

Міністерство освіти і науки України

Агрономія

СТУДЕНТСЬКА НАУКОВА РОБОТА

на тему:

**«Елементи біологізації системи удобрення як чинники
прискорення біогеохімічного колообігу фосфору у
агроекосистемі»**

(шифр «доступ до фосфору»)

2019
ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ПРОБЛЕМОЮ УПРАВЛІННЯ БІОГЕОХІМІЧНИМ КОЛООБІГОМ ФОСФОРУ В АГРОЕКОСИСТЕМАХ.....	5
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ	8
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕФЕКТИВНОСТІ ЧИННИКІВ ПРИСКОРЕННЯ БІОГЕОХІМІЧНОГО КОЛООБІГУ ФОСФОРУ В СИСТЕМІ АГРОЕКОСИСТЕМІ.....	144
3.1. Оцінювання чинників прискорення біогеохімічного колообігу фосфору на предмет надходження поживних елементів у систему агроecosистемі.....	144
3.2. Зміни вмісту доступних фосфатів у ґрунті під впливом досліджуваних чинників.....	155
3.3. Зміни біологічної активності ґрунту під впливом досліджуваних чинників прискорення біогеохімічного колообігу фосфору.....	188
3.4. Оцінка ефекту прискорення біогеохімічного колообігу фосфору... в системі агроecosистемі.....	21
3. 5. Оцінка обсягів економії ресурсів та енергії від ефекту прискорення біогеохімічного колообігу фосфору у системі агроecosистемі	30
ВИСНОВКИ	355
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	366
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	377

ВСТУП

Проблема оцінювання чинників прискорення біогеохімічного колообігу фосфору у агроєкосистемі постає перед агрономами досить давно. Це пов'язано із тим, що людство завжди було зацікавлене отримувати високі врожаї сільськогосподарських культур відмінної якості, а фосфор відіграє у цьому одну з основних ролей.

Актуальність теми досліджень. Вирішення проблеми прискорення біогеохімічного колообігу фосфору у агроєкосистемі є важливим науково-практичним завданням, яке дозволить не лише покращити умови фосфатного живлення рослин, а й зекономити значні обсяги енергії, фосфоритної сировини для виробництва добрив та води, які витрачаються на виробництво та застосування фосфатних добрив. Активізація процесів колообігу фосфору ґрунтових резервів та добрив є актуальною у зв'язку із великими показниками осадження фосфатів у ґрунті у вигляді нерозчинних та малорозчинних сполук.

Об'єкт досліджень - процес прискорення колообігу фосфору у агроєкосистемі.

Предмет досліджень – показники прискорення колообігу фосфору у агроєкосистемі.

Мета досліджень – виявлення ефектів прискорення біогеохімічного колообігу фосфору у агроєкосистемі під впливом елементів біологізації системи удобрення та оцінювання їхнього впливу на обсяги фосфору ґрунту, який додатково залучається до біогеохімічного колообігу.

Відповідно до мети було поставлено наступні завдання досліджень:

- 1) за результатами аналізу літературних джерел виділити недостатньо досліджені сучасні чинники прискорення біогеохімічного колообігу фосфору у агроєкосистемі;
- 2) дослідити ефекти прискорення біогеохімічного колообігу фосфору у агроєкосистемі від використання сучасних найбільш вагомих і доступних чинників;
- 3) оцінити ефекти ресурсо- та енергозбереження у агроєкосистемі від прискорення біогеохімічного колообігу фосфору;

4) розробити практичні рекомендації щодо ефективного застосування найбільш ефективних чинників прискорення біогеохімічного колообігу фосфору та їхніх комбінацій в агросфері.

Наукова новизна результатів досліджень. У науково-дослідницькій роботі:

- *вперше* оцінено ефект прискорення біогеохімічного колообігу фосфору у агроecosистемі від застосування препарату мікоризи на основі гриба *Mycorrhiza Glomus Intraradices* на прикладі посівів кукурудзи на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся,

- порівняно ефективність впливу на процеси прискорення колообігу фосфору таких засобів біологізації як мінеральні та органічні добрива, біопрепарати Поліміксобактерин, МусоFix та мікроелементні водорозчинні добрива,

- оцінено ефекти економії ресурсів та енергії в агроecosистемі від застосування сучасних засобів біологізації системи удобрення та їхніх комбінацій,

- *подальшого розвитку набули* дослідження ефективності впливу сучасних органічних добрив у поєднанні із біопрепаратами на колообіг фосфору на дерново-підзолистих ґрунтах.

Практичне значення одержаних результатів. Одержані результати науково-дослідницької роботи є агроecологічним підґрунтям покращення систем фосфатного живлення сільськогосподарських культур на дерново-підзолистих ґрунтах.

Особистий внесок автора. Автор роботи самостійно проаналізував літературні дані, провів польові дослідження, відібрав зразки ґрунту та підготувив їх до аналізів, оцінив ефекти економії ресурсів та енергії у агроecosистемі від застосування сучасних чинників прискорення біогеохімічного колообігу фосфору в системі агроecosистемі при вирощуванні кукурудзи на дерново-підзолистих ґрунтах та сформулював висновки. Особистий вклад автора у виконання науково-дослідницької роботи – понад 80%.

Загальна характеристика науково-дослідницької роботи. Науково-дослідницька робота носить теоретико-прикладний характер, представлена на 35

сторінках друкованого тексту, складається із 3-х розділів, нараховує 18 таблиць, 6 рис та 20 літературних джерел.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ПРОБЛЕМОЮ УПРАВЛІННЯ БІОГЕОХІМІЧНИМ КОЛООБІГОМ ФОСФОРУ В АГРОЕКОСИСТЕМАХ

Проблема управління біогеохімічним колообігом фосфору в агроecosистемі розглядалася багатьма агроecологами та агрономами з точки зору підвищення врожайності сільськогосподарських культур [1, 2]. Середній вміст фосфору в ґрунтах є високим і коливається у межах від 0,05% до 0,20% P_2O_5 від маси ґрунту та залежить від типу ґрунту та його властивостей (вмісту гумусу, гранулометричного та мінералогічного складу ґрунту) та застосування добрив [1].

Оскільки верхній шар ґрунту є високоактивним шаром, де відбувається інтенсивний перебіг біохімічних процесів, то саме цей шар містить найбільшу кількість гумусу та фосфору і саме цей фосфор є найбільш лабільним, що робить його доступним для живлення рослин [1-5].

Загалом основною проблемою фосфатного живлення рослин є не обмеженість запасів у ґрунті валового фосфору, а обмеженість запасів саме доступного фосфору (фосфору рухомих сполук) [2]. Справа у тому, що аніони фосфору активно осаджуються катіонами металів ґрунту і найбільшою осаджуючою здатністю володіють катіони заліза, трохи менше катіони алюмінію, ще менше – катіони кальцію і магнію [6]. Тому найбільш гострою проблема прискорення колообігу фосфору в агроecosистемі постає саме на тих ґрунтах, в складі яких багато заліза і алюмінію. Це фералітні ґрунти Африки, Азії, Південної Америки та дерново-підзолисті ґрунти Полісся України і буроземи Карпат [1].

