

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

05.09 – МКР. 2254 “СК” 2023.12.12. 006 ПЗ

**ПОТАПЕНЯ НАТАЛІЯ ІВАНІВНА**

**2024 р.**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет агробіологічний

УДК 631.4:631.85 (477+4)

ПОГОДЖЕНО  
Декан агробіологічного  
факультетуд.с.-г.н., проф.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри ґрунтознавства та  
охорони ґрунтів ім. М.К. Шикучи,  
д.с.-г.н., проф.

\_\_\_\_\_ Коваленко В.П.

\_\_\_\_\_ Забалуєв В.О.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему **«Порівняння українських та європейських методів визначення  
рухомих форм фосфору в ґрунтах»**

Спеціальність 201 Агрономія

Освітня програма: «Агрохімія і ґрунтознавство»

Орієнтація освітньої програми Освітньо-професійна

Гарант освітньої програми,  
д. с.-г. наук, професор

Забалуєв В.О.

Керівник магістерської роботи

д.с.-г. наук, професор

\_\_\_\_\_ Тонха О.Л.

Виконала

\_\_\_\_\_ Потапеня Н.І.

КИЇВ 2024

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Агробіологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

грунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М.  
К. Шичули

д.с.-г. н., професор \_\_\_\_\_ Забалуєв В.О.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студенту

**Потапені Наталії Іванівні**

Спеціальність 201 Агрономія

Освітня програма: «Агрохімія і ґрунтознавство»

Орієнтація освітньої програми освітня професійна

Тема магістерської роботи: «**Порівняння українських та європейських методів визначення рухомих форм фосфору в ґрунтах**»

затверджена наказом ректора НУБІП України № 2254 «СК» від 12.12.2023 р.

Вихідні дані до роботи: матеріали обстеження ґрунтів господарства ТОВ «МХП-Агро-С», розташованого в Яготинському районі, Київської області.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Проаналізувати сучасні літературні джерела та розкрити значення сполук фосфору для сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи на зерно.
2. Дослідити вміст фосфору за методом Чирікова в ґрунтах з різним рівнем реакції середовища.
3. Провести оцінку вмісту фосфору лактатним методом.
4. Виконати порівняльний аналіз вмісту фосфору між українськими і європейськими методами.
5. Визначити урожайність кукурудзи на зерно за різних рівнів забезпечення рухомими сполуками фосфору.

Дата видачі завдання: \_\_\_\_\_ р.

Керівник магістерської роботи: \_\_\_\_\_ Тонха О.Л.  
(підпис)

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_ Потапеня Н.І.  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота виконана на 54 стор. друківано тексту і спрямована на порівняння українських і європейських методик аналізу рухомих сполук фосфору в ґрунті. Це дозволить здійснити аналіз впливу різних підходів на результати досліджень ґрунтів на прикладі господарства МХП-Агро-С, розташованого в Яготинському районі, Київської області, а також розробити рекомендації для оптимізації агрономічних практик при вирощуванні кукурудзи на зерно.

Встановлено, що визначення вмісту рухомих сполук фосфору у формі Р у витяжці амонію лактату з закінченням на ІСР незалежно від показника кислотності ґрунту відповідає ДСТУ 4115-2002. За використання методу Чирікова і потім розрахунку норм добрив отримано завищені результати в 1,2-1,4 разів. За визначення фосфору в ґрунті українськими методами порівняно з лактатним необхідно на 100 га поле на 1469 кг більше амофосу, що становить 36725 грн.

Дослідження польового досліду показало, що різниця в нормі фосфору (63 і 90 кг/га д.в.) істотно не вплинула на наростання сухої та зеленої маси кукурудзи на зерно і різниця не перевищувала 5%. Застосування фосфорних добрив підвищує урожайність на 21-23% порівняно з варіантом без них, але менша норма фосфору, яка визначена і розрахована за методом лактатним, порівняно з більшою, яка визначена за методом Чирікова не дала істотне підвищення урожайності.

**Ключові слова:** рухомі сполуки фосфору, чорнозем типовий, кукурудза на зерно, агрохімічний аналіз, лактатний метод, метод Чирікова.

## Зміст

РОЗДІЛ 1. ЗНАЧЕННЯ ФОСФОРУ В ЖИВЛЕННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР, МЕТОДИ ЙОГО ВИЗНАЧЕННЯ ..	7
1.1 Значення фосфору в живленні сільськогосподарських культур .....	7
1.2 Динаміка використання фосфору рослинами .....	10
1.3 Методи визначення фосфору в рослинах та ґрунті.....	12
1.4.Вплив фосфорних добрив на урожайність кукурудзи на зерно .....	18
РОЗДІЛ 2. ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	21
2.1 Методика досліджень .....	21
2.2 Загальні відомості про господарство ТОВ МХП АГРО-С. ....	22
2.3 Характеристика ґрунтів господарства .....	27
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИЗНАЧЕННЯ ДОСТУПНИХ ДЛЯ РОСЛИН СПОЛУК ФОСФОРУ .....	30
3.1 Порівняння методу Чирікова та лактатного.....	30
3.2 Порівняння результатів визначення доступних для рослин сполук фосфору різними екстрагентами.....	35
3.3. Розрахунок норм фосфорних добрив за результатами аналізу .....	36
РОЗДІЛ 4 .....	39
ВПЛИВ ДОБРИВ НА РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН КУКУРУДЗИ.....	39
4.1 Наростання сухої речовини рослин кукурудзи.....	39
4.2 Вплив фосфорних добрив на наростання зеленої маси і урожайність кукурудзи на зерно .....	40
Вплив норм фосфорних добрив на врожайність зерна кукурудзи гібриду.....	41
ДКС 3939 на чорноземі опідзоленому, т/га .....	41
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	42
ВИСНОВКИ.....	45
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ .....	47
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	48

## ВСТУП

Ґрунтові дослідження за визначенням М.М.Аbrams та ін. – цінний інструмент для визначення оптимальних норм поживних речовини, які потрібні для забезпечення сталого врожаю сільськогосподарських культур [1, стор. 1532]. Результати агрохімічного аналізу ґрунту є основою для визначення потреби в удобренні. Серед елементів живлення фосфор займає одне із провідних місць, і тому значна кількість лабораторних, польових і вегетаційних досліджень спрямована на встановлення очікуваного відгуку культур на застосування фосфорних добрив [1, стор.1533]. Характеристику рівня забезпеченості рослин доступним фосфором, як відомо, визначають за вмістом його рухомих сполук у ґрунті [2, стор.192]. Рухомі фосфатами швидко переходять у ґрунтовий розчин і становлять резерв поповнення джерел фосфору для живлення рослин [4, стор.142].

Достовірне визначення кількості доступних фосфатів є однією з головних проблем агрохімічної науки і особливо важливо за застосування точного землеробства, яке за визначенням Ярослава Бойко, директора ТОВ «Аґрілаб» підвищує рентабельність рослинництва. Ведення рослинництва є найбільш ризиковою сферою аграрного бізнесу [43]. Адже складно передбачити не тільки погодні умови, а й постійні зміни цін на мінеральні добрива, насіння, ЗЗР, ГСМ і товарне зерно, що значно збільшує ймовірність помилкових управлінських і технологічних рішень. Але застосування інноваційних технологій, зокрема елементів точного землеробства є одними з найважливіших аргументів на користь ефективного управління витратами, зменшення собівартості вирощування продукції. Вже сьогодні світові рослинницькі компанії при впровадженні технології точного землеробства отримують більший дохід, ефективність і продуктивність. Найбільшу ефективність дає диференційоване внесення добрив, яке проводиться на основі аналізу рухомих форм елементів живлення [24].

Для цього застосовують хімічні методи, які широко використовуються для оцінки рівня забезпеченості ґрунтів рухомим фосфором і прогнозування ефективності фосфорних добрив [26]. Однак, системний аналіз результатів аналізів на основі нормативних документів СРСР, проведений у ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О.М. Соколовського», засвідчив, що похибка визначення вмісту доступного для рослин фосфору і калію в ґрунтах може сягати 50–100 %, що пояснюється авторами використанням розчинів сильних кислот як екстрагентів [25]. Вибір методу для визначення достовірного вмісту цього показника залежить від властивостей ґрунту (рН, умісту органічної речовини, структури, ЄКО) і повинен ураховувати форми фосфору ґрунтів різних генетичних типів та їх розчинність [27]. Найбільш поширеними в Україні є методи визначення рухомого фосфору в ґрунтах, запропоновані Кірсановим, Чиріковим, Мачигіним, які в агрохімічній службі затвердженні як стандартні [30-32]. Але на сьогодні методи аналізів, основані на використанні чистих розчинів мінеральних або органічних кислот.

Тому необхідність адаптації існуючих методик до міжнародних нормативних документів, зниження собівартості і підвищення продуктивності проведення агрохімічних аналізів потребує ефективних методів для дослідження поживного режиму ґрунтів. Однією з можливостей поліпшення ефективності лабораторних методів досліджень повинно бути використання єдиного екстрагенту для визначення різних елементів живлення [29].

# РОЗДІЛ 1. ЗНАЧЕННЯ ФОСФОРУ В ЖИВЛЕННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР, МЕТОДИ ЙОГО ВИЗНАЧЕННЯ

## 1.1 Значення фосфору в живленні сільськогосподарських культур

Серед хімічних елементів, які входять до складу рослин, фосфор займає особливе місце і без нього немає життя. У різних видах сільськогосподарських рослин вміст його неоднаковий, набагато більше в зерні і товарній продукції врожаю [26, стор. 172]. Вміст фосфору в рослинах, ґрунті, добривах в Україні прийнято виражати в перерахунку на його оксид  $P_2O_5$  [27, стор. 213].

У рослинах фосфор за визначенням Кампратх Е.Д. [5, стор. 434] міститься у складі органічних та мінеральних сполук. У мінеральній формі фосфор буває у вигляді солей ортофосфатної кислоти, катіонами яких є йони кальцію, магнію, амонію тощо. Хоча кількість їх невелика, вони беруть участь в утворенні багатьох фосфоровмісних органічних сполук, що життєво необхідні для рослин [8]. До таких органічних сполук належать нуклеїнові кислоти, нуклеопроїди, фосфопроїди, фосфатиди, фітин, цукрофосфати, макроергічні та інші сполуки [2].

Фосфор прискорює дозрівання рослин та під його впливом у листках посилюються процеси розкладу білків і перехід продуктів розкладу в репродуктивні органи, наприклад в зерно. Фосфор поліпшує водний режим рослин, сприяючи економнішому витрачання води [5]. Саме тому, суперфосфат забезпечує приріст урожаю не лише в умовах достатнього забезпечення ґрунту вологою, а й за її відносної нестачі в посушливі роки. Крім того, добре фосфорне живлення сприяє кращій зимівлі озимих культур, оскільки у вузлах кущіння під впливом фосфору ще з осені накопичується



більше цукрів. Фосфор сприяє утворенню в коренях цукрового буряку цукру, а в бульбах картоплі – крохмалю [5, стор. 440].

Фосфор сприяє розвитку кореневої системи, прискореному росту рослин на початкових стадіях їх розвитку (прискорюється розклад речовин насіння і пересування продуктів розкладу в частини, що ростуть). Тому внесення гранульованого суперфосфату в невеликих дозах забезпечує значні прирости врожайності різних культур [26, стор. 243].

