

НУБІП України

НУБІП України

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІОННА РОБОТА**

**05.10-КМР.1642 "С" 2021.10.07 08 ПЗ**

НУБІП України

**ГАЙДУКА ВЛАДИСЛАВА ЛЕОНІДОВИЧА**

НУБІП України

НУБІП України **2021**

НУБІП України

НУБІП України

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет Агробіологічний

УДК: 631.416:631.811:633.11"324"

**ПОГОДЖЕНО** **ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Декан агробіологічного  
факультету

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

д.с.-г.н., професор

д.с.-г.н., професор, член  
кореспондент НААН

Тонха О.Л.  
" " 2021 р.

Бикин А.В.  
" " 2021 р.

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **Моделювання азотного живлення  
пшениці озимої за дистанційного моніторингу посівів**

Спеціальність 201 Агронімія

Освітня програма Агрохімія та сервіс у прецизійному агропромисловому виробництві

Орієнтація освітньої програми освіньо-професійна

Гарант освітньої програми

Професор, доктор с.г. наук  
(науковий ступінь та вчене звання)

Бикин А.В.  
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Кандидат с.г. наук, доцент  
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Бордюжа Н.П.  
(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Гайдук В.Л.  
(ПІБ студента)

КИЇВ – 2021

# НУБІП України

Реферат

**Тема дипломної роботи:** Моделювання азотного живлення пшениці озимої за дистанційної моніторингу посівів.

**Об'єкт дослідження:** Залежність вмісту хлорофілу в рослинах пшениці озимої, комплексний аналіз ґрунту, фази росту та розвитку пшениці озимої.

**Предмет дослідження:** показники родючості ґрунту, біометричні та акумулятивні показники пшениці озимої, вегетаційні індекси, вміст хлорофілу, якісні та кількісні показники врожайності пшениці озимої.

Магістерська кваліфікаційна робота складається зі вступу, 4 розділів (тематичний огляд літератури, методика досліджень та експериментальна частина, економічна ефективність), висновки, список використаних джерел.

Основний текст дипломної роботи викладено на 58 сторінках комп'ютерного тексту, включаючи 11 таблиць і 7 рисунків.

У розділі 1 “Огляд літератури” подано основні відомості про живлення пшениці озимої, застосування точного землеробства на посівах пшениці озимої, застосування NDVI на посівах пшениці озимої.

Розділ 2 “Умови та методика проведення дослідження” містить інформацію про характеристику місця проведення досліду, ґрунтові умови і погодно-кліматичні умови проведення дослідження, технологія вирощування пшениці озимої, умови проведення досліду, методики проведення лабораторних і польових досліджень.

У розділі 3 “Результати дослідження та їх аналіз” представлені результати досліджень агрохімічного аналізу ґрунту та рослин, вмісту хлорофілу в рослинах, показник фотосинтетичної активності біомаси, якісні та кількісні показники врожайності пшениці озимої.

У розділі 4 “Економічна ефективність” проведено аналіз економічної ефективності застосування дистанційного азотного моделювання на посівах пшениці озимої.

У результаті проведених досліджень в умовах ТОВ «Сингента» було встановлено що:

1. За допомогою приладів для корегування азотного живлення можна збільшити рентабельність вирощування пшениці озимої, збільшивши врожайність із зменшенням затрат на вирощування культури. При тому, що прилад вказує на рекомендацію в застосуванні норм добрив у залежності від фази росту та розвитку культури, що зумовило рівень врожайності 5,8т/га.

2. Комплексна агрохімічна діагностика дала можливість встановити причини отримання різної врожайності залежно від виду та норм застосування азотних добрив за вирощування пшениці озимої сорту Одеська 267 на чорноземах глибоких мало гумусних.

3. За допомогою знімків БПЛА можна встановити ділянки з продуктивнішою фотосинтетичною активністю біомаси, застосувати на них прилади, які корегують дози внесення добрив, для збільшення фотосинтетичної активності біомаси. Зі збільшенням активності біомаси збільшується врожайність до 5.8т/га.

Ключові слова: пшениця озима, прецизійне агровиробництво, NDVI, аміачна селітра, карбамід, N-tester

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

# НУБІП України

Факультет Агробіологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Агрохімії та якості  
продукції рослинництва ім. О.І. Духечкіна

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

(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

“ 00 ” \_\_\_\_\_ 2021 року

## ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТУ

Гайдуку Владиславу Леонідовичу

Спеціальність 201 Агроніомія

Освітня програма Агрохімсервіс у прецизійному агропромисловстві

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: Моделювання азотного  
живлення пшениці озимої за дистанційного моніторингу посівів

затверджена наказом ректора НУБІП України від “07” жовтня 2021р. №1642

«С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 9.11.2021.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи агрономічні  
дослідження:

1. Наукові дослідження співробітників кафедри,
2. Професійна документація ТОВ «Сингента».

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Провести агрохімічне обстеження дослідної ділянки.
2. Вивчити динаміку мінерального азоту протягом вегетації пшениці озимої за використанням азотних добрив.

3. Відслідковувати динаміку змін показників NDVI за різних варіантах удобрення.

4. Спостерігати за настанням біометричних показників пшениці озимої за різних варіантів удобрення.

5. Встановити зміни вмісту макроелементів у ґрунті і рослинах.

6. Вивчити урожайність і елементи структури врожаю пшениці озимої.

7. Визначити економічну ефективність вирощування пшениці озимої за моделювання азотного її живлення.

Дата видачі завдання

20 р. 00

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

доцент, к.с.-г.н.

Бордюжа Н.П.

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Гайдук В.Л.

(прізвище та ініціали студента)

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# НУБІП України

Зміст

ВСТУП ..... 8

РОЗДІЛ I. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ..... 12

1.1 Особливості мінерального живлення пшениці озимої ..... 12

1.2 Застосування дистанційного моніторингу ..... 16

1.3 Застосування дистанційного моніторингу N-tester. .... 18

РОЗДІЛ II. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ..... 20

2.1.1 Грунтові умови проведення досліджень ..... 20

Назва ґрунту ..... 21

2.2. Технологічні умови проведення досліджень ..... 24

2.3. Методика проведення досліджень ..... 25

РОЗДІЛ III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ ..... 29

3.1 Динаміка мінерального азоту у чорноземі глибокому малогумусному ..... 29

3.2 Динаміка рухомих сполук фосфору в чорноземі глибокого малогумусного ґрунті ..... 34

3.3. Динаміка обмінних сполук калію в чорноземі глибокому малогумусному ґрунті ..... 36

3.5. Динаміка показників нормалізованого диференційного вегетаційного індексу рослин пшениці озимої ..... 39

3.6. Вплив мінерального живлення на фотосинтетичну діяльність пшениці озимої по фенологічним фазам росту та розвитку ..... 43

3.7. Динаміка накопичення макроелементів у рослинах пшениці озимої ... 46

3.8. Врожайність пшениці озимої та показники якості її зерна ..... 48

РОЗДІЛ IV. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ..... 51

ВИСНОВКИ ..... 53

Список використаної літератури ..... 55

## ВСТУП

Актуальність магістерської роботи. Пшениця – один із найголовніших злаків земної кулі. Ця культура – це засіб для існування мільйонів людей, що населяють нашу планету. Культура є джерелом харчування людства, найдавнішою культурою в рослинництві, що культивується на земній кулі в прадавні часи, ще в 10-15 тисячоліттях до н.е.

Озима пшениця є основним джерелом білка в організм людини та тварини і займає велике місце в енергетичному й поживному балансі.

Пшениця має широкий напрям в найрізноманітніших цілях, основою є отримання зерна, але ще йде на зелений корм. Із зерна пшениці одержують борошно, що використовується в хлібопекарській і кондитерській промисловості, а також крупу й інші продукти. Пшеничні висівки – гарний корм для всіх видів свійських тварин. У них міститься перетравного протеїну в 1,5 рази більше, ніж у зерні ячменю. Як грубий корм використовують солому, особливо в подрібненому й запареному вигляді, і полову. Солома застосовується також для виготовлення паперу тощо [30].

Середовище поширення культурних видів пшениць охоплює майже всі континенти Земної поверхні. По посівних площах пшениця, серед зернових культурних рослин, посідає перше місце за площею – 221,3 млн. га в світі, що становить 32% від загальної суми посівних площ зернових культур. Пшениця в Україні є національною культурою, так як її площі становлять за 2019 р. 6,8 мільярдів га, що складає 38,1% від загальної площі зернових культур. 90% озимої пшениці розміщені в лісостеповій і степовій зонах України.

Культура має високий врожайний потенціал. У 2017 р. Новозеланський фермер отримав світовий рекорд урожайності 17 т/га сорту пшениці Kerrin.

За останні роки Україна вирощує близько 1000 кг зерна на душу населення. Озима пшениця є дуже цінною культурою в польовій сівозміні, гарний попередник багатьох культур так як швидко звільняє поле. В



південної частини України після озимої пшениці є можливість отримання другого врожаю за сезон [31].

При використанні інтенсивних технологій забезпечує отримання високого врожаю при дотриманні всіх технологічних операцій з технології вирощування під заплановану врожайність. Головними елементами в технології є: розміщення культури на кращих попередниках; якісне проведення технологічних операцій; збалансоване живлення та внесення добрив, використовуючи сучасні технології; використання високопродуктивних сортів, інтегрована система захисту рослин точного землеробства.

Кожного року в Україні посівні площі озимої пшениці зростають, і зростає потреба в діагностиці урожайності, неоднорідності ґрунтового покриття, проявів зміни клімату, проявів недостатнього живлення [27].

На сьогодні провідні аграрії України, активно використовують сучасні прогресивні технології вирощування культур. Новітня система ґрунтується на принципах визначення точності конфігурації поля [24]. Також, для оптимізації використання ресурсів і припиненням зайвих витрат перехід на новітній рівень господарювання, а саме перехід на точне землеробство, є актуальним [26].

Точне землеробство включає в себе дистанційне зондування, знімки з супутнику чи БПЛА, які відображають стан врожаю та ґрунту, зовнішню та внутрішню польову мінливість культур для отримання продуктивності кожної елементарної ділянки поля із збереженням економічних ресурсів [25].

Використання дистанційного зондування на посівах озимої пшениці є одним з економічних методів агромоніторингу. Для отримання якісного та конкурентно спроможного врожаю пшениці озимої потрібно розуміти характер культури, данні про накопичення біомаси, стан посівів, розвиток хвороб та нестачі елементів, і цю інформацію можна отримати за допомогою дистанційних знімків [28].

