

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ,
СЕЛЕКЦІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ**

Кафедра біотехнології та хімії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

ДОСТУПНІСТЬ РОСЛИНАМ ФОСФОРУ І КАЛІЮ ПІДОРНИХ ГОРИЗОНТІВ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ГРУНТІВ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
Насінництво і насіннєзнавство
спеціальності 201 Агрономія
ступеня вищої освіти магістр
денної форми здобуття освіти
Обревко Данило Романович

Керівник: Сахно Тамара Вікторівна,
доктор хімічних наук, професор

Рецензент: ЛЯШЕНКО Віктор Васильович,
кандидат с.-г. наук, доцент

Полтава – 2024 року

ЗМІСТ	стор
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ	4
РОЗДІЛ I. ДОСТУПНІСТЬ ФОСФОРУ ТА КАЛІЮ ДЛЯ РОСЛИН У ПІДОРНИХ ГОРИЗОНТАХ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТІВ (літературний огляд).....	7
1.1.Значення фосфору в житті рослин.....	7
1.6. Значення калію в житті рослин.....	23
РОЗДІЛ II ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	30
2.1 Характеристика об'єктів дослідження.....	30
2.2. Схеми вегетаційного і модельного дослідів з вивчення доступності рослинам фосфору і калію різних горизонтів дерново-підзолистого ґрунту.....	38
2.3. Методика, постановка і техніка проведення вегетаційного і модельного дослідів.....	42
2.4.Схеми вегетаційних і модельного дослідів.....	49
2.5.Методи визначення агрохімічних показників ґрунтів і рослин...	50
РОЗДІЛ III РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ.....	52
РОЗДІЛ IV. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ФОСФОРУ І КАЛІЮ.....	83
РОЗДІЛ V. ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ФОСФОРНИХ ТА КАЛІЙНИХ ДОБРІВ.....	90
РОЗДІЛ VI. ОХОРОНА ПРАЦІ	99
ВИСНОВКИ.....	106
РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	108
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	109

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. Забезпечення сільськогосподарських культур необхідною кількістю поживних елементів у вигляді добрив є однією з обов'язкових умов отримання високих врожаїв. Але в сучасних економічних умовах, у зв'язку з диспаритетом цін на добрива, застосування їх в нашій країні різко скоротилося. Це стосується як фосфорних, так і калійних добрив. В результаті, баланс фосфору і калію в землеробстві країни є негативним, з перевищенням виносу цих елементів врожаями сільськогосподарських культур над надходженням в ґрунт [1].

У перехідний період до ринкових відносин внесення фосфорних добрив під сільськогосподарські культури в Україні скоротилося в 10-22 рази, і склало 2,3-3,6 P₂O₅/кг на 1 га, що в 24 рази менше, ніж у Великобританії, в 22 рази – у Франції, в 26 разів – в Нідерландах [2]. Аналогічна ситуація складається і з калієм, зростання споживання калію в світі в основному відбувається за рахунок інтенсифікації сільськогосподарського виробництва в країнах Азії і Бразилії. Наприклад, Китай в даний час імпортує більше 3 млн.т калію, для порівняння в Україні використовується калійних добрив в 14 разів менше [3].

Вивченням ролі підорних горизонтів у забезпеченні сільськогосподарських культур фосфором і калієм протягом багатьох років займалися такі видатні вчені, як А.О.Христенко, Б.С. Носко, С.А. Балюк, Ю.Л. Цапко, Р.С. Трускавецький та інші. Але, незважаючи на тривалу історію проведених досліджень в цій області, вчені все ще не прийшли до єдиної думки. Оцінка ґрунтів по забезпеченості рослин основними поживними елементами, зокрема фосфором і калієм, проводиться агрохімічною службою країни тільки за їх вмістом в орному горизонті (0-25 см), при цьому не враховуються потенціали підорного шару [4; 5].

Об'єкт дослідження: дерново-підзолисті ґрунти різного ступеня окультуреності, зокрема їх підпахотні горизонти, які є джерелом поживних елементів для сільськогосподарських культур.

Метою даного дослідження було вивчення доступності рослинам ячменю

і вівса фосфору і калію підпахотних горизонтів дерново - підзолистих ґрунтів.

Ставилися наступні завдання досліджень:

1. Визначити агрохімічні показники різних горизонтів дерново-підзолистих ґрунтів, що використовувались в дослідках;
2. Виявити вплив фосфору і калію підорних горизонтів дерново-підзолистих ґрунтів на продуктивність ячменю і вівса.
3. Визначити господарський винос фосфору і калію врожайми дослідних культур з орних і підорних горизонтів дерново-підзолистих ґрунтів;
4. Визначити коефіцієнти використання фосфору і калію культурами з горизонтів дерново-підзолистих ґрунтів.

Наукова новизна. Визначено розміри споживання ячменем та вівсом фосфору та калію з різних горизонтів (орного та підорного) дерново - підзолистих ґрунтів. Отримані результати можуть бути в подальшому враховані при розробці системи добрив цих культур.

Теоретична і практична значимість роботи. В даний час ґрунтова діагностика мінерального живлення сільськогосподарських культур проводиться без диференціації доступності елементів живлення з різних горизонтів ґрунту. Отримані результати досліджень свідчать про те, що перетворення сполук фосфору і калію в підорних горизонтах має свої особливості, які необхідно враховувати при розробці способів раціонального застосування добрив з урахуванням біологічних особливостей культур, ступеня окультуреності дерново-підзолистих ґрунтів.

Методологія та методи дослідження. Результати отримані на основі вегетаційного методу дослідження та загальноприйнятих лабораторних методик агрохімічного аналізу ґрунтів і рослин.

Обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, огляду літератури, шести розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Робота викладена на 119 сторінках машинописного тексту, містить 26 таблиць, 10 рисунків, список літературних джерел -95 посилань.

РОЗДІЛ I

ДОСТУПНІСТЬ ФОСФОРУ ТА КАЛІЮ ДЛЯ РОСЛИН У ПІДОРНИХ ГОРИЗОНТАХ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТІВ

(літературний огляд)

1.1 Значення фосфору в житті рослин

Фосфор в житті рослин відіграє величезну роль. Він є частиною молекул білка, необхідного для ділення клітинних ядер, бере участь у формуванні вегетативних частин рослини, сприяє накопиченню фосфору в плодах цукрів, жирів, крохмалю. При виникненні ознак, що вказують на дефіцит фосфору, необхідно внести в ґрунт мінеральні добрива [6].

Фосфор є обов'язковою складовою частиною живої клітини рослин, він входить до складу нуклеїнових кислот, які беруть участь в таких важливих процесах життєдіяльності рослинних організмів, як синтез білків і передача спадкових властивостей. Фосфор – це невід'ємна частина ДНК і РНК; підтримує процес фотосинтезу; бере участь в регуляції дихання рослин; прискорює проростання насіння; важливий елемент для формування кореневої системи; незамінний елемент для формування бутонів і насіння.

У свою чергу, нуклеїнові кислоти утворюють в рослинних організмах комплекси з білками, так звані нуклеопротеїди, які беруть участь в побудові клітинних ядер. Фосфор міститься також в речовинах, що визначають напрямок і швидкість біохімічних процесів в рослинах, — у вітамінах, гормонах, ферментах. Вміст валового фосфору в ґрунті змінюється в межах від 0,02 до 0,5% [7; 8]. Загальний вміст фосфору на нашій планеті становить приблизно 10^{19} тонн. 10^{15} тонн з цієї загальної кількості зосереджено в земній корі і дорівнює в середньому 0,08 - 0,12.

Як показали дослідження останнього часу, особливо велика роль фосфору в процесах дихання рослин і синтезу вуглеводів — крохмалю, цукрів. Крім того, фосфор входить до складу інших органічних сполук, що мають велике значення в житті рослин: фосфатидів, фітину, сахарофосфатів і ін.

Фосфатиди — речовини, подібні з жирами, але відрізняються від них наявністю фосфору і азоту [9].

Жироподібні речовини (фосфатиди) - похідні фосфатидної кислоти. Ця кислота є похідним гліцерину і містить два залишки вищих жирних кислот і один залишок фосфорної кислоти. Жироподібні речовини -названі фосфатидами, представляють ефіри гліцерину і жирних кислот. Крім того, вони в своїй молекулі містять фосфорну кислоту у вигляді ефіру з гліцерином і азотисту основу, поєднану з фосфорною кислотою. Іноді до складу фосфатидів входить не гліцерин, а інший спирт. З жирних кислот в фосфатидил виявлені насичені: пальмітинова, стеаринова і лігноцеринова, а також ненасичені: олеїнова, лінолева, арахідонова і нервонова кислоти.

Фосфатиди є частиною протоплазми і відіграють важливу роль в процесах проникнення і обміну речовин в клітинах рослин. Найбільше їх знаходиться зазвичай в зародках насіння рослин. У насінні пшениці фосфатидів в середньому міститься 0,6 - 0,7 %, в насінні гороху 1,1–1,3 і в насінні люпину синього близько 2,2 %. Фітин, що представляє собою кальцієво-магнієву сіль інозитфосфорної кислоти, є запасною речовиною в насінні рослин. Зміст його досить значний і становить, наприклад, в насінні льону 1,6%, соняшнику 2,0 %. При проростанні насіння фітин розкладається, при цьому утворюються більш прості сполуки фосфорної кислоти, які використовуються проростками і молодими рослинами для живлення.

В останні роки встановлена велика роль фосфору в накопиченні енергії за рахунок якої здійснюються багато найважливіших процесів в рослинному організмі. Вважають, що енергія світла, необхідна для синтезу органічної речовини в рослинах, попередньо накопичується в складній органічній сполуці-аденозинтрифосфорній кислоті. До складу цієї кислоти входять три залишки молекул фосфорної кислоти, послідовно з'єднаних так званими макроергічними зв'язками, тобто зв'язками, що несуть великий запас енергії. У процесах біохімічного обміну речовин залишки фосфорної кислоти можуть за допомогою ферментів відщеплюватися від аденозинтрифосфорної кислоти

і переноситися на інші сполуки разом з енергією, яку вони несуть. Неорганічні сполуки фосфору є у всіх частинах рослин-стеблах, листках, квітках, коренях і насінні. Накопичення неорганічного фосфору в стеблах рослин — один з признаков достатньої забезпеченості рослин фосфорним живленням. Неорганічні сполуки фосфору можуть накопичуватися в рослинах у вигляді солей калію, кальцію і магнію.

Вони служать запасними фосфорвмісними речовинами і використовуються в міру потреби на побудову органічних сполук, у вигляді яких зазвичай і знаходиться велика частина фосфору в рослині. Регулюючи рівень фосфатного живлення рослин, можна певною мірою управляти темпами їх росту і розвитку і, що часто не менш важливо, змінювати якість врожаю. Участь фосфору у вуглеводному обміні рослин дозволяє за допомогою фосфорних добрив впливати на підвищення вмісту цукру в коренях цукрових буряків, крохмалю в бульбах картоплі і т.д. За допомогою методу мічених атомів було встановлено, що частина фосфору, що надійшла в рослини знову виділяється через коріння.

Велика частина рослин в перший період життя має слабку здатність засвоювати важкорозчинні фосфати. Надходження фосфору в достатній кількості з моменту проростання насіння підсилює ріст кореневої системи, внаслідок чого різко зростає здатність рослин забезпечувати себе поживними речовинами і вологою з ґрунту.

