

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Агробіологічний факультет**

УДК 631.84:633.11”324”

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету

д.с.-г. наук., професор

_____ Віталій КОВАЛЕНКО

(підпис)

(ПІБ)

« _____ » _____ 2024

р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри

**агрохімії та якості продукції
рослинництва ім. О.І. Душечкіна**

д.с.-г. наук., професор

_____ Дмитро ЛІТВІНОВ

(підпис)

(ПІБ)

« _____ » _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему «Оптимізація азотного живлення рослин пшениці озимої за умов
просторової неоднорідності поля»**

Спеціальність 201 «Агрономія»

Освітня програма Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві

Орієнтація освітньої програми Освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

Доктор с.г. наук професор

(підпис)

Анатолій БИКІН

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Кандидат с.г. наук, асистент

(підпис)

Ігор БОРДЮЖА

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Богдан ЖИВОТЕНКО

(ПІБ)

КИЇВ—2024 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Агробіологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

**В.о. завідувача кафедри агрохімії
та якості продукції рослинництва**

ім. О.І. Душечкіна

доктор с.г. наук, проф. _____ Дмитро ЛІТВІНОВ
(підпис) (ПІБ)

_____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ**

ЖИВОТЕНКУ БОГДАНУ ВОЛОДИМИРОВИЧУ

Спеціальність 201 «Агрономія»

Освітня програма Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві

Орієнтація освітньої програми Освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Оптимізація азотного живлення рослин пшениці озимої за умов просторової неоднорідності поля»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «___» _____ 2024 р. №_

Термін подання завершеної роботи на кафедру «_____» _____

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: результати літературного пошуку, результати польового дослідження та лабораторних досліджень

Перелік питань, що підлягають дослідженню :

- 1.
- 2.
- 3.

Дата видачі завдання – _____ 2024 р

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи
Завдання прийняв до виконання

Ігор БОРДЮЖА
Богдан ЖИВОТЕНКО

РЕФЕРАТ

В даній роботі розглянемо найефективніші співвідношення елементів живлення, способи та строки внесення азотних добрив.

У системі удобрення озимої пшениці найскладніше забезпечити оптимальне азотне живлення. Ефективність осіннього внесення азоту знижується, особливо при збільшенні його дози. Для створення оптимальних умов живлення рослин азотом протягом всієї вегетації необхідно спочатку уникнути його надлишку, а пізніше забезпечити інтенсивне азотне живлення рослин.

В даній дипломній роботі буде розглянуто різні методи підживлення мінеральними добривами, для різних країн світу, а саме:

- Метод Бельгійського вченого Р.Лалу
- Метод Шнезвіг-Гольштейна, німецьких вчених
- Метод німецької компанії BASF
- Методи Великої Британії
- Метод підживлення в Україні.

Наше підживлення ми розраховували на основі методу розробленого Українськими вченими.

Матеріалом дослідження було вибрано земельну ділянку, яка знаходиться за адресою: Черкаська обл, Уманський р-н, с. Конела. Вихідні дані брались з аналізу ґрунту. На прикладі трьох дослідних ділянок поля зробленні розрахунки, по внесенні мінеральних добрив, для досягнення урожайності озимої пшениці 50 ц/га.

Практичне значення отриманих результатів, ми використаємо для досягнення найкращих результатів врожайності озимої пшениці.

ЗМІСТ

Реферат	4
Зміст	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ОЗИМА ПШЕНИЦЯ: ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ТА ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИНИ	8
1.1. Озима пшениця: характеристика, посів, збирання і зберігання	8
1.2. Особливості догляду, живлення, озимої пшениці	11
1.3. Фази розвитку зернових за ВВСН та оптимальні періоди підживлення	13
1.4. Роль добрив в живленні озимої пшениці	16
1.5. Вплив азоту, калію та фосфору на урожайність	16
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ УДОБРЕННЯ АЗОТОМ ЯК ВАЖЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ВИСОКОЇ ВРОЖАЙНОСТІ КУЛЬТУРИ, ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ	22
2.1. Живлення озимої пшениці азотом за методами різних країн світу	22
2.2. Методи підживлення озимої пшениці в Україні	23
2.3. Схеми підживлення азотом озимої пшениці	24
РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА ВПЛИВУ НА РІВЕНЬ ВРОЖАЙНОСТІ АЗОТНИХ ДОБРИВ, ПРИ НЕОДНОРІДНОСТІ ДОСЛІДНИХ ДІЛЯНОК	25
3.1. Опис дослідних ділянок	27
3.2. Обробіток ґрунту	28
3.3. Сівба і сходи озимої пшениці	30
3.4. Аналіз ґрунту	35
3.5. Відновлення вегетації, підживлення і захист Озимої пшениці	35
3.6. Біологічна і фактична врожайність. Збирання врожаю	43
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЛЯНОК ЗА ДОПОМОГОЮ ВЕГЕТАЦІЙНИХ ІНДЕКСІВ	47
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ	63
ВИСНОВКИ	65
Список використаних джерел	69

ВСТУП

Озима пшениця – головна продовольча культура, без борошна якої не може бути хлібопекарська та кондитерська галузі. Вирощування цієї культури інтенсивно відбувається по всій території України.

Збалансування живлення озимої пшениці забезпечує високі та якісні врожаї. Для формування врожаю зерна 1 т/га необхідно рослині засвоїти: азоту 25-35 кг; фосфору 11-13 кг; калію 20-27 кг, кальцію 5 кг, магнію 4 кг, сірки 3,5 кг, бору 5 г, міді 8,5 г, заліза 270 г, марганцю 82 г, цинку 60 г, молібдену 0,7 г.

Найважливіше в той час і найскладніше в системі удобрення пшениці озимої забезпечити оптимальний рівень азотного живлення. Також надлишок азоту восени призводить до стрімкого розростання. Ефективність дії азотних добрив залежить від наявності сірки. Інакше кажучи, без достатнього забезпечення рослини сіркою ефективно удобрення озимої пшениці азотом майже неможливе. Тому при підживленні озимої пшениці азотом потрібно використовувати повільно розчинні добрива, або вносити декілька разів.

Урожайність озимої пшениці і якість зерна залежать від забезпечення рослин елементами мінерального живлення впродовж всієї вегетації. Інтенсивні сорти характеризуються більш високими вимогами до умов живлення і тільки при повному і збалансованому забезпеченні поживними речовинами можуть повністю реалізувати свій генетичний потенціал.

Особливо ефективним внесення азотних добрив є ранньовесняне (по таломерзлому ґрунті).

Друга підживлення (продуктивне) - найбільш суттєво впливає на врожай зерна, проводиться на початку виходу рослин у трубку. Якщо ранньою весною вносилося 20% загальної норми азоту, то під час другої підгодівлі вносять 50%-60%. Норма добрив визначається першої підгодівлею.

Третя підживлення (якісне) - вноситься решту азоту (N_{30-60}) в період від початку фази колосіння до наливу зерна. Це збільшує тривалість активної діяльності верхніх листків, підвищує інтенсивність фотосинтезу, зростає маса 1000 зерен, підвищується врожайність і якість насіння.

В даній дипломній роботі буде розглянуто різні методи підживлення мінеральними добривами, для різних країн світу, а саме:

- Метод Бельгійського вченого Р. Лалу
- Метод Шнезвіг-Гольштейна, німецьких вчених
- Метод німецької компанії BASF
- Методи Великої Британії
- Метод підживлення в Україні.

Наше підживлення ми розраховували на основі методу розробленого Українськими вченими.

Матеріалом дослідження було вибрано земельну ділянку, яка знаходиться за адресою: Черкаська обл., Уманський р-н., с. Конела. Вихідні дані брались з аналізу ґрунту. На прикладі трьох дослідних ділянок поля зроблені розрахунки, по внесенні мінеральних добрив, для досягнення урожайності озимої пшениці 50 ц/га.

Практичне значення отриманих результатів, ми використаємо для досягнення найкращих результатів врожайності озимої пшениці.

РОЗДІЛ 1 ОЗИМА ПШЕНИЦЯ: ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ТА ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИНИ

1.1. Озима пшениця: характеристика, посів, збирання і зберігання

Пшениця – це одна з перших культур, яку змогли культивувати ще багато років тому. Її до тепер вона заслужено займає провідну позицію у рейтингу продуктів харчування у близько 50 країнах світу. Україна також входить до цього переліку, та крім того є потужним виробником та експортером цієї злакової культури.

В Україні пшеницю вважають однією з головних продовольчих культур. Із неї виготовляють цінний та культовий продукт для українців – хліб, тому народногосподарське значення зернової важко недооцінити. Якість хлібобулочних виробів визначає склад зернини. Серед інших зернових озима пшениця містить найвищий показник білка, який досягає до 15% залежно від технології виробництва та сорту. Крім того, зерно багате на вуглеводи та інші важливі мікроелементи.

Коренева система озимої пшениці має мичкуватий тип. Розгалужений корінь знаходиться у ґрунтовому шарі. Окремі відростки можуть досягати глибини до 2 метрів, залежно від сортових ознак культури. Первинна коренева система утворена з трьох або навіть шести коренів сформованих від зародка. Стебло формується на етапі проростання зернини. Його називають соломиною, яка поділена на декілька між вузлів, які розділяють стеблові вузли. Стебло зупиняє свій ріст після закінчення фази цвітіння. Через листову поверхню відбувається фотосинтез, газообмін та транспірація. У листках також тимчасово зберігаються поживні речовини. Колос – суцвіття пшениці. Він складається з стрижня та колоска. Останній має дві колоскові луски, з яких розвиваються зерна. Кожна зернина має зародок (не більше 3% від загальної ваги зернівки). Його та зернові оболонки відносять до категорії висівок.

Тривалість вегетації з фази коли сходить озима пшениця, становить у середньому 300 днів.

Континентом походження культурної пшениці вважають південний захід Азії. З часом культура поширилась по всій азійській частині материка та до початку нашої ери – в Африці. Наступними стали культивувати пшеницю європейці, які згодом завезли злак в Америку, спочатку в Південну, а потім у Північну. У 18-19 століттях вирощувати культуру почали і в інших континентах, так злак отримав світове визнання. Озима пшениця сорти– тверді й м'які, їх головна різниця в рівні твердості. Крім того, різняться за вмістом крохмалю та білка. А за якісними ознаками визначають класність пшениці.

Так, визнано шість класів:

- перші три класи (1, 2, 3) – зерно для продовольства групи А;
- наступні два (4 і 5) – зерно для макаронних виробів, непродовольчих потреб групи Б;
- останній клас (6) – зерно для годування худоби – фураж.

Класифікація якісних показників пшениці в різних країнах різниться. Загальноновизнаних стандартів у світі не існує.

Найбільш морозостійкі сорти

Морозостійкі сорти пшениці витримують низькі температури, до мінус 20 °С. Такі рослини не вибагливі до кліматичних умов, витримують значні морози. Дані сорти можна вирощувати навіть за пізньої сівби. Крім того, їх можна сіяти після небажаних попередників для злакових (наприклад, соняшнику). В Україні користуються популярність морозостійкі сорти «Харківська 96» та «Харківська 105». Їх урожайність в середньому досягає 5 т/га. Така озима пшениця після зими демонструє відмінний стан посівів.

Озима пшениця посів починається з підготовки насіння, яке обробляють засобами захисту від шкідників та хвороб. Його висівають різними методами: класичним із допомогою сівалки, No-Till, Strip-Till, точний дворядковий, широкорядний та інші. Озима пшениця терміни посіву визначають відповідно природно-кліматичних умов та особливостей сорту. Кращими періодом для України – 20 вересня-5 жовтня. На схожість озимої пшениці значно впливає глибина загортання, яка також визначає дружність сходів.

Глибина посіву. Висівати насіння необхідно у вологий ґрунт, щоб забезпечити відмінне проростання. Глибокий висів може негативно відобразитись на швидкості появи пагонів, та навіть спричинити їх відмирання. Оптимальна глибина становить 3 см за умов необхідної вологості.

Озима пшениця показує найвищу продуктивність за оптимальної норми висіву, яка визначається відповідно технології виробництва. Безпосередньо на показник впливають погодні умови, стан посівної площі, сортові особливості, а також процес і терміни сівби. За високої родючості та при оптимальному складу мінеральних речовин у ґрунті норму висіву зменшують. Для сортів із більшою куцистістю застосовують менші норми. Й навпаки показник можна збільшити на достатньо вологих, важких ґрунтах із низькою схожістю культури. Осима пшениця норма висіву для більшості сортів становить 160-250 кг/га чи 4-5 млн схожих насінин на гектар.

Строки висівання впливають на схожість, розвиток рослин та, в результаті, на врожай. Залежно від дати висіву посіви перебувають у різних агрометеорологічних умовах, які впливають на їх стан. Ранні строки можуть спричинити надмірне куцання та переростання рослин, а це впливає на зимостійкість та зараженість хворобами чи шкідниками. За пізнього висівання рослини можуть не встигнути розкуцятися та утворюють лише 3-4 листки. У такому разі коренева система формується навесні за достатньо високої температури та довгого світлового дня, а це уповільнює розвиток культури.

Визначення якості ґрунту для посіву:

Озима пшениця вимоглива до посівної площі. При виборі ділянки необхідно враховувати властивості ґрунту, стан засміченості та сівозміну. Високі показники врожайності пшениця показує на чорноземах, каштанових, сірих лісових, дерново-підзолистих землях. Вирощувати цю культуру варто на ґрунтах із середнім механічним складом та достатнім вмістом вологи. У посушливих регіонах значну увагу приділяють вологозбереженню.

Основні захворювання, яким піддаються посіви озимої пшениці

Хвороби на посівах розповсюджуються під впливом погодних умов, джерела зараження та фази розвитку пшениці. Різка зміна температури

провокує появу таких злісних захворювань озимої пшениці як септоріоз, гельмінтоспоріоз, фузаріоз колосу й інші. Для ефективного захисту необхідно зважати не тільки на погодні особливості та розвиток рослин, але й знайти збудника захворювання.

Строки збирання пшениці

Знизити втрати врожаю можна оптимізувавши строки збирання. Воскова стиглість сортів озимої пшениці – 10-12 днів, а повна – 6-10 днів. Якщо строки збирання в повній фазі збільшені, в такій пропорції змінюються і можливі втрати врожаю. Тому процес збирання потрібно організувати так, щоб жнива не затягнулися більш, ніж на 10 днів.

Збирання озимої пшениці

Поширеним способом збирання озимої пшениці є пряме комбайнування, а в окремих випадках користуються роздільним способом. Перший використовують коли посіви повністю стиглі, а вологість зерна становить максимум 18%. Роздільно збирають високі сорти пшениці, які можуть нерівномірно достигати та вилягати. Крім того, такий спосіб використовують за високої забур'яненості площі, вологості зерна – 30%, густоти стеблостою – 300 шт/м кв..

1.2. Особливості догляду, живлення, озимої пшениці

Інтенсивна технологія вирощування озимої пшениці передбачає постійний догляд за посівами, в першу чергу, підживлення культури, яке необхідне не лише, щоб отримати стабільні, високі та якісні врожаї, а і щоб зберегти родючість ґрунту і, як результат, загальну рентабельність виробництва.

Коренева система озимої пшениці на родючих ґрунтах здатна проникати на глибину до 2 м. Тому їй найбільше відповідають ґрунти з глибоким гумусовим шаром та сприятливими фізичними властивостями, достатніми запасами доступних для неї поживних речовин і вологи з нейтральною реакцією ґрунтового розчину (рН 6 - 7,5).

За виносом поживних речовин з ґрунту озима пшениця є азотофільною рослиною: 1 ц зерна виносить у середньому з ґрунту азоту 3,5, фосфору - 1,3, калію - 2,3 кг. На початку вегетації особливо цінними для пшениці є фосфорно-калійні добрива, які сприяють кращому розвитку її кореневої системи і нагромадженню в рослинах цукрів, підвищенню їх морозостійкості. Азотні добрива більш цінні для рослин навесні і влітку – для підсилення росту, формування зерна і збільшення в ньому вмісту білка. Коренева система пшениці найкраще розвивається на пухких ґрунтах, об'ємна маса яких становить 1,1 – 1,25 г/см³. Встановлено, що серед озимих культур озима пшениця – одна з найбільш вибагливих до ґрунтових умов вирощування. Найвища урожайність спостерігається при її вирощуванні на чорноземних ґрунтах, а на півдні - на каштанових і темно-каштанових ґрунтах. Коренева система пшениці нормально розвивається при нейтральній реакції ґрунтового розчину в межах рН = 6,5 – 7,5.

Озима пшениця належить до рослин довгого світлового дня.

Веgetаційний період її залежно від району вирощування коливається від 240 – 260 до 320 днів. Для пшениці необхідне інтенсивне освітлення. При затіненні рослин у загущених посівах нижні стеблові міжвузля надміру витягуються і пшениця вилягає.

На кінцеві виробничі показники по озимій пшениці впливають збалансовані дози використання NPK та інших мікроелементів. Необхідною складовою розробки системи живлення посівів зернової є використання складної комплексної препаративної форми. Крім того, варто зосередити увагу на створення і використанні позакорневих добрив, які значно підвищують засвоєння корисних елементів та знижують вплив шкідливих речовин на навколишнє середовище.

Вибір препаратів живлення залежить не лише від особливостей сорту, а й від фази росту і розвитку культури. Крім того, при визначенні мікроелементів важливо також враховувати ґрунтово-кліматичні особливості вирощування озимої пшениці для конкретної місцевості.

Значна частка витрат на виробництво зерна припадає на добрива.

1.3. Фази розвитку зернових за ВВСН та оптимальні періоди підживлення

Шкала фаз розвитку зернових ВВСН

Коли ми говоримо про вчасність проведення певних агротехнічних заходів, маємо на увазі комплекс умов, однак в основі лежать саме фенофази розвитку рослини відповідної культури.

Загалом у світі користуються кількома шкалами, за якими розподіляють етапи цього розвитку. Але в Україні наразі найбільш поширеною серед професіоналів є ВВСН - міжнародна, загальноприйнята шкала, розроблена в Німеччині. Ця система використовує десяткову систему коду, тобто вегетація культури поділяється на 10 фаз і 10 підфаз, тобто загалом 100 фаз розвитку, де 0 - це насінина, а 99 - готова до збирання культура.