Одним із базових впроваджень точного землеробства є впровадження інструментів, які заощаджують від 10 до 15% витрат на живлення рослин з одночасним підвищенням якості проведення робіт [29].

При вирощуванні пшениці озимої одною з гострих проблем є азотне живлення, завжди актуально при уточненні доз та норм азотного підживлення пшениці озимої. Портативні прилади, призначені для виявлення азотного рівня живлення по рівню хлорофілу в рослині, без додаткових засобів прямо в полі допомагають швидко відреагувати на потреби рослин.

Прилади допомагають слідкувати за динамікою живлення і оперативно вирішувати питання з підживленням для раціонального використання добрив і отримання максимального врожаю.

Мета магістерської роботи полягає у моделюванні азотного живлення пшениці озимої за дистанційного моніторингу посівів.

#### **Завдання магістерської роботи:**

1. Провести агрохімічне обстеження дослідної ділянки.
2. Вивчити динаміку мінерального азоту протягом вегетації пшениці озимої за використанням азотних добрив.
3. Відслідковувати динаміку змін показників NDVI за різних варіантах удобрення.
4. Спостерігати за настанням біометричних показників пшениці озимої за різних варіантів удобрення.
5. Встановити зміни вмісту макроелементів у ґрунті і рослинах.
6. Вивчити урожайність і елементи структури врожаю пшениці озимої.
7. Визначити економічну ефективність вирощування пшениці озимої за моделювання азотного її живлення.

**Об'єкт досліджень:** процеси перетворення мінерального азоту у чорноземі малогумусному у ґрунті, настання фаз та розвитку пшениці озимої

**Предмет дослідження:** вміст мінерального азоту, біометричні показники пшениці озимої.

**Методи досліджень:** польові, лабораторні та статистичні за загальноприйнятими в агрохімії методиками.

**Теоретичне значення магістерської:** робота має узагальнюючий характер і містить власні висновки і рекомендації з предмету дослідження щодо використання добрив у ТОВ "Сингента".

**Наукова новизна одержаних результатів.** Застосування приладів для азотного моделювання в посівах пшениці озимої, застосування дронів для дистанційного моделювання.

**Апробація результатів.** Результати магістерської роботи оприлюднені на Постерній конференції магістрів НУБіП України та опубліковані у матеріалах "Агрохімічні ресурси в управлінні живленням сільськогосподарських культур та якості і біологічна цінність продукції".

**Положення, що виносяться на захист:** Положення №1 При моделюванні азотного живлення рослин пшениці озимої за допомогою азотних добрив при використанні портативних приладів відбувається:

Збільшення в ґрунті мінерального азоту.

- Оптимізується процес фотосинтезу
- Підвищується вміст хлорофілу

Положення №2 Рослини які не були підживленні азотними добривами відставали у рості, контроль порівняно з варіантами фізіологічні процеси рослин були затримані.

## РОЗДІЛ I. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

# НУБІП України

### 1.1 Особливості мінерального живлення пшениці озимої

Для отримання хорошого врожаю пшениці озимої застосовувати мінеральні добрива потрібно протягом всього росту та розвитку рослин. Інтенсивні сорти мають більші вимоги до умов живлення і при збалансованому забезпеченні можуть розкрити свій повноцінний генетичний потенціал [42].

Пшениця озима значну кількість елементів живлення виносить з ґрунту. При формуванні 10 ц/га зерна пшениці потрібно 20-35 кг азоту, 10-15 кг фосфору; 20-30 кг калію; 5-7 кг кальцію, 4 кг магнію; 3,5 кг сірки, 5 г бору, 8,5 г міді, 270 г заліза, 60 г цинку, 80 г марганцю; 0,7 г молібдену.

Є така аксіома в рослинництві: чим більша врожайність, тим більший винос поживних речовин. Чим більше винос поживних речовин, тим вища норма мінеральних добрив, тим більший врожай [32].

При багаторічному аналізі дослідження показують, що достатньої кількості у легкодоступній формі елементів живлення в ґрунті не буває, тому для одержання високих та сталих врожаїв під цю культуру потрібно вносити мінеральні добрива. Джерелом азоту для рослини є солі азотної кислоти та амонію. В ґрунті ця форма азоту є у вигляді аніонів  $\text{NO}_3^-$  та катіонів  $\text{NH}_4^+$ .

Такий елемент як Азот найбільше впливає на приріст врожаю та його якість, служить основним елементом росту та розвитку. Азот входить у склад амінокислот, з яких складається молекула білку. Білок є складовою протоплазми, яка міститься в кожній живій клітині. Є основою всього життєвого процесу. Азот входить ще до складу хлорофілу, нуклеїнових кислот ферментів та вітамінів. Азот збільшує тривалість вегетації, активної фотосинтетичної діяльності, покращує якість зерна, забезпечує ріст та розвиток надземної та кореневої системи [1].

# НУБІП України

Надлишок азотного живлення восени призведе до переростання рослин і поганій перезимівлі, надлишок в літній період в районах інтенсивного зволоження або дощової погоди викличе вилягання культури в період наливу зерна. Вилягання хлібів призводить до зменшення фотосинтезу, і але збільшення дихання, що потім викликає недобір врожаю та труднощі при збиранні [43].

Основна кількість азоту використовується рослинами при інтенсивному наростанні маси рослин за період від початку виходу в трубку до цвітіння та за період формування і наливу. Низька температура ( $<10^{\circ}\text{C}$ ) у фазах вихід в трубку-цвітіння сповільнює надходження азоту в рослину, що може викликати зниження продуктивності рослин та пожовтіння листків у пізніші фази росту. При нестачі азоту, сповільнюється ріст вегетативної маси, листки стають блідо-зеленого забарвлення внаслідок зменшення кількості хлорофілу. Формуються рослини, які відстають у рості [1].

Оптимальні строки підживлення пшениці озимої, за термінами підживлення.

1. Весняне раннього періоду (прикореневе і позакореневе)
2. Період кушення, вихід в трубку (прикореневим і позакореневим)
3. Підживлення, яке проводиться по колосу до молочної стиглості (на якість) [33].

Озима пшениця так сильно реагує на підживлення азотними добривами, що на певних етапах можна впливати на величину майже всіх елементів продуктивності. Дефіцит азоту обмежує процес кушення, утворення колосків у колосі, зменшує кількість квіток у колосі, негативно позначається на виповненості та якості зерна [1].

Найбільший ефект азотні добрива забезпечують на ґрунтах із низькою потенційною родючістю ґрунтів і достатнім зволоженням. Тому внесення азоту на бідних на гумус ґрунтах має вирішальне значення для формування високого врожаю пшениці, особливо на фоні достатнього фосфорного і калійного живлення [1, 32].

Добра забезпеченість фосфором дає хороше проходження фаз росту та розвитку. Фосфор є невід'ємною частинкою білку, який перебуває в складі ядра клітини. При відсутності сповільнюється синтез нуклеїнових кислот, який потім обмежує поділ клітини. У фотосинтезі, диханні і переносі енергії, фосфор має головну роль. Фосфор входить до складу сполук, які акумулюють енергію і при оптимальній кількості скасовують проблему в надмірній кількості азоту та підвищує ефективність. Підвищується інтенсивність фотосинтезу, збалансоване використання ґрунтової вологи, спричинює розвиток ґрунтової біоти [50].

Негативно впливає осіння нестача фосфору на пшеницю озиму. Так як він малорухливий і погано розчиняється і довго доходить до коріння. Щоб цього уникнути, потрібно вносити добрива ближче до рослини. При хорошому вмісті цього елемента на весні рослини краще ростуть і розвиваються після зимівлі.

Фосфорні добрива випускається в малорозчинних формах і їх бажано застосовувати під основний обробіток ґрунту. Максимальну кількість фосфору пшениця озима потребує у фазу виходу в трубку до цвітіння, в цей час відбувається утворення запасу для наливу зерна [41].

Фосфор піддається реутилізації у тлі рослин, може надходити з старих листків до молодих органів. Живлення пшениці озимої фосфором є не простим питанням так, за його специфічне засвоєння рослиною. Якщо приморозки на весні це не так критично, як восени забагато днів з низькою температурою для засвоєння фосфору. Фосфор такий елемент, який вже при +10°C перестає бути доступним для рослини [40].

Калій не є в складі органічних сполук як фосфор і азот, є ферментом фізіологічних процесів в рослинах, приймає участь у фотосинтезі, в утворенні АТФ, пришвидшує синтез вуглеводів і білків. Активно впливає в накопиченні вегетативної маси в рослинах, в мінеральному живленні.

Калій підвищує морозостійкість та холодостійкість і стійкість рослин проти грибкових захворювань. Калій дає змогу формувати добре розвинуту

кореневу систему, покращує кушення, зміцнює соломину, що запобігає виляганню. Калій є учасником обмінних реакцій, активує переміщення вуглеводів із листку до колоса, сприяє кращому наливу зерна, підвищує крупність і виповненість зерна та вміст білку в зерні [39].

Пшениця засвоює калій з ґрунту від проростання до цвітіння, а найбільша потреба калію - у фазах виходу в трубку і колосіння. Максимальна кількість його нагромаджується у рослинах озимої пшениці під час цвітіння [51].

Більша частина норми добрив вноситься під основний обробіток, разом з фосфорними добривами. Ефективність всіх мікроелементів знижується на кислих ґрунтах. Калій проходить процес реутилізації, тому нестачу потрібно шукати на старих листках. Надмірна наявність в ґрунті калію може витіснити кальцій та магній, що потім зумовлює старіння тканини [1].

Кальцій покращує обмін речовин, накопичення вуглеводів, активно позначається на рості та розвитку вегетативних органів. Позитивно впливає на процеси фотосинтезу й транспортування вуглеводів у рослинах та на засвоєння азотних добрив рослиною. Дефіцит кальцію проявляється на молодих листках, бо кальцій в рослині не проходить процесу реутилізації. Прояви дефіциту кальцію лише на нових листках є переламування листків по середині некротичних плям. Коренева система стає коротшою у наслідок зменшення кількості корневих волосків. При дефіциті цього елемента ефективним таке добриво як кальцієва селітра, так як має доступний кальцій для рослини [38].

Магній є структурним елементом хлорофілу, що має велике значення для фотосинтезу в рослині. У Хлорофілі міститься 15-30% усього магнію, що засвоюється рослинами. Магній забезпечує рух фосфору в рослині, перетворення азоту в білок, процеси дихання. Нестача магнію гальмує синтез азотовмісних сполук, фотосинтез, ріст та розвиток рослин, послаблює стійкість до хвороб, що спричинює зниження врожайності та якості зерна.



