

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінжинірингу

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Шуляк М.Л.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему: «Дослідження впливу використання елементів систем точного землеробства при внесенні мінеральних добрив»

Виконав:

_____ (підпис)

Петренчук Д. Ю.
(Прізвище, ініціали)

Група:

СТЗ 2301-1М

(Науковий) керівник:

_____ (підпис)

Харченко Ф.М.
(Прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 208 Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

агроінжинірингу

_____ Шуляк М.Л.

“ _____ ” _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ Петренчука Дмитра Юрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження впливу використання елементів систем точного землеробства при внесенні мінеральних добрив _____»,

керівник роботи: _____ Харченко Фаріда Магомедівна, к.т.н., доцента _____,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвердені наказом закладу вищої освіти від “ _____ ” _____ 202_ року
№ _____

2. Строк подання здобувачем роботи: “ _____ ” _____ 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: довідникова література; посібники; наукові журнали з даної тематики; статті з наукових збірників; монографії, тощо за темою наукового дослідження; Інтернет джерела; методичні рекомендації для виконання проекту (роботи).

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ.

Розділ 1. Роль мінеральних добрив та агрегати для виконання операції.

Розділ 2. Система точного землеробства внесенні мінеральних добрив.

Розділ 3. Наукові дослідження та їх результат.

Список використаних джерел.

Висновки.

Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Презентація у Microsoft Office Power Point (слайд-презентація).

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: “ _____ ” _____ 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1	Збір інформації		
2	Аналіз літературних джерел з обраної тематики		
3	Складання плану роботи		
4	Написання вступу		
5	Написання 1 розділу «Аналітична частина»		
6	Написання 2 розділу «Основна частина»		
7	Написання 3 розділу «Досліджувальна частина»		
8	Написання висновків		
9	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету		
10	Подання роботи на рецензування		
11	Подання роботи до попереднього захисту		

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Петренчук Д.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Харченко Ф.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна (магістерська) робота складається з пояснювальної записки на **43** сторінках друкованого тексту (шрифт Times New Roman), **15** рисунків, **2** таблиць, **41** літературних джерел та **15** слайди презентації Microsoft Power Point.

Метою даної роботи є дослідження впливу якісного аналізу ґрунту для подальшого диференційованого внесення добрив.

Об'єктом даної роботи є процес диференційованого розподілу мінеральних добрив робочими органами агрегатів.

Предметом дослідження даної роботи є зв'язок аналізу ґрунту та вплив його на якість та кількість внесення мінеральних добрив.

Проведенні дослідження способів внесення, вплив використання добрив при вирощуванні сільськогосподарських культур, позитивні та негативні фактори від застосування добрив. Зроблено короткий огляд машин для внесення добрив. Проведені дослідження які показали вплив нерівномірності внесення добрив на врожайність, наведені залежності втрат врожаю зернових від нерівномірного розподілу добрив по полю.

**ДИФЕРЕНЦІЮВАННЯ, ЗОНДУВАННЯ, ТОЧНЕ
ЗЕМЛЕРОБСТВО, АНАЛІЗ ҐРУНТУ, ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ,
КОНСТРУКЦІЇ РОБОЧИХ ОРГАНІВ, СПОСОБИ ВНЕСЕННЯ,
МАШИНИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ, НОРМА ВНЕСЕННЯ, ОБЛАДНАННЯ,
АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ, РОЗПОДІЛЬНИКИ, GPS-СИГНАЛ,
ШИРИНА ЗАХВАТУ.**

ЗМІСТ

ВСТУП.....

**РОЗДІЛ 1. РОЛЬ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА АГРЕГАТИ ДЛЯ
ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЇ**.....

1.1. Використання мінеральних добрив при вирощуванні культур.....

1.2. Огляд машин для внесення мінеральних добрив.....

**РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ВНЕСЕННІ
МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ**.....

2.1. Огляд елементів точного землеробства при використанні
розкидачів.

РОЗДІЛ 3. НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТ.....

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....

ВИСНОВКИ.....

ДОДАТКИ.....

ВСТУП

Дистанційне зондування Землі — один із найважливіших елементів точного землеробства. Ця новітня технологія передбачає сканування поверхні планети з роздільною здатністю від кількох метрів до кількох сантиметрів. Її широко застосовують у сільському господарстві для автоматизації виробничих процесів, підвищення врожайності та зменшення негативного впливу довкілля на посіви. Сьогодні ми розберемося, як працює дистанційне зондування Землі (ДЗЗ), які види технології стали найбільш поширеними, як цю методику використовують українські аграрії та які перспективи її розвитку існують [1].

Система диференційованого внесення добрив передбачає внесення добрив або засобів захисту рослин виключно на тих ділянках поля і в обсягах, яких вони дійсно потребують. Кліматичні і економічні виклики, які кожен раз з новою силою постають перед аграріями, ще раз примушують задуматися про впровадження навіть окремих елементів точного землеробства. Тим не менш, як показує досвід, підприємства, що використовують сучасні технології і регулярно проводять аналіз ґрунту, завжди у вигрші. Диференційоване внесення добрив. Карта-завдання завантажується в бортовий комп'ютер трактора. Під час руху трактора по полю при внесенні добрив бортовий комп'ютер, використовуючи дані позиціонування з високоточного GPS-приймача, зчитує інформацію з карти-завдання і керує положенням дозуючих заслінок, збільшуючи або зменшуючи подачу добрив. Всі перераховані етапи удобрення рослин вимагають багато зусиль і капіталовкладень, проте застосування диференційованого внесення дозволяє раціонально використовувати дорогі мінеральні добрива, у порівнянні з традиційним фоновим методом, що економить значні кошти і природні ресурси [2].

Внесення добрив на сільськогосподарські поля сучасними методами може мати багато переваг, таких як покращення

характеристик ґрунту і врахування росту рослин, зниження виробничих витрат та підвищення продуктивності. При внесенні добрив рівномірно, деякі ділянки поля можуть бути не удобрені тоді як інші частини можуть бути надмірно удобрені. Загалом недостатнє внесення добрив може призвести до зниження врожаю та зниження якості; тоді як надмірне удобрення може становити небезпеку для навколишнього середовища, тобто погіршують якість води, сприяють зростанню та розвитку бур'янів, може призвести до збільшення витрат і зниження прибутку. З розвитком технології змінної норми внесення добрив можна використовувати спеціальні методи внесення добрив для керування змінами на сільськогосподарських полях [3].

Дослідження показали, що найбільш ефективним способом є локальне внутрішньо-ґрунтове внесення твердих мінеральних добрив, яке дозволяє розташовувати добрива в зоні живлення кореневої системи рослин. Дослідженнями встановлено, що існуючі конструкції машин та робочих органів не дозволяють якісно вносити одночасно стартову та основну дозу добрив відповідно до агротехнічних вимог для певних ділянок поля [4].

Диференційоване внесення мінеральних добрив здійснюється двома основними способами: внесення в режимі реального часу (on-line) та в режимі з попередньо підготовленою електронною картою поля (off-line). Переважний відсоток внесення добрив (близько 80 %) проводять за допомогою відцентрових розкидачів. Такі розкидачі зарекомендували себе простотою конструкції, великою продуктивністю, низькими витратами праці. Але їх головний недолік ценезадовільна рівномірність розподілу добрив по ширині розкидання. Як відзначають багато авторів, цей тип машин вичерпав можливості модернізації за їх якісними характеристиками. Що обмежує застосування цих машин для операцій диференційованого внесення добрив. Також є претензії і до системи точного землеробства, особливо у питанні складання електронних карт. На

сьогоднішній день супутникове зондування ґрунту на предмет утримання в ньому різних поживних речовин не повністю задовольняє бажаним результатам через низьку точність їх визначення, що потребує додаткового проведення різних хімічних аналізів ґрунту на вміст у ньому поживних речовин, що дуже трудомістко та затратно [14].