Рясне живлення рослин фосфором значно прискорює утворення зерна і істотно змінює співвідношення між соломою і зерном у злаків на користь останнього [10]. На частку фосфору припадають зазвичай десятки частки відсотка від ваги сухих рослин. Найбільш багаті їм насіння рослин, в стеблах і листках фосфору значно менше. У той час як кількість фосфору в репродуктивних органах досить постійно, в стеблах і листках воно може змінюватися в досить широких межах в залежності від умов живлення рослин. За даними американських авторів, в період повної стиглості кукурудзи фосфору в різних органах рослини було (у відсотках від його загальної

кількості в урожаї): в зерні 52,3; листках 28,6; стеблах 10,5; обгортках качанів 4,4 і коренях 4,2. Недолік фосфору в живленні рослин різко позначається на утворенні репродуктивних органів. При гострому фосфорному голодуванні рослин припиняється також зростання стебел і листя. Відомо, що в природі існує близько 200 мінералів, що мають в своєму складі фосфор, але тільки фосфати кальцію, вивержений апатит і осадові фосфорити є сировиною для виробництва фосфорних добрив. Ці мінерали майже не розчинні у воді; складність будови їх молекул пояснює труднощі переходу в розчин фосфору, що міститься в них. У процесі тривалого вивітрювання апатит і фосфорит віддають деяку частину, що входить до їх складу, фосфорної кислоти в ґрунтовий розчин, що створює умови для живлення фосфором організмів і для залучення фосфору в біогеохімічний цикл [11].

Крім ґрунтоутворюючих порід джерелами сполук фосфору для ґрунтів можуть бути атмосферні опади, космічний і атмосферний пил, і, звичайно, органічні і мінеральні добрива, що вносяться в ґрунт. Вміст валового фосфору в ґрунті змінюється в межах від 0,02 до 0,5 %. Багатих фосфором ґрунтових типів в природі практично немає. Існуючий в природі процес біологічної акумуляції фосфору з нижніх шарів ґрунту, за допомогою глибоко проникаючої кореневої системи рослин, відбувається дуже повільно і темпи його не відповідають темпам відчуження фосфору з ґрунтів врожайними сільськогосподарських культур. Тому порушення балансу фосфору в біологічному кругообігу речовин може наступити набагато раніше, ніж азоту, запаси якого в природі невичерпні і поповнюються в результаті здатності вільноживучих і бульбочкових бактерій фіксувати атмосферний азот [12].

Фосфор в рослинах міститься в мінеральних, але більшою мірою в органічних речовинах. Одними з найбільш важливих сполук, що містять фосфор, є нуклеїнові кислоти, що займають центральне місце в тих процесах життєдіяльності, як зростання і розмноження, передача спадкових властивостей, синтез білків. З'єднання білкових речовин з фосфорною кислотою утворюють фосфопротеїдні білки-ферменти, що прискорюють

перебіг багатьох біохімічних реакцій. Кожна рослинна клітина містить також сукупність органічних сполук, що містять фосфор-фосфатиди або фосфоліпіди, які утворюють білково-ліпідні мембрани, що регулюють проникність клітинних оболонок для різних речовин. Крім цих речовин існують і інші необхідні рослинним клітинам сполуки фосфору органічної природи: фітин; сахарофосфати; аденозиндифосфат, аденозинтрифосфат. АТФ бере участь в процесах фотосинтезу, в біосинтезі білків, жирів, цукрів і багатьох інших сполук.

Мінеральний фосфор в рослинах є запасною речовиною, він підвищує буферність клітинного соку, підтримує тургор рослин і бере участь в інших життєво важливих процесах в рослинах. Мінеральні сполуки фосфору не накопичуються в значних кількостях, якщо фосфорне живлення рослин протікає нормально. Таким чином, неможливо переоцінити роль фосфору в житті рослин. Недолік цього елемента особливо гостро проявляється в початковий період розвитку рослин.

При нестачі фосфору стебло злакових культур стає грубим і дерев'янистим, число зерен в колосі зменшується, знижується продуктивна кущистість. Для отримання високих врожаїв потрібно уникати і надлишку цього елемента в живленні рослин. Так як підвищений вміст фосфору може призводити до завчасного розвитку рослин і передчасного дозрівання плодів, що знижує урожай сільськогосподарських культур. При нормальному фосфорному живленні урожай рослин підвищується і поліпшується його якість.

Рослини, витягуючи фосфор з ґрунту, використовують його для побудови своїх клітин і тканин. Винос сільськогосподарськими культурами фосфору в середовищі змінюється в межах 30-40 кг/га. У зв'язку з тим, що останнім часом на 1 га ріллі вносять в середньому всього лише 5-10 кг P_2O_5 , в землеробстві нашої країни складається негативний баланс фосфору в межах 16-30 кг/га.

Після відмирання рослинних і тваринних організмів органічна речовина мінералізується, і фосфор зі складних органічних сполук переходить в форму

фосфорнокислих солей. При розкладанні органічної речовини з низьким вмістом фосфору (0,2-0,3% P_2O_5) практично не відбувається накопичення доступних рослинам фосфорних сполук, тому що вони повністю зв'язуються ґрунтовими мікроорганізмами. Особливо важлива обставина, що утрудняє живлення рослин фосфором в ґрунтових умовах, є мала розчинність, мала рухливість, важка доступність рослинам фосфорних сполук ґрунту. У зв'язку з цим, розробка прийомів підвищення доступності сільськогосподарським культурам фосфорних сполук ґрунту є одним з головних завдань в агрохімії фосфору.

Валовий (загальний) вміст фосфатів в ґрунті є показником який характеризує рівень потенційної родючості ґрунтів, і значною мірою визначається мінералогічним складом ґрунтів і вмістом в них гумуса, чим легше ґрунт і чим менше в ній гумусу, тим менше в ній і фосфорної кислоти. Носко Б.С. [13] наводить наступні дані по вмісту валових запасів фосфору: 0,05-0,15% в дерново-підзолистих ґрунтах; 0,10-0,20% в сірих лісових; 0,15-0,30% в чорноземах; 0,10-0,20% від сухої маси в каштанових ґрунтах [14].

Однак високі показники загальних запасів фосфору в ґрунті далеко не завжди свідчать про його високу доступність рослинами. Їм доступні переважно рухливі форми фосфатів. Тому в традиційному агрохімічному обстеженні ґрунтів визначаються тільки рухливі сполуки фосфору, тобто ефективна родючість ґрунтів. В узагальнених даних географічної мережі Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» за змістом рухомого фосфору в дерново-підзолистих, сірих лісових, чорноземах вилужених, типових, звичайних, карбонатних і південних, каштанових ґрунтах спостерігається пряма залежність вмісту рухомого фосфору в ґрунті і врожайності зернових культур. На всіх цих ґрунтах зміна ступеня забезпеченості P_2O_5 від низького до високого рівня сприяли збільшенню врожайності зернових культур (озимої пшениці, ярої пшениці, ярого ячменю) практично в 2 рази [15]. Таким чином, створення оптимального фосфатного рівня і спрямованого регулювання фосфатного режиму дерново-підзолистих ґрунтів

вимагає знання всіх форм фосфорних сполук, що містяться в ґрунті [16]. А також вивчення ступеня їх доступності рослинам, і уявлення про те які зміни зазнають внесені в ґрунт фосфорні добрива [17].

Ґрунтовий фосфор можна розділити на чотири групи:

- 1) фосфор, присутній у вигляді іонів в ґрунтовому розчині;
- 2) фосфор органічної речовини ґрунту;
- 3) фосфор, адсорбований на поверхні неорганічних компонентів ґрунту;
- 4) фосфор, що входить до складу аморфних і кристаллических мінералів [18].

У ґрунті існує дві різні за природою групи органічних сполук фосфору: продукти біологічного синтезу і продукти гумусо-утворені [19]. На частку орґанофосфатів припадає від 10-40% всіх запасів фосфору ґрунту. Близько 1% органічних сполук фосфору в ґрунті представлено у вигляді фосфоліпідів, 3% інозитолфосфатами і нуклеїновими кислотами, крім того ідентифіковані фосфопротеїни, сахарофосфати, фітин і фосфоліровані карбонові кислоти. Вважається, що доступність рослинам ґрунтових органічних фосфатів визначається умовами їх мінералізації і залежить від біологічної активності ґрунту. Відомо, що різні бактерії, актино-міцети і гриби здатні розчиняти мінеральні форми фосфорних сполук в ґрунті.

Така здатність мікроорганізмів пов'язана з виробленням кислот, або ж з продукуванням ферментів (фосфатаз). Завдяки діяльності ґрунтової біоти, що утворює симбіотичні асоціації з вищими рослинами, поліпшується фосфорне живлення рослин особливо, якщо в ґрунті недостатньо доступного фосфору [20]. Ряд дослідників займається вивченням шляхів хімічного впливу на ґрунт мінеральними і органічними кислотами з метою мобілізації важкодоступних фосфатів [21; 22; 23].

Особлива увага приділяється культурам ендомікорізних грибів. Встановлено позитивний вплив цих грибів на врожай вівса, ячменю, сої та віки при надходженні фосфору в рослини. Дослідження мікробіологічної трансформації фосфору в ґрунті, розробка нових бактеріальних препаратів, здатних переводити складні фосфорорганічні сполуки в доступні для рослин

форми, є одним з актуальних напрямку в агрохімії фосфору [24; 25].

Слід пам'ятати, що з діяльністю мікроорганізмів пов'язано не тільки розчинення і мінералізація сполук фосфору, а й зворотний процес – біологічне закріплення фосфору в ґрунті. Якісно новий етап у вивченні фосфатів ґрунту пов'язаний з появою методів їх поділу. Методи поділу фосфору на фракції дозволили виявити, що перетворення фосфору в ґрунті залежить від типу ґрунтів і особливостей ґрунтоутворюючих процесів.

Мінеральні форми фосфору в ґрунтах представлені вторинними сполуками фосфору у вигляді солей кальцію, магнію, заліза, алюмінію, а також залишками первинних мінералів (такими, як апатити, фосфорити, варіцити, вівіаніти фосфорити). Фосфати полторних оксидів переважають в кислих ґрунтах, таких як дерново-підзолисті, а фосфати кальцію в нейтральних і лужних ґрунтах. Зустрічаються в ґрунті солі ортофосфорної кислоти і одновалентних катіонів (NH_4^+ , Na^+ , K^+) і однозаміщені солі двовалентних катіонів $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ и $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ розчинні у воді і добре засвоюються рослинами, але концентрація їх в ґрунтовогому розчині незначна [26].

Двозаміщені солі двовалентних катіонів нерозчинні у воді, але розчинні в слабких кислотах. Таким чином, рослини здатні витягувати фосфор з цих сполук за допомогою кислих корневих виділень, образующихся в процесі життєдіяльності рослин. Тобто вони також є хорошими джерелами фосфору. Велика ж частина мінеральних сполук фосфору в ґрунтах представлена слабозрчинними речовинами: тризамещеними фосфатами дво- і тривалентних катіонів. У зв'язку з цим, доступність їх рослинам визначається, перш за все, їх здатністю переходити в ґрунтовий розчин [27; 28]. Перерозподіл фосфатів з твердої фази в ґрунтовий розчин і навпаки - це динамічно змінюється процес, що залежить від таких факторів, як: залишкова кількість фосфору з добрив; ємність поглинання ґрунтів в відношенні фосфат-іонів; запас природних фосфатів в ґрунті; умови трансформації фосфатів (температура, вологість і т.д.); активність кореневої системи рослин. Частина фосфатів зв'язується ґрунтом настільки міцно, що не розчиняється навіть в

сильних кислотах і для рослин стають недоступними. Перехід фосфатів у важкорозчинну форму називається фіксацією фосфатів. Вивчення сорбційної здатності різних генетичних горизонтів дерново-підзолистих ґрунтів у дослідях показало, що найбільше фосфатів зв'язується в ілювіальному горизонті, найменше – в підзолистому горизонті. Сорбція фосфатів в ґрунті залежить від її гранулометричного складу: чим важче цей склад, чим більше в ньому Fe^{3+} і Al^{3+} , тим більше сорбція, чим він легше, тим сорбція менше. Особливо багато поглинають ґрунти багаті полуторними оксидами, і сильно кислі ґрунти. Сорбція фосфорних сполук, внесених в ґрунт, протікає в основному протягом перших 10 днів.