При вирощуванні пшениці озимої за інтенсивної технології магній – важливий для засвоєння NPK [44].

Магній рухомий і легко вимивається з ґрунту. Це призводить до втрат з ґрунту 20–40 кг/га щорічно, тому рекомендується вносити його в ґрунт.

Потреба в магнії не менш важлива чим фосфору, за нестачі магнію викликає потребу у внесенні великих норм калію [1].

При нестачі магнію листки набувають жовтого кольору, що часто помилково визначається ураженням хворобами. Одною з причин може бути повільне засвоєння з ґрунту, при низькій температурі, навіть при хорошій забезпеченості елементом, або коли слабка коренева система і не може засвоїти магній в достатній кількості. За таких умов є ефективне фоліарне внесення добрив [51].

Сірка є незамінною у живленні пшениці озимої так як, вона бере участь у різних метаболізмах рослини. Вона входить у склад амінокислот, білків, ферментів, вітамінів. Окрім того, бере участь у формуванні рослинної стійкості до різних негативних факторів, які впливають на рослину [37].

Пшениця озима сірку використовує в період всієї вегетації.

Інтенсивність накопичення сірки найбільше припадає на період цвітіння пшениці. Оскільки засвоєння сірки і азоту взаємопов'язане, їх необхідно вносити у пропорційній нормі [36].

При реалізації високопродуктивних сортів пшениці озимої є обов'язковим впровадженням обґрунтованої системи живлення культури [35].

## 1.2 Застосування дистанційного моніторингу в сільському господарстві

Сільське господарство – одне з головних складових аерокосмічних знімків, що дає змогу забезпечити об'єктивну інформативну щодо стану



агроекосистем, просторової неоднорідності, природнотериторіальних комплексів, їхньої динаміки і сприяє отриманню даних розробки систем моніторингу агроресурсів [46].

Використання ДЗЗ забезпечує визначення об'єктивного стану культур (густоти, кількісних та якісних змін рослин, одержання інформації щодо проведення обробок ЗЗР) на великих площах. Розробка показників та їх характеристика про стан культур на фундаменті комплексу спостережень і використання інформації ДЗЗ є невід'ємною складовою при застосуванні аерокосмічних методів у дослідженні агроресурсів [2].

Моніторинг сільськогосподарських угідь важлива процедура, при якій не можна обійтися господарствам з великою площею угідь. Багатократний моніторинг дає змогу підтримувати стан полів в хорошому стані і придатних до агротехнічних робіт [47].

Застосування вегетаційного індексу нормалізованої різниці (NDVI) є одним із найбільш застосованим та обґрунтованим науковцями індексів. Це пов'язане з його здатністю охарактеризувати густоту стояння рослинного покриву, що дає оцінку схожості культур, обґрунтувати продуктивність посівів та угідь. На число індексу впливає тип та вид рослинності, густота рослин, стан, експозиція та кут нахилу поверхні [2].

Супутниковий Моніторинг вирішує такі завдання.

1. Оцінка загального стану посівів.
2. Порівняння та рейтингування полів.
3. Виявлення проблемних ділянок на полі.
4. Вихідні дані для таргетованого скаутингу.
5. Дефіцит живлення.
6. Розкриття зон впливу лімітуючих факторів.
7. Формування зон продуктивності поля.
8. Створення даних для диференційованого внесення добрив.
9. Прогнозування врожайності.
10. Оцінка варіантів на дослідних ділянках.

Перевагою індексів вегетації є зручність отримання вирішуваних завдань. Так як NDVI використовують як інструмент при проведенні складних завдань, таких як карти продуктивності культур, природних зон. А знімки, які зроблені за декілька сезонів дають можливість отримувати оцінку прогнозованого врожаю культур, робити планування. При вегетаційним індексам є можливість не тільки проводити картографування покриття рослин, а оцінки роботи техніки, густоти стояння рослин, схожості, розвиток рослинного покриття [45].

Засоби, які використовуються при дистанційному зондуванні, мають камеру та інші системи, які встановлені на літаках, БПЛА супутниках, сільськогосподарських машин та агрегатів. Сенсори обробляють електромагнітну енергію, яку відбиває або випромінює поверхню ґрунту чи рослин, і перетворює на певну кількість даних, яку потім використовується для оцінки родючості, стану посівів [2].

Дистанційне спостереження культур під час росту та розвитку культури сприяє зменшенню грошових витрат на вирощування культур (зменшення доз внесення добрив, внесення ЗЗР) або вказує на потребу підживлення у разі потреби або внесення ЗЗР при їх необхідності [2].

Динамікою індексу NDVI пшениці озимої має два максимуми, це перед входом у зиму та у фазу колосіння, тому існує тісний зв'язок між продуктивністю та значенням NDVI. У формуванні врожаю пшениці озимої важливу роль відіграє розмір фотосинтетичного апарату. [34] Тому тут відбувається потреба у збільшенні фотосинтетичного апарату, а це лише можливо при азотному живленні.

### 1.3 Застосування дистанційного моніторингу N-tester

Одним з найважливіших елементів у вирощуванні пшениці озимої є азот. При його нестачі знижується активність росту та розвитку,

ослаблюються бічні пагони, послаблюється кушіння, розвиток кореневої системи, підвищується ймовірність дрібних листків. За тривалого голодування молоді пагони можуть загинути. Для виправлення таких ситуацій можна використовувати портативний прилад N-tester [48].

N-Tester – пересувний прилад, що дає змогу легко і швидко виміряти рівень азоту, який було поглинуто рослиною, для подальшого визначення потреби в підживленні. N-Tester дозволяє оптимально використовувати запаси азоту, щоб знизити втрат азоту і уникнути надмірного споживання, яке призведе до вилягання рослин. Прилад надає результати, при яких приймаємо обґрунтовані рішення покращуючи врожайні якості зерна, витрати на використання добрив та зменшення втрат [3].

Вимірювання миттєво проводиться прямо в полі, при нормальному освітленні та умовах. Простий у застосуванні N-Tester дозволяє оптимізувати використання обмеженого запасу азоту, виділити поля з кращим забезпеченням азотним живленням [49].

Прилади працюють за такою дією, вимірювальний пристрій визначає кількість хлорофілу в листках, шляхом вимірювання поглинутого світла листком. Вимірюється у двох діапазонах довжини хвиль, співвідношення вмісту азоту до вмісту хлорофілу лінійне, тому значення кількості хлорофілу відображає потребу в азоті або його надмірну кількість [3].

Чим більше концентрація хлорофілу, тим вищою буде ефективність фотосинтезу. Фотосинтез значний вплив має на врожайні якості зерна.

В основному прилад використовується для сканування зернових культур, доступні калібрування в різних країнах та для різних сортів, так як вміст хлорофілу буде різний [3].

НУБІП України

## РОЗДІЛ. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Ґрунтові умови проведення досліджень

Наукові дослідження за темою магістерської кваліфікаційної роботи проведені на дослідній станції ТОВ «Сінгента». Дослідна станція ТОВ «Сінгента» знаходиться в с. Селекція, Білоцерківського району, Київської області. Науково-дослідна станція займається проведенням дослідженням сортовипробуванням різних сортів та гібридів препаратів та ЗЗР.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем глибокий малоґумусний, за механічним складом крупно-пилуватий середньо суглинковий.

Характеризується високим вмістом карбонатів з вмістом кальцію 20%. У результаті глибокого вимивання утворився глибокий чорнозем малоґумусний з ґумусовим горизонтом до 75 см. Запас ґумусу середній - 2,36% (табл. 2.1), азоту низький - 140 мг/кг лужногідролізованого, фосфору високий - 190 мг/кг, калію підвищений - 115 мг/кг. Реакція ґрунтового розчину – нейтральна, рН 6,5–6,8. Глибина залягання ґрунтових вод - 7–10 метрів. На низинних місцях рівень залягання ґрунтових сягає 0,7–1,3 метри. Водний режим формується за рахунок ґрунтового і атмосферного зволоження [4].

У цілому, за використання науково-обґрунтованої технології вирощування пшениці озимої можна отримувати сталі врожаї.

# НУБІП України

Таблиця 2.1

Агрохімічна характеристика ґрунту чорнозему глибокого мало гумусного, з дослідної ділянки, 2020 р.

Показники	Значення
Назва ґрунту	Чорнозем глибокий малогумусний
Вміст гумусу, %	2,36
pH сольове	6,7
Гідролітична кислотність, мг-екв/100г	2,26
Ступінь насиченості основами, %	84
Максимальна гігроскопічність, %	7,63
НВ, від об'єму ґрунту	23,36
Загальна пористість, %	50
Капілярна вологосмікність, %	40
Об'ємна маса, г/см <sup>3</sup>	1,25
Вміст мг/1кг ґрунту:	
-легкогідролізованого азоту	141,2
-рухомого фосфору	18,8
-обмінного калію	113
Бонітет ґрунту, загальний бал	70
Глибина орного шару, см	0-30

## 2.2. Метеорологічні умови проведення досліджень

R&D станція розташована в зоні помірно – континентального клімату.

За даними багаторічних спостережень агрометеорологічної станції ТОВ «Сінгента» середньрічна температура становить +8 °С, сума ефективних температур – 2075,5 °С. Безморозний період триває 212–235 діб.

Сума середньорічних опадів складає 522 мм. Протягом року опади випадають нерівномірно, тому це призводить до деяких проблем при вирощуванні. Весною випадає близько 22% від річної норми опадів, що становить 126 мм., в літку 36,6% – 204мм. та взимку 22,4% – 126мм.

Багаторічними спостереженнями температура теплого місяця (липня) становить  $+18 - 20^{\circ}\text{C}$ , а холоднішого (січня)  $-10^{\circ}\text{C}$ . Найбільша температура в літній період  $+36^{\circ}\text{C}$ , а найнижча в зимовий період  $-34^{\circ}\text{C}$ .