Встановлено, що на доступність фосфору рослинам великий вплив чинять добрива, хімічні меліоранти та біопрепарати на основі ефективних організмів [7]. Розчинність фосфатів ґрунту та добрив істотно зменшується при рН ґрунтового розчину більше 7,0 та менше 5,0 [1]. Тому важливо підтримувати близьке до

нейтрального значення рН ґрунтового розчину для підвищення лабільності фосфатів у ґрунті [1]. Це можливо досягти за допомогою хімічних меліорацій (вапнування кислих ґрунтів, гіпсування лужних ґрунтів), застосування органічної та органо-мінеральної систем удобрення та регулювання сівозміни [1, 9].

Поняття «прискорення біогеохімічного колообігу фосфору» виникло зовсім недавно і пов'язане із початком активного застосування біологічних препаратів, які за своєю суттю є засобами управління процесами колообігу біогенних елементів [10-13].

Вчені дослідили, що органічні добрива є незамінним чинником відтворенням гумусу в ґрунтах, субстратом розвитку, джерелом елементів живлення та енергії для мікроорганізмів та важливим засобом регулювання показників родючості ґрунту, передусім гумусового стану та поживного режиму [14 - 15].

Мікроелементні добрива також мають позитивний вплив на вміст фосфору рухомих сполук у ґрунтах [18]. Найчастіше це пов'язано із мінералізацією органічної речовини ґрунту та добрив, швидкість якої зростає завдяки нарощуванню кореневої та вегетативної маси рослини за рахунок мікроелементних листових підживлень [18]. Але такі процеси загрожують родючості ґрунтів та дестабілізують агроecosystem, тому поєднання мікроелементних добрив із мінеральними добривами може викликати ефект прискорення мінералізації гумусу і погіршення фосфатного режиму в цілому. Дослідження вказаних процесів не проводилися комплексно, а носять лише фрагментарний характер [18-20] і висвітлюють переважно проблеми врожайності сільськогосподарських культур, питання родючості ґрунтів висвітлюються недостатньо, тому такі дані потребують значного доповнення.

Численними дослідженнями вчених підтверджено позитивний вплив бактеріальних препаратів на біологічну активність ґрунтів та покращення поживного режиму через процеси додаткової фіксації атмосферного азоту та мобілізації фосфатів ґрунту [10-13].

Біопрепарати мікоризи з'явилися за останні 10 років, а на ринку України – за останні 2 роки. Виробники та дистриб'ютори препаратів мікоризи [21] оголошують про їхню приголомшливу ефективність у покращенні поживного режиму ґрунтів за рахунок прискорення біогеохімічного колообігу елементів живлення у агроєкосистемі, проте для умов України таких досліджень проведено одиниці [17, 22]. Тому невідомо, як діють препарати мікоризи під різними культурами на різних типах ґрунтів на процеси колообігу фосфору та інших елементів живлення рослин. Зовсім недослідженою є їхня ефективність в поєднанні із добривами (мінеральними та органічними).

Нині на ринку України щороку з'являються нові органічні добрива. Одним із таких добрив є гранульоване біоактивне добриво Plant Feed (PF) на основі курячого посліду, яке випускається промислово [24]. Виробники цього добрива розробили нову модифікацію – адаптоване органічне добриво Plant Feed (PF-a), яке відрізняється покращеним складом мікроорганізмів і перебуває на стадії апробації та патентування. Саме в рамках співпраці НУВГП та ТД „Веріас”, який виробляє добрива Plant Feed, було організовано відповідні експериментальні дослідження та апробацію добрив у польових умовах. Завданням наших наукових досліджень було встановлення порівняльного впливу добрив Plant Feed на процеси колообігу фосфору у агроєкосистемі.

З огляду на проведений аналіз літературних джерел та науково-практичні завдання, у науково-дослідницькій роботі важливо було: дослідити ефективність впливу нових органічних добрив Plant Feed (PF) в поєднанні із бактеріальним препаратом Поліміксобактерин та препаратом мікоризи МусоFix на процеси прискорення біогеохімічного колообігу фосфору в системі ґрунт рослина.

РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження за обраною тематикою проводилися впродовж 2016-2017 р.р. методами збору, систематизації, аналітичної оцінки даних літературних джерел, методом побудови польових експериментів, лабораторних досліджень та математико-статистичних аналізів отриманих результатів.

Експериментальною базою польових досліджень впродовж був польовий дослід кафедри екології, технологій захисту навколишнього середовища та лісового господарства Національного університету водного господарства та природокористування, який закладено на дерново-підзолистих ґрунтах на території с. Мала Любаша Костопільського району Рівненської області. У досліді вирощували кукурудзу середньораннього сорту Сіріус ФАО 200. Схему досліду представлено на рис. 2.1.

Дослід був двофакторний. Досліджуваний фактор № 1 (Ф1) – добрива макроелементні як основний чинник прискорення біогеохімічного колообігу фосфору. Досліджуваним фактором № 2 (Ф2 - Ф4) були допоміжні чинники, які також мають вплив на біогеохімічний колообіг фосфору, а саме: добрива мікроелементні марки YaraVita Брасітрел, бактеріальний препарат Поліміксобактерин, мікоризоутворюючий препарат для кукурудзи МусоФух.

Фактор добрива макроелементні (Ф1) вирівняли за надходженням фосфору, а для порівняння ефективності подібних органічних добрив за порівняння взяли однакову норму добрива Plant Feed (PF) – 5 т/га.

Досліджуваним ґрунтом був дерново-підзолистий супіщаний ґрунт. Вміст фосфору рухомих сполук у орному шарі ґрунту (0-20 см) перед закладанням досліду становив 87 мг/кг. Рівень забезпечення рослин доступним фосфором оцінювався як середній. рН_{KCl} ґрунту – близьке до нейтрального (6,2 од. рН), що є сприятливим показником для мобілізації малодоступних фосфатів ґрунту і добрив.

Гідротермічні умови періоду досліджень були сприятливими як для вирощування кукурудзи, так і мобілізації фосфатів із малорозчинних та нерозчинних форм мікроорганізмами. Так період вегетації 2016 р. характеризувався як недостатньо та нерівномірно зволожений, період вегетації 2017 р. – як достатньо зволожений із більш-менш рівномірним розподілом опадів, що останніми роками буває рідко у нашій місцевості.