Оскільки основна кількість фосфору міститься в товарній частині врожаю, то його мало повертається в ґрунт і тому потрібно вносити мінеральні фосфатні добрива. Унесенню фосфатних добрив альтернативи немає, адже, на відміну від нітрогену, фосфор не може надходити з атмосфери або завдяки діяльності симбіотичних мікроорганізмів [27, стор. 312]. Справді, фосфор входить до складу всіх живих організмів. Причому він є одним із найнеобхідніших “елементів життя”, оскільки входить до найважливіших з погляду функціонування живих організмів сполук, які відповідають за енергетичні процеси, нервову діяльність й передачу генетичної інформації, та кісткової тканини, що переважно й містить фосфор [27, стор.7].

Як будь-який життєво необхідний елемент, фосфор здійснює колообіг у природі. З ґрунту він потрапляє до рослин, а з них – до організму людини і тварин. Потім він знову повертається в ґрунт з екскрементами та після гниття померлих організмів. Однак із ґрунтів виноситься набагато більше фосфору, ніж повертається його знову. Так, у світі щороку з полів з урожаєм виноситься понад 10 млн тонн фосфору. Тому для відновлення родючості ґрунтів потрібно застосовувати фосфорні добрива – похідні фосфатної кислоти [27, стор. 19]. Нестача фосфору проявляється в зміні зеленого забарвлення листків на синювато зелене з бронзовим відтінком, – вони стають дрібними й вузькими. Окрім цього, гальмується ріст і дозрівання врожаю [26, стор.39]. Фосфор є у ґрунті в дуже незначних кількостях: валовий вміст  $P_2O_5$  складає не більш 0,1–

0,2%. Фосфор життєво важливий для рослин, але в більшості – ґрунтів, особливо в піщаних, знаходиться в різкому дефіциті, у зв'язку з чим необхідно систематично вносити фосфор в ґрунт, особливо при їхньому інтенсивному використанні в сільськогосподарському виробництві. У ґрунті фосфор є у складі гумусу, органічних залишків, у мінеральній частині ґрунтів у складі апатиту, вторинного болотного мінералу – вівіаніту [4, стор. 153]. Однак фосфор утворює не лише корисні та необхідні для живої природи сполуки. Використання фосфору в добривах призводить до еутрифікації. При еутрифікації відбувається бурхливе розмноження водоростей – “цвітіння” води. Це призводить до зменшення кількості розчиненого у воді кисню. Продукти обміну водоростей знищують рибу та інші організми. Сформовані екосистеми при цьому руйнуються [8].

Фосфор — це мало поширений у природі елемент. Разом з нітрогеном і калієм часто буває тим чинником, який визначає продуктивність сільськогосподарських культур, безпосередньо впливає на їх урожайність та показники якості врожаю [40, стор. 112].

*Фосфор у ґрунті.* Основним джерелом фосфору для рослин за визначенням акад. Б.С. Носко – кальцієві, калієві, магнієві, амонієві солі ортофосфатної кислоти ( $H_3PO_4$ ), хоча встановлено, що рослини можуть використовувати також солі інших кислот (метафосфатної, пірофосфатної тощо). Однак, ці солі засвоюються лише після гідролізу їх у ґрунті і перетворення за допомогою ферментів, які виділяються рослиною (наприклад фосфатази), в ортофосфатну кислоту та її солі [35, стор. 117].

У ґрунтах фосфор міститься як в мінеральній, так і в органічній формах. Переважають, як правило, мінеральні фосфати, але водночас загальний (валовий) вміст фосфору залежить від гранулометричного складу ґрунту і кількості гумусу в ньому. Чим важчий ґрунт, тим більше у ньому фосфору, чим

більший вміст у ґрунті гумусу, тим більше у ньому органічного і загального фосфору[5].

Кількість фосфору ( $P_2O_5$ ) в різних ґрунтах змінюється від 0,03 до 0,2 %, а його загальний запас в орному горизонті — від 1000 до 6000 кг/га. Так, у середньо-підзолистому ґрунті на 1 га припадає близько 2,3 т загального фосфору, 0,7 т – органічного, 1,7 – мінерального, в потужному чорноземі міститься відповідно 4,4, 1,6, 2,8 т на 1 га; в сіроземі – 4,2, 0,6, 3,6 т на 1 га [39, стор.7].

Фосфор, який входить до складу органічних сполук (складних білків, фосфатидів, фітину тощо), для рослин недоступний. Він може засвоюватись лише після мінералізації, руйнування органічних речовин за участю мікроорганізмів до простих розчинних солей ортофосфатної кислоти [4, стор. 151].

Мінеральні сполуки фосфору в ґрунтах містяться переважно у вигляді важкорозчинних солей – фосфатів кальцію, алюмінію, феруму, магнію. При цьому в дерново-підзолистих ґрунтах більше фосфатів алюмінію і феруму, а в чорноземах, і особливо в карбонатних ґрунтах, більше фосфатів кальцію і магнію [40].

## **1.2 Динаміка використання фосфору рослинами**

Потреба рослин у фосфорі в різні періоди їх життя неоднакова. В початковий період після появи сходів фосфор для рослин украй необхідний, хоча б у невеликій кількості. Як показали дослідження, нестача цього елемента на початку росту рослин не компенсується внесенням його в наступні періоди росту і розвитку рослин. Це пояснюється тим, що на початку росту рослин, розвивається коренева система і утворюються запаси цього елемента, які потім перерозподіляються між іншими органами[3]. Тому, якщо в цей період не

забезпечити достатнього фосфорного живлення рослин, а пізніше вносити цей елемент навіть у надлишку, то це вже не виправить становища і врожай буде нижчим. Різні культури використовують фосфор неоднаково протягом вегетації [27, стор.99]. Так, найбільшу кількість фосфору зернові використовують у фазі виходу в трубку і колосіння, льон — у період цвітіння, коренеплоди, капуста, картопля засвоюють його більш-менш рівномірно протягом усього вегетаційного періоду. У всіх культур у фазі утворення репродуктивних органів, і особливо під час дозрівання, відмічається енергійне пересування до них фосфатів із вегетативних частин [24].

Зовнішні ознаки фосфорної нестачі у рослинах виявляються не так чітко, як за нітрогену. Але все ж таки можна помітити, що листки у таких рослин стають синювато-зеленими, нерідко з пурпуровим або бронзовим відтінком (свідчення затримки синтезу білка і накопичення цукрів). Утворюється, зокрема, антоціан, який надає листкам червоного забарвлення [31]. У різних сільськогосподарських культур ознаки фосфорного голодування мають свої характерні особливості. У зернових злаків за нестачі фосфору верхівки нижніх листків забарвлюються в фіолетово-червоний колір, кушціня слабе. Найчіткіше ці ознаки виявляються під час викидання волоті або колосу [23].

У картоплі в разі фосфорного голодування листки стають темно-зеленими, вони відходять від стебла під гострим кутом, ріст картоплиння послаблюється. На кінчиках листків утворюється темно-коричнева смуга [19, стор. 1230].

Листки цукрового буряка за нестачі фосфору стають дрібними і набувають тьмяно-блакитного відтінку. При відмиранні краї листків стають темно-коричневими або чорними. У капусті в разі дефіциту фосфору жилки на листках стають темно-зеленими, а пізніше фіолетовими. Це забарвлення поступово переходить на всю листову пластинку [16, стор. 124]. Основним способом забезпечення рослин фосфором є внесення фосфатних добрив, яке проводять під час посіву або посадки культур.

### 1.3 Методи визначення фосфору в рослинах та ґрунті

Метод візуальної діагностики фосфорного живлення рослин (за їх зовнішнім виглядом) дає змогу лише грубо оцінити якість фосфорного живлення рослин і, як правило, вже тоді, коли зміни набули необоротного характеру. Нині в практиці сільськогосподарського виробництва широке застосування знайшли хімічні методи діагностики [1, стор. 1534].

Методи листової та тканинної діагностики в їх експрес-варіанті дають змогу в польових або лабораторних умовах швидко визначити потребу в елементах живлення і забезпечити необхідний рівень фосфорного живлення [5, стор.441].

Для більш точного визначення рівня забезпеченості рослин поживними елементами дані хімічного аналізу слід порівнювати з дією чинників, які прямо чи побічно впливають на врожайність (агротехнічні та погодні умови, властивості ґрунту тощо)[11, стор.1109].

Методи листової та тканинної діагностики на основі аналізу складу рослин не обмежуються лише експрес-методами. Зараз широко використовують також метод хімічного аналізу, при якому визначають загальний вміст поживних речовин у рослинах, а також їх розчинних форм у рослинних витяжках або рослинному соку [13].

В некарбонатних ґрунтах вміст фосфору визначають за способом Кірсанова в хлоридноокислій витяжці з ґрунту. Для карбонатних ґрунтів витяжку фосфору роблять карбонатом амонію (спосіб Мачигіна) [30, 31].

Для визначення мінеральних форм фосфору використовують методи Чирікова, Чанга–Джексона, Гінзбург–Лебедевої [22].

Також визначають мінеральні сполуки фосфору за методом Чанга–Джексона, який вважається має більше вилучення мінеральних сполук фосфору і дозволяє найбільш повно вилучати фосфор, особливо на кислих залізистих

грунтах. Даний метод базується на послідовному обробітці однієї наважки ґрунту різними розчинниками, кожен з яких вилучає певні фракції мінеральних фосфатів ґрунту (Ca – P, Al – P, Fe – P та інші), співвідношення ґрунт: розчин = 1:50 [20].

Метод Чирікова ґрунтується на вилученні рухомих сполук фосфору з ґрунту розчином оцтової кислоти з концентрацією 0,5 н, за відношення ґрунту до розчину 1:25 і наступному визначенні фосфору у вигляді фосфорно молібденового комплексу [30]. Також визначення вмісту рухомих сполук фосфору в карбонатних ґрунтах можна проводити за методом Олсена. Рухомі сполуки фосфору вилучають з ґрунту 0,5 н розчином  $\text{NaHCO}_3$  (рН = 8,5). Кількість фосфору, яка перейшла у витяжку, визначають фотометрично за методом Деніже, використовуючи одну з його модифікацій.

Розчинність фосфатів кальцію залежить від величини рН і активності іонів кальцію. Мінімальна розчинність їх спостерігається при рН від 7 до 7,5. При зміні рН у кислий або лужний бік розчинність фосфатів збільшується. Гідрокарбонат іони ( $\text{HCO}_3$ ), пригнічуючи активність іонів кальцію в розчині з рН = 8,5, сприяють переходу в розчин фосфору, зв'язаного з іонами кальцію [19]. При цьому розчин  $\text{NaHCO}_3$  здатний частково екстрагувати з ґрунту навіть фосфор, зв'язаний з алюмінієм і залізом, внаслідок утворення алюмінатів і гідроксидів заліза і переходу в розчин фосфору, зв'язаного з цими іонами. Метод Олсена має цілий ряд переваг порівняно з методом Мачигіна: гідрокарбонат натрію негігроскопічний і є більш хімічно стійкою сполукою, ніж карбонат амонію; замість 20–24 годинного настоювання розчину з ґрунтом його - протягом 30 хв збовтують; громіздкий процес окислення органічних речовин, які перейшли у витяжку, перманганатом калію замінено знебарвленням витяжки додаванням активованого вугілля, здатного адсорбувати органічні сполуки [22].