РОЗДІЛ 1.

РОЛЬ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА АГРЕГАТИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЇ

1.1. Використання мінеральних добрив при вирощуванні культур.

На сьогоднішній день вирощування багатьох культур в сільському господарстві неможливе без використання мінеральних добрив. Під час росту сільськогосподарські рослини потребують поживні елементи, для отримання високих врожаїв. Мінеральні добрива бувають: калійні, фосфорні, азотні та так звані комплексні (добрива які складаються з двох або декількох добрив, або їх елементів).

Одне із добрив яке застосовується як при підживленні рослин, так і під час передпосівного обробітку (внесення під час оранки або передпосівній культивуації) є КАС. Дане добриво можливо вносити як на листок так і під кореневу систему, головне враховувати погодні умови. Дослідження науковців показали безпечність КАС на навколишнє середовище, та і норма внесення його невелика в порівнянні з багатьма іншими мінеральними добривами. Одне із вимог до даного добрива – це внесення спеціальним обладнанням, обприскувачами, які обладнані форсунками з кераміки. Норма внесення повинна бути велика, щоб не спалити листки рослин, якщо краплі будуть мінімальні можливий «лінзовий ефект».

Для забезпечення рослини весною азотом використовують аміачну селітру. Так як дане добриво має кислотні властивості то можливе накопичення в деяких сільськогосподарських культурах. Також надмірне внесення даного добрива призведе до окислення ґрунту. Тому необхідно перед тим як вносити мінеральне добриво, незалежно яке, зробити аналіз ґрунту в агрохімічних лабораторіях.

Для більшого внесення азотних добрив використовують таке добриво як: карбамід, а даному добриві 46% азоту. Дане добриво на практиці використовують з осені для підживлення сільськогосподарських зернових культур, поза корінням.

Зрошене землеробство неможливе без карбаміду.

Ну і найбільш насиченим добривом, яке містить більше 80% азоту є – безводний аміак. Якщо охарактеризувати дане добриво то воно має безліч переваг в порівнянні з іншими:

- виробництво його не вимагає багато ресурсу;
- внесення в ґрун не вимагає багато виробничого процесу;
- відсутність такого механіко-технологічного показника як: злежаність;
- ну і сама головна перевага це: розподіл азоту по горизонту де відбувається внесення.

Як переваги так і недоліки даного виду добрива є, а саме для запобігання випаровування добриво повинно бути негайно зароблене в ґрунт (рис. 1.1). Дане добриво краще вносити вкінці посіву, коли температура знижена, жовтень, листопад.

На самому азоті рослина жити nebude. Необхідно вносити такі добрива як: калійні та фосфорні. Внесення комплексу всіх добрив в необхідній кількості дасть можливість рослині отримати всі необхідні елементи живлення для проростання та подальшого росту.

В залежності від сільськогосподарської культури, яка буде сіятись на полі вибирають коли вносити калійні, або фосфорні добрива: якщо озимі культури – вносимо перед посівом дані добрива, якщо ярі культури – то навесні під час підготовки ґрунту під посів. Для внесення фосфору під зернові культури, то краще дану операцію робити весною, та вносити КАС та РДК. Недостатньо калію призведе до поганого перенесення рослиною стресу, а саме засуха, морози. Тому дане добриво необхідно давати під час підготовки рослини до зимівлі. Ефективніше таку операцію робить

комплексними добривами та зароблювати на необхідну глибину. Одними із різновидів фосфатних добрив є: суперфосфат, фосфоритне борошно та борофоска. Суперфосфат найбільш розповсюджене добриво, яке швидко засвоюється рослиною. Для того щоб вірно внести добриво необхідно знати його кількість в ґрунті.

Неправильне співвідношення всіх вище розглянутих нами добрив може знизити продуктивність рослини під час росту, можливе зараження хворобами, тощо. В багатьох дослідженнях науовці рекомендують вносити з норми: 1:1:1, тобто в однаковому співвідношенні калію, азоту та фосфору. На практиці в господарствах ці рекомендації несуть зовсім інший характер: азоту 1,5, а фосфору та калію по 1. Така норма збільшена по азоту пов'язана з вирощуванням попередника, який виніс з ґрунту даний елемент.

Негатив у застосуванні добрив

Застосування мінеральних добрив — це обов'язковий пункт у алгоритмі дій сучасного агронома. Але через недбалість або недосконалість складу цей, здається, корисний процес може нашкодити й культурам, і екології в цілому.

- Якщо для виготовлення добрив використовується неякісна сировина, котра містить значну кількість шкідливих домішок, це призводить до присутності у їхньому складі солей важких металів та радіоактивних ізотопів.
- Недотримання належного дозування та термінів, неврахування довжини дня та часу посіву при внесенні азотних добрив призводить до накопичення у сільськогосподарській продукції шкідливих нітратів.
- Застосування добрив на основі фосфатів призводить до нагромадження фосфору в річках та озерах. Велика його концентрація провокує заростання водойм.
- Хлор, який присутній у переважній більшості калійних добрив, у великих дозах негативно впливає на врожай картоплі, винограду, тютюну, цитрусових і прядильних культур.
- Часто до складу мінеральних добрив поряд з основними компонентами входять такі шкідливі та токсичні елементи, як свинець, фтор, стронцій та інші. Вони мають особливо небезпечний вплив на навколишнє середовище.

Рис. 1.1. Недоліки під час внесення добрив [5].

Нестача такого добрива як сірка, призводить до втрат врожаю майже на 40%. Так як всі культури під час росту поглинають сірку з ґрунту, її нестача може призвести до нефективного використання інших добрив, таких як калій, фосфор та азот.

Тільки дотримання технологій внесення добрив дасть нам можливість отримати високі врожаї. Під час внесення добрив агроном повинен враховувати склад ґрунту, погодні умови та саме головне культура яка буде висіватись та попередник.

1.2. Огляд машин для внесення мінеральних добрив.

Перш ніж ми будемо розбирати машини для внесення добрив ми повинні зрозуміти яким способом при вирощуванні будемо вносити добрива, а саме: основним, перед посівом чи взагалі робити підживлення рослин. Основне добриво вносять під час основного обробітку, а саме заробка його повинна відбуватись в ґрунт якомога швидше, для цього використовують культиватор, бискову борону, або навіть плуг. На даний час широкого розповсюдження в наших господарствах набув такий спосіб внесення мінеральних добрив, як: стрічковий. Агрегати для виконання такої операції вносять добрива до кориневої системи рослини, а саме нарізає стрічку, яка має ширину 4 сантиметри та глибину до 15 см. Даний спосіб вимагає обладнання, сільськогосподарську машину, яке матиме можливість вносити тверді мінеральні добрива в ґрунт в великих кількостях.

Для внесення добрива перед посівом використовують передпосівний спосіб внесення добрив, а саме внесення добрив відбувається під час посіву закладаючи на глибину посівного ложе. Таке внесення вимагає: по перше – внесення мінеральних добрив малими дозами, та по друге – це унеможливлення розташування добрива поряд з насіниною. Ціль такого добрива це: легко доступність рослині, елементів живлення на початку росту.

Третій спосіб внесення мінеральних добрив полягає в підживленні кориневої системи необхідними добривами у фазі росту кореневої системи. Для даного способу більш ефективні рідкі добрива, при допомозі їх відбувається так зване підгодовування рослини необхідними елементами живлення. Для того щоб рослина добре росла її підживлюють калієм, азотом чи фосфором.

Український виробник машин для внесення добрив представлений багатьма фірмами які виробляють машини для внесення мінеральних добрив.

