

НУБІП України

НУБІП України

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

05.10 – КМР. 1555 «С» 2023.09.15 02 ПЗ

**ПЕРЕДЕРІЯ ОЛЕКСАНДРА ОЛЕКСАНДРОВИЧА**

**2023 р.**

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України

АГРОБІОЛГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ПОДОЛЖЕНО

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Декан агробіологічного факультету

Завідувач кафедри агрохімії та якості

д.с.-г.н, професор \_\_\_\_\_ Тонха О.Л.

продукції рослинництва

д.с.-г.н, професор \_\_\_\_\_ Бикін А.В.

“ ” 2023 р.

“ ” 2023 р.

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

з теми: «Регулювання азотно-калійного живлення рослин пшениці озимої  
за даними дистанційного моніторингу»

НУБІП України

Спеціальність 201 Агрономія

Освітня програма Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві

Орієнтація освітньої програми Освітньо-професійна програма

Гарант освітньої програми

Академік, доктор сільськогосподарських наук,

професор

\_\_\_\_\_ Бикін А. В.

НУБІП України

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Кандидат сільськогосподарських наук, доцент

\_\_\_\_\_ Пасічник Н. А.

Виконав

\_\_\_\_\_ Передерій О. О.

НУБІП України

КИЇВ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ

# НУБІП України

І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ФНП)

Агробіологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри агрохімії та якості продукції

рослинництва ім. О.І. Духечкіна

професор, д.с.-г.н.

(науковий ступінь, вчене звання) (підпис)

Бикін А.В.

(ПШБ)

“ ” 20 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Передерію Олександрю Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність: 201 Агроніомія

(код і назва)

Освітня програма Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: Регулювання азотно-калійного живлення рослин пшениці озимої за даними дистанційного моніторингу

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. Провести фоліарне підживлення рослин озимої пшениці, та визначити показники засвоєння елементів живлення.
3. Аналіз результатів біометричної діагностики, фенологічних спостережень, аналітичних досліджень рослинного матеріалу.
4. За даними дистанційного моніторингу (застосовуючи супутникові знімки) провести спостереження стану рослин на всіх етапах росту та розвитку.
4. Аналіз отриманої врожайності та її якості.

Дата видачі завдання “ ” 20 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Пасічник Н.А.  
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Передерій О.О.  
(прізвище та ініціали студента)

## РЕФЕРАТ

# НУБІП України

Магістерська кваліфікаційна робота з теми «Регулювання азотно-калійного живлення рослин пшениці озимої за даними дистанційного моніторингу» автора Передерій О.О. виконана на 77 сторінці друкованого тексту, містить 13 таблиць, 37 рисунків, 5 діаграм, список літератури включає 37 джерел. Складається зі вступу та 5 розділів: рекомендацій виробництву, висновків, обґрунтування та списку використаної літератури.

У роботі висвітлені результати досліджень фоліарного внесення добрив на пшениці озимій, впливу його на азотне й калійне живлення рослин і, як результат, на формування врожаю. Проведений огляд літературних джерел, описані методичні підходи до виконання роботи. Експериментальні дані містять польові й аналітичні результати, представлені табличним, графічним і описовим матеріалом, знімками. За результатами написані висновки і розроблені рекомендації виробництву.

Ключові слова: живлення рослин, фоліарне удобрення, мікроелементи, дистанційний моніторинг

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## ЗМІСТ

ВСТУП..... 6

РОЗДІЛ 1. ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ  
ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ  
(огляд літератури)..... 7

1.1. Наукове обґрунтування потреби регулювання азотно-калійного  
живлення пшениці озимої..... 8

Калійне живлення пшениці озимої..... 15

1.2. Фоліарне підживлення пшениці комплексними добривами..... 18

1.3. Дистанційний моніторинг як технологія діагностики живлення рослин .... 23

РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 32

2.1. Загальна характеристика господарства..... 32

2.2. Характеристика ґрунтово-кліматичних умов проведення досліджень..... 32

2.3. Схема та матеріали для проведення досліджень..... 37

2.4. Методи проведення досліджень..... 45

Визначення рН ґрунту..... 45

РОЗДІЛ 3. МОНІТОРИНГ СТАНУ АГРОФІТОЦЕНОЗУ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ  
ЗА ДАНИМИ СУПУТНИКОВОГО ЗОНДУВАННЯ..... 48

4.1. Вміст азоту в рослинах озимої пшениці..... 61

4.2 Вміст калію в рослинах..... 63

4.3. Взаємозв'язок азотно-калійного і мікроелементного живлення пшениці  
озимої..... 67

РОЗДІЛ 5. УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ  
ФОЛІАРНОГО ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ПІД ПШЕНИЦЮ ОЗИМУ..... 69

ВИСНОВКИ..... 71

Рекомендації виробництву..... **Ошибка! Закладка не определена.**

Обґрунтування..... 73

Список Використаної Літератури..... 74

# НУБІП України

## ВСТУП

У розвитку рослин пшениці неможливо виокремити визначальний фактор, оскільки цей процес визначається сукупною взаємодією різноманітних чинників, що підтверджується законом сумарного впливу. Однак, існують певні фактори, чия роль у формуванні біомаси та врожаю відіграє значущу роль. Використання добрив є одним з найбільш ефективних агротехнічних чинників у цьому відношенні, і саме азот, і калій відіграють ключову роль. Особливо актуальними залишаються дослідження, пов'язані з калійним режимом різних типів ґрунтів.

Калій взаємодіє з активністю рослин, стимулюючи білковий і вуглеводний обмін, активуючи ферменти та регулюючи процеси відкривання та закривання стом на листках. Також, впливаючи на поглиблення кореневою системою, калій сприяє раціональному використанню води, підвищуючи стійкість рослин до засух та екстремальних температур. Крім того, калій сприяє покращенню засвоєння азоту, утворенню білка, знижує вміст нітратів, обмежує вхід радіонуклідів в рослини і підвищує міцність тканин, активізує функцію багатьох ферментів та систем.

Застосування систем дистанційного моніторингу в посівах дозволяє контролювати проблеми в реальному часі. Проблеми: захисту, зрошення та живлення, забур'яненість поля рослин під час дистанційного моніторингу стають більш об'єктивними що полегшують працю агронома. Технологія моніторингу на пряму пов'язана із системою точного землеробства. Вона виконує сукупність методів спостереження, аналізу та створення шейп файлів.

За допомогою яких можна прийняти рішення щодо проведення різних агротехнічних рішень таких як (обробіток ґрунту, посів, обприскування, збирання врожаю).

Основними платформами для моніторингу агрофітоценозів є супутники і БНЦА, обладнані спектральними камерами.

## РОЗДІЛ 1. ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ (огляд літератури)

Пшениця – найважливіша продовольча культура. Вона є основним продуктом харчування у 43 країнах світу з населенням понад 1 млрд. осіб.

Основне призначення озимої пшениці – забезпечення людей хлібом і хлібобулочними виробами, а цінність пшеничного хліба визначається насамперед сприятливим хімічним складом зерна. Серед зернових культур пшеничне зерно найбагатше на білки, також у склад зерна входять всі інші необхідні для харчування елементи: вуглеводи, жири, вітаміни, ферменти і мінеральні речовини [11, 14].

Тому для отримання високих врожаїв високої якості озимої пшениці необхідно застосовувати сучасні інтенсивні технології вирощування з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов території. Суть її полягає в оптимізації умов вирощування пшениці на всіх етапах росту й розвитку рослин. Вона передбачає: розміщення культури після кращих попередників; використання інтенсивних сортів; застосування добрив на заплановану врожайність; інтегровану систему захисту рослин від бур'янів, хвороб та шкідників; за потребою застосування регуляторів росту (ретардантів), сівоу із залишенням постійних технологічних колій; дотримання високої професійної та виконавської дисципліни механізаторів при виконанні усіх технологічних операцій; організацію біологічного контролю за станом росту і розвитку рослин на основних етапах органогенезу [11, 14].

Головною метою інтенсивної технології є максимальна реалізація потенційної продуктивності пшениці шляхом раціональної мобілізації природних та техногенних факторів урожайності [11, 13].

## 1.1. Наукове обґрунтування потреби регулювання азотно-калійного живлення пшениці озимої

Багато вчених присвятили свої дослідження особливостям формування зернової продуктивності пшениці озимої залежно від агротехнічних прийомів вирощування. Вони розробили регламенти застосування мінеральних добрив, засобів захисту і регуляторів росту рослин, певні елементи інтенсивної технології для районованих раніше сортів цієї культури, встановили оптимальні та допустимі строки сівби, норми висіву [1,7]. Відомо, що урожайність та якість зерна пшениці озимої визначається багатьма чинниками: кліматичними, ґрунтовими, а також сортом, попередником, рівнем мінерального живлення. Сучасні високоінтенсивні сорти пшениці озимої суттєво відрізняються від попередніх агротехнікою рослин, деякими біохімічними показниками та потенційною продуктивністю [25]. Незважаючи на те, що вивченню і розробці окремих елементів агротехніки вирощування озимої пшениці здавна приділялася значна увага як вітчизняних, так і зарубіжних науковців, наявні експериментальні дані, які стосуються рівня мінерального живлення, що тісно пов'язані із суттєвими змінами клімату останнім часом, є недостатніми. Ці дані відносяться, в основному, до раніше рекомендованих сортів, що нині не мають поширення в сільськогосподарському виробництві [7,10].

Для умов нашої країни особливе значення має застосування збалансованих добрив у поліській і північній частині лісостепової зони, де агрохімічні властивості ґрунтів не дають змоги отримувати стабільні високі врожаї. Відомо, що фосфорно-калійні добрива сприяють опірності рослин, а надмірна кількість азотних – призводить до посилення розвитку хвороб і шкідників [21].

Господаренко Г.М. дослідив: «Показники відносного винесення елементів живлення на одиницю врожаю необхідно постійно уточнювати з врахуванням ґрунтово-кліматичних умов регіону, сортів і гібридів культури, оскільки вони відрізняються за генотипом, хімічним складом, відношенням товарного врожаю



до відповідної кількості нетоварного. Так, за узагальненими даними географічної мережі дослідів» [10].

Дія добрив тісно пов'язана з кількістю вологи у період максимальної потреби рослин в елементах живлення. Якщо в цей період у ґрунті вологи недостатньо, то внесені добрива, в зв'язку з низькою інтенсивністю їх надходження в рослини та ослабленням через дефіцит вологи всіх фізіологічних процесів зменшують свою ефективність. Через відсутність вологи в більш пізній період, добрива можуть вплинути негативно в зв'язку з тим, що рослини більш розвинені на удобрених фонах і сильніше страждають від нестачі вологи.

Добрива можуть негативно позначитися на врожайності зернових і при надлишку вологи, коли на удобрених ділянках культури сильно вилягають, налив зерна відбувається за несприятливих умов, натура знижується і врожайність зменшується [5].

Пшениця озима вибаглива до елементів – виносить з урожаєм значну кількість елементів живлення з ґрунту. Для формування врожаю зерна 1 т продукції необхідно: 25–35 кг азоту; 11–13 кг фосфору; 20–27 кг калію, 5 кг кальцію, 4 кг магнію, 3,5 кг сірки, 5 г бору, 8,5 г міді, 270 г заліза, 82 г марганцю, 60 г цинку, 0,7 г молібдену. Слід зазначити, що чим більший урожай і вища норма мінеральних добрив, тим більший винос поживних речовин. Аналіз показує, що достатньої кількості елементів живлення у легкодоступній формі в ґрунті майже не буває, тому для одержання високого врожаю під озиму пшеницю необхідно вносити мінеральні добрив [2].

Кривенко А.І. з'ясував, що «урожайність та якість зерна пшениці озимої у Південному Степу України значною мірою залежали від забезпечення рослин елементами мінерального живлення упродовж всієї вегетації. Встановлено, що внесення азотних добрив прикореневим способом на початку виходу рослин пшениці озимої в трубку максимально підвищувало її урожайність як у порівнянні з контролем, так і у відношенні до фонового внесення фосфорно-калійних добрив. Підживлення рослин пшениці озимої азотними добривами

забезпечувало збільшення концентрації білка і скловидності зернової продукції»

У практиці вирощування пшениці озимої на чорноземних і сірих лісових ґрунтах з метою заощадження коштів на удобрення інколи виключають із системи удобрення фосфорні і калійні добрива, обмежуючись тільки азотними.

Наші дослідження засвідчили, що на дерново-підзолистих зв'язно-піщаних ґрунтах за заміни повного удобрення внесенням тільки азоту в дозі N130, тобто розрахованій нормативним методом за виносом тільки зерна, призвело до зниження врожайності з 4,09 до 3,37 т/га, або на 18% порівняно з застосуванням

такої ж дози азоту з P<sub>25</sub>K<sub>35</sub> [13].

Азотне живлення та вплив на урожайність пшениці озимої. Азот як елемент живлення для більшості рослин знаходиться у першому мінімумі, адже він, як невід'ємна частина, входить до складу білків, які є основою живої природи. Важливість азоту в житті рослин полягає в тому, що його дефіцит лімітує врожай, а його поступова акумуляція в ґрунтах є одним з основних факторів родючості. За недостатнього азотного живлення зменшується інтенсивність кушіння, посилюється редукція потенційно продуктивних пагонів, колосків, знижується фертильність квіток, формується щупле зерно – все це призводить до зниження врожайності [8].

Наукові експерименти переконливо свідчать, що дефіцит мінеральних форм азоту в ґрунті призводить до зменшення вмісту білка та клейковини в зерні пшениці. Особливо важливим для азотного живлення зернових посівів пшениці озимої є позакореневі підживлення, особливо коли верхній шар ґрунту має низьку вологість і низький рівень мінералізації. Добрива погано розчиняються і погано вбираються рослинами в таких умовах. Зазвичай для позакореневих підживлень використовують розчин карбаміду, який легко розчиняється у воді і зазвичай не призводить до обпикання рослин. Для уникнення появи некрозів у вегетативних частинах рослин, зокрема в прапорцевому листку, концентрація карбаміду в робочому розчині рекомендується у межах 10–13%. Дослідження показують, що зі збільшенням дози карбаміду збільшується вміст білка та

клејковини в зерні. Оптимальною дозою для всіх етапів підживлення є 30–45 кг/га діючої речовини карбаміду [9].

Чимало питань щодо особливостей вирощування сучасних і нових сортів озимої пшениці після різних попередників залишилися недостатньо вивченими.

Зокрема, в науковій літературі, на наш погляд, вкрай мало даних з особливостей формування продуктивного потенціалу рослинами сучасних сортів озимої пшениці, підживлених азотними добривами в різні строки [7].

Слід зауважити, що за посушливих умов однобічне азотне живлення має негативний ефект. Це пояснюється енергійнішим використанням запасів вологи через посилення транспірації вегетативною масою, що, відповідно, й зумовлює зниження врожайності [6].

З-поміж основних елементів живлення рослини азоту належить одне з чільних місць. Невичерпним його джерелом є атмосфера, 78% якої припадає саме на цей елемент. Варто лише сказати, що в повітрі над 1 га земної поверхні міститься понад 80 тис. т (над 1 м<sup>2</sup> ґрунту — близько 8 т) молекулярного азоту, який є єдиним джерелом поповнення запасів зв'язаного азоту в ґрунті, а загальний вміст азоту в земній корі (переважно у складі солей амонію, нітритів і нітратів) становить лише 0,01% [15].