Пошук оптимальних методів визначення фосфатного стану ґрунтів, передусім рівнів доступного для рослин фосфору, відноситься до складних питань рослинництва із фундаментальним та прикладним значенням. В останні роки у світовій практиці оцінка фосфатного стану ґрунтів проводиться за допомогою хімічних екстрагентів, іонообмінних смол (іонообмінна хроматографія), ізотопно-обмінного та біологічного методів. Як екстрагенти використовуються вода, розчини органічних і мінеральних кислот, фторидів, лугів, солей, а також багатокомпонентні суміші [25]. Одним із поширених методів визначення вмісту рухомого фосфору в ґрунтах є метод Чирікова, суть якого полягає у вилученні рухомих сполук фосфору розчином оцтової кислоти. Значення рН екстрагента становить 2,5, тобто цей метод належить до так званих жорстких методів. Метод Мачигіна ґрунтується на вилученні рухомих сполук фосфору з ґрунту 1 %-м розчином вуглекислого амонію з рН екстрагента 9,0. В останні роки в світі широко стали використовуватись методи на основі фтористого амонію: Bray-Kurtz 1, Bray-Kurtz 2, Kelowna, Mehlich, Соколова та ін[39].

З методів, заснованих на використанні лужних розчинів найбільш поширеним є метод Олсена [35]. Однак, всі ці методи є опосередкованими та емпірично зв'язані з доступністю фосфору для рослин. Вони відрізняються за ефективністю екстракції фосфору з різних пулів і жоден із них не визнаний як достатньо репрезентативний відносно кількості доступного для рослин фосфору [11, 13].

Тому було запропоновано тест на поглинання фосфору рослинами в якості індексу доступності фосфору у ґрунті. Дані дослідження проводились для розробки цього підходу так, щоб можна було врахувати зміни доступності фосфору через його швидку трансформацію після внесення фосфорних добрив [23]. Відомий високий рівень сортової специфічності фосфорного живлення озимої пшениці. Практично не дослідженими залишаються питання впливу

фосфорного живлення на перебіг основних фізіологічних - біохімічних процесів у сучасних сортів зернових, у тому числі короткостеблових озимої пшениці. Це сорти нового високоінтенсивного типу з поліпшеними морфологічними, агробіологічними, адаптивними і господарсько-економічними ознаками та високим генетичним потенціалом урожайності [29]. Слід зазначити, що для цих сортів фізіологічні показники при змінах рівня фосфорного живлення залишаються недослідженими.

Тому важливим є вивчення фізіологічних процесів, які відбуваються у рослинах пшениці короткостеблових сортів за різних умов фосфорного живлення, а також їх зв'язку із зерною продуктивністю. Це необхідно для оптимізації системи мінерального живлення рослин високопродуктивних генотипів озимої пшениці [11, стор. 1004].

Метод Меклик-3 (1984) було запропоновано як «універсальний», що дозволяє визначати не лише вміст сполук фосфору та калію, а й інших елементів, зокрема кальцію, магнію [7, 8, 42]. Дослідженнями Яценко Л.А. встановлено кореляційну залежність між вмістом рухомих сполук фосфору за визначенням стандартним методом Мачигіна та методом Меклик-3 [46].

Проблеми пов'язані з використанням фосфору в сільськогосподарських ґрунтах зосереджують свою увагу на аналізі його в ґрунті та їх інтерпретації. Все частіше дослідження потенціалу транспортування Р, проводяться в розрізі регіональних та національних масштабів. Використовувались ґрунтові тести фосфору з кількох лабораторій і порівнювалися дані з різних методів лабораторного вилучення (1-3)[21]. Ці дослідження вказують на необхідність кращого розуміння джерел похибок у аналізі фосфору в ґрунтах, як результат міжлабораторної дисперсії, специфічної мінливості ґрунту, обмежень екстракту або поєднання цих змінних

Міжлабораторна мінливість аналітичних результатів регулярно контролюється державними та регіональними ґрунтовими дослідницькими



консорціумами, як частина зусиль з контролю якості [24]. Оpubліковані дослідження часто повідомляють про невелику міжлабораторну похибку для різних досліджень фосфору в ґрунті. Наприклад, Вольф і Бейкер повідомили про сильну міжлабораторну кореляцію для ґрунтових досліджень Олсена, Брей-1 та Мехліч-1, проведених на некарбонатних ґрунтах [22]. Аналогічно, Шарлі та ін. [23] виявили тісний зв'язок між смужкою оксиду заліза (Fe-смуга) і P, вимірюваною трьома різними лабораторіями на різних ґрунтах (рН від 5,5 до 8,0). В іншому місці, Nair et al. [12] (досліджувалась мінливість, пов'язана з процедурами адсорбції P, повідомляючи про сильну пов'язаність з параметрами ізотерми, оціненими чотирма лабораторіями для широкого кола ґрунтів (рН 5.6-7.9)[12].

Придатність специфічних досліджень ґрунтового P для ґрунтів з різними педогенними властивостями добре відома. Наприклад, Брей-1, Мехліч-1 меншою мірою, а Мехліч-3, не вважається придатним для карбонатних ґрунтів, оскільки розчинний P може бути осаджений CaF<sub>2</sub>, продуктом реакції між NH<sub>4</sub>F і CaCO<sub>3</sub> [22]. Як правило, кислотні екстракти забезпечують невідповідні виміри ґрунтового P у вапнякових ґрунтах. Деякі способи вилучення, такі як медот Олсена, вважаються придатними для широкого кола ґрунтів, від кислих до вапнякових [18]. З огляду на обмеження певних методів вилучення з різних ґрунтів, пов'язані дані з різних ґрунтових тестів можуть бути проблематичними, оскільки зв'язок між ґрунтовими тестами може бути специфічним для ґрунту [39]. Дослідженнями Michaelson та співавт. описали порівняння рівнянь регресії, що стосуються Брей-1 і Мехліч-3 [11] для ґрунтів аляски, отриманих з двох різних основних матеріалів, з нахилом рівнянь регресії від 1,01 до 1,88 та перехопленнями від 22,9 до 4,6 мг кг (r<sup>2</sup> коливається від 0,85 до 0,96) [11, стор.1014]. Як результат, порівняння даних P ґрунту у великих географічних регіонах часто залежать від тлумачень (наприклад, відносного агрономічного статусу P) для зменшення мінливості та нормалізації результатів [10].

Альтернативним підходом до традиційної хімічної екстракції Р є використання іонних раковин, таких як Fe-полоски, аніонообмінних смол та іонообмінних мембран. Іонні раковини дали багатообіцяючі результати при застосуванні на ґрунтах з різними хімічними та фізичними властивостями [22, 13]. Іон опускає адсорбцію Р на поверхні для раковини і мінімально взаємодіє з ґрунтом, тоді як хімічна екстракція призводить до реакції ґрунту з екстрагентом. Ще одне застосування вилучення іоносферного ґрунтового Р включає використання насичених ґрунтових паст, а не високих розчинів за співвідношенням ґрунту. При використанні в насичених ґрунтових пастах іонні раковини, як вважають, тісно імітують умови ризосфери і часто краще співвідносяться з відповідністю культур, ніж традиційні розчини екстрактів [24]. Оскільки раковини працюють з обмеженим хімічним видобутком, вони можуть бути більш пристосованими до широкого кола ґрунтів, незалежно від історії управління, ніж більшість розчинів [25].

Найбільш поширений метод насиченого ґрунту для оцінки доступного ґрунтового Р використовує аніонообмінні полімери для вилучення Р з ґрунту. Skogley et al. інкапсулюючи суміш аніонних та катіонообмінних полімерів у сітчастий шар або полімерну капсулу для використання як універсальної методології випробування поживних речовин [19]. Кореляція між поглинанням Р сорго-суданською травою та полімерною капсулою Р була настільки ж кращою, ніж ті, що застосовуються при дослідженні ґрунту за методом Олсена [23]. Аналогічний підхід з використанням іоннообмінних полімерів, просочених мембран (полімерних мембран). Порівняння ґрунтового Р було досліджено кількома дослідниками [18]. У дослідженні трав, полімерні мембрани забезпечили кращий показник доступності Р, ніж звичайні методи вилучення для ріпаку та райґрасу [24]. Смоги оксиду заліза також успішно використовуються для оцінки наявного неорганічного Р у широкому діапазоні ґрунтів та систем управління [31]. У цьому дослідженні вивчені джерела

похибок різних методів екстракції Р з ґрунту шляхом проведення міжлабораторного порівняння чотирьох розчинних екстрактів та двох насичених екстрактів ґрунтової пасти дев'ятьма лабораторіями на 24 різних ґрунтах. Досліджувалися як величина, так і потенційні джерела помилок. Крім того, оцінювалися асоціації між ґрунтовими Р-тестами, властивостями ґрунту та формами Р[32].

Дослідження підкреслює потенційну важливість міжлабораторної похибки при оцінці даних Р в ґрунті. При оцінці широкого діапазону ґрунтів, міжлабораторні коефіцієнти варіації для всіх аналізів перевищували 0,10. Метод Олсена, який повинен бути найбільш точним показником доступного Р в ґрунті, для різноманітних ґрунтів, демонструвала найбільший міжлабораторний коефіцієнт варіації (0,22). Навіть коли п'ять низьких за Р, сильнокислотних та вапняних ґрунтів, відповідальних за найбільші міжлабораторні показники, були виключені з аналізів, за методом Олсена становив 0,14[28]. Показники коефіцієнту варіації для інших методів вилучення були нижчими за 0,10. Вилучення Р із насичених ґрунтових паст з використанням полімерної мембрани не можуть бути надійно відтворені між лабораторіями, ймовірно, через низьку роздільну здатність цього методу. Проте використання капсул-смола призвело до того, що коефіцієнт варіації можна порівняти зі стандартним тестом аналізу ґрунту, і збільшення часу інкубації для капсул знижує середню міжлабораторну варіативність. При послідовному вилученні ґрунту та аналітичних процедурах використовуються загальні ґрунтові Р-методи, можуть забезпечувати відтворювані значення[30].

#### **1.4. Вплив фосфорних добрив на урожайність кукурудзи на зерно**

Добрива є важливим чинником впливу на урожайність сільськогосподарських культур [26]. Дослідження Н. М. Асанішвілі та ін. [26]

на темно-сірому опідзоленому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті Лісостепу виявлено, що тривале вирощування сільськогосподарських культур впродовж 30 років за різного агрохімічного навантаження у сівозміні зумовило створення різних агрохімічних фонів. За результатами ґрунтової та рослинної діагностики встановлено, що азот є лімітуючим елементом живлення за вирощування кукурудзи. У варіантах з унесенням підвищених ( $N_{180}P_{120}K_{180}$ ) та високих ( $N_{240}P_{120}K_{240}$ ) норм мінеральних добрив на фоні побічної продукції попередника (соломи пшениці озимої), де сформована найвища врожайність кукурудзи – 11,21-12,10 т/га, вміст рухомого фосфору в 0-20 см шарі ґрунту був дуже високим, рухомого калію – високим, азоту, що легко гідролізується – дуже низьким. У цих варіантах рослини кукурудзи за стадіями ВВСН 16, 19 і 65 накопичували оптимальну кількість азоту, а за вмістом фосфору та калію виявлено оптимальну та високу їх забезпеченість впродовж вегетації за внесення мінеральних добрив у нормах понад  $N_{60}P_{45}K_{60}$ . Кореляційним аналізом показників рослинної діагностики встановлено, що найтіснішими зв'язки між урожайністю кукурудзи та вмістом хімічних елементів в рослинах були: за азотом – на стадії ВВСН 19 ( $r=0,929$ ); фосфором – на стадії ВВСН 15 ( $r=0,771$ ); калієм – ВВСН 65 ( $r=0,943$ ) [26].

