

Н

Н

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

05.09 – МКР. 366 «С» 2023.03.13 03 ПЗ

НУБІП України

МУСТІШАНА ОЛЕКСАНДРА ІГОРОВИЧА

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УДК 631.8:631.854.78

ПОГОДЖЕНО
Декан агробіологічного
факультету, д.с.-г.н., професор
О.Л. Тонха
“ _____ ”
_____ 2023 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
грунтознавства та охорони
ґрунтів ім. проф. М.К. Шикули,
д.с.-г.н., професор
В.О. Забалуєв
“ _____ ”
_____ 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Еколого-економічна оцінка диференційного
внесення добрив за вирощування соняшнику»

Спеціальність: 201 «Агрономія»

Освітня програма «Агрохімія і ґрунтознавство»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

д.с.-г.н., професор _____

В.О. Забалуєв

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.с.-г.н., доцент _____

В.М. Козак

Виконав _____

О.І. Мустипан

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Агробіологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

грунтознавства та охорони ґрунтів

ім. проф. М.К. Шикучи

д.с.-г.н., проф. В.О. Забалуєв

" " 2022 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ
Мустіпану Олександрю Ігоровичу

Спеціальність

201 «Агрономія»

Освітня програма

Агрономія

Орієнтація освітньої програми

освітньо-професійна

Тема роботи: «Еколого-економічна оцінка диференційного внесення добрив за вирощування соняшнику»

затверджена наказом ректора НУБІП України від «13» 03 2023 р. № 366 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2023.10.20

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:

Спільськогосподарські угіддя групи компанії «Агрейн» Чернігівської області Козелецького району, дані фізико-хімічних і агрохімічних показників ґрунту полів господарства, дані урожайності соняшника.

Перелік питань, що підлягають дослідженню.

1) провести аналіз вмісту мінеральних сполук азоту, рухомого фосфору і обмінного калію, гранулометричного складу 100 га поля, відібравши зразки ґрунту за зонами неоднорідності.

2) провести статистичний аналіз результатів аналіз, визначити коефіцієнт варіабельності.

3) порівняти урожайність соняшнику з диференційною нормою та середньою.

Дата видачі завдання

«10» 09 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

В.М. Козак

Завдання прийняв до виконання

О.І. Мустіпан

Анотація

Дипломна робота на тему: «Еколого-економічна оцінка диференційного внесення добрив за вирощування соняшника» викладена на сторінках, містить 7 таблиць, 9 рисунків, та 45 літературних посилань.

В даній роботі оцінили просторову неоднорідність ґрунтового покриву полів ТОВ «Агрікор Холдинг» за вмістом основних поживних елементів і виявили, що дослідне поле має високий показник варіації для рухомого фосфору (49%) і мінерального азоту (24%), а для калію – середній показник (18%). Тому, на досліджуваному полі було використано диференційне внесення фосфорних, калійних і азотних добрив. Були виділені ділянки з різним рівнем забезпеченості поживними елементами і, відповідно рівнів забезпеченості, встановлені норми внесення азотних фосфорних і калійних добрив. При цьому, розраховані норми диференційного внесення азотних добрив у 2023 році були в межах 50-65, фосфорних – 0-24 і калійних – 0-16 кг д.р./га. Для порівняння, у 2022 році на дослідному полі норма внесення добрив по NPK була на рівні 80:26:26.

Диференційоване внесення добрив на досліджуваному полі порівняно з 2022 роком дозволило отримати значний приріст врожаю з супутніми зменшеннями витрат на добрива на 3-75%. Збільшення врожайності на дослідних ділянках у 2023 році коливаються від 0,08 т/га до 1,47 т/га. Найбільшу урожайність і найбільший умовно чистий дохід отримано на ділянці 11 (48770 грн/га) і 12 (46004 грн/га) за вмісту у ґрунті мінерального азоту, відповідно, 10,1 і 9,4, рухомого фосфору – 170 і 144 мг/кг і норми внесення мінеральних добрив N50-52P0K0.

Ключові слова: диференційне внесення добрив, вміст мінерального азоту, вміст рухомих фосфатів, вміст обмінного калію, кислотність ґрунту, просторова неоднорідність, урожайність соняшника.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 6 |
| РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 8 |
| 1.1. Точне землеробство | 8 |
| 1.2. Зміни агрохімічних показників за технологій «точного» землеробства | 10 |
| РОЗДІЛ 2. МІСЦЕ, УМОВИ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ | 17 |
| 2.1. Місце та кліматичні умови проведення досліджень | 17 |
| 2.2. Програма і методики проведення досліджень | 19 |
| РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ГРУНТОВОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ ДОСЛІДНОГО ПОЛЯ | 21 |
| 3.1. Забезпечення рухомими сполуками фосфору і калію | 21 |
| 3.2. Мінеральний азот в ґрунті та його характеристика | 24 |
| 3.3. Фізико-хімічні показники ґрунту | 25 |
| 3.4. Статистичний аналіз досліджуваних результатів і диференціальна норма внесення добрив | 28 |
| РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ | 34 |
| ВИСНОВКИ | 36 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 37 |

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Останнім часом дедалі більше аграріїв починають цікавитись елементами точного землеробства, на думку Овчаренко [1], мета якого є підвищення ефективності технологічних операцій. Одним із таких елементів є диференційоване внесення добрив. Це відносно новий, але дієвий метод, який дає змогу покращити живлення культур і вивести технологію на новий рівень.

Ефективність застосування добрив залежить від кліматичних умов, рівня родючості ґрунту і агротехніки. Підвищення цін на добрива призводять до їх раціональне використання у господарстві та можуть сприяти отриманню

максимального врожаю. Об'єктивну інформацію про наявність доступних для рослин елементів живлення може надати агрохімічний аналіз ґрунту.

Застосування результатів якого дозволить спланувати структуру посівних площ, забезпечити ефективне живлення кожної сільськогосподарської культури, оптимізувати внесення добрив і зменшити витрати на вирощування.

Такої ж думки притримуються і європейські виробники сільськогосподарської продукції, а також провідні агрофірми України [2].

Існує декілька варіантів планування агрохімічних досліджень і розрахунку варіантів удобрення на думку Шаповал [2], це «мудре» (wise)

землеробство із плануванням добрив за результатами агрохімічного аналізу. В умовах великих господарств зразки ґрунту репрезентують площу 10-12 га.

«Мудре» землеробство дозволяє мати додатковий економічний ефект на рівні 10-15%. Більш прогресивний варіант планування – точне землеробство. В

основі наукової концепції якого лежать уявлення про існування ґрунтових неоднорідностей в межах одного поля, які можливо детектувати за допомогою

програм на базі ГІС та датчиків GPS. І хоча дані інструменти дозволяють більш точно визначати рівень продуктивності культур, агрохімічний аналіз все ж

залишається основним інструментом визначення родючості ґрунту і забезпечення поживними речовинами. Особливістю методів точного

землеробства є те, що допустиму точність можна отримати при умові, що один зразок ґрунту репрезентує площу 1-2 га, на дуже вирівняних полях в умовах

України можливо 5 га. При застосуванні системи точного землеробства диференційне внесення мінеральних добрив дозволяє зменшити затрати на 20% та отримати додатково до 15% врожаю.

Соняшник – це культура, яка найслабше реагує на підживлення і розраховувати на якийсь практичний ефект від диференційованого внесення добрив не варто. Таку думку в коментарі AgroTimes висловив Андрій Капріца, керівник фермерського господарства «Флора А.А.» (Вінницька обл.) [3]. На думку дослідника норма висіву соняшнику не має суттєвого впливу на урожайність, і лише через диференційоване внесення ґрунтових гербіцидів або добрив можливо її підвищити. Натомість, застосування диференційного внесення має позитивний ефект у вирощуванні кукурудзи [3].

Мета та завдання досліджень. Метою досліджень було статистично обґрунтувати диференційне внесення добрив і оцінити продуктивність соняшнику за диференційного внесення добрив.

Об'єкт досліджень – ґрунтова неоднорідність, ріст і розвиток соняшнику.

Методи досліджень: 1) польовий – вивчення взаємодії факторів життя; лабораторні: а) вивчення поживного режиму ґрунту; геостатистичний – для оцінки взаємодії та частки впливу факторів.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Точне землеробство

Технологія точного землеробства передбачає управління процесами специфічно для кожного місця в просторі. Технології дають змогу автоматизувати виконання та управління різними процесами диференційовано на великих територіях. Наприклад, це передбачає диференційоване внесення добрив чи пестицидів на різних ділянках. Кінцевою метою запровадження точного землеробства на думку Bongiovanni та ін., 2004 є налагодження функціонування процесів, які будуть якнайближче тотожні з природними [4].

Впровадження технологій точного землеробства на думку Hartwick, 2004 дійсно носити значні переваги з економічного погляду і дає можливість вести точну документацію по витратах ресурсів та оптимізувати виробничий цикл. Для прийняття рішень в агрономії, це дає змогу зберігати історію полів, польових робіт, урожаїв [5].