Фірма БОГУСЛАВ що розташована в Київській області виробляє аплікатори (інжекторні та дискові) для внесення мінеральних добрив, а саме ПЖУ 3000-8,4 та ПЖУ 5000-8,4. Дані машини призначені для внесення в ґрунт рідких мінеральних добрив на ширину 8,4 та 12 метрів відповідно. Дані агрегати призначені для підживлення кореневої системи сільськогосподарських рослин. Дискові аплікатори ПЖУ-3000-6 (ПЖУ-5-10) даного виробника приєднується до трактора мають продуктивність від 5,1 до 13,8 га за годину.

Індустріальна Аграрна Компанія (ІАКО) випускає агрегати для внесення добрив AG LEADER (рис. 1.2) які мають можливість внесення добрив на 16 рядках при максимальній нормі внесення 100 літрів зі швидкістю 10 кілометрів за годину. Даний агрегат має 2 насоси та блок керування RAMCO.



Рис. 1.2. Агрегат для внесення добрив AG LEADER

В роботі 7 описано агрегати для внесення добрив AMAZONE серії ZA-TS (ZG-TS); Rauch та KUHN AXIS M EMC та їх перспективи розвитку. Так описано такі моменти як необроблені ділянки на полі, які виникають через криволінійний рух по полю. Встановлення програмного забезпечення на даних розкидачах дозволило зменшити витрату мінеральних добрив, тим самим убрати надлишок з ґрунту та вплив на навколишнє середовище.

Згідно Інтернет джерел виробництвом машин для внесення добрив займались наступні фірми:

- ТОВ «Оріхівсільмаш», що розташовано в м. Запоріжжя. Випускали машини РМД-500; РМД-1000 та РМД-3000. Які мали робочу швидкість 15 км/год. Та агрегувались як навішуванням на трактор так і причипанням до трактора потужністю 80к.с та вище. Робочі органи приводились в рух від ВВП трактора, який дозволяв обертати розкидальні диски зі швидкістю 540 обертів за хвилину. Робоча ширина розкидання становила для РМД-500 – 8...12 метрів, при нормі внесення 20...2000 кг на га. Відповідно продуктивність такого маленького розкидача становила 6,4...16,8 га/годину. Найбільший в модельному ряді розкидач мав вантажопідємність 3 тони, робочу швидкість до 15 кілометрів за годину при ширині захоплення 24 метри максимально. Всі ці характеристики давали змогу працювати з максимальною продуктивністю 36 гектар за зміну.

- Фаворит LTD (розташована в Кропивницькій області). Дана фірма випускає розкидачі мінеральних добрив як причіпні одноосні так і навісні. РДФ-3000 випускається в модифікації як навісний так і причіпний; РДФ-1000. Для безпечної роботи вони працюють при 540 обертах ВВП. Розкидальні лопатки виконані в формі П, маючи різну довжину забезпечують якісний розподіл мінеральних добрив по всій ширині, яка становить 10 метрів мінімальна та 36 максимальна.

- ПАТ «Хмельниксільмаш» представлена на ринку машинами для внесення добрив як причіпними так і навісними. МВД-0,7; МВД-1,2 та

МВД-1,5 випускають навісними, а причіпними буди розкидачі МВД-3,3 (4,3).

- Херсонський машинобудівний завод; Розкидачі РН-0,8 та РН-1,0 навішувалися на трактор, а розкидач РП-2,1 напівпричіпний. Дані розкидачі мали ширину захвату від 12 до 24 метрів; мали одно або дводискову систему розкидання мінеральних добрив.

- Підприємство Бартощук А.Г. випускало техніку для маленьких та великих підприємств. Модель РД-500 мала вантажопідємність 500 кг, а РД-1000 – 1000 кг. Ширина захвату становила меншого 6...15 метрів, більшого 8...24 м, при нормі розкидання від 50 кг/га до 1500 кг/га.

- Завод Кобзаренка на ринку машин для внесення мінеральних добрив представлений наступними моделями РМД-6 (8, 12, 16 та 20). Ширина розкидання становить 8-24 метри, норма внесення при швидкості обертання дисків 1000 обертів за хвилину становила 50...2000 кг на гектар, агрегувались з тракторами від 80 к.с. до 200 к.с.. Привід транспортера розкидача відбувався від опорного колеса, диски (мали різні розміри 400 мм та 600 мм, що забезпечувало рівномірне розсіювання добрив по полю) приводяться в рух від редукторів.

- виробник розкидачів що розташований на Дніпропетровщині (спільне німецько-українське об'єднання) – «ЗАВОД СІЛЬХОЗМАШИН» випускав як навісні моделі: ВІМ-1500 (3000) так і причіпні – модель ВІМ-3000Т. Такі розкидачі як ВІМ-3000ТТ (4000ТТ) мали чотири колеса та обладнувались комп'ютером моделі ВІМ GKE-7000 (10000) та ВІМ GKE5. Працювали від ВВП при 540 обертах за хвилину розкидали добрива на максимальних 36 метрів, в залежності від моделі.

- запорізька фірма НЕРМЕС (Hermes) випускала на ринок 2 моделі одно дисковий розкидач РУН-600 та РУН-1100 має 2 диска. Впиводились в рух дані розкидачі від ВВП трактора, та були суттєво різні по способу розкидання.

- напівпричіпні розкидачі мінеральних добрив на ринку представляє запорізька фірма «ТЕХНОАЛЬЯНС-М». Модельний ряд даного сільхозвиробника представлений машинами МВУ-5; МВУ-8; МВУ-12 та МВУ-6. Всі дані моделі агрегуються з тракторами потужністю 80 к.с.

- торговий дім ТЕХНОПОЛЬ представлений на ринку розкидачами мінеральних добрив які агрегуються на задню навіску та мають робочу ширину 4...13 метрів. Також дана фірма має в своєму списку розкидачів машину: PAUS 10.000 (рис. 1.3).

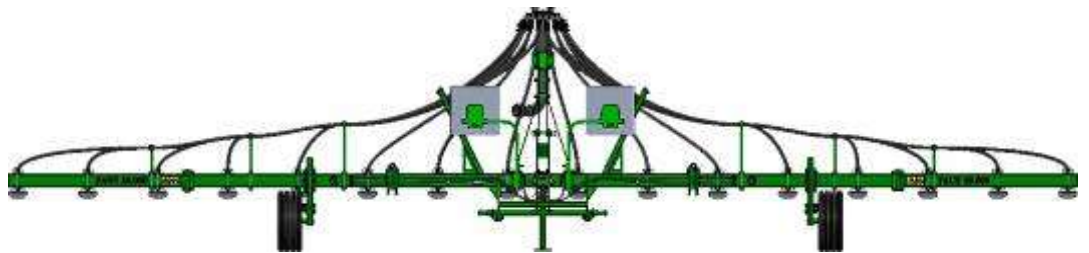


Рис. 1.3. Розкидач «PAUS 10.000»

Даний розкидач навішується на трактор, має продуктивність 10..12 гектар за годину при максимальній швидкості 15 км/год. При допомозі даного розкидача можливо розкидання різних добрив: гранульовані добрива, мікро та макро добрива. Даний агрегат спокійно працює по різних технологіях. Агрегат має високу від 45 до 70 сантиметрів при яких можливе його використання для різних рослин які все вирости та мають висоту до 60 сантиметрів.



Розкидач добрив Badilli G350
Tdma

Рис. 1.4. Розкидачі Турецькі

На ринку України представлені розкидачі турецької фірми BADILLI (рис. 1.4) які мають розкидальні як один так і два диски, ширину захоплення до 22 метрів.