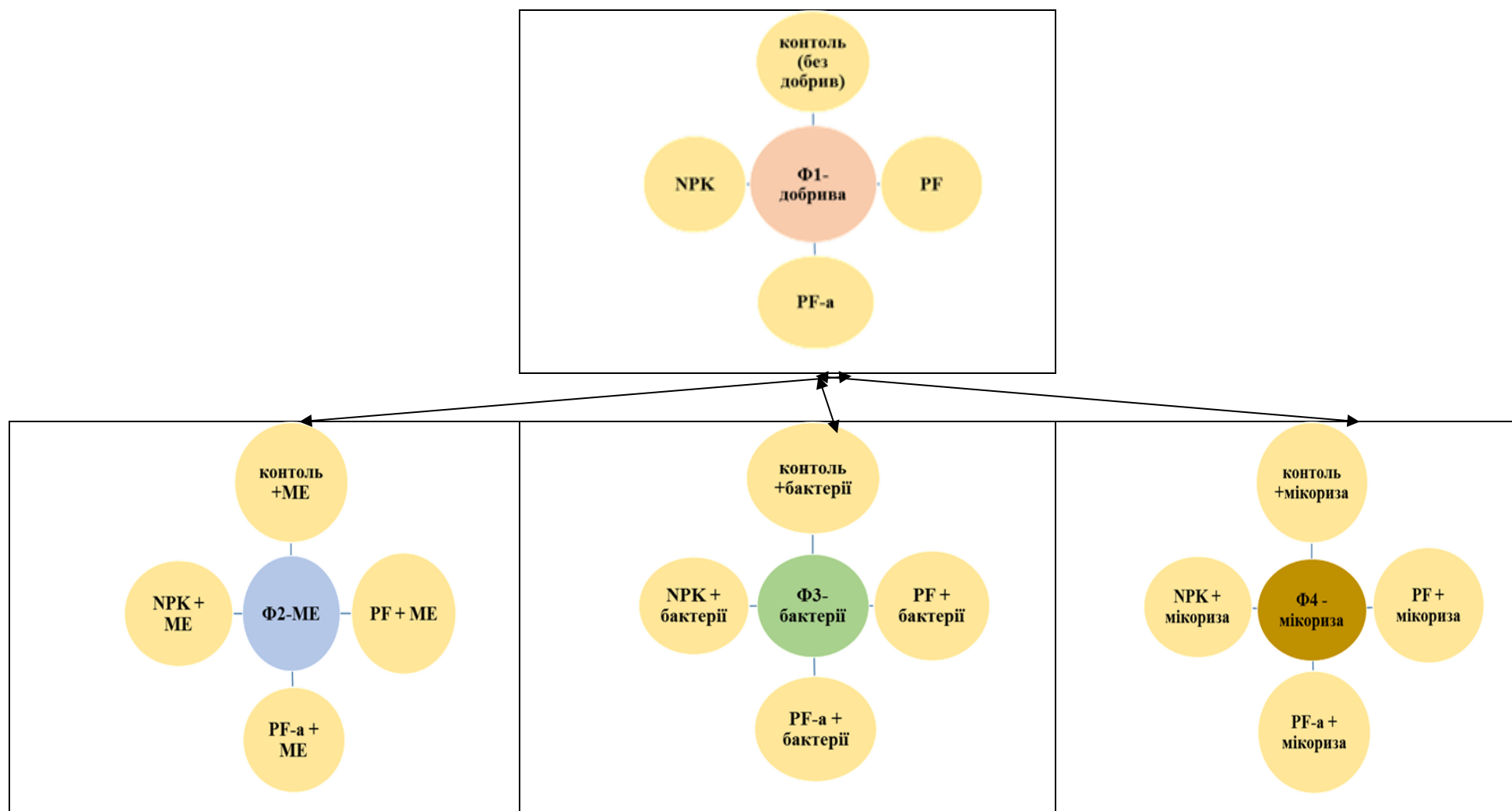


Рис. 2.1. Схема польового дослідження з вивчення чинників прискорення біогеохімічного колообігу фосфору у агроecosистемі

На рис. 2.1 досліджувані чинники слід читати таким чином:

PF - добриво органічне на основі ферментованого курячого посліду

PF – а добриво органічне адаптоване на основі ферментованого курячого посліду

ME – 2 обробки рослин оприскуванням мікроелементним добривом YaraVita Брасітрел в нормі 2 л/га у фази: 1-ша – фаза появи третього листка , 2-га – фаза появи першого стеблового вузла.

бактерії – обробка ґрунту перед посівом кукурудзи робочим розчином бактеріального препарату в нормі 16 мг/кг насіння, який містить активні рістстимулюючі бактерії *Paenibacillus polymyxa* KB (ТУ У 24.1–00497360–004:2009);

мікориза - обробка насіння кукурудзи робочим розчином мікоризоутворюючого препарату МусоФух (на основі гриба *Mycorrhiza Glomus intraradices* в концентрації 1% (мінімум 2000 спор/гр) в нормі 5 л/гектарну норму посіву (23 кг) на основі 50 г препарату МусоФух.

Склад добрива мікроелементного водорозчинного YaraVita Брасітрел є наступним: N 5,2 % (79 г/л), MgO 8,7 % (133 г/л), CaO 6,8 % (103 г/л), B 3,3 % (50 г/л), Mn 4,6 % (70 г/л), Mo 0,3 % (4 г/л).

Робочий розчин препарату МусоФух готували таким чином: 50 г препарату розчинили у 5 л води, після чого оприскували 23 кг насіння кукурудзи безпосередньо перед посівом).

Поліміксобактерин аналогічно застосовували для оброблення насіння в дозі – 16 мл/кг вихідного препарату. Робочий розчин готували таким чином: 370 мл. Поліміксобактерину розчиняли у 5 л води, після чого оприскували 23 кг насіння кукурудзи безпосередньо перед посівом. Схему удобрення кукурудзи наведено в табл. 2.1.

Основні характеристики застосованих у досліді органічних добрив наведено в табл. 2.2.

У досліді застосовували такі макроелементні мінеральні добрива – аміачну селітру – 34,4% N (ГОСТ 2-85), суперфосфат гранульований – 19 % P₂O₅ (ГОСТ

5956-78), калімагнезію – 26 % K₂O (ТУ У 6-05743160.002-94).

Таблиця 2.1.

Схема удобрення та застосування біологічних препаратів під кукурудзу в польовому досліді на дерново-підзолистих ґрунтах

Варіант досліді			Додаткові чинники			
Ф 1 -добрива			Норма добрива, кг/га / т/га	Ф 2- мікроелемент и (YaraVita Брасітрел)	Ф 3 - бактерії (Поліміксо-бактерин)	Ф 4 – мікориза (МусоFух)
Основний чинник	1	контроль (без добрив)	0	2 л/га листової поверхні рослин готового препарату - в складі 200 л. робочого розчину (1,0%)	16 мг/кг насіння готового препарату - в складі 5 л робочого розчину (7,4%)	2,2 г/кг насіння готового препарату в складі 5 л робочого розчину(1,0%)
	2	НРК	N ₂₄₁ P ₁₈₇ K ₁₆			
	3	PF	5 т / га			
	4	PF-а	5 т / га			

Таблиця 2.2.