Фундаментальні ідеї точного землеробства, що полягають у зборі даних та прийнятті рішень на їх основі існували багато років. У 1982 був розроблений перший прилад ГІС ArcInfo, а у 1992 році - монітор врожайності та визначник рівня азоту в русі. Можливість використання даних супутників NAVSTAR глобальної системи позиціонування (GPS) дала змогу визначати місцеположення на полі. Термін «точне землеробство», або точне сільське господарство вперше використали в Міннеаполісі у 1992 році під час проведення навчань, а в подальшому його використання стало частішим у дослідженнях, навчанні та у практиці Pearce, D і Atkinson [6].

В Україні технології точного землеробства впроваджуються переважно у великих агрохолдингах. Для інтенсифікації виробництва та отримання більших прибутків стає необхідне впровадження сучасних інформаційних та ресурсозберігаючих технологій [8].

Однією з перших в Україні в Чернігівській області СТОВ «Дружба-Нова» почала впроваджувати елементи точного землеробства в рослинництві

[10]. У своєму інтерв'ю дослідник зазначає, що диференційне внесення дає прибуток з 1 га на рівні 2300-2500 грн [10].

Успіх точного землеробства (РА) як зазначає Ge та ін., 2011 залежить від ефективного та точного методу визначення властивостей ґрунту в полі. Ця інформація є критично важливою для фермерів, щоб розрахувати належну кількість вхідних ресурсів для найкращої продуктивності врожаю та найменшого впливу на навколишнє середовище. Відбір проб за сіткою, як традиційний спосіб дослідження варіацій ґрунту в полі, більше не вважається прийнятним, оскільки він є трудомістким, забирає багато часу та не має просторової вичерпності.

Дистанційне зондування (RS) надає новий інструмент для збору інформації РА та має такі переваги, як низька вартість, швидкість і відносно висока просторова роздільна здатність. Було досягнуто значного прогресу у використанні RS для визначення властивостей ґрунту в польових умовах. У цій статті подано огляд останніх публікацій на тему ДЗ властивостей ґрунтів ПТ. Було виявлено, що широкий спектр важливих для сільського господарства властивостей ґрунту (включаючи структуру, вміст органічного та неорганічного вуглецю, макро- та мікроелементи, вміст вологи, ємність катіонного обміну, електропровідність, рН та залізо) були успішно кількісно визначені за допомогою RS різною мірою. Застосування варіювалися від лабораторного аналізу зразків ґрунту за допомогою настільного спектрометра до польового картографування ґрунту за допомогою супутникових гіперспектральних зображень. Видима та ближня інфрачервона області найчастіше використовуються для визначення властивостей ґрунту, зрідка використовуються ультрафіолетова, середня інфрачервона та теплова інфрачервона області. З точки зору аналізу даних, MLR, PCR і PLSR є трьома методами, які найбільш широко використовуються [11].

1.2. Зміни агрохімічних показників за технологій «точного» землеробства

Метою сучасних технологій є максимальна реалізація потенційної активності рослин. Для повної реалізації можливостей рослини на всіх етапах її розвитку необхідно створювати найсприятливіші умови в їх гармонійному поєднанні. Управління формуванням урожайності на основі інтенсивних методів стає характерною рисою сучасного зернового господарства [10].

Інформація про мінливість різних властивостей ґрунту в межах поля є важливою для процесу прийняття рішень Adamchuk та ін. [12]. Неможливість отримати характеристики ґрунту швидко та недорого залишається одним із найбільших обмежень точного землеробства. Численні дослідники та виробники намагалися розробити оперативні датчики ґрунту для вимірювання механічних, фізичних і хімічних властивостей ґрунту. Датчики засновані на електричних і електромагнітних, оптичних і радіометричних, механічних, акустичних, пневматичних і електрохімічних концепціях вимірювання. Хоча зараз широко використовуються лише електричні та електромагнітні датчики, інші технології, представлені в цьому огляді, також можуть підійти для покращення якості інформації, пов'язаної з ґрунтом, у найближчому майбутньому [12].

Результати випробування ґрунту є важливими факторами для прибуткового застосування добрив, вапна та інших поправок у ґрунт. Коли результати тестування ґрунту поєднуються з інформацією про поживні речовини, доступні для різних культур, можна створити надійну основу для планування програми родючості. Відповідний тест може базуватися на місцевих умовах ґрунту та культури, а також на особистих уподобаннях.

Стандартний тест зазвичай включає визначення доступного фосфору (P), обмінного калію (K), кальцію (Ca) і магнію (Mg), відсоток їх насичення, ємність катіонного обміну (CEC), рН і потребу в вапні. Деякі лабораторії також можуть перевіряти вміст органічних речовин (OM), солоність, нітраги, сульфати, певні мікроелементи та важкі метали Birtell та ін. [13]. Крім того,

на середовище росту сільськогосподарських культур впливає структура ґрунту (вміст піску, мулу та глини), рівень ущільнення ґрунту, вміст вологи та інші механічні та фізичні властивості ґрунту.

Одним із найважливіших аспектів тестування ґрунту є фактично отримання репрезентативних зразків ґрунту (тобто зібраних з достатньою просторовою щільністю на належній глибині та протягом відповідного часу).

Практичні поради щодо збору та обробки зразків ґрунту надали Hoefft та ін. (1996), і Gelderman and Mallarino (1998) [12]. Однак розташування та кількість

зразків ґрунту залежить від підходу, який використовується для управління родючістю ґрунту (Navlin et al., 1999). В даний час часто використовуються

методи випадкової, адаптивної та сіткової вибірки. При випадковому відборі керни ґрунту отримують із випадкових місць на полі. При адаптивній вибірці

вибрані місця залежать від попередньої інформації. З іншого боку, сітка

вибірки передбачає систематичний збір проб із заздалегідь визначених точок

на полі. Жодна з існуючих практик відбору проб ґрунту не була визнана найефективнішою (Wollenhaupt et al., 1997).

Раніше повідомлялося про численні спроби розробити датчики ґрунту, що працюють на ходу, і були розглянуті раніше (Hummel та ін., 1996, Sudduth

та ін., 1997). Незважаючи на те, що комерційно доступно лише кілька датчиків

ґрунту, тривають зусилля щодо розробки нових прототипів. Метою цієї публікації є огляд нещодавно опублікованих концепцій вимірювання

механічних, фізичних і хімічних характеристик ґрунту на ходу та обговорення потенційних застосувань таких методів вимірювання [15-18].

Спектроскопія відбиття для прогнозування властивостей ґрунту є неінвазивною, швидкою та економічно ефективною альтернативою

стандартним лабораторним аналітичним процедурам. Спектроскопія ґрунту вивчається протягом десятиліть з обмеженим застосуванням зовнішніх

досліджень. Нещодавній прогрес у точному землеробстві та потреба в просторовій оцінці властивостей ґрунту підвищили інтерес до цієї техніки.

Продуктивність ґрунтової спектроскопії відрізняється від одного місця до

іншого залежно від фізичного складу ґрунту та хімічних властивостей, але також залежить від приладів, способу використання (на місці/лабораторія), спектрального діапазону та методів аналізу даних, які використовуються для кореляції коефіцієнта відбиття даних про властивості ґрунту. У цьому документі використовується процедура систематичного огляду, розроблена

Центром збереження на основі фактичних даних (CEBC) для науково-обґрунтованого пошуку прогнозування властивостей ґрунту за допомогою спектроскопії відбиття видимого (V) та ближнього інфрачервоного (NIR)

діапазонів. Обмежений критеріями включення та визначеними методами

пошуку літератури та вилучення даних, мета-аналіз проводиться на 115 статтях, зібраних із 30 країн. На додаток до властивостей ґрунту, результати також класифікуються та повідомляються за різними аспектами, такими як

дата публікації, журнали, країни, застосовані методи регресії, лабораторні або

польові умови, методи попередньої обробки спектрів, методи сушіння зразків,

спектроскопічні пристрої, довжини хвиль, кількість ділянок і зразків, а також

розподіл даних на набори для калібрування та перевірки. Середнє арифметичне коефіцієнта детермінації (R^2) у всіх звітах для різних

властивостей коливалося від 0,68 до 0,87, з кращими прогнозами щодо вмісту

вуглецю та азоту та нижчими показниками для мулу та глини. Після більш ніж

30 років досліджень використання спектроскопії V-NIR для прогнозування властивостей ґрунту, цей систематичний огляд показує переконливі докази з

пошуку літератури, що на цю технологію можна покластися як на недорогу та

швидко альтернативу стандартним методам прогнозування властивостей

ґрунту за допомогою прийнятна точність Ahmadі [19].

Моніторинг стану ґрунту дуже потрібен у точному землеробстві для коригування таких методів, як обробка ґрунту, внесення добрив та зрошення.