Так компанія «AMAZONE» випускає розкидачі причіпний «AMAZONE ZG-TS» та навісні AMAZONE серій «ZA-M»; «ZA-V»; «ZA-X» та «ZA-TS» (рис. 1.5). Навісний розкидач ZA-TS має максимальну продуктивність при швидкості до 30 км/год. При ширині захвату до 54 метрів даний агрегат має норму внесення 650 кілограм за хвилину робочого часу. Дана норма внесення забезпечується датчиками. Для використання в системі точного землеробства дана машина має можливість керувати при допомозі електроніки.

Розкидач серії ZA-M має об'єм бункеру 3 тони та ширину захоплення 36 метрів. Для збільшення бункеру є можливість наростити його при допомозі приставок S або L. Для кращого перемішування даний розкидач обладнаний мішалками які виконані з нержавіючого матеріалу. Розкидальний диск обладнаний лопатями.

AMAZONE ZG-TS



[Дізнатися більше...](#)

AMAZONE ZA-M



[Дізнатися більше...](#)

AMAZONE ZA-V



AMAZONE ZA-TS



Рис. 1.5. Модельний ряд розкидачів від компанії «AMAZONE» (з сайту <https://ats.in.ua/>)

РОЗДІЛ 2.

СИСТЕМА ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ВНЕСЕННІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

На Україні за останні роки все більше набирає популярності точне землеробство, а саме вплив факторів під час внесення мінеральних добрив на врожайність культури. Перші фермерські господарства та потужні корпорації були розчаровані використанням технологій, адже їхні запити були не виконані. Всі розчарування були в некомпетенції людей які постачали та встановлювали обладнання на агрегати. Маючи обладнання для точного землеробства воно в кінцевому результаті немало між собою зв'язку, а саме новітні антени не з'єднувались з старими моніторами, програмне забезпечення не працювало з обладнанням та інше.

Для впровадження елементів точного землеробства під час вирощування сільськогосподарських культур, в нашому випадку внесення мінеральних добрив, є аналіз ґрунту, який повинен відображати склад ґрунту та наявність мінеральних добрив та мікроелементів. В літературі наведені наступні дані: 5:25:45, а саме органіка, вода та повітря, наявність мінералів; але на жаль в господарствах така пропорція відсутня, а органіка становить максимум 1%; ущільнення ґрунту майже 70%.

Що таке «Технологія точного землеробства» - перш за все повинно починатись з карти поля (рис. 2.1) а потім тільки підбір та придбання необхідного обладнання для той чи іншої технології.

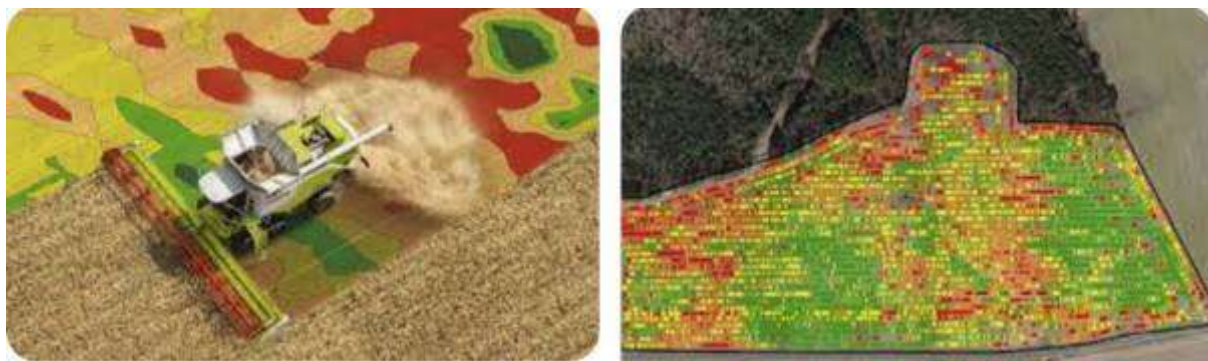


Рис. 2.1. Карти поля.

На даний час в господарствах України використовується система точного землеробства в таких напрямках: сівба з диференційованою нормою висіву; внесення добрив – диференційована норма внесення.

Більшість господарств під впровадженням точного землеробства розуміють: встановлення автопілоту, монітору, або курсовказівника. Досліджуючи точне землеробство в операції внесення мінеральних добрив вимагає багато завдань які необхідно потім буде вирішувати. Маючи техніку в господарстві, скажемо так незовсім нову, необхідно її переобладнати, а це дооосить затратно. Придбати нову – вихід найбільш ефективний для впровадження точного землеробства.

Дослідження на вміст елементів добрив в ґрунті проводять на спеціальних лабораторіях. Потім створюють карту поля, де показують наявний вміст добрив.

Для внесення мінеральних добрив більшість господарства України (майже 75%) використовують відцентрові дискові розкидачі. Існують два способи внесення добрив: ON-line та OFF-line. Он-лайн дозволяє вносити добриво без додаткової підготовки, а саме складання карти поля, а от оф-лайн використовують тільки після підготовленої карти поля та карти завдання.

2.1. Огляд елементів точного землеробства при використанні розкидачів.

Компанія Браво (BRAVO) випускає систему автоматичного керування для обприскувачів, яка приєднується до трактора та сільськогосподарської машини (в даному випадку обприскувача) і призначена для контролю та обліку всього процесу, а саме: згідно запрограмованих норм подає рівномірну кількість рідини (незважаючи на якій швидкості рухається агрегат); контролює кожну штангу на вміст в трубопроводах рідини (її тиск та швидкість подачі), і при необхідності вимикає секції (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Система від компанії Компанія Браво (BRAVO)

Монітор який поставляється в комплекті показує кількість витраченої та яка залишилась рідин; в кінці зміни можна отримати результат про виконану технологічну операцію. Використання як цього так і любого обладнання з системи точного землеробства дозволяє зменшити витрату палива (за рахунок руху по контуру карти) та навантаження на оператора.

На розкидачах AMAZONE (Амаzone) серії ZA-TS і ZG-TS використана технологія CurveControl для запобігання переудобрення або недостатнього удобрення поверхні поля (рис. 2.3). Все це зумовлено захистом навколишнього середовища та ефективному використанню мінеральних добрив, які як відомо в останні роки мають велику ціну. Дана програма сама контролює процес розкидання добрив (швидкість та рук розкидача, прямолінійний чи криволінійний), а саме кількість добрив які подаються на розкидальний пристрій вищеприписаного розкидача. Дана система дозволяє запобігти великому кількості добрив на внутрішніх сторонах повороту чи розвороту [7]. Дана технологія запобігає неточність обробітку поля та поворотах та інших криволінійних моментах.

Якщо внесення добрив відбувається штанговими розкидачами то дана технологія має можливість відключати посекційно відключати



Рис. 2.3. Розкидач AMAZONE (Амазоне) [7]

Отже дана технологія забезпечує захист навколишнього середовища на полі, а і зберігає виробничо-економічні моменти в господарстві.



Рис. 2.4. Карта поля.

Так фірма KUNN випустила розкидачі модельного ряду AXIS EMC, які добре використовуються в точному землеробстві (рис. 2.5). Новітні технології встановлені на даному розкидачу дозволяють з великою точністю розкидати мінеральне добриво, незалежно від норми внесення правої сторони від лівої. KUNN EMC – це автоматизоване електронне контролювання подачею добрив, встановлення такого обладнання – це точність внесення добрив.