Період кушення (ВВСН 21-29) - надзвичайно відповідальна фаза для формування майбутнього врожаю. На початку періоду відбувається утворення продуктивних стебел, а під кінець фази - зачатків колосу. Низьке забезпечення елементами живлення та дія несприятливих факторів навколишнього середовища в цей період може призвести до втрати 20-30% потенційної врожайності. Тож у цей період важливо забезпечити підвищення зимо- та морозостійкості, стійкості до ураження патогенами. А також сприяти стимуляції кушення, формуванню листкового апарату, розвитку кореневої системи.

Період від виходу в трубку і до появи прапорцевого листка - це найбільш критична фаза, яка істотно впливає на продуктивність. У фазі одного вузла у пшениці і жита (ВВСН 30-31) закінчується закладання колоса і визначається максимальне число зерен в колосі. У пшениці кожен колосок має 2-3 і рідше 4-5 сформовані квітки, які дають зерно. Решта квіток розвивається не повністю і не утворює зерна. На ранніх фазах формування колоса в колоску закладається до 8-9 зачатків квіток, але як тільки перші 2-4 квітки досягнули певного ступеня

розвитку, інші вище розташовані квітки перестають рости. Якщо в колосках замість двох-трьох квіток будуть нормально розвинені чотири-п'ять, і в них утвориться повноцінне насіння, це зумовить підвищення урожайності посівів більш ніж на 50%. У деяких сортів озимої пшениці при забезпеченні підвищеного рівня живлення можна отримати до 11 квіток і до 8 зерен в колоску.

Між фазою другого вузла і появою прапорцевого листка (ВВСН 32-39) триває «великий критичний період», коли протягом одного тижня довжина колоса зростає від декількох міліметрів до 10 см і більше. Різко збільшується чутливість рослин до дефіциту поживних речовин, води і світла. За дії несприятливих умов відбуваються редукція продуктивних пагонів. У пшениці й жита в нижній частині, у ячменю в верхній частині відмирають слабо розвинені колоски. Вважають, якщо кількість листків на пагоні менше п'яти, то можна очікувати зниження кількості колосків у колосі і продуктивності окремих рослин.

У цей період важливе забезпечення бором та комплексом макро- й мікроелементів - для стимуляції закладання продуктивних пагонів, інтенсифікації процесу фотосинтезу та підвищення загальної стресостійкості.

Саме у фазу від початку наливу зерна до воскової стиглості (ВВСН 71-87) формуються якісні показники майбутнього врожаю.

При цьому позакореневі обробки подовжують термін функціонування фотосинтетичного апарату та тривалості життя листків, як основного донора асимілятів, чим сприяють накопиченню більшої кількості поживних речовин, підвищенню якості та маси зерна.

Застосування макроелементів (азоту, фосфору та калію) у фазу кущення впливає передусім на густоту стеблостою; в фазі виходу в трубку - на кількість зерен в колосі; у більш пізні фази - головним чином, на масу 1000 зернин і вміст білка в зерні.

«Зернові культури особливо чутливі до таких мікроелементів, як Cu, Zn, Mn, B та добре реагують у критичні фази на застосування біологічно активних речовин. Мікроелементи беруть участь у багатьох біохімічних реакціях,

входять до складу ферментів, вітамінів, гормонів та інших біологічно активних речовин, чим активують ріст біомаси, підвищують ефективність фотосинтезу та стійкість рослин до несприятливих умов середовища. Тому протягом вегетації рекомендується проводити підживлення комплексами макро- та мікроелементів.

Си позитивно впливає на енергію проростання насіння, споживання рослинами азоту, підвищення стійкості до абіотичних стресів, разом з марганцем підвищує стійкість клітинних стінок і запобігає в'яненню та знижує ризик опіків від азотних підживлень КАС та іншими хімікатами.

«В осінньо-зимовий період у рослин озимої пшениці дуже часто має місце прихований дефіцит міді, оскільки візуальні симптоми проявляються лише за жорсткого дефіциту. Проте, нестача міді дуже сильно позначається на стані рослин у зимовий період і, врешті, на врожайності зерна. У такому випадку, тканинна діагностика рослин є ефективним способом виявлення дефіциту».

Mn відіграє ключову роль у фотосинтезі, азотному обміні (відновлення нітратів і синтез амінокислот), є складовою низки ферментів, що беруть участь у диханні, активує важливі метаболічні реакції в рослині. Адже марганець є кофактором більш ніж 35 ензимів у рослинах. Нестача марганцю безпосередньо позначається на фотосинтезі, в результаті чого зменшується кількість розчинних цукрів у рослинах, знижується зимостійкість і накопичення сухої речовини, зрештою - врожайність знижується.

Роль Zn в рослинах полягає у активації більш ніж 300 ферментів, синтезі нуклеотидів і фотосинтетичних пігментів, зокрема хлорофілу, а також незамінній ролі у метаболізмі ауксину.

«Цинк підвищує зимостійкість і морозостійкість рослин, оскільки впливає на перерозподіл цукрів з листків у корені у осінній період; підвищує активність триптофан-синтетази та стимулює утворення амінокислоти триптофану - попередника ауксину. Тому нормальне забезпечення рослин цинком сприяє активному розвитку кореневої системи молодих рослин, збільшуючи їх здатність до використання вологи з ґрунту, що особливо актуально для вже традиційних в Україні посушливих умов осені».

Починаючи з фази середини кушення, в період закладання колоса, запліднення і дозрівання особливе значення має забезпечення рослин В. Бор сприяє посиленню росту пилкових трубок і проростанню пилку, збільшенню кількості квіток і зерен, а за його відсутності порушується процес дозрівання насіння. Бор регулює синтез фітогормонів - ауксинів і фенолів, стимулює вуглеводний, білковий і нуклеїновий обмін та низку інших біохімічних процесів в рослинах. За нестачі бору порушується синтез, перетворення, транспорт вуглеводів та формування репродуктивних органів. Дефіцит бору найчастіше проявляється при нестачі вологи, на вапнякових та карбонатних ґрунтах легкого гранулометричного складу.

1.4. Роль добрив в живленні озимої пшениці

Пшениця - візитівка українських полів. Живлення пшениці є досить вибагливим: треба уникати голодування чи надлишку елементів. Пшениця потребує «суперфудів» на весь період розвитку, оскільки в землі фактично ніколи не буває достатньо всіх важливих елементів. А їх треба багато, і ось чому:

Щоб отримати 1 тону врожаю озимої пшениці треба від 24 до 35 кілограм азоту, 20 або до 26 кг калію, 10-15 кілограмів фосфору, кальцію - 5 кг, приблизно стільки ж магнію та сірки, 250 грамів заліза, 80 грамів марганцю, а також 55 г цинку, до 8 грам міді і бору.

Добрива поділяються на Макроелементи, Мезоелементи і Мікроелементи

-До макроелементів відносять: азот, фосфор, калій

Добрива які вносяться в ґрунт від 10 і більше кг в діючій речовині на 1 га поля

-До мезоелементів відносять: сірка, кальцій, магній

Вносять від 1 до 10 кг в діючій речовині на 1 га поля

-До мікроелементів входять: залізо, марганець, цинк, мідь, бор, молібден, кобальт. Вноситься до 1 кг в діючій речовині на 1 га поля

1.5. Вплив азоту, калію та фосфору на урожайність

Розглянемо основні показники впливу на урожайність макроелементів

Головна роль у системі добрив відводиться азотним добривам. Ще Д. Прянишніков вважав, що епохи у розвитку землеробства та відповідні їм рівні врожайності культур визначаються кількістю доступного рослинам азоту у ґрунті. Тобто той, хто навчиться ефективно керувати азотом у ґрунті з мінімальними його втратами, зможе підвищувати врожайність культур та зменшувати собівартість продукції.

У системі удобрення озимої пшениці важливо забезпечити оптимальне азотне живлення. Восени необхідно спочатку уникнути його надлишку, а навесні забезпечити інтенсивне азотне живлення рослин шляхом дробового його внесення в кілька прийомів або використовувати повільно розчинні добрива, або застосовувати інгібітори нітрифікації. Це дозволяє знизити втрати азоту від вимивання і денітрифікації нітратів, підвищити коефіцієнт використання рослинами азоту із добрив та дає 30-50% економії при застосуванні азотних добрив.

Нітрати в ґрунті дуже мобільні, слабо в ньому фіксуються і на легких ґрунтах можуть бути легко вимиті з кореневого горизонту. Нітратний азот здатний губитися в газоподібному вигляді після проходження процесу денітрифікації. Амоній, на відміну від нітрату, здатний обмінно поглинатися та утримуватися ґрунтом. За сприятливих умов нітрифікація амонійного азоту починається через 2-3 дні після внесення добрива й у середньому займає 5-6 тижнів.

Втрата азоту з ґрунту та добрив відбувається внаслідок денітрифікації - процесу відновлення нітратного азоту до вільного молекулярного азоту (N_2) або до газоподібного окису та закису азоту (NO та N_2O) або його вимивання у нижні шари.

Втрати азоту при денітрифікації нітратів із ґрунту та добрив дуже значні. Втрати азоту амонійних добрив становлять 20%, а нітратних - до 30%, у ґрунту, що парує, вони можуть досягати 40-50%. У польових умовах рослини засвоюють із добрив лише 30-50% азоту. Важливим завданням є зменшення втрат нітратного азоту внаслідок денітрифікації та його промивання в нижні шари ґрунту. У ЄС на законодавчому рівні з 2019 р. дозволено застосування

лише обробленого інгібітором карбаміду, що значно збільшує його ефективність та зменшує екологічне навантаження.

Період максимального споживання азоту рослинами настає на початку фази інтенсивного росту та триває досить довго. Тому для забезпечення рослин азотом протягом тривалого періоду і зменшення його втрат від денітрифікації та вимивання в нижні шари ґрунту часто використовують дробне внесення азотних добрив. Озима пшениця інтенсивно споживає азот та фосфор від фази весняного кушіння до початку колосіння, тобто в період інтенсивного росту вегетативних органів. До настання фази колосіння пшениця може поглинати до 78% азоту, 76% фосфору та 95% калію.

Калій - як і інші елементи живлення надходить із ґрунту з перших днів росту пшениці озимої до початку цвітіння, але найбільше його засвоюється у фази виходу в трубку і колосіння.

Калій поліпшує стійкість культур до повітряної посухи, хвороб, шкідників, забезпечує транспорт продуктів фотосинтезу з вегетативних органів до органів плодоношення. Але, на відміну від інших елементів, він виноситься із врожаєм у невеликій кількості, оскільки переважно зосереджений у соломі та інших пожнивних рештках культур.

Калій бере участь у процесах формування квіток і плодів. За його нестачі рослини схильні до різних хвороб, листки жовтіють, буріють і відмирають. Його додають і в період сходів, і в період підготовки рослини до зими. Наприклад, у критичні фенофази росту і розвитку сої дуже важливо забезпечити їй повноцінне живлення і поповнити усі існуючі дефіцити - особливо калію, оскільки це може суттєво вплинути на рівень майбутньої врожайності. Недостатня забезпеченість рослин калієм відчутно обмежує дію азоту, особливо це стосується низькобуферних ґрунтів. Повне задоволення потреб рослин у калії та фосфорі сприяє підвищенню загальної здатності краще підлаштовуватися під стресові умови та якомога безболісно їх переносити, що, зокрема, включає посухостійкість та зимостійкість в озимих культур. За інформацією Інституту живлення рослин, валовий вміст калію у ґрунті перевищує запаси фосфору та азоту разом узятих. В основному цей показник

залежить від гранулометричного складу ґрунту. Найбільша кількість калію у важких ґрунтах. У підорному шарі сірих лісових та дерново-підзолистих ґрунтів вміст калію більший, аніж у орному шарі. Проте основна маса калію перебуває у нерозчинній та малодоступній для рослин формі.

Переважно у всіх ґрунтах України спостерігається підвищений вміст калію, а середній та низький - лише у 30%. Та і ефективність калійні добрива проявляють не однаково на всіх типах ґрунтів. Найбільшу потребу в них відчують легкі дерново-підзолисті ґрунти Полісся, осушені торф'яники, сірі лісові ґрунти і вилужені чорноземи Лісостепу. Стосовно Степової зони, де природний вміст калію досить високий, калійні добрива рекомендовано вносити на зрошуваних, незасолених чорноземах, оскільки на солонцюваті і засолені ґрунти їх не вносять зовсім, тому що засвоєння калію рослинами практично зводиться до нуля

Фосфор - макроелемент, який грає структурну роль, так як входить до складу багатьох органічних сполук, що містяться в рослинах, а також сприяє гарному укоріненню і зміцненню кореневої системи.

Фосфору рослини засвоюють у кілька разів менше, ніж азоту, проте він відіграє надзвичайно важливу роль в їх житті, хоча є одним із проблемних елементів у побудові збалансованої системи живлення. Вміст його в рослинах становить 0,5–1% сухої речовини, зокрема на мінеральні сполуки припадає близько 10–15%, на органічні - 85–90%

Мінеральні сполуки фосфору в рослинах представлені фосфатами кальцію, магнію, калію амонію тощо. Нагромадження їх у стеблах рослин є ознакою високої забезпеченості рослин фосфором.

Органічні сполуки фосфору являють собою ефіри фосфорної кислоти. До них належать фосфатиди, фосфопротеїди, фітин, сахарофосфати, нуклеїнові кислоти, нуклеопротеїди, макроергічні та інші сполуки.

Найбільше фосфору міститься в репродуктивних органах і молодих частинах рослин, де інтенсивно відбуваються процеси синтезу органічних речовин. Фосфор сприяє швидшому утворенню кореневої системи рослин. При цьому рослини краще засвоюють воду і поживні речовини з ґрунту, швидше

формують надземну масу. Основну частину фосфору рослини використовують у перші фази росту і розвитку.

Потім фосфор легко переміщується із старих тканин у молоді, тобто відбувається його реутилізація. На відмінну від азоту фосфор прискорює розвиток рослин, сприяє їх визріванню. Він поліпшує їх водний режим і значно пом'якшує дію на них посухи завдяки нагромадженню у вузлах кушніння більшої кількості цукрів, поліпшує перезимівлю озимих культур і багаторічних трав, підвищує стійкість рослин проти хвороб, зрівноважує дію азотних добрив.

Оптимальне фосфорне живлення рослин стимулює всі процеси, що пов'язані з заплідненням квіток, зав'язуванням, формуванням і дозріванням плодів. Надлишок фосфору призводить до передчасного розвитку, відмирання листкового апарату і раннього дозрівання плодів, як результат рослини не встигають сформувати достатній урожай.

Нестача фосфору виявляється в затримці росту і розвитку рослин - утворюються дрібні листки, запізнюються цвітіння і дозрівання плодів. Нижні листки набувають тьмяно-сірого, темно-зеленого, а інколи пурпурового або фіолетового відтінку. З часом вони скручуються і передчасно відмирають. Проте слід мати на увазі, що антоціанове забарвлення листків є спадковою ознакою, наприклад, у деяких сортів і гібридів кукурудзи. Крім того, подібне забарвлення, наприклад, у капусти з'являється після заморозків внаслідок холодної і затяжної весни, яке з часом зникає.

В умовах значного фосфорного дефіциту часто проявляються ознаки азотного голодування. Це пояснюється зменшенням використання азоту для синтезу органічних сполук як результат нестачі фосфору. Тому ознаки азотного і фосфорного голодування досить часто збігаються.

Надходження фосфору в рослини залежить від їх біологічних особливостей, фаз росту і розвитку, рівня фосфорного живлення тощо. Найбільше фосфор потрібний рослинам у перші фази розвитку. Нестача його в цей період не може бути компенсована достатнім надходженням у наступні фази.

Більшість культур (цукровий буряк, картопля, капуста та інші) використовують фосфор рівномірно протягом усієї вегетації. Льон найбільше засвоює фосфору в період цвітіння, зернові колосові - у фази виходу в трубку і колосіння. Для всіх культур характерне інтенсивне переміщення фосфору з вегетативних до генеративних органів, особливо в період їх дозрівання.

Фосфор позитивно впливає на підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Крім того, він сприяє формуванню високих харчових і технологічних якостей продукції. Оптимальне фосфорне живлення рослин збільшує частку товарної продукції в біологічному врожаї (зерна відносно соломи у зернових, коренеплодів до гички у цукрового буряку). Водночас підвищується вміст крохмалю у картоплі, цукрів у коренеплодах, овочах і фруктах, олії - в олійних, у прядильних культур збільшується вихід довгого волокна, зростає його міцність.

Систематична проблема аграріїв полягає в недооцінюванні цього елемента, а це за собою супроводжує недовнесення фосфорних добрив, а також порушення оптимального співвідношення між фосфором, азотом і калієм.

Основними чинниками в розробці системи удобрення мають слугувати біологічні особливості культури та винос фосфору із запланованим урожаєм.

Господарський винос складається з кількості поживних речовин, яка вилучається з поля разом з основною або основною і побічною продукцією після її вивезення з поля під час збирання. Господарський винос залежить не тільки від культур, а й від врожаю, вмісту в ньому поживних речовин та умов вирощування. Наприклад, за урожайності пшениці 8,0 т/га із зерном і соломкою в середньому виноситься фосфору - 100 кг/га. Із ростом урожайності винос значно збільшується

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ УДОБРЕННЯ АЗОТОМ ЯК ВАЖЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ВИСОКОЇ ВРОЖАЙНОСТІ КУЛЬТУРИ, ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

2.1. Живлення озимої пшениці азотом за методами різних країн світу

У середині 1970-х років бельгійський учений Р. Лалу розробив систему удобрення пшениці озимої, яка передбачала внесення азоту в три строки: 1) у фазу кушення - 30 кг/га д.р. (у Бельгії - середина березня); 2) на початку виходу в трубку - 80 кг/га д.р. (середина квітня); 3) з появою прапорцевого листка - 30 кг/га д.р. Це стало початком впровадження інтенсивних технологій вирощування пшениці в Європі.