Майже на всіх ґрунтах пшениця потребує сумісного застосування азотних, і калійних добрив, але в різних співвідношеннях. У Лісостепу на сірих лісових ґрунтах та чорноземах опідзолених спостерігається висока ефективність азотних, потім фосфорних добрив у зв'язку з дуже незначною рухомістю фосфатів ґрунту [6].

Правильно вибране азотне живлення, як і будь-яке інше, найбільше зручно планувати, користуючись даними ґрунтової діагностики. Рівень елементів живлення у ґрунті може значно варіюватися навіть на одному полі, тому оптимальна система живлення має бути розроблена з урахуванням конкретного вмісту елементів у ґрунті.

Терміни внесення азотних добрив слід визначати, враховуючи стан посівів, попередників та ґрунтово-кліматичні умови. Вибір конкретних термінів також

повинен враховувати ціль внесення азоту. Наприклад, різні фази росту рослин можуть вимагати різних кількостей азоту [16].

Важливо також орієнтуватися на результати ґрунтового аналізу та враховувати індивідуальні потреби конкретного поля. Адаптація графіку внесення азотних добрив до специфічних умов є ключовою для максимізації врожаю та зниження негативного впливу на довкілля [22].

Суть найефективнішого методу внесення азоту в ґрунт полягає в тому, щоб він потрапив до коренів пшениці озимої до того як культура ввійде в стадію швидкого весняного росту [6].

Найвідповідальнішим періодом в азотному живленні озимої пшениці є кінець весняного кушіння — початок виходу рослин у трубку (III-IV етапи органогенезу), коли азот споживається рослинами у невеликій кількості, але його нестача призводить до незворотного зниження врожаю [3,5].

З метою ефективного та раціонального використання азотних добрив, необхідно адаптувати їх дозу враховуючи запаси мінерального азоту в ґрунті. Протягом вегетаційного періоду кількість мінерального азоту в ґрунті змінюється. Максимальний його вміст спостерігається на початку фази весняного кушіння пшениці озимої, а зменшується до фази молочної стиглості, що пов'язано з інтенсивним ростом та розвитком рослин та накопиченням сухої маси, яка потребує значної кількості азоту для свого утворення [8].

При вирішенні питання використання азотних добрив виникає необхідність визначення не тільки мінерального азоту в ґрунті, але і розподілення по ґрунтовому профілю. Коренева система озимої пшениці може засвоювати азот із шарів ґрунту, які залягають глибше 40 см тільки після фази виходу в трубку [9].

Внесення азотних добрив сприяє підвищенню вмісту білка в зерні, але зменшує його біологічну цінність. Спостереження за динамікою азоту, як добрив, так і в ґрунті, підтверджують переваги одноразового підживлення азотом. Протягом всього періоду вегетації частка азоту від добрив у загальному вмісті рослини становила 58-79%. Внесення азоту восени допомагає

додатковій мобілізації ґрунтового азоту до 46-66% від загального виносу і знижувало використання азоту з добрив (33-53%) з ростом і розвитком рослин розподіл азоту з добрив і ґрунту між органами залежав від термінів внесення азотних добрив. При відновленні ростових процесів у ранню весну рослини використовували переважно азот з ґрунту (82-87%). Під час переходу до фази кушіння в травні значно збільшилося надходження азоту з добрив у листки (65%), а частка ґрунтового азоту зменшилась (34%). Розсіяне внесення азотних добрив восени і весною призводило до 2-3-кратного зменшення надходження азоту з добрив у листки, вузли кушіння, корені, і підсилювало використання азоту з ґрунту рослинами. Максимальний вміст азоту з добрив фіксувався в стеблах у фазу колосіння і в зерні в фазу повної стиглості зерна при одноразовому внесенні добрив [17].

Втрати азоту добрив за рахунок вимивання відбуваються зазвичай зимою при відлигах, восени і весною. Газоподібні втрати в ранньовесняний і осінній періоди можуть складати близько 70 % внесеного азоту в умовах підвищеної вологості, причому в перші 2 – 5 тижнів після внесення добрив втрати максимальні. Зі збільшенням дози азотних добрив знижується відносне використання азоту добрив рослинами і закріплення його в ґрунті, збільшуються газоподібні втрати і зростає кількість «екстра-азоту». Скорочення втрат можна досягти шляхом наближення строків внесення азотних добрив до початку вегетації рослин [11].

Друз'як В.Г. зазначає «Вирішення проблеми якості зерна ускладнюється тим, що за врожайності зерна понад 5 - 6 т/га на кінець вегетації значно посилюється дефіцит азоту в ґрунті, внаслідок чого основний показник якості – вміст білка – істотно знижується» [9].

Внесення азоту на провесні ефективно за умови, що буде достатня кількість опадів. Запізнення з цим заходом або нестача вологи в ґрунті призведуть до втрат урожаю. В умовах більш сухої весни осіннє внесення азоту більш ефективно ніж весняне.

С. М. Крамарьов дослідив що «серед усіх елементів мінерального живлення на врожайність зерна найбільшою мірою впливає азот. Його фізіологічна роль у рослинному організмі багатопланова. Перш за все, він є структурним компонентом азотовмісних органічних сполук і бере активну участь у всіх життєво важливих обмінних процесах, які проходять у рослинах протягом усього вегетаційного періоду. Основна частина азоту ґрунту (98–99 %) представлена органічними сполуками, важкодоступними для рослин. Для їх мінералізації та переходу в простіші, доступні для рослин форми потрібні час і певні умови. І тільки 1–2% загального азоту ґрунту міститься в мінеральних формах, які доступні для живлення рослин. До того ж серед наявного асортименту типів і підтипів ґрунтів немає жодного, що містив би достатню для рослин кількість мінеральних форм азоту» [8].

Ефективність азотних добрив істотно залежить від вибору форм, доз і способів їх застосування. Чисельні дослідження свідчать про те, що наближення строків унесення азотних добрив до періоду інтенсивного використання азоту рослинами створює найкращі умови азотного живлення рослин, мінімізує втрати азоту за рахунок процесів вимивання та емісії [13,14].

Посилене азотне живлення наприкінці фази кушіння впливає на формування продуктивного колосу, збільшує його довжину та кількість зерен у ньому. Натомість пізні підживлення пшениці озимої сечовиною створюють умови для синтезу і накопичення білка в зерні, формують виповнене зерно високої якості [3,6].

**Значення мікроорганізмів в азотному живленні рослин.** Науковці мікробіологи стверджують: «значні перспективи має використання так званих асоціативних бактерій при вирощуванні пшениці, ячменю, тритикале, проса, сорго.

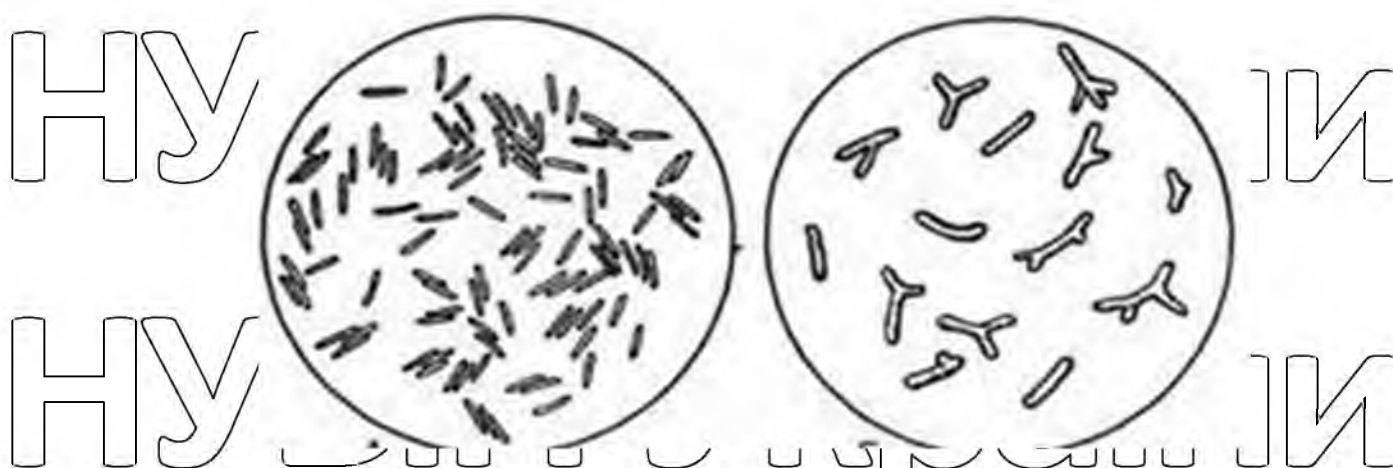


Рисунок 1.2. Зображення мікроорганізмів під мікроскопом

Ці мікроорганізми також фіксують азот і тим самим поліпшують мінеральне живлення, забезпечують рослину-хазяїна фізіологічно активними речовинами (фітогормонами, вітамінами та ін.).

### Калійне живлення пшениці озимої.

Калій (K) сприяє зміцненню рослин, забезпечує стійкість до стресів. Він також впливає на формування і збереження плодів, покращує якість зерна і збільшує врожайність. Калій є життєво необхідним елементом мінерального живлення рослин. При достатньому калійному живленні рослини краще утримують воду, набагато легше переносять короточасні посухи. Визначення вносу елементів живлення врожаєм дає можливість пояснити стан родючості ґрунту, розрахувати енергетичну ефективність технологій вирощування культур з урахуванням їх впливу на родючість ґрунтів. Калій пшениця засвоює з ґрунту від проростання до цвітіння, а найбільш інтенсивно у фазах виходу в трубку і колосіння. Максимальна кількість калію накопичується в рослинах озимої пшениці у період цвітіння [24]. Повна норма калійних добрив вноситься разом із фосфорними під основний обробіток ґрунту, щоб перемішати добриво на глибину орного шару ґрунту. Ефективність фосфору та калію значно зменшується на кислих ґрунтах [25]. За нестачі калію у рослин жовтіє листя, причому спочатку старе, пожовтіння розпочинається з країв, які згодом стають бурими (т.з. крайовий опік листків), гальмується розтягнення і ріст клітин, знижується апікальне домінування тощо» [19]. В удобрених калієм посівах

підвищувався вміст загального азоту в рослинах озимої пшениці в фазу кушіння, колосіння і повної стиглості, фосфору в фазу колосіння і калію - в фазу кушіння [5]

Господаренко Г.М. стверджує «Оцінюючи забезпеченість рослин калієм, важливо знати не кількісний його вміст у ґрунті, а ступінь рухомості, тобто здатність десорбуватися із твердої фази ґрунту. Рослини можуть засвоювати калій як із обміннопоглиненого стану, так і з ґрунтових мінералів. Тобто, здатність ґрунту забезпечувати рослини калієм пов'язана не лише з його кількісними показниками в обмінно-поглиненому стані, а й з можливістю переходу його з твердої фази у ґрунтовий розчин для підтримання відповідної концентрації» [18]. Фізіологічні функції калію пов'язані також з азотним обміном у рослин. За недостатнього забезпечення рослин калієм накопичується значна кількість амінокислот і амідів, а перетворення їх у білки гальмується» [10].

Дослідники зробили висновок: «Припинення внесення калійних добрив у польовій сівозміні на Миронівській дослідній станції різко знижувало врожайність культур і з часом депресія врожаїв посилювалася. У ґрунтах України найбільш сприятливий калійний режим. Підвищеним і високим вмістом рухомих сполук калію забезпечені ґрунти на площі 70 %. Для підтримання калійного режиму необхідно щорічно вносити з добривами 35 кг  $K_2O$  на 1 га посівної площі. На чорноземах Лісостепу дозу калійних добрив у сівозмінах за органо-мінеральної системи удобрення можна зменшити на 20 % [17].

За умов, що порушують стабільність вмісту у ґрунті форм калію, ґрунт намагається повернутися до стійкого співвідношення. Високі валові запаси дозволяють підтримувати генетичний статус ґрунту за принципом гомеостазу екосистеми трансформацією сполук цього елемента [13].

Господаренко Г.М. дослідив: «Баланс елементів живлення рослин є науковою основою побудови правильних систем удобрення. Проблема балансу калію в землеробстві дуже важлива і до кінця не розроблена. Зазвичай вчені пропонують повну компенсацію добривами виведення калію врожаєм. Але у цьому, в більшості випадків, немає ніякої необхідності. Перш за все розрахунки,



виконані на основі середніх коефіцієнтів зазвичай не співпадають із даними внесення в конкретних умовах, особливо калієфільними культурами за рахунок гички (буряк-цукровий), стебел (кукурудза) і соломи зернових. Значна частина калію рослинних решток до моменту збирання урожаю залишається на полі, при чому з суттєвими відмінностями залежно від погодних умов»[11].

Вчений Г.М. Господаренко стверджує «Внесення калійних добрив призводить до зміни не лише показників калійного стану ґрунту, але й до зміни деяких його фізико-хімічних властивостей. Спостерігається зниження показника рН і вмісту обмінного кальцію» .

Дози калійних добрив, місце і час внесення під різні культури сівозміни залежать від багатьох чинників і їх взаємодії в умовах кожної природної зони: від фізичних особливостей і загального рівня родючості ґрунту; рівня забезпеченості рослин іншими елементами живлення; біологічних властивостей культур та їх реакції на калій; величини очікуваного врожаю і рівня продуктивності сівозміни; післядії калійних добрив та інших умов [8].

Питання про форми калію у ґрунті, не дивлячись на численні дослідження, вивчені недостатньо. Загалом, немає єдиного критерію характеристики ґрунту у відношенні калію. Незважаючи на це, всі класифікації ґрунтових сполук калію дають цінну інформацію про його генезис, метаболізм та доступність рослинам. Основною ознакою при класифікації форм ґрунтового калію є його відношення до різних екстрагентів: міцність зв'язків з твердою фазою ґрунту, здатність бути засвоєним рослинами. На цій основі виникло багато класифікацій [25].

Найбільш суттєвим джерелом калійного живлення рослин є калій ґрунтових колоїдів. Вміст цього калію у ґрунті змінюється від 50 до 300 мг/кг ґрунту і навіть більше. Його частка від загального вмісту знаходиться в прямій залежності від типів і підтипів ґрунтів та їх гранулометричного складу. В супіщаних ґрунтах ця форма калію складає менш як 0,8 %, а в чорноземах і сіроземах – 1–3 % від загального вмісту

Функціональне значення калію в рослинах багатогранне. За калійного голодування проходить багато порушень у процесі обміну речовин у рослинах.

У наслідок цього врожайність сільськогосподарських культур і його якість знижується. Тому інтерес до вирішення проблеми їх калійного живлення постійно росте в багатьох країнах світу [16].

За внесення калійних добрив поповнення запасів доступного рослинам калію відбувається за рахунок легкорозчинних його сполук і міцнофіксованого калію. При цьому зі збільшенням дози добрив кількість міцнофіксованого калію не змінюється.

Залишкові форми калію добрив відрізняються від природних доступністю для рослин і більше впливають на врожай культур та ефективність додатково внесених добрив. Одним з найважливіших чинників, що визначає дію калійних добрив, є забезпеченість ґрунтів рухомими формами калію. Про це свідчать результати дослідів, в яких вивчали ефективність калійних добрив при внесенні під пшеницю озиму на ґрунтах з різним вмістом калію. В усіх випадках найбільші прирости врожаю від калійних добрив були на ґрунтах з низьким вмістом калію [25].