Рис. 2.5. Розкидач мінеральних добрив KUHN AXIS EMC

Даний розкидач можна сказати що є прикладом використання в точному землеробстві, а саме: система EMC посекундно контролює подачу добрива на диск, все це необхідно щоб кожна рослинка щосекундно отримувала ту кількість добрив яке їй необхідне. Кожен диск обладнаний датчиками які зважують добриво та автоматично коригують, мають можливість терміново змінити крутний момент любого дика, тобто правий диск рухається може з більшою швидкістю, а лівий з меншою. Дана система не залежить від кута схилу руху розкидача, його вібрації. Немало важливий показник – витрата палива, контроль кожного диска призводить до зменшення витрати палива. Дані розкидачі мають ширину розкидання від 12 метрів до 42 метрів, при допомозі бортового комп'ютера (терміналу) QUANTRON A відбувається автоматичне, щосекундне регулювання норми внесення мінеральних добрив. Щосекундно відбувається зважування та регулювання кутової швидкості розкидального диску. Проаналізувавши даний розкидач можемо з впевненістю сказати що він має: високу точність (диференційність) внесення добрив; прості налаштування (як оператору так і автомака); контроль маси в бункері; автоматичну систему контролю всім технологічним процесом (рис. 2.7).

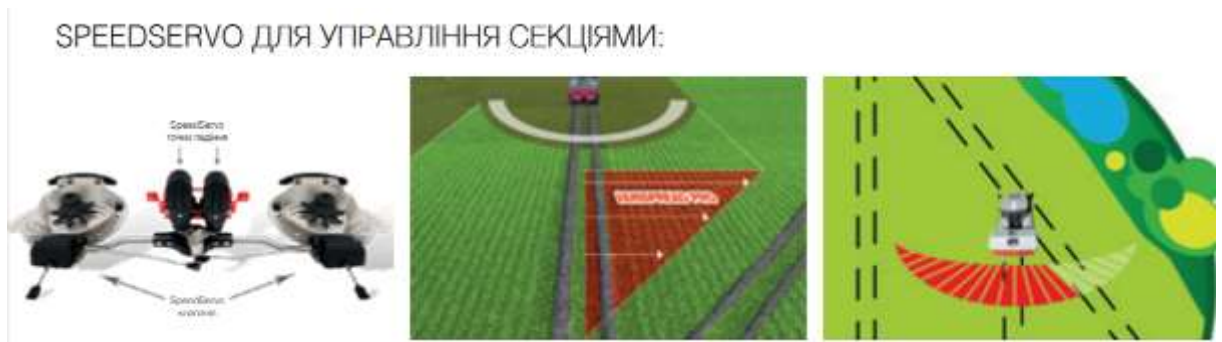


Рис. 2.6. Технології точного землеробства розкидача KUHN

(сайт: <https://dealer.extranet.kuhn.com/>)

Ця сучасна технологія електронного дозування вирізняється точністю дозованого подавання добрив на кожен диск. Без ризику засмічення вихідного отвору в разі зміни об'єму потоку на виході ця система електронного дозування (EMC) автоматично коригує відкриття дозувального отвору для забезпечення належної витрати добрив. Індивідуальне регулювання витрати добрив для кожного дозувального отвору: з перших метрів роботи система EMC безперервно контролює й коригує ступінь відкриття дозувального отвору для забезпечення максимальної точності розподілення добрив. Ризику забивання, зокрема за низьких доз, немає, адже в разі зменшення потоку добрив на диск система автоматично відкриває дозувальну заслінку, а також дає змогу контролювати швидкість спорожнення кожної секції бункера. На відміну від системи EMC, традиційна система, з тензодатчиками, не вимірює і не забезпечує подавання різної кількості добрив на кожен диск — тож добрива розкидаються з меншою точністю [8].

Ефективне, диференційоване внесення добрив також використовують і в машинах для внесення мінеральних добрив фірми «AMAZONE» (Амазоне). Так на розкидачах компанія «AMAZONE» серій «AMAZONE ZG-TS»; «AMAZONE ZA-M»; «AMAZONE ZA-V»; «AMAZONE ZA-X» та «AMAZONE ZA-TS», про які описано в

попередньому розділі роботи, встановлено систему «System» від фірми Amazone версії «pro» Soft Ballistic (рис. 2.7).



Рис. 2.7. System Soft Ballistic pro від фірми «Amazone»
(фото з сайту <https://traktorist.ua/>)

В чому перевага даної системи: такі елементи як зміщувач, дозувальний пристрій та диски з розкидальними лопатями – це одне ціле.

Однією з переваг даного розкидача є те що: часинки добрива які подаються на розподільні лопатки мають точно розподілену масу, і надається їм енергія польоту, яка необхідна для оптимальної траєкторії польоту. Все це зумовлене тим що на диках лопатки мають так званий «пасивний» кут атаки.

Маючи частоту обертання дисків 600...900 обертів за хвилину, вищезгадана система дбайливо забезпечить так званий розгін по лопаткам, що дозволяє розсіювання зробити стабільним по всій ширині розкидача. Ширина захвату, а саме дальність польоту та напрямок можна налаштувати за рахунок зміни системи розподілення добрив та частоти обертання дисків. Подача на розподіляючу систему розкидача, яка зміщена, відбувається рівномірно, все це відбувається за рахунок мішалок, які виконані в вигляді зубців, сегментів. Плавне їх обертання призводить до кращої подачі на отвори.



Рис. 2.8. System Soft Ballistic pro в дії.

Саме в якості «щадного пакета для добрив» компанія Amazone серійно встановлює на своїх розкидачах систему Soft Ballistic System Pro (2.8). Всі її складові — мішалка, дозувальні елементи й розподільні диски — оптимально адаптовані одна до одної [8].

Дві сторони розподілювача працюють як дві окремі машини. Тобто можуть працювати навіть за різними технологічними картами. Тому й мішалки для добрив автоматично відключаються незалежно одна від одної, як тільки закриється шиберна заслінка. Це мінімізує пошкодження гранул під час вимкнення функції розподілення. Ще однією особливістю є можливість реверсивного автоматичного обертання в разі їхнього блокування сторонніми предметами. Тож забивання дозувальних отворів у такому разі повністю унеможлиблюється, а процес звільнення проходу для просипання добрив відбувається автоматично. У разі, коли система не справляється, подається звуковий сигнал операторові. Частота обертання мішалок становить 60 об./хв. [8].

Шиберні заслінки із сервоприводом (якими можна керувати незалежно) забезпечують швидке відкривання й закривання дозувальних отворів під час руху агрегату розворотною смугою, а також контролюють дозування норм внесення за роботи в автоматичному режимі.

Для налаштування розподільного пристрою, залежно від потрібних параметрів ширини захвату та виду добрив, розподільчу систему з допомогою електроприводу можна повернути навколо центра розподільних дисків (концентрично). Тобто добрива, незалежно від вказаних параметрів розподілення, постійно спрямовуються тільки до центра розподільних дисків, де найнижча колова швидкість, що зменшує пошкодження гранул. Лопатки встановлено під пасивним кутом, що дає змогу бережно задати прискорення мінеральним добривам і при цьому досягти максимальної ширини захвату для продуктивнішого їхнього внесення. До речі, максимальне її значення може становити 54 м [8].

Диференційоване внесення на основі даних GPS також не проблема. За даними системи GPS, розподільвачі в автоматичному режимі мають можливість керувати 128-ма (!) секціями розподілення мінеральних добрив. Тобто за ширини розподілення 42 м машина може проконтролювати потребу й норму внесення на ділянках розміром 33 см [8].

Посекційне включення відбувається за допомогою зміни норми внесення, регулювання параметрів розподільчої системи й числа обертів дисків. Відповідно, розкидачі, що оснащені цією системою, можуть працювати за технологічними картами з використанням GPS-сигналу. Також ці розподільвачі чудово, без перевитрати добрив, виконують свої функції на довгих клиноподібних ділянках. Особливо це актуально за великої ширини захвату розподільвача [8].

Контроль розподілу мінеральних добрив конструктори AMAZONE також довірили електроніці. Візуально «побачити» збій у роботі розподільвачів можна за допомогою унікальної системи штучного зору ArgusTwin, яка слідкує за польотом кожної гранули. Також ArgusTwin корегує налаштування системи розподілення під час руху агрегату схилом, налипання добрив на лопатки, неоднорідність гранул добрив [8].