При низьких концентраціях фосфору в ґрунтовому розчині активно протікає хемосорбція фосфатів. Збільшення концентрації фосфат-іонів призводить до переважання процесів адсорбції: обміну аніонів фосфорної кислоти, що знаходяться в ґрунтовому розчині з аніонами органічних і мінеральних кислот. Хімічне зв'язування розчинних фосфатів в ґрунті катіонами кальцію, заліза і алюмінію протікає з утворенням проміжних засвоюваних рослинами форм. Але з часом у зв'язку зі старінням аморфних осадів, відбувається перехід їх в кристалічний стан і перетворення в важкорозчинні сполуки недоступні для рослин. Внесення фосфорних добрив призводить до зміни співвідношення форм сполук фосфатів в ґрунті в бік збільшення вмісту рихлозв'язаних фосфатів. Глинисті мінерали, що входять до складу ґрунтів, здатні адсорбувати фосфат-іони з ґрунтового розчину. Відомо також, що при підкисленні дерново-підзолистих ґрунтів доступність сорбованих фосфатів рослинам знижується. Було виявлено, що при зміні рН нижче 5,3 відбувається руйнування глинистих мінералів, внаслідок чого збільшується вміст розчинних сполук Al, Fe і Mn, які зв'язуючись з фосфат-іонами, утворюють важкорозчинні сполуки [29]. Таким чином, з узагальнення численних дослідів встановлено, що сприятливі умови для поліпшення фосфатного режиму кислих ґрунтів встановлюються при рН 5,5-6,5. Динаміка вмісту фосфатів в ґрунтах-результат досить складних перетворень фосфатів

різної розчинності. Як показують польові та лабораторні дослідження, групи фосфатів, виділені за методом Ф. В. Чирикова, знаходяться в ґрунті в стані постійної взаємодії, тобто фосфатна система ґрунту є рівноважною [30].

У дослідженнях різних авторів було виявлено, що міграція фосфору відбувається виключно у вигляді органомінеральних сполук [31].

Внесення фізіологічно кислих добрив призводить до підкислення ґрунтового розчину, в результаті чого посилюється міграція фосфорорганічних сполук, збільшуючи рухливість обмінних основ, полуторних оксидів заліза і алюмінію і гумусових речовин. У літературі є дані про те, що на міграцію фосфору в ґрунті впливає обробка ґрунту. На думку Ю. Ю. Бандурович [32] при оранці відбувається накопичення рухомих форм фосфору в глибокому шарі ґрунту (30-50 см), при безвідвальних обробках – у верхньому шарі (0-10 см).

У дослідженнях Волкогон В. В. [33] в умовах ґрунтів області на глибину міграції фосфору добрив чинили вплив вологість, норми поливу і терміни внесення. У дослідах з вивчення пересування фосфатів на сероземах з використанням ізотопу P^{32} частина фосфору під впливом поливу мігрувала на 4-5 см за профілем ґрунту. Найбільша кількість його залишалася на глибині, на яку були внесені добрива.

Основними факторами, що впливають на пересування фосфору в підорний шар, можуть бути: насичення фосфатної ємності орного шару ґрунту, перенесення фосфору корневими система рослин при їх відмиранні. Про ступінь насичення аніонної ємності поглинання орного шару ґрунту побічно можна судити по інтенсивності накопичення фосфору в підпахотном шарі ґрунту (або інших нижчележащих шарах) [34].

Таким чином, позитивна дія фосфорних добрив на урожай культур не залежить від того, вносяться вони в запас на ряд років, або щорічно, так як фосфор практично не вимивається з коренеобитаемого горизонту. При оцінці ефективності фосфорних добрив важливо враховувати і їх післядію [35].

Характер розподілу фосфору за профілем підзолистих ґрунтів

обумовлений його участю як в біологічному кругообігу (закріплення в гумусі, зв'язування рослинами і мікроорганізмами, а потім повернення з відмерлими залишками), так і в абіогенних процесах (хімічне осадження, розчинення і пересування з водами). Співвідношення інтенсивностей біологічного кругообігу і абіогенних процесів обумовлює формування фосфорного профілю ґрунту. У досліджуваних дерново-підзолистих ґрунтах, що розвиваються в умовах інтенсивного промочування атмосферними опадами, фосфор розподілений по елювіальному типу [36].

Для дерново-підзолистих ґрунтів характерно низька природна родючість, що пов'язано, перш за все, з підвищеною кислотністю ($\text{pH}_{\text{сол}}$ 4-5), невисоким вмістом гумусу (2-4%), низьким вмістом загального азоту і рухомих фосфатів, ступінь насиченості основами 30-70%, в складі поглинених катіонів переважає алюміній [37].

Вміст валового фосфору в дерново-підзолистих ґрунтах становить від 0,03 до 0,2% P_2O_5 , вміст рухомих фосфатів по Кірсанову низький, що свідчить про те, що фосфор в цих ґрунтах міститься в важкорозчинних формах [38].

Фосфор, в кислих підзолистих і дерново-підзолистих ґрунтах більшої частини, пов'язаний з полуторними оксидами, як у вигляді адсорбованих сполук, так і у вигляді фосфатів заліза і алюмінію; звідси мала рухливість фосфору в інтервалі pH 4,0-5,5 звичайному для цих ґрунтів [39].

Дослідження, проведені в польовому стаціонарному досліді на дерново-підзолистому середньосуглинистому ґрунті, показали, що примінення гнойово-мінеральної системи добрива ($\text{N}_{69}\text{P}_{13}\text{K}_{29} + 17,5$ т гною в середньому на 1 га, всього 304 кг) призводить до збільшення вмісту загального і мінерального фосфору в порівнянні з вихідним на 200 мг/кг ґрунту і зниження вмісту цих форм фосфору на 120 і 60 мг/кг ґрунту в контрольному варіанті (без добрив) відповідно. При внесенні добрив збільшився вміст всіх фракцій фосфорних сполук в шарах ґрунту 0-20, 20-40 і 40-60 см, але в різному ступені. При цьому відповідні показники знижувалися з глибиною. Зростаючі дози добрив достовірно підвищили за 24 роки вміст всіх форм калію в ґрунті в

шарах 0-20, 20-40 см. збільшення вмісту рухомих форм фосфору в орному шарі ґрунту відбулося в залежності від рівня удобреності на 40 - 148 мг/кг ґрунту, а калію – на 37-132 мг/кг ґрунту.

Але при різкому зменшенні темпів вапнування, у зв'язку з підвищенням цін на добрива, площі кислих ґрунтів в Україні зросли. Сьогодні дерново-підзолисті ґрунти з підвищеною кислотністю в ряді регіонів займають велику питому вагу. Так, за даними агрохімічної служби агентства по сільському господарству, такі ґрунти є в Центральних областях більше 18 %, в північно-західному – 18,7 % - з них сильнокислі – 14,1 % [40].

При значному вмісті в дерново-підзолистих ґрунтах рухомих форм алюмінію, заліза і марганцю знижується розчинність фосфатів, погіршується фосфорне живлення рослин. Як показали результати досліджень фосфорні добрива без попереднього вапнування проявляють слабку ефективність [41].

Вапно ефективне навіть при невеликих дозах (0,5 г.к.), особливо на кислих ґрунтах з високим вмістом рухомого алюмінію (7-10 мг/100 г ґрунту і вище). Вапнування слабоокультурених дерново-підзолистих ґрунтів особливо високими дозами вапна в значній мірі покращує забезпеченість рослин фосфором. У вегетаційному досліді з дерново-підзолистими ґрунтами внесення вапна по 2,0 г. к. було настільки значним, що внесення фосфорних добрив на вапняному тлі було неефективним. Раніше вважалося, що внесення великих доз вапна (по 1,5 і 2,0 г.к.) може призводити і до зниження доступності рослинам фосфатів. Використання методів фракціонування мінеральних фосфатів не підтвердило існуючу думку про перетворення фосфату заліза і алюмінію в фосфати кальцію при вапнуванні повними дозами вапна дерново-підзолистих суглинних ґрунтів.

У дослідженнях вчених тривале систематичне внесення фосфорних добрив призводило до збільшення всіх форм фосфорних сполук, але найбільшим змінам в кількісному і якісному відношенні піддавалися групи мінеральних сполук. Таким чином, було визначено, що запаси органофосфатів в ґрунтах більш стійкі.

В результаті проведених досліджень у міру збільшення вмісту рухомих форм фосфору в ґрунті до певної межі відбувається зростання врожайності сільськогосподарських культур і підвищується їх стійкість до різних несприятливих умов (відсутність добрив, посуха, низькі негативні температури).

У дослідженнях різних авторів було виявлено тісний взаємозв'язок між вмістом рухомих фосфатів в ґрунті і продуктивністю рослин, а також їх чуйністю на внесення фосфорних добрив.

На основі даних отриманих в дослідгах, було виявлено, що оптимальні рівні вмісту фосфору в ґрунтах залежать від багатьох факторів. На вміст в ґрунті рухомих форм фосфору впливає кислотність ґрунту, гумусованість, її водний і температурний режими, гранулометричний склад, вміст в ній рухомих сполук заліза і алюмінію, достатня забезпеченість ґрунтів азотом.

Оптимальним фосфатним рівнем ґрунту вважають такий вміст рухомих фосфатів в ґрунті, при якому створюються достатні умови для формування максимальних врожаїв культур сівозміни, а подальше збільшення дози внесення фосфорних добрив не призводить до збільшення врожаю. На думку S.S.S. Rajan [42], оптимальний рівень вмісту рухомих фосфатів – це рівень, при якому досягається не менше 90-95% від максимального врожаю, і лише 5-10% відсутнього врожаю заповнюється за рахунок фосфорних добрив, що компенсують винос цього елемента рослинами.

При тривалому землеробському використанні ґрунтів, зокрема чорнозему вилуженого і типового, без внесення добрив, незважаючи на те, що може відбуватися навіть деяке збільшення вмісту рухомих форм фосфору, кількість його валових форм в ґрунті знижується. Таким чином, застосування фосфорних добрив є основним способом оптимізації фосфатного рівня ґрунтів. Відомо, що фосфор добрив вступає в складну взаємодію з ґрунтом, в результаті чого перша культура використовує лише частину внесеного з добривами фосфору (10-30 %) [43].

Тривалі дослідження (понад 20 років), на чорноземі опідзоленій в

умовах зерносвеклової сівозміни показали, що у варіанті без внесення добрив вміст рухомого фосфору в орному шарі (0-30 см) зменшився на 30,8 %, підорний (30-40 см) на 17,7 %. У варіанті з систематичним застосуванням мінеральних добрив $N_{50}P_{42}K_{50}$ відбулося збільшення вміст рухомого фосфору в 2-й ротатії до вихідного: в орному шарі – на 15,6 %, в підорному – на 7,5 %. Сумарні запаси в шарі 0-40 см ґрунту зросли на 54 кг/га [44].

Таким чином, внесення добрив, незважаючи на низьку міграцію фосфору за профілем ґрунтів, все ж призводить до збільшення вмісту рухомих його сполук не тільки в орних горизонтах, але і в підорних шарах. При систематичному застосуванні добрив протягом 8 років вміст рухомих форм фосфору, в орних і підорному горизонтах збільшився відповідно на 15 і 47 мг/кг. При цьому значно збільшилася і ступінь рухливості фосфатів [45].

У дослідженнях Потапенко Л. В [46] внесення суперфосфату в дозах 120 кг д. р./га сприяло високій забезпеченості рослин легкодоступним фосфором в шарі ґрунту 0-20 см і підвищеної в шарі 20-40 см в основні фази розвитку рослин.

У тривалому польовому досліді на дерново-підзолистому суглинистому ґрунті за 16 років післядії добрив вміст легкорухливого фосфору в орному і підорічних шарах ґрунту перебували в тісній кореляції з дозами фосфорного добрива і вмістом рухомого фосфору в ґрунті. У тривалому польовому досліді з різними формами фосфорних добрив на базі агрохімічної дослідної станції позитивна дія на врожайність культур польової сівозміни спостерігалася більше 30 років, на Ротамстедської дослідної станції в Англії їх дія відзначалося більше 50 років.