Вегетаційний період складає 210–215 днів. Заморозки припадають на останню декаду квітня, а починаються в першій декаді жовтня. Сніговий покрив утворюється загалом в кінці листопада та сходить наприкінці лютого на початку березня. Висота може сягати до 50 см, а зазвичай 15 см. Кількість днів під сніговим покривом 110 днів. Глибина промерзання ґрунту становить 6–8 см [4]. Погодні умови року досліджень представлені у таблиці

2.2.  
ґрунтово-кліматичні умови підходять для вирощування більшості сільськогосподарських культур.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 2.2

## Погодні умови на період закладання дослідів, 2021р.

1	2	3	4
Місяці	Декади	Температура, t C	Опади, мм
Жовтень	1	17,1	12,1
	2	12,4	8,9
	3	11,7	8,7
Листопад	1	7,4	7,5
	2	3,3	16,2
	3	2,8	1,7
Грудень	1	-1,5	4,5
	2	1,2	6
	3	1,7	17,6
Січень	1	2,2	17
	2	-5,3	4,2
	3	1,2	22,1
Лютий	1	-2,1	24,8
	2	-8,4	16,9
	3	0,9	3,9
Березень	1	1,1	4,2
	2	2,8	11,8
	3	1,5	17,2
Квітень	1	6,3	12,7
	2	9,4	17,7
	3	8,4	15,3
Травень	1	12,3	10,7
	2	14,3	23,2
	3	15,8	25,3
Червень	1	15,8	10,9
	2	19,6	11,1
	3	24,7	4,2
Листопад	1	23,3	6,6
	2	19,7	0,6
	3	29,1	28,7

## 2.2. Технологічні умови проведення досліджень

Попередником для озимої пшениці був ярий ячмінь. Для посіву був вибраний районований сорт озимої пшениці Одеська 267. Передпосівний обробіток проводився дискатором Дукач 3 та перед посівом передпосівним культиватором Maktiler 3 з глибиною 3 см. Сівба проводилась 10 жовтня, перед посівом насіння було оброблено протруйником Максим Форте (2л на 1 тонну). Сівбу проводили зерною селекційною сівалкою Derro на глибину 3 см з шириною міжрядь 12,5 см та нормою висіву 200 кг/га. За попереднього внесення мінеральних добрив в нормі  $N_{30}P_{30}K_{30}$ . Сорт було висіяно з густотою 4,5млн. рос./га.

Таблиця 2.3

### Система захисту озимої пшениці в досліді

Назва препарату	Класифікація	Норми внесення	Спектр дії	Строки і особливості застосування
Максим Форте	Протруйник	2л/т	Кореневі гнилі	За тиждень до посіву
Дербі	Однодольні дводольні бур'яни	4,5 л. / га	Однорічні злакові та дводольні бур'яни	В період кушення
Амістар Тріо	Фунгіцид	2,5 л/га	Борошниста роса, фузаріоз	В період вегетації рослини
Енжіо	Інсектицид	0,6 л/га	Комплекс шкідників	В період вегетації рослини



### 2.3. Методика проведення досліджень

Основним завданням досліджень є моделювання азотного живлення пшениці озимої за дистанційного моніторингу посівів.

На дослідному полі висіяли сорт пшениці озимої Одеська 267. Сорт середньостиглий, яровизація середня, чутливість до фотоперіоду підвищена. Висока морозо- та посухостійкість. Жаростійкість на рівні стандартів для степової зони.

Стійкий до таких хвороб: жовтої іржі (6–7 балів), септоріозу (6–7 балів), бурого іржею (1–3 бали), фузаріозом колоса (3–4 бали), летючою сажкою (5 балів), борошнистою россою (4 бали), твердою сажкою (3–4 бали).

Стійкість до проростання та осипання дуже висока, до вилягання середня. Сорт належить до групи сильних пшениць. Середньорослий (115–125 см). Колос веретеноподібний, довгий (10–12 см), щільний (23 колоски/10 см стрижня). Після дозрівання колос і стебло стають білого кольору. Колоскова луска ланцето-видовжена, з добре виявленою нервацією. Зубець колоскової луски прямий, короткий (1,7–2,0 мм). Кіль добре виявлений, доходить до основи луски. Остюки середньої довжини, не перевищують довжини колоса, розходяться в сторони, цупкі. Зерно червоне, крупне (маса 1000 зерен 38,0–42,8 г), борозенка неглибока. Листя зазвичай середнього розміру, неопушені. Продуктивна кустистість висока [5].

Для закладки досліду використовувались наступні мінеральні добрива:

Аміачна селітра – амонійно-нітратне добриво, вміст азоту у співвідношенні  $\text{NH}_4:\text{NO}_3 = 1:1$ . Випускають у вигляді білих гранул з жовтуватим або рожевуватим кольором. Добриво фізіологічно кисле (1 ц аміачної селітри нейтралізується 0,74 ц  $\text{CaCO}_3$ ), гігроскопічне, добре розчиняється у воді. При виробництві гранули піддаються спеціальними гідрофобними добавками, які покращують зберігання [6].

Карбамід ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) – концентроване амідне добриво. Виробляється у вигляді світло-білих гранул або кристалів. Добриво водорозчинне, біологічно

кисле (1 ц нейтралізується 0,83 ц  $\text{CaCO}_3$ ), так як під дією ґрунтових мікроорганізмів піддається різним мікробіологічним процесам, де кінцевим продуктом є солі азотної кислоти [7].

Схема досліджень включала наступні варіанти:

1. Контроль
2. Аміачна селітра  $\text{N}_{50}$
3. Аміачна селітра по N-tester
4. Карбамід  $\text{N}_{50}$
5. Карбамід по N - tester

Концепція дослідження полягає в порівнянні варіантів, які були з нормою внесення 50 кг/га (це варіант №2, №4) та змодельованим N-tester (варіант №3, №5) порівняно з контролем. N-tester визначав норму внесення за кількістю хлорофілу в рослинах, та надавав рекомендовану норму.

Вимірювання проводилося перед кожним внесенням, які були заплановані в схемі дослідження. При отриманні даних приладу N-tester, значення оброблялося в спеціальному калькуляторі - Yara N-Tester Calibration. Даний калькулятор розраховує та надає рекомендації по внесенні азотних добрив враховуючи особливості сорту. При вимірюванні у фазу кушення ділянки №3 була розрахована доза внесення азоту 60 кг/га., а на ділянці №5 рекомендована доза внесення 80 кг/га азоту. При подальших вимірах у більш пізніх фазах дані вказували на те, що внесення добрив не потребує культура.

Зразки ґрунту та рослин відбиралися в наступні, характерні для пшениці озимої фази росту і розвитку рослин:

- 1) Кушення
- 2) Вихід в трубку
- 3) Колосіння

Площа облікової ділянки –144м<sup>2</sup>.

У ґрунтових зразках визначали:

Вміст нітратного азоту – потенціометричним методом (ДСТУ 4729:2007);

Вміст амонійного азоту – колориметрично з реактивом Несслера (ДСТУ 4729:2007);

Вміст рухомих форм фосфору та обмінного калію – за Кірсановим в модифікації ЦНАО в одній витяжці з наступним визначенням фосфору – фотоколориметрично, а калію – на полуменовому фотометрі (ДСТУ 4405:2005);

Протягом періоду вегетації пшениці озимої проводили біометричні спостереження визначали висоту рослин (ГОСТ135865-93). Всі вимірю проводились із 10 рослинами з кожного варіанту.

У рослинних зразках, що відбирались протягом вегетації після мокрого озолення матеріалу за методом Гінзбурга визначали вміст макроелементів:

- загального азоту – колориметрично з реактивом Несслера;
- фосфору – фотоколориметрично;

- калію – на полуменовому фотометрі.

- Хлорофіл визначали – фотоколориметрично.

- Показники N-tester, які потім моделювали азотне живлення за період вегетації рослини.

Отримання карти NDVI проводилось дроном dji phantom 4 multispectral.

На висоті 30 метрів він робив обліг ділянок і фотографував спектральною камерою з інтервалом 1фото/3секун. Зшивання матеріалу відбувалось в програмі PIX4D, там і опрацьовувався матеріал за формулою NDVI.

Облік врожаю проводився методом прямого комбайнування, при збиранні врожаю селекційний комбайн ZURN 150, збирає дослідну ділянку і автоматично зважує та надає інформацію на комп'ютер.

Якісні показники такі як: Протеїн, вологість, крохмаль, клейковина, натура проводилась на спеціальному аналізаторі Foss. В прилад завантажується 500 грамів зерна і через декілька хвилин результат відображається на екрані приладу.

Маса 1000 вираховувалась на Seedcounter він спеціальним сенсором руху відраховував кількість насінин, яка задана, після відраховування певної кількості насіння зважується і подається на дисплей.

НУБІП Українни

НУБІП Українни

НУБІП Українни

НУБІП Українни

НУБІП Українни

НУБІП Українни

## РОЗДІЛ II. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

### 3.1 Динаміка мінерального азоту у чорноземі глибокому малогумусному

За біологічними особливостями такої культури як пшениця озима її удобрення залишається завжди актуальним і особливо в інтенсивних технологіях вирощування, де акцентується на індивідуальному підході. При наявності мінеральних сполук азоту продуктивність озимої пшениці різко підвищується.

Внесення азотних добрив в основний обробіток бажано проводити лише на бідних ґрунтах, а також при умовах такого попередника як кукурудза. Кількість азоту більша частина планується на підживлення [8].

За застосування азотних добрив при несистематичному способі на чорноземних ґрунтах спостерігається дефіцит азоту, який частково покривається за рахунок запасу, який міститься в ґрунті. Ряд дослідників, які займалися вивченням азотного режиму ґрунту, вказують на пряму залежність вмісту доступних для рослин форм азоту від кількості внесених в ґрунт азотних добрив [9].

Певна кількість азоту поглинається рослинами у фазі весняного кущення, під час якого відбувається інтенсивне нарощування вегетативної маси, що на далі впливає на формування хорошого врожаю. У цей період рослина засвоює амонійний азот найбільше [9].

Виходячи з цього, значний інтерес представляє вивчення вмісту та динаміки в чорноземі малогумусному амонійного і нітратного азоту, тобто рухомих форм азоту, які найбільш доступні рослинам.

Амонійний та нітратний азот за період живлення є неоднаковий.

Основною формою азотного живлення є нітрати. Цінність амонію є меншою і наявність його в оптимальній забезпеченості рослин цим елементом тому, що вона менш доступна для живлення, особливо на кислих ґрунтах. В умовах

природні елементи живлення містяться у кореневмісному шарі ґрунту, переміщення вниз відбувається за рахунок води.

Результати наших досліджень показали, що у шарі 0–25 см (табл. 3.1) мінерального азоту мінімальна кількість була у контролі, залежно від добрива в залежності від фази розвитку вміст його змінювався. В період кущення мінеральний азот майже не відрізнявся. В період виходу в трубку найменший показник був у контролі – 10,4 мг/кг. За традиційного внесення аміачної селітри мінеральний азот становив 15,7 мг/кг, карбаміду 16,0 мг/кг.