## **1.2. Фоліарне підживлення пшениці комплексними добривами**

Фоліарне внесення добрив все частіше використовується в сільськогосподарській практиці для отримання максимального врожаю пшениці озимої. Внесення добрив через листя важливе доповнення до елементів живлення, які внесені в ґрунт. З його допомогою можна ефективно усунути дефіцит поживних речовин і використовувати як основний метод забезпечення рослин необхідними мікроелементами [1].



Рисунок 1.3. Фоліарне внесення добрив на виробничому полі, де були закладені мікродосліди (авторське фото)

Вчені зробили висновок щодо «Регулювання живлення – дієвий захід стимулювання розвитку рослин для подальшого формування високого врожаю доброї якості. За рахунок тривалого використання добрив зберігається родючість ґрунту, рослини оптимальніше забезпечуються елементами живлення. Так відбувається інтенсивний ріст рослин, накопичення біомаси, що призводить до збільшення врожайності та покращення якості продукції. Формування оптимального поживного режиму рослин є одним із найважливіших елементів технології вирощування пшениці озимої. Підживлення значно впливає на протікання процесу фотосинтезу та розмір листкової поверхні» [23].

Останніми роками проведення фоліарного підживлення рослин набуло достатнього поширення, передусім, за рахунок високої економічної рентабельності. При обробці рослин механізм поглинання речовин суттєво не відрізняється від поглинання їх кореневою системою. Водні розчини проникають у листок через його породи та багаточисельну кутикулу [24].

Врожайність сільськогосподарських культур в значній мірі залежить від наявності і доступності, в першу чергу, азоту в ґрунті. Для отримання максимального врожаю він повинен бути доступним в критичні періоди розвитку рослин [24].

Високий фон мінерального живлення та проведення позакореневої обробки карбамідом мають позитивний вплив на функціонування фотосинтетичного апарату, продуктивність і якість зерна пшениці озимої [28].

Водночас, фоліарне підживлення пшениці озимої карбамідом з одного боку виступає як своєрідний стрес для рослин, з іншого – як чинник, що стимулює запуск захисних механізмів, зокрема й активацію роботи антиоксидантних ферментів [10].

Одна з головних переваг фоліарного внесення добрив – можливість збільшити білковість зерна та поліпшити якісні показники зернової продукції.

До важливих умов отримання стабільно високих показників урожайності зерна та його якості належить оптимізація живлення рослин. Існує інформація, що застосуванні магнію сумісно із азотними добривами підвищує ефективність фотосинтезу за рахунок послаблення їх стресового впливу, що сприяє

підвищенню врожайності та збільшенню маси зерна [12]. Встановлено дослідниками: «для оптимального розвитку пшениці необхідно вносити не лише основні макроелементи, але й мікроелементи, зокрема мідь, цинк, марганець, молібден, кобальт, бор та інші, які відіграють важливе значення в життєдіяльності рослин. Вони сприяють підвищенню стійкості рослин до

несприятливих умов навколишнього середовища. За дії мікроелементів збільшується вміст хлорофілу в листках, посилюється діяльність листкового апарату, поліпшується процес фотосинтезу, що в цілому й зумовлює підвищення зернової продуктивності і якості рослин» [8].

Вплив фоліарного підживлення пшениці комплексними добривами, в яких елементи живлення містяться у формі комплексонатів (хелатів) металів, на формування показників урожайності, є маловивченим. В зв'язку зі зростанням кількості нових сортів пшениці та появою нових форм комплексних добрив, підвищенням вимог до рівня екологічної безпеки і економного використання

енергоресурсів це питання набуває все більшої актуальності, а отже, потребує більш детального вивчення [9]. Зокрема, міді та марганцю, що відіграють важливу роль у процесах фото-синтезу, дихання, синтезі білків, утворенні

хлорофіду та засвоєнні азоту. Нестача цих мікроелементів у посівах пшениці озимої особливо відчувається у фазі кущіння та на початку виходу рослин у трубок [15].

Науковці провели дослідження з висновком «Найкращим методом забезпечення рослин пшениці озимої марганцем та міддю є фоліарне підживлення. Врожайність пшениці озимої зазвичай підвищується за рахунок застосування трьох (N + P + K) або чотирьох (N + P + K + S) поживних речовин у комбінації (Duncan et al., 2018). Maria Mussarat, Muhammad Shaif стверджують, що дефіцит азоту і фосфору є основним фактором, що обмежує урожай.

Правильне керування ними відіграє важливу роль в оптимізації врожайності (Maria Mussarat et al., 2021). Адже сумісне застосування азотно-фосфорних добрив під передпосівну культивуацію та у позакореневу обробку оптимізує формування площі листкової поверхні рослин пшениці озимої та її тривале активне функціонування».

Азотно-фосфорно-калійні добрива мають високу ефективність комплексного застосування для позакореневої обробки рослин пшениці озимої в стадію BBCH 31, як на фоні припосівного внесення калійних добрив, так і без нього. Внесення калію та фосфору через листок використовується за вирощування пшениці в посушливих районах [7].

Широко відомо, що найбільш ефективною формою внесення цих мікроелементів є хелати, засвоюваність якої у кілька разів вище, ніж звичайних солей. Вагому роль у формуванні врожаю пшениці озимої відіграють такі показники, як кількість зерен у колосі, маса зерна з одного колоса та маса 1 000 зерен. Проведені дослідження виявили, що фоліарне підживлення мікродобривами позитивно вплинуло на структурні показники врожайності. Так, якщо на контрольному варіанті у колосі налічували 16,9 зерен, то проведення позакореневого підживлення комплексним добривом «РОСТОК» Макро в дозі 3 л/га забезпечило збільшення зазначеного показника на 3,9 зерен. Проте

зменшення дози внесення комплексного мікродобрива «РОСТОК» Макро

на 1 л/га та додавання до бакової суміші добрива «РОСТОК» Марганець в дозі 1 л/га збільшували цей показник лише на 3,3 зерен [14].

В дослідженні Ямковий В.Ю. стверджує «Також важливим технологічним показником якості зерна є маса 1 000 зерен. Він характеризує виповненість зерна та його розміри. У наших дослідженнях показник маси 1 000 зерен

коливався від 41,3 до 46,2 г. Найменша маса 1 000 зерен була на контрольному варіанті, а саме 41,3 г, позакореневе підживлення рослин пшениці озимої добривом «РОСТОК» Макро супро-воджувалося збільшенням цього показника

на 3,1 г. У варіантах з підживленнями «РОСТОК» Макро (2 л/га) + «РОСТОК»

Марганець (1 л/га) та «РОСТОК» Макро (2 л/га) + «РОСТОК» Мідь (1 л/га) маса 1 000 зерен зростає на 4,6 г і 4,9 г відповідно. Урожайність є основним

показником ефективності розроблених та впроваджених прийомів технології вирощування. Отримані дані урожайності свідчать про те, що позакореневе

підживлення хелатними добривами істотно впливало на врожайність пшениці озимої ( $HR05 = 0,31$  т/га) (табл. 3). Встановлено, що урожайність зерна пшениці

озимої за проведення позакореневого підживлення рослин мікродобривами зростала від 0,36 до 0,62 т/га, або на 9,7–16,8%. Згідно з отриманими даними,

найменший приріст урожайності зерна був у варіанті підживлення

«РОСТОК» Макро (3 л/га), а саме 0,36 т/га, найвищий приріст урожайності, а саме 0,62 т/га, отримано у варіанті позакореневого підживлення «РОСТОК»

Макро (2 л/га) + «РОСТОК» Мідь (1 л/га). Поліпшення умов живлення за

рахунок проведення позакореневого підживлення позначалося на показниках

якості зерна. Слід відзначити, що вологість зерна на всіх досліджуваних варіантах була нижче критичного показника (14%) і коливалась у межах 11,9–

12,4%. Досліджуваний показник лише дещо варіювався залежно від варіанта підживлення мікродобривами, що пов'язано зі вмістом білкових речовин. Чим

більше вміст білка, тим більше вологи може безпечно утримувати зерно пшениці. Таким чином, зростання вмісту білка на варіантах позакореневого

підживлення посівів пшениці озимої дає змогу безпечно зберігати зерно за децю вищої вологості» [14].



### 1.3. Дистанційний моніторинг як технологія діагностики живлення рослин

Термін "дистанційне зондування" (ДЗ) можна сформулювати порізному.

Найчастіше це група технологій для збору інформації про об'єкт або території без фізичного контакту з ними. Відстані, що розділяють об'єкт (поверхня ґрунту або рослин) і сенсор (фотокамера або електрооптичний сенсор) можуть знаходитися в межах від декількох метрів до тисяч кілометрів. Найбільш поширеним методом збору такого роду інформації є використання сенсорів, встановлених на штучних супутниках, повітряних суднах (літаках), мобільних технічних засобах або безпілотних літальних апаратах (БЛА). Кожен з вказаних методів має свої переваги і недоліки. Сенсори пристрої обробляють електромагнітну енергію, яку випромінює або відбиває поверхня рослини чи ґрунту, і перетворюють на певну інформацію, яку можна використовувати для оцінювання стану посівів і родючості ґрунтів [29].



Супутник

Літак

Технічний засіб

БЛА

Рисунок 1.4. Основні види платформ для дистанційного моніторингу

Супутниковий моніторинг за допомогою аерокосмічних знімків дозволяє вирішувати низку завдань: інформувати про стан полів, однорідності посівів, стресового стану рослин, дозволяє розраховувати вегетаційні індекси (NDVI, NDRI, RVI та ін.). Одним з головних переваг застосування супутникового моніторингу є можливість порівняльного аналізу даних за тривалий період часу, так як зйомка одних і тих самих територій здійснювалася роками з періодичністю один раз в декілька днів. Це дозволяє розглядати динаміку врожайності окремих полів і ділянок протягом декількох років, порівнюючи методи ведення господарства з отриманим в кінці сезону урожаєм. До недоліків супутникового

моніторингу можна віднести: залежність від хмарності, періодичність знімків 5-8 днів, низька роздільна здатність знімків Landsat-830 м на піксель [29].

Дані дистанційного зондування на основі супутникових знімків, надають виробникам принципово нові можливості в технології точного землеробства.

Супутник здатен охопити велику територію, надаючи інформацію, необхідну для планування технологічних рішень у новому сезоні. Однак, не завжди можна отримати достовірні дані, бо багато факторів залежить від погодних умов [28].

Розроблені певні алгоритми обробки знімків, що сприймають всі рослини у міжрядді, як бур'ян. Отримана інформація використовується для складання

карти диференційованого внесення гербіцидів. Щоб визначити найефективніший спосіб боротьби із забур'яненістю, варто звернути увагу і обстежити найбільш проблемні ділянки [27]. На основі польового дослідження

оцінювали здатність спектральних вегетаційних індексів супутника Sentinel 2 виявляти атрибути азоту на пшениці, вивчаючи точність моделі оцінки азотного живлення [26].

Зображення зі Sentinel 2 можуть бути використані, як важливе джерело даних для спостереження за азотними живленням пшениці. Дистанційне

виявлення за допомогою геопросторових зображень може відчутно покращити

практику використання моніторингу та управління шляхами подолання певних недоліків наземного спостереження, таких як упередженість спостерігачів, а саме: людського фактору, та відсутність можливості дістатись до ділянок на яких потрібно провести дослідження [27].

Методи дистанційного зондування для точного картографування хвороб пропонують унікальний набір переваг, включаючи повторність, охоплення великої території при наявності економічної ефективності в порівнянні з наземними [30].

Вимірювання відбитого від поверхні світла за допомогою пристрою дистанційного зондування забезпечує швидкий, неруйнівний та недорогий метод ідентифікації та кількісної оцінки інфікованих областей поля. Оптичні властивості зрілого та здорового зеленого листя характеризується високим



поглинанням синього (400-500 нм) та червоного (600-700 нм) кольору, але з високою відбивною здатністю зеленого (500-600 нм) і дуже високою інфрачервоного (NIR: 700-1500 нм) діапазону [28].

Здатність відбивати світло у видимому (400-700 нм) діапазоні обумовлене високою концентрацією хлорофілу, каротиноїду та антоціану. Ці властивості рослинності в NIR обумовлені переривчастістю клітинних стінок та міжклітинного простору [29].

Дистанційне зондування – це система, яка здатна накопичувати відомостей про окремі об'єкти або цілі території на певній відстані. Цей механізм, часто використовують для отримання детальної інформації про стан Земної поверхні з космосу. Дані формуються і збираються шляхом вимірювання уловлених електромагнітних хвиль, що випромінюються, відбиваються чи заломлюються від об'єкту за яким проводиться спостереження [28].

Нещодавно, єдиним способом отримання даних про стан культур був безпосередній вихід людини в поле, з метою подальшого проведення наземних спостережень. Але останні кілька десятиліть характеризувалися динамічним розвитком технологій в сферах машино-, літакобудування, автоматизації, робототехніки, тощо. Було розроблено та застосовано до роботи: супутники, пілотовані літаки, БПЛА, наземні датчики. Розробка та застосування таких апаратів мали високий рівень інноваційної у науковій сфері. Деякі країни вклали велику кількість коштів у ці проекти, а більшість з них мали гриф «секретно». Навіть зараз надсекретні програми у провідних країн світу включають розробку потужних БПЛА, супутників, нових ефективних сенсорів, мікросхем, тощо. Відомо, що такі системи в першу чергу мають застосування у оборонному секторі та покликані підтримувати захисну здатність країни, її імідж на світовій арені. Не рідко виникають протистояння між країнами «Великої сімки» у цій сфері. Для потреб сільського господарства такі технології забезпечили отримання нових типів даних, спрямованих на модернізацію аграрних практик підприємств і їх перехід на нову технологічну сходинку. Кожен

з перерахованих джерел отримання даних має як переваги, так і недоліки по відношенню до конкретної проблеми агровиробництва.

Системи дистанційного моніторингу є пристроями, що можуть визначати стан рослин на визначеній відстані. Вони вирізняються можливістю надавати інформацію про стан рослин безпосередньо в полі, надаючи базові дані для точних технологій землеробства. Проте важливим питанням залишається достовірність, доступність та ефективність отриманих результатів. Під ефективністю розуміється їхня здатність до використання для прийняття конкретних рішень. Доступність даних характеризується їх присутністю в потрібному місці в запланований час, простотою сприйняття (в потрібному форматі даних) та прийнятною вартістю. Достовірність означає, що вони відображають реальний стан посівів в певний час. Забезпечуючи відповідь на всі ці критерії, такі дані володіють великою цінністю [27].

Види моніторингу:

- *Виїзд спеціаліста у поле.* Ефективність такого моніторингу найвища, за рахунок застосування індивідуального досвіду спеціаліста у сфері діагностики стану посівів у виробничих умовах. Але доступність такого методу мінімальна, що обумовлюється фізичними обмеженнями спеціаліста в оцінці великого масиву даних.

- *Наземні датчики.* Здатні надавати більш точні вимірювання за певними показниками як вологість, температура, кислотність ґрунту тощо. Характеризуються меншою працездатністю ніж людина, за рахунок спеціалізації у вузькому спектрі. Доступність датчиків вища, адже вони можуть розташовуватися у великих кількостях по полю і надавати дані цілодобово. Вагомими обмеженнями застосування великої кількості приладів слугують ряд організаційних, економічних, а також фізичних причин. У останньому випадку із застосуванням сільськогосподарської техніки.