Добрива в умовах зрошення за дослідженнями С.В. Коковіхіна та ін. [36] відкривають великі можливості для найбільш повного використання поливної води [36]. Лише за одночасного покращення водного й поживного режимів ґрунту складаються найбільш сприятливі умови для підвищення врожаю. Разом з цим правильне використання добрив є радикальним способом покращення біологічного колообігу поживних речовин найбільш економічно вигідним засобом інтенсифікації сільського господарства [11]. Важливим етапом формування системи живлення гібридів кукурудзи для отримання запланованої врожайності зерна є визначення оптимальних доз NPK, які б забезпечували

бездефіцитний баланс елементів живлення відповідно до біологічних потреб рослини [12-17].

Добрива є однією із головних складових елементів технології вирощування кукурудзи на зерно, застосуванням якого можна вплинути як на урожайність гібридів, так і якість їх зерна та зеленої маси. Відомо, що на частку мінеральних добрив у можливому прирості врожаю в умовах зрошення припадає до 75 % [18]. У ґрунтах південної зони України основним елементом живлення, який максимально впливає на рівень урожайності та якість сільськогосподарських культур, є азот, оскільки саме він знаходиться у дефіциті й компенсувати його нестачу можливо за рахунок внесення науково-обґрунтованої дози мінеральних та органічних добрив [36-38]. За нестачі навіть одного з елементів у поживному балансі уповільнюються темпи росту й розвитку рослин - формування листків, цвітіння волоті, запліднення та формування зерна кукурудзи.

Нестача фосфорного живлення негативно впливає на умови формування кореневої системи, погіршує розвиток репродуктивних органів, дозрівають рослини значно пізніше тощо [36].

Отже оптимізація живлення рослин мінеральними добривами та застосування зрошення та впровадженні у виробництво нових перспективних гібридів кукурудзи різних за скоростиглістю з метою підвищення продуктивності та якості зерна є ще недостатньо вивченим і потребує подальших досліджень. Усе це буде сприяти вирішенню продовольчої проблеми в країні й світі та забезпеченню населення повноцінними продуктами харчування [38].

## РОЗДІЛ 2. ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Методика досліджень

Метою даного дослідження було порівняння методик аналізу рухомих сполук фосфору за українськими і шведськими методиками. Для цього було виконано 2 частини досліджень:

*1 частина досліджень:* було взято 114 га поле з чорноземами опідзоленими та сірими опідзоленими з реакцією середовища менше 7, з якого з 5 га відібрано 1 зразок ґрунту, загальна кількість 23 зразка, далі в лабораторії кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М.К. Шичули були проаналізовані зразки за 2 – ма методами ( див. нижче).

Методи виконання досліджень:

1. Визначення рухомих форм фосфору і калію в чорноземах, сірих і інших ґрунтах степової і лісостепової зон - ДСТУ 4115-2002 “Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова.” (Україна).

2. Визначення доступних для рослин форм фосфору і калію: P and K (with Ammonium Lactate extraction, with ICP), plant available, KLK 1965:1/ SS 028183 (Швеція).

3. Порівняння фотоколориметричного, атомно-спектрометричного і ICP закінчення методик з визначення рухомих сполук фосфору і калію за методами Чирикова і з лактатом амонію.

*2 частина досліджень:* закладено польовий дослід з наступними варіантами дослідів: 1. N<sub>100</sub>K<sub>135</sub> - фон 2. Фон +P<sub>63</sub>; 3. Фон +P<sub>90</sub>. Норма добрив за середньої забезпеченості ґрунту на урожайність 11 т/га – 2 варіант при аналізі лактатним методом, 3 – Чирикова.

Дослід закладено в триразовому повторенні, площа посівної ділянки – 172 м<sup>2</sup>, облікової – 100 м<sup>2</sup>. Під основний обробіток ґрунту вносили мінеральні добрива: аміачну селітру (ГОСТ 2–85), амофос (ГОСТ 5956–78), калій хлористий (ГОСТ 4568–83).

Посів проводили на початку травня насінням гібриду ДКС 3939 широкорядним способом. Агротехніка вирощування передбачала проведення оранки на глибину 25-27 см, ранньовесняного закриття вологи, дворазової передпосівної культивуації, внесення досходового гербіциду, проведення 2 чи 3 міжрядних обробітків. Попередник – пшениця озима.

Зразки ґрунту відбирали та проводили підготовку до аналізів згідно ГОСТ 28168–89 та ДСТУ ISO 11464–2001. Зразки рослин відбирали й проводили підготовку – за загальноприйнятими в агрохімії методиками [26].

Відбір зразків рослин і ґрунту проводили в основні фази росту і розвитку кукурудзи: 1. 4–5 листків; 2. 9–10 листків; 3. Викидання волотей (ВВ); 4. Повна стиглість (ПС).

За настання чергової фази росту та розвитку приймали час, коли 75% рослин вступали в цю фазу [27]. Відбирали в першу фазу по 25 рослин, в останні – по 10 типових рослин. Зразки ґрунту відбирали на глибину 0–25 і 25–50 см. Упродовж періоду вегетації проводили біометричні виміри наростання сирі й сухої маси надземної частини кукурудзи (ваговим методом).

## **2.2 Загальні відомості про господарство ТОВ МХП АГРО-С.**

**ТОВ «МХП-Агро-С»** – сучасне агропідприємство з банком землі 25,5 тис. га. Головний напрямок діяльності – вирощування зернових та технічних культур для подальшого виробництва комбікормів. Землі та потужності компанії зосереджені в Київській та Чернігівській областях. Господарство з березня 2013 року увійшло до структури міжнародної компанії у сфері харчових та агротехнологій МХП.

До виробничих потужностей входять [<https://mhp.com.ua/uk/tov-agro-s>]:

- шість відділень (Новоолександрівське (0,786 тис. га), «Урожай» (3,74 тис. га), «Лемешевське» (2,21 тис. га), Яготинське відділення (2,08 тис. га), «Дубовий Гай» (2,65 тис. га) та Селещанське (9,78 тис. га.);
- три рослинницькі виробничі підрозділи;
- одна ферма;
- Яготинський елеватор (60 тис. т);
- комплекси для зберігання (45 тис. т), очищення та сушіння зерна (35 т/год);
- Власний парк сільськогосподарської техніки (близько 220 одиниць).

Основні сільськогосподарські культури які вирощує господарство: озима пшениця, озимий ріпак, кукурудза, соняшник, соя, ярий ріпак, тритикале озиме, жито озиме, льон, гірчиця біла, кукурудза на силос, багаторічні трави, однорічні трави.

Також варто відзначити, що господарство співпрацює із Благодійним фондом «МХП — Громаді» та реалізовує соціальні, освітні, безпекові та культурні заходи та проекти на території громад, де знаходяться потужності підприємства.

Клімат регіону помірно континентальний. Зима м'яка, з частими відлигами. Літо тепле, в окремі роки спекотне, західні вітри приносять опади. Пересічна температура повітря +7,2 °С. Середня температура найхолоднішого місяця січня — 8,9 °С. Середня температура липня становить + 27,5 °С. Максимальна +45 °С, мінімальна −37 °С. Період з температурою +10 °С становить 160 — 170 днів. Опадів 450—520 мм у рік.



### 2.3. Характеристика кліматичних умов

Кліматичні умови досліджуваної території, як і в інших регіонах, формуються взаємодією сонячної радіації, атмосферної циркуляції та земної поверхні. Усі фактори перебувають у постійному та безперервному русі. Поверхня землі в Київській області отримує близько 100 ккал/см<sup>2</sup> сонячної радіації на рік, чверть якої втрачається через відбиття. Так, взимку, коли поверхня землі вкрита снігом, коефіцієнт відбивання становить понад 75%; навесні, коли тане сніг і ґрунт стає вологим падає до 40%-45%, а влітку, протягом вегетаційного періоду, становить 20%-25%. Середньорічний радіаційний баланс становить менше 40 ккал/см<sup>2</sup> [1].

У регіоні понад 60% сонячного тепла втрачається через випаровування з поверхні ґрунту. Решта тепла використовується для теплообміну між ґрунтом і повітрям. Більшість тепла, що зберігається в ґрунті в теплу пору року, витрачається в процесі охолодження ґрунту в холодну пору року [].

В області дослідження переважають циклони атлантичного походження, що надходять із заходу на північний захід. Центр більшості західних циклонів проходить за межами Київської області. Активність циклонів найбільш інтенсивна пізньою осінню та взимку, коли в регіоні спостерігається хмарна погода з тривалими сильними опадами та туманами. Взимку танення снігу різної інтенсивності та тривалості часто відбувається під час проходження західних циклонів.

Помірно континентальний регіону характеризується чітко вираженими сезонами, з м'якою зимою та теплим літом. Температурні умови відрізняються виразними сезонними коливаннями. Середньорічна температура в регіоні становить приблизно +7,5°C. Детальніше розглянемо температури в різні сезони:

Для зими: характерні помірні морози. Середня температура січня, який є найхолоднішим місяцем року, коливається від  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $-6^{\circ}\text{C}$ . У деякі роки можуть спостерігатися періоди сильних морозів, коли температура знижується до  $-15^{\circ}\text{C}$  або навіть нижче. Однак тривалі періоди дуже низьких температур є рідкісними.

Весною температура поступово підвищується. У березні середня температура становить приблизно  $+1^{\circ}\text{C}$ , тоді як у квітні піднімається до  $+10^{\circ}\text{C}$ , а в травні досягає  $+15^{\circ}\text{C}$ . Весна часто характеризується швидким потеплінням, що дозволяє рано починати сільськогосподарські роботи.

Літо тепле та сонячне. Середня температура липня, найтеплішого місяця року, становить близько  $+19^{\circ}\text{C}$  до  $+21^{\circ}\text{C}$ . Проте в окремі роки температура може підніматися до  $+30^{\circ}\text{C}$  і більше, особливо під час суховіїв та періодів спеки. Літо в Яготинському районі зазвичай супроводжується достатньою кількістю сонячних днів.

Восени температура поступово знижується. У вересні середні температури становлять близько  $+14^{\circ}\text{C}$ , у жовтні —  $+8^{\circ}\text{C}$ , а в листопаді знижуються до  $+2^{\circ}\text{C}$ . Осінь відзначається змінами погоди — від теплих, сонячних днів на початку сезону до прохолодних і вологих на його завершенні.

У регіоні також спостерігається туман протягом зими. В середньому туман покриває область близько 70 днів на рік, а максимальна кількість між жовтнем і груднем (10-11 днів на місяць). В деякі роки кількість туманних днів перевищує 100, тоді як в інші роки вона зменшується до 30 днів. Нічний туман найпоширеніший, коли ефект охолодження між поверхнею та приземним шаром повітря найбільш виражений. Влітку також бувають короткочасні тумани

Кількість опадів у Яготинському районі є достатньою для ведення сільськогосподарської діяльності, але їх розподіл нерівномірний протягом року.