Основні показники складу органічних добрив, які застосовувалися у польовому досліді (середні значення показників)

№ п.п.	Показник	Тип добрива (марка)	
		Plant Feed (PF)	Plant Feed (PF-а)
1	Вологість, мас, %	9	11
2	Вміст золи, %	22	25
3	Вміст органічної речовини, %	90	83
4	Вміст азоту загального, % на а.с.р.	5,3	5,1
5	Вміст фосфору загального, % на а.с.р.	4,1	4,6
6	Вміст калію загального, % на а.с.р.	3,6	3,4

Мінеральні добрива у польовому досліді вносили під передпосівну культивуацію суцільно. Органічні добрива вносили під основний обробіток суцільно, який здійснювали після попередника вівса ярого, який вирощували без застосування добрив.

Агрохімічні аналізи ґрунту проводили за такими методиками: вміст фосфору рухомих сполук за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІГА, рН – згідно ДСТУ ISO 10390-2001, активність целюлази ґрунту визначали аплікаційним методом Е.Н.Мишустина [25], активність каталази ґрунту – газометричним методом [25].

У науковій роботі було застосовано два показники для оцінки ефекту прискорення біогеохімічного колообігу фосфору [6]. Першим показником є **індекс мобільності фосфору**. Другим показником є **мобільні запаси фосфору**.

Індекс мобільності фосфору визначали за формулою:

$$I_{P_{\text{моб}}} = \frac{ЗР_{\text{рух}}}{ЗР_{\text{вал}}} \cdot 100$$

де: $ЗР_{\text{рух}}$ – запаси рухомих форм фосфору у ґрунті (шар 0-20 см), кг/га

$ЗР_{\text{вал}}$ – запаси валового фосфору у ґрунті (шар 0-20 см), кг/га

Визначення **мобільних запасів фосфору на контролі (без добрив)** проводили за формулою:

$$VK_{\text{моб}} = ЗР_{\text{рух}_1} - ЗР_{\text{рух}_0}$$

де: $ЗР_{\text{рух}_0}$ - запаси рухомих форм фосфору у ґрунті контролю (без добрив) на початковий момент відліку (шар 0-20 см), кг/га;

$ЗР_{\text{рух}_1}$ - запаси рухомих форм фосфору у ґрунті контролю (без добрив) на кінцевий момент відліку (шар 0-20 см), кг/га

Величину **мобільних запасів фосфору на варіанті удобрення** оцінювали за формулою:

$$VD_{\text{моб}} = ЗР_{\text{рух}_D} - ЗР_{\text{вал}_D}$$

де: $ЗР_{\text{рух}_D}$ – запаси рухомих форм фосфору у ґрунті варіанту удобрення на кінцевий момент відліку (шар 0-20 см), кг/га;

$ЗР_{\text{вал}_D}$ - запаси валового фосфору у ґрунті варіанту удобрення на кінцевий момент відліку (шар 0-20 см), кг/га.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ БІОЛОГІЗАЦІЇ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ ЯК ЧИННИКІВ ПРИСКОРЕННЯ БІОГЕОХІМІЧНОГО КОЛООБІГУ ФОСФОРУ У АГРОЕКОСИСТЕМІ

3.1. Оцінювання чинників прискорення біогеохімічного колообігу фосфору на предмет надходження поживних елементів у агроєкосистему

На основі проведеного аналізу літературних джерел встановлено, що основними найбільш вагомими і технологічно доступними чинниками прискорення біогеохімічного колообігу фосфору в системі агроєкосистемі є макро- та мікроелементні мінеральні добрива, органічні добрив та ефективні мікроорганізми [6-23].

Проте добрива є безпосереднім чинником надходження фосфору та інших елементів живлення рослин до ґрунтової екосистеми. Звісно, що такий фактор буде безпосередньо впливати на біогеохімічний колообіг фосфору. Тому фактор добрива (Ф1) ми вирівняли за надходженням NPK (для варіантів мінеральної (NPK) та органічної систем удобрення (PF)) (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Надходження макроелементів живлення із добривами

№ варіанту	Варіант досліджу	Норма добрива, кг/га / т/га	Надходження макроелементів		
			N	P	K
1	контроль (без добрив) - Ф1	0	0	0	0
2	NPK	N ₂₄₁ P ₁₈₇ K ₁₆₄	241	187	164
3	PF	5 т / га	241	187	164
4	PF-a	5 т / га	227	205	151

З метою порівняння ефективності модифікацій двох подібних органічних добрив (PF та PF-a) добрива застосовували в однаковій нормі, яку рекомендовано виробником – 5 т/га.

Удобрення рослин мікроелементами за всіма варіантами систем удобрення проводили в однаковій нормі – 2 обробки листової поверхні рослин у нормі 2 л/га

готового добрива YaraVita Брасітрел, яке розчиняли у 200 л води. Тому відмінностей за цим чинником між базовими варіантами удобрення (Ф1) не було.

Таким чином, обґрунтовані обсяги надходження макроелементів живлення $N_{241}P_{187}K_{164}$ є достатніми для вирощування кукурудзи в інтенсивних системах рослинництва і покривають її потреби у поживних речовинах збалансовано. Тому чинник недостатнього надходження елементів живлення чи розбалансованого співвідношення між ними не впливатиме на процеси мобілізації фосфатів ґрунту і добрив. Вплив матиме лише тип добрива та ступінь його агресивності до ґрунтового розчину та мікроорганізмів.

Застосовані норми органічних добрив є достатніми для підтримання балансу між процесами мінералізації та гуміфікації органічної речовини у ґрунті. Тому у варіантах органічної системи удобрення не будуть протікати вимушені прискорені процеси мінералізації гумусу ґрунту з метою вивільнення недостаючих обсягів елементів живлення та органічної речовини для живлення ґрунтових мікроорганізмів та рослин.

3.2. Зміни вмісту доступних фосфатів у ґрунті під впливом досліджуваних чинників

Основним показником обсягів залучення фосфору у біотичний колообіг є вміст у ґрунті фосфору рухомих сполук.

Так вміст фосфору рухомих сполук у ґрунті на кінець вегетації кукурудзи на контролі (без добрив) становив 80 мг/кг і зменшився за період вегетації відносно початкового значення на 8,0% (табл. 3.2).

Застосування добрив дозволило збільшити його величину на 10,0%-33,8%. Найбільший ефект на зростання цього показника справило застосування адаптованого органічного добрива PF-а. Загалом PF-а було на 15,0% більш ефективним порівняно із PF, яке за надходженням фосфору до ґрунту поступалося PF-а лише на 8,7%. Тому найбільш імовірно, що крім різниці надходження фосфору причиною підвищення ефективності PF-а була вища

біологічна активність ґрунту від застосування адаптованого органічного добрива.