За системою Шлезвіг-Гольштейна, розробленою для північно-західних районів Німеччини (середня температура в січні-лютому 0 °С, родючі ґрунти, значна кількість опадів у період вегетації), перше підживлення азотними добривами проводять наприкінці січня - на початку лютого (90-130 кг/га д.р.), друге - на початку росту стебла (20-25 кг/га д.р.), третє - перед колосінням (60-80 кг/га д.р.).

За системою німецької компанії BASF перше підживлення пшениці озимої проводять у лютому - на початку березня (N_{80}), друге - на початку видовження стебла (N_{20-30}), третє - з появою прапорцевого листка (N_{60}).

У Великій Британії свого часу було розроблено 2 системи удобрення пшениці озимої. За мало витратною системою азотні добрива вносять один раз на ранніх стадіях росту (прощупування другого вузла), за інтенсивної - дози азотних добрив збільшують на 1/3. Основну їх кількість вносять у період появи першого вузла на стеблі.

За системою МБА, створеною BASF, як страховий захід проводять ранньовесняне підживлення, під час якого вносять зокрема N_{60-90} , причому тим більше, чим густіший стеблостій і пізніший строк сівби. Друге підживлення проводять малими дозами, третє - дозою N_{60} до появи колосу, оскільки в цей період активно засвоюється азот.

2.2. Методи підживлення озимої пшениці в Україні

В Україні розроблена система підживлення озимої пшениці азотними добривами, яка залежить від строків відновлення вегетації, фази розвитку культури, густоти та стану рослин на момент відновлення вегетації, вмісту мінерального азоту в ґрунті, генетичної продуктивності сорту. Удобрення азотом озимої пшениці навесні може складатися з 2-3 основних прийомів, завданням яких є забезпечення надходження до рослин доступного азоту в кількості, яка відповідає потребі у відповідний період споживання. Під час встановлення норми внесення азоту навесні за даними ґрунтової діагностики розрахунок ведеться так, щоб на момент другого підживлення в ґрунті містився необхідний запас мінерального азоту на заплановану врожайність.

Оскільки більшість азотних добрив є легкокорозчинними, то частину вносять восени до N_{10-30} (діамофоска 10:26:26 100 кг/га). А решту застосовують під час першого ранньовесняного підживлення по таломерзлому ґрунту, залежно від погоди, приблизно в кінці лютого - N_{30-60} ; під час другого в фазу «кінець кушіння - початок виходу рослин у трубку» (ВВСН 27-32) - до N_{30-90} ; і третє внесення - в період колосіння (ВВСН 51-59) - початку молочної стиглості (ВВСС 70-75). Перше (регенеративне) підживлення прискорює кушіння рослин, друге - найбільш вагомо впливає на врожай зерна, а третє - підвищує його якість. Критично важливим підживленням для озимої пшениці є перше і друге. Не бажано наприкінці зими (перше підживлення) розкидати по поверхні ґрунту карбамід через втрату азоту від 15 до 25%.

Такий підхід дозволяє фермерам економити кошти та знизити екологічну шкоду навколишньому середовищу, оскільки враховуються насамперед актуальні погодні дані, на основі яких складається прогноз використання добрива протягом актуального посівного сезону.

2.3. Схеми підживлення азотом озимої пшениці

Залежно від терміну внесення і агрегатного стану добрив (рідка, гранульована), як приклад, можливі такі алгоритми підживлення азотом озимої пшениці.

Перша схема:

1-ше підживлення - КАС-32 (по мерзлоталому), сульфат амонію (по мерзлоталому або ранньовесняне кушення);

2-ге підживлення - КАС-32 (кінець кушення).

Друга схема:

1-ше підживлення - аміачна селітра (по мерзлоталому), сульфат амонію (по мерзлоталому або ранньовесняне кушення);

2-ге підживлення - КАС-32 (кінець кушення).

Третя схема:

1-ше підживлення - аміачна селітра (мерзлоталий), сульфат амонію (мерзлоталий або ранньовесняне кушення);

2-ге підживлення - аміачна селітра (кінець кушення).

Четверта схема:

1-ше підживлення - аміачна селітра (мерзлоталий), сульфат амонію (мерзлоталий або ранньовесняне кушення);

2-ге підживлення - карбамід (кінець кушення).

РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА ВПЛИВУ НА РІВЕНЬ ВРОЖАЙНОСТІ АЗОТНИХ ДОБРИВ, ПРИ НЕОДНОРІДНОСТІ ДОСЛІДНИХ ДІЛЯНОК.

3.1. Опис дослідних ділянок

Ґрунт- це верхній пухкий родючий шар земної поверхні, де ростуть рослини і живуть організми. Ґрунти утворюються з гірських порід, які під дією холоду, тепла, води, вітру поступово подрібнюються та розпушуються. Гірські породи проходять процес руйнації, поки не перетворяться на пісок і глину. Листя, стебла та коріння рослин, відмерлі рештки тварин — все це стає їжею для мешканців верхнього шару землі. Так у результаті життєдіяльності рослин, тварин, грибів і мікроорганізмів, під впливом сонячного тепла, світла й опадів упродовж тривалого часу утворюється ґрунт.

В Україні поширені такі основні типи ґрунтів: чорноземи, дерново-підзолисті, сірі лісові. Найбільше перегною в чорноземах. Перегній склеює частинки ґрунту в грудочки, тому чорноземи легко пропускають воду й повітря, у них добре зберігається волога. Це найродючіші ґрунти у світі. Дерново-підзолистий ґрунт містить мало перегною, а тому малородючі. У сірих лісових ґрунтах частка гумусу більша, ніж у дерново-підзолистих, але менша, ніж у чорноземах.

Ґрунти — найбільше багатство нашої країни.

Наші дослідні ділянки закладені на ділянках що знаходиться за адресою: Черкаська область, Уманський район, с. Конела.

Черкаська область знаходиться в центральній частині України. Територія Черкаської області в цілому рівнинна і умовно поділяється на дві частини - правобережну і лівобережну.

Більша частина правобережжя розміщена в межах Придніпровської височини з найвищою точкою області, що має абсолютну висоту 275 м над рівнем моря, подекуди горбиста, порізана річками, ярами і балками. У прилеглий до Дніпра частині правобережжя знаходиться заболочена Ірдино-Тясминська низовина. Вздовж долини річки Дніпро на 70 км тягнеться Канівсько-Мошногірський кряж. Значні підвищення рельєфу надають території

гірського характеру. Цей район називають Канівськими горами і Мошногорами. Низинний і в деяких місцях заболочений рельєф має лівобережна частина області, яка розташована в межах Придніпровської низовини.

На правобережжі Черкаської області переважають чорноземи, на піднесених місцях світло сірі і сірі ґрунти. На лівобережжі більш поширені дерново-глеєві, могутні лучні і дерново-підзолисті ґрунти.

Клімат регіону помірно континентальний. Зима м'яка, з частими відлигами. Літо тепле, в окремі роки спекотне, західні вітри приносять опади. Пересічна середня температура повітря $+7$ — 9 °С. Середня температура найхолоднішого місяця січня -3 — 5 °С. Середня температура липня становить $+20$ — 22 °С. Максимальна $+45$ °С, мінімальна -37 °С. Період з температурою $+10$ °С становить 160—170 днів. Опадів 450—520 мм на рік.

Наші дослідні ділянки знаходяться в зоні Лісостепу, темно-сірих опідзолених ґрунтах. Гранулометричний склад – середньо суглинковий.

З південно-східної сторони ділянки знаходиться щільні засадження яблуневого саду, що не дає розгулятися вітру. З північно-західної сторони знаходиться яр. З півночі і півдня ділянку оточує відкрита місцевість (сільськогосподарські поля)

Дослідні ділянки знаходяться на відносно рівній поверхні з перепадом в 1 м від сходу до заходу (Рис 3.1). Площа дослідних ділянок по 0,5 га кожна.



Рис 3.1. Схема розміщення дослідних ділянок

3.2. Обробіток ґрунту

Обробіток ґрунту — це сукупність прийомів механічної дії на верхній шар ґрунту, з метою підвищення його родючості та оптимізації умов для розвитку рослин. Подрібнення орного шару дозволяє поліпшити водо- і повітропроникність землі, активувати діяльність мікроорганізмів, захистити поле від бур'янів і хвороб.

Прийоми обробітку ґрунту різняться між собою ступенем впливу на ґрунт, глибиною, рівнем подрібнення і типом використовуваної техніки. Класичним методом є відвальна оранка, однак зараз все частіше аграрії віддають перевагу більш ощадним способам, таким як мінімальна, нульова обробка і Strip-Till.

В нашому варіанті використано класичний обробіток ґрунту на двох дослідних ділянках і метод мінімального обробіткого ґрунту на одній ділянці. Класичний обробіток ґрунту полягає в механічному впливі на ґрунт відвальним плугом з оборотом орного шару і кришенням землі. Мінімальний обробіток ґрунту - це безплужна система обробітку ґрунту, яка складається тільки з мінімального, поверхневого обробітку ґрунту шляхом змішування лише верхніх його шарів.

15 серпня проведено лушення двох дослідних ділянок, (першої і другої) відразу після збирання попередника ярої пшениці. Лушення провели дисковим плугом АГ 1.8-20 у двох напрямках на глибину 6-8 см. Даний агротехнічний прийом, сприяє збереженню вологи в ґрунті, зниженню забур'яненості в полі, поліпшує санітарний стан поля, активізує мікробіологічні процеси, проводить загортання післяжнивних решток й добрив. Лушення сприяє високій якості наступної оранки і помітно зменшує питомий опір ґрунту.

12 вересня провели оранку земельних ділянок (першої і другої) оборотним плугом ПЛН 3-35 на глибину 22см. Оранка - це основний спосіб обробки ґрунту, він спрямований на поліпшення структури ґрунту, підвищення її родючості, насичення поживними речовинами і підготовку до посівів.

15 вересня провели лушення третьої дослідної ділянки після збирання попередника сої за допомогою дискового плуга АГ 1,8-20 на глибину 10-12 см в

двох напрямках. Лущення — обробіток ґрунту після збирання попередньої культури, який забезпечує подрібнення, розпушування, перевертання та перемішування ґрунту, підрізування бур'янів та загортання їх решток у верхньому шарі ґрунту.

30 вересня перед початком висівання озимої пшениці, всі три дослідні ділянки виробили культиватором, що допомогло нам знищити бур'яни які походили і вирівняти земельну ділянку.

Після посіву провели коткування земельної ділянки. Даний агрозахід допоміг розбити груддя, ущільнити ґрунт для кращої взаємодії з насінням.

3.3. Сівба і сходи озимої пшениці

30 вересня провели посів (Рис. 3.2) в малозволожену, суху землю сорту озимої пшениці третьої репродукції Богдана, Норма висіву 4.3 млн одиниць на 1 га.

Характеристика Озимої пшениці Богдана:

оригіатор: Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла НААН.

Занесений до реєстру сортів рослин України на 2006 рік для вирощування у поліській, лісостеповій та степовій зонах України.

Біологічні ознаки: сорт середньостебловий, інтенсивного типу, середньостиглий. Стійкий до вилягання. Морозостійкість висока. Посухостійкий. Середньостійкий до ураження борошнистою росою та бурюю листовою іржею. Стійкий до осипання зерна.

Урожай зерна в державному сортовивченні 2004 року в 42 сортодослідах становив 53,9 – 95,5 ц/га.

Агротехнічні вимоги: сорт необхідно вирощувати за інтенсивною технологією з внесенням оптимальних доз мінеральних добрив. На високих фонах мінерального живлення для запобігання вилягання, необхідно вносити ретарданти. Для забезпечення отримання високих урожаїв зерна необхідно

проводити також захист рослин від шкідників та хвороб, особливо після викидання колосу, фунгіцидами типу альто супер, фалькон чи фолікур.

З метою отримання високоякісного зерна потрібно проводити третє підживлення сухими азотовими туками чи позакореневе підживлення карбамідом N10–15 кг на га у фазі колосіння –молочна стиглість.

Норма висіву насіння 4,5–5,5 млн схожих зерен на 1 га залежно від зони та вологозабезпечення.



Рис 3.2. Підготовка до сівби

Сівбу проводили сівалкою СЗ 3,6 з міжряддям 15 см на глибину 3-4 см
Сівбу провели із закладанням наступного експерименту:

0.5 га (ділянка 1) –попередник яра пшениця, обробіток ґрунту лушення, оранка, культивація, коткування, без підживлення. В попередні роки внесено велика кількість органічних добрив.

0.5 га (ділянка 2) попередник яра пшениця, обробіток ґрунту лушення, оранка, культивація, коткування, підживлення 50 кг діамофоска в діючій речовині 10-24-24.

0.5 га (ділянка 3) – попередник соя, обробіток лушення, культивація, коткування після посіву, без підживлення.

Перший дощ пройшов 16.10.2023, промочив ґрунт на 100 мм.

21.10.2023 появились перші сходи озимої пшениці. Найкращі сходи на 1 ділянці де вносились органічні добрива у великій кількості (15 років тому був загін для тварин ВРХ)

В середньому нараховано від 35 до 47 схожих одиниць на 1 м кв. На ділянці 1 в одному місці нараховано 73 схожих одиниці озимої пшениці.

В зиму озима пшениця ввійшла в задовільному стані не менше трьох листків.

3.4. Аналіз ґрунту

21.10.2023 взяті зразки на аналіз ґрунту. Зразки взяті за діагональним методом на глибину до 25 см. Зразки ґрунту взяті з усієї площі експерименту 1.5га. Аналіз ґрунту провів в ДП Укрхіманаліз (Рис. 3.3) на 14 показників.

Макроелементи:

1. Азот нітратний
2. Азот легкогідролізний
3. Фосфор рухомий
4. Калій рухомий

Загальні показники:

5. Органічна речовина (гумус)
6. рН водної витяжки
7. рН сольової витяжки
8. Засоленість загальна
9. Питома електропровідність
10. Гідролітична кислотність
11. Сума увібраних основ

Мезоелементи:

12. Сірка рухома
13. Кальцій обмінний
14. Магній обмінний



СЕРТИФІКАТ АНАЛІЗУ

№ А2852 від 14 лютого 2024 р.

Замовник: Животенко Богдан

Зразок: ґрунт. Проба відібрана Замовником.

Місце відбору:

Результати агрохімічного аналізу ґрунту

№	Показник	Одиниця виміру	Результат	Рівень забезпечення				
				Наднизький	Низький	Середній	Високий	Надвисокий
Макроелементи	1 Азот нітратний	мг/кг	60,3	Надвисокий				
	2 Азот лужногідролізований	мг/кг	119	Низький				
	3 Фосфор рухомий (по Чірікову)	мг/кг	96	Середній				
	4 Калій рухомий (по Чірікову)	мг/кг	204	Надвисокий				
Загальні показники	5 Органічна речовина	%	5,3	Високий				
	6 рН водної витяжки		7,0	Нейтральна				
	7 рН сольової витяжки		5,9	Близька до нейтральної				
	8 Засоленість загальна	мг/100г	41	Незасолений ґрунт				
	9 Питома електропровідність	мСм/см	0,08	Незасолений ґрунт				
	10 Гідролітична кислотність	ммоль*екв/100г	5,14					
	11 Сума увібраних основ	ммоль*екв/100г	12					
Мезоелементи	12 Сірка рухома	мг/кг	0,5	Наднизький				
	13 Кальцій обмінний	ммоль*екв/100г	16,8	Високий				
	14 Магній обмінний	ммоль*екв/100г	0,60	Низький				

Виконав

Затвердив

Кунгурова О.В.



Активуй
 Чтобы активировать
 раздел "Па"

Рис 3.3. Агрохімічний аналіз ґрунту

1. Азот нітратний - ця форма азоту є дуже доступною для рослин і використовується для фотосинтезу та росту. Але нітратний азот може легко виводитися з ґрунту водопроникними шарами, що в надлишку може призвести до забруднення водних джерел. В нашому ґрунті азоту нітратного в період відбору зразків знаходиться в надвисокій кількості 60.3 мг/кг, що свідчить про можливість занітрачення ґрунту.

2. Азот лужногідролізований показник, що вказує на вміст потенційно доступного азоту для рослин. В нашому випадку цей вміст становить 119 мг/кг, що є низьким вмістом забезпеченості ґрунту.

3. Фосфор рухомий-це мінеральний фосфор і частина органічного, яка найближчим часом перейде в мінеральну форму і може бути використана рослинами. Використання фосфору рослинами із ґрунту визначається її кислотністю: чим кисліше ґрунт, тим менш доступним стає фосфор.

96 мг/кг це середня забезпеченість ґрунту цим елементом. Фосфор відіграє важливу роль на початкових стадіях росту і розвитку рослини.

4. Калій рухомий -Калій для рослин відіграє дуже важливу роль. Калій підвищує активність ферментів, які беруть участь у вуглеводному обміні, зокрема сахарази і амілази. Калій найменше виноситься з ґрунту, так як він в основному міститься у соломі і інших поживних рештках культур.

204 мг/кг є надвисокою забезпеченістю ґрунту в цьому елементі.

5. Сірка рухома- це один з 13 елементів, необхідних для правильного росту та розвитку рослин. Роль сірки впливає з функцій цього елемента у формуванні ланцюга основних процесів, що відбуваються в організмі рослин. Серед них особливе значення мають процеси, пов'язані з азотом, при яких сірка відповідає за:

- відновлення нітратів;
- відновлення атмосферного азоту (N₂);
- синтез білків (входить до складу незамінної амінокислоти метіонін, з якої починається синтез будь-якого білку у всіх еукаріотів);
- споживання та відновлення сульфатів.

12 мг/кг є низьким забезпеченням ґрунту в цьому елементі. Для досягнення гарної врожайності її потрібно доносити.

6. Кальцій обмінний -Кальцій активує ферменти, посилює обмін речовин, позитивно впливає на процес перетворення азотовмісних сполук у рослинах. Важлива роль належить кальцію у створенні клітинних оболонок, підтриманні кислотно-лужної рівноваги (буферності) в рослинних організмах.

16.8 ммоль екв/100г – високий вміст даного елемента в ґрунті

7. Магній обмінний - У рослин магній входить до складу пігменту хлорофілу, і таким чином є необхідним для фотосинтезу.