Середньорічна кількість опадів складає 550–600 мм. Опади розподіляються таким чином:

- Весняні місяці отримують помірну кількість опадів. У середньому випадає близько 120–140 мм опадів. У цей період опади можуть бути у вигляді дощів, які сприяють активному росту рослин після зимового періоду.

- Літні місяці є найвологішими в році. За цей період випадає найбільша кількість опадів — приблизно 200–250 мм. Часто опади випадають у вигляді злив, що супроводжуються грозами. Літні дощі є важливими для забезпечення достатнього рівня вологи для сільськогосподарських культур, особливо у періоди посушливих погодних умов.

- Восени кількість опадів зменшується, особливо в жовтні та листопаді. За цей період випадає приблизно 100–130 мм. Опади в основному мають форму дощів, але пізньої осені можливі й перші снігопади.

- Зимовий період отримує найменшу кількість опадів — близько 80–100 мм за весь сезон. Основні опади взимку випадають у вигляді снігу, проте сніговий покрив не завжди є стабільним і може танути під час відлиг.

У районі переважають північно-західні та західні вітри, які можуть приносити з собою помірні атмосферні фронти. У весняно-літній період часто виникають вітри з півдня, які можуть бути сухими та гарячими, що створює загрозу суховіїв.

У районі періодично спостерігаються посухи, особливо у червні та липні. Хоча загальна кількість опадів є достатньою для землеробства, їх нерівномірний розподіл та висока температура влітку можуть спричинити тимчасові дефіцити вологи в ґрунті.

Осінь і весна характеризуються частими туманами, особливо в ранковій годині, що може впливати на мікрокліматичні умови та розвиток сільськогосподарських культур.

В таблиці 2.1 наведено середньомісячні температури повітря та опади району проведення дослідження [Клімат і рельєф Київської області. Історія заселення Київщини <https://ukrssi.com.ua/kiyivska/klimat-i-relyef-kiyivskoyi-oblasti-istoriya-zaselennya-kiyivshhini/>]:

Таблиця 2.1.

Середньомісячні температури повітря та опади Яготинського району

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середній максимум, °С	-2,6	-1,3	3,8	13,5	20,9	24,1	25,3	24,6	19,5	12,3	4,8	0,2
Середня температура, °С	-5,4	-4,7	0,3	8,7	15,5	18,6	20,1	19,1	14,0	8,2	1,8	-2,2
Середній мінімум, °С	-8,4	-7,7	-3,4	4,1	10,1	13,5	14,6	13,5	8,8	3,8	-0,9	-4,8
Опади, мм	34	29	31	46	44	71	76	54	46	33	44	46

Таким чином, кліматичні умови Яготинського району є сприятливими для вирощування широкого спектра сільськогосподарських культур, таких як зернові (пшениця, кукурудза), технічні (соняшник, цукрові буряки) та овочеві культури. Тепле літо та помірно волога осінь дозволяють вирощувати озимі культури, які добре переносять місцеві кліматичні умови. Однак можливі періоди посухи в літній сезон вимагають ефективного використання водних ресурсів та іригаційних систем.

### 2.3 Характеристика ґрунтів господарства

Дослідження було проведено на родючих ґрунтах Яготинського відділення підприємства МХП Агро-С, значну частину якого займають

чорноземи типові малогумусні на давньоалювіальних відкладах та лесах. Ґрунти мають відносно великі запаси поживних речовин та сприятливі фізичні та агрохімічні показники так як сформувалися в умовах помірно континентального клімату, з достатнім рівнем опадів і родючою рослинністю, зокрема степовою та лучною. З морфологічної сторони мають чіткий та добре сформований глибокий гумусовий горизонт від 45 до 60 см.

Дані ґрунти добре перериті землеріями по всьому профілю, рихлі, мають велику кількість карбонатів, переважно у формі цвілі. Материнська порода – лес.

Чорноземи досліджуваного району характеризуються високою щільністю та хорошою водоутримуючою здатністю, що особливо важливо в умовах періодичних посух. Вони мають гарну теплоємність, тобто швидко прогріваються навесні, що дозволяє починати сільськогосподарські роботи раніше.

Попри високу родючість, ґрунти Яготинського району можуть стикатися з ерозіями та виснаженням інтенсивними технологіями вирощування культур.

Морфологічні ознаки чорноземів опідзолених наступні:

Горизонт Н(е) 0 – 41 см – гумусовий слабоілювіований, темно-сірий;

0 – 27 см – орний – рихлий, грудковатопилуватий;

підорний ущільнений, зернистий, грані структурних окремостей припудрені присипкою SiO<sub>2</sub>; перехід ясний.

Нрі 42 – 70 см – перехідний, слабоілювіований, менш гумусований, буровато-сірий, вологий, ущільнений, на гранях структурних окремостей видно слабкі запливання полуторних окислів, сильно переритий черв'яками, зустрічаються залишки коренів дерев, перехід чіткий.

РнІ 71 – 96 см – нижній перехід, нерівномірно гумусований, сірувато-бурий, вологий, ущільнений, по гранях структурних окремостей видно колоїдні

натеки, сильно переритий черв'яками, зустрічаються кротовини; перехід поступовий.

P(h)i 97 – 120 см – лес, дуже слабо і нерівномірно гумусований. Гумус в вигляді язиків проникають до нижньої границі горизонту. Зверху щільний, до низу стає пухкішим. Грудкуватий або грудкувато-стовбчастий, перехід різкий.

Рк 121 – 200 см – лес, жовто-палевий, дуже слабогумусований (по кротовинам) з багаточисельними трубочками CaCO<sub>3</sub>.

Об'ємна і питома вага чорнозему опідзоленого найменша в орному шарі і збільшується до породи. Загальна пористість найбільша у гумусовому горизонті, далі по профілю зменшується. У гумусовому горизонті найменша вологоємність більше на 24% за верхній перехідний і відповідно на 21% діапазон активної вологи. За гранулометричним складом ґрунт середньосуглинковий. Тобто, характеризується сприятливими водно-фізичними і загальними фізичними властивостями.

У таблиці 2.2 наведено реакцію ґрунтового середовища та вміст основних макро- і мікроелементів у чорноземі опідзоленому.

Таблиця 2.2.

Реакція ґрунтового середовища та вміст основних макро- і мікроелементів на досліджуваній території

Реакція середовища, рН Н <sub>2</sub> О	Nmin	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O,	B	Cu	Fe	Mn	Mo	S	Zn
	мг/100 г ґрунту									
6,8	1,1	7,2	13,3	0,3	1,3	85,4	71,5	0,2	12,1	0,7

Рівень забезпеченості фосфором, азотом, бором, молібденом та цинком - низький, калієм, міддю, марганцем та сіркою - середній.

## РОЗДІЛ 3.

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИЗНАЧЕННЯ ДОСТУПНИХ ДЛЯ РОСЛИН СПОЛУК ФОСФОРУ

#### 3.1 Порівняння методу Чирікова та лактатного

Традиційно доступні сполуки фосфору і калію аналізують з однієї витяжки. При визначенні доступних для рослин форм фосфору в Україні використовують різні методики, в залежності від рН ґрунту. У Швеції користуються одною методикою для усіх типів ґрунтів, незалежно від рН. В Україні для методів визначення доступних сполук фосфору використовують фотометричне закінчення. Для визначення доступних сполук калію використовують атомно-адсорбційну спектрометрію. У Швеції закінчення методів визначення фосфору і калію відбувається на ІСР.

У табл. 3.1 наведені результати міжлабораторного порівняння методів визначення доступних сполук фосфору (у формі Р, мг/100 г ґрунту) по 23 зразках у ґрунтах з рН менше 7.

Таблиця 3.1. Результати міжлабораторного порівняння методів визначення доступних сполук фосфору (у формі P, мг/100 г ґрунту) по 23 зразках у ґрунтах з рН менше 7.

№зразка	Результати Eurofins			Результати УЛЯБП	
	рН	P-AL ICP	P-AA ICP	P-AA ICP	P-AA фотометрія
840	5,5	2,9		2,95	3,40
785	5,8	2	4,04	3,67	3,91
1199	5,8	6,8		9,43	8,99
787	5,8	3	4,17	2,96	3,42
1201	5,9	4,2		4,83	5,06
784	6,1	4	6,77	5,45	0,56
848	6,2	3,8		4,81	4,77
849	6,2	2		3,68	3,91
842	6,3	2,5		3,72	4,21
843	6,3	2,3		3,31	3,67
793	6,3	2,6		2,39	2,52
786	6,4	3,1	5,14	3,76	4,43
797	6,4	2,5	3,55	3,09	3,33
791	6,4	9,8	11,44	9,11	9,19
799	6,5	5,6	5,09	3,97	4,45
841	6,5	3,5		5,45	5,91
794	6,6	9,3	8,50	7,23	7,23
1198	6,7	4,8		3,10	3,11
845	6,7	9,4		9,42	9,73
795	6,8	6,3	6,55	5,17	5,45
796	6,8	2	2,96	2,12	2,27
847	6,9	5,2		6,41	6,64
798	6,9	2,3	2,72	2,46	2,86

Примітки:  
P-AL ICP – визначення фосфору у витяжці амонію лактату з закінченням на ICP  
P-AA ICP - визначення фосфору у витяжці оцтової кислоти (Чирикова) з закінченням на ICP



Р-АА фотометрія - визначення фосфору у витяжці оцтової кислоти (Чирикова) з закінченням на спектрофотометрі

Визначення доступних сполук фосфору у ґрунтах за методом Чирикова і лактатним залежить від рН наведено на рис. 3.1.

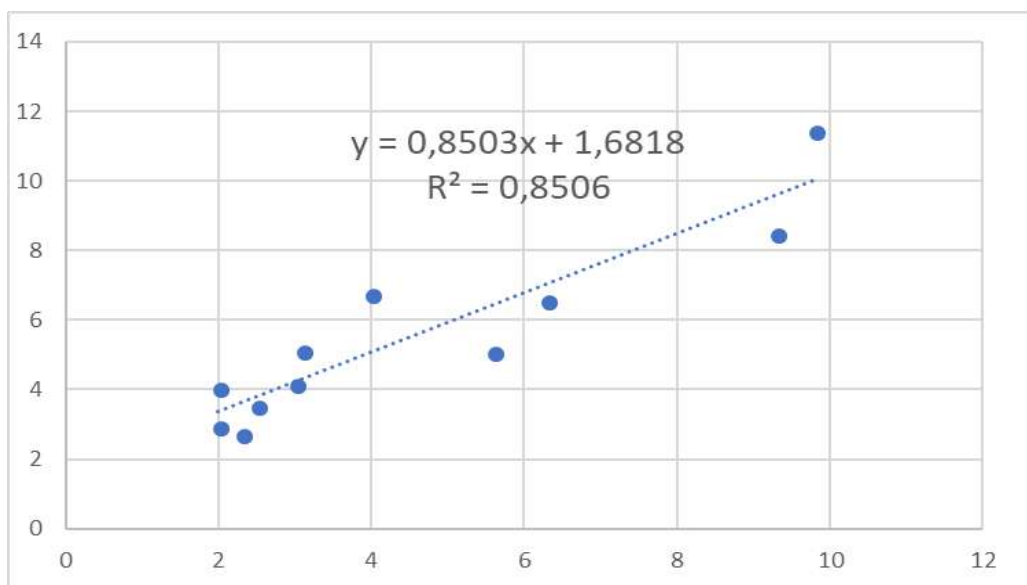


Рис. 3.1. Визначення доступних сполук фосфору у ґрунтах за методом Чирикова (ось ординат) і лактатним (ось абцис).