Це на 50-60% більше від контролю, що пов'язано з внесенням 30 кг/га дози мінеральних добрив, яка була закладена в схемі дослідження.

За дистанційного моделювання N-tester вміст мінерального азоту аміачної селітри склав на 14,4 мг/кг (фаза виходу в трубку), що на 38% більше ніж у контролі. За рахунок карбаміду вміст мінерального азоту збільшився на 120% і мав такий результат 22,9 мг/га. У фазу колосіння у контролі цей показник мав мінімальну кількість і складав 9,49 мг/кг.

За традиційного внесення аміачної селітри мінеральний азот мав такий результат 16,6 мг/кг, за використання карбаміду – 20,1 мг/кг мінерального азоту, що на 70% і 111% більше чим у контролі.

За моделювання азотного живлення за результатами N-tester, то за використання аміачної селітри вміст мінерального азоту складав 16,7 мг/кг, карбаміду – 24,8 мг/кг мінерального азоту. Це на 70% і 160% більше ніж у контролі відповідно.

У період технічної стиглості показник у контролі становив 8,38 мг/кг, за традиційної технології внесення аміачної селітри він був більшим на 4,30 мг/кг ніж у контролі, і за використання карбаміду – на 5,39 мг/кг більше.

При моделюванні азотного живлення за допомогою N-tester мінеральний азот при внесенні аміачної селітри становив 4,30 мг/кг і карбаміду 6,08 мг/кг. Така суттєва різниця між дією добрив вказує на те, що карбамід має більш пролонговану дію ніж аміачна селітра.

Таблиця 3.1

Динаміка вмісту мінерального азоту (мг/кг) у чорноземі глибокому малогумусному в залежності від фенологічної фази росту за вирощування пшениці озимої (0-25см шар відбору)

№ Варианту	Фаза росту та розвитку									Технічна стиглість		
	Кущення весняне			Вихід в трубку			Колосіння					
	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N мін.	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N мін.	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N мін.	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N мін.
1 Контроль	7,5	6,01	13,5	6,59	3,78	10,4	4,24	4,24	9,49	4,11	4,27	8,38
2. N <sub>50</sub> NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	7,2	6,09	13,3	8,09	7,62	15,7	9,12	7,50	16,62	6,84	5,84	12,7
3. N- tester NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	6,48	5,96	12,4	7,60	6,81	14,4	8,54	8,13	16,7	7,24	5,44	12,7
4. N <sub>50</sub> CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	6,71	6,17	12,9	7,11	8,94	16,0	10,8	9,35	20,1	7,45	6,32	13,8
5. N- tester CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	6,63	6,32	13,0	8,79	14,2	22,9	12,5	12,4	24,8	7,21	7,25	14,5

При аналізі динаміки мінерального азоту (табл. 3.2) в шарі відбору 25-50 см., то тенденція мінерального азоту однакова, що й з глибиною 0-25 см., але вміст азоту менший тому, що більша частина добрива була розміщена в кореневмісному шарі.

При аналізі динаміки амонійного азоту (табл. 3.1) можна сказати, що в період кущення його кількість майже не відрізнялась. В період виходу в трубку варіант з внесенням аміачної селітри з нормою 50 кг/га вміст амонійної форми азоту був більшим на 1,4 мг/га, варіант з внесення карбаміду з нормою 50 кг/га була більша 0,52 мг/кг, порівняно з контролем.

У варіантах з дистанційним моніторингом порівняно з контролем була більше на: аміачна селітра 1,01 мг/га, карбамід 2,2 мг/кг. У фазі виходу в трубку амонійний азот по традиційному внесенні становив на 4,88 (за використання аміачної селітри); 6,56 мг/га (за внесення карбаміду) більше ніж контролю, за моделюванням: 4,3 мг/кг аміачної селітри та карбаміду 8,26 мг/кг порівняно з контролем. У фазу технічної стиглості амонійний азот складає таку різницю по варіантах порівняно з контролем 2,73 мг/кг аміачної селітри; 3,34 мг/кг карбаміду за традиційного внесення. При моделюванні: 3,13 мг/кг аміачної селітри та карбаміду 3 мг/кг більше ніж контролю.

Зробивши висновки по двом формах азоту можна сказати, що при моделюванні азотного живлення живлення пшениці озимої вміст амонійного і нітратного азоту зростає відносно використання аміачної селітри.

НУБІП України

НУБІП України



Таблиця 3.2

Динаміка вмісту мінерального азоту (мг / кг) в чорноземі глибокому мало гумусному залежності від фенологічної фази росту за вирощування пшениці озимої (25-50см шар відбору)

№ Варіанту	Фаза росту та розвитку											
	Кущення весняне			Вихід в трубку			Колосіння			Технічна стиглість		
	N-NH4	N-NO3	N мін.	N-NH4	N-NO3	N мін.	N-NH4	N-NO3	N мін.	N-NH4	N-NO3	N мін.
1 Контроль	5,86	3,46	9,32	5,52	2,84	8,36	9,2	3,25	12,5	4,23	2,22	6,45
2. N50кг/га NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	6,45	3,20	9,65	6,93	3,83	10,8	10,1	3,51	13,6	5,05	2,48	7,53
3. N- tester NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	6,23	2,44	8,67	7,00	3,78	10,8	9,4	3,91	13,3	6,47	3,19	9,66
4. N50 CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	6,54	3,14	9,68	6,87	4,46	11,3	11,2	4,15	15,4	5,67	3,20	8,87
5. N-tester CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	6,58	2,89	9,47	7,99	8,57	16,6	12,6	4,99	17,6	5,23	3,39	8,62

### 3.2 Динаміка рухомих сполук фосфору в чорноземі глибокому мало гумусному

Фосфор є одним із основних показників родючості ґрунту, який входить до мінеральних і органічних сполук. Головним в живленні рослин є мінеральні сполуки фосфору, які представлені у вигляді фосфориту, апатиту, солями фосфорних кислот. Доступність фосфору для рослин залежить від

При вирощуванні пшениці озимої потрібно приділяти увагу фосфорному живленню на початкових етапах, оскільки він впливає на розвиток кореневої системи, інтенсивність кущення, та проходження фотосинтезу. Фосфорне голодування пшениці озимої на початкових етапах провокує виникнення депресивного ефекту і його не можливо подолати [11].

Оптимізація фосфорного живлення може бути досягнута внесенням фосфорних добрив відповідно до потреб сільськогосподарської культури.

Результати наших досліджень показали (табл. 3.3), що на період закладання дослідів вміст фосфору між варіантами майже не різнився в шарі від 0-50 см. У фазу кущення варіант з традиційним внесенням аміачної селітри вміст рухомого фосфору відрізнявся на 10-13% більше порівняно з іншими варіантами (на глибині 0-25см), на 10-15% більше ніж інші варіанти (25-50см). У фазу виходу в трубку при традиційному внесенні: варіант з аміачною селітрою становив на 23,4 мг/кг, карбамід -10,0 мг/кг більше ніж контроль, за моделювання на основі портативного приладу аміачною селітрою на 8,91 мг/га, карбаміду 22,3 мг/кг більше ніж контролю.

У фазу колосіння: по традиційному внесенні добрив аміачна селітра 12 мг/кг і карбамід 9 мг/кг більше ніж контроль. За умов моделювання: при внесенні аміачної селітри – на 7 мг/га, карбаміду – 20 мг/кг більше ніж контроль. У фазі технічної стиглості найвищий показник був за дистанційного моделювання аміачною селітрою, що на 4 мг/кг був нижчим порівняно з контролем.

Таблиця 3.3

Динаміка вмісту рухомих сполук фосфору (мг/кг) у чорноземі глибокому малогумусному в залежності від фенологічної фази росту за вирощування пшениці озимої (0-50см шар відбору)

№ Варіанту	Фаза росту та розвитку						Технічна стиглість	
	Кущення весняне		Вихід в трубку		Колосіння			
	0-0,25	0,25-0,50	0-0,25	0,25-50	0-0,25	0,25-50	0-0,25	0,25-50
1. Контроль	132	113	112	100	106	91,2	112	99,3
2. N50кг/га NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	147	128	136	116	128	114	125	109,3
3. N- tester NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	140	120	121	108	113	101	108	94,0
4. N50 CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	136	121	122	109	117	104	120	104
5. N-tester CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	128	109	135	118	126	108	119	103

При традиційному внесенні: за використання аміачної селітри вміст цього елемента був більшим 13 мг/кг відносно контролю, за внесення карбаміду — на 8 мг/кг більше ніж у контролі.

Тож, можна сказати, що вміст рухомого фосфору в залежності по вегетації знижувався, так як відбувався винос цього елемента, який в період вегетації не поповнювався. Можна відмітити, що за використання аміачної селітри показники були найвищими за весь період вегетації.

### 3.3. Динаміка обмінних сполук калію в чорноземі глибокому малогумусному

При інтенсивному вирощуванні сільськогосподарських культур запас калію в ґрунті стає лейтенантом для зростання високих урожаїв. Разом з фосфором він запобігає зниженню негативної частки надмірного живлення рослин азотом.

При вирощуванні сільськогосподарських культур за інтенсивною технологією запаси калію стають лімітним фактором при отриманні високих урожаїв. Нестача калію призводить до порушення процесів функціонування, які проходять в рослині, знижує стійкість до хвороб та фотосинтетичну

Доступними формами калію, які беруть участь у процесі живлення, являються водорозчинний і обмінний калій. Всі інші форми використовуються в процесі руйнування, тобто переходу із необмінного в іншу форму [13].

Оптимальний вміст калію в ґрунті у доступній формі оптимізує водний баланс, підвищує стійкість рослини до несприятливих умов. Достатнє калійне живлення підтримує оптимальний водний баланс, підвищує стійкість посівів до захворювань. Він бере участь в диханні, фотосинтезі, синтезі білків і вуглеводів, впливає на швидкість переміщення органічних речовин в

рослині, нейтралізує шкідливий вплив надлишку азоту на їх стійкість до посухи та вилягання [14]. Саме тому необхідне збалансоване забезпечення поживними елементами та відсутність дефіциту калію, що можна досягти за проведення діагностики вмісту обмінного калію в ґрунті.