0.6 ммоль екв/100г являється низьким вмістом даного мікроелемента.

8. Органічна речовина -це сукупність рослинних і тваринних решток, які знаходяться на різних стадіях розкладу, і специфічних ґрунтових органічних речовин – гумусу.

5.3% є високим вмістом органічної речовини, що є гарним показником, для досягнення хорошої врожайності.

9. рН водної витяжки- Кислотність є основою ґрунтової хімії та у першу чергу впливає на активність у ґрунті елементів живлення і їхнє засвоєння рослинами. Кислі ґрунти мають рН менше 7, нейтральні — близько 7, а лужні — понад 7

В нашому досліджуваному ґрунті рН -7, що є нейтральним значенням і означає найкраще засвоєння мікро, макро і мезоелементів ґрунтом.

10. рН сольової витяжки - Величина рН сольової витяжки розчину характеризує потенційну кислотність ґрунту. Як правило, рН сольової витяжки нижче рН водної витяжки. Значення рН сольової витяжки (обмінної кислоти) має важливе значення для вирішення питань вапнування ґрунтів, застосування добрив. РН 5,9 близький до нейтрального, що є хорошим показником.

11. Засоленість загальна це наявність у ґрунті великої кількості водорозчинних солей, в основному Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} згідно аналізу ґрунти не засолені.

12. Питома електропровідність - Питома електропровідність використовується для оцінки загальної кількості розчинених у воді (суспензії) солей натрію, калію, кальцію, хлору, сульфату, гідрокарбонату і ін. 0.08 мСм/см. Вказує на незасолений ґрунт

13. Гідролітична кислотність - показує максимально можливу кількість водню й алюмінію, що знаходяться в обмінному стані в ґрунті. 5.14 ммоль екв/100г є середнім показником для нашого ґрунту

14. Сума ввібраних основ (СВО)– вміст в ГПК ґрунтово поглинальному комплексі лужних та лужноземельних іонів (Ca , Mg , Na , K), в мг – екв/100 г

грунту. Показник 12 ммоль екв/100г є невисоким показником, характеризує сірі лісові ґрунти. Тобто збереження поживних речовин в ґрунті є невисоким.

На основі аналізу ґрунту і знаючи виніс елементів (Табл. 3.1) та коефіцієнт використання поживних речовин для формування 1 тони урожаю (Табл. 3.2), використавши для обрахунку Закон Мінімуму (Лібіха) який говорить « найбільш значущий для рослини той фактор, який знаходиться у мінімальному значенні» визначимо потенційну врожайність без внесення мінеральних добрив (Табл. 3.3).

Таблиця 3.1.

Потреба для озимої пшениці в макроелементах, для формування урожайності

Озима пшениця	Винос елементів живлення для формування 10 га
Азот кг\га	35
Фосфор P ₂ O ₅ кг\га	11
Калій K ₂ O кг\га	24

Таблиця 3.2

Коефіцієнт використання поживних речовин з ґрунту

Поживні речовини	Значення коефіцієнту
Азот	0,3
Фосфор P ₂ O ₅	0,15
Калій K ₂ O	0,2

Дані з аналізу ґрунту переведемо в кг/га

Азот -357 кг/га

Фосфор – 288 кг/га

Калій – 612 кг/га

Таблиця 3.3

Розрахунок планової урожайності без внесення мінеральних добрив.

Макро-елементи	Розрахунок урожайності за Азотом	Розрахунок урожайності за Фосфором	Розрахунок урожайності за Калієм
Азот	30.6 ц/га		
Фосфор		39.2 ц/га	
Калій			51ц/га

Можемо зробити висновок, що при сприятливих умовах, потенційний врожай без внесення мінеральних добрив може становити 30.6 ц/га. В даному варіанті найбільш значущим для рослини є азот.

3.5. Відновлення вегетації, підживлення і захист Озимої пшениці

Навесні, коли середньодобові температури сягають 4 — 5 °С пшениця відновлює вегетацію і продовжує кущитись ще 25-30 днів.

28.02.2024 – проведено агротехнічний захід на всіх трьох ділянках, як розрихлення ґрунту бороною, що дало можливість закрити вологу і дати кисень для біоти.

01.03.2024 – проведено перше підживлення селітрою аміачною в кількості 125 кг на 1.5 га, що в перерахунку становило 28.33 кг в д.р. Найбільш поширеним та ефективним добривом на озимій пшениці в період інтенсивного її росту є аміачна селітра (застосовують у всіх ґрунтово-кліматичних зонах України). Це водорозчинне фізіологічно слабокисле швидкодіюче азотне добриво, яке містить NH_4 і NO_3 у співвідношенні 1:1. За своїми властивостями аміачна селітра позитивно впливає на засвоєння низки інших елементів живлення: калію, кальцію, марганцю. Нітратна складова цього добрива інтенсивно поглинається в теплу погоду, проте за надмірних опадів легко вимивається в глибші горизонти ґрунту. Амонійний азот добре засвоюється

рослинами і за низьких температур. Він сприяє розвитку коренів, пришвидшує кущіння, інтенсифікує поглинання фосфору, бору, сірки. Також амонійна форма азоту доступніша на лужних ґрунтах. Для ранньовесняного підгодовування більш придатною вважається аміачна селітра, адже вона на 15-20% ефективніша карбаміду.

Підживлення провели за методом Бузинського – сівалкою СЗ 3.6 .

Метод Бузицького найбільш ефективний при дефіциті вологи, має прикореневе підживлення озимих рядковими (зерновими) сівалками. По-перше, добрива, які вносяться рядковими сівалками, потрапляють одразу в ризосферну (кореневмісну) зону ґрунту 3-5 см, з якої найбільш швидко та максимально засвоюються кореневою системою. По-друге, рядкові сівалки поряд з підживленням, виконують допоміжну, не менш важливу функцію – руйнування ґрунтової кірки, завдяки чому істотно покращується повітропроникність і знижується температура верхнього шару ґрунту, що в сукупності сприяє кращому росту й розвитку рослин.

09.03.2024 провів огляд трьох дослідних ділянок.

Температура ґрунту 0-2 С. Кущення краще на ділянці №1, присутні три паростки. На першій ділянці спостерігається відновлення вегетації (появляється додаткова коренева система) На площі 1м кв орієнтовно 300 схожих одиниць пшениці. Коренева система гарно розвинута (Рис. 3.4).



Рис 3.4. Коренева система озимої пшениці та стан поля на ділянці № 1

Ділянка №2 – кушення гірше ніж на ділянці №1 На площі 1м кв орієнтовно 250 схожих паростків озимої пшениці. Відновлення вегетації спостерігається (Рис 3.5).



Рис 3.5. Коренева система озимої пшениці та стан поля на ділянці № 2

Ділянка № 3 На площі 1 м кв 220 схожих паростків озимої пшениці, відновлення вегетації спостерігається. Коренева система розвинута гірше (Рис 3.6).



Рис 3.6. Коренева система озимої пшениці та стан поля на ділянці № 3

Можемо зроби висновок, що на всіх трьох дослідних ділянках почалось відновлення вегетації (спостерігається ріст додаткової кореневих пагінців), але на ділянці № 1 візуальний огляд показав найкращий стан озимої пшениці. Кущення три і більше пагонів, коренева система найкраще розвинута, на 1 м кв найбільше пророслих одиниць пшениці.

04.04.2024 Провели друге підживлення на трьох дослідних ділянках в кількості 150 кг на 1.5 га

Підживлення провели комплексом добрив до якого входив:

50 кг карбаміду, 50 кг аміачна селітра, 50 кг сульфат амонія, що в перерахунку на кожен ділянку становило 33.6 в д.р азоту і по 8 кг в д.р сірки

Основні форми азоту, які внесли у складі добрив другого підживлення:

Амідна (NH_2). Перетворюється у ґрунті в амонійну, а пізніше нітратну форму.

Амонійна (NH_4). Амонійна форма азоту частково перетворюється у нітратну.

Нітратна (NO_3). Не затримується ґрунтом і легко вимивається у глибші шари, але найлекша для засвоєння рослиною.

Рослини можуть засвоювати азот у трьох формах: амонійній, нітратній і амідній.

Карбамід (сечовина) – гранульоване добриво з найвищим вмістом азоту (46%) серед твердих добрив, містить амідну форму азоту. Особливістю сечовини є те, що амідна форма азоту може засвоюватись безпосередньо листками рослин, тому її можна використовувати як для міжрядкового, так і для позакореневого підживлення в пізні фази вегетації рослин задля поліпшення якості продукції. Амідна форма азоту не вимивається, тому вона перспективна в регіонах із підвищеною вологістю і на зрошуваних полях.

Сульфат амонію Завдяки такому складу це добриво має свої переваги.

Амонійна форма азоту:

-забезпечує збільшення врожаю до 15% у зернових і до 25% в інших культурах.

Підживлення провели сівалкою СЗ 3.6 методом Бузинського.

Друге підживлення провели наприкінці кушіння – на початку фази трубкування ВВСН 29-30

13.04.2024 Провів огляд посівів на дослідних ділянках.

На ділянці №1 де вносились органічні добрива, візуально пшениця виглядає найкраще в середньому нарахував 600 продуктивних пагонів на 1 м кв. Присутні бур'яни. Температура ґрунту 16° С (Рис 3.7). Коренева система гарно розвинута. Проявляються хвороби такі як борошниста іржа.



Рис 3.7. Стан розвитку рослини та контрольний замір температури ґрунту на ділянці №1

На ділянці №2 кушіння менше ніж на ділянці №1 в середньому нарахував 550 продуктивних пагонів на 1 м кв (Рис 3.8) . Спостерігається присутність бур'янів і хвороб.



Рис 3.8. Стан кореневої системи та розвиток рослини (Ділянка 2)

Ділянка №3 без бур'яну, але візуально стан посіву гірший чим на ділянках 1 і 2. Нарахував найбільшу кількість продуктивних рослин на 1 м кв 642. Більшість рослин мають 1, мах 2 продуктивних пагони (Рис 3.9). Рослина бідніша, ніжка тонша.



Рис 3.9. Коренева система озимої пшениці та стан поля на ділянці № 3

У зв'язку з погіршенням погодних умов, а саме пониження т температури, обробіток рослин озимої пшениці провели аж 27.04 при температурі навколишнього середовища 18-20С. Фунгіцид і гербіцид вносився у баковій суміші 300 л на 1.5 га. разом з прилипачем

Фунгіцид – Старпро фунгіцид із класу триазолів. Діюча речовина тебуконазол, має як лікувальну так і захисну дію протягом 2-4 тижнів проти комплексу грибкових хвороб такі як: септеріоз листя, борошнистої роси, видів іржі. Також являється ефективним засобом для контролю альтерналіозу та кладоспоріозу колоса. Вноситься в кількості 0,5 літра на 1 га.

Гербіцид Зернодар післясходовий системної дії для знищення дводольних бур'янів в посівах зернових колосових культур. Діюча речовина трибенурон-метил.

Спектр дії: Осот (види), жабрій (види), сухоребрик (види), ромашка (види), жовтець (види), зірочник середній, редька дика, кропива глуха, латук (види), кучерявець (види), грицики звичайні, роман польовий, роман собачий, амброзія звичайна, талабан польовий, фіалка польова, соняшник звичайний (падалиця), ріпак (падалиці)

Вносили 40гр на 1.5 га.

Прилипач 350 гр на 300 л води

04.05.2024 взято на аналіз зразки ґрунту з трьох дослідних ділянок, методом по діагоналі.

Стан посівів в задовільному стані, бур'ян поживк. В середньому візуальний огляд показує, що хвороби не прогресують (Рис 3.10). Коренева система на всіх ділянках гарно розвинута (Рис 3.11). Температура ґрунту 14С. РН 6.3 – 6.9 на різних ділянках (Рис 3.11), думаю пониження кислотності виникло в результаті обробітку ґрунту ЗЗР. Наявність в ґрунті дощових черв'яків (Рис 3.12) показує про активність біоорганізмів. Пшениця перебуває в стадії ВВСН 34 (стадія 4-го вузла кушення. Четвертий вузол видно, відстань від 3-го щонайменше 2 см) на ділянках 1 і 2. На ділянці №3 пшениця перебуває

в стадії ВВСН 33 (стадія 3 вузла кущення. Третій вузол видно, відстань від 2-го вузла щонайменше 2 см)

Результати аналізу:

Ділянка №1 – 29.1 мг\кг азоту нітратного

Ділянка №2 -24.8 мг\кг азоту нітратного

Ділянка №3 – 24.6 мг\кг азоту нітратного

Згідно таблиці 3.4 можна зробити висновок, що в даний період норма забезпеченості нітратним азотом підвищена

Таблиця 3.4.

Визначення доз азотних добрив для підживлення озимих культур за рівнями забезпеченості доступними сполуками азоту у шарі 0-30 см

Рівень забезпеченості азотом	Вміст мінерального азоту, мг/кг	Вміст нітратного азоту, мг/кг
Дуже низький	менше 20	менше 5
Низький	21-30	6-10
Середній	31-40	11-20
Підвищений	41-50	20-30
Високий та дуже високий	більше 50	більше 30



Рис 3.10. Зразки рослин з трьох ділянок на 04.05.2024



Рис 3.11. Контрольний замір рН ґрунту, та загальний вид коренів



Рис 3.12 Наявність біологічних організмів в ґруті

08.06.2024 Стадія розвитку озимої пшениці ВВСН 65 (Цвітіння, Середина цвітіння 50% зрілих тичинок) Підраховано кількість рослин на 1 м кв.

Ділянка №1 показав в середньому 490-500 колосків.

Ділянка №2 показала в середньому 500 колосків на 1 м кв.

Ділянка №3 найгірший результат 380-400 колосків на 1 м кв.

На ділянці №3 візуально колоски більш наповнені. Стан пшениці на всіх трьох ділянках задовільний, Паразити (комахи) відсутні. Температура ґрунту 21°C

РН 7. Ґрунт зволожений, пройшли дощі.

3.6. Біологічна і фактична врожайність. Збирання врожаю

02.07.2024 Визначимо біологічну врожайність Озимої пшениці на наших дослідних ділянках.

Біологічна врожайність-це загальна маса продукції яка вирощується на певній ділянці, за певний період часу. Визначення біологічної врожайності дає розуміння про ефективність технології вирощування, а також можна спрогнозувати майбутній врожай.

Біологічну врожайність у нас на полі визначаємо за формулою:

$$V=(K_{кв1мкв}*K_{зв1кол}*V_{1000\text{ нас}} / 1000)*10000$$

V- біологічна врожайність

$K_{кв1мкв}$ – Кількість колосків в 1 метрові квадратному

$K_{зв1кол}$ – Кількість (середня) зерен в 1 колоску

$V_{1000\text{ нас}}$ - Вага 1000 насінин (приймаємо 35 грам)

Перша ділянка, на момент визначення маємо стадію розвитку пшениці ВВСН 73-75 (середня молочна стиглість, 50% зернят досягли свого остаточного розміру)

Для визначення кількості колосків в 1 м квадратному використали дерев'яну рамку 0,5*0,5 м

Середня кількість колосків на ділянці становила -410 шт (Рис 3.13).

Кількість насінин в 1 колосі -40 шт (Рис 3.14)

$$V= (410*40*0,35/1000)*10000=57,4 \text{ ц/га}$$

Ділянка номер два має стадію розвитку ВВСН 73-75

Середня кількість колосків на 1 метрові квадратному -400 шт (Рис 3.13).

Кількість зернят в одному колоску в середньому -38 шт (Рис 3.14)

Підставляємо дані у формулу:

$$V= (400*38*0,35/1000)*10000= 53,2 \text{ ц/га}$$

Дослідна ділянка номер три має стадію розвитку пшениці ВВСН 71-73 (Перші зерна досягли половину свого остаточного розміру)

Середня кількість колосків на 1 метрові квадратному -350 шт (Рис 3.13).

Кількість зерен в одному колосі -39 шт. (Рис 3.14)

$$B=(350*39*0,35/1000)*10000=47,8 \text{ ц/га}$$

Отже можемо зробити висновок, що при визначенні біологічної врожайності на трьох дослідних ділянках, найкращу врожайність показує ділянка №1 -57,4 ц/га , трохи гірший результат на ділянці №2 -53,2 ц/га і найгірша врожайність на ділянці №3- 47,8 ц/га.



Рис 3.13. Обрахунок кількості колосків на 1 м²



Рис 3.14. Підрахунок зерен в колосі

15.07.2024 Проведено збирання врожаю з трьох дослідних ділянок.

Збирання проводили комбайном CLAAS, перевезення автомобілем Газ 53, зважування на ваговій.

Результати:

З першої дослідної ділянки 0,5 га було зібрано 26,25 центнерів озимої пшениці, що в перерахунку на 1 га становить 52,5 ц\га

З другої ділянки зібрано 25,2 центнера пшениці, що в перерахунку становить 50,4 ц\га

З третьої ділянки 0,5 га зібрано 22,8 центнера зерна, що становить 45,6 ц\га
Отже:

ділянка №1 урожайність -52,5 ц\га

ділянка №2 урожайність -50,4 ц\га

ділянка №3 урожайність -45,6 ц\га

Середня урожайність по полю становить -49,5 \га

Вага 1000 насінин – 38 грам

Якщо порівняти біологічну урожайність і фактичну то біологічна показала вищі результати чим фактична

Ділянка №1 57,4 проти 52,5 різниця- 9%

Ділянка №2 53,2 проти 50,4 різниця- 5%

Ділянка №3 47,8 проти 45,6 різниця- 5%

Повернувшись до табл 5.3 урожайність за азотом (найменша кількість макроелементу згідно аналізу ґрунту) мала бути на рівні 30,6 ц\га при додатковому внесенні азотних добрив, перше підживлення 28,33 в д.р кг і друге підживлення пролонгованим азотом в кількості 33,6 в д.р кг на 1 га, плюс до врожайності мав становити 20 ц\га, що ми й побачили при збиранні озимої пшениці.

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЛЯНОК ЗА ДОПОМОГОЮ ВЕГЕТАЦІЙНИХ ІНДЕКСІВ

Сучасні агропідприємства неможна уявити без оперативного моніторингу стану посівів. Кожному фермеру потрібно знати все, що відбувається в даний час на полі. На території України агропідприємства активно впроваджують різні IT- рішення.