При  $pH < 6,4$  фосфор у витяжці амонію лактату дає результати нижчі, ніж у витяжці оцтової кислоти. З розрахунків випливає, що у даному діапазоні рН витяжка оцтової кислоти (Чирикова) у 1,26 разів сильніша за витяжку амонію лактату. У діапазон рН 6,4-6,9 не було виявлено закономірності у співвідношенні сполук фосфору у витяжках оцтової кислоти і амонію лактату. Максимальні відхилення складають від -1,95 до +2,07 мг/100 г ґрунту фосфору (Р). Визначення доступних сполук фосфору у ґрунтах за методом Чирикова і лактатним має дуже тісний коефіцієнт кореляції (0,85), рівняння має наступний вигляд  $y = 0,8503x + 1,6818$ .

Згідно стандарту у таблиці 3.2 наведені допустимі відхилення від атестованих значень стандартного зразка для двохсторонньої довірчої

ймовірності  $P=0,95$  при визначенні доступних сполук фосфору і калію в ґрунті за методом Чирикова.

Таблиця 3.2. - Допустимі відхилення від атестованих значень стандартного зразка для довірчої ймовірності  $P=0,95$  при визначенні доступних сполук фосфору і калію в ґрунті за методом Чирикова

Масова доля $P_2O_5$ в ґрунті , млн. <sup>-1</sup> (мг/кг)	Допустимі відхилення, %
До 50	15
Більше 50	12

На результати хімічного аналізу ґрунтів за даним методом може негативно впливати певна кількість фосфорвмісних сполук типу апатиту (при визначенні  $P_2O_5$ ), а також калійвмісних сполук типу польових шпатів або тришарових алюмосилікатів (при визначенні  $K_2O$ ). Вміст цих сполук пов'язаний з гранулометричним складом ґрунтів. Методика проведення аналізу в залежності від гранулометричного складу (вмісту в ґрунті фізичної глини) - ГОСТ 12536, забезпечує його виконання з нормами похибок, приведеними в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3- Значення норми похибки, мг/кг ґрунту

Значення впливаючої величини (вміст фізичної глини, % )	Норма похибки, мг/кг ґрунту	
	Показник, що визначається	
	$P_2O_5$	$K_2O$
< 6	-25	-25
6-10	-20	-20
11-15	-15	-15
16-20	-10	-10
46-50	-	10
51-55	-	20
56-60	-	30
60-65	-	40
>66-70	-	50

В наших дослідженнях, які проведені з використанням ІСР помилка досліджень не виходила за допустимі відхилення.

Таблиця 3.4- Відхилення між фотометричним визначенням сполук фосфору і ІСР

№зразка	Р-АА ІСР	Р-АА фотометрія	Відхилення фотометрією і ІСР
840	2,95	3,4	45
785	3,67	3,91	24
1199	9,43	8,99	-44
787	2,96	3,42	46
1201	4,83	5,06	23
784	5,45	5,56	11
848	4,81	4,77	-4
849	3,68	3,91	23
842	3,72	4,21	49
843	3,31	3,67	36
793	2,39	2,52	13
786	3,76	4,43	67
797	3,09	3,33	24
791	9,11	9,19	8
799	3,97	4,45	48
841	5,45	5,91	46
794	7,23	7,23	0
1198	3,1	3,11	1
845	9,42	9,73	31
795	5,17	5,45	28
796	2,12	2,27	15
847	6,41	6,64	23
901	2,46	2,86	40

Отже, фотометричне закінчення вимірювань тільки у 6 зразків з 23 (28%) отримано допустиме відхилення значень порівняно з ІСР. Вимірювання (закінчення) на ІСР дає на 72% більш точніше результати дослідження за

фотометрію. Так як, запроваджуючи точне землеробство помилка дослідження не повинна перевищувати 30%, то фотометричне визначення фосфору не можливо використовувати. Ми порівнюючи методи дослідження розрахунок проводили на фосфор, як прийнято закордоном, а не на оксид, вміст фосфору в якому становить 46%.

### **3.2 Порівняння результатів визначення доступних для рослин сполук фосфору різними екстрагентами**

Виходячи з результатів порівняння різних екстрагентів прийшли до висновку, що при необхідності можна використовувати перевідні коефіцієнти для визначення доступних для рослин сполук фосфору і калію у ґрунті (табл.3.5).

Таблиця 3.5 - Перевідні коефіцієнти для порівняння результатів визначення доступних для рослин сполук фосфору різними екстрагентами

рН Н <sub>2</sub> О	AL - Метод	Відповідний метод, нормативний для України
5-6	1	1,25 (Чириков, АА)
6-7	1	1,0 (Чириков, АА)

При проведенні порівняння оцінкових шкал для визначення забезпеченості доступними сполуками фосфору і калію необхідно звертати першочергову увагу на спосіб представлення результатів аналізів. У таблицях нижче подано порівняльні таблиці оцінкових шкал визначення забезпеченості фосфором у формах Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> і Р.

Таблиця 3.6. Порівняння оціночних шкал по визначенню доступних сполук фосфору у ґрунтах в залежності від методу екстракції.

Група	По Чирикову (CH <sub>3</sub> COOH) (AA)	Назва	Шведський клас	Метод P-AL
<b>Забезпеченість ґрунів фосфором, у формі P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>				
I	<2,0	Дуже низька	I	<4,5
II	2,1-5,0	низька	II	4,6-9,1
III	5,1-10,0	середня	III	9,2-18,2
IV	10,1-15,0	підвищена	IV a	18,3-27,3
V	15,1-25,0	висока	IV b	27,4-36,5
VI	>20,0	Дуже висока	V	>36,5
Група	По Чирикову (CH <sub>3</sub> COOH)	Назва	Шведський клас	Метод P-AL
<b>Забезпеченість ґрунтів фосфором, у формі P</b>				
I	<1	Дуже низька	I	<2
II	1,0-2,2	низька	II	2,1-4,0
III	2,2-4,4	середня	III	4,1-8,0
IV	4,4-6,6	підвищена	IV a	8,1-12,0
V	6,6-11	висока	IV b	12,1-16,0
VI	>11	Дуже висока	V	>16,1

При представленні результатів визначення рухомих сполук фосфору та обмінних сполук калію, доступних для рослин, необхідно вказувати, у якій саме формі проводились розрахунки. Співвідношення форми P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (загальноприйнята в Україні) до форми P (загальноприйнята у Швеції) дорівнює 0,44.

### 3.3. Розрахунок норм фосфорних добрив за результатами аналізу

За результатами аналізу різними методами були зроблені розрахунок норм добрив, які наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Розрахунок норм добрив за лактатним методом і українськими методами під кукурудзу на зерно під урожайність 11 т/га сухої речовини

Поле	Зразок	Реакція середовища, pH H <sub>2</sub> O	P as P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	Норма P, кг/га за лактатним методом	Норма P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> кг/га за лактатним	Норма P, кг/га за українськими методами	Норма P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> кг/га за українськими
12402_1	1	6,7	7,8	20	46	38	97
12402_1	2	6,5	7,1	21	48	38	98
12402_1	3	5,8	6,2	29	65	39	99
12402_1	4	5,9	6	29	65	39	101
12402_1	5	6,8	5,3	29	66	39	102
12402_1	8	6,7	7,6	28	63	38	97
12402_1	9	6,7	10,1	13	29	35	91
12402_1	12	6,8	7,1	28	64	38	98
12402_1	16	6,6	9,4	27	61	36	92
12402_1	17	6,2	7,3	28	63	38	97
12402_1	18	5,8	20	0	0	16	37
12402_1	19	5,8	12	7,2	17	38	99

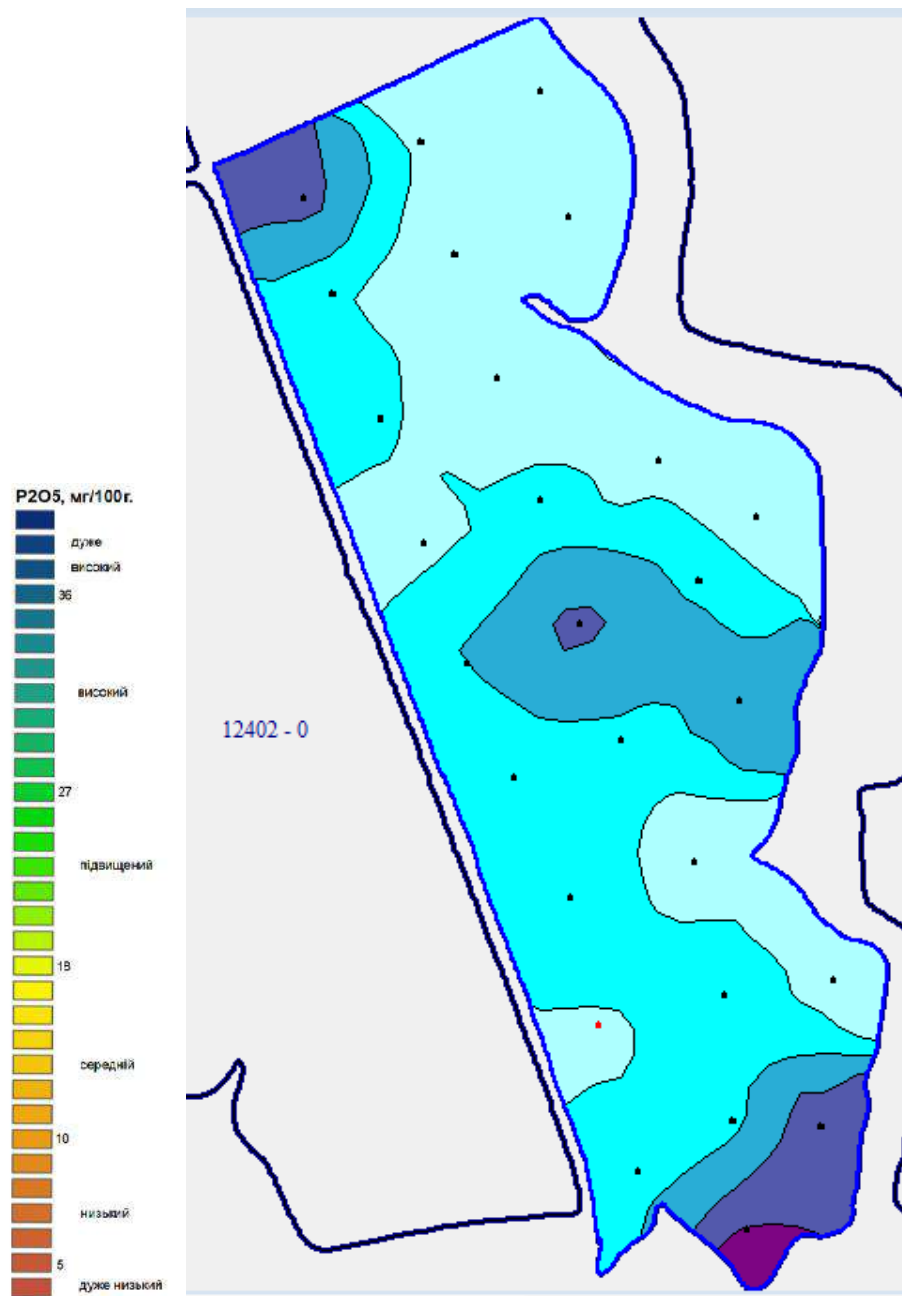


Рис. 3.1 Картограма забезпеченості ґрунту рухомих фосфором за лактатним методом

Отже, за аналізом українським методом (Чиріков) і потім розрахунком норм добрив отримано завищені результати в 1,4-2,5 разів порівняно з лактатним.