Добре розуміння характеристик ґрунту може допомогти виробникам у

прийнятті сільськогосподарських рішень і, загалом, може покращити застосування операцій, методів та обробки ґрунту [7]. Однак стандартні

аналітичні процедури, такі як волога хімія, вимагають спеціального

обладнання та можуть бути надзвичайно трудомісткими та дорогими, особливо коли мова йде про високу просторову щільність відбору [3,4]. Як альтернатива стандартній вологій хімії спектроскопія відбиття ґрунту у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах (V-NIR) виявилася швидкою, економічно ефективною, неруйнівною, безпечною для навколишнього середовища, повторюваною та відтворюваною аналітичною технікою [5,6, 7]. Спектроскопія відбиття V-NIR використовується вже більше 30 років для прогнозування великої різноманітності властивостей ґрунту, таких як органічний і неорганічний вуглець [8,9,10,11,12,13], азот [14,15], органічні речовини [16,17], вологість [18,19], текстура [20,21] і солоність [22,23]. Незважаючи на те, що результати цих досліджень є обнадійливими, вони спираються на певний набір даних і одну або декілька процедур аналізу.

Таким чином, систематичне накопичення їх висновків і оцінка сукупності результатів може підтвердити здатність спектроскопії V-NIR передбачати властивості ґрунту.

У той час як численні окремі дослідження показали здатність V-NIR спектрів надавати надійну інформацію про фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту [11,12,13,24], їхні висновки рідко збираються для порівняння, протиставлення та критичної оцінки. Хоча деякі огляди показують здатність спектроскопії відбиття для прогнозування фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунту [25,26,27,28,29,30], наскільки відомо авторам, жоден з них не дотримувався високоструктурованої підхід «систематичного огляду». Це особливо важливо, оскільки, на відміну від звичайних оглядів літератури, «систематичний огляд» запобігає ризику упередженості, необхідного для виключення або включення конкретної літератури, яка може мати значний вплив на результати дослідження [31].

Інша проблема з доступними оглядами полягає в тому, що вони в основному зосереджені на одній властивості; прикладами є [28] огляд органічної речовини ґрунту та [26] огляд вмісту вуглецю в ґрунті; крім того, доступні огляди зазвичай аналізують як V-NIR, так і Mid-InfraRed (MIR) спектроскопію та

зазвичай порівнюють їхні результати [26,27,28]. Хоча повідомляється, що загалом MIR дає кращі прогнози, ніж V-NIR [6,27], оскільки продуктивність MIR-спектроскопії сильно залежить від вмісту вологи в ґрунті через сильні смуги поглинання води в MIR, а також тому, що технологія MIR навряд чи може використовуватися в портативних пристроях, використання цієї технології в основному обмежується лабораторними умовами та не підходить для датчиків у дорозі та в полі, які дуже потрібні в програмах точного землеробства. Насправді, ще одна причина, яка виправдовує зосередженість на V-NIR, — нижча вартість цієї технології порівняно з MIR, що робить її більш доступною як для фермерів, так і для дослідників.

Враховуючи попит на швидкий та економічно ефективний моніторинг властивостей ґрунту в сучасній сільськогосподарській діяльності та необхідність підходів, що ґрунтуються на доказах, для оцінки спроможності альтернатив стандартним процедурам, тут ми представляємо результати систематичного огляду та мета-аналізу здатність спектроскопії відбиття V-NIR передбачати різні властивості ґрунту. Хоча в літературі повідомляється про різноманітні властивості ґрунту, які можна передбачити за допомогою V-NIR спектроскопії з прийнятною точністю (Soriano-Disla та ін., 2014), у цій статті основна увага приділяється шести основним властивостям, які відіграють вирішальну роль у точному землеробстві та землеробстві практики:

1. Вміст вуглецю (як загальний вуглець (TC), органічний вуглець у ґрунті (SOC), неорганічний вуглець (IC)),
2. Вміст азоту (як загальний азот (TN)),
3. Органічна речовина (як органічна речовина в ґрунті) (SOM)),
4. Вміст води або вологи (як вміст вологи (MC)),
5. Солоність ґрунту (як вміст солоності ґрунту (SSC))
6. Текстура (як пісок, глина та мул).

Наявність швидкої, економічно ефективної та надійної оцінки цих властивостей може призвести до більш ефективних сільськогосподарських

рішень і практик. Тому дослідницьке питання цього дослідження таке: наскільки точно спектроскопія V-NIR може передбачити вуглець, азот, органічну речовину, вологість, солоність і структуру ґрунту.

Для точного землеробства потрібен метод збору інформації про просторову мінливість ґрунту, який зменшує потребу у дорогому та інтенсивному відборі проб. Цього можна досягти шляхом використання того, що ми називаємо «середніми» та «пропорційними» варіограмами. Пошук літератури дозволив зібрати варіограми для багатьох властивостей ґрунту, дозволивши порівняти величину мінливості та побудувати середні значення.

Для властивостей ґрунту, які демонструють пропорційність між їх середнім квадратом і дисперсією, варіограму можна передбачити на основі середнього значення. Ці середні та пропорційні варіограми є потенційно корисними для впроваджувачів точного землеробства, оскільки їх можна використовувати для планування оптимального відбору проб ґрунту та схем управління. Було виявлено, що якщо ви бажаєте впровадити індивідуальне управління з роздільною здатністю 20×20 м, то відбір проб ґрунту, як правило, потрібно проводити з інтервалом 20–30 м залежно від цікавого атрибута [26].

Ефективність агротехнічних та агро меліоративних заходів можна оцінити за урожайністю та врожаєм. Врожай є загальним обсягом продукції зібраної з площі посіву культури. Ці показники відображають рівень економічних і природних умов та якість організаційно-господарської діяльності господарства [29].

Впровадження у застосування новітніх і науково-обґрунтованих систем землеробства сприяють збереженню показників родючості ґрунту, а також впливають на якість та об'єми виробництва зерна, що є одними із найважливіших питань при вирощуванні зернових (28). Вчені підраховали, що на 50% збільшення урожайності зернових культур досягається за рахунок впровадження нових сортів, а інші – за рахунок удосконалення технології вирощування культури.

Одним із визначальних факторів рівня врожайності є поживний режим

грунту, а диференційне внесення добрив є заходом до регулювання рівнів
забезпеченості ґрунтів.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2. МІСЦЕ, УМОВИ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА

ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місце та кліматичні умови проведення досліджень

Дослідження проводились у 2022 році на дослідних полях ТОВ «Агрікор Холдинг», що розміщені в селі Красляни Прилуцького району Чернігівської області.

ТОВ «Агрікор Холдинг» — сучасне підприємство, яке входить до складу агрогрупи «Агрейн», яка володіє 11 сільськогосподарськими підприємствами в п'яти областях України. Загальний земельний банк агрогрупи – 110 тис. га.

Підприємство обробляє майже 42 тис. га землі на території Прилуцького, Ніжинського, Корюківського та Новгород-Сіверського районів Чернігівської області. Вирощує озимі пшеницю і ріпак, кукурудзу та соняшник. У результаті чіткого дотримання агротехнологій урожайність цих культур на підприємстві вища, ніж у середньому по районах.

Таблиця 2.1 – Урожайність сільськогосподарських культур по роках

| Рік | Пшениця озима | Ріпак озимий | Соняшник | Кукурудза |
|----------|---------------|--------------|----------|-----------|
| 2020 | 5,2 | 2,9 | 3,6 | 7,7 |
| 2021 | 5,4 | 3,0 | 3,7 | 10,1 |
| 2022 | 7,5 | 3,6 | 2,1 | 9,6 |
| 2023 | 6,8 | 3,6 | 3,0 | 11,2 |
| Загальна | 6,2 | 3,0 | 2,5 | 9,4 |

М'ясне поголів'я ВРХ в «Агрікор Холдинг» становить близько 4 тис. голів. Підприємство розводить 7 порід великої рогатої худоби м'ясного напрямку. Більшість продукції реалізується на внутрішньому ринку. Експорт м'яса в загальній структурі продажів компанії займає 15-25%.

Штат господарства налічує 487 працівників. Середня заробітна плата – 11,5 тис. грн/міс.

Дослідна ділянка показана на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Місцезорозміщення дослідного поля у с. Краєляни.

Клімат району проведення досліджень помірно-континентальний з теплим літом, м'якою зимою та достатньою кількістю опадів. Кількість сонячної радіації місцевості збільшується з півночі на південь і зумовлює зміну середньорічної температури від $+6,8^{\circ}\text{C}$ в північних районах, до $+7,3^{\circ}\text{C}$ в південних. З північного-заходу до південного-сходу зростає континентальність клімату області.