Було введено поняття про «зафосфачування» ґрунтів, пов'язане з накопиченням в ґрунтах такого рівня фосфору, при якому рослини задовольняють потребу в ньому за рахунок засвоєваних фосфатів, і не потребують внесення добрив [47].

Оптимізація забезпеченості сільськогосподарських культур фосфором передбачає бездефіцитне фосфорне живлення рослин як за рахунок рідних, так

і свіжовнесених і залишкових фосфатів. Сумарна кількість різних сполук фосфору в ґрунті має відповідати фактичній потребі в ньому рослин. У зв'язку з цим проблема фосфору в даний час все більше трансформується в проблему раціонального використання, як залишкових, так і свіжовнесених фосфатів в адаптивно - ландшафтному землеробстві.

1.2. Значення калію в житті рослин

Калій-один з основних компонентів земної кори. Літосфера містить в середньому 2,5% калію. Калій знаходиться в рослинах в іонній формі і бере участь в різних фізіологічних процесах протікають рослинах. Він міститься, головним чином, в цитоплазмі і вакуолях, підвищуючи гідрофільність протоплазми і проникності клітинних стінок. 80% калію міститься в клітинному соку і легко витягується водою, тому калій вимивається з рослин дощами, особливо зі старого листа. Іон калію впливає на фізичний стан колоїдів [48].

Під впливом калію ступінь набухання колоїдів клітини різко зростає. Катіон калію відповідає за регулювання процесів надходження води в клітини рослини, створення тургору і зменшення випарювання, що допомагає рослині переносити тимчасові посухи. Підвищує оводненість колоїдів клітини, тим самим забезпечуючи нормальний перебіг синтетичних процесів в клітині. Калійне живлення рослин впливає на процеси утворення в них вуглеводів. Так під дією калію відбувається синтез найпростіших вуглеводів і перетворення їх в більш складні молекули, що сприяє потовщенню клітинних стінок соломини злакових культур, і підвищенню стійкості хлібів до вилягання.

Під впливом калію підвищується концентрація клітинного соку, внаслідок великого накопичення розчинних вуглеводів, зростає стійкість озимих культур до низьких температур. Калій бере участь в пересуванні простих вуглеводів з листя в корені і збільшує вміст складних вуглеводів в бульбах картоплі і цукру в коренях цукрових буряків Катіон калію активізує одну з перших реакцій фотосинтезу – утворення АТФ і необхідний для синтезу в рослинах хлорофілу. Цей елемент підсилює поглинання рослинами фосфору

і прискорює синтез фосфорорганічних сполук, що має велике значення в житті рослин. При калійному голодуванні, особливо в умовах низьких температур в зоні коренів, змінюється розподіл фосфору між надземними органами рослин і корінням. Недолік калію в рослині перешкоджає відтоку асимілянтів з листя, пересування речовин з листя сповільнюється більш ніж в 2 рази. Так як калій бере участь в побудові міцних механічних волокон і тканин рослин, то при його нестачі в рослинах створюються сприятливі умови для розвитку в тканинах рослин грибів і бактерій.

При різкому нестачі калію на листках рослин виявляються жовті плями, краї листя буріють, можуть змінювати форму, скручуються, Ріст рослин сповільнюється, сильно коротшають міжвузля. В окремих органах рослин калію міститься неоднакова кількість. У бадиллі картоплі калію знаходиться більше, ніж в бульбах, в соломі злаків – більше, ніж в насінні.

Винос калію рослинами варіює від біологічних особливостей культур. Так, наприклад, загальний винос K_2O кг/га зернових культур становить 45-77, а овочевих культур 175-310. Найбільше калію міститься в молодих зростаючих органах рослин. Зі старого листя калій пересувається в більш молоді, таким чином, використовується повторно, тобто реутілізується [49].

Валовий вміст калію в ґрунтах великий ($\geq 1-3\%$) порівняно з азотом або фосфором, вміст яких у ґрунтах не перевищує кількох десятих відсотка. Таким чином, можна зробити висновок, що недолік для рослин калію в ґрунтах повинен зустрічатися рідше, ніж недолік азоту і фосфору, що і відповідає дійсності (виняток – «калієлюбні» культури) [50].

У всіх ґрунтових зонах на ґрунтах піщаних і супіщаних ефективність калійних добрив в більшості випадків вище, ніж на ґрунтах суглинних. Внесення калійних добрив на ґрунтах легкого гранулометричного складу є обов'язковою умовою системи застосування добрив [51]. На легких ґрунтах необхідно дробове внесення калійних добрив у зв'язку з його вимиванням з ґрунту [52]. Вміст валового калію у важкосуглиннистих дерново-підзолистих ґрунтах досягає 3%, на рихлопесчаних знижується до 1%. Основним резервом

доступного рослинам калію є дисперсні фракції ґрунту, що містять переважно вторинні глинисті мінерали і тон-коізмельченні уламки слюдистих мінералів. У супіщаних дерново-підзолистих ґрунтах переважають хлоровані мінерали найбільш рухових стадій хлоритизації- іліт і каолінит [53].

При вивітрюванні в результаті фізико-хімічних процесів, що протікають в ґрунті, відбувається руйнування мінералів, калій вивільняється з кристалічної решітки і переходить в доступний для рослин стан, поповнюючи обмінну і необмінну форми калію і калій ґрунтового розчину [54].

Встановлено, що різні форми ґрунтового калію знаходяться в динамічній рівновазі один з одним, інтенсивність цієї рівноваги і визначає здатність ґрунту постачати рослини цим елементом живлення. У дерново-підзолистих супіщаних ґрунтів ця здатність дуже низька (обмінний калій – 35 мг/кг, необмінний – 374 мг/кг), у важких суглинків – істотно вище (обмінний калій – 77 мг/кг; необмінний-1220 мг/кг) [55].

Вапнування ґрунтів, як фактор, що поліпшує умови розвитку рослин на дерново-підзолистих ґрунтах, в загальному, підсилює ефективність калійних добрив. Потреба в калії зернових культур значно слабкіше, ніж у кормових культур, але і вони реагують на калійні добрива по фоні вапна сильніше, ніж без вапна. Урожай озимої пшениці в одному з багаторічних дослідів збільшився від застосування калійних добрив на тлі NP по вапну на 2,5 ц/га, або 12 %, а без вапна на 0,3 ц/га, або 3%. Таким чином, вапнування підвищувало ефективність калійних добрив на зернових культурах. В результаті вапнування в рослину надходить більше кальцію, середовище клітинного соку стає невривноваженим і потреба рослин в калії значно зростає.

Аналіз даних по динаміці вмісту рухомого калію, отриманих в тривалому польовому досліді з дерново-підзолистими середньосуглинистими ґрунтами різного рівня окультуреності, використовуваних в 7-польному сівозміні, показав, що з глибиною вміст калію змінюється в залежності від рівня окультуреності ґрунту [56].

Протягом 37 років в неудобреному ґрунті з низьким рівнем родючості

вміст рухомого калію помітно зростає в підпахотном шарі 20-40 см і становить 114 мг/кг, в шарі 40-60 см – 136 мг/кг ґрунту. У орному шарі вміст рухомих форм калію становив 63 мг/кг ґрунту, таким чином, рослини, що ростуть на погано окультуреному ґрунті мали слаборозвинену кореневу систему, яка в основному була ло-калізована в орному горизонті, звідки і відбувалося переважне поглинання поживних речовин. У ґрунті з підвищеним рівнем окультуреності вміст рухомого калію в шарі 20-40 см дещо зменшується в порівнянні з орним горизонтом, а в шарі 40-60 см зростає до 135 мг/кг ґрунту.

Тривалий дефіцитний баланс калію в агроценозі, пов'язаний з невикористанням калійних добрив, обумовлює перехід цього елемента в розряд першого мінімуму, що лімітує врожайність культур. Використання інших видів мінеральних добрив при сильному дефіциті калію в дослідках Черно О.Д [58] на сірому лісовому ґрунті не призводило до підвищення врожайності картоплі, тільки збалансоване живлення забезпечило одержання стабільно високих врожаїв. На думку цього ж автора, високий вміст рухомих форм калію в ґрунті агроценозу після припинення використання калійних добрив досить швидко (за 4-5 років) знизився до рівня, властивого цілинному аналогу [59].

Участь калійних добрив у формуванні врожаю озимої пшениці в Південно-тайговій зоні становить 24 %, в степовій зоні знижується до 10 %, а в сухостеповій взагалі відсутня [60]. Калійні добрива необхідно використовувати в поєднанні з органічними і мінеральними добривами, а на кислих ґрунтах – і з вапнуванням на тлі високої агротехніки.

При вапнуванні кислих ґрунтів доступність калію рослинам різко знижується, незважаючи на високий вміст цього елемента в ґрунті, внаслідок фіксації його глинистими мінералами, а також антагонізму кальцію і калію. Для створення оптимальних умов живлення рослин калієм нерідко виникає необхідність у збільшенні доз калійних добрив в 1,5-2 рази.

У дослідженнях Трускавецького Р. С., Цапка Ю. Л., Чешка Н. Ф. [61] при низькій забезпеченості ґрунту рухомим калієм, вапнування в деякій мірі гальмувало надходження калію в рослини. Так, протягом 14 років винос калію

сільськогосподарськими культурами склав на контрольному варіанті 593 кг/га, при внесенні з повторним вапнуванням NK – 672, а NPK – 1369 кг/га. Без повторного вапнування винос калію відповідно склав 703, 801 і 1568 кг/га. Отже, при проведенні вапнування необхідно додатково застосовувати калійні добрива.

Поєднання вапнування з систематичним застосуванням мінеральних добрив-необхідна умова реалізації потенційної ефективності калійних добрив на кислих ґрунтах, особливо легких по гранулометричному складу. Дослідження Скороход В. І. [62], виконані на легких супіщаних і піщаних ґрунтах, показали, що внаслідок фізіологічної кислотності калійних добрив їх тривале застосування призводить до збільшення ґрунтової кислотності. Вапнування таких ґрунтів з використанням доломітового борошна усувало підвищену кислотність ґрунту, поліпшувало умови росту і розвитку культурних рослин [63].

РОЗДІЛ II ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Агрохімічні властивості дерново-підзолистих ґрунтів

Найпоширеніші дерново-підзолисті ґрунти формуються на моренних і алювіальних наносах різного механічного складу під листяно-хвойними і хвойно-широколистяними лісами з мохово-трав'янистим або трав'янистим наземним покривом. Підтип дерново-підзолистих ґрунтів характеризується наявністю добре вираженого гумусового горизонту потужністю від 5 до 20 см. Вміст гумусу в цілинних ґрунтах досягає 3-7%. У гумусовому горизонті ясно простежується накопичення обмінного кальцію і магнію. При просуванні вниз по ґрунтовому профілю спостерігається різкий спад вмісту гумусу. У центрі і на півдні основний фонд складають дерново-підзолисті, переважно розорані ґрунти. Мозаїчність ґрунтового покриву обумовлена строкатістю літологічного складу ґрунтоутворюючих порід.

Дерново-підзолисті ґрунти під природною рослинністю мають на поверхні або дернину A_d , або лісову підстилку A_0 , потужність якої становить від 3 до 5 см. Під дерниною або лісовою підстилкою розташовується гумусово-ілювіальний або дерновий горизонт A_1 . Нижче дернового залягає підзолистий горизонт A_2 , за яким слід перехідний горизонт A_2B або ж ілювіальний B , який поступово переходить в почвообразующу породу C , у орних дерново-підзолистих ґрунтах орним горизонт $A_{ор}$ змінюється перехідним або безпосередньо ілювіальним горизонтом.