- *Дистанційні сенсори (супутники, авіація, БПЛА).* Дозволяють виконувати цілісний моніторинг поля, з максимальною деталізацією та ефективністю. Такі системи працюють за принципом вимірювання кількості

поглинутого світла рослинним покривом. Отримані дані використовуються для визначення якісного складу пігментів рослини, а відхилення можна вважати проявом певного виду стресу, викликаного технологією чи природними факторами. Нерідко виникають неприйнятні похибки, що пояснюються складністю вимірювань. Помилки в даних зумовлюють помилкову діагностику і прийняття невірних рішень. Обмежуючий фактор цих технологій – розподільча здатність знімків, обумовлена відстанню між сенсором і об'єктом. В залежності від висоти розташування розподільна здатність зростає: від супутника до БПЛА.

Останні можуть вимірювати розміри та форми окремих рослин, наприклад для уточнення даних поширення шкідника чи хвороби [28].

• *Вегетаційні індекси для моніторингу агроценозів.* На сьогодні, вегетаційні індекси для супутникових платформ є найпоширенішими, що пояснюється їх використанням впродовж останніх десятиліть. Розробники вегетаційних індексів висунули 2 принципових припущення:

• стан рослин можливо визначити за рахунок спектральних показників;

- голий ґрунт на знімку здатен формувати лінію у спектральному просторі із лінійним характером залежності.

Розглянемо принцип роботи індексів на прикладі відомого широкому загалу вегетаційного індексу NDVI, що вимірює нахил. Його застосовують для кількісної оцінки рослинного покриву, щільність покриття якого має бути більше ніж 30%. Індекс надає дані про фізіологічний стан рослин за вмістом хлорофілу і оводненості. Фактично вказує на кількість фотосинтетично активної біомаси.

Обчислюють за формулою:

$$NDVI = (NIR - \text{червоний}) / (NIR + \text{червоний}),$$

де NIR – ближнє інфрачервоне світло;

Red – видиме червоне світло.

Індекс розраховують по двох найстабільніших ділянках спектральної кривої. Чим більша густина посівів, а отже фотосинтетична активність, тим більше відбиття в інфрачервоній і менше у червоній областях спектру (рис 1.4.1). Отримані показники дозволяють аналізувати стан та відокремлювати рослини від інших об'єктів [50].



Рисунок 1.4. Механізм роботи індексу NDVI

Описаний діапазон значень та їх інтерпретація відображає важливість цифрового представлення індексу, такого як NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), в аналізі знімків. Давайте розглянемо основні пункти:

### 1. Діапазон значень:

- **Від -1 до 1:** Цей діапазон дозволяє враховувати як позитивні, так і негативні впливи на рослинність. Негативні значення можуть вказувати на водні поверхні, гори, будови, хмари і сніг. Позитивні значення зазвичай свідчать про наявність рослинності.

- **Від 0 до 255:** Ця шкала дозволяє представляти значення на цифровому зображенні. Часто використовується для візуалізації на моніторах або друку.

### 2. Інтерпретація значень:

- **Негативні значення:** Призначені для областей, які не є рослинною покривлю, такі як води, гори, штучні структури тощо.



• **Близько 0 або 0.1, 0.2:** Показники для ґрунтів та сухої рослинності, де відсутня або обмежена зелена рослинність.

• **0.2 – 1:** Позитивні значення вказують на наявність рослинності, при цьому більш великі значення можуть вказувати на більшу густоту чи здоров'я рослин.

• **Вище 0.5:** Зазвичай вказує на дуже густу і здорову рослинність.

• **0.2 – 0.5:** Вказує на розріджену рослинність чи меншу густоту.

Цей діапазон інтерпретації значень дозволяє вченим і агрономам відстежувати і аналізувати здоров'я та розмір рослинності на великих територіях за допомогою супутникових або аерознімків [28].

Однак, такий розрахунок лише наближений до реальних умов. Завжди слід брати до уваги конкретний сезон, культуру та технологічні особливості, щоб точно розуміти, що означають отримані дані. Процес аналізу стану посівів за індексами потребує певних навичок спеціаліста цієї галузі [28].

Рис. 1.4.2. Відображення стану рослин за дискретною шкалою



Рисунок 1.5

**Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)** є показником, який використовується для оцінки здоров'я рослинності на основі аналізу спектральних каналів в інфрачервоному та червоному діапазонах. Він може бути обчислений за допомогою знімків, які відображають ці спектральні канали. NDVI використовується для спостереження за станом посівів протягом вегетаційного періоду рослин.

Існують модифікації NDVI, які були розроблені для мінімізації негативних впливів та покращення точності визначення стану рослинності. Деякі з цих модифікацій включають:

**Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI):** Модифікація NDVI, яка створена для зменшення впливу атмосферних ефектів на вимірювання.

**Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI):** Цей індекс стійкий до відбиття від ґрунтового шару, що робить його корисним для оцінки стану рослин у землях з високим вмістом ґрунту.

**Perpendicular Vegetation Index (PVI):** Інший перпендикулярний індекс, який враховує різницю між спектральними характеристиками рослин та ґрунту.

**Weighted Difference Vegetation Index (WDVI):** Цей індекс є ваговою модифікацією NDVI, призначеною для зменшення впливу атмосферних умов на вимірювання.

Ці модифікації розроблені для поліпшення ефективності та точності оцінки здоров'я рослинності, а також для зниження впливу різних факторів, таких як атмосферні умови та властивості ґрунту.

Також на ринку послуг на сервісах з дистанційного моніторингу доступні такі індекси як:

$$\text{ReCI} (\text{ReCI} = (\text{NIR}/\text{RED}) - 1)$$

Цей індекс є показником відносної хлорофіловмісткості рослинності. Він відображає фотосинтетичну активність вегетаційного покриву і може бути корисним на стадії активного розвитку рослин.

Цей індекс може бути використаний для оцінки фізіологічного стану рослин, виявлення стресів або недуг у рослинності та слідування за її розвитком протягом часу.

$$\text{NDRE} (\text{NDRE} = (\text{NIR} - \text{RED EDGE}) / (\text{NIR} + \text{RED EDGE}))$$

Комбінування цих індексів дозволяє отримати більш повний образ стану рослин.

Ця комбінація індексів допомагає виробникам отримувати більше інформації про стан своїх посівів та вчасно реагувати на зміни.

$$\mathbf{GNDVI} \text{ (GNDVI} = (\text{NIR} - \text{GREEN}) / (\text{NIR} + \text{GREEN}))$$

Точніший, ніж NDVI. Використовують для моніторингу рослинності з густим покривом чи на стадії дозрівання.

$$\mathbf{EVI} \text{ (EVI} = 2.5 * ((\text{NIR} - \text{RED}) / ((\text{NIR}) + (\text{C1} * \text{RED}) - (\text{C2} * \text{BLUE}) + \text{L})))$$

Створений для коригування результатів NDVI з урахуванням фонових та атмосферних шумів, особливо в районах з густою рослинністю.

$$\mathbf{VARI} \text{ (VARI} = (\text{GREEN} - \text{RED}) / (\text{GREEN} + \text{RED} - \text{BLUE}))$$

Використовується для оцінки стану рослинності в умовах різної товщини атмосфери (похибка менше 10%).

$$\mathbf{LAI} \text{ (LAI} = \text{площа листя (M2)} / \text{площа землі (M2)})$$

Для аналізу стану культур у якості вступного параметра для моделі прогнозування продуктивності.

$$\mathbf{SIPI} \text{ (SIPI} = (\text{NIR} - \text{BLUE}) / (\text{NIR} - \text{RED}))$$

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Загальна характеристика господарства

Дослідження впливу фоліарного внесення мікроелементів на засвоєння макроелементів і урожайність проводили в мікродосліді, що був закладений у виробничому полі з пшеницею озимою, що належить ТОВ «Біотех ЛТД». Дослід проводили у 2023 році.

Господарство ТОВ «Біотех ЛТД» вирізняється експериментальним й науковим спрямуванням діяльності, починаючи з року заснування - 1994, постійно розвивається. Підсумовуючи свою роботу за 28 років, господарство стало зразковим із запровадження основ точного землеробства в Україні. Діяльність господарства зосереджена на вирощуванні картоплі, зернових (пшениця, кукурудза) і олійних (ріпак, сорго, гірчиця) культур. Від 2000 року товариство є професійним виробником насіння картоплі. Налагоджене постачання з ТОВ «Kraft foods Україна», а потім і ТОВ «Чіпси Люкс», вирощуючи для цих компаній картоплю на чіпси.

Господарство є досить великим та розгалуженим, тому умовно його можна поділити на дві частини. Перша (головна) – розташовується в с.Городище, Бориспільського району Київської області. За ґрунтово-кліматичним розташуванням знаходиться в Лісостеповій зоні України. Займає площу у 1128,9 гектарів ріллі. Друга частина розміщується в с. Змитнів Сосницького району Чернігівської області. За ґрунтово-кліматичним розташуванням знаходиться на Полісі (зона що характеризується великою кількістю опадів). Займає площу у 1200 гектарів ріллі. Таке розташування господарства зумовлено специфікою вирощування картоплі - основним видом занятості. У Поліссі вирощується високопродуктивний посадковий матеріал, який в подальшому буде висаджений в промислових масштабах у Лісостеповій зоні України.

### 2.2. Характеристика ґрунтово-кліматичних умов проведення досліджень

Ґрунти господарства переважно мають темно-сірий колір зі слабко вираженим опідзолюванням і формувалися на ґрунтах лісової природи. За



грунтовим розрізом вони характеризуються добре гумусованим верхнім шаром профілю, який містить до 3% гумусу, і переважно безгумусовою нижньою частиною. Також присутні сірі опідзолені ґрунти, які виникають в лісах. Ґрунтові умови господарства сприяють високій вологості та наявності необхідних елементів живлення, що в подальшому сприяє високій родючості.

Вплив лісової рослинності з часом змінюється через витіснення лісової рослинності та її заміну степовою. Це призводить до формування чорнозему опідзоленого та темно-сірого опідзоленого ґрунту. Ці типи ґрунтів є характерними для степових умов та можуть мати певний вплив на рослинний покрив та сільськогосподарську діяльність.

Таблиця 2.1. Характеристика ґрунтового покриву господарства

№	Сільськогосподарські угіддя	Агровиробничі групи за типами ґрунтів, їх шифр	Основні ґрунтові відміни		Показники властивостей та їх оцінка		Заходи з підвищення родючості
			назва ґрунту	площа, га	вміст гумусу, %	гран. склад	
1	рілля	40 г	темно-сірі опідзолені	790,3	3,1 низький	легкий суглинко	Внесення мінеральних добрив
2	рілля	33 г	ясно сірий	338,3	2,7 низький	суглинко к легкий	проведення сидерації та вапнування

За своїм складом та вмістом гумусу, ґрунти господарства є придатними для вирощування різних сільськогосподарських культур, зокрема для пшениці озимої. Високий вміст гумусу сприяє покращенню родючості ґрунту та забезпеченню необхідних поживних речовин для рослин.

Гідрологічні умови господарства також є сприятливими, оскільки рівень залягання підґрунтових водоносних горизонтів є досить високим, орієнтовно на глибині 5-8 метрів. Таке глибоке залягання підґрунтових вод не впливає істотно на ґрунтоутворення. Це може мати позитивний ефект на структуру та властивості ґрунту, а також дозволяє керувати рівнем зволоженості, сприяючи оптимальним умовам для росту рослин.

Отже, узагальнено, господарство має благоприятні ґрунтові та гідрологічні умови для успішного вирощування різноманітних сільськогосподарських культур, зокрема пшениці озимої»

Таблиця 2.2. Агрохімічні та фізико-хімічні показники темно-сірого опідзоленого ґрунту

Гумус, %	рН сол.	Гідролітична кислотність мг-екв./100 г ґрунту	Сума поглинутих основ	Ступінь насиченості основами, %	Рухомі форми, мг/100 г ґрунту		
					N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K
2,81	5,43	2,63	27,6	86,2	3,73	30,4	34,3

З аналізу показників рН та гідролітичної кислотності випливає, що ґрунт має слабокислу реакцію. Кисла реакція ґрунту визначає особливості методик та експериментів під час проведення досліджень. Оскільки реакція ґрунту впливає на доступність поживних речовин для рослин, це важливий фактор у визначенні оптимальних методів обробки і добрив.

З огляду на рівень рухомих форм елементів у ґрунті, виявлено низьку їх забезпеченість, що вказує на необхідність додаткового внесення мінеральних та органічних добрив для забезпечення необхідних рослинам поживних речовин.

Господарство розташовується в помірно континентальному, м'якому кліматі. Згідно з показниками агрохімічного районування, воно відноситься до зони недостатньої зволоженості з гідротермічним коефіцієнтом в діапазоні 1,3-1,0. Це суттєво відрізняється від Чернігівської філії, яку відносять до Поліської зони, яка характеризується вологою, помірно теплою погодою з гідротермічним коефіцієнтом від 2,0 до 1,3.

Ці показники важливі для визначення оптимальних методів обробки ґрунту, вибору культур та схеми внесення добрив з урахуванням кліматичних та агрохімічних особливостей регіону.



Загалом, найбільша кількість опадів на рівні 1778,3 мм випала в червні 2023 року. Слідом за червнем трійку лідерів закривають травень з показником 1523,6 мм і грудень — 1419,1 мм. Найнижчий показник 185,8 мм був відмічений у жовтні. Саме він виявився найпосушливішим місяцем року, оскільки в жодній з областей кількість опадів не наблизилась до показників місячної кліматичної норми.

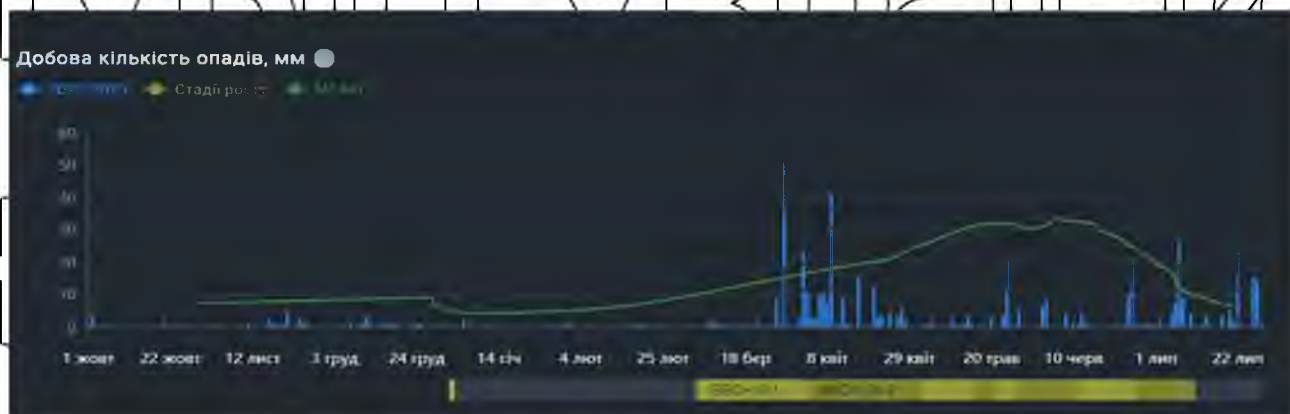
Важливо відзначити, що рік 2023 був винятковим через часті прояви аномальної погоди в несприятливих регіонах незалежно від сезону. Наприклад, у другій декаді червня кількість опадів значно перевищила багаторічні місячні норми через вплив дощового циклону та супровідного його шквального вітру.