НУБІП України

НУБІП України

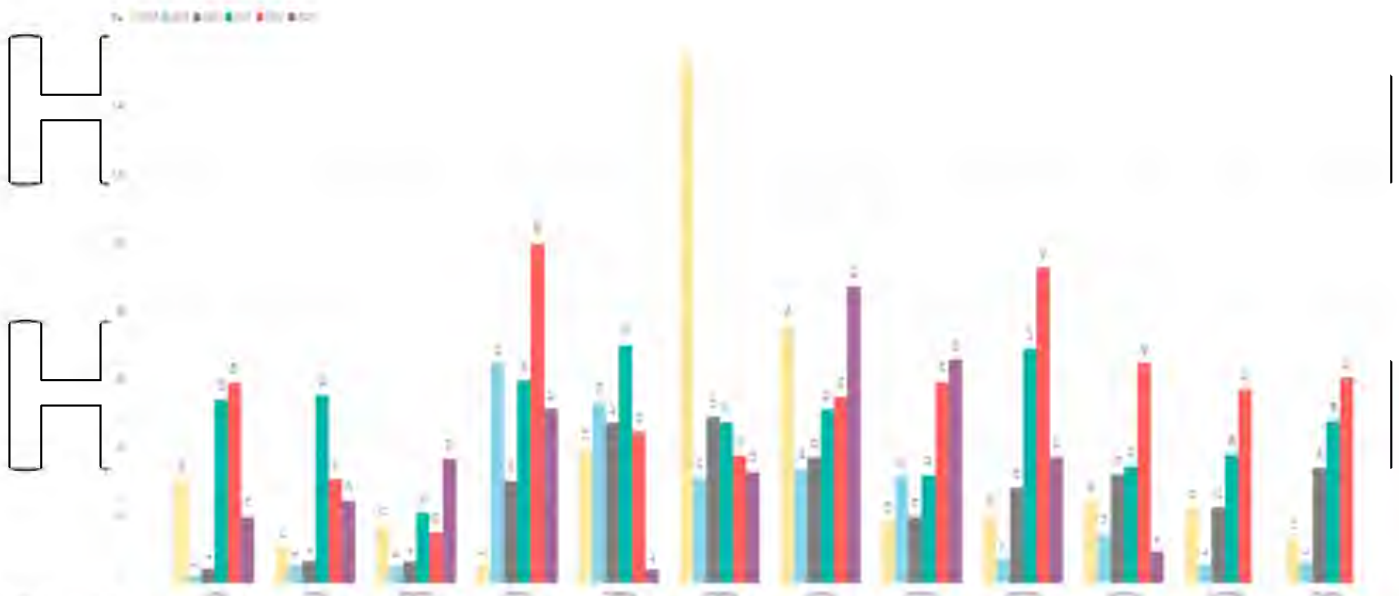


Рис. 2.2. Розподіл опадів по місяцях 2018-2023 рр.

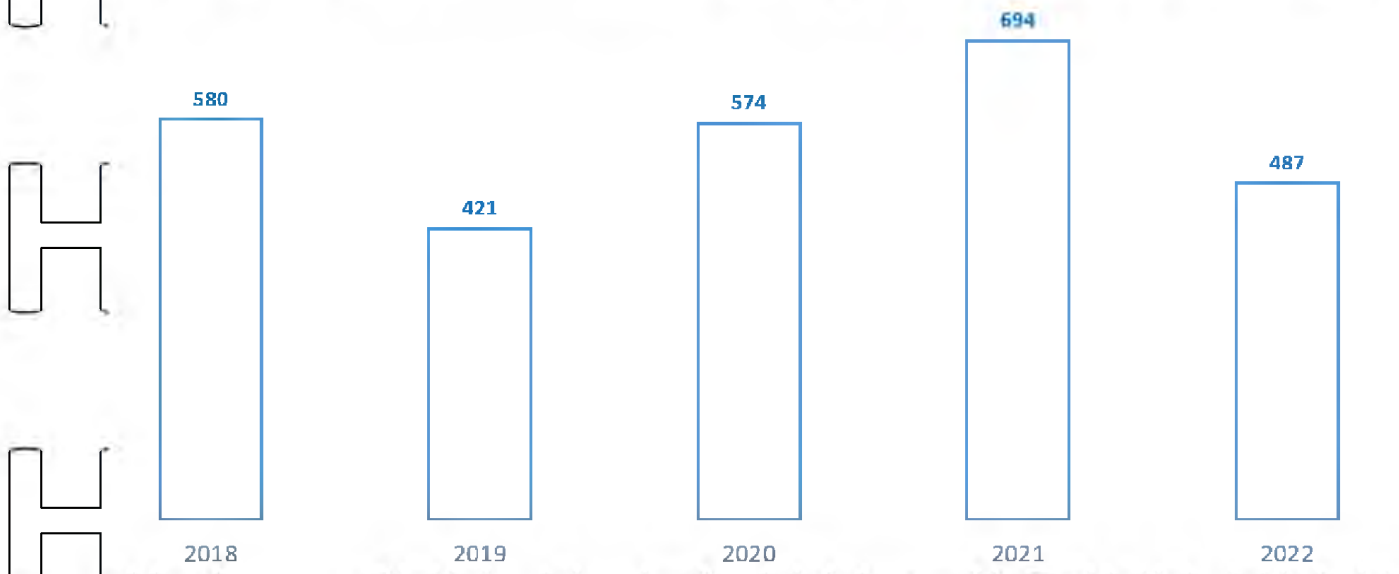


Рис. 2.3. Середньорічна кількість опадів за 2018-2022 рр., мм

Отже, досліджуване поле характеризувалось сприятливими умовами.

2.2. Програма і методики проведення досліджень

Дослідження по відбору зразків ґрунту, визначенню показників ґрунтової родючості, геостатистики, внесенню диференційної норми добрив проводились згідно таких методик:

- зразки ґрунту відбиралися згідно з ISO 40381-2 [3].
- підготовка до хімічного аналізу здійснювалася згідно ДСТУ ISO 11464-

2001;
– вміст рухомих форм фосфору і обмінного калію визначався за методом
Чирікова [44];

- облік урожаю методом суцільного обмолоту кожної ділянки з наступним
перерахунком на 100 % чистоту та 14 % вологість [45].

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ГРУНТОВОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ ДОСЛІДНОГО ПОЛЯ

3.1. Забезпечення рухомими сполуками фосфору і калію

Точне землеробство (ТЗ) може допомогти в управлінні ресурсами рослинництва екологічно чистим способом. Використовуючи знання конкретної ділянки, ТЗ може орієнтуватися на норми добрив, насіння та хімікатів для ґрунту та інших умов. ТЗ замінює фізичні вхідні дані інформацією та знаннями. Огляд літератури показує, що ТЗ може багатьма способами сприяти довгостроковій стійкості виробничого сільськогосподарства, підтверджуючи інтуїтивну ідею, що ТЗ повинна зменшувати навантаження на навколишнє середовище шляхом застосування добрив і пестицидів лише там, де вони потрібні, і коли вони потрібні [34].

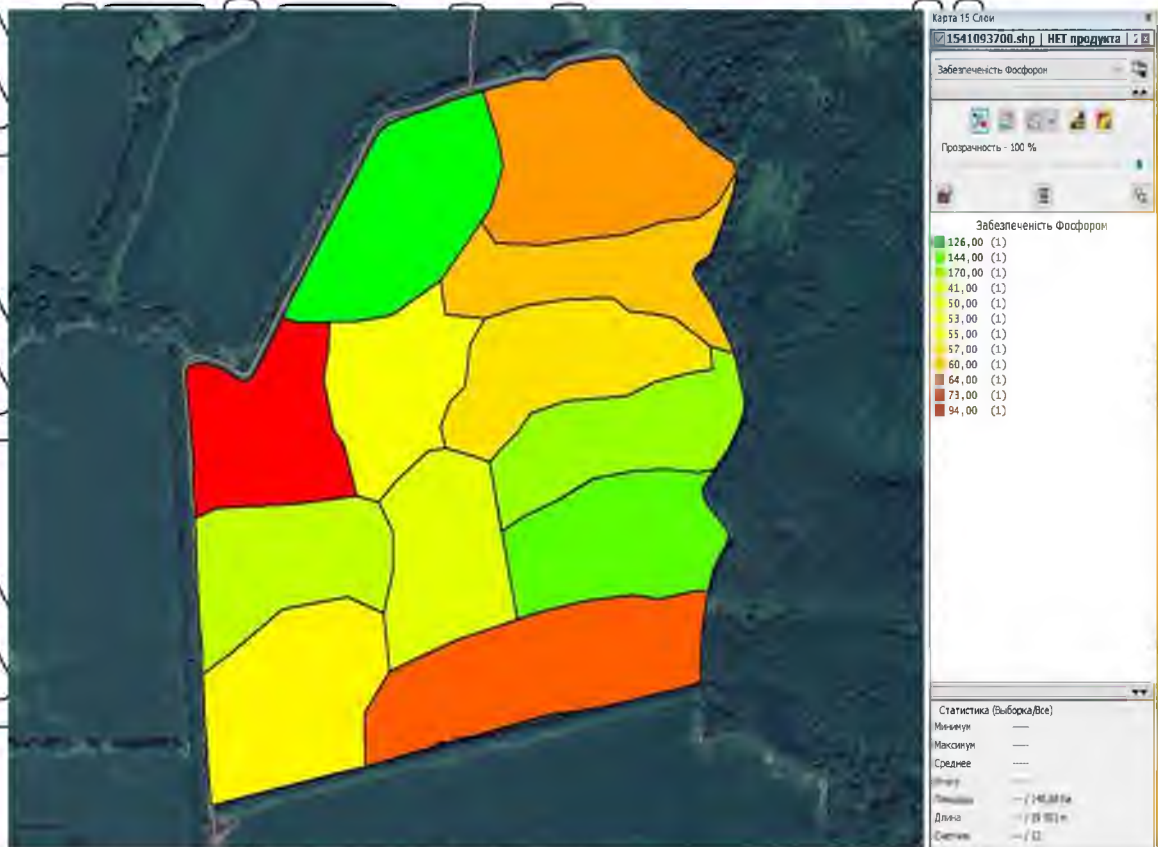


Рис. 3.1. Картограма забезпеченості ґрунту поля №3 рухомими сполуками фосфору, мг/кг ґрунту

В таблиці 3.1 представлені дані по вмісту рухомих фосфатів і обмінного калію за методом Чирікова в полі №3.