Результатами наших досліджень вказали, що по всіх варіантах досліду забезпеченість азоту низька та середня. З низьким забезпеченням у фазу кущення були контроль з нормою 80,2 мг/кг та варіант із внесення аміанної селітри по показниках N-tester – 72,4 мг/кг. У варіантах з використанням карбаміду за двох способів мають такі показники 156 мг/кг та 138 мг/кг, що на 90% більше ніж у контролі (табл. 3.4).

У фазу виходу в трубку вміст підвищеного калію були у варіантах із карбамідом за традиційним внесенням та карбамідом за моделювання азотного живлення по показниках ентестеру, що на 90-100% більше ніж у контролі. Проаналізувавши всі інші фази можна сказати, що найнижчий показник був за внесення аміанної селітри за умов моделювання азотного живлення по показниках приладу, найвищий внесення карбаміду за традиційним внесенням в усій вегетації рослини.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 3.4

Вміст калію (мг/кг) у чорноземі глибокому малогумусному в залежності від фенологічної фази росту за вирощування пшениці озимої (0-50см шар відбору)

№ Варіанту	Фаза росту та розвитку							
	Кущення весняне		Вихід в трубку		Колосіння		Технічна стиглість	
	0-25	25-50	0-25	25-50	0-25	25-50	0-25	25-50
1 Контроль	80,2	74,3	70,9	68,6	75,6	67,1	78,6	76,0
2. N50кг/га NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	114	106	77,6	74,9	74,3	68,5	77,2	74,6
3. N- tester NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	72,4	68,3	58,8	54,3	63,4	59,5	65,3	58,3
4. N50 CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	156	147	149	138	136	131	132	125
5. N- tester CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	138	127	127	117	130	117	126	115

### 3.5. Динаміка показників нормалізованого диференційного вегетативного індексу рослини пшениці озимої

Нормалізований диференційний вегетативний індекс вказує кількість фотосинтетичної активності у біомаси рослини, по іншому називається індексом вегетації. Найпоширеніший індекс, який робить оцінку рослинного покриття [20].

Обчислюється за наступною формулою:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

де,

**NIR** - відображає ближній інфрачервоний області спектру.

**RED** - відображає в червоній області спектру.

Згідно формули NDVI в певній точці зображення рівна границі інтенсивності відображення світла в червоному та інфрачервоному діапазоні, поділену на суму їх інтенсивності.

Розрахунок NDVI базується на двох стабільних ділянках спектральної кривої відображення рослин. У червоному спектрі 0,6-0,7 лежить максимум поглинання сонячної радіації хлорофілом вищих рослин, а в інфрачервоній області (0,7-1,0 мкм) знаходиться максимальне відображення клітинних структур листка [21].

При постановці досліду було проведено визначення цього показника в період кущення, виходу в трубку та за колосіння рослин пшениці озимої.

Проаналізувавши данні Рис. 3.1 та Рис.3.2 можна сказати, що розподіл біомаси у варіантах з моделюванням проходив краще ніж у варіантах з традиційним внесенням, найгірший розподіл у контролі.



# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

Рис.3.1.Росподіл біомаси на період кушення

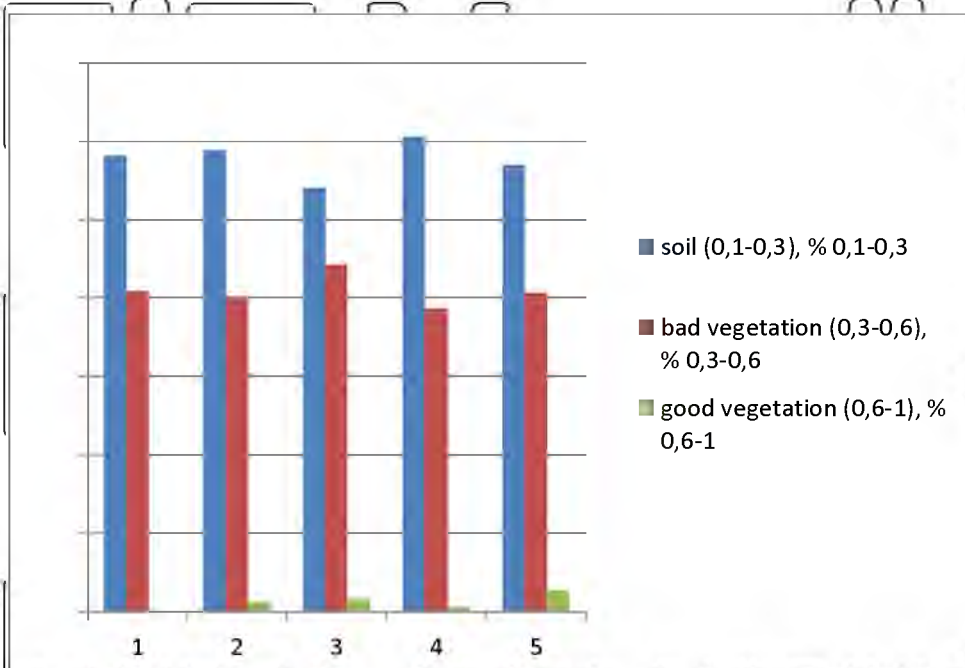


Рис.3.2 Динаміка NDVI на період кушення рослин пшениці озимої

# НУБІП України



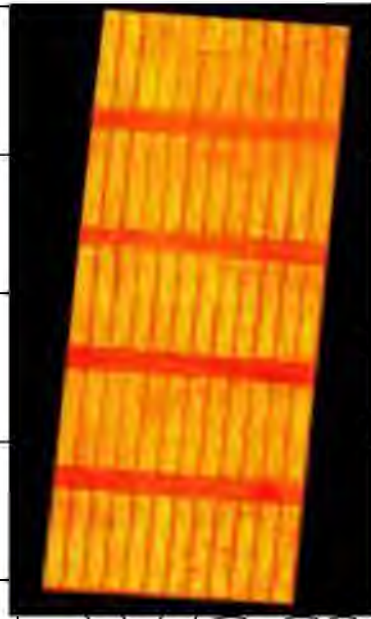


Рис.3,3 Розподіл біомаси на період виходу в трубку

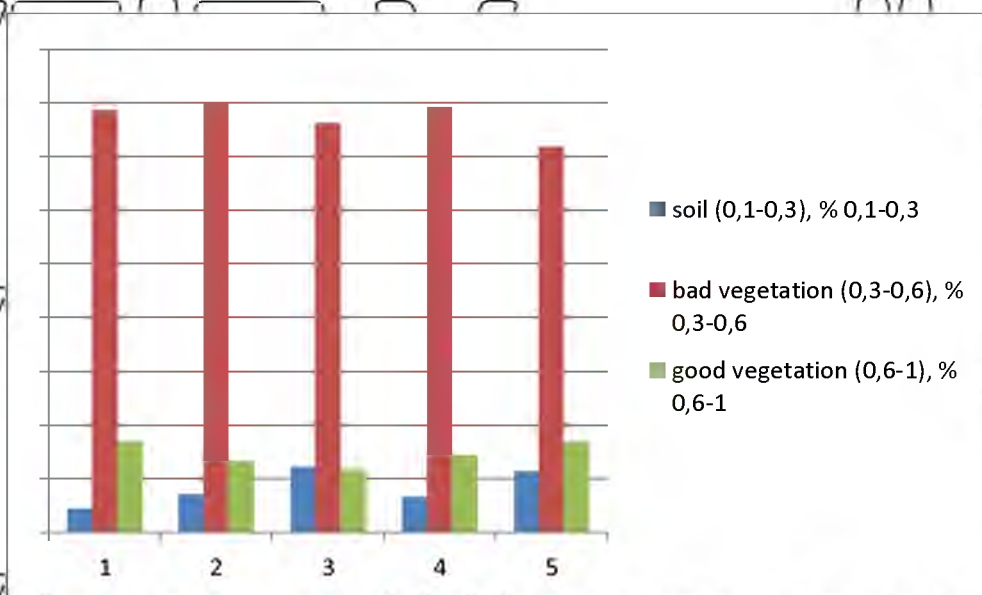


Рис.3.4 Динаміка NDVI на період виходу в трубку рослини пшениці озимої



Рис 3.5 Розподіл біомаси на період колосіння

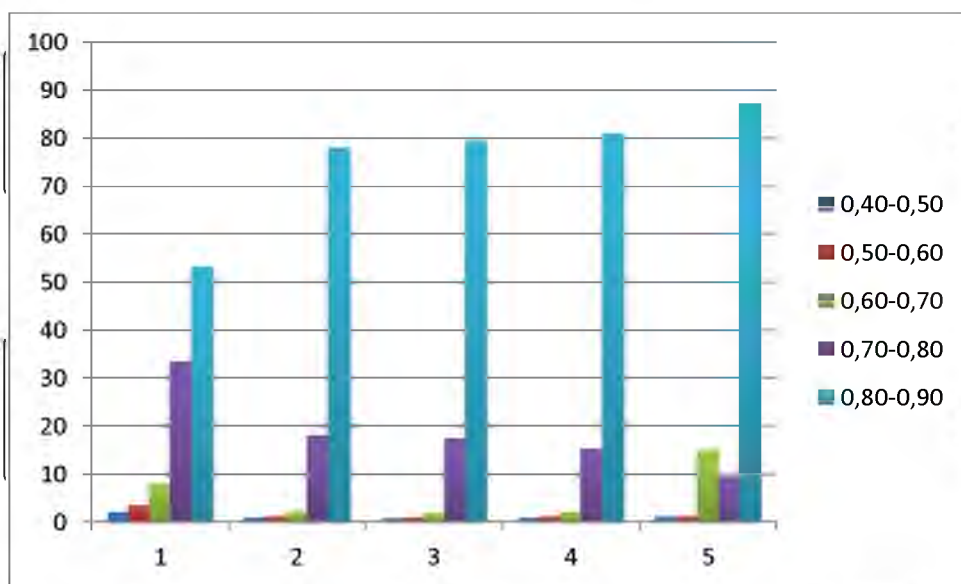


Рис 3.3 Динаміка NDVI на період колосіння рослин пшениці озимої.

Виходячи з цього можна сказати, що варіанти, на яких застосовувалось моделювання азотного живлення, вплинуло на інтенсивність фотосинтетичної активності. Як вказано на графіках, що 3 та 5 варіанти мають найбільш значення при хорошій вегетації у всіх графіках.