Річна кількість опадів знаходилася в межах: 456,3-528,6 мм на Півночі, 446,1-566,9 мм на Сході, на Заході — 489,2-864,9 мм та 421,9-502,9 мм на Півдні



В Центральній частині України за 2023 р. випало опадів в межах 469,4-515,7 мм. Що задовільняє норму.



Звіт про різноманітність та інтенсивність опадів вказує на важливі аспекти кліматичних умов. Особливо важливим є той факт, що добова кількість опадів подекуди перевищувала місячну норму, і це може мати різні наслідки.

Загальною тенденцією може бути зростання «екстремальної погоди», і важливо вживати заходів для адаптації та сталого використання ресурсів в таких умовах.



У 2023 році в селі Городище була різноманітна сума активних температур, яка варіювала від 3829 до 3595 °C. Сума активних температур представляє собою величину температур, що перевищують певний біологічний мінімум і вважаються сприятливими для біологічних процесів, зокрема для росту рослин.



У табличних даних відображено коливання між найвищою та найнижчою температурою протягом місяця. Згідно з довготривалими спостереженнями, ці відмінності температур вважаються нормальними для даного регіону.

### 2.3. Схема та матеріали для проведення досліджень

У 2023 році було закладено дослід на частині поля 9.9. Поле має зручне розташування знаходиться недалеко від районного центру, а також поряд пролягає автомобільний шлях (Н08). Автомобільний шлях знаходиться поруч з полем на якому проводилися дослідження.

Використавши один з сучасних засобів дистанційного моніторингу Google Earth було обчислено загальну площу досліджуваного поля – 65,58 га. Результати збігаються з даними господарства (65,58 га).

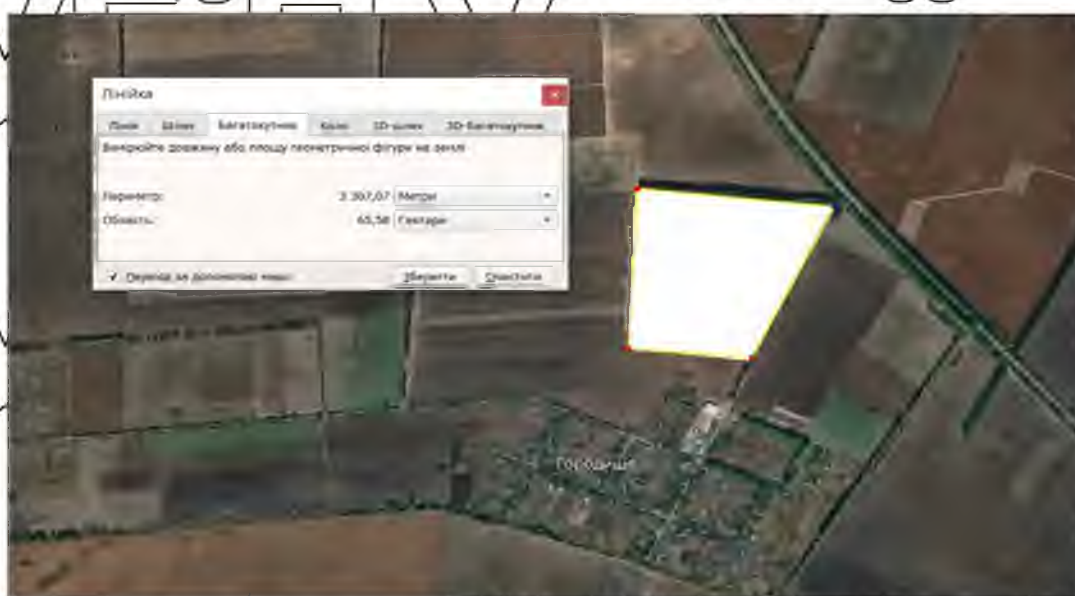


Рисунок 2.3. 1. Розташування виробничого поля пшениці озимої та визначення його площі (джерело знімка, Google Earth)



Форма поля схожа на геометрично правильну трапецію. Поле розташоване на Придніпровській низовині, рельєс поверхні переважно рівнинний, центрі має велике палесо що схоже на чашу. Дослід був проведений на рівнинній площі поля. Координати поля - 50.277929 N, 31.003544 E Бориспільський район, Київська обл.

Розбивка ділянок відбулася з визначенням ділянки для проведення досліджень. Потім було відбито 5 експериментальних ділянок на однорідній території поля. Обпололи їх та забили кілочки для позначення території проведення досліду.



Рисунок 2.5.2 Закладання досліду розбивка ділянок. (квітень 2023 р.)



Рисунок 2.3.3 підживлення рослин (квітень 2023 р.)

Пшеницю озиму підживлювали хелатами калію, цинку та міді в рамках досліду, який націлено на вивчення впливу мікродобрив з основними елементами живлення на урожайність та якість зерна цієї культури. В рамках досліду аналізували ефект хелатованого калію порівняно з калієм у комплексі з іншими мікродобривами, з метою виявлення оптимального моменту для їх внесення. Використовували такі мікродобрива, як "Хелат цинку", "Хелат міді", "Хелат Калію", а також комбінований розчин добрив у складі "Хелати Калію+Міді+Цинку".

Хелат міді - це концентроване мікродобриво у формі хелату, представлене під торговою маркою "Quantum". Використовується як засіб підживлення для

культур, які чутливі до дефіциту міді. Виробник вказує, що при внесенні цього препарату мідь має таку форму, яка сприяє швидкому засвоєнню та робить її більш доступною для рослин.»

Вплив "Хелату міді" охоплює кілька аспектів, включаючи підвищення вмісту міді у рослинах, активізацію процесів синтезу білка та підвищення вмісту клітковини в зерні. Також зауважується, що застосування цього мікродобрива збільшує стійкість зернових посівів до вилягання та підвищує імунітет рослин до хвороб, спричинених грибовими та бактеріальними збудниками.

Рекомендованими фазами для внесення – є кущіння – прапорцевий листок; колосіння, молочна стиглість. З нормою витрат – 0,7-1,2 л/га. Хімічний склад та властивості: Cu – 6,5 %, рН – 5,5 – 7,5; Густина – 1,18-1,25 кг/л.

"Хелат Калій" широко використовується для кореневого та позакореневого підживлення різних видів сільськогосподарських культур. Поживна суміш містить хелат калію, який легко засвоюється рослинами і має позитивний вплив на їхній розвиток. Калій активно бере участь у фотосинтезі, що сприяє ефективному зростанню рослин. Крім того, він регулює водний режим рослин, важливий у формуванні крохмалю, виробництві та пересуванні цукрів.

Добриво "Хелатин Калій" виявляє властивості стимулятора росту, підтримуючи здоровий ріст рослин, а також виявляє фунгіцидну активність, що запобігає грибовим захворюванням. При дефіциті калію рослини ростуть повільніше, їх листя жовтіє, стебла стають тонкими, а насіння може втрачати життєздатність. Нестача калію може ускладнювати засвоєння рослинами вуглекислого газу. Нормальний вміст калію в рослинах сприяє їхній стресостійкості та підвищенню імунітету. Іони калію активізують синтез органічних речовин і суттєво впливають на процеси утворення вуглеводів і азотного обміну.

Корисні властивості калію особливо виявляються у посушливі роки, коли внесення калійних добрив значно підвищує стійкість рослин. Нормальне живлення калієм сприяє збільшенню міцності стебла, позитивно впливає на цвітіння та формування генеративних пагонів. Добриво "Хелатин Калій" є

ефективним для підживлення різних культур, таких як пшениця, ячмінь, ріпак, соя.

"Хелат-Цинку" має склад, де вміст цинку (Zn) становить 110-111 г/л (11%).

Це концентроване рідке добриво, яке містить цинк у хелатній формі.

Застосовується для листового підживлення культур, які особливо чутливі до дефіциту цинку, таких як кукурудза, ріпак, хмідь, бобові та плодові культури.

Склад добрива на 1 літр включає 110 г цинку (Zn) та 50 г азоту (N). Цинк присутній у хелатній формі з EDTA (етилендіамінтетраацетатом). Основна

фізіологічна роль сполук цинку у мінеральному живленні культур включає:

Підвищення жаростійкості, посухостійкості та морозостійкості рослин, а також їхню витривалість до ураження хворобами. Участь у багатьох фізіологічних процесах рослини, зокрема у фотосинтезі, синтезі амінокислот, хлорофілу, органічних кислот, вітамінів, обміні вуглеводами, фосфором та сіркою.

Підвищення вмісту вуглеводів, крохмалю, білкових речовин та загального урожаю. Використання "Хелату Цинку" допомагає оптимізувати фізіологічні процеси в рослинах і покращує їхню стійкість до різних стресових умов, а також сприяє підвищенню врожайності та якості урожаю.

Таблиця 2.3.1 Схема досліду

Місце розташування	Верхня ділянка поля	Місце розташування	Пониження поля
Варіант дослідної ділянки	Розчини що вносилися	Варіант дослідної ділянки	Розчини що вносилися
1	Cu+K	1	Cu+K
2	Zn+K	2	Cu+K
3	K	3	K
4	Cu+Zn+K	4	Cu+Zn+K
5	Контроль	5	Контроль





Рисунок 2.3.4 Супутниковий знімок поля за 22 травня після вибору поля та відбирання зразків ґрунту (Природний фон)



Рисунок 2.3.5 Схеми розташування мікродослідів на супутниковому знімку



Варіант 1 закладення дослідів на пониженій формі рельєфу в полі Варіант 2 закладення дослідів на підвищеній формі рельєфу в полі



Рисунок 2.3.7 NDVI Знімок досліджуваного поля 06.07.2023

NDVI Знімок досліджуваного поля 22.06.2023

Схеми мікродослідів з пшеницею озимою, 2023 р.

Варіанти дослідів:

1. Хелат міді (6,5 %) з дозою 60 г/га або 1000 мл препарату у фазу BBCH – 26.

2. Хелат Калію (6,5 %) з дозою 60 г/га або 1000 мл препарату у фазу BBCH – 26.

1.2. Хелат Цинку (6,5 %) з дозою 60 г/га або 1000 мл препарату у фазу BBCH – 26.

2.2. Хелат Калію + Міді + Цинку (6,5 %) з дозою 60 г/га або 1000 мл препарату у фазу BBCH – 26.

НУБІП України





Рисунок 2.3.8. Зразки рослин пшениці озимої, відібрані з варіантів досліду (одна повторність)

7.06.23 р. у фазу ВЕСН 65-73 (завершення швіління, наливання зерна в колосі) було відібрано перші зразки рослин.



Рисунок 3 Вимірювання біометричних показників червень 2023

Далі продовжили спостерігати за ростом і розвитком, також обраховували постійно біометричні показники. Дослідження проведено на сорті Роял який представляє собою високоурожайну, м'яку безостую пшеницю канадської селекції. Цей сорт відзначається високим потенціалом урожайності на рівні 130 ц/га та особливостями, такими як 12 сім'янок у

колосі, висока якість зерна з вмістом білка від 13 до 15%. Рослини володіють високою стресостійкістю та адаптивністю, проходженням випробувань при екстремальних температурах від  $-38^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ .

Сорт має декілька переваг, таких як стійкість до вилягання та осипання, а також висока стійкість до хвороб, таких як септоріоз, фузаріоз, бура іржа та борошняна роса. З висотою рослин від 81 до 85 см, Роял є чутливим до агрофону і належить до середньостиглих сортів. Рекомендована зона вирощування охоплює Лісостеп, Полісся та Степ.

Технологічна карта внесення добрив. Внесення добрив для пшениці озимої проводилося за таких заходів:

Таблиця 2.3.2. Технологічна карта вирощування пшениці озимої

№	Термін	Назва технологічної операції	Функцію, яку вона виконує	Технічне забезпечення	
1	Передпосівне	Внесення Екостерн л/га	Біодеструктор. Прискорення розкладанням поживних речовин від попередника, оздоровлення ґрунту	Оприскувач Inuma, трактор Valtra	
2		Коткування	Для подрібнення великих грудок, ґрунтової кірки та задля ущільнення і вирівнювання поля	КП-5,6 (каток польовий) та трактор CASE IH mxm 190	
3		Внесення КСІ 100 кг/га «Grossdorf»	В якості стартових добрив	Розкидач мінеральних добрив KUHN та трактор - CASE IH mxm 190	
4		Внесення РКД 8:24 100 кг/га	В якості стартових добрив	Оприскувач Inuma, трактор Valtra	
5		Внесення КАС <sub>24</sub> 200 кг/га	В якості основного внесення	Оприскувач Inuma, трактор Valtra	
6		Передпосівне дискування,	Стимуляція проростання падалиці, заробка добрив у ґрунт	Трактор John Deere 8300 та дискова борона Vanderstad, Carrier на глибину 5-ти сантиметрів	
7		22-го вересня	Посів пшениці	Посів пшениці на задану глибину (5 см) з міжряддям – 17,5 см.	Сівалка Super Walter та трактор John Deere 9195M.
8		Вихід із зими	КАС <sub>26</sub> 200 кг/га	Щоб забезпечити рослину всім необхідним перед відновленням вегетації	Самобхідні оприскувач Tascoma Lanser
9		Весна	Весняне боронування	Поліпшення фітосанітарного стану, розпушення верхнього шару ґрунту та закриття вологи	Ротаційна борона
10		15-го липня	Збір урожаю	Збір урожаю	Зернозбиральний комбайн John Deere S760, відвозив «DAF»
11		Після збирання	Післязбиральна доробка	Очищення зерна від домішок та подальше його сортування на фракції	Сепаратор САД 10

Описані вище технологічні операції слугували базовим удобренням та становили основу для початку основного досліду. Їхній головний акцент був спрямований на поліпшення стану посіву шляхом створення однорідного ґрунтового покриву та забезпечення оптимальних умов для росту та розвитку культури. Додатково, були внесені мікродобрива відповідно до схеми досліду для забезпечення необхідного живлення культури.

Таблиця 2.3.3. Засоби захисту та біопрепарати»

№	Час проведення	Різновид ЗЗР	Назва препарату	Норма, л/га
1	Перша частина фунгіцидної обробки	Біофунгіцид	Мікохелп	0,30
		Біопрепарат	Білозери	2
		Фунгіцид	Капало	1,2
2	Трубкування, перед колосінням	Гербіцид	Квалекс 200 ВГ	55 г/га
			Мадекс Топ	0,5
		Регулятор росту	Турбо (сульфат амонію)	у співвідношенні 1:1 зі Медакстопом
3	Прапорцевий листок	Інсектицид	Бестселер турбо 20% к.с.	0,075
		Біопрепарат	Білозерн	2
		Гербіцид	Дербі (175, к.с.)	60 г/га
4	Фаза цвітіння	Букат (системний гербіцид)	Тебуконазол	0,30
		Інсектицид	Бестселер турбо 20% к.с.	0,075
		Біопрепарат	Білозерн	2

Було проведено захист інсектицидами від таких шкідників як шкідлива черепашка, п'явиці, клопи зернові та трипси. 15.05.23 р. проведено огляд посівів із визначенням технологічних та біологічних параметрів.

Таблиця 2.3.4 Технологічні параметри якості посіву пшениці озимої, 2023 р.

Середня ширина міжряддя, см	К-ть погонних метрів на 1 га	К-ть рослин шт/погонний метр	К-ть рослин шт/га	К-ть пропусків сівалкою, шт/га	Частка пропусків сівалкою, %	Середня відстань між рослинами, см
17,5	57143	462	4620000	150000	4,3	1,5-2



Сівбу пшениці озимої проводили у другій декаді жовтня з наговою нормою висіву  $\approx 200$  кг/га. Густина стояння рослин становила 4,5 млн. шт. Середня довжина міжряддя відповідала 17,5 см.

