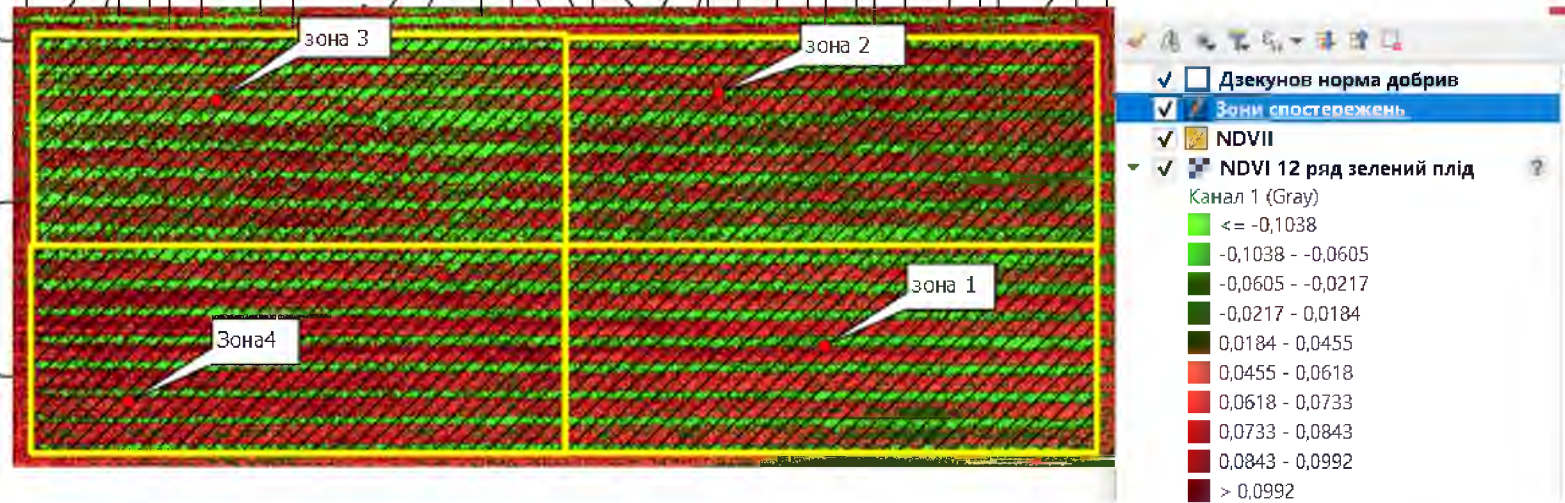
Отриманий ортофотоплан ділянки фаза 71 Ранній зелений плід



Додаток В

Отримання значень NDVI допомогою програми QGIS 3.18

Зональна статистика QGIS за показником NDVI



Таким чином можна отримати кількісні данні вегетативної маси рослин на різних зонах дослідної ділянки. Аналізуючи отримані данні можна зробити наступні висновки, що зона 4 має найбільший позитивний показник NDVI, що за легендою карти вказує на те, що вегетативної маси в цій зоні найменша кількість

Додаток V

Розрахунок НІР_{0.5}

НУБІП України

Для розрахунку Найменшої Істотної Різниці (НІР) нам потрібно спершу

розрахувати значення стандартних відхилень (σ_1) і (σ_2) для обох ділянок К та К1

та критичного значення t для рівня значущості ($\alpha = 0.05$) і ступеня свободи $df = 2p$ [45].

НУБІП України

Розрахунок стандартного відхилення (σ) для ділянки К:

• σ_1 для вибірки 1 К:

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{(18.9 - 17.4658)^2 + (16.5 - 17.4658)^2 + \dots + (20.3 - 17.4658)^2}{19}}$$

$$\sigma_1 \approx 2.22$$

• σ_2 для вибірки 2 К:

$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{(22.0 - 18.4355)^2 + (14.4 - 18.4355)^2 + \dots + (18.3 - 18.4355)^2}{19}}$$

$$\sigma_2 \approx 3.09$$

Математичний обрахунок проводився за методикою [45]

Розрахунок стандартного відхилення (σ) для ділянки К1 проводиться так

само, але для вибірок К1.

Розрахунок критичного значення t для ($\alpha = 0.05$) і $df = 2$.

Для цього можна скористатися таблицею t -розподілу або спеціальними

калькуляторами. Зазвичай для ($\alpha = 0.05$) і $df = 2$ критичне значення t близько

4.303.

Тепер, коли ми маємо значення (σ_1), (σ_2), і t , ми можемо розрахувати НІР для обох ділянок.

Розрахунок НІР (Найменша Істотна Різниця): для ділянки К:

НУБІП України

НУУ [Розрахунок НІР (Найменша Істотна Різниця):

$$\text{НІР} = t \cdot \sqrt{\frac{(\sigma_1^2/n_1) + (\sigma_2^2/n_2)}{1/n_1 + 1/n_2}}$$



Для ділянки К:

НУУ [$\text{НІР}_K = 4.303 \cdot \sqrt{\frac{(2.22^2/20) + (3.09^2/20)}{1/20 + 1/20}}$

$$\text{НІР}_K \approx 2.573$$



Для ділянки К1 (проводиться аналогічний розрахунок).

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України