Таблиця 3.1. – Вміст рухомих сполук фосфору і калію в ґрунті поля №3

| Номер ділянки | P ₂ O ₅ , мг/кг | Забезпеченість фосфором | K ₂ O, мг/кг | Забезпеченість калієм |
|---------------|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1 | 126 | Середня | 181 | Середня |
| 2 | 64 | Низька | 118 | Середня |
| 3 | 60 | Низька | 133 | Середня |
| 4 | 57 | Низька | 116 | Середня |
| 5 | 55 | Низька | 133 | Середня |
| 6 | 73 | Низька | 145 | Середня |
| 7 | 41 | Дуже низька | 169 | Середня |
| 8 | 94 | Низька | 157 | Середня |
| 9 | 53 | Низька | 133 | Середня |
| 10 | 50 | Низька | 193 | Середня |
| 11 | 170 | Середня | 205 | Підвищена |
| 12 | 144 | Середня | 157 | Середня |

Вміст рухомих форм фосфору була найвищою у одинадцятій ділянці – 17,0, значно нижчою була кількість у варіантах з низьким рівнем рухомого фосфору – 9,4-5,0, а найнижчою динаміка рухомих сполук була у варіанті з дуже низьким вмістом рухомих сполук фосфору – 4.1 мг/100 г ґрунту. Так як коефіцієнт варіації високий і становить 49, то рекомендовано використання диференційного внесення фосфорних добрив.

Недостатня кількість рухомого калію призводить до затримування обміну речовин, що в свою чергу може підсилювати дисиміляційні процеси, що може порушити водообмін, а це в може призвести до недобору по врожаю.

Картограма 3.2 і таблиця 3.2 показують забезпеченість ґрунту дослідного поля обмінним калієм.

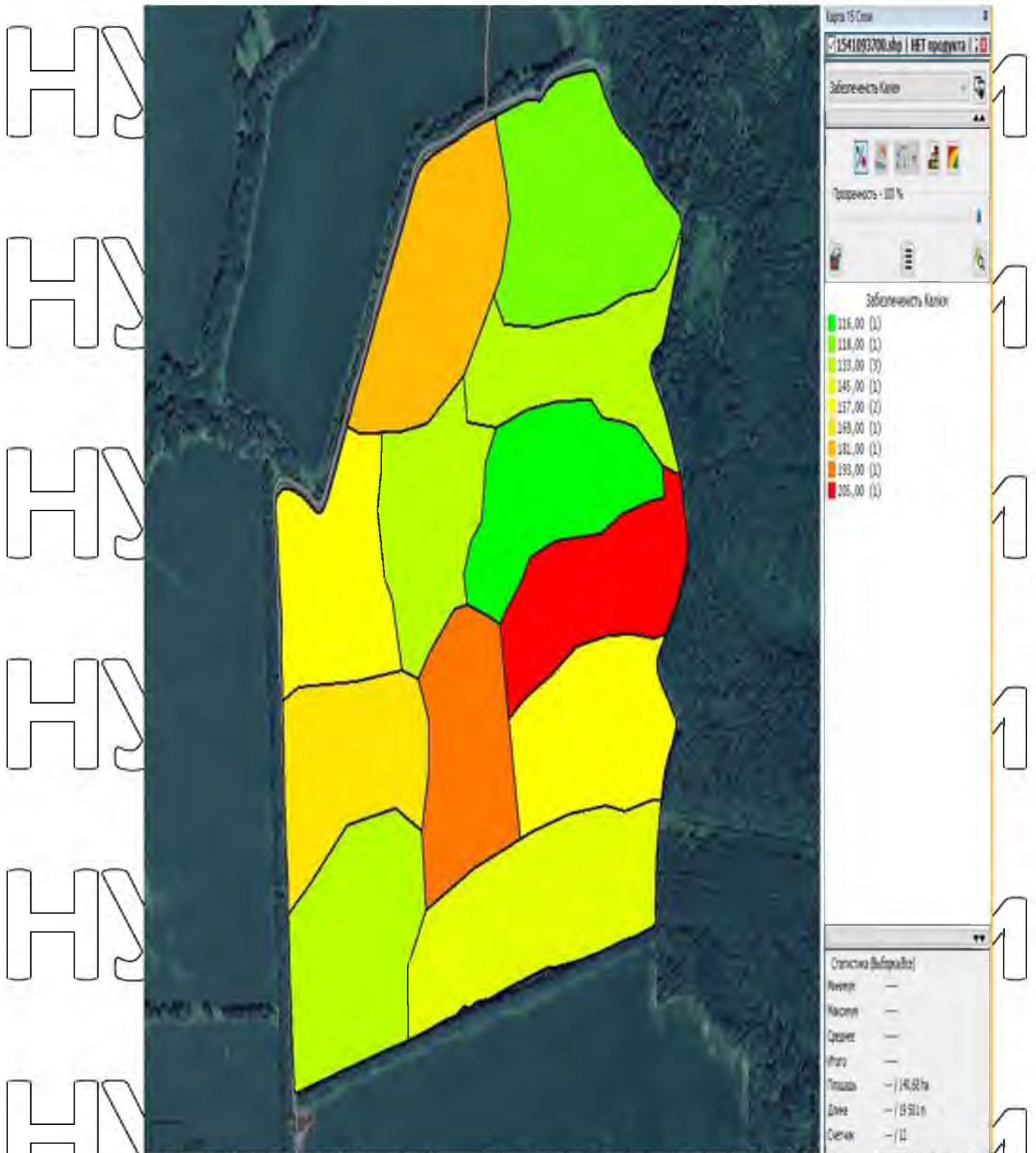


Рис. 3.2. Картограма забезпеченості ґрунту дослідного поля рухомих калієм.

Вміст рухомого калію була найвищою у одинадцятому варіанті – 20,5 мг/100 г, відносно нікчою була кількість у варіантах з середнім рівнем калію

19,3-11,6, та найнижчою динаміка калію була у варіанті з середнім вмістом калію – 11,6 мг/100 г. Медіана в ґрунтах дослідного поля по калію становила 151 мг/кг, верхній кватиль 172 мг/кг, нижній кватиль 133 мг/кг.

3.2. Мінеральний азот в ґрунті та його характеристика

Соняшник – це культура, яка має значну потребу в азоті для її росту та розвитку, а також утворенню білків. Азотне живлення дуже критичне на різних етапах розвитку рослин. На початкових етапах росту використання азоту досить незначне. Мала кількість засвоєного азоту, інколи пов'язана з низькими температурами весною, що може призвести до пожовтіння листя із певним призупиненням росту рослин. У фазу 6-8 листків азот більш активно використовується рослиною, проте у період від появи волоті до цвітіння використовується ще значно більше цього мінерального елемента. До фази 8

листа засвоєння азоту є незначним, а від фази 8 листа до фази молочно-воскової стиглості вже засвоюється близько 85% всього азоту що використовується рослиною за час вегетації. Залишок же засвоюється вже у фазі досягання – це від 9 до 13 %. За недостатньо кількості азоту рослини формуються низькорослими та з світло-зеленими дрібними листками.

Найкритичнішою в засвоєнні азоту є фаза цвітіння. Через високі денні температури відбуваються процеси мінералізації а також вивільнення азоту з ґрунту, який дана культура поглинає краще за інші зернові культури.

Таблиця 3.2. – Забезпеченість мінеральним азотом дослідного поля, мг/кг ґрунту

| Полі | N-NH ₄ | N-NO ₃ | Мінеральний азот | Забезпеченість мінеральним азотом |
|------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 1,1 | 5,9 | 7,0 | Дуже низький |
| 2 | 1,0 | 5,5 | 6,5 | Дуже низький |
| 3 | 1,8 | 6,7 | 8,5 | Дуже низький |

Закінчення таблиці 3.2

| | | | | |
|----|-----|-----|------|--------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4 | 0,9 | 5,1 | 6,0 | Дуже низький |
| 5 | 0,9 | 3,3 | 4,2 | Дуже низький |
| 6 | 1,1 | 6,0 | 7,1 | Дуже низький |
| 7 | 1,0 | 4,5 | 5,5 | Дуже низький |
| 8 | 1,5 | 3,9 | 5,4 | Дуже низький |
| 9 | 1,2 | 4,9 | 6,1 | Дуже низький |
| 10 | 1,0 | 6,4 | 7,4 | Дуже низький |
| 11 | 1,6 | 8,5 | 10,1 | Низький |
| 12 | 1,2 | 8,2 | 9,4 | Дуже низький |

Характеризуючи таблицю 3.2 необхідно відмітити, що 93% поля мають дуже низьку забезпеченість і тільки 7% – низьку. Медіана в ґрунтах дослідного поля по мінеральному азоту становила 6,8 мг/кг ґрунту, верхній кuartиль 7,7 мг/кг ґрунту, нижній кuartиль 5,9 мг/кг ґрунту.