Одним із елементів моніторингу росту і розвитку посівів є використання вегетаційних індексів.

Веgetаційні індекси — це один з інструментів аналітики розвитку сільськогосподарських культур. Вони забезпечують точність даних та контроль за ростом і розвитком на відстані.

Проаналізуємо наші дослідні ділянки за допомогою вегетаційних індексів а саме індексу NDVI, NDRE, MSAVI, RESI в програмі CROP MONITORING

1. Найбільш частіше в сучасному сільському господарстві, використовується індекс NDVI, абрєвіатура якого в перекладі з англійської – це нормалізований диференційний вегетаційний індекс. Простими словами, нормалізований вегетаційний індекс визначає здоров'я і стан рослин або їх потужність. Цей параметр – індикатор «зеленості» і тісно пов'язаний із зеленою біомасою; він є показником зростання. Результати індексу NDVI також співвідносяться з урожаєм, а це значить, що даний індикатор може застосовуватися як інструмент для вимірювання продуктивності культур і прогнозування врожаю.

Завдяки індексу NDVI аграрії можуть не тільки мати характеристику щільності висіяної рослинності, але й спрогнозувати майбутню продуктивність висіяної рослини, завдяки оперативній оцінці таких факторів:

- наявність шкідників (ділянки поля з дуже низьким NDVI)
- захворювання рослини (ділянки з низьким NDVI)
- забур'яненість ділянки (дуже високий показник NDVI)
- оцінка схожості на окремих ділянках
- ріст культури

Значення які вказують на здорову вегетацію рослин:

Як працює NDVI.

Показники індексу формуються через супутникові знімки зеленої маси, яка поглинає електромагнітні хвилі у видимому червоному діапазоні та відображає їх у ближньому інфрачервоному. На червону зону спектра (0,63 - 0,75 мкм) припадає максимум поглинання сонячної радіації хлорофілом, а на ближню інфрачервону зону (0,75 -1,3 мкм) максимальне відображення енергії клітинною структурою листа. Тобто висока фотосинтетична активність веде до більш низьких значень коефіцієнтів відбиття в червоній зоні спектра і великим значенням у ближній інфрачервоній. Відношення цих показників один до одного дозволяє чітко відокремлювати рослинність від інших природних об'єктів. У результаті можна отримати повноцінний спектральний аналіз і виявити ділянки, які потребують пересівання, внесення ЗЗР або добрив. Індекс помірно чутливий до змін ґрунтового й атмосферного фону, крім випадків із бідною рослинністю, і може перенасичуватися в умовах густої рослинності, коли рівень індексу листової поверхні (LAI) стає високим.

Проаналізуємо наші дослідні ділянки в різні періоди вегетації по індексу NDVI за такими показниками:

- Щільність рослинності (0,2-0,4 розріджена рослинність, 0,4-0,6 помірна рослинність, більше 0,6 – максимальна густота)
- Здорова вегетація (0-0,3 ослаблена рослинна, 0,3-0,6 –відносно здорова рослина, 0,6-1 – повністю здорова рослина)
- наявність шкідників (ділянки поля з дуже низьким NDVI)
- захворювання рослини (ділянки з низьким NDVI)
- забур'яненість ділянки (дуже високий показник NDVI)

10 березня 2024 року



Рис 4.1. Стан поля за індексом NDVI на 10.03.24

Можемо побачити, що на всіх трьох дослідних ділянках присутня помірна рослинність (Рис 4.1), рослини відносно здорові індекс від 0,3, наявність шкідників, захворюваність і забур'яненість відсутні.

На частині дослідної ділянки 1 стан озимої пшениці відносно інших двох ділянок кращий.

З фотографій ми бачимо стан озимої пшениці. Відновлення вегетації відбулося, коренева система у гарному стані, спостерігаємо 2-3 пагона.

11 квітня 2024 року

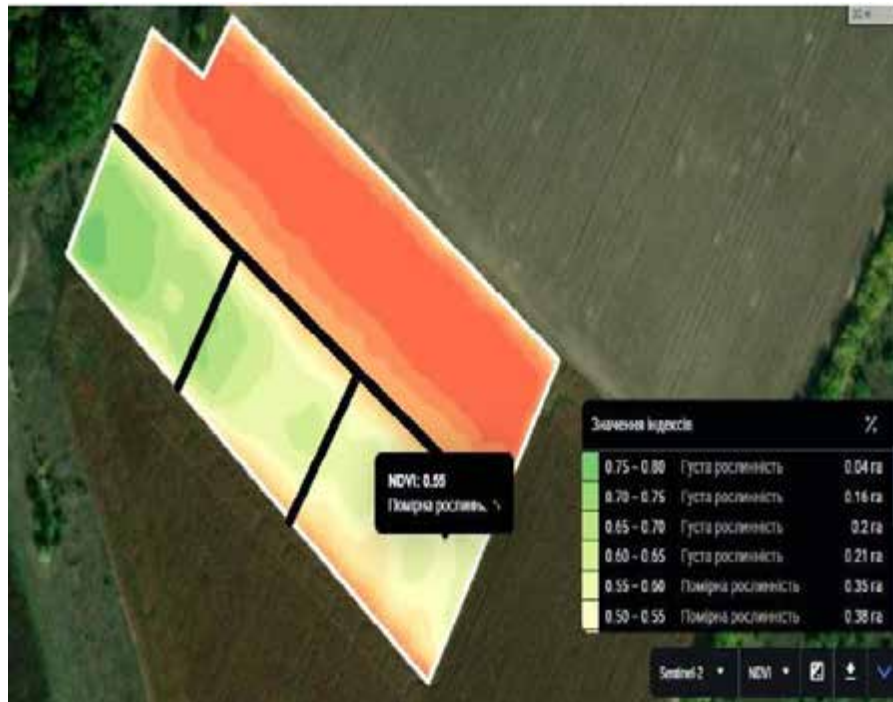


Рис 4.2. Стан поля за індексом NDVI на 11.04.24

Стан посіву озимої пшениці на ділянці 1 набагато кращий чим на ділянках 2 і 3, Рослинність показує гарну густоту, повністю здорова, хвороби і забур'яненість відсутні (Рис 4.2).

Ділянка 2 показує трохи кращий стан чим ділянка 3.

Густота рослин помірна, пшениця здорова, відсутня забур'яненість і хвороби. Також можемо зробити висновок, що підживлення яке ми провели 01.березня 2024 спрацювало краще на ділянці 1.

4 травня 2024 р.

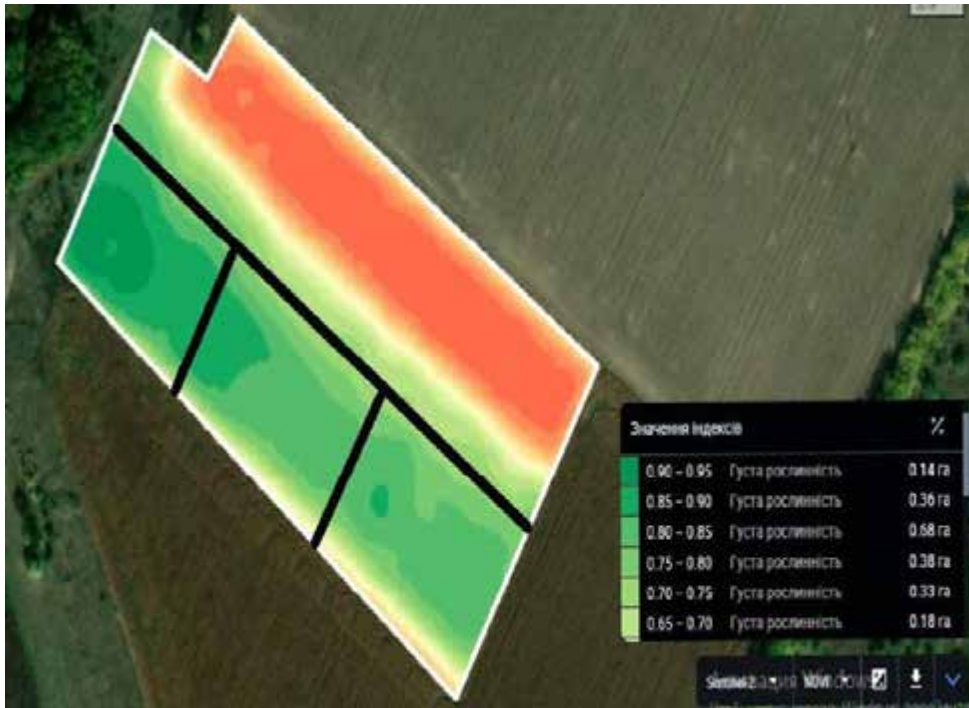


Рис 4.3. Стан поля за індексом NDVI на 04.05.24

4 травня індекси NDVI показують відмінний стан посівів на всіх трьох дослідних ділянках (Рис 4.3). На першій ділянці як і в попередні місяці стан посіву найкращий.

10 червня 2024

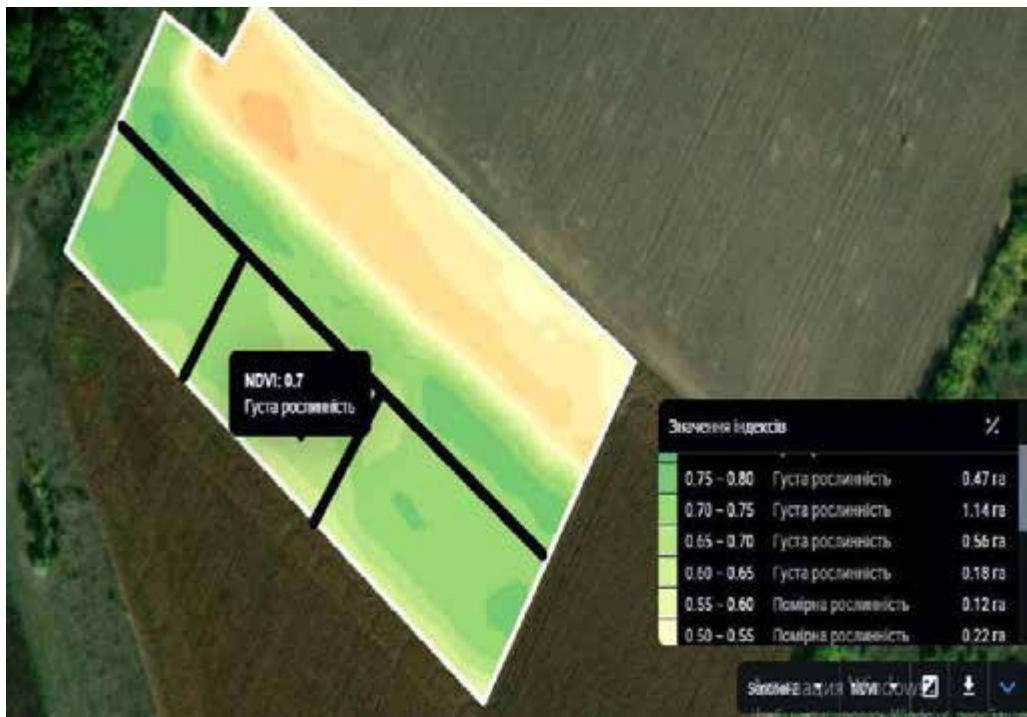


Рис 4.4. Стан поля за індексом NDVI на 10.07.24

10 червня аналіз індексу показує що 1 і 3 ділянки виглядають краще ніж 2 ділянка. Вегетація на всіх 3 ділянках проходить добре (Рис 4.4).

8 липня 2024



Рис 4.5. Стан поля за індексом NDVI на 08.07.24

8 липня індекси наближаються до 0,2 що дає нам розуміння про стиглість рослини і наближення часу збирання (Рис 4.5).

15 липня проведено збір урожаю (Рис 4.6).



Рис 4.6. Стан поля перед збором врожаю

2. NDRE (normalized difference red edge index — нормалізований індекс червоного краю) — це показник, який можна використовувати для виявлення хвороб у рослин.

Найкращий час для застосування нормалізованого різницевого індексу червоної межі – коли культура є зрілою та дозріває . Зазвичай це відбувається в кінці вегетаційного періоду. Протягом середини та кінця сезону значення нижче 0,6 майже напевно свідчать про певну форму пошкодження врожаю.

Оскільки хлорофіл має вирішальне значення для процесу фотосинтезу, його кількість є важливим показником здоров'я рослини. У EOSDA Crop Monitoring використовується стандартна шкала від -1 до 1 для індексу NDRE.

Показник від -1 до 0,2 вказує на оголений ґрунт або культуру, що розвивається;

Від 0,2 до 0,6 можна інтерпретувати або нездорову рослину, або культуру, яка ще не дозріла;

Від 0,6 до 1 є хорошими значеннями, що вказують на здорові, зрілі культури, що дозрівають.

В програмі Crop Monitoring кольори прив'язані до кожного можливого значення. Шкала коливається, від насиченого червоного для -1 до насиченого зеленого для +1.

Отже, значення NDRE, нижчі за 0,3, можуть бути сигнальною ознакою нездорової або стресової рослини. Також, низькі значення також можуть стосуватися молодих рослин, або оголеного ґрунту. Тому на ранніх стадіях росту рекомендовано використовувати індекс MSAVI

В даний час NDRE є кращим показником здоров'я культури або його відсутності, ніж NDVI. Останній буде орієнтуватися на густоту рослинного покриву і зеленість його верхнього шару. Ось чому використання карти NDRE для внесення добрив зі змінною нормою, обприскування, точного зрошення , та інших польових робіт буде більш ефективним на пізніх стадіях росту.

На початку вегетаційного періоду індекс NDRE на всіх трьох ділянках має межі від 0,15 – 0,3 що вказує на оголений ґрунт або культура розвивається (Рис 4.7).

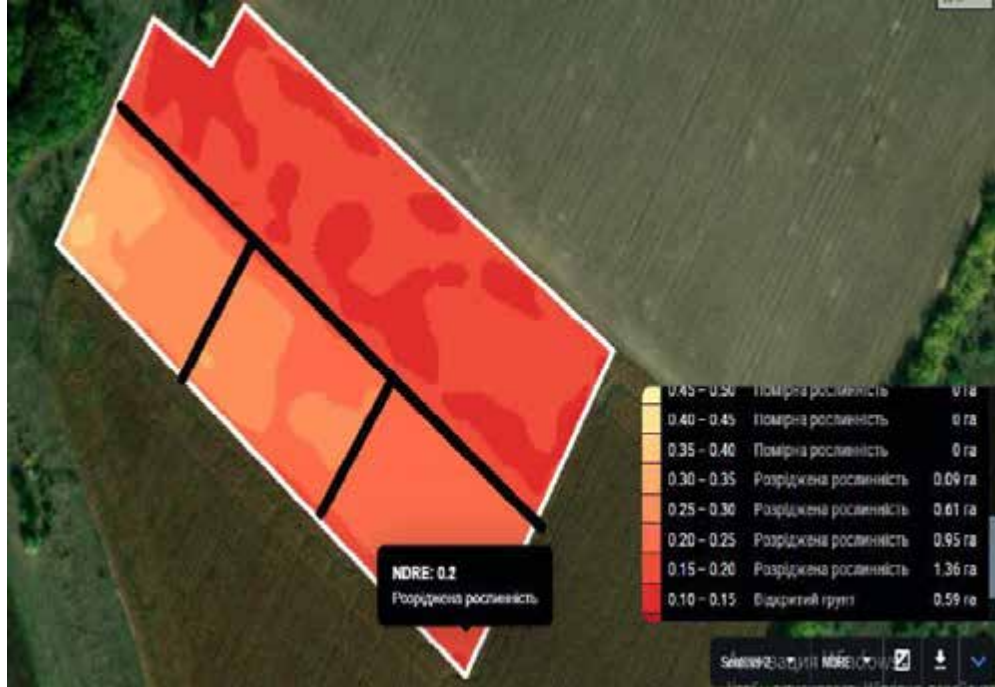


Рис 4.7. Стан поля за індексом NDRE на 10.03.2024

Показник індексу на 11 квітня показує краще дозрівання озимої пшениці на 1 ділянці і другій ділянці (Рис 4.8). Ділянка три після попередника соя показує найгірше дозрівання.

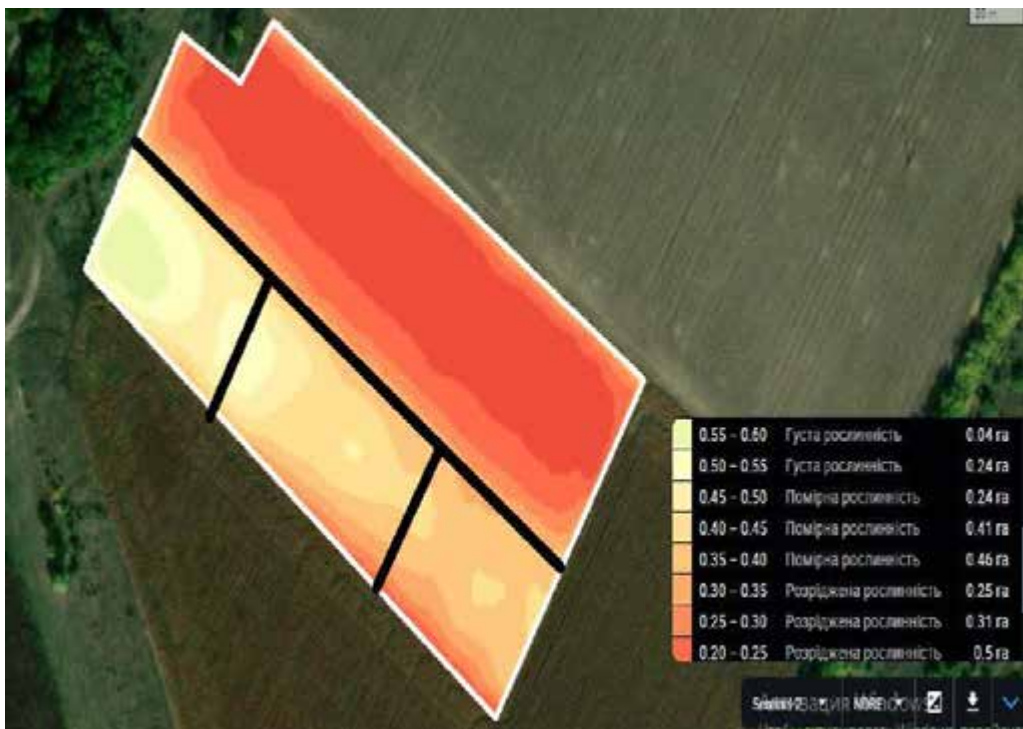


Рис 4.8. Стан поля за індексом NDRE на 11.04.2024

На 4 травня індекси варіюються від 0,6-до 0,7, що в свою чергу є хорошими значеннями, що вказують на здорові, зрілу культуру, що дозріває (Рис 4.9).