### 3.6. Вплив мінерального живлення на фотосинтетичну діяльність пшениці озимої по фенологічним фазам росту та розвитку

Головним процесом в утворенні органічної продукції шляхом перетворення енергії сонця на хімічну енергію є фотосинтез. Біомаса рослини на 70% формується з продукту фітофіксації вуглекислого газу з атмосфери і на 30% з ґрунту за рахунок мінерального живлення. Живлення рослин пов'язане з фотосинтезом і процеси не можуть проходити один без одного.

На інтенсивність фотосинтезу культури впливають біологічні особливості культури чи сорту, вміст хлорофілів, вміст вуглекислого газу, умови навколишнього середовища, елементи живлення, вологозабезпечення та технологічні прийоми.

Продуктивність рослин не лише залежить від фотосинтезу, а й від асиміляційних процесів, які проходять у рослині. У цілосному продуктивність культури визначається оптимальним розвитком, тривалістю вегетації, функціонуванням органів, таких як листок та розвитком фотосинтетичного апарату [15].

Продуктивність пшениці озимої визначається параметрами росту і розвитку рослини та їхнього фотосинтетичного апарату, функціонування листка як органу фотосинтезу та пігментів, які накопичуються за рахунок мінерального живлення. З найважливіших – азот, фосфор, сірка і магній, інші такі як – залізо, калій та мікроелементи на накопичення хлорофілу, а отже на самий фотосинтез.

Вплив азоту зумовлена тим, що його вплив формує фотосинтетичний апарат. Азот як одна з складових білку й хлорофілу підсилює синтез цих сполук, підвищує ефективність асиміляційних процесів та утворенні їх. При нестачі зменшується синтез хлорофілу.

Надходження калію в рослину змінює інтенсивність фотосинтезу, діє на якість клітини та цитоплазми, оптимізує відкриття продихів, посилює відтік вуглеводів з листку.

Дефіцит фосфору є гострою проблемою при вирощуванні, він як компонент пов'язаний з перетворенням енергії у клітині, бере участь у регуляції ферментативних реакцій. При нестачі знижується фотосинтез, дихання, азотний обмін у рослині [16].

Нашими дослідженнями встановлено, що концентрація хлорофілу в листках (табл. 3.5) підвищувалась до фази виходу в трубку. У період фази колосіння його вміст залишався майже не змінним.

У фазу кушення різниця між варіантами була такою: за внесення аміачної селітри за сталою нормою вміст хлорофілу був вищим на 0,6 мл/л, карбаміду – на 2 мл/л нижче чим у контролі. За використання аміачної селітри за умов моделювання вміст цього показника був на 0,2 мл/л меншим чим у контролі, а за застосування карбаміду – 1,4 мл/л вище ніж у контролі.

У фазу виходу в трубку різниця між контролем була такою при сталому внесенні аміачної селітри – 1,4 мл/л, карбаміду – 1,7 мл/л вище ніж контролю.

При азотному моделюванні різниця із контролем становила 0,1 мл/л за використання аміачної селітри та 2,6 мл/л – за внесення карбаміду. У

порівнянні між варіантами застосування карбаміду за умов моделювання азотного живлення пшениці озимої за допомогою ентестера показувало найвищі результати по всім критеріям.

Таблиця 3.5

## Вміст хлорофілу в рослинах пшениці озимої мг/л

№ Варіанту	Вміст хлорофілу мг/л								
	Кущення			Вихід у трубку			Колосіння		
	Хлорофіл А	Хлорофіл В	Сума А+В	Хлорофіл А	Хлорофіл В	Сума А+В	Хлорофіл А	Хлорофіл В	Сума А+В
1. Контроль	10,9	3,88	14,7	18,5	7,35	25,9	18,7	8,16	26,9
2. N <sub>50</sub> кг/га NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	11,3	3,97	15,3	19,4	7,92	27,3	20,1	8,21	28,3
3. N- tester NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	10,8	3,74	14,5	16,5	6,34	22,8	21,3	5,57	26,8
4. N <sub>50</sub> CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	12,3	4,40	16,7	18,4	7,78	26,2	20,4	8,19	28,6
5. N-tester CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	12,0	4,34	16,3	19,8	8,42	28,2	20,9	8,65	29,5

### 3.7. Динаміка накопичення макроелементів у рослинах пшениці озимої

Для отримання високої врожайності культури рослини необхідно забезпечити всіма необхідними елементами живлення. Така культура як пшениця озима характеризується високою потребою в азоті і зольних елементах. Потреба у елементах живлення значно відрізняються в період вегетації, винос елементів відображається у вмісті їх у рослині в одиниці маси отриманої продукції [17]. Зміна накопичення елементів живлення рослинами дозволяє дізнатися про надходження елементів для проходження фізіологічних процесів [18]. Але потрібно враховувати загальний стан рослин. При низькій родючості рослини можуть себе почувати в задовільному стані, але мати велику концентрацію елементів живлення.

Надходження елементів у рослину визначається біологічними особливостями культури, ґрунтовими умовами, природними умовами. Наприклад, пшениця озима максимально використовує елементи живлення на початок цвітіння, ніж на початку росту та розвитку [19].

Нашими дослідженнями встановлено, що вміст азоту, фосфору, калію в рослині на період весняного кушення за варіантами істотно не відрізнявся (табл. 3.6). У фазі виходу в трубку вміст азоту в рослині за моделювання за допомогою аміачної селітри був більшим порівняно до всіх варіантів та на 1,14% до контролю. За використання карбаміду приріст до контролю становив 0,91%. При традиційному внесенні добрив великої зміни не відбулося.

У фазі колосіння найкращими варіантами є варіант із азотним моделюванням. У листках вміст азоту у варіанті з карбамідом 2,15%. Це більше порівняно з контролем, а за використання аміачної селітри 0,67% більше порівняно з контролем.



Таблиця 3.6

Вміст макроелементів у рослинах пшениці озимої(%), 2021.

№	Весняне кушення					Вихід у трубку					Колосіння						
	Азот		фосфор	Калій		Азот		Фосфор		Калій		Азот		Фосфор		Калій	
	Лист	Лист	Лист	Лист	Стебло	Лист	Стебло	Лист	Стебло	Лист	Стебло	Лист	Стебло	Лист	Стебло		
Контроль	2,47	0,35	3,30	2,20	3,10	0,26	0,26	2,41	3,54	1,65	2,45	0,22	0,33	2,10	2,40		
N50 кг/га NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	2,54	0,38	3,45	2,68	3,32	0,40	0,34	3,32	4,10	2,10	1,86	0,26	0,38	2,32	2,20		
N- tester NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	2,48	0,34	3,65	3,34	3,42	0,45	0,36	3,45	3,78	2,32	2,02	0,29	0,40	2,54	2,35		
N50 CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	2,58	0,29	3,70	2,84	3,22	0,39	0,32	3,84	4,10	3,26	2,65	0,33	0,42	3,12	2,40		
N- tester CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	2,64	0,32	3,68	3,11	3,68	0,52	0,30	3,59	4,21	3,80	2,84	0,38	0,39	2,90	2,38		

### 3.3. Врожайність пшениці озимої та показники якості її зерна

Врожайність - це певна кількість продукції рослинництва, яка отримується з одиниці площі. На врожайність такої культури як озима пшениця впливає багато факторів, одним з них є живлення культури.

У більших випадках коли ґрунт немає можливості забезпечити певний вміст елементів живлення, то добрива застосовують для підвищення врожайності та якості зерна, щоб виключити дефіцит елементів, який обмежує ріст та розвиток рослини [22].

У даному досліді суттєво відрізнялась врожайність між варіантами досліду (рис. 3.4). Найнижчим результатом характеризувався варіант без внесення добрив, де урожайність складала 4,2 т/га. За внесення сталої норми карбаміду, коли було внесено 50 кг/га азоту у 3 прийоми, цей показник становив 5,27 т/га, приріст до контролю склад 1,07 т/га.



Рис.3.4 Врожайність зерна пшениці озимої, 2021.



За внесення карбаміду залежно від показника N-tester урожайність зросла до 5,4 т/га на 0,13 т/га порівняно із звичайним внесенням цього добрива. Підживлення аміачною селітрою було більш ефективним порівняно із карбамідом як за традиційного його внесення так і за показниками N-tester.

Приріст урожайності за класичного використання добрива зріс на 0,43 т/га порівняно із внесенням карбаміду. У той час як приріст цього показника за удобрення аміачною селітрою показниками N-tester був ефективнішим до аналогічного варіанту із сечовиною на 0,4 т/га і на 0,1 т/га відносно класичного внесення аміачної селітри.

Тож, підживлення аміачною селітрою пшениці озимої на основі результатів портативного приладу N-tester були найефективнішими за впливом на врожайність, оскільки вона була максимальною і становила 5,8 т/га.

Аналізуючи данні по показникам врожайності та якості (т зерна можна сказати: при застосуванні моделювання азотного живлення аміачною селітрою на чорноземі глибокому мало гумусному можна отримати 5,8 т/га.

При застосуванні N- 50 кг/га аміачної селітри по вегетації на ґрунтах чорнозему глибокому мало гумусного можна отримати 5,7т/га. При застосуванні змодельованого азотного живлення карбаміду можна отримати вмісту клейковини 31%,вмісту протеїну 15,6% з врожайністю 5,4т/га. При застосуванні N-50кг/га по вегетації на ґрунтах чорнозему глибокому мало гумусному можна отримати 5,27т/га.

Таблиця 3.7

## Показники якості зерна пшениці озимої

№	Протеїн	Вологість	Крохмаль	Клейковина	Натура	Маса 1000
1	14	12,8	66,1	27	80,6	38,15
2	14,7	12,8	65,2	28,6	79,5	36,40
3	15,1	12,8	63,5	29,6	78,9	35,57
4	13,6	12,8	66,8	25,3	80,1	37,43
5	15,6	12,8	66,5	31	77,4	36,04

За проведення хімічних досліджень властивостей нітениці можна сказати, що найкраще показав себе результат із застосуванням карбаміду, яке було змодельованим приладом N-Tester, що показало найбільші значення серед інших варіантів.

НУБІП Україні

НУБІП Україні

НУБІП Україні

НУБІП Україні

НУБІП Україні

НУБІП Україні

## РОЗДІЛІВ. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічна ефективність – це результати економічного характеру, яка висвітлена у співвідношенні підсумкових результатів, які позитивно подіяли до витрачених чинників.

В економічній науці відрізняють декілька видів ефективності, що діє на дію систем. Фундаментом такої системи є вартісний характеристика засобів (видатків, витрат) досягнення цілей (результатів), а в деяких випадках і самих цілей (зокрема, одержання прибутку).