3.3. Фізико-хімічні показники ґрунту

Важливо пам'ятати, що вирощування соняшника вимагає не тільки оптимальної реакції ґрунтового середовища, але й інших факторів, таких як вологість, добрива, насіння та догляд за рослинами. Комплексний підхід до вирощування соняшника допоможе досягти оптимального врожаю зерна.

Фізико-хімічні показники ґрунту впливають на:

- 1) Доступність поживних речовин. Близька до нейтрального рН сприяє доступності поживних речовин для рослин. Соняшник потребує певних макро- та мікроелементів для нормального росту і розвитку, і в нейтральному або слабо кислому ґрунті ці елементи краще доступні для рослин.

2) Зниження токсичності алюмінію: В кислих ґрунтах може бути підвищений вміст токсичного алюмінію, що може заважати росту рослин. Близька до нейтрального рН допомагає зменшити цю токсичність.

3) Збалансований мікробний склад ґрунту: Ґрунт з близькою до нейтральної кислотності сприяє розвитку корисних мікроорганізмів, що можуть підтримувати здоровий ріст рослин і розкладати органічний матеріал, збільшуючи доступність поживних речовин.

4) Менше стресу для рослин: соняшник, зазвичай, краще росте в ґрунтах зі стабільною кислотністю, оскільки вона може страждати від стресів, пов'язаних з кислими або лужними ґрунтами.

У картограмі рис. 3.3 наведено реакцію ґрунтового середовища у дослідному полі.

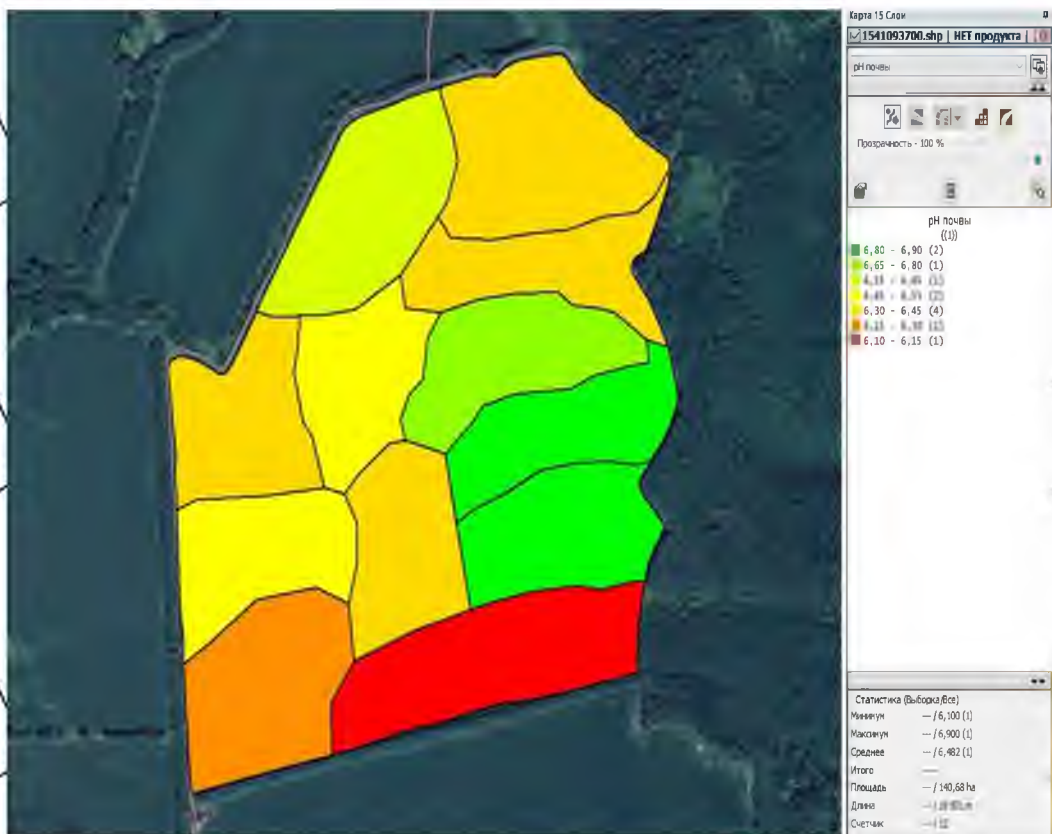


Рис. 3.3. Картограма реакції ґрунтового середовища дослідного поля

Виходячи з даних результатів дослідження наведеного в таблиці 3.3, ми маємо інформацію, що реакція ґрунтового середовища характеризується як близька до нейтральної і має позитивний вплив на вирощування соняшнику.

Таблиця 3.3. – Гранулометричний склад ґрунту та деякі фізико-хімічні показники дослідного поля

| Ділянка | Вміст мулу % (USAID) | Гранулометричний склад | Гумус, % | Рівень забезпеченості гумусом | pH (H ₂ O) | Ступінь кислотності |
|---------|----------------------|------------------------|----------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 1 | 18 | Середньосуглинковий | 3,0 | Середній | 6,6 | Близький до нейтрального |
| 2 | 18 | Середньосуглинковий | 2,9 | Середній | 6,4 | Близький до нейтрального |
| 3 | 18 | Середньосуглинковий | 3,3 | Підвищений | 6,4 | Близький до нейтрального |
| 4 | 18 | Середньосуглинковий | 3,2 | Підвищений | 6,7 | Близький до нейтрального |
| 5 | 18 | Середньосуглинковий | 2,8 | Середній | 6,2 | Близький до нейтрального |
| 6 | 18 | Середньосуглинковий | 3,2 | Підвищений | 6,1 | Близький до нейтрального |
| 7 | 18 | Середньосуглинковий | 3,0 | Середній | 6,5 | Близький до нейтрального |
| 8 | 18 | Середньосуглинковий | 3,0 | Середній | 6,4 | Близький до нейтрального |
| 9 | 18 | Середньосуглинковий | 3,0 | Середній | 6,5 | Близький до нейтрального |
| 10 | 18 | Середньосуглинковий | 3,2 | Підвищений | 6,4 | Близький до нейтрального |

Середньосуглинковий гранулометричний склад ґрунту є оптимальним для соняшник і має такі позитивні характеристики:

1. Водопроникність. Середньосуглинковий ґрунт має оптимальну текстуру, яка допомагає утримувати вологу в родючому шарі. Це може бути корисним для соняшника, оскільки рослина вимагає достатнього забезпечення вологою, особливо під час активного росту та цвітіння.

2. Дренаж. Середньосуглинковий ґрунт зазвичай добре дренується, що може запобігти застою води та кореневому гнилі, які можуть шкодити рослинам.

3. Легка обробка. Середньосуглинковий ґрунт зазвичай легше обробляти та має хорошу структуру для вирощування рослин. Це спрощує процес посіву та догляду за кукурудзою.

4. Запас поживних речовин. Якщо в ґрунті є достатній запас поживних речовин, то це може сприяти росту та розвитку кукурудзи, що впливає на врожайність зерна.

5. Боротьба з ерозією. Такий тип ґрунту може бути менше схильним до ерозії, оскільки має кращу структуру і утримує рослинні залишки.

3.4. Статистичний аналіз досліджуваних результатів і диференційна норма внесення добрив

Установити особливості впливу диференціації (адресного нормування) внесення мінеральних добрив на агрохімічні показники ґрунту та врожайність соняшника можливо за допомогою математико-статистичних методів оцінки достовірності результатів досліджень. В таблиці 3.4 наведено статистичний аналіз мінеральних сполук азоту, рухомого калію і фосфору в полі.

Аналіз таблиці 3.4 показує, що дослідне поле має високий показник варіації: 49 і 24 отримано для рухомого фосфору і мінерального азоту, для калію – 18% (середній показник). Отже, рекомендовано на досліджуваному полі використання диференційного внесення фосфорних, калійних і азотних добрив.

НУБІП України

Таблиця 3.4. – Статистичний аналіз мінеральних сполук азоту, рухомого калію і фосфору, мг/кг

| Показник | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|------------------------|------|-------------------------------|------------------|
| об'єм вибірки | 12 | 12 | 12 |
| середнє | 6,9 | 82,3 | 153,3 |
| стандартне відхилення | 1,7 | 42,1 | 29,0 |
| помилка середнього | 0,5 | 12,1 | 8,4 |
| коефіцієнт варіації, % | 24 % | 49 % | 18 % |
| мінімальне значення | 4,2 | 41,0 | 116,0 |
| нижній квартиль | 5,9 | 54,5 | 133,0 |
| медіана | 6,8 | 62,0 | 151,0 |
| верхній квартиль | 7,7 | 102,0 | 172,0 |
| максимальне значення | 10,1 | 170,0 | 205,0 |

У таблиці 3.6 наведено розраховані, на основі рівня забезпеченості ґрунту доступними формами поживних елементів, норми добрив та урожайність соняшнику. В господарстві у 2022 році була стала норма внесення добрив по NPK на рівні 80:26:26. Ми за допомогою диференційованого

НУБІП України

внесення добрив у 2023 році майже на кожній із дослідних ділянок змогли досягти зменшення витрати добрива із досяганням більш високої врожайності.