Основними агрохімічними властивостями дерново-підзолистих ґрунтів є: кисла реакція (pH_{KCl} 4-5), ненасиченість основами (70-80 %), тобто в складі поглинених катіонів переважає алюміній, невисокий вміст гумусу (2-4 %). Поверхневі горизонти збагачені кремнеземом і збіднені полуторними оксидами, які накопичуються в ілювіальному горизонті. Ґрунти бідні рухливими формами поживних речовин, мають несприятливі водно-фізичні властивості, потребують широкого застосування добрив і вапнування. Фізико-хімічні властивості дерново-підзолистих ґрунтів і їх гідротермічний режим поліпшуються з півночі

на південь і погіршуються з заходу на схід. У такому ж напрямку змінюються агрохімічні їх властивості та ефективність добрив [65; 66; 67].

2.2. Схеми вегетаційного і модельного дослідів з вивчення доступності рослинам фосфору і калію різних горизонтів ґрунту

Схема з вивчення доступності рослинам фосфору і калію з різних горизонтів дерново-підзолистого слабо окультуреного ґрунту представлена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Схема з вивчення доступності рослинам фосфору і калію з різних горизонтів дерново-підзолистого слабоокультуреного ґрунту

Ґрунт ДП-1 (горизонти)	Варіант
А пах	NPK
	NP
	NK
А ₁ А ₂	NPK
	NP
	NK
В	NPK
	NP
	NK

У травні 2024 р.були закладені вегетаційний дослід з вивчення доступності рослинам вівса фосфору і калію різних горизонтів дерново-підзолистого середньоокультуреного ґрунту. Об'єктами дослідження були різні горизонти дерново-підзолистого середньоокультуреного ґрунту (ДП-2) і дослідна культура – овес сорту Привіт. Схеми дослідів, техніка закладки, методика спостереження за рослинами дослідів 2023 і 2024 рр.були ідентичні і відповідали вимогам вегетаційного методу.

2.3. Методи визначення агрохімічних показників ґрунтів і рослин

Визначення гумусу проводили у відповідність до стандартів. Визначення органічної речовини (гумусу) за методом Тюріна в модифікації НААН. Метод заснований на окисненні органічної речовини двухромовоокислим калієм в концентрованої сірчаної кислоти з подальшим визначенням тривалентного хрому, еквівалентного вмісту органічної речовини в ґрунті, на фотоелектроколориметрі КФК-2 [89].

Визначення суми поглинених основ. Суму обмінних основ визначали за методом Л. Каппена-Н. Гільковіца. Наважку ґрунту оброблялася 0,1 М розчином соляної кислоти при співвідношенні ґрунту і розчину 1:5. Певна частина кислоти витрачається на витіснення поглинених основ, решту відтитровують 0,1 М розчином гідроксиду натрію. Після закінчення титрування проводять відповідні розрахунки.

Визначення фосфору в рослинах. Фосфор в рослинах визначали за методом А. Малюгіна – С. Хрінової після мокрого озолення рослинного матеріалу по відновленню в блакитний колір фосфорно-молібденової кислоти. Вимірювання проводили на фотоколориметрі КФК -2.

Визначення калію в рослинах. Калій в рослинах визначали в озолому рослинному матеріалі на полум'яному фотометрі.

Визначення рухомого фосфору і калію в ґрунті. Визначення рухомих сполук фосфору і калію проводили в одній наважці за методом А.Т. Кірсанова в модифікації НААН. Метод заснований на добуванні фосфатів і калію 0,2 М розчином соляної кислоти при співвідношенні ґрунту до розчину 1:5 з подальшим визначенням фосфору колориметрично в формі синього фосфорно-молібденового комплексу і калію на полум'яному фотометрі [91].

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вплив біологічних особливостей рослин і ступеня окультуреності дерново-підзолистих ґрунтів на врожай біомаси рослин.

При оцінці впливу біологічних особливостей рослин і ступеня окультуреності дерново-підзолистих ґрунтів на урожай біомаси рослин вегетаційного дослідження № 1 були отримані наступні дані, представлені в таблиці 3.1. У орному горизонті варіанту з внесенням повного мінерального добрива (NPK) врожайність ячменю була найбільшою і склала 11,3 г/л. У горизонті A₁A₂ цього ж варіанту продуктивність ячменю знизилася до 8,6 г/посудину, що на 24% менше, ніж в орному горизонті. У підорному горизонті в NPK урожай зеленої маси ячменю зменшився на 34% від орного і дорівнював 7,5 г/посудину.

Таблиця 3.1

Урожай біомаси ячменю і вівса (г/посудину)

Горизонт	Варіант	Ячмінь 2023 р.		Овес 2023 р.		Овес 2024 р.	
		середня маса (г/посуд)	% к Апах	середня маса (г/посуд)	% к Апах	середня маса (г/посуд)	% к Апах
А пах	NPK	11,3	100	7,2	100	13,1	100
	NP	10,4	100	7,0	100	12,7	100
	NK	4,4	100	3,3	100	6,5	100
A ₁ A ₂	NPK	8,6	76	6,9	96	11,2	86
	NP	7,9	76	6,4	91	9,1	72
	NK	3,6	82	2,8	85	3,4	52
В	NPK	7,5	66	6,9	96	12,5	95
	NP	7,3	70	6,6	94	9,6	76
	NK	3,6	82	3,6	109	4,5	69
НСР _{0,05}		0,55		0,69		1,73	

У орному горизонті по фоні без внесення калійних добрив (NP) врожайність ячменю склала 10,4 г/л. У підпахотних горизонтах урожай біомаси ячменю в горизонті A_1A_2 по фоні NP знизився на 24% від пахотного і склав 7,9 г/посудину, в горизонті в на 30% від орного – 7,3 г/посудину. Найменша продуктивність ячменю відзначена по фоні без внесення фосфорних добрив (NK): в орному горизонті склала 4,4 г/посудину, що добре узгоджується з низьким вмістом рухомого фосфору в ґрунті, це на 60% менше, ніж у варіанті NPK. У підпахотних горизонтах A_1A_2 і в по фоні NK також спостерігалось зниження врожайності ячменю на 18% від орного і склало 3,6 г/посудину.

Доведено, що коренева система ячменю відносно слаборозвинена і має низьку засвоювальну здатність [92]. Підвищена кислотність підорних горизонтів дерново-підзолистого слабоокультуреного ґрунту була причиною затримки в розвитку молодих рослин ячменю, наслідком чого і була низька врожайність на цих горизонтах.

Продуктивність вівса на дерново-підзолистому слабоокультуреному ґрунті була знижена в порівнянні з ячменем не тільки на підорних але і на орному горизонті, що, ймовірно, пов'язано з високими середньомісячними температурами вегетаційного періоду, так як під впливом високих температур і сухості повітря у вівса порушується робота продихів листа.

Більш висока продуктивність вівса в 2023 р була відзначена при произрастанні на орному горизонті по фоні з внесенням повного мінерального добрива – NPK) - 7,2 г/посудину. На підпахотних горизонтах A_1A_2 і в цього ж фоні врожайність вівса незначно знизилася на 0,3% в порівнянні з орним горизонтом і склала 6,9 г/пос.

Урожайність вівса 2023 р. по фоні без внесення калійних добрив (NP) знижувалася незначно в порівнянні з NPK: в орному горизонті – 7,0 г/посудину, в горизонті A_1A_2 – 6,4 г/посудину, в горизонті в – 6,6 г/посудину, що свідчить про достатню забезпеченість вівса калієм як на орному, так і на підпахотних горизонтах досліджуваного ґрунту.

При низькому вмісті рухомого фосфору в ґрунті і дуже сильноокислої реакції середовища урожай рослин різко знижувався по фоні без внесення фосфорних добрив (NK), так як сільськогосподарські культури дуже чутливі до фосфорного голодування в початковий період зростання, коли у них погано розвинена коренева система. В таких умовах рослини дуже слабо використовували рухливий фосфор, як орного, так і підорічних горизонтів. Урожайність вівса в орному горизонті по фоні NK знизилася на 50% від варіанту NPK і дорівнювала 3,3 г/посудину. Слід зазначити, що в горизонті В варіанту NK продуктивність вівса на 9 % збільшилася порівняно з орним, можливо, це пов'язано з збільшенням вмісту рухомого фосфору в цьому варіанті до 45 мг/кг, а також зі здатністю вівса розвивати потужну кореневу систему, яка добре засвоює рухомі фосфати навіть з підорічних горизонтів ґрунту.

Урожайність вівса на підпахотних горизонтах дерново-підзолистого середньоокультуреного ґрунту була в 2 рази вищою, ніж на слабоокультуреному ґрунті. Зниження продуктивності вівса на підорічних горизонтах середньоокультуреного ґрунту хоча і спостерігалось, але було нижче на 5-25 %, порівняно зі слабоокультуреним ґрунтом. Слід зробити висновок, що на врожайність рослин впливає і ступінь окультуреності дерново-підзолистих ґрунтів, чим вище ступінь окультуреності ґрунтів, тим вище активність кореневої системи і більше урожай.

Вміст фосфору в біомасі ячменю змінювався в межах від 0,37% до 0,69%. Найбільший вміст фосфору було відзначено в ячмені, що виростав на орному горизонті і горизонті A_1A_2 варіанту з внесенням повного мінерального добрива (NPK), і склало 0,69%. Вміст фосфору в біомасі ячменю в горі-зонті в NPK знизився в порівнянні з іншими горизонтами на 0,10% і склав 0,59 %.

Найменший вміст фосфору в зеленій масі ячменю було напів-чено в варіантах без внесення фосфорних добрив (NK): в орному горизонті – 0,54 % (на 0,15% нижче, ніж в NPK), в горизонті A_1A_2 – 0,49 % (на 0,20% нижче, ніж в NPK), в горизонті в – 0,37 % (на 0,22 %, ніж в NPK).

Таким чином, доступність ячменю фосфору орного горизонту вище, ніж

підорних горизонтів. Швидше за все, це пов'язано зі збільшенням кислотності підорних горизонтів дерново-підзолистого слабоокультуреного ґрунту, так як вони характеризувалися дуже сильнокислою реакцією середовища, і орний горизонт сильнокислою реакцією середовища. У зв'язку з тим, що коренева система ячменю відносно слаборозвинена і має низьку засвоючу здатність, ця культура пред'являє підвищені вимоги до рівня ґрунтової родючості. Тому ярий ячмінь погано росте на кислих ґрунтах. Що, цілком ймовірно, і було причиною заниженого вмісту фосфору в біомасі ячменю, що виростав на підорних горизонтах дерново-підзолистого слабоокультуреного ґрунту.

Вміст фосфору в біомасі вівса в 2023 р. коливався в межах від 0,32 до 0,53%. Найбільший вміст цього елемента в рослинах відзначено на варіанті з внесенням повного мінерального добрива (NPK) всіх трьох досліджуваних горизонтів Апах, А₁А₂ і В і дорівнював 0,53-0,52%. Найменші значення за вмістом фосфору в біомасі вівса були отримані у варіанті NK без внесення фосфорних доз і склали: в горизонті А₁А₂ – 0,32%, в горизонтах Апах і в-0,46%.

Вміст фосфору в біомасі вівса в 2024 р. варіював від 0,35 до 0,60 %. Найбільший вміст досліджуваного елементу відзначено на орному горизонті варіанту NPK – 0,60 %. У підпахотних горизонтах спостерігалось істотне зниження вмісту фосфору в рослинах в горизонті А₁А₂ варіанту NPK – 0,48 % (на 0,12% нижче, ніж в пахотному горизонті варіанту NPK), в горизонті в варіанту NPK – 0,45 % (на 0,15% нижче показань на орному горизонті варіанту NPK). Найменший вміст фосфору в біомасі вівса в 2024 р. відзначено по фоні без внесення фосфорних добрив (NK): в орному горизонті – 0,37 %, в горизонті А₁А₂ – 0,35 %, в горизонті в – 0,36 %.