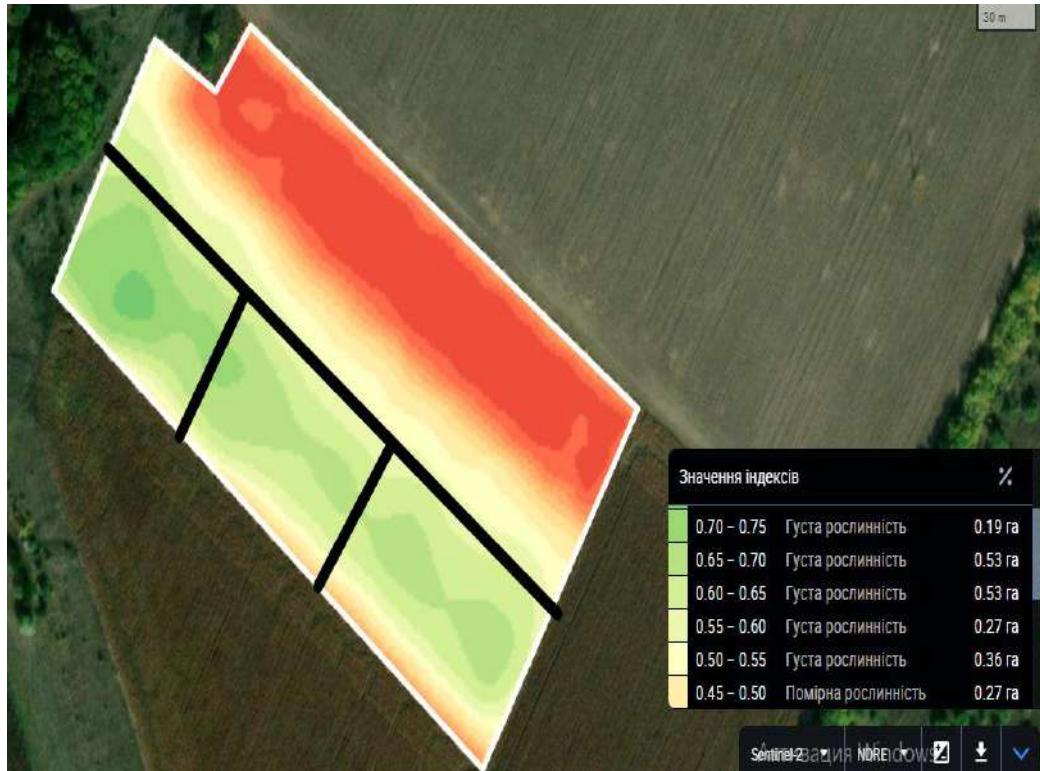


Рис 4.9. Стан поля за індексом NDRE на 04.05.2024

10 червня на першій ділянці і третій індекс 0,6-0,65 що показує про задовільний стан посіву. На другій індекс NDRE 0,5 що може вказувати на те що культура нездорова або ще не дозріла, або що на другій ділянці рослина закінчує вегетацію.

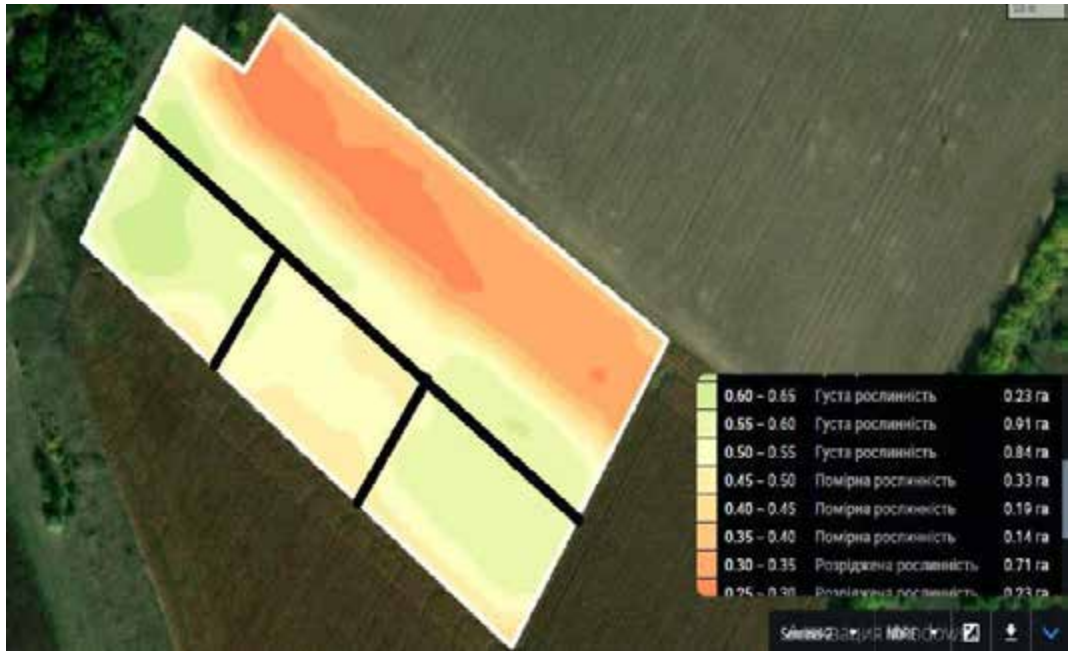


Рис 4.10. Стан поля за індексом NDRE на 10.07.2024

8 липня індекс в межах 0,15 -0,3 що свідчить про дозрівання рослини (Рис 4.11).

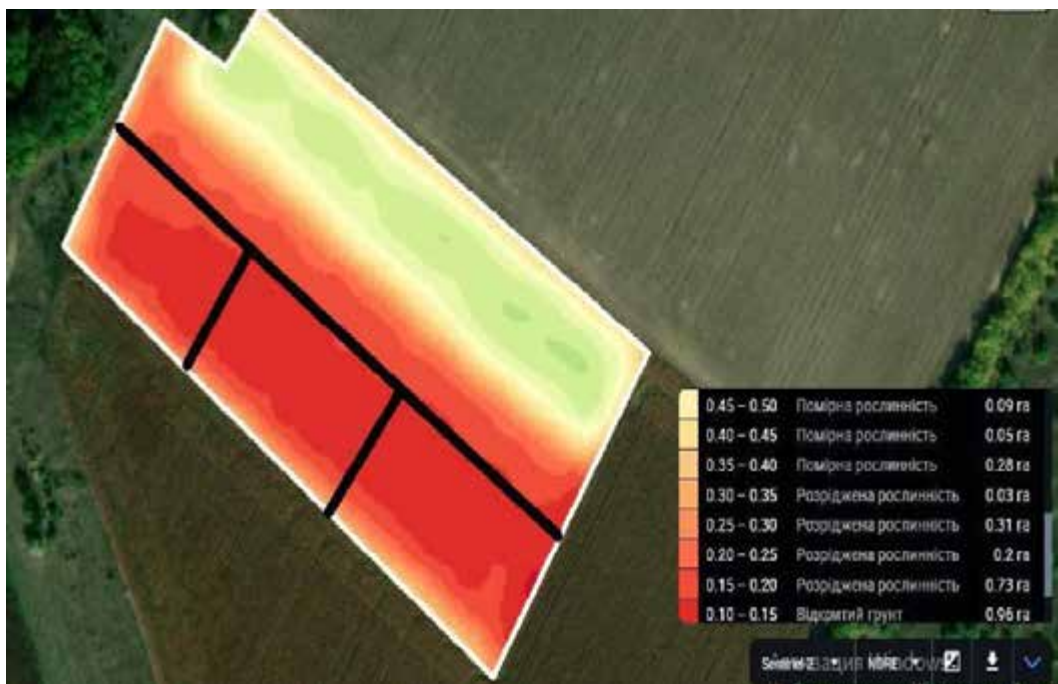


Рис 4.11. Стан поля за індексом NDRE на 10.07.2024

3. Індекс MSAVI (модифікований ґрунтовий вегетаційний індекс) - що дозволяє визначити наявність рослинності на ранніх стадіях сходів, коли значна частина ґрунту оголена. Індекс мінімізує вплив оголеного ґрунту на відображення картини вегетації. На підставі даних індексу можна побудувати карти для диференційованого внесення добрив на ранніх стадіях розвитку культури.

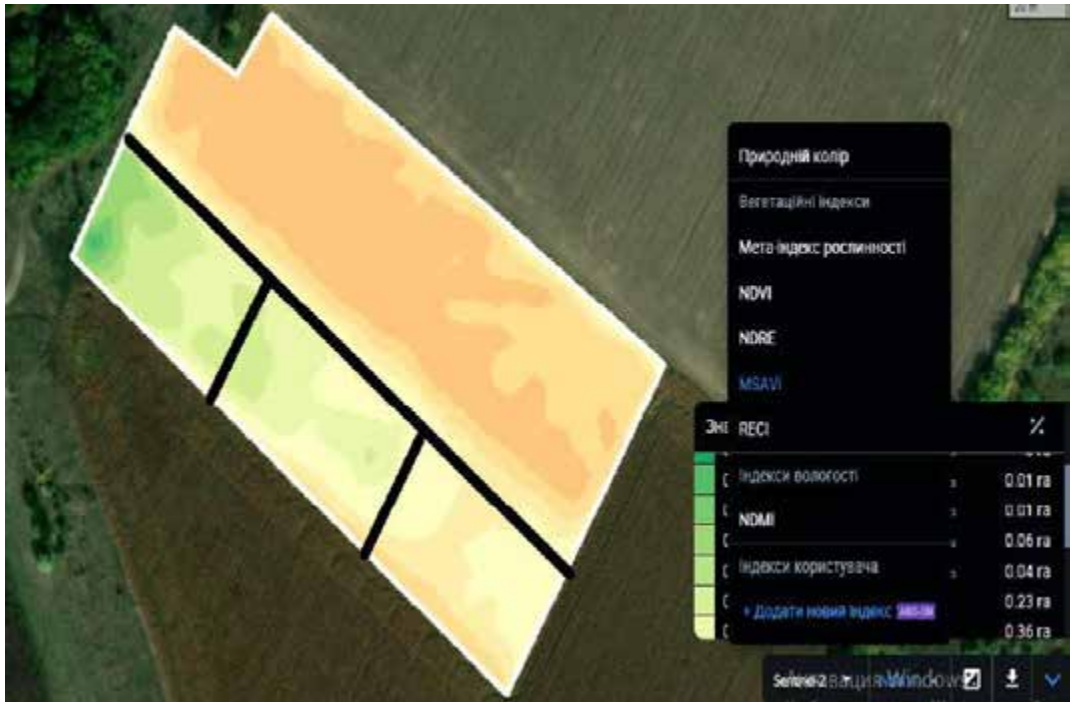


Рис 4.12. Стан поля за індексом MSAVI на 10.05.2024

10 березня найкраще відновлення вегетації і стан сходів ми можемо побачити на ділянці один і два, на ділянці три стан рослин найгірший (Рис 4.12).

11 квітня ситуація найкраща на ділянках один і два, третя ділянка найгірше себе показує (Рис 4.13).

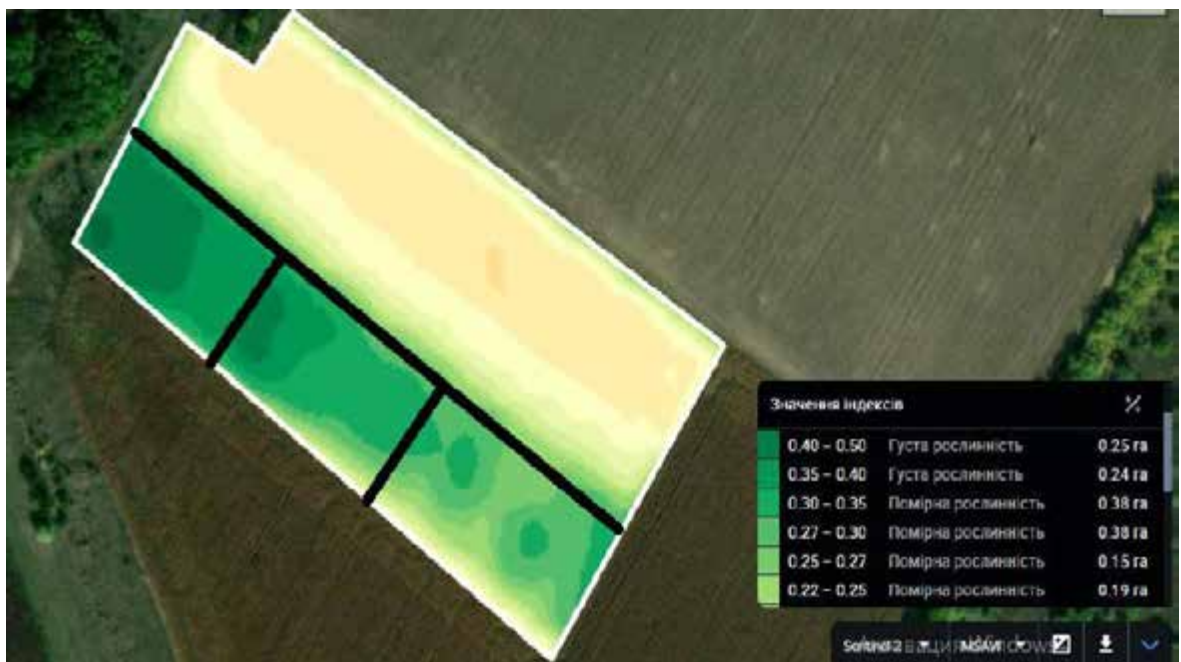


Рис 4.13. Стан поля за індексом MSAVI на 11.04.2024

В травні ситуація вирівнялась і стан посіву на трьох ділянках показує відносно однаковий результат індекс в межах 0,5-0,7 (Рис 4.14)

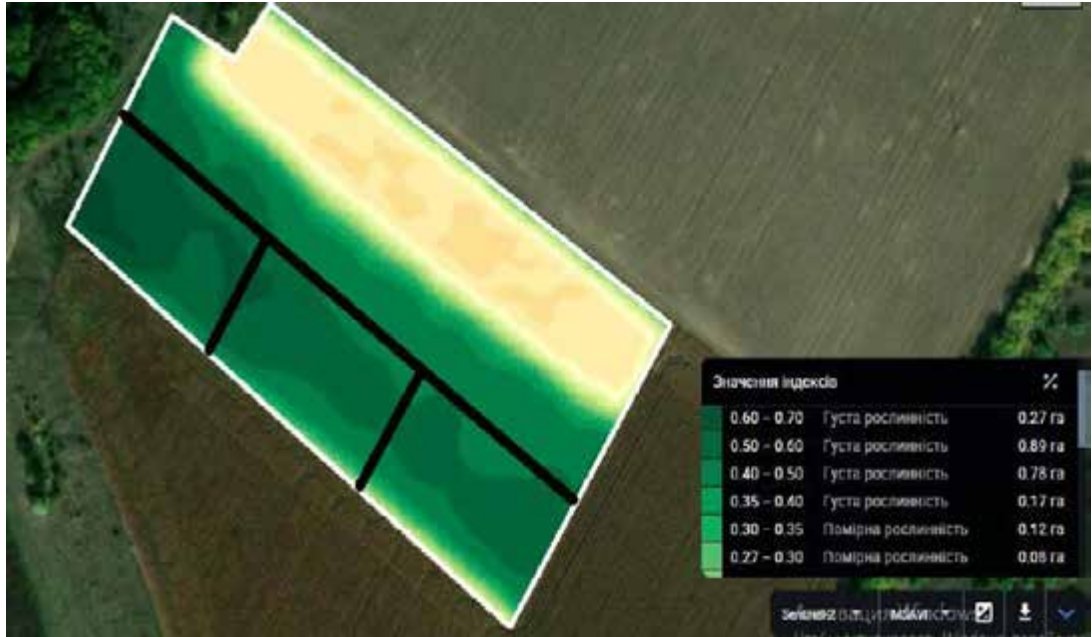


Рис 4.14. Стан поля за індексом MSAVI на 04.05.2024

Так як і за попередніми індексами індекс MSAVI в червні нам показує, що на ділянці 2 погіршується стан посіву, що свідчить про пришвидшення дозрівання абр хворобу (Рис 4.15).