Як описано вище фахівці фірми «AMAZONE» довірили роботу розподільників так званим «штучним очам» встановивши на розкидачах добрив систему Amazone «Argus Twin» (рис. 2.9).



Особливості системи:

- Система готова до застосування миттєво, калібрування не потрібно;
- Постійний онлайн-контроль обох ділянок розподілу;
- Завжди оптимальний поперечний розподіл добрив, також при різній якості добрива;
- Основа для оптимального менеджменту посівів;
- Висока ефективність добрив;
- Система активна при прикордонному розподілі і включенні секцій;
- Автоматичне вирівнювання картини розподілу на схилах за рахунок коригування положення місця подачі добрив;
- Жорсткий монтаж на розкидачеві, без рухомих елементів — без зносу і технічного обслуговування.

Рис. 2.9. Система «Argus Twin» від Amazone [18].

Дана система при допомозі сенсорів контролює кожну гранулу, яка потрапляє на розкидач; сама контролює розподілення мінеральних добрив, а саме під час руху агрегату по схилам та коли відбувається налипання добрив.

Також на території України використовуються в системі точного землеробства розкидачі французької фірми «Sulky» модельного ряду DX 20 (рис. 2.10), або новітні і . Заний розкидач обладнаний багатьма електричними система диференціального внесення мінеральних добрив які дозволяють забезпечувати точність внесення добрив незалежно від ширини 28 метрів чи то 36 м.

Так наприклад система «Fertiway» дозволяє змінювати ширину захвату шляхом зміни точки потрапляння мінеральних добрив на диск (рис. 2.10), поз. 1 «лоток», при допомозі якого відбувається подача добрива на диск.



Рис. 2.10. Розкидач фірми «Sulkyт»

Даний розкидач в системі точного землеробства може бути укомплектований системами: «2DA» - встановлення обмежувачів, роботу який контролює пристрій «Tribord 3D» та приєднаний до гідросистеми розкидача; «WPB» - контроль обмежувача подання добрива на диск, спостереження відбувається на моніторі Vision-X; та системами "Econov" і "Stop and GO". Всі ці системи працюють при допомозі GPS навігаційного обладнання «TeeJet Matrix 570».

Технологія Esonov передбачає не просто коригування точки падіння добрива на граничну лопатку за допомогою пристрою Tribord 3D для оптимального розкидання, а й використання поправок щодо дозування залежно від фізичних властивостей гранул (виду добрива). Водночас компанія Sulky-burel зберігає можливість роботи розкидачів із механічними дефлекторами. Автоматична зміна норми внесення добрив за допомогою супутникової навігаційної системи GPS здійснюється через консоль Vision-X і вбудований пристрій читання карт пам'яті SD [8].

Розкидачі мінеральних добрив широко застосовують для підживлення посівів сільськогосподарських культур. Сьогодні аграрії все більше використовують розкидачі добрив із диференційованим внесенням. За допомогою диференційованого внесення добрив відповідно до потреб конкретних ділянок поля, на загальній площі вкладені кошти швидко окуповуються. На ділянках із низьким запасом поживних речовин, чи там, де високі показники кислотності, внесення добрив підвищує врожайність культур, а зони з достатнім забезпеченням поживними речовинами дозволяють економити певну кількість добрив, шляхом зменшення норми внесення [13].

РОЗДІЛ 3.

НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТ

Вибір розкидача мінеральних добрив необхідний для отримання в кінці високих врожаїв при мінімальних втратах на всьому технологічному процесі вирощування сільськогосподарської культури.

Основні показники при виборі розкидача це його продуктивність (гектар за зміну чи годину робочого часу); немало важливий фактор втрата палива та інші технологічні розрахунки.

Як доведено багатьма науковцями, ефективність використання мінеральних добрив залежить на пряму від якості їх внесення.

Нами було проаналізовано багато наукових статей та досліджень, також. За інформацією World Bank (сайт <https://www.growhow.in.ua/>) рівень використання мінеральних добрив з 90-х років збільшився на 50%, більш детально зображено на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Ринок споживання добрив (сайт <https://www.growhow.in.ua/svitove-silске-hospodarstvo-i-dobryva/>)

Як бачимо з графіка використання мінеральних добрив в сільському господарстві має тенденцію до збільшення, але за останні роки змінилась ситуація по внесенню їх, а саме диференціальне внесення все більше набирає популярності в системі точного землеробства.

Зроблені порівняльні дослідження багаторічних досліджень показали що збільшення внесення добрив суттєво впливає на врожайність. Науковцями доведено до при збільшенні норми внесення мінеральних добрив приблизно на 8...10 кг можливий приріст, по деяким сортам, врожайності озимої пшениці на 0,2...0,3 тони з гектара.

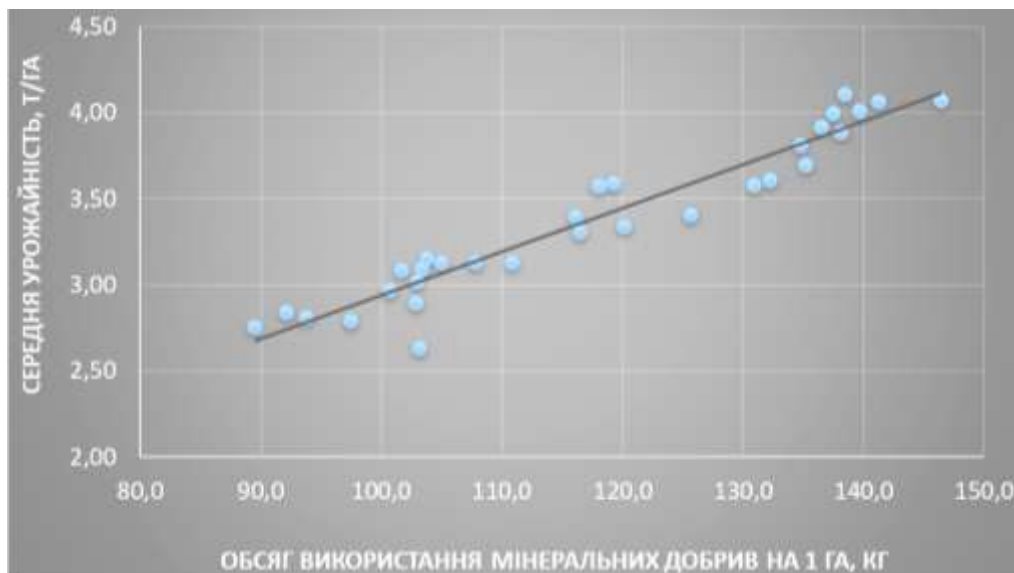


Рис. 3.2. Динаміка врожайності озимої пшениці [24]

Так в роботі [24] описано про велику врожайність отриману в господарстві при правильному та раціональному використанні мінеральних добрив, та використанню GPS – system моніторингу внесення добрив (рис. 3.3).

Використання систем точного землеробства є суттєвим та вирішальним фактором при внесенні мінеральних добрив, це пов'язано з ефективним їх використанням.

Проаналізувавши рис. 3.2. та 3.3 можна сказати що в нашій країні ґрунти мають високу родючість, тому внесення мінеральних добрив потребує значно в менших норм. Так наприклад в Новій Зеландії для отримання високих врожаїв необхідно вносити до 500 кг на 1 гектар, в той час як на землях Сумщини, в деяких господарствах, достатньо буде внести максимум 100 кг, і врожай буда такий самий, або навіть і більший.