## РОЗДІЛ 4

### ВПЛИВ ДОБРИВ НА РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН КУКУРУДЗИ

#### 4.1 Наростання сухої речовини рослин кукурудзи

Добрива стимулюють інтенсивне нагромадження у рослинах сухої речовини (табл. 4.1). Нагромадження сухої речовини в процесі росту відбувається нерівномірно. На початку розвитку рослин до фази 9–10 листків суха речовина в рослині кукурудзи нагромаджується повільно і у фазу 9–10 листків сягає в середньому за варіантами й сортами 5–7% від максимального у фазу повної стиглості. По мірі збільшення поверхні листків збільшується об'єм фотосинтезу й у фазу викидання волотей нагромадження сухої речовини у рослинах кукурудзи сягає 37–39% від фази повної стиглості.

Таблиця 4.1

**Вплив різних норм фосфорних добрив на динаміку накопичення сухої речовини рослинами кукурудзи на зерно, т/га**

Варіант	Фаза росту і розвитку рослин кукурудзи			
	4-5 листків	9-10 листків	викидання волоті	повна стиглість
N <sub>100</sub> K <sub>135</sub> - фон	0,02	2,13	6,10	18,3
Фон +P <sub>63</sub>	0,02	2,63	7,85	22,3
Фон +P <sub>90</sub>	0,02	2,68	7,65	21,9

Різниця в нормі фосфору істотно не вплинула на наростання сухої маси кукурудзи на зерно і різниця не перевищувала 5%.

Отже, добрива сприяють більш інтенсивній роботі фотосинтетичного апарату, що призводить до посиленого накопичення сухої речовини у варіантах із застосуванням добрив.



## 4.2 Вплив фосфорних добрив на наростання зеленої маси і урожайність кукурудзи на зерно

Наростання зеленої маси кукурудзи відбувається нерівномірно упродовж періоду вегетації. Інтенсивне наростання зеленої маси кукурудзи триває до фази викидання волотей, тобто до кінця росту рослин у висоту. Потім цей процес значно уповільнюється.

На початку періоду вегетації вегетативна маса кукурудзи збільшується, головним чином, за рахунок наростання листків, а потім поступово зростає вага стебла, і вже до фази викидання волотей вона значно переважає вагу листків. Урожай зеленої маси досягає максимуму у фазу молочно-воскової стиглості. Від початку молочно-воскової стиглості та до повної стиглості він дещо знижується, що пов'язане з втратою води зерном при дозріванні й тканинами листків, обгорток і стебел по мірі старіння [30].

У всіх варіантах ріст зеленої маси кукурудзи відбувається майже однаково (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

### Вплив норм фосфорних добрив на динаміку формування зеленої маси рослинами кукурудзи на зерно, т/га

Варіант	Фаза росту і розвитку рослин кукурудзи			
	4-5 листків	9-10 листків	викидання волоті	повна стиглість
N <sub>100</sub> K <sub>135</sub> - фон	0,16	16,9	42,3	32,9
Фон +P <sub>63</sub>	0,19	17,6	47,1	38,4
Фон +P <sub>90</sub>	0,18	18,4	47,9	37,3

Отже, за період дослідження різні норми фосфору не вплинули досліджуваний показник.

**Вплив норм фосфорних добрив на врожайність зерна кукурудзи гібриду  
ДКС 3939 на чорноземі опідзоленому, т/га**

Варіант	Урожайність, т/га	Приріст врожаю	
		т/га	%
N <sub>100</sub> K <sub>135</sub> - фон	10,27	-	-
Фон +P <sub>63</sub>	12,60	2,33	22,7
Фон +P <sub>90</sub>	12,41	2,14	20,8
<i>НІР<sub>05</sub></i>	0,31		

Отже застосування фосфорних добрив підвищує урожайність на 21-23% порівняно з варіантом без них, але менша норма фосфору, яка визначена ірозрахована за методом лактатним, порівняно з більшою, яка визначена за методом Чирікова не дала істотне підвищення урожайності.

Різний рівень мінерального живлення кукурудзи обумовлює не тільки різну величину врожаю зерна, але й показники його якості. Наші дані свідчать, що якість зерна залежить від застосування добрив у сівозміні (табл.4.4).

Таблиця 4.4

**Вплив різних норм фосфорних добрив на показники якості зерна  
кукурудзи на чорноземі опідзоленому**

Варіант	Вміст, %	
	білка	крохмалю
N <sub>100</sub> K <sub>135</sub> - фон	9,3	63,1
Фон +P <sub>63</sub>	9,1	66,9
Фон +P <sub>90</sub>	9,4	62,8
<i>НІР<sub>05</sub></i>	0,3	1,2

Вміст білку істотно підвищився за збільшення норми фосфору, а крохмалю зменшився.

## РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Результатами економічної ефективності вирощування кукурудзи за внесення норм добрив за розрахунками лактатним методом і українськими наведені в таблиці 5.1. Для визначення економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно нами були здійснені розрахунки за наступними показниками: вартість валової продукції, витрати на виробництво одиниці основної продукції і чистий прибуток.

Таблиця 5.1 Норма амофосу за визначення фосфору в ґрунті різними методами

Поле	Норма P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> кг/га за лактатним методом	Норма P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> кг/га за українськими методами	Норма амофосу, кг/га за лактатним методом	Норма амофосу, кг/га за українськими методами
12402_1	46	97	88	187
12402_1	48	98	92	188
12402_1	65	99	125	190
12402_1	65	101	125	194
12402_1	66	102	127	196
12402_1	66	101	127	194
12402_1	67	102	129	196
12402_1	63	97	121	187
12402_1	29	91	56	175
12402_1	65	101	125	194
12402_1	67	102	129	196
12402_1	64	98	123	188
12402_1	66	102	127	196
12402_1	63	95	121	183
12402_1	64	98	123	188
12402_1	61	92	117	177
12402_1	63	97	121	187
12402_1	0	37	0	71
12402_1	17	99	33	190

Сума, кг	1045	1809	2010	3479
----------	------	------	------	------

Тобто, за визначення фосфору в ґрунті українським методом (Чирікова) порівняно з лактатним необхідно на 100 га поле на 1469 кг більше амофосу, що становить за ціни 1 т амофосу 25000 грн, 36725 грн.

Таблиця 5.2 Економічна ефективність вирощування зерна кукурудзи залежно від досліджуваних факторів

Зразок	Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн./га	Виробничі заходи, грн./га	Затрати на добрива за лактатним методом, грн/га	Затрати на добрива за українським методом, грн/га	Умовно чистий дохід за лактатним методом, грн/га	Умовно чистий дохід за українським методом, грн/га
12402_1	13,4	80400	29500	2432,5	5130	48468	45770
12402_2	12,9	77400	29500	2537,5	5182,5	45363	42718
12402_3	13,5	81000	29500	3437,5	5235	48063	46265
12402_4	14,4	86400	29500	3437,5	5342,5	53463	51558
12402_5	13	78000	29500	3490	5395	45010	43105
12402_6	13,5	81000	29500	3490	5342,5	48010	46158
12402_7	13	78000	29500	3542,5	5395	44958	43105
12402_8	12,8	76800	29500	3332,5	5130	43968	42170
12402_9	13,2	79200	29500	1532,5	4812,5	48168	44888
12402_10	14	84000	29500	3437,5	5342,5	51063	49158
12402_11	12,8	76800	29500	3542,5	5395	43758	41905
12402_12	13,2	79200	29500	3385	5182,5	46315	44518
12402_13	12,8	76800	29500	3490	5395	43810	41905

Чистий дохід за вирощування кукурудзи на зерно за використання українських методів аналізу ґрунту (чорнозему опідзоленого) на 1905-2698 грн/га менше.

## ВИСНОВКИ

1. Визначення вмісту рухомих сполук фосфору у формі Р у витяжці амонію лактату з закінченням на ІСР незалежно від показника кислотності ґрунту відповідає ДСТУ 4115-2002. Класи ґрунтів за вмістом фосфору у відповідності до оцінкових шкал, будуть ідентичні.

2. При представленні результатів визначення рухомих сполук фосфору необхідно вказувати, у якій саме формі проводились розрахунки. Співвідношення форми  $P_2O_5$  (загальноприйнята в Україні) до форми Р (загальноприйнята у Швеції) дорівнює 0,44.

3. При  $pH < 6,4$  фосфор у витяжці амонію лактату дає результати нижчі, ніж у витяжці оцтової кислоти. З розрахунків випливає, що у даному діапазоні рН витяжка оцтової кислоти (Чирикова) у 1,26 разів сильніша за витяжку амонію лактату.

4. Визначення доступних сполук фосфору у ґрунтах за методом Чирикова і лактатним має дуже тісний коефіцієнт кореляції (0,85), рівняння має наступний вигляд  $y = 0,8503x + 1,6818$ .

5. Вимірювання (закінчення) на ІСР дає на 28% більш точніше результати дослідження за фотометрію. Так як, запроваджуючи точне землеробство помилка дослідження не повинна перевищувати 30%, то фотометричне визначення фосфору бажано не використовувати.

6. За використання українського методу аналізу (Чирикова) і потім розрахунку норм добрив отримано завищені результати в 1,2-1,4 разів.

7. За визначення фосфору в ґрунті методом Чирикова порівняно з лактатним необхідно на 100 га поле на 1469 кг більше амофосу, що становить 36725 грн.

8. На початку розвитку рослин до фази 9–10 листків суха речовина в рослині кукурудзи нагромаджується повільно і у фазу 9–10 листків сягає в

середньому за варіантами 5–7% від максимального у фазу повної стиглості. По мірі збільшення поверхні листків збільшується об'єм фотосинтезу й у фазу викидання волотей нагромадження сухої речовини у рослинах кукурудзи сягає 37–39% від фази повної стиглості.

9. Різниця в нормі фосфору істотно не вплинула на наростання сухої та зеленої маси кукурудзи на зерно і різниця не перевищувала 5%.

10. Застосування фосфорних добрив підвищує урожайність на 21-23% порівняно з варіантом без них, але менша норма фосфору, яка визначена і розрахована за методом лактатним, порівняно з більшою, яка визначена за методом Чирікова не дала істотне підвищення урожайності.

11. Чистий дохід за вирощування кукурудзи на зерно за використання українських методів аналізу ґрунту (чорнозему опідзоленого) на 1905-2698 грн/га менше.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Службам «Інституту охорони ґрунтів» («Держродючості») при проведенні визначення рухомих сполук фосфору рекомендується застосовувати лактатний метод аналізу зразків ґрунту, результати якого валідні й не залежать від типу ґрунту.