Економічна ефективність = результат/затрати.

Економічна ефективність – отримання високих результатів за менших витрат живої та уречевленої праці. Економічна ефективність є цілеспрямованою формою дії закону економії часу [23].

З кожним роком економічна ефективність зменшується, так як ціни на добрива, ВЗР, паливно-мастильні матеріали, оплата праці зростає тому вирішенням проблеми є застосування інноваційних технологій, впровадження інтенсивних сортів, добрив які більш доступні для рослин, використовувати ресурсозберігаючі технології по вирощуванні пшениці озимої.

При розрахунку економічної ефективності всі витрати, які пішли на вирощування пшениці озимої, були прораховані за цінами 2021 року (табл.3.8). Всі технологічні операції були проведені за технологічною картою.

При проведенні дослідження та обрахунків було встановлено, що при застосуванні таких приладів як N-tester дає змогу підвищити врожайність пшениці озимої, в залежності від виду азотних добрив, які були застосовані на даному досліді.

Таблиця 3.8

## Економічна ефективність вирощування пшениці озимої, 2021.

№	Варіант	Урожайність, т/га	Ціна за 1 Т	Дохід, грн	Виробничі витрати, грн	Витрати на добрива, грн	Прибуток, грн	Рентабельність %	Різниця, від контролю %
1	контроль	4,21	6700	28194	15000	0	13194	46,8	0
2	Аміачна селітра	5,47	6700	36669	16650	1650	20019	54,6	7,80
3	Аміачна селітра по N-tester	5,84	6700	39148	16850	1850	22298	57,0	10,2
4	Карбамід	5,27	6700	35309	16488	1488	18821	53,3	6,51
5	Карбамід по N-tester	5,48	6700	36689	17014	2014	19675	53,6	6,83

Аналізуючи економічну ефективність можна сказати що:

1. При вирощуванні пшениці озимої на грунтах чорноземах глибоких малогумусних, без застосування підживлення аміачними добривами можна отримати рентабельність 46,8%.

2. При вирощуванні пшениці озимої за технологіями традиційного внесення добрив на грунтах чорноземах глибоких мало гумусних можна отримати рентабельність на рівні 53,54%

3. Вирощування пшениці за технологією дистанційного моделювання пшениці озимої із використанням аміачної селітри на грунтах чорноземах глибоких малогумусних рівень рентабельності становить 57%.

Вирощування пшениці за технологією дистанційного моделювання пшениці озимої із використанням карбаміду на грунтах чорноземах глибоких малогумусних рівень рентабельності становить 53,3%

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## ВИСНОВКИ

В магістерській роботі було досліджено ефективність використання додаткових пристроїв для моделювання азотного живлення у технології вирощування пшениці озимої, зокрема N-tester. За результатами, які були отримані в період вирощування культури можемо зробити такі висновки:

За моделювання азотного живлення за допомогою карбаміду на основі результатів N-tester був максимальний вміст мінерального азоту чорноземі мало гумусному (9,47-17,6 мг/кг ґрунту). За таких умов розвивались рослини пшениці озимої із максимальним індексом вегетації NDVI, вмістом хлорофілу у листках (16,3-29,5 мг/л), що дає можливість отримати урожайність зерна на рівні 5,4 т/га за максимального вмісту протеїну у ньому 15,6 % і клейковини 31%.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лихочвор Агробізнес Інтернет ресурс <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiiia-sohodni/item/428-systema-udobrennia-ozymoi-pshenytsi.html>
2. <https://www.soft-farm.uk/crop-husbandry/ndvi>
3. Інтернет ресурс <https://www.yara.ua/crop-nutrition/tools-and-services-landing-page/n-tester/>
4. Характеристика дослідної станції
5. Інтернет ресурс <http://td-agranta.com/product/126>
6. Інтернет ресурс <https://superagronom.com/dobriya-azotni/selitra-amiachna-id16195>
7. Інтернет ресурс <https://superagronom.com/dobriya-azotni/karbamid-id16190>
8. Городній М.М., Кохан С.С., Роспутній М.В., Шовгун О.О. Виробництво зерна в Україні: можливості та перспективи // Науковий вісник НАУ. – 2000. - №32. С.88-94
9. Мартинович Л.И., Мартинович Н.И. Влияние 50-летнего применения органических и минеральных удобрений на плодородие чернозема оподзоленного Центральной Лесостепи Правобережья УССР // Агрохимия. - 1990. - №5. - С. 27-39
10. Інтернет ресурс Городній М.М., Кохан С.С., Роспутній М.В., Шовгун О.О. Виробництво зерна в Україні: можливості та перспективи // Науковий вісник НАУ. – 2000. - №32. С.88-94.
11. Макаренко В.М. Влияние условий минерального питания на продуктивность озимой пшеницы в интенсивном севообороте Лесостепи Украины // Сборник научных трудов. - К.: Изд-во УСХА, 1994. - С. 44
12. Городній М.М., Кохан С.С., Роспутній М.В., Шовгун О.О. Виробництво зерна в Україні: можливості та перспективи // Науковий вісник НАУ. – 2000. - №32. С.88-94.
13. Городній М.М. та ін. Агрохімія: підручник. - К.: ЛОВ "Алефа". – 2003. - 778 с.

14. Кружилни А.С. Биологические особенности зерновых // Зерновое хозяйство. – 1987. – № 9. – С. 18 – 19.

15. Интернет ресурс ://propozitsiya.com/ua/fotosintez-ta-vrozhaynist-zernovih-kultur

16. Интернет ресурс <https://agrovia.com.ua/article.php?id=103>

17. Кружилни А.С. Биологические особенности зерновых // Зерновое хозяйство. – 1987. – № 9. – С. 18 – 19.

18. Пшеницы мира/ Дороеев В.Ф. Удачин Р.А., Семенова Л.В. и др./2-е изд., перер. и доп. – Л.: ВО Агропромиздат, 1987. – 560 с.

19. Фінішна пряма пшениці озимої [Електронний ресурс] // Припозиція, 2006. № 5.

20. Интернет ресурс <https://uk.wikipedia.org/wiki>

21. Интернет ресурс <https://gis-lab.info/qa/ndvi.html>

22. Интернет ресурс <https://uk.wikipedia.org/wiki>

23. Интернет ресурс <https://uk.wikipedia.org/wiki>

24. Интернет ресурс <https://ukurier.gov.ua/uk/articles/sutnist-tochnogo-zemlerobstva-u-vidsikanni-zaivogo/>

25. Интернет ресурс <https://eps.com/uk/blog/tochne-zemlerobstvo/>

26. Интернет ресурс <https://agroexp.com.ua/uk/perspektivy-i-osobennosti-tochnogo-zemledeliva>

27. Doraiswamy Paul C. Crop Yield Assessment from Remote Sensing / Paul C.

Doraiswamy, Sophie Mounin, Paul W.

Cook, and Alan Stern // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing – 2003

– Vol. 69, No. 6. – P. 665–674.

28. Некоторые направления использования аэрокосмических методов при решении сельскохозяйственных задач в

Украине / В. И. Лялько [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – Институт



космических исследований Российской академии наук (Москва). – 2010. –  
Том. 7. – № 1. – С. 19–28.

29. Интернет ресурс <https://superagronom.com/news/9816-analiz-gruntu-ta-tochne-zemlerobstvo-dozvol'yayut-efektivno-zaoschadjuvati-na-jivlenni--fahivets>

30. Интернет ресурс <https://buklib.net/books/30110/>

31. Интернет ресурс <https://agroportal.ua/news/mif-v-novoi-zelandii-ustanovili-novyi-mirovoi-rekord-po-urozhainosti-pshenitsy---173-ta/>

32. Интернет ресурс <https://jiva-npk.com.ua/wheat>

33. Интернет ресурс <https://superagronom.com/articles/251-zastosuvannya-azotnih-dobriv-na-ozimiy-pshenitsi--poglyad-rosiyskib-fahivtsiy>

34. Сторчак И.Г., Ерошенко Ф.В. Использование NDVI для оценки продуктивности озимой пшеницы в Ставропольском крае //

Земледелие. 2014. № 7. С. 12–15.

35. Интернет ресурс <https://www.agronom.com.ua/osnovy-zhyvlennya-ta-zahystu-posyuy-ozimoyi-pshenytsi-voseny/>

36. Интернет ресурс <https://www.grownow.in.ua/tid-zhyvlennya-ozymi-navesni-ne-zabud-te-pro-sirku/>

37. Интернет ресурс <https://propozitsiya.com/ua/osobliivosti-zastosuvannya-sirki-v-postvali-ozimoyi-pshenici/>

38. Интернет ресурс <https://agrotimes.ua/agronom/ua/deficit-kalciyu-negativno-vplyvae-na-korenevu-sistemu-ozimoyi-pshenici/>

39. Интернет ресурс <https://www.agrorozkvit.com.ua>

40. Интернет ресурс <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-schodni/item/20511-fosforne-zhyvlennia-ozimoyi-pshenytsi.html>

41. Интернет ресурс <https://hectare.ua/info/article/64>

42. Интернет ресурс <https://uapg.ua/blog/dobryva-dlya-ozimoi-pshenici/>

43. Интернет ресурс <https://sdexpert.ru/news/project/azotnoe-pitanie-ozimov-pshenitsy/>

44. Интернет ресурс <https://www.zerno-ua.com/journals/2011/oktyabr-2011-god/pitanie-i-urozhavnost-pshenicy-rost-i-razvitiye-zdorovogo-rasteniva/>



45. Інтернет ресурс <https://www.soft.farm/uk/blog/suputnikovij-monitoring-vegetacijnih-ndksi-v-ndvi-evi-gndvi-cvi-145>

46. <https://propozitsiya.com/zachem-agrobiznesu-kosmicheskie-tehnologii>

47. Інтернет ресурс <https://innoter.com/otraslevye-resheniya/selskoe-khozvaystvo/>

48. Інтернет ресурс <https://www.geonir.ru/catalog/differentsirovanije-vnesenie-udobrenij/n-tester/>

49. Інтернет ресурс <https://studfile.net/preview/1810643/page:11/>

50. Марчук І.У., Бикіна Н.М., Бордюжа Н.П. (2018) Діагностика живлення рослин. Підручник. 368 с.

51. Н.П. Бордюжа. Оптимізація накопичення макроелементів рослинами пшениці озимої на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті. Сборник научных трудов sworld. Том: 34Номер: 1 2014 С. 38-43

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України