Таблиця 3.2

Зміни обсягів залучення фосфору до біогеохімічного колообігу під впливом досліджуваних елементів біологізації системи удобрення

№ вар.	Варіант досліджу	Вміст у ґрунті P ₂ O ₅ рух							
		Ф1 - добрива		Ф2 - мікроелементи		Ф3 - бактерії		Ф4 - мікориза	
		абсолют.	приріст до	абсолют.	приріст до	абсолют.	приріст до	абсолют.	приріст до
		мг / кг	контролю, +/- %	мг / кг	контролю, +/- %	мг / кг	контролю, +/- %	мг / кг	контролю, +/- %
1	Контроль (без добрив)	80,0		82,4		87,2		92,0	
2	NPK	88,0	10,0	92,2	11,9	98,6	13,0	97,2	5,6
3	PF	95,0	18,8	103,1	25,1	109,3	25,3	113,2	23,1
4	PF адаптоване	107,0	33,8	117,1	42,1	125,2	43,6	132,1	43,6
НІР 05, мг/кг		4,2		5,1		5,4		4,9	

Застосування додаткових чинників прискорення біогеохімічного колообігу дуже позитивно відобразилося на процесах колообігу фосфору. Так мікроелементи збільшили вміст фосфору рухомих сполук на 5,3% до контролю 1., бактерії – на 9,0%, мікориза – на 15,0%.

Поєднання добрив та додаткових чинників дозволило збільшити вміст фосфору рухомих сполук на 11,9%-43,6%. Найбільш ефективною була мікориза в поєднанні із адаптованим органічним добривом PF-а, тоді як мікроелементи у поєднанні із макроелементними мінеральними добривами були найменш ефективними. Причому ефективність PF+a+мікроелементи перевищувала відповідну ефективність PF+мікроелементи на 20,5%. Це знову ж відчить про важливу роль активізації біохімічних процесів у ґрунті під впливом PF-а.

Тому наступним етапом досліджень були вивчення впливу досліджуваних чинників на біологічну активність ґрунту.

3.3. Зміни біологічної активності ґрунту під впливом досліджуваних чинників прискорення біогеохімічного колообігу фосфору

Важливим показником інтенсивності перебігу більшості біохімічних процесів у ґрунті є активність каталази. Дослідження показали, що від застосування добрив активність каталази ґрунту істотно не змінилася (рис. 3.1). Натомість істотні зміни активності каталази відмічено від застосування бактерій та мікоризи.

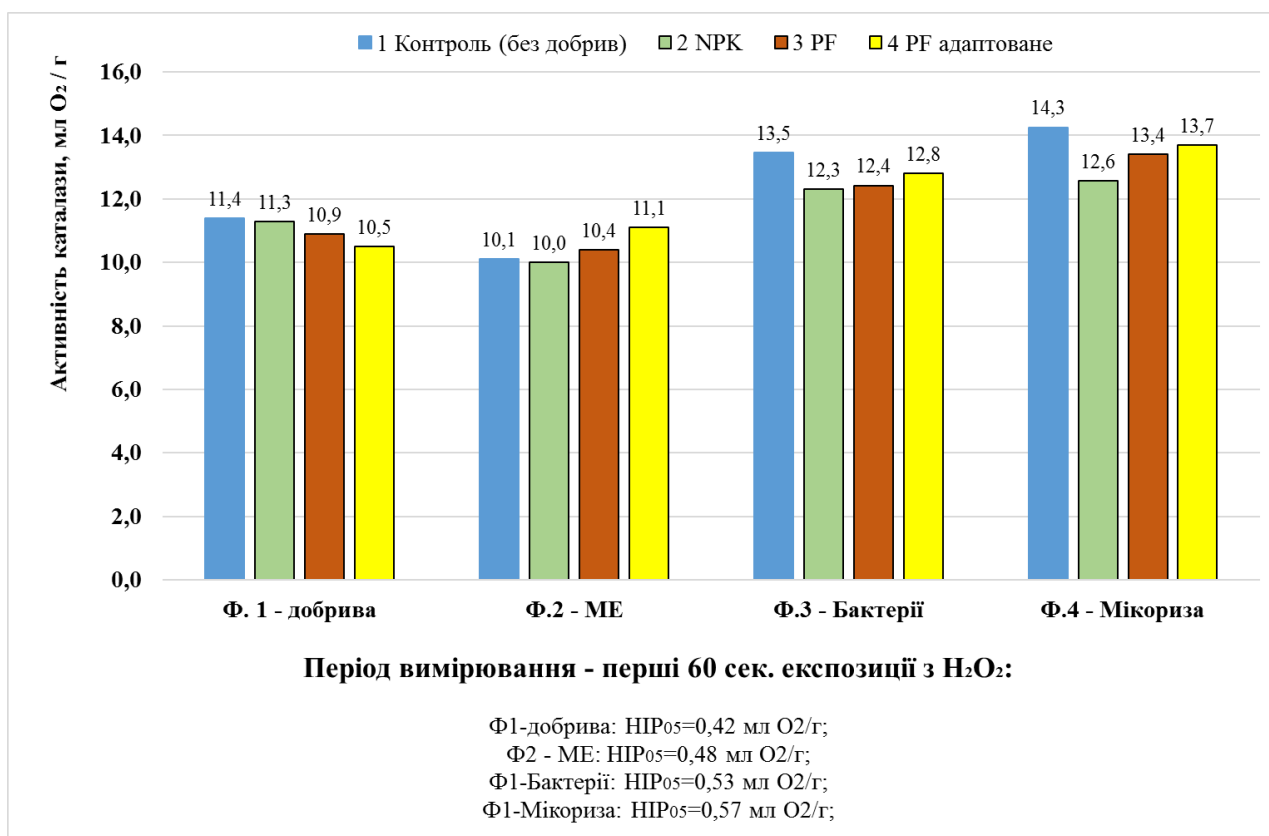


Рис. 3.1. Зміни каталазної активності ґрунту під впливом досліджуваних чинників прискорення біогеохімічного колообігу

Поєднання добрив і бактерій та добрив і мікоризи (особливо мінеральних добрив) створює тенденцію до зменшення активності каталази ґрунту. Це можна пояснити тим, що в умовах відсутності добрив (контроль) інтенсивно працюють ті групи мікроорганізмів, які трансформують гумус ґрунту і відповідно за рахунок цього трудомісткого процесу виділяють багато каталази, а такі чинники, як ефективні бактерії та мікориза, посилюють процеси трансформації гумусу.

Значно більшу різницю відмічено за активністю целюлази (рис. 3.2). Встановлено, що застосування добрив збільшує активністю целюлази на 15,4-40,4%. Серед додаткових чинників прискорення біохімічного колообігу фосфору найбільш ефективною виявилася мікориза, на другому місці – мікроелементи і на третьому – бактерії.