#### 2.4. Методи проведення досліджень Визначення рН ґрунту



Рис

Рисунок 2.4.1 Визначення кислотності ґрунту

Таблиця 2.4.1

Визначення рН ґрунту	
Верхня ділянка поля	Нижня ділянка поля
Сольовий Ph 5,8	Сольове Ph 7,0
Водне Ph 6,8	Водне Ph 7,6

#### ВИЗНАЧЕННЯ ЛУЖНОГІДРОЛІЗОВАНОГО АЗОТУ У ҐРУНТІ МЕТОДОМ КОРНФІЛДА



Рисунок 2.4.2. Визначення азоту в лабораторії

# НУБІП України

«Визначення вмісту нітратів у ґрунті за допомогою іонселективних електродів»



Рисунок 2.4.3. Робота іонселективних електродів

Таблиця 2.4.2. Діаграма вмісту нітратного азоту в темно-сірому опідзоленому ґрунті



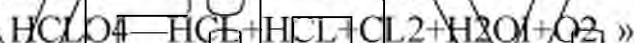
Таблиця 2.4.3. Вміст нітратного азоту в темно-сірому опідзоленому ґрунті за фоларного удобрення пшениці озимої

Зразок ґрунту	рNO <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub> мг/кг
B1	5,56	0,6
B2	5,66	0,5
B3	5,67	0,5
B/C	5,63	0,5



H1	5,38	0,3
H2	5,53	0,6
H3	5,52	0,6
H/C	5,46	0,5

*Озолення рослинного матеріалу за методом К.Гінзбурга*



**Визначення вмісту сполук азоту в рослинах фотометричним методом із реактивом Несслера**

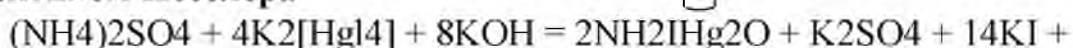


Рисунок 2.4.5. Підготовка розчинів до фотометричного визначення вмісту азоту в рослинах із реактивом Несслера

### РОЗДІЛ 3. МОНІТОРИНГ СТАНУ АГРОФІТОЦЕНОЗУ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ДАНИМИ СУПУТНИКОВОГО ЗОНДУВАННЯ

Дистанційне зондування - це система, що може акумулювати інформацію про ізольовані об'єкти або обрані території на певній відстані. Цей механізм часто використовується для отримання докладних даних про стан поверхні Землі з орбіти. Інформація формується та збирається шляхом вимірювань електромагнітних хвиль, що випромінюються, відбиваються або заломлюються об'єктом, який перебуває під спостереженням.

Дані, отримані за допомогою дистанційного зондування на базі супутникових знімків, відкривають виробникам інноваційні перспективи в області технологій точного землеробства. Супутник може обсягом охопити значні території, надаючи необхідну інформацію для розробки технологічних стратегій у новому вирощувальному сезоні. Проте, отримання достовірних даних не завжди є можливим, оскільки багато факторів залежить від погодних умов [26, 27].

У роботі Пасічник Н. А. [28] описано: «Технології точного землеробства, використання котрих є неодмінною умовою високої рентабельності рослинництва, потребують упровадження спеціалізованих вегетаційних індексів, адаптованих до обладнання для внесення агрохімії і, зокрема, добрив. Безпілотні літальні апарати (далі БПЛА) є платформою, де розміщують цифрове фотообладнання для отримання знімків із високою розподільчою здатністю при конкурентоспроможній вартості. Проте більшість наявних вегетаційних індексів розроблялись саме під супутникові платформи і, при цьому, не розглядалась можливість їх використання для керування врожаєм.

На основі польового дослідження оцінювали здатність спектральних вегетаційних індексів супутника Sentinel 2 виявляти атрибути азоту на пшениці, вивчаючи точність моделі оцінки азотного живлення.

Стор Monitoring - це інноваційна супутникова платформа для точного землеробства, спрямована на виробників харчових продуктів, страхові компанії, постачальників аграрних ресурсів та інших учасників сільськогосподарського



сектора. Легко відслідковувати стан здоров'я посівів, погодні умови, ротацию культур, роботу в полі, дані про висоти, вологість ґрунту та інше - усе це інтегровано в зручний інтерфейс.

Crop Monitoring від EOS Data Analytics - це комплексна онлайн-система для супутникового моніторингу сільського господарства, надана глобальним постачальником аналітики супутникових зображень, яка використовує штучний інтелект. Це інтегроване рішення, яке об'єднує різноманітні дані, такі як стан рослин, погодні умови, сівозміна, аграрні операції, висоти, вологість ґрунту та інші, і надає користувачам зручну єдину точку доступу до всієї необхідної інформації [13]. У своїх дослідженнях ми використовували супутникові знімки агрофітоценозу, отримані від супутника Sentinel-2 L2A й інтерпретовані сервісною платформою Crop Monitoring.

### Звичайний супутниковий знімок

(Сходи - перезимівля пшениця озимої)

Жовтень 2022 - квітень 2023



Звичайний супутниковий знімок поля 29.10.2022 (На знімку ще не помітно сходів рослин). Супутниковий знімок за 22.04.2023 дає чіткий огляд та стан посівів пшениці озимої про аналізувавши його роблю висновок про успішну переземівлю культури та її інтенсивний розвиток. Стадія ВВСН 20-29 (Розвиток побічних пагонів)

NDVI  
(вегетацийний індекс)

Жовтень 2022 - Квітень 2023



NDVI Вимірює щільність зеленої маси рослинності, зафіксованої на супутниковому знімку. Вегетаційний NDVI знімок поля у стадії BBCH 1-5 (проростання) 29.10 2022. В цей період після посіву культури на терших етапах сходів. Виходчи з аналізу знімка робимо висновок про рівномірні сходи культури, агротехнічні операції були виконаними добре, насінневий матеріал якісний

Вегетаційний NDVI знімок поля в період BBCH 20-29 (розвиток бічних пагонів) 22.04.2023. Аналіз знімка вказує на успішну перезимівлю посівів. Культура знаходяться в рівномірному розвитку (строкатості на полі немає має переважно одну стадію розвитку за BBCH)

NDRE (щільність рослинності)  
Жовтень 2022 – Квітень 2023

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України





Вегетаційний NDRE знімок поля в період BBCH 1-5 (проростання) 29.10.2022.

Знімок інформує про щільність та рівномірність посіву культури.

Знаходиться у межах розрідженої рослинності що свідчить про те що тільки пшениця перебуває у фазі 2-3 листочків (кущевння ще не відбулося) на період жовтня 2022 року.

Вегетаційний NDRE знімок поля в період BBCH 20-29 ( розвиток побічних пагонів ) 22.04.2023

Знімок інформує про щільність та рівномірність посіву культури. Знаходиться у межах Помірної рослинності що свідчить про оптимальну густоту рослинності на період квітня 2023 року.

НУБІП України

НУБІП України

MSAVI  
(проростання рослинності)  
Жовтень 2022 – Квітень 2023



Веgetаційний MSAVI знімок поля в період ВВСН 1-5 (проростання)

29.10.2022. Даний знімок з вегетаційним індексом MSAVI інформативний під час проростання та формування сходів. Аналізуючи його можна робити висновок про рівномірні сходи та оптимальну густоту рослинності на період жовтня 2022 року.

Веgetаційний MSAVI знімок поля в період ВВСН 20-29 ( розвиток побічних пагонів ) 22.04.2023. На квітень 2023 року відміно показує густоту рослинності на полі.

NDMI  
(Вологозабезпеченість)  
Жовтень 2022 – Квітень 2023



НУБІП України

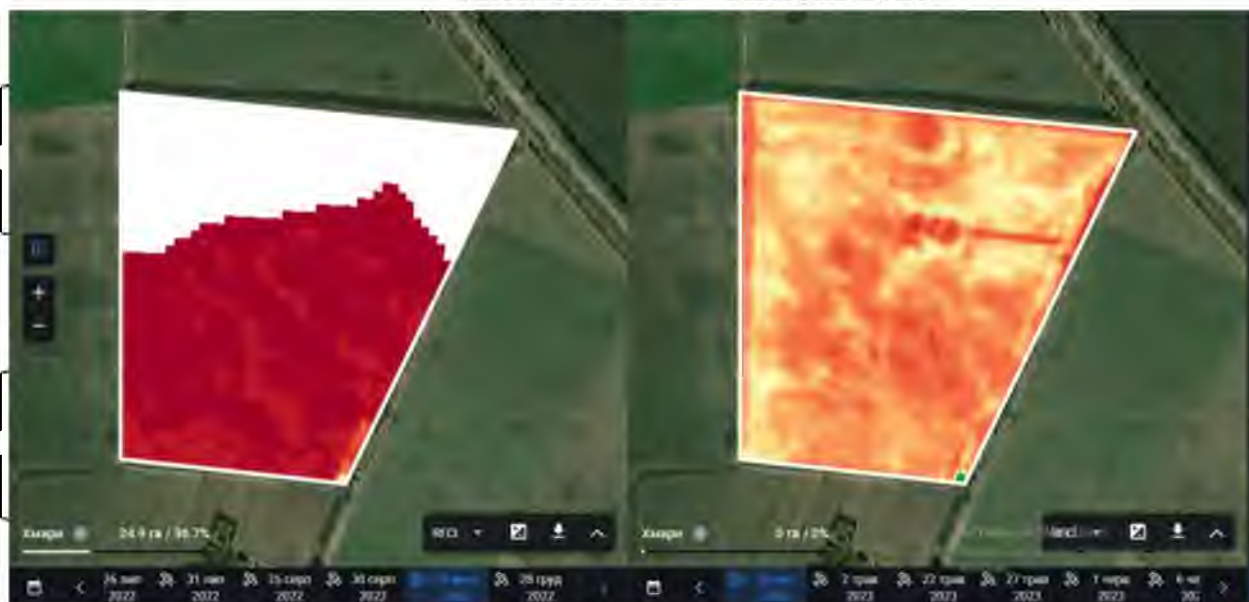


Вегетаційний NDMI знімок поля в період ВВСН 1-5 (проростання ) 29.10.2022. Аналізуючи дані знімка можна зробити висновок про рівномірне розподілення ґрунтової вологи на період проростання культури.

Вегетаційний NDMI знімок поля в період ВВСН 20-29 ( розвиток побічних пагонів ) 22.04.2023. Аналізуючи дані знімка на період квітня 2023 року поле знаходиться у добре зволоженому стані

RECI  
(Забезпеченість Азотом)

Жовтень 2022 – Квітень 2023



Вегетаційний RECI знімок поля в період ВВСН 1-5 (проростання ) 29.10.2022. Даний вегетаційний знімок не працює в період сходів рослини.

Вегетаційний RECI знімок поля в період ВВСН 20-29 ( розвиток побічних пагонів ) 22.04.2023. На період квітня 2023 року вказує на гостру потребу внесення азотних добрив .

Звичайний супутниковий знімок (оптичний діапазон)

Травень 2023 – червень 2023

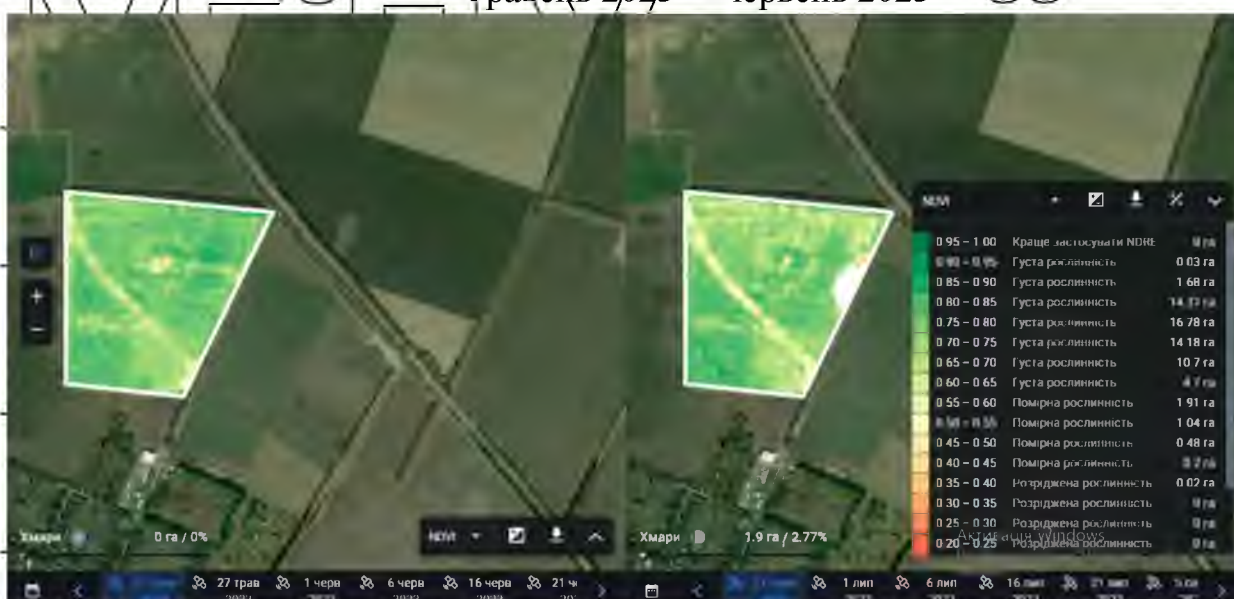
Початок активної вегетації



Звичайний супутниковий знімок поля 22.05.2023 та 21.06.2023 року.

NDVI

Травень 2023 – червень 2023



Вегетаційний NDVI знімок поля в період ВВСН 50-60 (формування суцвіття) 22.05.2023. Дані знімка свідчать про активний період вегетації. Також відокремлюють ділянки поля на яких є проблемні місця (складні умови рельєфу, ущільнення та інше).

Вегетаційний NDVI знімок поля в період ВВСН 70-78 (формування плоду) 21.06.2023. Аналізуючи дані цього знімка робимо висновок про нерівномірний індекс вегетації що свідчить про проблемні ділянки на полі.



# НУБІП України

NDRE – вегетаційний індекс  
щільності рослинного покриву  
Травень 2023 – червень 2023



Веgetаційний NDRE знімок поля в період ВВСН 50-60 (формування суцвіття) 22.05.2023. На період 4 декади травня поле має близько 3 зон неоднорідності за щільністю рослинного покриву.

Веgetаційний NDRE знімок поля в період ВВСН 70-78 (формування плоду) 21.06.2023. Аналізуючи знімок можна вже говорити що деякі рослини відстали у росту і розвитку потрібне негайне візуальне обстеження. Візуальне обстеження вказує що в місцях пониження рельєфу (затримки води культури гірше розвиваються).

# НУБІП України

# НУБІП України

MASAVI  
(густота рослинності)  
Травень 2023 – червень 2023



Веgetаційний MASAVI знімок поля в період ВВСН 50-60 (формування суцвіття) 22.05.2023. Аналіз даних знімка вказує на оптимальну густоту рослинного покриву. Що в подальшому не вплине на погіршення врожайності.

Веgetаційний MASAVI знімок поля в період ВВСН 70-78 (формування плоду) 21.06.2023. Аналіз даних знімка вказує на оптимальну густоту рослинного покриву.