Таблиця 3.6. – Норми добрив (кг д.р./га) у 2023 році та урожайність

соняшнику

| Ділянка | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Врожайність соняшнику, | | Приріст врожаю т/га |
|---------|----|-------------------------------|------------------|------------------------|------|------------------------|
| | | | | т/га | | |
| | | | | 2023 | 2022 | |
| 1 | 58 | 0 | 0 | 2,31 | 2,23 | 0,08 |
| 2 | 59 | 17 | 15 | 2,77 | 2,47 | 0,3 |
| 3 | 54 | 19 | 5 | 3,57 | 3,13 | 0,44 |
| 4 | 60 | 19 | 16 | 2,69 | 2,33 | 0,36 |
| 5 | 65 | 20 | 5 | 2,32 | 1,72 | 0,60 |
| 6 | 57 | 14 | 0 | 3,23 | 2,94 | 0,29 |
| 7 | 61 | 24 | 0 | 3,40 | 2,81 | 0,59 |
| 8 | 62 | 8 | 0 | 3,37 | 2,57 | 0,80 |
| 9 | 60 | 21 | 5 | 3,06 | 2,14 | 0,92 |
| 10 | 57 | 21 | 0 | 3,41 | 2,44 | 0,97 |
| 11 | 50 | 0 | 0 | 3,76 | 2,46 | 1,30 |
| 12 | 52 | 0 | 0 | 3,58 | 2,11 | 1,47 |

Збільшення врожайності на дослідних ділянках у 2023 році коливаються від 0,08 т/га до 1,47 т/га, тобто диференційоване внесення добрив порівняно з

однією на поле у 2022 році і погодні умови дозволило отримати значний приріст врожаю з супутніми зменшеннями витрат на добрива на 3-75%.

Зважаючи на високу ціну добрив, диференційоване внесення починає відігравати ще більш значну роль в мінеральному живленні рослин.

На рисунках 3.4 і 3.5 показано стан посівів соняшника на дослідному полі протягом вегетації у 2023 році. З рисунку видно, що сході були дружні і посіви вирівняні.



Рис. 3.4. Візуальна оцінка стану посівів протягом вегетації



Рис. 3.5. Стан посівів соняшнику на дослідному полі на 31 серпня 2023 року (фото з дрону).

Використання в господарстві комбайна, обладнаного сенсором обліку бункерного врожаю, дало можливість побудувати картограму урожайності соняшника на дослідному полі. На рис. 3.6 показана картограма урожайності соняшника у 2023 році на виділених ділянках дослідного поля. З даного рисунку видно, що урожайність соняшника на 1, 2, 4 і 5 ділянках поля урожайність соняшника була нижче 3 т/га зерна.

Збільшення врожайності на дослідних ділянках у 2023 році коливаються від 0,08 т/га до 1,47 т/га (табл. 3.6). Найбільшу урожайність отримано на ділянці 11 (3,76 т/га) і 12 (3,58 т/га) за вмісту у ґрунті мінерального азоту, відповідно, 10,1 і 9,4, рухомого фосфору – 170 і 144 мг/кг (табл. 3.1 і 3.2) і норми внесення мінеральних добрив, відповідно, $N_{50}P_0K_0$ і $N_{52}P_0K_0$ (табл. 3.6).



Рис. 3.6. Картограма урожайності соняшнику у 2023 році в цілому по дослідному полю (а) та по виділених ділянках (б).

РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ

Точне землеробство (ТЗ) може допомогти в управлінні ресурсами рослинництва екологічно чистим способом. Використовуючи знання конкретної ділянки, ТЗ може орієнтуватися на норми добрив, насіння та хімікатів для ґрунту та інших умов. Точне землеробство замінює фізичні вхідні дані інформацією та знаннями. Огляд літератури показує, що ТЗ може багатьма способами сприяти довгостроковій стійкості виробничого сільського господарства, підтверджуючи інтуїтивну ідею, що точне землеробство повинно зменшувати навантаження на навколишнє середовище шляхом застосування добрив і пестицидів лише там, де вони потрібні, і коли вони потрібні. Переваги точного землеробства для навколишнього середовища походять від більш цілеспрямованого використання вхідних ресурсів, які зменшують втрати від надмірного застосування та від зменшення втрат через дисбаланс поживних речовин, втечу бур'янів, пошкодження комахами тощо. Інші переваги включають зниження розвитку стійкості до пестицидів. Одним з обмежень розглянутих документів є те, що лише деякі фактично вимірювали безпосередньо показники навколишнього середовища, такі як вимивання, за допомогою датчиків ґрунту. Більшість із них опосередковано оцінювали переваги для навколишнього середовища шляхом вимірювання зниженого хімічного навантаження [33].

Для розрахунку економічної ефективності була взята ціна соняшнику 15000 грн/т, діамофоски 25000 грн/т, калій хлористий 13000 грн/т, амофос – 22000 грн/т. Загальні витрати на 1 га (насіння, обробіток, збирання, накладні) були взяті на рівні 6000 грн/га.

В таблиці 4.1 показано економічну ефективність вирощування соняшнику на дослідному полі у 2022 і 2023 роках. З наведених даних видно, що найменший приріст урожайності соняшнику (0,08–0,60 т/га) було зафіксовано на ділянках 1, 2, 4 і 5. При цьому, умовно чистий дохід у 2023 році становив, відповідно, 26759 грн/га на 1-й ділянці, 32471 грн/га на 2-й,

31127 грн/га на 4-й і 25732 грн/га на 5-й.

Таблиця 4.1. – Економічна ефективність вирощування соняшнику

| Ділянка | Врожайність соняшнику, т/га | | Вартість валової продукції, грн/га | | Затрати на вирощування, грн/га | | Умовно чистий дохід, грн/га | |
|---------|-----------------------------|------|------------------------------------|-------|--------------------------------|-------|-----------------------------|-------|
| | 2023 | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 | 2022 |
| 1 | 2,31 | 2,23 | 34650 | 33450 | 7891 | 10783 | 26759 | 22667 |
| 2 | 2,77 | 2,47 | 41550 | 37050 | 9079 | 10783 | 32471 | 26267 |
| 3 | 3,57 | 3,13 | 53550 | 46950 | 8670 | 10783 | 44880 | 36167 |
| 4 | 2,69 | 2,33 | 40350 | 34950 | 9223 | 10783 | 31127 | 24167 |
| 5 | 2,32 | 1,72 | 34800 | 25800 | 9068 | 10783 | 25732 | 15017 |
| 6 | 3,23 | 2,94 | 48450 | 44100 | 8409 | 10783 | 40041 | 33317 |
| 7 | 3,40 | 2,81 | 41550 | 42150 | 8932 | 10783 | 42068 | 31367 |
| 8 | 3,37 | 2,57 | 37650 | 38550 | 8336 | 10783 | 42214 | 27767 |
| 9 | 3,06 | 2,14 | 45900 | 32100 | 8944 | 10783 | 36956 | 21317 |
| 10 | 3,41 | 2,44 | 51150 | 36600 | 8684 | 10783 | 42466 | 25817 |
| 11 | 3,76 | 2,46 | 56400 | 36900 | 7630 | 10783 | 48770 | 26117 |
| 12 | 3,58 | 2,11 | 53700 | 31650 | 7696 | 10783 | 46004 | 20867 |

Найбільшу урожайність і найбільший умовно чистий дохід отримано на ділянці 11 (48770 грн/га) і 12 (46004 грн/га) за вмісту у ґрунті мінерального азоту, відповідно, 10,1 і 9,4, рухомого фосфору – 170 і 144 мг/кг і норми внесення мінеральних добрив $N_{50-52}P_0K_0$.

ВИСНОВКИ

НУБІП України

На основі отриманих експериментальних даних можна зробити такі висновки:

1. Аналіз зразків ґрунту показав, що дослідне поле має високий показник варіації для рухомого фосфору (49 %) і мінерального азоту (24 %), а для калію – середній показник (18 %). Цим була підтверджена доцільність застосування на досліджуваному диференційного внесення фосфорних, калійних і азотних мінеральних добрив.

2. Розраховані норми диференційного внесення азотних добрив у 2023 році були в межах 50-65, фосфорних – 0-24 і калійних – 0-16 кг д.р./га. В той же час, у 2022 році на дослідному полі одна загальна норма внесення добрив становила $N_{80}P_{26}K_{26}$.

3. Диференційоване внесення добрив на досліджуваному полі порівняно з 2022 роком дозволило отримати значний приріст врожаю. Збільшення врожайності на дослідних ділянках у 2023 році коливаються від 0,08 т/га до 1,47 т/га. На 8-ми з 12-ти ділянок дослідного поля вдалося отримати урожайність соняшника більше 3 т/га, в той час як урожайність 11-ти з 12-ти виділених ділянок у 2022 році була меншою 3 т/га.