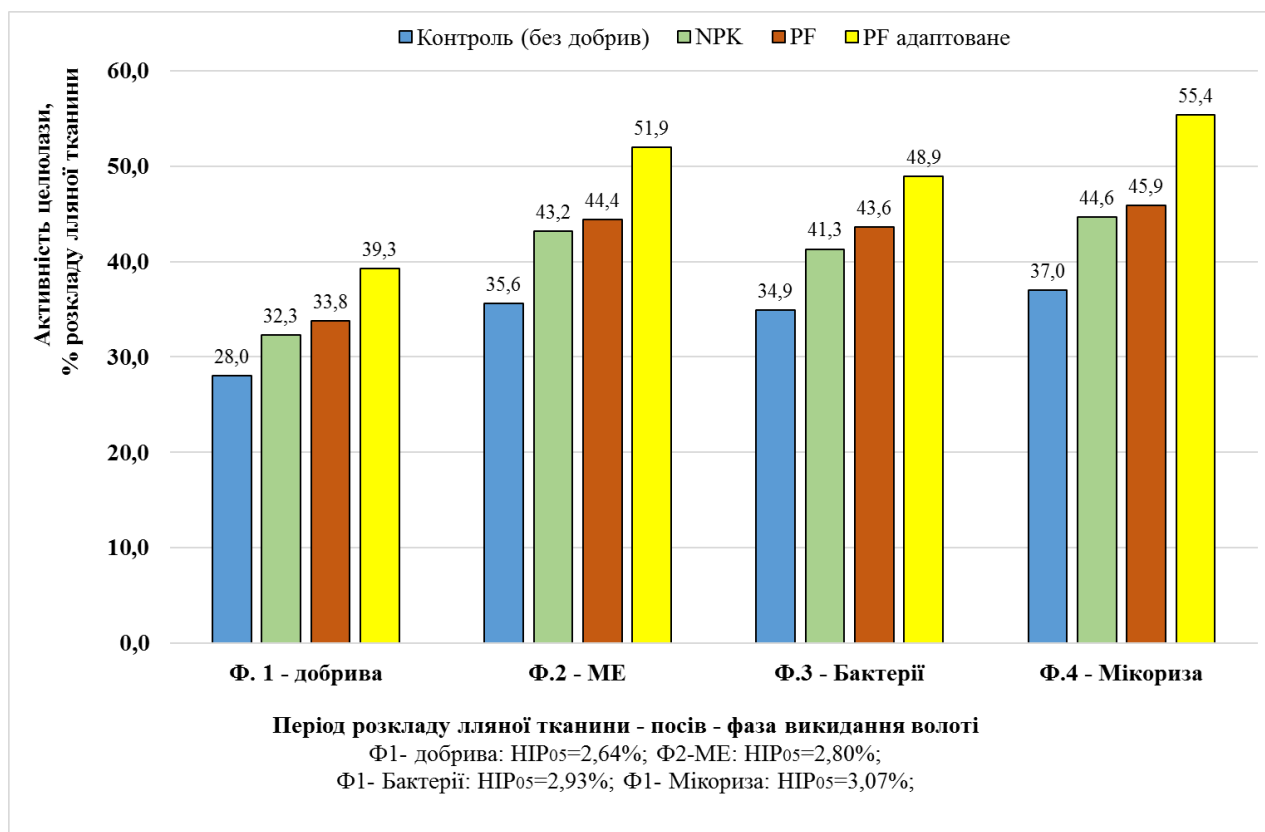


Рис.3.2. Зміни активності целюлази ґрунту під впливом досліджуваних чинників прискорення біогеохімічного колообігу

При цьому найбільше підвищення активності целюлази отримано саме від поєднання добрива Plant Feed із мікоризою та мікроелементами (+49,7% до контролю).

Отримані результати ферментативної активності ґрунту (особливо активності целюлази) свідчать про імовірне існування її взаємозв'язку із вмістом рухомих форм фосфору у ґрунті. Тому було проведено відповідний кореляційно-регресійний аналіз (табл. 3.3). Аналіз показав дуже тісний кореляційний взаємозв'язок між вмістом фосфору рухомих сполук в ґрунті та активністю целюлази ($r^2 = 0,87$).

Таблиця 3.3

Матриця кореляційних зв'язків між досліджуваними показниками біологічної активності та вмістом фосфору рухомих сполук у дерново-підзолистому ґрунті

		Вміст у ґрунті	Активність каталази, мг/кг/хв		Активність
			P ₂ O ₅ рух, мг / кг	перші 30 сек.	перші 60 сек
		ляної тканини			
Вміст у ґрунті	P ₂ O ₅ рух, мг / кг	1,00			
Активність каталази, мг/кг/хв	перші 30 сек.	0,13	1,00		
	перші 60 сек	0,33	0,95	1,00	
Активність целлюлази, % розкладу	ляної тканини	0,87	0,07	0,23	1,00

Цей взаємозв'язок описується логарифмічною регресійною залежністю. Таким чином, регулюючи целюлозолітичну активність ґрунту, ми можемо управляти біогеохімічним колообігом фосфору у агроєкосистемі і прогнозувати вміст P₂O₅рух у ґрунті від застосування певних засобів регулювання.