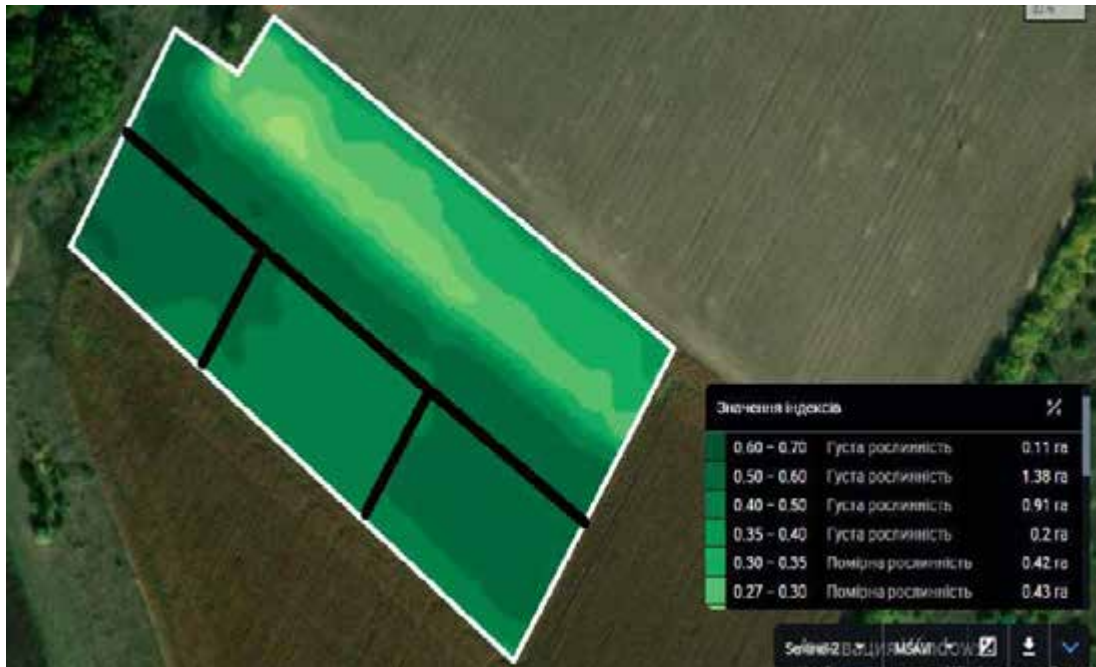


Рис 4.15. Стан поля за індексом MSAVI на 10.06.2024

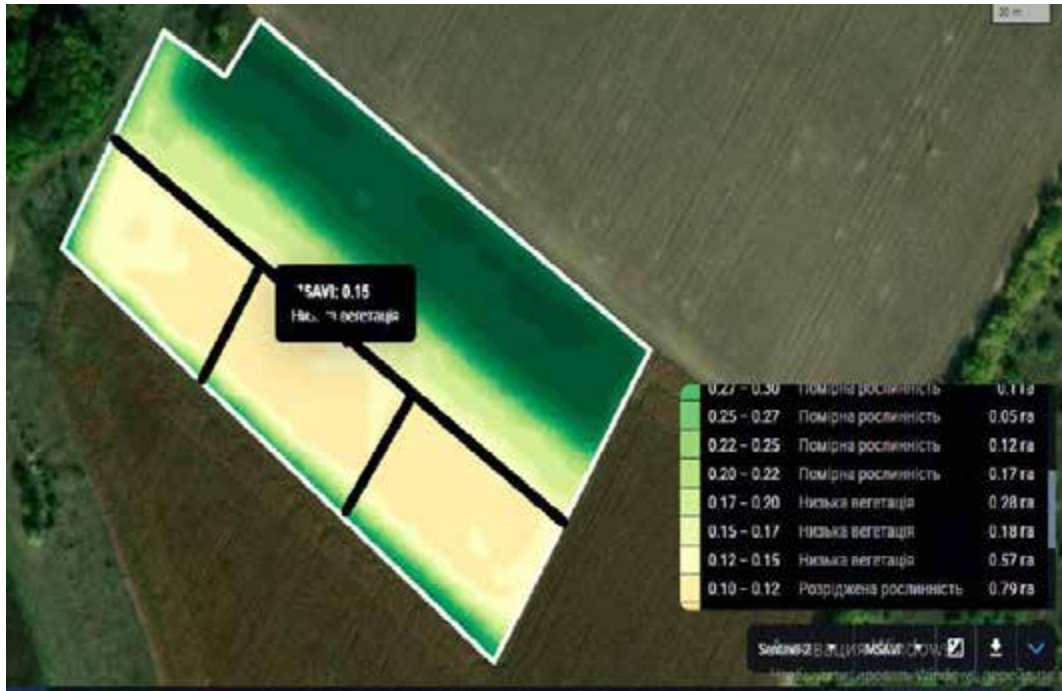


Рис 4.16. Стан поля за індексом MSAVI на 08.07.2024

8 липня місяць індекс показав спад до 0,15 що свідчить про дозрівання культури (Рис 4.16).

4. Хлорофільний Red Edge Індекс (ReCI)

ReCI відображає фотосинтетичну активність вегетаційного покриву. Ключова особливість: оскільки вміст хлорофілу безпосередньо залежить від рівня азоту в рослинах, що відповідає за їхню «зеленість», даний вегетаційний індекс допомагає виявити ділянки з жовтим або пожухлим листям, що може вимагати додаткового внесення добрив.

Отже на 10 березня індекс ReCI дає показник в межах 0,5-2, що свідчить про те що даний показник можна використовувати при більш пізніх вегетаційних періодах (Рис 4.17). В період відновлення вегетації листковий покрив дуже малий, індекс не може визначити оптимальний стан посіву.

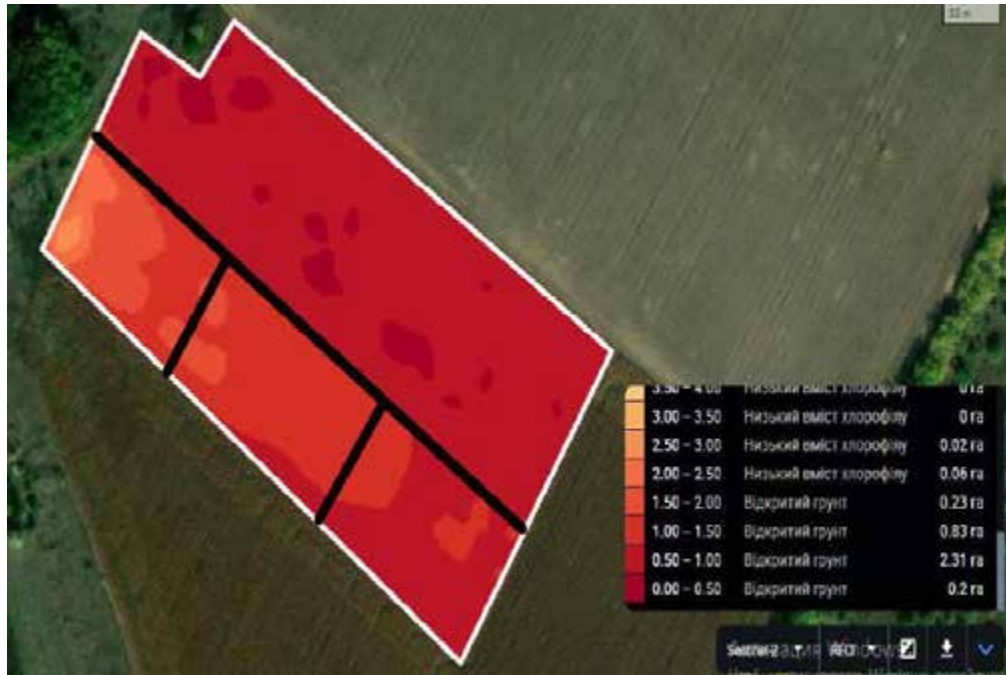


Рис 4.17. Стан поля за індексом ReCI станом на 10.03.2024

11 квітня на ділянці один індекс ReCI надає інформацію про найкращий стан забезпечення зеленого покриву ділянки, ділянка друга знаходиться в гіршому стані. Ділянка три в не задовільному стані (Рис 4.18).

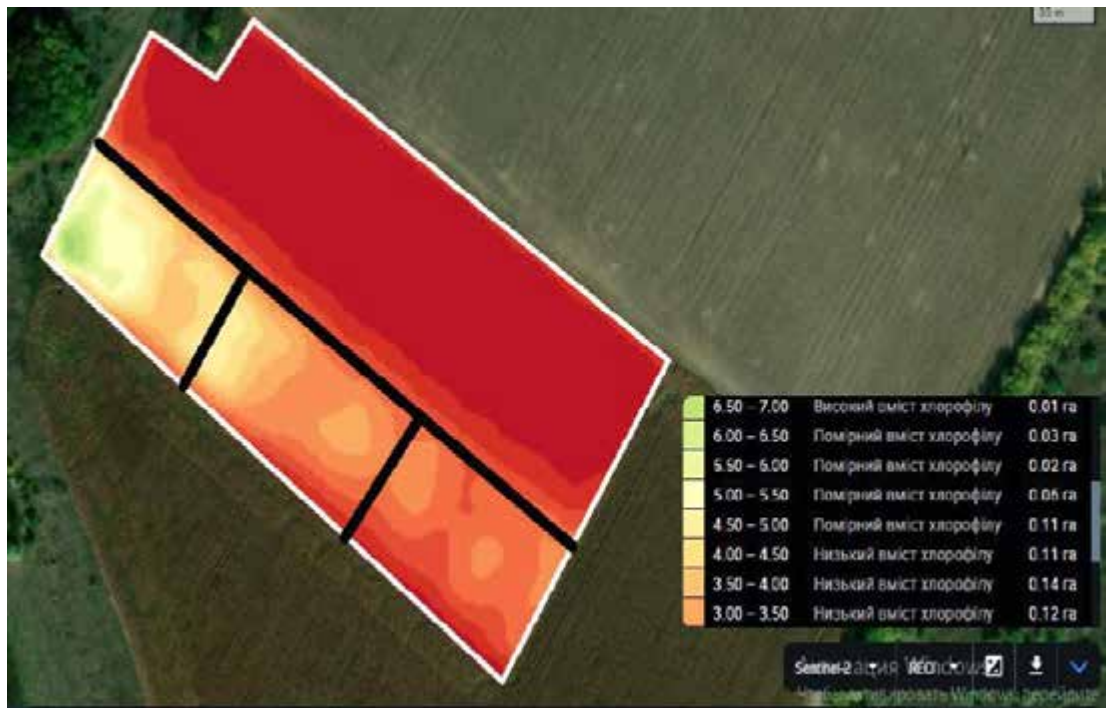


Рис 4.18. Стан поля за індексом ReCI станом на 11.04.2024

4 травня фотосинтетична активність вегетаційного покриву на всіх трьох ділянках 7-9,5 що свідчить про добру забезпеченість азотом рослин (Рис 4.19)

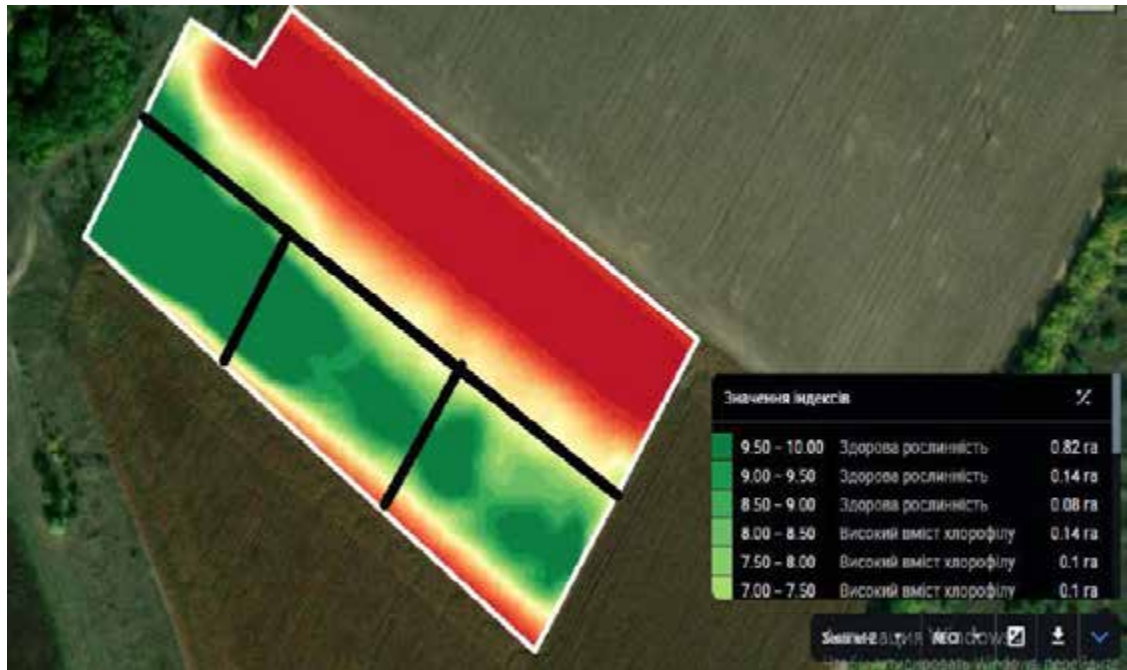


Рис 4.19. Стан поля за індексом ReCI станом на 04.05.2024

10 червня на ділянці два закінчується вегетаційний період або є недостача азотних добрив (Рис 4.20). Ділянка один і три забезпечення азотом в нормі, хлорофілів в достатній кількості в листяному покриві. Можна зробити висновок про недостатню кількість магнію, що безпосередньо впливає на синтез хлорофілів.

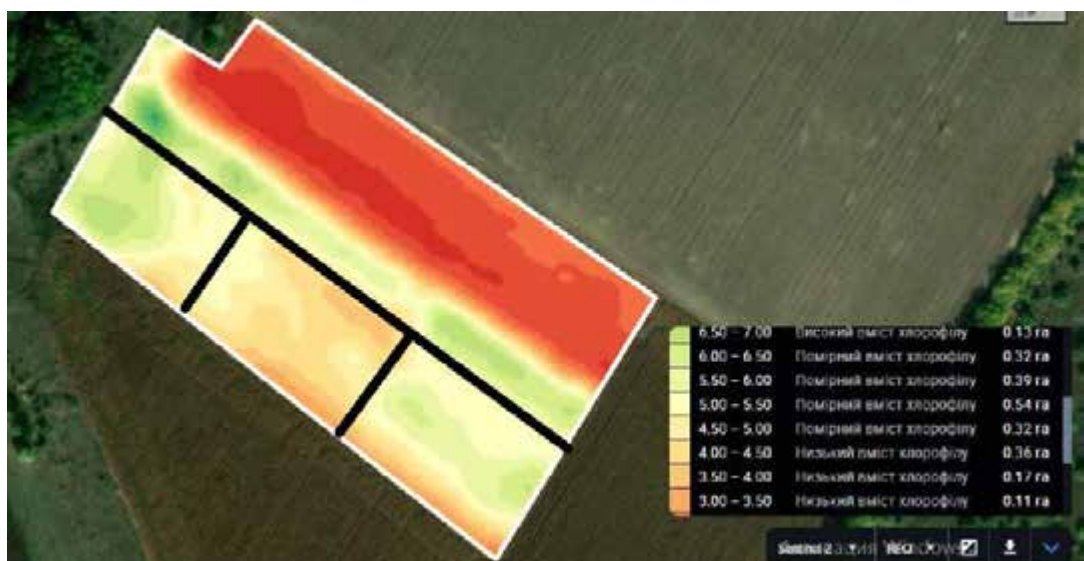


Рис 4.20. Стан поля за індексом ReCI станом на 10.06.2024

8 липня озима пшениця дозріла, фотосинтез майже припинився, зелений покрив зник з рослини (Рис 4.21).

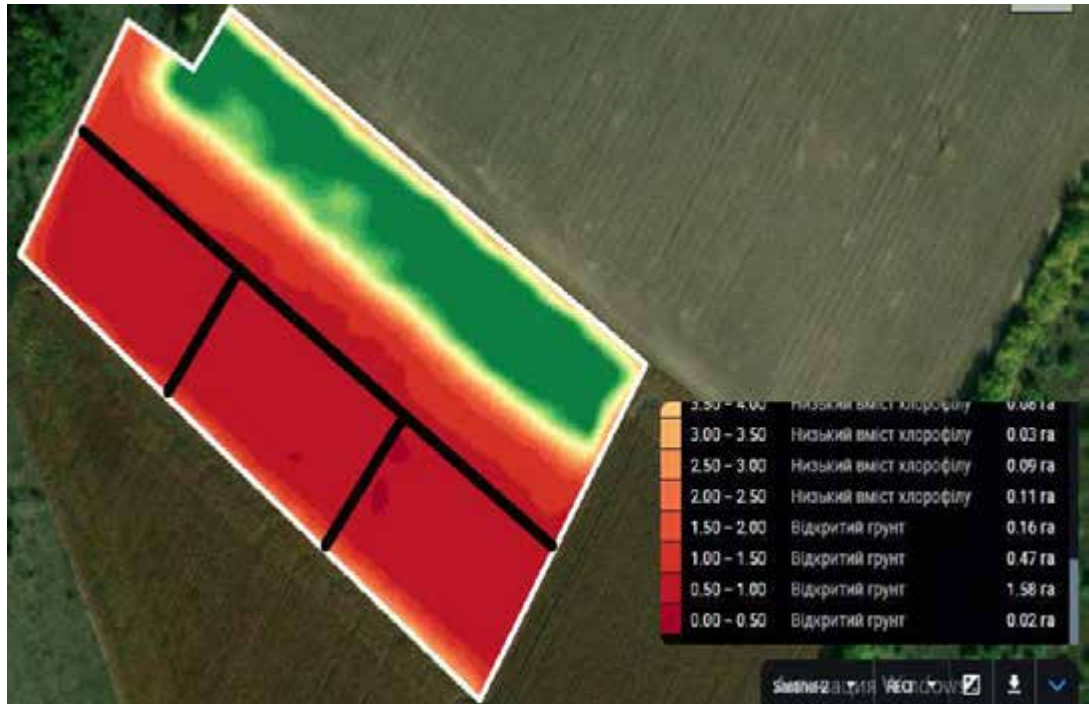


Рис 4.21. Стан поля за індексом ReCI станом на 08.07.2024

Вегетаційні індекси дають можливість дистанційного моніторингу полів, що в свою чергу економить час і ресурси, а також дозволяє правильно і економно управляти технологічними засобами для отримання максимального результату як врожайності так і збереження ґрунту.

На основі проведеного аналізу за чотирьома вегетаційними індексами NDVI, NDRE, MSAVI, RESI, можемо сказати, що в різні періоди часу стан посіву різнився, але найкраще себе поводи́ла культура на ділянках 1 і 2, ділянка 3 відставала як в розвитку так і забезпеченні поживними речовинами.

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

Економічна ефективність – це показник, що відображає співвідношення між отриманим результатом і витратами ресурсів на досягнення цього результату.

Чим менші витрати на одиницю продукції, тим вища економічна ефективність (Табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Технологія вирощування, економічна ефективність.