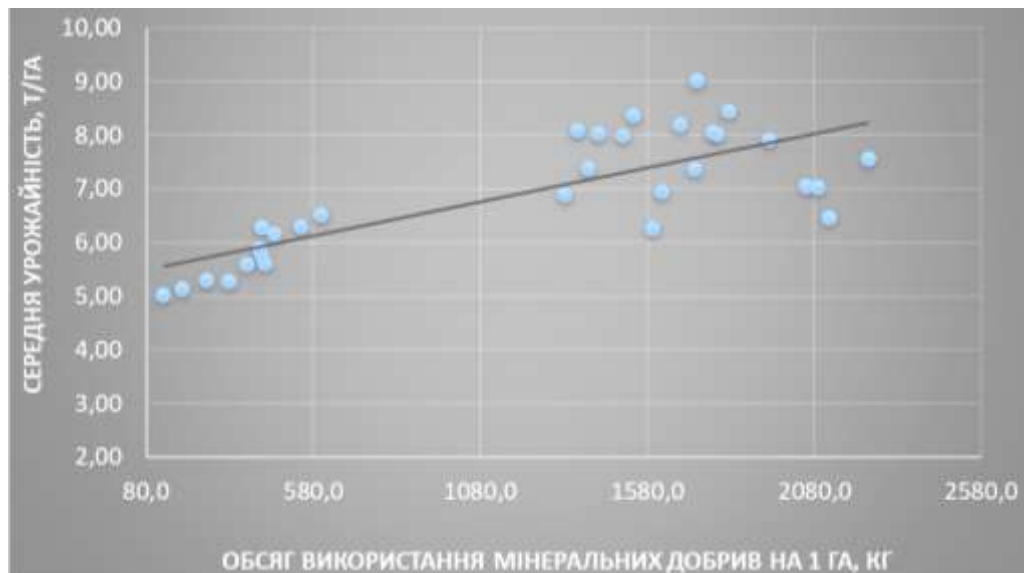


Рис. 3.3. Залежність добрив на врожайність [24]

Робота по внесенню мінеральних добрив не пробачає помилок. Робочі органи машин для внесення (чи то в ґрунт, під час посіву, або на поверхню поля) повинні забезпечувати високі і якісні показники виконання технологічної операції. Кількість добрив на поверхні поля, а саме кількість добрив на одному метрів квадратному; густина та нерівномірність добрив по поверхні поля – це основні показники якості виконання технологічної операції пов’язаної з внесенням мінеральних добрив.

Піж час визначення багатьох показників роботи розкидачів мінеральних добрив користувалися формулами:

При потраплянні частинки добрива на розкидальний диск діють безліч сил: інерції; кориолісова; тертя як об диск так і об лопатку, які прораховуємо за формулою 3.1...3.3;

$$F_{ц} = m \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \cos \beta,$$

$$F_{к} = 2 \cdot m \cdot \omega \cdot r \cdot \cos \beta, \quad (3.1)$$

$$F_{л} = f \cdot m \cdot g \cdot \cos \beta, \quad (3.2)$$

$$F_2 = f \cdot (2 \cdot m \cdot \omega \cdot r) \cdot \cos \beta, \quad (3.3)$$

Піж час розрахунку вищенаведених формул нами використані значення: показники диска (кутова його швидкість; коефіцієнт тертя частинки добрива об поверхню диска чи лопаті); прискорення вільного підіння частинки добрива та інші показники.

Кутову швидкість диску розкидача мінеральних добрив визначаємо за формулою:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (3.4)$$

Під час вильоту частинки добрива з лопаті диска вона має швидкість, яка розраховується за формулою 3.5; якщо лопаті на диску розташовані радіально то абсолютну швидкість визначаємо за формулою 3.6.

$$V_a = \sqrt{(V_c \pm V_r \cdot \sin \psi_k)^2 + (V_r \cdot \cos \psi_k)^2} \quad (3.5)$$

$$V_a = \sqrt{V_c^2 \pm V_r^2} \quad (3.6)$$

Для визначення сили інерції добрива та опору повітря яке спрямовано назустріч скористаємось нижченаведеними формулами.

$$P = m \frac{dV}{dt},$$

$$R = kn \cdot m \cdot V_2,$$

Визначивши вище наведених показники та знаючи показник коефіцієнта парусності конкретного добрива можна визначити силу ваги добрива (3.7) і дальність вильоту (3.8).

$$G = m \cdot g, \quad (3.7)$$

$$L = (k_n \cdot V_o \cdot t \cdot \cos \alpha_o + 1) / k_n \quad (3.8)$$

Провівши розрахунки по вищенаведених формулах можна визначити наступні показники: ширину захвату (максимальна ширина при роботі двох розкидальних дисків) та робочу ширину, формули 3.9 та 3.10.

$$B_{\max} = 2 \cdot L + l_a, \quad (3.9)$$

$$B_p = 0,8 \cdot B_{\max} \quad (3.10)$$

Як писалося вище, ефективність дії на ґрунт чи рослину мінеральних добрив на пряму залежить від самої операції внесення. Невикористання в господарствах системи точного землеробства, а саме диференційного внесення призводить до перевищення допустимої ширини обробітку розкидачами що в кінцевому призводить до втрат врожайності до 10%. Так дослідженнями доказано що при нерівномірному внесенні таких добрив як: азотні втрати складають багато відсотків (рис. 3.4)

При збільшенні норми внесення також відбуваються втрати, але в грошовій формі через так звану «окупність» діючої речовини, так як загальний врожай по полю буде менший а порівняні з врожаєм який би був отриманий при рівномірному внесенні добрива.

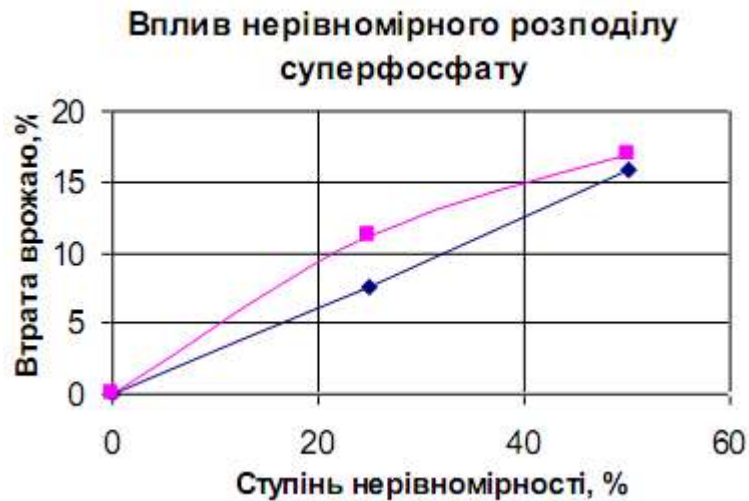


Рис. 3.4. Залежність втрат врожаю ячменю та озимої пшениці від нерівномірного розподілу по полю добрива

Отже, проведені дослідження показали що: при збільшенні нерівномірності внесення мінеральних добрив по полю, їх користь (ефективність) зменшується, що в свою чергу призводить до нерівномірності розкидання по полю та в кінцевому недоотримання врожаїв, через неоднорідність стебел рослин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дистанційне зондування Землі: види та перспективи [Електронний ресурс] // Сайт <https://weagro.com.ua>. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://weagro.com.ua/blog/dystanczijne-zonduvannya-zemli-vydy-ta-perspektyvy/>.
2. Олійник В. Диференційоване внесення добрив – один з найважливіших елементів точного землеробства [Електронний ресурс] / В. Олійник // Журнал «AgroOne». Статті. Агротехнології. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.agroone.info/publication/diferencijovane-vnesennja-dobriv-odin-z-najvazhlivishih-elementiv-tochnogo-zemlerobstva/>.
3. Ahmad. L., Mahdi S.S. Variable rate technology and variable rate application. Springer, In Satellite Farming. 2018. pp. 67–80.
4. Руткевич В. Теоретичне дослідження умов роботи дозуючих робочих органів посівного комплексу для диференційованого внесення добрив [Електронний ресурс] / В. Руткевич, В. Остапенко, М. Кажуро // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки. 2024. Т. 339. № 4. С. 91-96. DOI: 10.31891/2307-5732-2024-339-4-14. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/37005.pdf>.
5. Аврамчук А. Чим краще «годувати» рослини? Мінеральні добрива та їхнє застосування: ще раз про головне [Електронний ресурс] / А. Аврамчук // Головний сайт агронома. SuperAgronom.com. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://superagronom.com/articles/134-chim-krasche-goduvati-roslini-mineralni-dobriiva-ta-yihnye-zastosuvannya-sche-raz-pro-golovne>.
6. Техніка для внесення рідких добрив. [Електронний ресурс] // Traktorist.ua. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://traktorist.ua/articles/tehnika-dlya-vnesennya-ridkih-dobriv-shcho-yak-i-chim>.