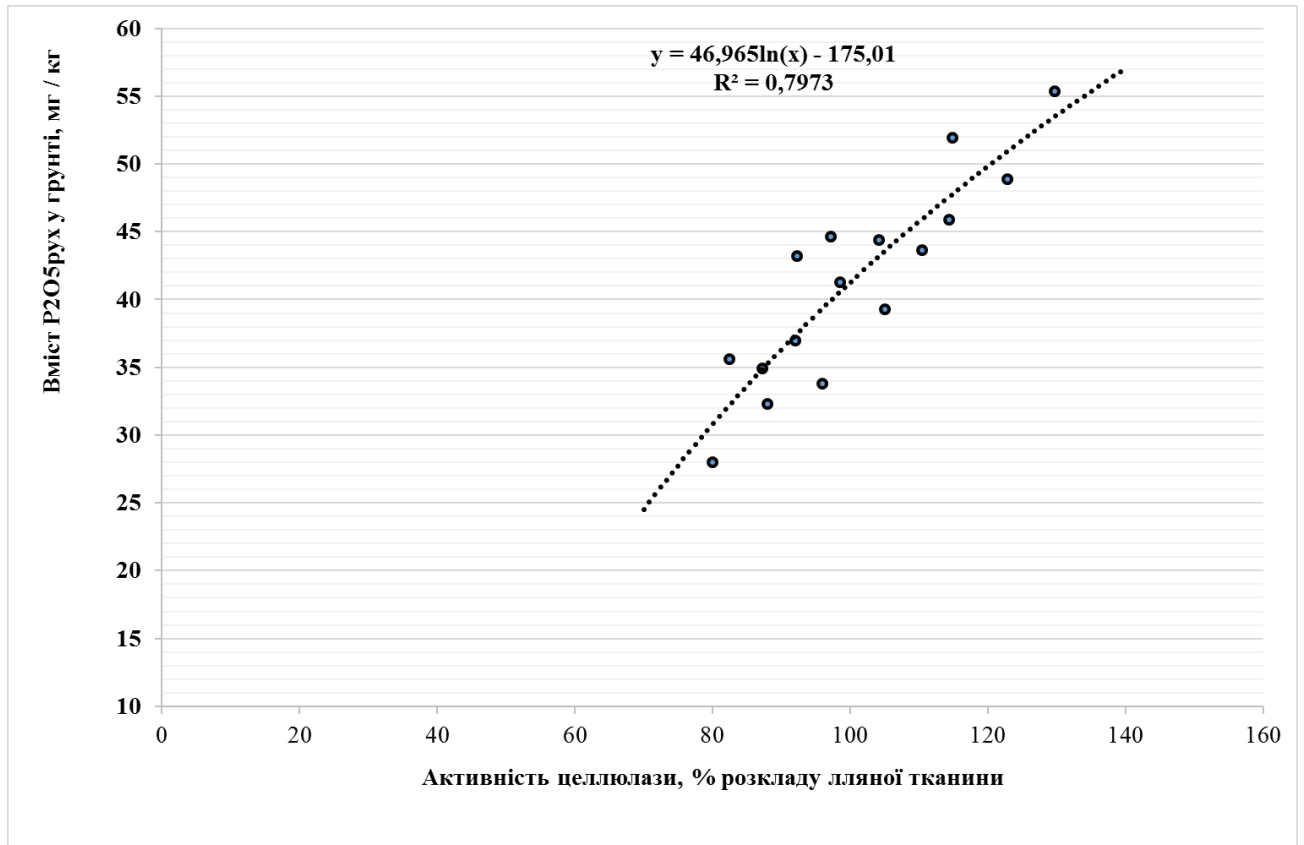


Рис. 3.3. Регресійна залежність між вмістом у ґрунті фосфору рухомих сполук та активністю целюлази

Згідно даної залежності підвищення активності целюлази на 20% забезпечить зростання вмісту у ґрунті P₂O₅рух на 10 мг/кг, що еквівалентно 50 кг/га діючої речовини фосфатного добрива типу суперфосфату.

3.4. Оцінка ефекту прискорення біогеохімічного колообігу фосфору у агроecosистемі

Оцінка добрив як чинника прискорення біогеохімічного колообігу фосфору показала, що лише адаптоване органічне добриво PF-а має істотний вплив на цей процес, забезпечуючи зростання індексу мобільності фосфору на 12,7% до контролю, тоді як неадаптоване органічне добриво PF стримує індекс мобільності, а мінеральні добрива – навпаки – зменшують на 6,2% відносно контролю (табл. 3.5).

При цьому мобільні запаси фосфору зменшуються на контролі на 14 кг/га, тоді як застосування добрив збільшує їх від 74 кг/га до 109 кг/га. Найвищу ефективність має адаптоване органічне добриво PF-а (табл. 3.6).

Збільшення мобільних запасів фосфору у ґрунті дає змогу зекономити від 1,9 до 1,9 т/га фосфатних добрив (у еквіваленті суперфосфату гранульованого).

Оцінка мікроелементних добрив як чинника прискорення біогеохімічного колообігу фосфору за індексом мобільності фосфору показала, що самі по собі мікроелементні добрива не здатні стримувати процесів осадження фосфатів у ґрунті, що говорить про уповільнення біогеохімічного колообігу фосфору (табл. 3.7).

Проте застосування мікроелементних добрив на фоні адаптованого органічного добрива PF-а збільшує індекс рухомості фосфору на 22,7%, тоді як на фоні неадаптованого органічного добрива цей показник зростає лише на 9,4% до контролю Ф2. Поєднання мікроелементних та макроелементних мінеральних добрив не збільшує індекс мобільності фосфору.

При цьому мобільні запаси фосфору ґрунту від застосування мікроелементних добрив зменшуються на 13 кг/га, тоді як поєднання мікроелементних добрив із адаптованим органічним добривом збільшує цей показник до 137 кг/га P₂O₅ (табл. 3.8). Поєднання мікроелементних добрив із неадаптованим органічним добривом забезпечує мобільні запаси фосфору на рівні 116 кг/га, тоді як поєднання із мінеральними добривами встановлює цей показник на рівні 86 кг/га.

Таблиця 3.5

Зміна індексу мобільності фосфору у ґрунті під впливом добрив (Ф1 - добрива)

№ варіанту	Чинник прискорення	Запаси	Привнесення P ₂ O ₅ доб	Вміст	Запаси	Індекс мобільності
	біотич. колообігу P ₂ O ₅ Ф 1 - добрива	P ₂ O ₅ заг в шарі 0-20 см, кг/га	у ґрунт із добривами кг/га	P ₂ O ₅ рух мг/кг	P ₂ O ₅ рух кг/га	P ₂ O ₅ %
0	0-момент	1300	0	87	244	18,7
1	контроль - Ф1	1300	0	82	230	17,7
2	NPK	1300	187	88	246	16,6
3	PF	1300	187	95	266	17,9
4	PF адаптоване	1300	205	107	300	19,9

Таблиця 3.6

Зміна мобільних запасів фосфору у ґрунті під впливом добрив (Ф1 - добрива)

№ варіанту	Чинник прискорення	Сумарні запаси	Запаси	Мобільні запаси	Економія	
	біотич. колообігу P ₂ O ₅ Ф 1 - добрива	P ₂ O ₅ заг + P ₂ O ₅ доб кг/га	P ₂ O ₅ рух кг/га	P ₂ O ₅ кг/га	P ₂ O ₅ добрив, кг/га	
					у діючій речовині	(у перерахунку на суперфосфат)
0	0-момент	1300	243,6			
1	контроль	1300	229,6	-14	-70	-368
2	NPK	1487	246	74	369	1943
3	PF	1487	266	93	467	2459
4	PF адаптоване	1505	300	109	545	2866

Таблиця 3.7

Зміна індексу мобільності фосфору у ґрунті під впливом мікроелементних добрив (Ф2 -МЕ)

№ варіанту	Чинник прискорення	Запаси	Привнесення P ₂ O ₅ доб	Вміст	Запаси	Індекс мобільності
	біотич. колообігу P ₂ O ₅ Ф 2 - МЕ	P ₂ O ₅ заг в шарі 0-20 см, кг/га	у ґрунт із добривами кг/га	P ₂ O ₅ рух мг/кг	P ₂ O ₅ рух кг/га	P ₂ O ₅ %
0	0-момент	1300	0	87,0	244	18,7
1.1	контроль - Ф1	1300	0	82,0	230	17,7
1.2	контроль - Ф2	1300	0	82,4	231	17,7
2	НРК	1300	187	92,2	258	17,4
3	РФ	1300	187	103	289	19,4
4	РФ адаптоване	1300	205	117	328	21,8

Таблиця 3.8

Зміна мобільних запасів фосфору у ґрунті під впливом мікроелементних добрив (Ф2 -МЕ)

№ варіанту	Чинник прискорення	Сумарні запаси	Запаси	Мобільні запаси	Економія	
	біотич. колообігу P ₂ O ₅ Ф 2 - МЕ	P ₂ O ₅ заг + P ₂ O ₅ доб кг/га	P ₂ O ₅ рух кг/га	P ₂ O ₅ кг/га	P ₂ O ₅ добрив, кг/га	
					у діючій речовині	(у перерахунку на суперфосфат)
0	0-момент	1300	244			
1.1	контроль - Ф1	1300	230	-14,0	-70,0	-368
1.2	контроль - Ф2	1300	231	-12,9	-64,4	-339
2	НРК	1487	258	85,7	428	2255
3	РФ	1487	289	116	580	3054
4	РФ адаптоване	1505	328	137	685	3607

Збільшення мобільних запасів фосфору у ґрунті дає змогу зекономити від 2,3 до 3,6 т/га фосфатних добрив (у еквіваленті суперфосфату гранульованого).