RECI

(Забезпеченість Азотом)

Травень 2023 – червень 2023



Веgetаційний RECI знімок поля в період ВВСН 50-60 (формування суцвіття) 22.05.2023. Аналізуючи інформацію знімка вказує на потребу фоліарного підживлення пшениці озимої.

Веgetаційний RECI знімок поля в період ВВСН 70-78 (формування плоду) 21.06.2023. Знімок вказує на те що потреба в азотних добривах не була задоволена на 21.06. не була задоволена.



# НУБІП України

NDMI  
(Вологозабезпеченість)

Травень 2023 – червень 2023



Веgetаційний NDMI знімок поля в період ВВСН 50-60 (формування суцвіття) 22.05.2023. На період формування суцвіття потреба у вологозабезпеченості була достатньою.

Веgetаційний NDMI знімок поля в період ВВСН 70-78 (формування плоду) 21.06.2023. На період формування плоду потреба у вологозабезпеченості була оптимальною.

Липень 1 – липень 21

(Дозрівання врожаю)

Звичайний супутниковий знімок





Звичайний Супутниковий знімок поля в період ВВСН 79-90 (відмирання)

01.07.2023

Супутниковий знімок поля в період ВВСН 90-100 (дозрівання)

21.07.2023

NDVI

Липень 1 – липень 21



Вегетаційний NDVI знімок поля в період ВВСН 79-90 (відмирання)

01.07.2023

Знімок поля вказує на початок припинення вегетації. Попередньо в тих зонах де вже простежувалася низька забезпеченість азотом в травні 2023 року.

Вегетаційний NDVI знімок поля в період ВВСН 90-100 (дозрівання)

21.07.2023. Аналіз даного знімка вказує на дозрівання врожаю. Але в центрі поля

ще залишилися рослини що перебувають в процесі вегетації.

NDRE

(щільність рослинного покриву)

Липень 1 – липень 21





Вегетаційний NDRE знімок поля в період ВВСН 79-90 (відмирання) 01.07.2023. Аналіз даних знімка вказує на те, що рослини почали відмирати і період вегетації припиняється.

Вегетаційний NDRE знімок поля в період ВВСН 90-100 (дозрівання) 21.07.2023. Даний знімок вказує що рослини вже дозріли але не готові до збирання врожаю.

MASAVI  
(Рослинний покрив)  
Листопад 1 | листопад 21



Вегетаційний MASAVI знімок поля в період ВВСН 79-90 (відмирання) 01.07.2023. Знімок вказує на рослини що вже почали відмирати.

Вегетаційний MASAVI знімок поля в період ВВСН 90-100 (дозрівання) 21.07.2023. Знімок вказує на рослини що вже дозріли.

RECI  
(Забезпеченість Азотом)  
Листопад 1 | листопад 21



Вегетаційний RECI знімок поля в період ВВСН 79-90 (відмирання) 01.07.2023. Вегетаційний RECI знімок поля в період ВВСН 90-100 (дозрівання) 21.07.2023.

Знімки даного вегетаційного індексу не є актуальними під час відмирання та дозрівання врожаю. Вони лише вказують на припинення життєдіяльності рослини.

NDMI

(Вологість рослинної маси)

Липень 1 – липень 21



Веgetаційний NDMI знімок поля в період ВВСН 79-90 (відмирання) 01.07.2023. Знімок вказує на поступову втрату води у рослин.

Веgetаційний NDMI знімок поля в період ВВСН 90-100 (дозрівання) 21.07.2023. Знімок вказує на усихання рослин та дозрівання врожаю.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



## РОЗДІЛ 4. ПОКАЗНИКИ АЗОТНО-КАЛІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА РІЗНОРЕЛЬЄФНИХ ДІЛЯНКАХ ЗА ФОЛІАРНОГО ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ

### 4.1. Вміст азоту в рослинах озимої пшениці

Озима пшениця ефективно асимілює як нітратний, так і амонійний азот. Мінеральні сполуки, які рослина поглиблює, піддаються обробці ферментами та перетворюються в аміак ( $\text{NH}_3$ ), викликаючи цей процес за участю нітратредуктази. Однак засвоєння аміаку рослиною може мати негативні наслідки, спричиняючи аміачне отруєння та сповільнюючи ріст та розвиток рослини. Таким чином, важливо правильно вибрати форму азотних добрив для належного живлення озимої пшениці під час її вирощування [13].

Аміак який під час росту і розвитку рослини утворився під дією ферментів входить в азотний обмін. Процес описують як амінування. Наслідки цього процесу такі в рослина утворює великий склад амінокислот, які будуть задіяні в синтезу білка. На протигагу цьому нітратна форма азоту може також засвоюватися рослиною не приносячи їй ніякої шкоди.

Темпи росту рослини визначаються за рівнем сухої маси, що свідчить про інтенсивність її ростових процесів.

Дослідники вважають «У рослин озимої пшениці максимальна кількість азоту надходить до фази молочної стиглості, процес накопичення фосфору сповільнюється під час цвітіння, а найбільше накопичення калію спостерігається при виході в трубку і завершується до часу колосіння. За умов достатньої вологості найбільше накопичення фосфору і калію відбувається під час фази молочної стиглості» [13].

Рослина, як показано в наукових роботах і відмічено в наших дослідженнях, найбільше поглинає азот у ранні стадії розвитку. Інтенсивність засвоєння набуває максимуму від весняного кушення до колосіння. Причому позакореневе підживлення мало свій вплив на асиміляцію азотмістких сполук у рослинах пшениці (табл. 4.1, рис. 4.1).

Таблиця 4. Вміст азоту в рослинах пшениці озимої, % на суху речовину наземної частини (вихід у трубку-початок колосіння, ВВСН 62-64)

Верхня ділянка		Нижня ділянка	
Варіант досліджу	N, %	Варіант досліджу	N, %
Без підживлення (контроль)	3,62	Без підживлення (контроль)	3,57
Cu+K	3,71	Cu+K	3,67
Zn+K	3,66	Zn+K	3,59
K	3,67	K	3,59
Cu+Zn+K	3,72	Cu+Zn+K	3,67

Вміст азоту в рослинах пшениці озимої, % на суху речовину наземної частини (вихід у трубку-початок колосіння. ВВСН 62-64)



Рисунок 4.1.

Верхня ділянка. Без підживлення (контроль) у варіанті вміст азоту у відсотках на суху речовину є найнищим. Тому доцільність підживлення хелатами є обґрунтована. Cu+K у цьому варіанті взаємодія з міддю набагато покращили вміст азоту на суху речовину на 0,9 відсотка що є гарним показником. Zn+K варіант внесення Цинку впоєднанні з Калієм не є значним підвищення азоту в рослинах на суху речовину на рівні 0,4 відсотків.

К Варіант внесення Калію без поєднання інших елементів показав добрий результат. Cu+Zn+K Варіант внесення одночасно трьох елементів показав найвищий результат засвоєння азоту в рослинах пшениці озимої.

Нижня ділянка. Без підживлення (контроль) Варіант досліду в найнижчій ділянці поля без внесення будь яких додаткових елементів крім тих що застосовуються на господарстві. Показав найнищий результат, що дає змогу зробити висновок про необхідність листкового підживлення елементами.

Cu+K Варіант досліду суттєво покращив результати, Калій разом з Міддю показали найкращий результат засвоєння азоту в рослині. Zn+K Варіант досліду

показав що Цинк в поєднанні з Калієм мають дуже низький результат 0,2 відсотка більше засвоєння азоту ніж від контрольної ділянки. К Варіант досліду свідчить що застосування одного елемента без супутніх виявилось не ефективним.

Cu+Zn+K Варіант досліду показав високу ефективність застосування що підвищило на 1 відсоток вміст сухої речовини від варіанта контроль без підживлення.

#### 4.2 Вміст калію в рослинах

Продуктивність сільськогосподарських культур має пряму залежність від наявності поживних речовин ґрунту. Наявність поживних елементів в ґрунті залежить від складу типу ґрунту та різноманітності внесених добрив.

«Досліджено, що рослини використовують лише частину рухомих форм поживних речовин з ґрунту, при цьому рівень їх використання залежить від біологічних особливостей культур, рівня зволоження, типу ґрунту, наявності поживних речовин, кліматичних умов, врожайності, і концентрація поживних речовин в ґрунті зменшує коефіцієнт їх використання. Висока урожайність супроводжується більшим коефіцієнтом використання. У сухі роки цей коефіцієнт нижчий, ніж у вологі роки. Ефективність засвоєння поживних речовин також залежить від сорту культури, інтенсивні сорти засвоюють елементи живлення в більших кількостях, ніж традиційні. Характеристики росту рослини та умови їх культивування впливають на вивід елементів мінерального живлення разом із врожаєм культур.»



Калій концентрується в тканинах органів, які активно зростають і розвиваються, а також у тканинах, які «піддаються процесам відновлення та регенерації». Одним з вагомих переваг цього елемента є його мобільність в рослині. Калій відзначається значною рухливістю, але найефективніше утримується в клітинах рослини вдень під впливом сонячного світла, вивільнюючись в ґрунт через корені вночі. Наступного дня він знову абсорбується, накопичується, і всі втрати повністю відновлюються. Навколо клітинних мембран, на межі з ґрунтовим розчином, працюють особливі "калійні насоси". Калій переважно перебуває у формі іонів, і його можна вивести з тканин рослин навіть за допомогою холодної води [14].

Найбільша кількість калію надходить до фази колосіння 83-95 % від загальної кількості калію яку потребує рослина. Інтенсивність поглинання калію спостерігається від фаз весняного кущення до закінчення фази колосіння. Елемент забезпечує у посушливі роки з суховіями налив зерна та його якість. Калій - один із небагатьох елементів, який збільшує в рази густоту продуктивного стеблостою рослин озимі пшениці.

Внесення добрив із різними елементами впливає на засвоєння вмісту калію рослинами пшениці (табл. 4.2).

Таблиця 4.2. Вміст калію в рослинах пшениці озимі, % на суху речовину наземної частини (вихід у трубку-початок колосіння, ВВСН 62-64)

Верхня ділянка		Нижня ділянка	
Варіант дослід	К, %	Варіант дослід	К, %
Без підживлення (контроль)	2,4	Без підживлення (контроль)	2,6
Cu+K	↑ 3,8	Cu+K	↓ 3,2
Zn+K	↓ 3,2	Zn+K	↓ 2,8
K	↓ 3,5	K	↑ 3,8
Cu+Zn+K	↑ 3,8	Cu+Zn+K	↑ 3,9

З проведених польових і лабораторних досліджень можна зробити висновок про засвоєння елемента Калій рослинами. Підживлення відбувалося

10.06.2023 на одному полі в двох різних ділянках за формою рельєфа пониження та підвищення. Вносилися в листкове живлення різними хімічними елементами в хелатній формі і поєднанні з Калієм. Потім через певний час відбиралися рослини та проводилося озолення щодо визначення кількості макро елементів в рослині.

Верхня ділянка. Без підживлення (контроль)- Варіант досліду показав найгірший результат це свідчить про необхідність фоліарного внесення елементів живлення (рис. 4.2).



Рисунок 4.2

Cu+K- Варіант дослідження в верхній ділянці поля показав один з найвищих показників засвоєння калію в рослині 3,8 Zn+K-Варіант дослідження в поєднанні цих двох елементів показав найгірший результат. Можна зробити висновок низьку ефективність підживлення, та проходження процесу антагонізму.

K-Варіант дослідження внесення одного досліджуваного елемента показав добрий результат засвоєння це свідчить про відсутність процесу антагонізму або симбіозу з іншими елементами. Cu+ Zn+ K-Варіант дослідження поєднання 3 хімічних елементів, показав результат на рівні першого варіанта це свідчить про добру засвоєність міді та калія в рослині та процес пригнічення елемента цинк, який унеможливив його засвоєння.

Нижня ділянка. Без підживлення (контроль) під час проведення аналізу рослини як біометричного так і лабораторного рослини виглядали на рівні з іншими варіантами найгірше. Cu+K- Варіант дослідження з підживленням міді показав взагалюм дещо гірший результат на ділянці. Це пов'язано насамперед з переувільненням ґрунту на понижених формах рельєфу. Zn+K-Варіант дослідження на цій ділянці дає змогу зробити висновок щодо низької ефективності хелата цинку у поєднанні з іншими елементами. K-Варіант дослідження внесення одного

досліджуваного елемента показав візуально добре розвинені рослини та дуже високу ефективність як для одного елемента живлення.  $Sy+Zn+K$  Варіант досліду поєднання 3 хімічних елементів не є дуже ефективним з економічної точки зору. Він фактично дорівнює показникам внесення одного елемента.

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна



### 4.3. Взаємозв'язок азотно-калійного і мікроелементного живлення пшениці озимої

При дослідженні впливу добрив, що включають мідь та цинк, на вегетативний та репродуктивний ріст пшениці озимої виявлено, що без додавання азотних добрив ці елементи не мали впливу на врожайність.

Застосування азотних добрив призвело до значного зростання росту але супроводжувалося симптомами дефіциту міді та цинку, особливо в період зрілості. Дефіцит міді та цинку гальмував вегетативний ріст і затримував дозрівання, призводячи до підвищення урожайності соломи та зменшення урожайності зерна. Виявлено, що дефіцит міді посилював дію сульфату цинку, а цинк зменшував концентрацію міді в рослинах.

Використання азотних добрив призводило до серйозного дефіциту міді в період дозрівання, що майже повністю знищувало врожайність зерна.

Застосування цинкових та мідних добрив підсилювало вплив азотних добрив, спричиняючи важкий дефіцит міді та цинку.

Додатково виявлено, що дефіцит цинку посилювався взаємодією з міддю, що зменшувало вміст цинку в рослинах. Мідь, у свою чергу, знижувала концентрацію цинку, переважно шляхом пригнічення його поглинання рослинами. Отже, азотні добрива можуть спричиняти дефіцит міді та цинку в умовах обмежених запасів цих елементів у ґрунті. Застосування цинкових добрив може підсилити вплив азотних добрив на дефіцит міді, а мідних добрив - на дефіцит цинку.

В дослідному варіанті комплексне застосування трьох елементів: міді, цинку та калію. Дало змогу отримати один з найкращих показників засвоєння азоту в рослинах на рівні 3,72 відсотка. Що підтверджує вище описаний механізм впливу елементів один на одного.

Мідь виконує важливу роль у біологічних процесах рослин. Вона є складовою частиною ферментів, що стимулюють вуглеводний і білковий обмін, покращуючи фотосинтез та білковий синтез. Мідь відіграє ключову роль у формуванні генеративних органів рослин, впливає на структуру та розвиток їх клітин, і підвищує стійкість до грибових та бактеріальних захворювань. Цей

елемент також збільшує стійкість рослин до вилягання, адаптує їх до посушливих та високотемпературних умов, а також забезпечує зимостійкість. Мідь сприяє ефективному засвоєнню азоту, і відсутність цього елемента може призвести до гальмування росту генеративних органів та зниження інтенсивності фотосинтезу.

Надмірне забезпечення міддю може бути обумовлене високим внесенням мінеральних добрив, вапнуванням ґрунту, а також підвищеними температурами навколишнього середовища. Мідь впливає на синтез вуглеводів, сприяє надходженню азоту та магнію у рослини, і бере участь у різноманітних біологічних процесах, таких як ауксиновий обмін і біосинтез лігніну. Особливо чутливою до нестачі міді є пшениця, особливо при високих нормах внесення азотних добрив, таких як 90-120 кг/га і більше». Посадження міді з калієм дає змогу отримати один з найкращих результатів засвоєння азоту на рівні 3,71 що свідчить про вагомий вплив цього елемента на формування врожайності.