На основі врожаю дослідних культур і вмісту фосфору в біомасі рослин були розраховані господарський винос і коефіцієнти використання цього елемента з орних і підорних горизонтів дерново - підзолистих ґрунтів. Доступність рослинам фосфору з дерново-підзолистого ґрунту визначалася по фоні без внесення фосфорних добрив (NK).

Господарський винос фосфору біомасою ячменю з дерново-

підзолистого слабоокультуреного ґрунту коливався в межах 13-24 мг/добу (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Господарський винос і коефіцієнти використання рослинами
фосфору з різних горизонтів дерново-підзолистих ґрунтів**

Горизонт	Вміст P ₂ O ₅ в біомасі рослин, %	Урожай, г/посуд	Винос P ₂ O ₅ , мг/посуд	Винос P ₂ O ₅ , мг/кг	Зміст рухомого P ₂ O ₅ в ґрунті, мг/кг	Коефіцієнт використання P ₂ O ₅ з ґрунту, %
Ячмінь 2023 р.						
А пах	0,54	4,4	24	4	50	9
А ₁ А ₂	0,49	3,6	18	3	42	8
В	0,37	3,6	13	2	45	5
Овес 2023 р.						
А пах	0,46	3,3	15	3	50	6
А ₁ А ₂	0,32	2,8	9	2	42	4
В	0,46	3,6	17	3	45	7
Овес 2024 р.						
А пах	0,37	6,5	24	4	100	4
А ₁ А ₂	0,35	3,4	12	2	58	4
В	0,36	4,5	16	3	72	4

Найменший винос ячменем фосфору з дерново-підзолистого слабоокультуреного ґрунту спостерігався з підорного горизонту В – 13 мг/посудину, найбільший – з орного горизонту – 24 мг/посудину. Розміри споживання ячменем фосфору з підпахотних горизонтів дерново-підзолистого слабоокультуреного ґрунту практично в 2 рази знижені в порівнянні з орним горизонтом.

Таким чином, доступність ячменю сполук фосфору з орного горизонту вище, ніж з підпахотних горизонтів. Що, ймовірно, пов'язано з підвищеною

кислотністю підпахотних горизонтів. Але незважаючи на неба сприятливі умови для росту рослин на підорних горизонтах і низький вміст рухомого фосфору у ґрунті, коефіцієнти використання яч-менем фосфору з підорного горизонтів дерново-підзолистому слабо-окультуреного ґрунту склали: з горизонту A_1A_2 – 8 %, горизонту В – 5 %, тобто на 1 – 4 % нижче порівняно з орним горизонтом.

Господарський винос вівсом фосфору з дерново-підзолистого середньоокультуреного ґрунту варіював від 12 до 24 мг/добу. Найменший винос вівсом фосфору був відзначений з горизонту A_1A_2 – 12 мг/посудину. Найвище значення по виносу фосфору цією культурою було отримано з орного горизонту і дорівнювало 24 мг/посудину. Винос фосфору з горизонту в дерново-підзолистому середньоокультуреному ґрунті знизився на 8 мг/посудину в порівнянні з орним горизонтом і склав 16 мг/посудину. Такий розподіл показань по виносу фосфору добре корелює з вмістом рухомих сполук фосфору, визначених за методом Кірсанова, в ґрунтових горизонтах. Незважаючи на несприятливі умови для росту рослин на підпахотних горизонтах і низький вміст рухомого фосфору в ґрунті коефіцієнти використання фосфору рослинами вівса з дерново - підзолистого середньоокультуреного ґрунту склали: з орного горизонту, з горизонту A_1A_2 і В по 4 %.

Вміст калію в біомасі ячменю змінювався в межах 0,77 до 2,89%. Найбільше значення за вмістом калію в ячмені було отримано в орному горизонті варіанту NPK і склало 2,89 %. У горизонті A_1A_2 варіанту NPK вміст калію в рослинах незначно знизився на 0,17% в порівнянні з орним горизонтом і склав 2,72%. У горизонті в NPK вміст калію в біомасі ячменю істотно знизився на 0,51% в порівнянні з орним горизонтом і дорівнював 2,38 %. Різко знижувався вміст калію в біомасі ячменю по фоні без внесення калійних добрив (NP): в орному горизонті – 1,08 %, в горизонті A_1A_2 – 0,77%, в горизонті в – 0,85%.

Доступність ячменю калію з орного і підорного горизонтів дерново-підзолистому слабоокультуреному ґрунту у варіанті NP добре корелюють з вмістом рухомих форм калію в досліджуваних ґрунтових горизонтах, в орному

горизонті максимальний вміст обмінного калію по Кірсанову 73 мг/кг, в горизонті A_1A_2 вміст обмінного калію знижується до 50 мг/кг, в горизонті зростає до 88 мг/кг.

Вміст калію в біомасі вівса в 2023 р варіював від 0,71 до 2,79 %. Найбільший вміст калію відзначено в рослинах, які виростили на орному горизонті в внесенням повного мінерального добрива (NPK), і склало 2,79 %. Вміст калію в зеленій масі вівса незначно знизився в горизонті A_1A_2 – 2,73% і в горизонті B – 2,70 %. Найменші значення за вмістом калію в рослинах цієї культури в 2023 р відзначені по фоні NP: в орному горизонті – 0,97 %, в горизонті A_1A_2 – 0,71 %, в горизонті в – 0,95 %. Доступність вівсу калію з орного і підорудних горизонтів дерново-підзолистого слабоокультуреного ґрунту у варіанті NP так само, як і у випадку з ячменем, добре корелює з вміст рухомих форм калію в досліджуваних ґрунтових горизонтах.

Вміст калію в біомасі вівса в 2024 р змінювався в межах 1,01 – 2,75 %. Найбільший вміст калію в зеленій масі вівса відзначено по фоні NPK: в орному горизонті і горизонті A_1A_2 – 2,75 %, в горизонті B – 2,69 %. Істотно знизився вміст калію в рослинах по фоні без внесення калійних добрив (NP): орний горизонт – 1,01% (на 1,74% нижче, ніж в NPK), горизонт A_1A_2 – 1,12% (на 1,63% нижче, ніж в NPK), горизонт в – 1,06% (на 1,63% нижче, ніж в NPK).

Доступність ґрунтового калію вівсу, що виростав на дерново - підзолистому середньоокультуреному ґрунті (ДП-2) була вищою, ніж рослинам цієї ж культури, які виростили на дерново-підзолистому слабоокультуреному ґрунті (ДП-1), особливо добре це простежується по фоні NP.

На основі врожаю дослідних культур і вмісту калію в рослинах були розраховані господарський винос і коефіцієнти використання цього елемента з орних і підорних горизонтів дерново-підзолистих ґрунтів. Доступність калію ґрунту сільськогосподарським культурам розглядалася по фоні без внесення калійних добрив (NP) (табл. 3.3).

Господарський винос ячменем калію з дерново-підзолистого слабоокультуреного ґрунту коливався в межах 61-112 мг/добу. Найбільший

винос калію цією культурою спостерігався з орного горизонту і дорівнював 112 мг/посудину. Споживання калію ячменем з підпахотних горизонтів склав: з горизонту A_1A_2 - 61 мг/посудину, з горизонту B – 62 мг/посудину, що в 1,8 разів менше, ніж в орному горизонті. Коефіцієнт використання ячменем калію з орного горизонту дорівнював 28 %. Незважаючи на несприятливі умови для росту рослин на підорних горизонтах і низький вміст рухомого калію в ґрунті, коефіцієнти використання ячменем калію з підорних горизонтів дерново-підзолистому слабокультуренній ґрунту склали: з горизонту A_1A_2 – 22 %, горизонту B – 13 %.

Таблиця 3.3

Господарський винос і коефіцієнти використання рослинами калію з різних горизонтів дерново-підзолистих ґрунтів

Горизонт	вміст K_2O в біомасі рослин, %	Врожай, г/посуд	Винос K_2O , мг/посуд	Винос K_2O , мг/кг	вміст обмінного K_2O в ґрунті, мг/кг	Коефіцієнт використання, K_2O з ґрунту, %
Ячмінь 2023 г. (ДП-1)						
А пах	1,08	10,4	112	20	73	28
A_1A_2	0,77	7,9	61	11	50	22
В	0,85	7,3	62	11	88	13
Овес 2023 г. (ДП-1)						
А пах	0,97	7	68	12	73	17
A_1A_2	0,71	6,4	45	8	50	17
В	0,95	6,6	63	11	88	13
Овес 2024 г. (ДП-2)						
А пах	1,01	12,7	128	23	90	26
A_1A_2	1,12	9,1	102	19	90	21
В	1,06	9,6	102	19	80	23

Господарський винос вівсом калію з дерново-підзолистого слабоокультуреного ґрунту варіював від 45 до 68 мг/добу. Найменший винос цією дослідною культурою калію був відзначений з горизонту A_1A_2 - 45 мг/посудину. Найбільший винос вівсом калію спостерігався з орного горизонту-68 мг/добу. Винос калію з горизонту в дорівнював 63 мг/посудину, що на 5 мг/посудину менше, ніж в орному горизонті і на 18 мг/посудину більше, ніж в горизонті A_1A_2 .

Коефіцієнт використання вівсом калію з орного горизонту склав 17 %. Незважаючи на несприятливі умови для росту рослин на підорних горизонтах і низький вміст рухомого калію в ґрунті, коефіцієнти використання вівсом калію з підорних горизонтів дерново - підзолистому слабоокультуреному ґрунту склали: з горизонту A_1A_2 – 17 %, з горизонту В – 13 %, що на 4 % нижче порівняно з орним горизонтом. Коефіцієнти використання вівсом калію з орного горизонту і горизонту A_1A_2 були нижчими, ніж коефіцієнти використання ячменем калію з цих же горизонтів, що пов'язано з кліматичними особливостями вегетаційного періоду: спекотне посушливе літо 2023 р., високі середньомісячні температури; все це негативно позначилося на розвитку вівса.

Господарський винос вівсом калію з дерново-підзолистого середньоокультуреного ґрунту змінювався в межах від 102 до 128 мг/добу. Найбільший винос вівсом калію з дерново-підзолистого середньоокультуреного ґрунту був отриманий з орного горизонту і склав 128 мг/добу. Споживання калію рослинами з підорних горизонтів дорівнювало 102 мг/добу. Незважаючи на несприятливі умови для росту рослин на підорних горизонтах і низький вміст рухомого калію в ґрунті, коефіцієнти використання вівсом калію з підорних горизонтів дерново - підзолистому середньоокультуреному ґрунту склали: з горизонту A_1A_2 – 21 %, горизонту В – 23 %, що на 3-5 % нижче порівняно з орним горизонтом. Коефіцієнти використання вівсом калію з дерново-підзолистого середньоокультуреного ґрунту були вищими, ніж з слабоокультуреного ґрунту: на 9 % в орному горизонті, на 4% в горизонті A_1A_2 і на 10% в горизонті В. Згідно з цими даними овес краще розвивався на дерново-підзолистому

середньоокультуреному ґрунті і ефективніше використовували калійні ресурси ґрунту, ніж на слабоокультуреному ґрунті.