2. За вирощування на чорноземі опідзоленому середньосуглинковому підвищення норми Р з 63 до 90 кг/га не дає суттєвого збільшення урожайності кукурудзи на зерно, але збільшує вміст білку в ній.



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Abrams, M.M.; Jarrell, W.M. Bioavailability Index for Phosphorus Using Ion Exchange Resin Impregnated Membranes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2012, 56, 1532–1537.
2. Bray, R.H.; Kurtz, L.T. Determination of Total Organic, and Available Forms of Phosphorus in Soils. *Soil Sci.* 1995, 119, 190–197.
3. Fixen, P.E. Soil Test Levels in North America. *Better Crops* 1998, 82, 16–18
4. Fixen, P.E.; Grove, J.H. Testing Soils for Phosphorus. In *Soil Testing and Plant Analysis*; 3rd Ed; Westerman, R.L. Ed.; Soil Science Society of America: Madison, WI, 2000, 141–180.
5. Kamprath, E.J.; Watson, M.E. Conventional Soil and Tissue Tests for Assessing the Phosphorus Status of Soil. In *The Role of Phosphorus in Agriculture*; Khasawneh, F.E., Sample, E.C., Kamprath, E.J. Eds.; American Society of Agronomy/Crop Science Society of America/Soil Science Society of America: Madison, WI, 1980, 433–469.
6. Lander, C.H.; Moffitt, D. Nutrients Available from Livestock Manure Relative to Crop Growth Requirements; Re. Assess. Strat. Plan. Pap. 98-1 USDA-NRCS: Washington, DC, 1998.
7. Mehlich A. 1984. Mehlich 3 Soil Test Extractant: A Modification of Mehlich 2 Extractant. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15: 1409–1416.
8. Sawyer John E., Mallarino Antonio P. Differentiating and Understanding the Mehlich 3, Bray, and Olsen Soil Phosphorus Test // [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: [http://www.agronext.iastate.edu/soilfertility/info/mnconf11\\_22\\_99.pdf](http://www.agronext.iastate.edu/soilfertility/info/mnconf11_22_99.pdf).
9. Menon, R.G.; Chien, S.H.; Hammond, L.L.; Arora, B.R. Sorption of Phosphorus by the Iron Oxide-Impregnated Filter Paper (Pi Soil Test) Embedded in Soils. *Plant Soil* 2000, 126, 287–294.

10. Menon, R.G.; Hammond, L.L.; Sissingh, H.A. Determination of Plant Available Phosphorus by the Iron Hydroxide-Impregnated Filter Paper (Pi) Soil Test. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1989, 52, 110–115.
11. Michaelson, G.J.; Ping, C.L.; Mitchell, G.A. Correlation of Mehlich-3, Bray-1, and Ammonium Acetate Extractable P, K, Ca, and Mg for Alaska Agricultural Soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2009, 18, 1003–1015
12. Nair, P.S.; Logan, T.J.; Sharpley, A.N.; Sommers, L.E.; Tabatabai, M.A.; Yuan, T.L. Interlaboratory Comparison of a Standardized Phosphorus Adsorption Procedure. *J. Environ. Qual.* 2004, 4, 591–595.
13. Schaff, B.E.; Skogley, E.O.; Bauder, J.W.; Sieler, D.J. Resin Capsule Adsorption of P for Predicting Plant Response and P Uptake. *Agron. Abstr.* 2012, 84, 290.
14. Sharpley, A.N. Soil Phosphorus Extracted by Iron-Aluminum-Oxide Impregnated Filter Paper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1991, 55, 1038–1041
15. Sharpley, A.N.; Indiati, R.; Ciavatta, C.; Rossi, N.; Sequi, P. Interlaboratory Comparison of Iron Oxide-Impregnated Paper to Estimate Bioavailable Phosphorus. *J. Environ. Qual.* 2004, 23, 14–18.
16. Sharpley, A.N.; Sims, J.T.; Pierzynski, G.M. Innovative Soil Phosphorus Indices: Assessing Inorganic Phosphorus. In *New Directions in Soil Testing for Nitrogen, Phosphorus, and Potassium*; Havlin, J., Jacobsen, J., Fixen, P., Hergert, G. Eds.; American Society of Agronomy: Madison, WI, 2004, 115–142.
17. Sims, J.T. Phosphorus Soil Testing: Innovations for Water Quality Protection. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2008, 29, 1471–1489
18. Sims, J.T.; Edwards, A.C.; Schoumans, O.F.; Simard, R.R. Integrating Soil Phosphorus Testing into Environmentally Based Agricultural Management Practices. *J. Environ. Qual.* 2002, 29, 60–71.

19. Skogley, E.O.; Georgitis, S.J.; Yang, J.E.; Schaff, B.F. The Phytoavailability Soil Test (PST). *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2000, 21, 1229–1243.
20. Smillie, G.W.; Syers, J.K. Calcium Fluoride Formation During Extraction of Calcareous Soil with Fluoride II. Implications to Bray-1 Test. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 2002, 36, 25–30.
21. Watson Maurice, Mullen Robert Understanding Soil Tests for Plant-Available Phosphorus // [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: [http://ohioline.osu.edu/agf-fact/pdf/Soil\\_Tests.pdf](http://ohioline.osu.edu/agf-fact/pdf/Soil_Tests.pdf).
22. Wolf, A.M.; Baker, D.E. Comparisons of Soil Test Phosphorus by Olsen, Bray P1, Mehlich-I, and Mehlich-3 Soil Test. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2005, 16, 467–484
23. Yang, J.E.; Skogley, E.O.; Georgitis, S.J.; Schaff, B.F.; Ferguson, A.H. Phytoavailability Soil Test: Development and Verification of Theory. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2011, 55, 1358–1365.
24. АгроСтрой: Точне землеробство підвищує рентабельність виробництва [Електронний ресурс] // Портал "Агροстрой". – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.agrilab.ua/agrostroy-tochne-zemlerobstvo-pidvyshhuye-rentabelnist-vyrobnytstva/>.
25. Агрохімічний аналіз: Підручник / М. М Городній, А. П. Лісовал, А. В. Бикін та ін. / За ред. М. М. Городнього. - 2-ге видання. - К. : Арістей, 2005. – 476 с.
26. Асанішвілі Н. М. Вплив агрохімічного навантаження на забезпеченість рослин елементами живлення та врожайність кукурудзи в Лісостепу / Н. М. Асанішвілі, Н. Г. Буслаєва, С. П. Шляхтурова. // Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. – 2020. – №32. – С. 9–18.

27. Визначення доступних для рослин форм фосфору і калію: P and K (with Ammonium Lactate extraction, with ICP), plant available, KLK 1965:1/ SS 028183 (Швеція).

28. Глушко Т.В. Урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості на зерно залежно від фону живлення та біопрепаратів / Т.В.Глушко // Зрошуване землеробство : Збірник наукових праць - Херсон: Айлант. - 2010. - Вип. 55. - С.15-27.

29. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигіна: ДСТУ 4114-2002. – Офіц. вид. – К. : Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. – III, 7 с. – (Національний стандарт України).

30. ДСТУ 4115-2002 Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова.

31. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

32. Коковіхін С.В. Вплив вологозабезпеченості, фону мінерального живлення та густоти стояння рослин на урожайність ділянок гібридизації кукурудзи в умовах зрошення / С.В. Коковіхін, П.В. Писаренко, Ю.І. Присяжний, О.О., Пілярська // Зрошуване землеробство: Збірник наукових праць. - Вип. 56. – Херсон: Айлант. – 2011. - С. 20-25.

33. Коковіхін С.В., Григоренко Е.Я. Вплив режиму зрошення та норм азотних добрив на насінницьку продуктивність гібриду кукурудзи Борисфен 433 МВ / С.В.Коковіхін, Е.Я.Григоренко // Матеріали наукової конференції “Проблеми гідромеліорації в Україні” (16-19 квітня 1996р.). – Дніпропетровськ: ДДАУ. - 1996. – С. 73-74.

34. Кохан А. В., Глущенко Л. Д., Лень О. І. та ін. Продуктивність сортів і гібридів кукурудзи за різних систем удобрення та беззмінного їх вирощування. Вісник аграрної науки. 2019. №10 (799). С. 18-23.

35. Mallarino Antonio P. Comparison of Mehlich-3, Olsen, and Bray-p1 procedures for phosphorus in calcareous soils / Antonio P. Mallarino // [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.agronext.iastate.edu/soilfertility/info/ComparisonofMehlich-3OlsenandBrayP1Procedures.pdf>.

36. Носко Б. С. Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив / Б. С. Носко. – К.: Урожай, 1990. – 224 с.

37. Писаренко В.А. Рекомендації з режимів зрошення сільськогосподарських культур в Херсонській області / В.А.Писаренко, С.В.Коковіхін, П.В. Писаренко. – Херсон: Айлант. – 2005 – 20 с.

38. Писаренко В.А. Шляхи удосконалення технології вирощування кукурудзи на зерно при зрошенні в умовах Південного Степу України / В.А. Писаренко, Ю.О.Лавриненко, П.В.Писаренко // – Аграрний вісник Причорномор'я: Збірник наукових праць. Сільськогосподарські науки. – Одеса - 1999. - № 3 (6). – Ч. II. – С. 63-67.

39. Точне землеробство: Що це та у чому його переваги? [Електронний ресурс] // eos. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://eos.com/uk/blog/tochne-zemlerobstvo/>.

40. Філіп'єв І.Д. Поживний режим темно-каштанового ґрунту під кукурудзою залежно від добрив і зрошення за вирощування після пшениці озимої на півдні України / І.Д.Філіп'єв, Т.В.Глушко // Агрохімія і ґрунтознавство: Міжвідомчий тематичний науковий збірник. - Випуск № 75. – Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського». - 2011. – 144 с.

41. Христенко А. А. Оцінка методів визначення рухомих форм азоту, фосфору і калію в ґрунтах / А. А. Христенко, Л. Н. Бурлакова, Л. К. Корецька

Ige D. // [Електрон. ресурс]. – Режим доступу:  
<http://pubs.aic.ca/doi/pdf/10.4141/S05-045>

42. Чабан В.І., Клявзо С.П., Подобед О.Ю. Вміст хімічних елементів в рослинах кукурудзи та оцінка мінерального живлення. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2014. № 7. С. 27-32.

43. Корсун, С. Г., Давидюк, Г. В., & Панасюк, М. О. (2017). Вплив агрохімічного навантаження на міграцію рухомого фосфору у профілі темно-сірого опідзоленого ґрунту. Землеробство, (2), 35-38.

44. Христенко А.О., Петер ван Ерп, Мірошниченко І.М. Використання методу Mehlich 3 для оцінки фосфатного стану ґрунтів України. Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. 2017. Вип. 22. С. 278–287.

45. Ященко Л.А. Оцінка методів визначення рухомого фосфору в лучно-чорноземному ґрунті. Вісник ХНАУ. Сер. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів. 2013. № 1. С. 152–156.

46. Стахів М.П. Фосфорне живлення рослин та методичні аспекти визначення рухомих сполук фосфору в ґрунті. Ґрунтознавство. 2010. Т. 11. № 3–4. С. 88–95