4. Найбільший умовно чистий дохід отримано на ділянці 11 (48770 грн/га) і 12 (46004 грн/га) за вмісту у ґрунті мінерального азоту, відповідно, 10,1 і 9,4, рухомого фосфору – 170 і 144 мг/кг і норми внесення мінеральних добрив $N_{50-52}P_0K_0$.

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Овчаренко В. Переваги диференційованого внесення добрив [Електронний ресурс] / В. Овчаренко // Агроном. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.agronom.com.ua/vitalij-ovcharenko-golovnyj-agronom-sfg-ru0in/>.
2. Шаповал Е. Точне землеробство в Україні. Бізнес. 2013. – С. 16-17.
3. Гаврилюк А. Соняшник найслабше реагує на диференційоване внесення добрив, – досвід [Електронний ресурс] / А. Гаврилюк // Agrotimes. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://agrotimes.ua/agronomiya/sonyashnyk-najslabshe-reaguye-na-dyferenczijovane-vnesennya-dobryv-dosvid/>.
4. Precision agriculture and Sustainability. Bongiovanni R и Lowenberg-Deboer, J. 5, 2004, Precision Agriculture, стр. 259-387.
5. Hartwick, J. Substitution among exhaustible resources and intergenerational equity. The Review of Economic Studies. 1978 г., XLV-2, стр. 140, 347–354.
6. Pearce, D, Atkinson, G. Measuring sustainable development. [ред.] D Bromley. Cambridge: Blackwell Publishers, 1995. P. 166-181.
7. Precision Agriculture and Sustainability. Bongiovanni, R and Lowenberg-Deboer, J. 5, Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, 2004, Precision Agriculture, pp. 359-387.
8. Економічні пріоритети поширення точного землеробства в Україні. Марчук, Л П. 8, 2012 р., Економіка АПК, сс. 21-26.
9. Taylor, James and Whelan, Brett. Using Precision Agriculture. A Training Course for Adopting VRA On-Farm. Society of Precision Agriculture Australia. [Online] 2006. <http://www.spaa.com.au/files/catalog/VRAcoursenotes.pdf>.
10. Бойко Я.І., Впровадження точного землеробства в "Дружба-Нова". Агроном, 2003. С.3-9.
11. Ge, Y., Thomasson, J. A., & Sui, R. (2011). Remote sensing of soil properties in precision agriculture: A review. Frontiers of Earth Science, 5, 229-238.

12. Adamchuk, V. I., Hummel, J. W., Morgan, M. T., & Upadhyaya, S. K. (2004). On-the-go soil sensors for precision agriculture. *Computers and electronics in agriculture*, 44(1), 71-91.

13. Birrell S.J et al. Real-time multi-ISFET/FIA soil analysis system with automatic sample extraction 2001;

14. Doolittle J.A et al. Use of soil information to determine application of ground penetrating radar 1995;

15. Freeland R.S et al. Mapping shallow underground features that influence site-specific agricultural production 1998;

16. Glancey J.L et al. An instrumented chisel for the study of soil-tillage dynamics 1989;

17. Glancey J.L et al. Prediction of agricultural implement draft using an instrumented analog tillage tool 1996;

18. Hummel J.W et al. Soil moisture and organic matter prediction of surface and subsurface soils using an NIR soil sensor 2001.

19. Ahmadi, A., Emami, M., Daccache, A., & He, L. (2021). Soil properties prediction for precision agriculture using visible and near-infrared spectroscopy: A systematic review and meta-analysis. *Agronomy*, 11(3), 433.

20. Khan, H.; Farooque, A.A.; Acharya, B.; Abbas, F.; Esau, C.; Zaman, Q.U. Delineation of Management Zones for Site-Specific Information about Soil Fertility Characteristics through Proximal Sensing of Potato Fields. *Agronomy* 2020, 10, 1854.

21. Robertson, S.D.; Bennett, J.M.; Lobsey, C.R.; Bishop, T.F. Assessing the Sensitivity of Site-Specific Lime and Gypsum Recommendations to Soil Sampling Techniques and Spatial Density of Data Collection in Australian Agriculture: A Pedometric Approach. *Agronomy* 2020, 10, 1676.

22. McCarty, G.W.; Reeves, J.B.; Reeves, V.B.; Follett, R.F.; Kimble, J.M. Mid-infrared and near-infrared diffuse reflectance spectroscopy for soil carbon measurement. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2002, 66, 640-646.

23. Cozzolino, D.; Morón, A. Potential of near-infrared reflectance spectroscopy and chemometrics to predict soil organic carbon fractions. *Soil Tillage Res.* 2006, 85, 78–85.

24. Viscarra Rossel, R.A.; Walvoort, D.J.J.; McBratney, A.B.; Janik, L.J.; Skjemstad, J.O. Visible, near infrared, mid in-fared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. *Geoderma* 2006.

25. Rengel, Zed and Damon, Paul M. Crops and genotypes differ in efficiency of potassium uptake and use. *Soil Science and Plant Nutrition.* 2008, 133, pp. 624-636.

26. McBratney, A. A., & Pringle, M. J. (1999). Estimating average and proportional variograms of soil properties and their potential use in precision agriculture. *Precision Agriculture*, 1, 125-152.

27. Debermann, A, Cruz, P и Gassman, K G. Fertilizer inputs, nutrient balance, and soil nutrient-supplying power in intensive, irrigated rice systems. I. Potassium uptake and K balance. *Nutrient Cycling in Agroecosystems.* 1996 г., 46, стр. 1-10.

28. Andrew, C S and Robins, M F. The effect of phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. *Australia Journal of Agricultural Research.* 1969, 20, pp. 275-285.

29. Israel, D.W. Investigation of the role of phosphorus in symbiotic dinitrogen fixation. *Plant Physiology.* 1987 г., 84, стр. 835-840.

30. Tsvetkova, G E and Georgiev, G I. Effect of Phosphorus nutrition on the nodulation, Nitrogen fixation and nutrient use efficiency of Bradyrhizobium Japonicum- Soybean (*Glycine Max L. Merr.*) symbiosis. *Bulgaria Journal of Plant Physiology* 2003, Special Issue, pp 331-335.

31. Fredeen, Arthur L, Rao, Madhusuna I and Terry, Norman. Influence of Phosphorus Nutrition on Growth and Carbon Partitioning in *Glycine max*. *Plant Physiology.* 1989, Vol. 89, 1, pp. 225-230.

32. Crafts-Brandner, Steven. Phosphorus Nutrition Influence on Leaf Senescence in Soybean. *Plant Physiology.* 3 1992, Vol. 98, 3, pp. 1128-1132.

33. Kingsley, J., Lawani, S. O., Esther, A. O., Ndiye, K. M., Sunday, O. J., & Penfzek, V. (2019). Predictive mapping of soil properties for precision agriculture using geographic information system (GIS) based geostatistics models. *Modern Applied Science*, 13(10), 60-77.

34. Bongiovanni, R., & Lowenberg-DeBoer, J. (2004). Precision agriculture and sustainability. *Precision agriculture*, 5, 359-387.

35. Responses of osmotic adjustment and seed yield of *Brassica napus* and *B. juncea* to soil water deficit at different growth stages. Ma, Q, Niknam, S R и Turner, D W, 57, 2006 г., *Australian Journal of Agricultural Research*, стр. 221-226.

36. Порівняльна оцінка вмісту рухомого фосфору в різних генетичних горизонтах чорнозему звичайного. Крамарьов, С М, и др. 1, 2015 г., *Вісник Подільського державного аграрного університету*, С.29-31.

37. Купчик, В. І. Грунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості. Київ: Кондор, 2010.

38. Український гідрометеорологічний центр. Клімат по станціям. Український гідрометеорологічний центр. [В Інтернеті] 20 10 2015 г. http://meteo.gov.ua/ua/33345/climate/climate_stations/49/8/.

39. Алімов, Д М и Шелестов, Ю В. Технологія виробництва продукції рослинництва. Практикум. Київ: Вища школа, 1994. стр. 286.

40. Robert, P C. Precision agriculture: a challenge for crop nutrition management. *Plant and Soil*. 2002, 247, pp. 143-149.

41. Державна служба статистики України. Зовнішня торгівля України товарами та послугами. Київ: Державна служба статистики України, 2015.

42. Дегодюк, Е Г. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва. Київ: Урожай, 1992.

43. Подпрятков, Г І, и др. Зберігання та переробка продукції рослинництва: навч. посібник. Київ: б.н., 2002. стр. 495.

44. Марчук, І У, и др. Добрива та їх використання: довідник. Київ: Логос, 2002. стр. 245.

45. Лісовал, А. П., Макаренко, В. М. и Кравченко, С. М. Система застосування добрив. Київ: Вища школа, 2002.

46. Мірошніченко М. М. та ін. Дев'ять наближень сучасної системи удобрення сільськогосподарських культур. Агрохімія і ґрунтознавство.

Міжвід. тематичн. наук.зб. Вип. 87. Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2018. С. 82-91.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України