Отримані результати вегетаційних дослідів свідчать про слабку засвоюваність ячменем і вівсом фосфору і калію підпахотних горизонтів. Що пов'язано з низьким вмістом рухомих форм фосфору і калію, високою кислотністю, низьким ступенем насиченості основами підорних горизонтів дерново-підзолистих ґрунтів, обраних для дослідження. Але, незважаючи на несприятливі умови для росту рослин на підорних горизонтах коефіцієнти використання фосфору і калію рослинами з підорних горизонтів дерново-підзолистих ґрунтів були значні. Почасти низька засвоюваність фосфору і калію підорічних горизонтів обумовлена самою специфікою вивчення цього питання в умовах вегетаційного дослідів № 1. У цьому досліді рослини ростуть безпосередньо на підпахотних горизонтах. Тобто з самого початку зростання потрапляють в неприродні, несприятливі умови. Тому рослини пригнічені, погано розвиваються, мають слабку кореневу систему, використовують фосфор підорічних горизонтів досить слабо. Але висновки про слабку засвоюваність рослинами фосфатів підорних горизонтів справедливі тільки для умов, в яких проводився даний вегетаційний дослід. У польових умовах рослини в початковий період своєї вегетації ростуть в орному шарі (найчастіше в сприятливих умовах), і в міру розвитку кореневої системи проникають в нижележачі підорічні горизонти ґрунту. Тому отримані дані по виносу фосфору і калію дещо занижені в порівнянні з фактичним виносом цих поживних елементів в природних, польових умовах. Для підтвердження цього висновку і був проведений вегетаційний модельний дослід, результати якого наведені нижче.

РОЗДІЛ 4

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ФОСФОРНИХ ТА КАЛІЙНИХ ДОБРІВ

У тривалому польовому досвіді на дерново-підзолистому ґрунті з високим вмістом рухомого алюмінію (близько 130 мг/кг), обумовленим систематичним застосуванням азотних і калійних добрив, ефективність фосфорних добрив підвищується при вапнуванні, особливо високою дозою. Застосування фосфорних добрив збільшує врожайність ярого ячменю – на 43%, а при вапнуванні в 2,5 і 1,9 рази при рівні на фоні азотно-калійних добрив 24,7 і 25,4 ц/га відповідно. Внесення цинкових добрив призводить до подальшого підвищення врожайності на 10-12%.

Підвищення виробництва зерна в нашій країні багато в чому залежить від родючості ґрунтів. більшою мірою це відноситься до зони центрального нечорнозем'я, де слабоокультурені ґрунти з підвищеною кислотністю і слабкою забезпеченістю рухомими фосфатами становлять близько 70%, що є однією з причин низької (близько 20-25 ц/га) врожайності зернових культур.

Для підвищення родючості слабоокультурених дерново-підзолистих ґрунтів і виробництва зерна необхідні насамперед періодичне вапнування і раціональне, з урахуванням потреби рослин, внесення добрив.

Це особливо важливо в сучасних інтенсивних технологіях обробітку основних для зони зернових культур таких як озима пшениця і ярий ячмінь. Для формування високої врожайності зернових культур інтенсивних сортів рослини у великій мірі потребують не тільки в макроелементах, але і в мікроелементах, вміст яких в ґрунтах в основному низький, особливо рухомого цинку.

При комплексному застосуванні засобів хімізації, як показують деякі дослідження, можливе отримання досить високої врожайності озимої пшениці та ярого ячменю [95]. Однак досліджень з вивчення ефективності поєднання фосфорних і цинкових добрив при різних рівнях вапнування недостатньо,

особливо в інтенсивних технологіях обробітку озимої пшениці і ярого ячменю на дерново-підзолистих важкосуглинистих ґрунтах в умовах тривалого польового досвіду.

Початковий ґрунт польового досвіду слабоокультурений: рНКСІ 3,9-4,2, гумус 1,5%, сума основ 7,5-8,2, гідролітична кислотність 4,9-5,2, обмінна кислотність 0,55 - 0,57 ммоль-екв/100 г, ступінь насиченості основами 57-63%. Вміст рухомих форм фосфору і калію в ґрунті 30-70 і 112-115 мг/кг відповідно.

Метеорологічні умови особливо позначилися на формуванні врожайності ярого ячменю (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Урожайність ярого ячменю залежно від застосування фосфорних добрив і цинку при різній кислотності дерновопідзолистого ґрунту, ц/га

Вариант	2023	2024	Средня	Прибавка, ц/га		Окупаємість NPK прибавка зерна, кг/кг -
				від P ₂ O ₅	від P ₂ O ₅ + Zn	
рНКСІ 4,0 (без вапно)						
Без добрив	23,9	14,5	24,0	-	-	-
N ₁₂₀ K ₉₀	23,2	16,0	25,4	-	-	-
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	28,4	27,2	36,5	11,1	-	5,5
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ + Zn	31,5	29,7	39,3	-	13,9	6,4
рНКСІ 4,7 (вапно по 1,5 г.к.)						
N ₁₂₀ K ₉₀	32,5	26,5	34,2	-	-	-
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	39,8	34,7	44,6	10,4	-	8,6
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ + Zn	45,1	37,7	48,8	-	0,46	10,4
рНКСІ 5,4 (вапно по 2,5 г.)						
N ₁₂₀ K ₉₀	38,6	35,2	43,2	-	-	-
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	43,2	38,3	48,0	4,8	-	10,0
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ + Zn	48,9	42,6	53,0	-	9,8	12,1
HCP ₀₅	3,7	2,4	-	-	-	-

Ефективність добрив по роках також різнилася, в 2024 несприятливому році спостерігалася найбільш висока надбавка врожаю від застосування

фосфорних добрив – на невідомому ґрунті вона досягала 70%, а середня – 44%. На вапнованому ґрунті по 2,5 г.к. надбавки врожаю від фосфору значно знижувалися і склали в середньому – 11%.

Високу дію на врожайність зробило також вапнування, особливо великою дозою, коли вона підвищилася в 2024 р в 2,2 рази в порівнянні з фоном азотно-калійних добрив. Висока ефективність вапнування обумовлена, ймовірно, значним погіршенням кислотних властивостей ґрунту, особливо підвищенням вмісту рухомого алюмінію в ґрунті фону НК.

Вапнування і застосування цинкових мікродобрив значно підвищували окупність мінеральних добрив надбавкою врожаю зерна. Так при вапнуванні по 2,5 г.к. вона перевищувала рівень окупності добрив на невідомому ґрунті майже в 2 рази. Максимальна окупність добрив надбавкою врожаю досягалася при внесенні цинкових мікродобрив на вапнованому ґрунті великою дозою.

У тривалому польовому досвіді на слабоокультуреному дерновопідзолистому ґрунті з високим вмістом рухомого алюмінію (130 мг/кг), обумовленим систематичним застосуванням тільки азотнокалійних добрив, формується міні - мальна на рівні контролю врожайність озимої пшениці та ярого ячменю (24,7 та 25,4 ц/га відповідно). Внесення фосфорних добрив на цьому тлі підвищує врожайність, відповідно, на 50 і 43%, а при вапнуванні – в 2,5 і 1,9 рази. внесення цинкових добрив призводить до подальшого підвищення врожайності на 10-12%. Максимальна середня врожайність ярого ячменю (53,0 ц/га) формується при поєднанні фосфорних і цинкових добрив на вапнованому ґрунті.

РОЗДІЛ 5

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ФОСФОРУ І КАЛІЮ

Фосфор слабо пересувається за профілем ґрунту і практично не вимивається в ґрунтові води, тому може потрапляти у водойми або в результаті втрат добрив при зберіганні і транспортуванні, або при їх неграмотному застосуванні на ерозійно-небезпечних ділянках. Якщо ж технології зберігання, транспортування і внесення не порушуються, забруднення водойм фосфором малоімовірно [93].

У складі фосфорних добрив містяться домішки фтору і важких металів (кадмію, стронцію, свинцю, міді, цинку і т.д.), так як добрива певною мірою успадковують хімічний склад природних руд. Застосування фосфорних добрив призводить до поступового накопичення фтору і важких металів в ґрунтах. Однак вченими доведено, що вміст токсичних речовин при цьому зростає дуже повільно і може перевищити ГДК тільки в результаті використання рекомендованих доз фосфорних добрив протягом декількох десятків, а то і сотень років. Разом з тим, домішки токсикантів становлять потенційну небезпеку для навколишнього середовища і їх слід строго враховувати при внесенні фосфорних добрив. У майбутньому проблему домішок необхідно вирішувати шляхом вдосконалення технології переробки фосфатної сировини. Роль калію в житті рослин. Зміст і форми калію в ґрунтах. Перетворення калію в ґрунтах. Вміст рухомого калію як показник, що характеризує забезпеченість ґрунтів калієм.

Калій активує багато ферментні системи. Необхідний для включення фосфору в органічні сполуки. Бере участь у вуглеводному обміні: стимулює процес фотосинтезу, прискорює пересування вуглеводів з листя в інші органи, підсилює синтез ді - і полісахаридів. Калій грає важливу роль в білковому обміні, особливо при харчуванні рослин амонійним азотом: активізує роботу ферментів, що беруть участь в синтезі білків, тим самим сприяє утворенню

білків з амінокислот, знижуючи в той же час вміст в рослинах мінеральних і низькомолекулярних органічних сполук азоту.

Калій реутілізується, тому ознаки його нестачі в першу чергу виявляються на нижніх листках, краї яких передчасно жовтіють, потім набувають бурого забарвлення і відмирають («крайовий опік» листя). При надлишку калію на листках між жилками з'являються бліді мозаїчні плями, які з часом буріють. Потім листя опадає.

Основні калійні добрива є фізіологічно кислими, так як рослини споживають значно більше калію, ніж супутніх йому сульфат - і хлорид-іонів. Але підкисляюча дія калійних добрив значно слабкіше, ніж, наприклад, амонійних азотних. Істотна зміна реакції середовища спостерігається тільки при систематичному використанні високих доз калійних добрив під калієлюбівие культури на слабобуферних легких ґрунтах [94].

Коефіцієнти використання калію з добрив. Визначаються розмірами необхідного поглинання і варіюють в діапазоні від 50 до 80 %. Дози калійних добрив. Залежать від планованої врожайності культур, вмісту в ґрунті рухомого калію і деяких інших факторів. Зазвичай калійні добрива використовуються тільки для основного внесення, з цією метою в Нечорноземної зоні під зернові застосовують в середньому 30-60, під просапні і овочеві-60-120 кг/га K_2O .

Основне внесення доцільніше проводити восени під зяблеву оранку, щоб добрива потрапили в більш глибокий і вологий шар ґрунту, де знаходиться основна маса коренів рослин. Крім того, у відносно постійних умовах зволоження фіксується менше калію, ніж при поперемінному зволоженні і висушуванні поверхневого шару ґрунту. Важливо вносити восени хлоридні добрива, хлор яких вимивається навесні талими водами в підорічні горизонти.

Основне внесення сульфатних добрив, а також хлоридних під толерантні до хлору культури, можна проводити і навесні під культивуацію. Тільки навесні слід вносити калійні добрива на легких ґрунтах, торф'яних і

заплавних. Легкі ґрунти мають слаборозвиненим ППК, який не може утримати весь надійшов калій. Тому внесення добрив восени призводить до втрат калію в результаті вимивання талими сніговими водами. Перезволоження торф'яних і заплавних ґрунтів також викликає значні втрати калію.

Одноразове застосування збільшених в 2-4 рази доз дозволяє забезпечити рослини калієм протягом зазначеного періоду і в той же час знизити фінансові витрати на застосування добрив. При посіві і в підгодівлі калійні добрива використовуються рідко. На просапних культурах калій може застосовуватися для припосівного і післяпосівного внесення в складі комплексних добрив

Добрива, до складу яких входить натрій (калійна сіль, Сильвініт та ін.), ефективніше при внесенні під цукровий буряк і кормові коренеплоди. Наявність сірки в сульфатних добривах позитивно впливає на продуктивність хрестоцвітних і бобових культур.

Ефективність калійних добрив, особливо хлорвмісних, зростає при внесенні їх восени під зяблеву оранку. Застосування навесні під культивуацію, як правило, менш ефективно за винятком легких дерново-підзолистих ґрунтів, торф'яних і заплавних. Ефективність калію зазвичай проявляється лише при хорошій забезпеченості рослин азотом і фосфором. Калійні добрива також підвищують стійкість рослин до різних хвороб як протягом вегетації, так і в період зберігання, тому покращують лежкість плодів і овочів.