7. Сухина А. Внесення мінеральних добрив — реалії та перспективи [Електронний ресурс] / А. Сухина // Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/vnesennya-mineralnyh-dobryv-realiyi-ta-perspektyvy>.

8. Сухина А. Як зекономити на внесенні мінеральних добрив [Електронний ресурс] / А. Сухина // Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/yak-zekonomyty-na-vnesenni-mineralnyh-dobryv>.

9. Несмачна М. Вітчизняні розкидачі мінеральних добрив. Що є на ринку? [Електронний ресурс] / М. Несмачна // Traktorist.ua. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://traktorist.ua/articles/vitchiznyani-rozkidachi-mineralnih-dobriv-shcho-ie-na-rinku>.

10. Сальник В. Локально-стрічкове диференційоване внесення добрив [Електронний ресурс] / В. Сальник // Головний сайт агронома. SuperAgronom.com. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://superagronom.com/articles/27-lokalno-strichkove-diferentsiyovane-vnesennya-dobriv>.

11. На шляху впровадження точного землеробства [Електронний ресурс] // Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/na-shlyahu-vprovadzhennya-tochnogo-zemlerobstva>.

12. Думич В. Пристрої для диференційного внесення мінеральних добрив [Електронний ресурс] / В. Думич, Р. Лейко // Агробізнес Сьогодні. Механізація АПК.. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1290-prystroi-dlia-dyferentsiinoho-vnesennia-mineralnykh-dobryv.html>.

13. Войновський В. Розкидачі мінеральних добрив [Електронний ресурс] / В. Войновський // АгроЕліта. Всеукраїнський аграрний Журнал..

– 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://agroelita.info/rozkydachi-mineralnyh-dobryv/>.

14. Калюжний О. Д. Аналіз машин з диференційного внесення твердих мінеральних добрив [Електронний ресурс] / О. Д. Калюжний, С. М. Батура // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ». – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/46778/1/Molod_Tekh_prohres_APK_23-218-219.pdf.

15. Циганенко М. О. Диференційне внесення добрив як елемент системи точного землеробства [Електронний ресурс] / М. О. Циганенко, М. Р. Савченко // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ». – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/38018/1/MVNPК_Tehnichnyj_progres_v_APV_2023-150-151.pdf.

16. Сухина А. Техніка для диференційованого внесення [Електронний ресурс] / А. Сухина // Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/tehnika-dlya-dyferenciyanogo-vnesennya>.

17. Система розкидання добрив Amazone Soft Ballistic System pro [Електронний ресурс] // Traktorist.ua. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://traktorist.ua/technologies/sistema-rozkidannya-dobriv-amazone-soft-ballistic-system-pro>.

18. Система коригування внесення добрив Amazone Argus Twin [Електронний ресурс] // Traktorist.ua. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://traktorist.ua/technologies/786-sistema-koriguvannya-vnesennya-dobriv-amazone-argus-twin>.

19. Dong, Siqi & Zhang, Bing & Hou, Wenfeng & Zhou, Xue & Gao, Qiang. (2024). Differential Effects of Sulfur Fertilization on Soil Microbial Communities and Maize Yield Enhancement. *Agronomy*. 14. 2251. 10.3390/agronomy14102251.

20. Petrov, Alexander & Kanaev, Mikhail & Kirov, Vladimir & Kuznetsov, Konstantin & Petrov, Mikhail. (2020). Technical devices used for differential fertilizer application. BIO Web of Conferences. 17. 00015. 10.1051/bioconf/20201700015.

21. Носкова, Е.В. (2020). Effect of Soil and Fertilizer Treatment Systems on Agrochemical Properties of Fertility and Spring Wheat Yields. 17-22. 10.35694/YARCX.2020.52.4.003.

22. Li, Hang & Lin, Xin & He, Jin & Lu, Caiyun & Yang, Wenchao. (2023). Design and experiment of a combined type spatially layered proportional fertilization device. Engenharia Agrícola. 43. 10.1590/1809-4430-eng.agric.v43n5e20230046/2023.

23. Кернасюк Ю. Проблеми й перспективи вітчизняної індустрії та ринку мінеральних добрив [Електронний ресурс] / Ю. Кернасюк // Агробізнес Сьогодні. Механізація АПК.. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://agro-business.com.ua/agro/ekonomichniy-hektar/item/29182-problemy-i-perspektyvy-vitchyznianoj-industrii-ta-rynku-mineralnykh-dobryv.html>.

24. Кернасюк Ю. Ринок добрив: глобальний дефіцит посилюється [Електронний ресурс] / Ю. Кернасюк // GrowHow.in.ua. Онлайн-журнал про вирощування, управління та агробізнес.. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.growhow.in.ua/svitove-silke-hospodarstvo-i-dobryva/>.

ВИСНОВКИ

Аналіз існуючих технічних засобів для диференційного внесення добрив в ґрунт показав ефективне надходження необхідної кількості поживних речовин, що дозволяє створити потрібний живильний фон ґрунту. Агробізнесу варто більш раціонально використовувати мінеральні добрива та основні зусилля спрямувати на вдосконалення технологій аграрного виробництва та оптимізації внесення добрив із використанням цифрових технологій та рішень.

Розкидачі мінеральних добрив широко застосовують для підживлення посівів сільськогосподарських культур. Сьогодні аграрії все більше використовують розкидачі добрив із диференційованим внесенням. На ділянках із низьким запасом поживних речовин, чи там, де високі показники кислотності, внесення добрив підвищує врожайність культур, а зони з достатнім забезпеченням поживними речовинами дозволяють економити певну кількість добрив, шляхом зменшення норми внесення.

Підвищення ефективності виробництва продукції рослинництва в Україні можливе за рахунок широкого впровадження елементів технології точного землеробства, що дозволяє підвищувати врожайність сільськогосподарських культур за рахунок диференційованого внесення добрив на різних ділянках поля, а також суттєво з економити засоби захисту рослин за рахунок їх адресного внесення, знизити прямі експлуатаційні витрати на виконання польових механізованих робіт за рахунок застосування системи паралельного водіння машинно-тракторних агрегатів.

Таким чином, можна зробити висновок про доцільність застосування компенсаційного способу внесення технологічних матеріалів машиною зі спеціалізованим обладнанням, параметри і технологічні режими роботи яких розраховані у відповідності до розроблених теоретичних основ та запропонованої методики побудови машин-реалізаторів з оптимальними дозуючими системами. При пониженні частоти обертання робочих дисків розподільника, на вітчизняних розкидачах добрив з 720 хв-1 до 400 хв-1, кількість добрив, що доставляються на поверхню поля в зоні ширини захвату зростає з 80 % до 94 %.

ДОДАТКИ