Цинк приймає участь в різноманітних фізіологічних процесах рослин, включаючи фотосинтез, синтез хлорофілу, амінокислот, органічних кислот і вітамінів. Також важливий для обміну вуглеводів, ліпідів, окислювально-відновлювальних процесів, фосфору та сірки. В іонній формі впливає цинк на «в'язкість цитоплазми, вміст білка, збільшує стійкість, під час зміни температур відіграє роль у стабілізації дихання, підвищуючи жаро-, посухо- та морозостійкість рослин. Засвоєнню цинку може перешкоджати високий вміст азоту, фосфору і вапна в ґрунті, а також низька температура»

У варіанті підживлення цинка та калія показав найнищий результат на рівні 3,66 що свідчить про несумісність поєднання цих елементів (антагонізм).



## РОЗДІЛ 5. УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФОЛІАРНОГО ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ПІД ПШЕНИЦЮ ОЗИМУ

Економіка представляє собою комплекс взаємопов'язаних видів діяльності, які включають виробництво, споживання та обмін, і це є ключовими елементами для вирішення питань розподілу обмежених ресурсів. Система виробництва, споживання і розподілу товарів та послуг призначена для задоволення потреб учасників економічного процесу». «В агробізнесі розглядають широкий спектр факторів, включаючи аналіз основних та потенційних конкурентів, структуру збуту, стратегії ціноутворення, а також урахування технологій вирощування культур і витрат ресурсів на їхню реалізацію, такі як добрива, засоби захисту, обслуговування техніки і т.д. Завершеним результатом є визначення співвідношення між витратами та отриманими доходами. При цьому зокрема враховуються витрати на технологію вирощування для визначення рентабельності та оцінки того, чи є дана ідея прибутковою.

Згідно проведених досліджень урожайність пшениці озимі в різнорельєфних ділянках суттєво не відрізняється. Під час проведення дослідження було зроблено висновок щодо різнорельєфних умов вирощування.

Рентабельність показників окупності на варіанті контроль без внесення додаткових елементів у підживлення становила 14 відсотків, що призвело до збитку на 3150 грн за одного гектара. У варіанті  $Cu+K$  рентабельність показала найвищий результат - 16,5 відсотків. Внесення  $Zn+K$  показало низький варіант окупності - 5 відсотків, що є незначним показником. Внесення одного елемента Хелата Калію має 0 відсотк рентабельності, що свідчить про нецільність застосування.  $Cu+Zn+K$  показали середній рівень рентабельності з невеликим рівнем доходу (табл. 5.1-5.3).

Застосування добрив на пшениці озимій є економічно не вигідною за ціною 2023 року. В середньому ціна коливається від 4300 гривень за тону. Тому оптимально зробити висновок на показники врожайності. В варіанті 2-3  $K+Cu$

є найбільший показник. Тому при сприятливій ціновій політиці застосування цього варіанта є економічно вигідним.

Таблиця 5.1. Розрахунок загальних витрат по варіантах на 1 гектар

№ варіанту	Назва добрива	Норма на га		Ціна, грн		Вартість, грн/га	Загальні витрати, грн
1-1	Хелат міді	462	мл	187	л	8630	31622,41
2	Хелат калію	1000	мл	300	л	300	20000
3	Хелат цинку	600	мл	220	л	132	14000
<b>Разом</b>							65622,41

Таблиця 5.2. Розрахунок рентабельності та окупності по варіантах досліджень (за середніми цінами на 2023 року)

Варіант	Урожайність, т/га	Вартість врожаю, грн/т	Прибуток, га	Загальні витрати, грн/га	Дохід, грн/га	Рентабельність, %	Окупність, грн/грн
контроль	4,5	4300	19 350	22500	-3150	-14%	-0.14
Cu+K	6,2	4300	26 660	22886.4	3773,6	16.5%	0.17
Zn+K	5,6	4300	24 080	22 932	1148	0.3%	0.05
K	5,3	4300	22 790	22 800	10	0%	0
Cu+Zn+K	5.8	4300	24 940	23 018.4	1921,6	8.3%	0.8

Таблиця 5.3. Розрахунок вартості фонового удобрення

№	Назва добрива	Норма		Ціна, грн		Вартість, грн
1	Екостерн	2	л/га	195	л	390,00
2	KCl «Grossdorf»	100	кг/га	150	кг	15000
3	РКД 8:24	100	кг/га	45	л	4500,00
4	КАС <sub>24</sub>	200	кг/га	20500	т	4100,00
5	КАС <sub>26</sub>	200	кг/га	20000	т	4000,00
6	Мікохелп	1,5	л/га	268	л	303,00
7	Білозерн	6	л/га	185	л	1110,00
8	Капало	1,2	л/га	1277,04	л	4252,80
9	Квалекс 200 ВГ	55	г/га	6651,17	кг	365,81
10	Мадекс Топ	0,5	л/га	698,8	л	349,40
11	Прилипач Турбо	0,5	кг/га	54,6	кг	27,30
12	Бестстселер турбо 20% к.с.	0,15	л/га	600	л	90,00
13	Дербі (175, к.с.)	60	г/га	3580	кг	214,80
14	Тебуконазол	0,5	л/га	700	л	350,00
<b>Всього</b>						22053,11

## ВИСНОВКИ

Дослідження дії фоліарного внесення добрив на пшениці озимій дозволило зробити наступні висновки.

1. Фоліарне внесення калію і мікроелементів сприяє підвищенню врожайності пшениці озимої. Застосування калію в поєднанні з міддю, на високому технологічному фоні, забезпечило врожайність 6,2, тоді як у контролі вона складала 5,2 т/га.

2. Застосування калію, міді та цинку для позакореневого підживлення рослин пшениці озимої в період виходу в трубку мало позитивний вплив на показники азотного живлення. Зокрема, в період інтенсивного живлення вміст азоту в рослинах збільшився на 1 %. Підживлення цинком також мало позитивний вплив, проти менш виражений порівняно з міддю. Найвищого результату – 3,72 % нітрогену в рослинах – досягнуто за фоліарного внесення Cu+Zn+K.

3. Калійне живлення рослин пшениці озимої інтенсифікується на 1,0 – 1,4 % після підживлення калієм і міддю. Найвищий показник (3,9 %) отриманий за поєднання Cu+Zn+K, що доводить важливість збалансованого забезпечення рослин елементами.

4. Системи супутникового моніторингу є зручним і масштабним засобом попереднього обстеження, інформативним джерелом оцінювання стану агрофітоценозів. Для задач регулювання живлення рослин дані супутників дають орієнтовну інформацію, яка дозволяє скоординувати наземні дослідження.

## Рекомендації виробництву

Для забезпечення приросту врожаю пшениці озимої 1,7 т і рентабельності вирощування пшениці озимої 16 % рекомендується проводити фоліарне застосування калію й міді в період виходу в трубку (ВВСН 31). Дані супутникового моніторингу доцільно використовувати як інформативне джерело для попереднього обстеження й аналізу агрофітоценозу пшениці озимої.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## Обґрунтування

НУБІП України

Причиною невігідності сільськогосподарської діяльності стає відсутність реалізації та спад цін на зерно на внутрішньому ринку України. Внаслідок цього

вартість виробництва зростає, зокрема через зростання вартості мінеральних добрив, що є найбільшою статтею витрат. Поточна ціна пшениці, яка становить

3800 тисяч гривень за тону, несумісна з витратами на її вирощування.

Наприклад, господарство може зібрати 6-7 тонн з гектара, що при ціні 4 тисяч за тону призводить до приблизно 35 тисяч гривень. Проте собівартість перевищує

цю суму на кілька тисяч, приблизно 40 тисяч гривень. Таким чином, аграрії

утрачають кошти і втрачають інтерес до вирощування пшениці.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



## Список Використаної Літератури

1. Features of fertilizers use under drought conditions. Propozytziya. 2016. (12): 68. Особливості застосування добрив у посушливих умовах. Пропозиція. 2016. № 12. С. 68—74.]
2. Господаренко Г. М. Удобрення сільськогосподарських культур. Київ. Вища освіта, 2010. 358 с
3. Ahmed A.G., Tawfik M.M., Hassanain M.S. Foliar feeding of potassium and urea for maximizing wheat productivity in sandy soil. Australian J. of Basic and Applied Sciences. 2011. 5(5). P. 1197–1203.
4. Вінничук Т.С., Кононюк Л.М., Дзялович О.А. Застосування агротехнічних заходів та способів хімізації при вирощуванні озимої пшениці в північному Лісостепу України // Землеробство. — 1998. — 71. — С. 75—78.
5. Ширинян М. Система удобрення озимих колосових в енергозберігаючих технологіях. / М. Ширинян, В. Бугаєвський, В. Кільдюшкин, А. Солдатенко // Агроном. — 2006. № 3. — С. 104-106.
6. Features of fertilizers use under drought conditions. Propozytziya. 2016. (12): Особливості застосування добрив у посушливих умовах. Пропозиція. 2016. № 12. С. 68—74.]
7. Когут П.М. До питання підживлення сортів озимої пшениці азотними добривами на різних етапах органогенезу / П.М. Когут, В.В. Лихочвор // Проблеми агропромислового комплексу України: стан і перспективи: тези наук. конф. присвяченої 140-річчю заснування ЛДСГІ. — Львів: Львів. держ. с.-г. ін-т, 1996. — С. 32-33.
8. С.М. Крамарьов Інтернет журнал «Агроном» 2021.
9. Друз'як В.Г. Формування якості зерна озимої пшениці на зрошуваних чорноземах Степу України / В.Г. Друз'як, В.П. Ключко, М.О. Цандур // Вісник аграрної науки. — 1997. — № 1. — С. 34-37.
10. Сайко, В.Ф. Наукові основи ведення зернового господарства / В.Ф. Сайко, М.Г. Лобас, І.В. Яшовський та ін. — К.: Урожай. — 1994. — 336 с.

11. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Мартинюк А. Т., Бойко В. П. Внесення основних елементів живлення з ґрунту культурами польової сівозміни за різного удобрення. Агрохімія і ґрунтознавство. 2021. № 91. С. 31–40.

12. Пономаренко С.П. Шляхами до екологічної сировини для вирощування продуктів дитячого харчування //Захист рослин. – 2005 – С.15.

13. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур / В. В. Лихочвор, В. Ф. Петриченко. - 3-тє вид., виправл., доповн. -Львів:Укр. технології, 2010. – 1088 с.

14. Рекомендації по виробництву високоякісного зерна озимих сортів пшениці і тритикале в північному Степу України / [Черенков А. В., Гасанова Т. І., Солодушко М. М., Конопльова Є. Л. та ін.] // Рекомендації. – Дніпропетровськ, 2011. –22 с.

15. Ширинян М. Система удобрення озимих колосових в енергозберігаючих технологіях./М. Ширинян, В. Бугасевський, В.Кільдюшкин, А. Солдатенко //Агроном. – 2006. №3. –С.104-106

16. В. В. Моргун, В. В. Швартау, Д. А. Кірізій // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку : зб. наук. пр. у 2–х т. – К. : Логос, 2009. – Т.1. – С. 11–42.

17. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Любич В. В., Бойко В. П. Засвоєння основних елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив пшеницею озимою на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України // Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020. Вип. 3(107). С. 35-44.

18. Safoora Asadi. Influence of different potassium fertilizer sources on sunflower production: 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 1–6 August 2010, Brisbane –Australia, 2010. P. 16–18.

19. Андрієнко В. О., Марчук І. У., Ященко Л. А. Калійний режим дерновопідзолистих та сірих опідзолених ґрунтів і його вплив на продуктивність сільськогосподарських культур в умовах Полісся. Вісник аграрної науки.2009. №10. С. 12–14.

20. Басанець О. Технології вирощування озимої пшениці. Журнал «СуперАгроном». Серпень 2019. Режим доступу: <https://superagronom.com/articles/290-tehnologiya-viroschuvannya-ozimoyipshenitsi-etapi-nyuansi-ta-vidminnosti-zalezno-vid-regionu>

21. Шегеда І. М. Вплив умов азотного живлення на фотосинтез, продуктивність і білковість зерна озимої пшениці / І. М. Шегеда, В. М. Починок, Д. А. Кірізій, Т. П. Маменко // Физиология растений и генетика. - 2018. - Т. 50, № 2. - С. 105-114.

22. Іщенко В.А. Продуктивність сортів гороху в господарствах Кіровоградської області [В.А. Іщенко] // Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва. – Дніпропетровськ, 2008. – № 33-34. – С. 251-255.

23. Майданюк В.В. Урожайність та якість пшениці озимої у Північному Ліссестепу залежно від технології вирощування. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2011. Вип. 1–2. С. 103–108.

24. Рекомендації по виробництву високоякісного зерна озимих сортів пшениці і тритикале в північному Степу України / [Черенков А. В., Гасанова І. І., Солодушко М. М., Конопльова Є. Л. та ін.] // Рекомендації. – Дніпропетровськ, 2011. – 22 с.

25. Г. М. Господаренко, О. Д. Черно, О. В. Никітіна Агрохімія калію / За заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ :ТОВ «ТРОПЕА», 2021. 264 с.

26. Лисенко, В.П. Дистанційне зондування зернових культур для програмування врожаю. [Монографія] / Лисенко В.П., Опришко О.О., Комарчук Д.С., Пасічник Н.А. – К."ЦП Компринт" – 367 с.

27. Лисенко, В.П. (2017) Перспективи використання безпілотних літальних апаратів для моніторингу стану азотного живлення зернових культур/ В.П. Лисенко, Н.А. Пасічник, О.О. Опришко, Д.С. Комарчук, Н.О. Опришко // Збірник наукових праць Національного наукового центру "Інститут землеробства НААН". – 2017. - Вип. 2.0 – С.108-114.

[http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml\\_2017\\_2\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml_2017_2_12)

28. Пасічник, Н.А. (2020) Створення вегетаційних індексів для потреб точного землеробства засобами MathCad // Н. А. Пасічник, В. П. Лисенко, О. О. Опришко, В. О. Мірошник, Д. С. Комарчук // Рослинництво та ґрунтознавство. Том 11, № 2 (2020). С. 50-58

29. Лисенко, В.П. Дистанційне зондування зернових культур для програмування врожаю. [Монографія] / Лисенко В.П., Опришко О.О., Комарчук Д.С., Пасічник Н.А. – К."ЦП Компринт" – 367 с

30. Лисенко, В.П. (2017) Перспективи використання безпілотних літальних апаратів для моніторингу стану азотного живлення зернових культур/ В.П. Лисенко, Н.А. Пасічник, О.О. Опришко, Д.С. Комарчук, Н.О. Опришко // Збірник наукових праць Національного наукового центру "Інститут землеробства НААН". – 2017. – Вип. 2. – С.108-114.  
[http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml\\_2017\\_2\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml_2017_2_12)

31. Носко Б. С., Прокошев В. В. Калійні добрива в землеробстві України. Москва: Міжнародний інститут калію, 1999. 55 с.

32. Бойко В.П. Аграрна наука Західного Полісся. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції "Шляхи інноваційного розвитку агровиробництва в Україні":зб.наук.праць. – Рівне, 2022. – 101с.

33. Інтернет сайт опису агрохімічних ресурсів [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://superagronom.com/dobriva-mikrodobriva/helat-tsinku-id16264>

34. Інтернет сайт супутникового моніторингу [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://eos.com/ru/products/satellite-monitoring/>