Крім того, при використанні калійних добрив знижується вміст в рослинах одного з найбільш довгоживучих радіонуклідів – ^{137}Cs , що особливо актуально для радіоактивно забруднених територій.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ

На земній кулі кожні три хвилини гине один робітник внаслідок нещасного випадку; щосекунди четверо зазнають травматизму – основної причини, через яку значна кількість людей не доживає до сорока однорічного віку. Це все є наслідком науково-технічного прогресу, в результаті якого небезпека від техніки зростає швидше, ніж способи захисту. Однак результати досліджень свідчать про те, що в більшості нещасних випадків, які трапляються, винним є сам потерпілий. Людство впоралося з багатьма захворюваннями, але й досі не навчилося надійно захищати людину, її життя, здоров'я в процесі повсякденної роботи. За даними всесвітньої організації охорони праці смертність від нещасних випадків займає 3 місце після серцево-судинних захворювань. Тому, зрозуміло, що охорона праці відіграє важливу роль, як суспільний фактор, бо якими б вагомими не були трудові досягнення, вони не можуть компенсувати людині втраченого життя.

Стаття 43 Конституції України забезпечує право кожного громадянина на належні, безпечні і здорові умови праці. Україна одна з перших держав на пострадянському просторі прийняла закон, який комплексно регулює питання охорони праці.

В зв'язку з цим, охорона праці включає в себе систему правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, які спрямовані на збереження життя, здоров'я і працездатності людини протягом трудової діяльності. Разом з тим, охорона праці може розглядатися як науково обґрунтована, соціально-технічна галузь досліджень, яка вивчає теоретичні і практичні питання безпеки праці, запобігання виробничого травматизму, професійних захворювань і отруєнь, аварій, пожеж і вибухів на виробництві.

В господарстві запроваджена система з управління охороною праці і тому використовується всебічне сприйняття виконаних вимог, які повністю ліквідують, нейтралізують або знижують до допустимої норми вплив на

працюючих небезпечних та шкідливих факторів виробництва.

Особливістю законодавства України Про охорону праці, є те, що значна частина питань охорони праці регулюється нормативно-правовими актами, які приймаються на конкретному підприємстві, в установі, організації. Порядок їхнього прийняття встановлюється централізованим законодавством. За порядком прийняття локальні нормативні акти поділяються на ті, які приймаються роботодавцем самостійно або за погодженням з працівниками підприємства та їх представниками, і такі, що приймаються загальними зборами найманих працівників.

Усі працівники відповідно до вимог НПАОП 0.00-4.12-05 під час прийняття на роботу і в процесі роботи повинні проходити за рахунок роботодавця інструктаж, навчання з питань охорони праці та правил надання першої медичної допомоги потерпілим і правил поведінки у разі виникнення аварії.

Навчання і інструктажі працівників з питань охорони праці є одним із основних принципів державної політики в галузі охорони праці і складовою системи управління охороною праці. Вони проводяться з працівниками в процесі їх трудової діяльності. Для цього на підприємстві повинен бути виданий наказ про організацію навчання і перевірки знань з охорони праці керівників і спеціалістів виробничих дільниць зі списком осіб, які зобов'язані пройти навчання і перевірку знань з охорони праці.

Як би своєчасно не був пройдений інструктаж з техніки безпеки, якою б справною не була техніка, ймовірність травмування існує, якщо організатори виробництва і спеціалісти не будуть здійснювати щоденний нагляд і контроль за роботою працівників. В цьому є один з основних їх обов'язків.

Для рослинництва притаманними є різноманітні роботи, які пов'язані із застосуванням пестицидів і мінеральних добрив; боротьби з бур'янами, шкідниками і хворобами рослин; приготуванням робочих розчинів; протруюванням насіння; обпилюванням, обприскуванням, фумігацією рослин, ґрунту і приміщень; приготуванням і розкиданням протруєних

приманок; підживленням рослин; внесенням мінеральних добрив. Більшість пестицидів і мінеральних добрив є токсичними для людського організму. Потрапляючи в організм людини такі речовини можуть викликати порушення його нормальної життєдіяльності і виступати причиною гострих або хронічних інтоксикацій. Високий рівень небезпеки мають і механізовані роботи в рослинництві, оскільки працівники піддаються тривалому впливу підвищеного рівня шуму, вібрації, підвищеної температури в кабіні тракторів і комбайнів, нервовим перенапруженням, що призводить до найвищого показника виробничого травматизму серед трактористів-машиністів сільськогосподарського виробництва.

Для роботи із застосуванням біопрепаратів потрібно провести інструктаж по правилам техніки безпеки. Перед тим як почати обробляти насіннєвий матеріал біопрепаратами, потрібно одягти спеціальну уніформу: одноразові рукавиці, окуляри та захисну маску, а одяг потрібен який повністю захистить всю поверхню тіла. Після роботи маску та рукавиці викинути, окуляри помити під проточною водою, а одяг з яким працювали випрати.

До роботи на сільськогосподарських і спеціальних машинах допускаються особи не молодші сімнадцяти років, які мають посвідчення тракториста-машиніста, пройшли медогляд, навчання та інструктаж з техніки безпеки. Під час роботи з важкими та шкідливими умовами заборонено працю особам які молодші вісімнадцяти років. Робочий день для підлітків віком від 16–18 років встановлений тривалістю 6 годин.

Випускники середніх, загальних шкіл, яким було присвоєно кваліфікацію механізатора і видано до установленого порядку посвідчення на право керування самохідними сільськогосподарських машин, можуть працювати на них до досягнення сімнадцятирічного віку під керівництвом досвідчених механізаторів-наставників.

Насамперед, перед початком роботи тракторист-машиніст повинен перевірити справність всіх вузлів і агрегатів трактора. Сільськогосподарські машини повинні бути справними, відрегульованими і повністю

укомплектованими інструментами та захисними огороженнями.

Ще до початку робіт з обробітку ґрунту перевіряють справність і комплектність агрегатів. На рівному горизонтальному майданчику корпуса плуга встановлюють на глибину оранки, підтягують гайки, кріплення лемешів, корпусів плуга і передплужників.

Завчасно, до початку культивації поля, перевіряють стан культиваторів, кріплення градлів, штанги, стояків робочих органів і вилок для їх піднімання. Осьове переміщення коліс не повинно перевищувати 2 мм.

Під час роботи групи машин призначають старшого із найбільш досвідчених трактористів-машиністів, який відповідає за роботу агрегатів у загінці, стежив, щоб відстань між тракторами була в межах 30–40 м. Якщо причіпні машини обслуговують кілька працівників, то один із них відповідає за пуск і зупинку даного агрегат.

Перед початком польових робіт поле оглядають, при необхідності підготовляють — засипають рови, ями, видаляють каміння. Не можна робити крутих поворотів при проведенні культивацій, бо це призводить до поломок і аварій. При повороті, робочі органи піднімають, а на початку прямолінійного руху знову повертають у робоче положення.

Під час роботи в умовах надмірної запиленості, а також при застосуванні робочих органів ґрунтообробних машин необхідно користуватись окулярами і рукавицями. Під час грози потрібно зупинити агрегат, вимкнути двигун, зафіксувати гальма, начіпну машину опустити на землю і відійти від трактора не менше, як на 15–20 м.

Для поліпшення умов праці робочого персоналу і попередження виробничих захворювань і травм та стану виробничої санітарії запропоновано:

- 1) розглянути на зборах працівників питання охорони праці, зокрема звернути увагу на якість проведення інструктажів на робочому місці;
- 2) під час проведення технічного огляду сільськогосподарської техніки

звернути увагу на відповідність технічного стану машин та знарядь вимогам безпеки праці;

- 3) працюючи з отрутохімікатами суворо дотримуватись технологічного процесу, норм витрат та інструкцій по охороні праці, готувати робочі розчини слід на території складу, або в полі на спеціально виділеній ділянці з ущільненим ґрунтом;

Не допускати до прийняття участі в будь-яких технологічних процесах, що належать до вирощування та переробки продукції, осіб, які перебувають у нетверезому стані, а також не мають ніякої освіти та навиків праці з даним завданням і не пройшли попереднього інструктажу.

Висновки та пропозиції щодо покращення умов охорони праці:

1. розглянути на засіданні стан питань про охорону праці, зокрема звернути увагу на стан техніки по обробітку ґрунту та наявності інструкції на робочих місцях;
2. інженеру з охорони праці посилити контроль за виконанням заходів по охороні праці відповідно законодавчим документом;
3. знайти можливість більш повного забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;
4. провести аналіз показників і причин виробничих травм і захворювань та впровадити заходи морального і матеріального заохочення за зразковий стан охорони праці на робочому місці;
5. знайти можливість забезпечити усіх працюючих необхідними засобами індивідуального захисту (спец. одяг, взуття, респіратор тощо).

ВИСНОВКИ

Грунтові ресурси фосфору і калію підпахотних горизонтів дерново-підзолистих ґрунтів істотні, розмір споживання елементів живлення з цих горизонтів залежить від біологічних особливостей рослин і ступеня окультуреності ґрунтів.

1. Визначено агрохімічні показники різних горизонтів дерново-підзолистих ґрунтів, що використовувались в дослідках;

2. Виявлено вплив фосфору і калію підпахотних горизонтів дерново-підзолистих ґрунтів на продуктивність ячменю і вівса.

У дослідках показано, що овес і ячмінь мали здатність використовувати фосфор і калій з підорних горизонтів дерново-підзолистих ґрунтів. Однак, продуктивність ячменю при вирощуванні рослин на горизонті В була нижчою порівняно з горизонтом A_1A_2 , а при вирощуванні вівса на горизонті В продуктивність культури зростала порівняно з горизонтом A_1A_2 , що, ймовірно, пов'язано з особливостями коренів вівса, які практично в 2 рази перевищують довжину коренів ячменю.

3. Встановлено, що здатність вівса засвоювати фосфор і калій з підпахотних горизонтів залежить від ступеня окультуреності дерново-підзолистих ґрунтів. Урожайність вівса, вирощеного на підорних горизонтах дерново-підзолистого середньоокультуреного ґрунту, була в 2 рази вищою, ніж на слабоокультуреному. У міру підвищення окультуреності ґрунту засвоюваність вівсом фосфору і калію з підорного горизонту A_1A_2 посилювалася на 25% фосфору і на 38% калію; а з горизонту в споживання вівсом калію збільшилось на 56 %.

4. Визначено господарський винос фосфору і калію врожайми дослідних культур з орних і підорних горизонтів дерново-підзолистих ґрунтів.

5. Визначено коефіцієнти використання фосфору і калію культурами з горизонтів дерново-підзолистих ґрунтів.

Коефіцієнти використання ячменем фосфору і калію з орного горизонту

дерново-підзолистого слабоокультуреного ґрунту становили 8,6 і 28,2 %, з горизонту А1А2 – 7,7 і 22,1 %, з горизонту В – 5,4 і 12,9% відповідно.

Коефіцієнти використання вівсом фосфору і калію з орного горизонту дерново-підзолистого слабоокультуреного ґрунту склали відповідно 5,5 і 17,0 %, з горизонту А1А2 - 3,9 і 16,5% з горизонту в - 6,7 і 13,0 %. Рослини вівса ефективно використовували фосфор і калій як з орного, так і з підорного горизонту В, що свідчить про високу поглинаючу здатність кореневої системи даної культури.

Результати досліджень підтвердили можливість у вегетаційному досліді моделювати орний шар ґрунту у вигляді піску і, вносячи мінімальні стартові дози добрив, по різниці визначати фактичний винос фосфору і калію рослинами з підорних горизонтів ґрунтів.

РЕКОМЕНДАЦІЇ

Отримані результати можуть бути використані для розробки шляхів раціонального застосування добрив з урахуванням біологічних особливостей рослин, а також заходів спрямованих на підвищення ґрунтової родючості.

При розрахунку доз і застосуванні добрив слід враховувати запаси і доступність рухливих поживних речовин не тільки орного горизонту, а й нижчих (підорних) горизонтів.