Технологія вирощування Озимої пшениці										
Проведені заходи	Ширина захвату агрегат v, м	Норма витрати пального, л/га	К-сть гонів	Загальна площа	Норми витрат матеріалів, кг/га, л/га	Витрати на паливе, грн	Витрати на матеріали грн	Витрати всього, грн	Механізований комплекс	Найменування матеріалів
Лущення стерні	2,1	5,4	27	1,5		446		445,5	MT3-82+АГ-2.1	
Оранка	1	20	56	1		1100		1100	MT3-82+ПЛНЗ-35	
Культивация	4	3,9	14	1,5		322		321,75	MT3-82+КПС-4	
Посів	3,6	2,9	16	1,5	230	239	3450	3689,25	MT3-82+СЗ 3,6	пшениця озима
Укатування	3	2,1	19	1,5		173			MT3-82+котки	
Культивация	4	3,9	14	1,5		322		321,75	MT3-82+Борона	
Внесення мінеральних добрив 1 підживлення	3,6	2,9	16	1,5	125	239	3750	3989,25	MT3-82+СЗ 3,7	Аміачна селітра
Внесення мінеральних добрив 12 підживлення	3,6	2,9	16	1,5	150	239	4500	4739,25	MT3-82+СЗ 3,8	Аміачна селітра, Карбамід, сульфат Амонію
Обприскування	14	1,17	4	1,5	0,5 фунгіцид 0,3 гербіцид	97	750	846,525	MT3-82+ОП-800	Фунгіцид Старпро, Гербіцид Зернодар, Прилипач

Збір врожаю	8	13	7	1,5		5250			CLAAS	
Доставка техніки, мін добрив, вивезення врожаю						3000				
Всього						11427	12450	23877		

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок, що затрати на обробіток і вирощування Осимої пшениці на дослідних ділянках склав 23877 грн.

Змолочено 73,5 центнерів зерна 1,5 га, при середній урожайності 49 ц з га. 8000 грн без ПДВ за 10 ц.

Отже сума виручки становить $7,3 * 8000 = 58400$ грн

Прибуток $58400 - 23877 = 30923$ грн

Можемо зробити висновок, що вирощування Осимої пшениці в сезоні 23-24 роки є ефективним і прибутковим.

ВИСНОВКИ

Озима пшениця – головна продовольча культура, без борошна якої не можливо уявити хлібопекарську та кондитерську галузі. Вирощування озимої пшениці відбувається на усій території України. Генетичний потенціал сучасних сортів озимої пшениці здатний забезпечити врожайність на рівні 100 і більше ц/га.

В нашій дипломній роботі проведено дослід, як впливає оптимізація азотного живлення на рослини пшениці озимої за умов просторової неоднорідності поля. Дослід закладено на трьох ділянках по 0,5 га за адресою Черкаська область, Уманський район, с. Конела. Черкаська область знаходиться в центральній частині України. Територія Черкаської області в цілому рівнинна і умовно поділяється на дві частини — правобережну і лівобережну. Наші дослідні ділянки знаходяться в зоні Лісостепу, темно-сірих опідзолених ґрунтах. Гранулометричний склад – середньо суглинковий. Дослідні ділянки знаходяться на відносно рівній поверхні з перепадом із сходу на захід в 1м

Найкращу урожайність озимої пшениці показала ділянка №1, на якій на протязі багатьох років вносились велика кількість органічних добрив.

Ділянка №2 показала другий результат по урожайності. На цій ділянці органічні добрива вносились менше, але при посіві вносили мінеральні добрива, а саме діамофоску в кількості 10-24-24 кг в д.р. На ділянці №1 і №2 перед посівом проводилась оранка на глибину 22 см, перед оранкою ділянка була злущена, після збирання попередника Ярої пшениці. Дані операція (оранка, лущення) також вплинула на кращий показник урожайності на цих ділянках.

Ділянка №3 показала найгіршу урожайність. На цій ділянці попередником була соя. Обробіток ґрунту-лущення на глибину 6-8 см.

Перед посівом на всіх ділянках провели культивуацію ґрунту. Посів провели сівалкою СЗ 3.6 на глибину 2-4см . Підживлення проводили азотними добривами в однаковій кількості на всіх ділянках, методом Бузинського два рази.

Перший раз два тижні до відновлення вегетації ВВСН 20-21, 01.03 внесли 28,3 кг в д.р аміачної селітри.

Вдруге після відновлення вегетації 04.04 ВВСН 29-30 провели друге підживлення комплексом азотних добрив в суміші 50 кг аміачна селітра, 50 кг сульфат амонію, 50 кг карбаміду, що становило 33,6 кг в д.р азоту.

Перед внесенням азоту при першому підживленні було проведено розрихлення ґрунту бороною, що дало можливість закрити вологу і дати доступ кисню в ґрунт, для розвитку біоорганізмів. Було відібрано зразки на аналіз ґрунту.

Також на ділянках був проведений фунгіцидний захист від хвороб і гербіцидний обробіток для знищення бур'янів. Обробіток проведено в кінці квітня при температурі 18-20 градусів Фунгіцид –Старпро із класу Триазолів. Діюча речовина Тебуконазол має як лікувальні властивості так і захисні. Гербіид – Зенодар післясходовий гербіид системної дії для знищення бур'янів в колосових культурах. Діюча речовина –трибенуром метил.

Проаналізувавши аналіз ґрунту і взявши до уваги кількість азотних добрив які ми внесли планова урожайність на наших ділянках мала становити:

Ділянка №1,3 – 50,8 ц\га, Ділянка№ 2 (вносили при посіві діамофос) 53,6ц\га.

Як ми можемо побачити, що після збирання врожаю планова і фактична урожайність майже співпала:

Ділянка №1 план 50.8, факт 52.5ц\га більше плану на 3.3%

Ділянка №2 план 53.6, факт 50.4 ц\га менше плану 6%

Ділянка №3 план 50.8, факт 45.6 ц\га менше плану 10,2%

Розберемо фактори, що вплинули на урожайність. Чому на ділянці №1 урожайність більша за планову, а на ділянках №2 і №3 менша?

На мою думку похибка була в аналізі ґрунту, що я зробив на початку проведення дослідів. Очевидно на ділянці №1 забезпеченість поживними речовинами більша чим нам показав аналіз, що безпосередньо вплинуло на показники урожайності по ділянці. Також ми можемо прослідкувати при отриманні результатів аналізу на нітратний азот, що робили на початку травня. Вміст нітратного азоту становив 29.1 мг\кг що є підвищеним рівнем азоту на ділянці.

Одним із факторів що вплинув на зниження урожайності на ділянках №2 і №3 є недостатня кількість поживних речовин в ґрунті. Думаю доречно використати «Закон мінімуму Лібіха», який говорить, що «Урожайність керований фактором який знаходиться у мінімумі»

Розглянемо ділянку №2 і проаналізуємо чому урожайність на 6% менша від планової. Звернемось знову до нашого аналізу ґрунту. Думаю, однією з причин у зниженні урожайності може бути погане засвоєння азоту, по причині недостатньої кількості сірки в ґрунті, а також малої кількості магнію, що має великий вплив на синтез хлорофілів, що є основними у процесі фотосинтезу. При достатній кількості азоту фосфору і калію (макроелементів) засвоєння рослиною азоту повпливало на урожайність.

Ділянка №3 Зменшення урожайності на 10.2% від планової.

На мою думку основними факторами, що вплинули на це є недостатня кількість доступного фосфору у ґрунті, погана засвоюваність азоту (не достатня кількість сірки) і мала кількість магнію. Згідно аналізу ґрунту фосфору має вистачити тільки для урожайності 40ц\га. Наша урожайність на ділянці №3, трохи вища, можемо зробити висновок, що засвоєння фосфору був більшим чим 0,15%. Також на зменшення урожайності, можливо вплинув обробіток ґрунту (лущення), що вплинуло на розвиток кореневої системи і подальший ріст і розвиток культури.

Отже, наше дослідження доводить, що при однаковому живленні культури озимої пшениці на рівень урожайності впливають багато факторів, а саме в нашому випадку це: Обробіток ґрунту; забезпеченість поживними речовинами в ґрунті; внесення органічних добрив; внесення добрив при посіві; попередник.

В нашій роботі ми приділили мало уваги для такого значного фактору як вологість, що на мою думку відіграє один із основних впливів на урожайність всіх сільськогосподарських культур.

Наш дослід також доводить, що органічні добрива найкраще впливають на стан ґрунту і відповідно на урожайність, з чого можна зробити висновок про необхідність вносити з осені органіку для покращення стану ґрунтів.

Після збору урожаю мною були засіяні комплекс сидератів, а саме: Гірчиця мікс 25%, Редька олійна 15%, Пелюшка 15%, Овес 15%, Фацелія 10%, Соя 20%

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Господаренко Г.М., Черно О.Д. Якість зерна пшениці озимої за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. Вісник аграрної науки. 2019. №12. С. 26-33.
2. Марчук І.У., Макаренко В.М. Добрива та їх використання. Київ: ТОВ "Компанія Юнівест Маркетинг", 2020. 254 с.
3. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: НВФ "Українські технології", 2018. 1040 с.
4. Польовий В.М. Оптимізація систем удобрення у сучасному землеробстві. Рівне: Волинські обереги, 2019. 320 с.
5. Романюк В.І. Особливості формування врожайності та якості зерна пшениці озимої залежно від технології вирощування в умовах Лісостепу Правобережного. Корми і кормовиробництво. 2021. №91. С. 127-138.
6. Седіло Г.М., Дубицька А.О., Качмар О.Й. Родючість ґрунтів і системи удобрення. Львів: СПОЛОМ, 2020. 252 с.
7. Тараріко Ю.О. Формування сталих агроєкосистем: теорія і практика. Київ: Аграрна наука, 2019. 508 с.
8. Цвей Я.П. Родючість ґрунтів і продуктивність сівозмін. Київ: Аграрна наука, 2019. 484 с.
9. Шевченко А.О., Тарасенко О.А. Діагностика живлення рослин. Київ: Аграрна освіта, 2018. 236 с.
10. Ярош Ю.М., Михалевич А.В. Вплив систем удобрення на врожайність пшениці озимої. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2020. №2. С. 72-79.
11. Antonelli, M., et al. "Precision nitrogen management of wheat. A review." *Agronomy for Sustainable Development*. 2020. 40(1): 1-25.
12. Balyan, H.S., et al. "Wheat nitrogen use efficiency: Current status and approaches for improvement." *Plant Breeding*. 2019. 138(6): 887-902.
13. Basso, B., et al. "Digital nitrogen fertilization tool for improving nitrogen management of winter wheat." *Agronomy Journal*. 2021. 113(3): 1405-1419.

14. Cao, Q., et al. "Optimization of wheat nitrogen fertilization based on NDVI and yield prediction by machine learning." *Precision Agriculture*. 2020. 21(4): 856-873.
15. Chen, X., et al. "Improving nitrogen use efficiency in wheat through precision agriculture technologies." *Field Crops Research*. 2019. 240: 12-22.
16. Diacono, M., et al. "Precision nitrogen management of wheat. A review." *Agronomy for Sustainable Development*. 2021. 41(1): 1-27.
17. Feng, W., et al. "Remote sensing-based nitrogen management strategies for winter wheat." *Remote Sensing*. 2020. 12(8): 1339.
18. Fischer, R.A. "Advances in wheat physiology: a review." *Field Crops Research*. 2020. 251: 107966.
19. Gastal, F., Lemaire, G. "N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective." *Journal of Experimental Botany*. 2019. 70(9): 2309-2328.
20. Grant, C.A., et al. "Nutrient management for improved nitrogen use efficiency and reduced environmental impacts in wheat production systems." *Frontiers in Plant Science*. 2020. 11: 589.
21. He, J., et al. "Optimization of winter wheat nitrogen fertilization based on root zone nutrient management." *Agronomy Journal*. 2019. 111(6): 2838-2847.
22. Hawkesford, M.J. "Genetic variation in traits for nitrogen use efficiency in wheat." *Journal of Experimental Botany*. 2021. 72(3): 870-886.
23. Islam, M.S., et al. "Improving nitrogen use efficiency in wheat through precision agriculture approaches." *Precision Agriculture*. 2021. 22: 514-537.
24. Jat, M.L., et al. "Precision nutrient management in conservation agriculture based wheat production of Northwest India." *Field Crops Research*. 2019. 238: 139-150.
25. Kong, L., et al. "Improving nitrogen use efficiency through precision fertilization in winter wheat." *Journal of Plant Nutrition*. 2020. 43(13): 1924-1935.
26. Li, F., et al. "Improving nitrogen management for winter wheat using remote sensing." *Precision Agriculture*. 2019. 20(4): 805-819.

27. Liu, X., et al. "Dynamic optimization of nitrogen management in wheat." *Plant and Soil*. 2020. 439: 89-104.
28. Maas, B., et al. "Nitrogen use efficiency in winter wheat under different nitrogen management strategies." *European Journal of Agronomy*. 2020. 116: 126050.
29. Miao, Y., et al. "Improving nitrogen use efficiency through precision nitrogen management in winter wheat." *Journal of Plant Nutrition*. 2021. 44(12): 1794-1807.
30. Mulla, D.J., Khosla, R. "Historical evolution and recent advances in precision farming systems." *Soil Science Society of America Journal*. 2019. 83(5): 1375-1395.
31. Peng, S., et al. "Precision nitrogen management strategy for winter wheat in the North China Plain." *Agronomy Journal*. 2020. 112(4): 2491-2504.
32. Raun, W.R., et al. "Improving nitrogen use efficiency in cereal grain production with optical sensing and variable rate application." *Agronomy Journal*. 2019. 111(5): 2474-2485.
33. Sadras, V.O., et al. "Interactions between water and nitrogen in Australian cropping systems." *European Journal of Agronomy*. 2019. 111: 125936.
34. Shao, Y., et al. "Spatial variability of soil nutrients and its optimization strategies in winter wheat fields." *Soil and Tillage Research*. 2019. 189: 62-70.
35. Singh, B., et al. "Precision nitrogen management in wheat: Current status and future research needs." *Plant Production Science*. 2020. 23(3): 225-241.
36. Srivastava, R.K., et al. "Smart nitrogen management in wheat using leaf color chart and GreenSeeker optical sensor." *Agronomy Journal*. 2021. 113(3): 2569-2580.
37. Sylvester-Bradley, R., et al. "Improving the nitrogen economy of wheat through precision management." *Journal of Agricultural Science*. 2019. 157(5): 406-426.
38. Tang, L., et al. "Remote sensing-based estimation of nitrogen uptake in winter wheat." *Remote Sensing*. 2020. 12(4): 615.
39. Thapa, S., et al. "Soil nutrient mapping and precision nitrogen management in winter wheat." *Agronomy Journal*. 2019. 111(6): 2673-2682.
40. Thomason, W.E., et al. "Understanding nitrogen timing in wheat production." *Crop, Forage & Turfgrass Management*. 2020. 6(1): e20047.

41. Wang, X., et al. "Precision nitrogen management of winter wheat based on proximal crop sensing." *Agronomy Journal*. 2021. 113(3): 2475-2487.
42. White, J.W., et al. "Field-based phenomics for plant genetics research." *Field Crops Research*. 2019. 235: 96-110.
43. Wu, W., et al. "Proximal sensing for monitoring nitrogen status of winter wheat." *Precision Agriculture*. 2019. 20(6): 1177-1198.
44. Xia, L., et al. "Optimizing nitrogen management to achieve high yield and high nitrogen use efficiency in winter wheat." *Frontiers in Plant Science*. 2020. 11: 1918.
45. Yang, G., et al. "Dynamic monitoring of nitrogen status in winter wheat using UAV-based multispectral imagery." *Remote Sensing*. 2020. 12(14): 2363.
46. Yao, X., et al. "Optimization of nitrogen management for winter wheat production in the North China Plain." *Field Crops Research*. 2019. 241: 107585.
47. Yu, K., et al. "Nitrogen fertilizer reduction in winter wheat based on soil nitrogen supply capacity." *Sustainability*. 2020. 12(2): 532.
48. Zhang, F., et al. "Improving nitrogen management for sustainable intensive agriculture in China." *Journal of Experimental Botany*. 2021. 72(14): 5248-5259.
49. Zhang, X., et al. "Variable-rate nitrogen management of winter wheat based on in-season estimation of yield and nitrogen uptake." *Journal of Plant Nutrition*. 2019. 42(19): 2824-2835.
50. Zhao, B., et al. "Precision nitrogen management strategy for winter wheat in the North China Plain." *Precision Agriculture*. 2020. 21(4): 890-907.
51. Zhou, G., et al. "Improving nitrogen use efficiency through precision fertilization in winter wheat." *Journal of Plant Nutrition*. 2021. 44(10): 1419-1432.
52. Zhu, Y., et al. "Nitrogen management optimization in winter wheat based on soil testing and crop sensing." *European Journal of Agronomy*. 2019. 111: 125938.
53. Zörb, C., et al. "Mineral nutrition and fertilization strategies in wheat production." *Agronomy*. 2019. 9(6): 391.
54. Zou, J., et al. "Improving nitrogen use efficiency through precision fertilization in winter wheat." *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2020. 116(1): 113-126.
55. Zou, X., et al. "Optimization of nitrogen management for winter wheat production in the North China Plain." *Field Crops Research*. 2021. 261: 108016.

56. Zuo, Q., et al. "Variable-rate nitrogen management of winter wheat based on proximal crop sensing." *Precision Agriculture*. 2019. 20(6): 1199-1220.
57. Wang, D., et al. "Improving nitrogen use efficiency through precision agriculture technologies in winter wheat." *Computers and Electronics in Agriculture*. 2020. 174: 105471.
58. Li, H., et al. "Remote sensing-based precision nitrogen management strategy for improving nitrogen use efficiency." *Remote Sensing*. 2020. 12(7): 1095.
59. Chen, P., et al. "Dynamic optimization of nitrogen fertilization in winter wheat." *European Journal of Agronomy*. 2019. 93: 18-29.
60. Huang, S., et al. "Precision nitrogen management of winter wheat based on proximal fluorescence sensing." *Sensors*. 2019. 19(4): 73.