Оцінка бактеріального препарату Поліміксобактерин як чинника прискорення біогеохімічного колообігу фосфору за індексом мобільності фосфору показала, що сам по собі Поліміксобактерин здатен збільшити індекс мобільності фосфору на 6,3% до контролю Ф1 (табл. 3.9).

Проте застосування Поліміксобактерину на фоні мінеральних добрив не є ефективним. Застосування Поліміксобактерину на фоні адаптованого органічного добрива PF-а збільшує індекс рухомості фосфору на 24,0%, тоді як на фоні неадаптованого органічного добрива цей показник зростає лише на 9,6% до контролю Ф2.

При цьому мобільні запаси фосфору ґрунту від застосування лише Поліміксобактеринуне зростають, тоді як поєднання Поліміксобактерину із адаптованим органічним добривом збільшує цей показник до 160 кг/га P_2O_5 (табл. 3.9). Поєднання Поліміксобактерину із неадаптованим органічним добривом забезпечує мобільні запаси фосфору на рівні 133 кг/га, тоді як поєднання із мінеральними добривами встановлює цей показник на рівні 103 кг/га.

Збільшення мобільних запасів фосфору у ґрунті дає змогу зекономити від 2,7 до 4,2 т/га фосфатних добрив (у еквіваленті суперфосфату гранульованого).

Оцінка мікоризоутворюючого препарату Мусоґух як чинника прискорення біогеохімічного колообігу фосфору за індексом мобільності фосфору показала, що сам по собі Мусоґух здатен збільшити індекс мобільності фосфору на 12,2% до контролю Ф1.

Проте застосування Мусоґух на фоні мінеральних добрив не є ефективним. Застосування Мусоґух на фоні адаптованого органічного добрива PF-а збільшує індекс рухомості фосфору на 24,0%, тоді як на фоні неадаптованого органічного добрива PF цей показник зростає лише на 7,6% до контролю Ф2.

При цьому мобільні запаси фосфору ґрунту від застосування лише Мусоґух зростають на 14 кг/га, тоді як поєднання Мусоґух із адаптованим органічним

добривом збільшує цей показник до 179 кг/га P_2O_5 . Поєднання МусоГух із неадаптованим органічним добривом забезпечує мобільні запаси фосфору на

Таблиця 3.9

Зміна індексу мобільності фосфору у ґрунті під впливом Поліміксобактерину (Ф3 - бактерії)

№ варіанту	Чинник прискорення	Запаси	Привнесення P ₂ O ₅ _{доб}	Вміст	Запаси	Індекс мобільності
	біотич. колообігу P ₂ O ₅ Ф 3 - бактерії	P ₂ O ₅ заг в шарі 0-20 см, кг/га	у ґрунт із добривами кг/га	P ₂ O ₅ рух мг/кг	P ₂ O ₅ рух кг/га	P ₂ O ₅ %
0	0-момент	1300	0	87	244	18,7
1.1	контроль - Ф1	1300	0	82	230	17,7
1.2	контроль - Ф2	1300	0	87,2	244	18,8
2	НРК	1300	187	98,6	276	18,6
3	РФ	1300	187	109	306	20,6
4	РФ адаптоване	1300	205	125	351	23,3

Таблиця 3.10

Зміна мобільних запасів фосфору у ґрунті під впливом Поліміксобактерину (Ф3 - бактерії)

№ варіанту	Чинник прискорення	Сумарні запаси	Запаси	Мобільні запаси	Економія	
	біотич. колообігу P ₂ O ₅ Ф 3 - бактерії	P ₂ O ₅ _{заг} + P ₂ O ₅ _{доб} кг/га	P ₂ O ₅ рух кг/га	P ₂ O ₅ кг/га	у діючій речовині	(у перерахунку на суперфосфат)
0	0-момент	1300	244			
1.1	контроль - Ф1	1300	230	-14,0	-70	-368
1.2	контроль - Ф2	1300	244	0,56	2,80	15
2	НРК	1486,55	276	103,4	517	2722
3	РФ	1486,55	306	133	667	3509
4	РФ адаптоване	1504,7	351	160	799	4206

Таблиця 3.11

Зміна індексу мобільності фосфору у ґрунті під впливом мікоризоутворюючого гриба *Glomus intraradices* (Ф4 -мікориза)

№ варіанту	Чинник прискорення	Запаси	Привнесення P ₂ O ₅ доб	Вміст	Запаси	Індекс мобільності
	біотич. колообігу P ₂ O ₅ Ф 4 - мікориза	P ₂ O ₅ заг в шарі 0-20 см, кг/га	у ґрунт із добривами кг/га	P ₂ O ₅ рух мг/кг	P ₂ O ₅ рух кг/га	P ₂ O ₅ %
0	0-момент	1300	0	87	244	18,7
1.1	контроль - Ф1	1300	0	82	230	17,7
1.2	контроль - Ф2	1300	0	92,0	258	19,8
2	НРК	1300	187	97,2	272	18,3
3	РФ	1300	187	113	317	21,3
4	РФ адаптоване	1300	205	132	370	24,6

Таблиця 3.12

Зміна мобільних запасів фосфору у ґрунті під впливом мікоризоутворюючого гриба *Glomus intraradices* (Ф4 -мікориза)

№ варіанту	Чинник прискорення	Сумарні запаси	Запаси	Мобільні запаси	Економія	
	біотич. колообігу P ₂ O ₅ Ф 4 - мікориза	P ₂ O ₅ заг + P ₂ O ₅ доб кг/га	P ₂ O ₅ рух кг/га	P ₂ O ₅ кг/га	P ₂ O ₅ добрив, кг/га у діючій речовині	(у перерахунку на суперфосфат)
0	0-момент	1300	244			
1.1	контроль - Ф1	1300	230	-14,0	-70	-368
1.2	контроль - Ф2	1300	258	14,0	69,9	368
2	НРК	1487	272	99,5	497	2618
3	РФ	1487	317	145	723	3803
4	РФ адаптоване	1505	370	179	897	4719

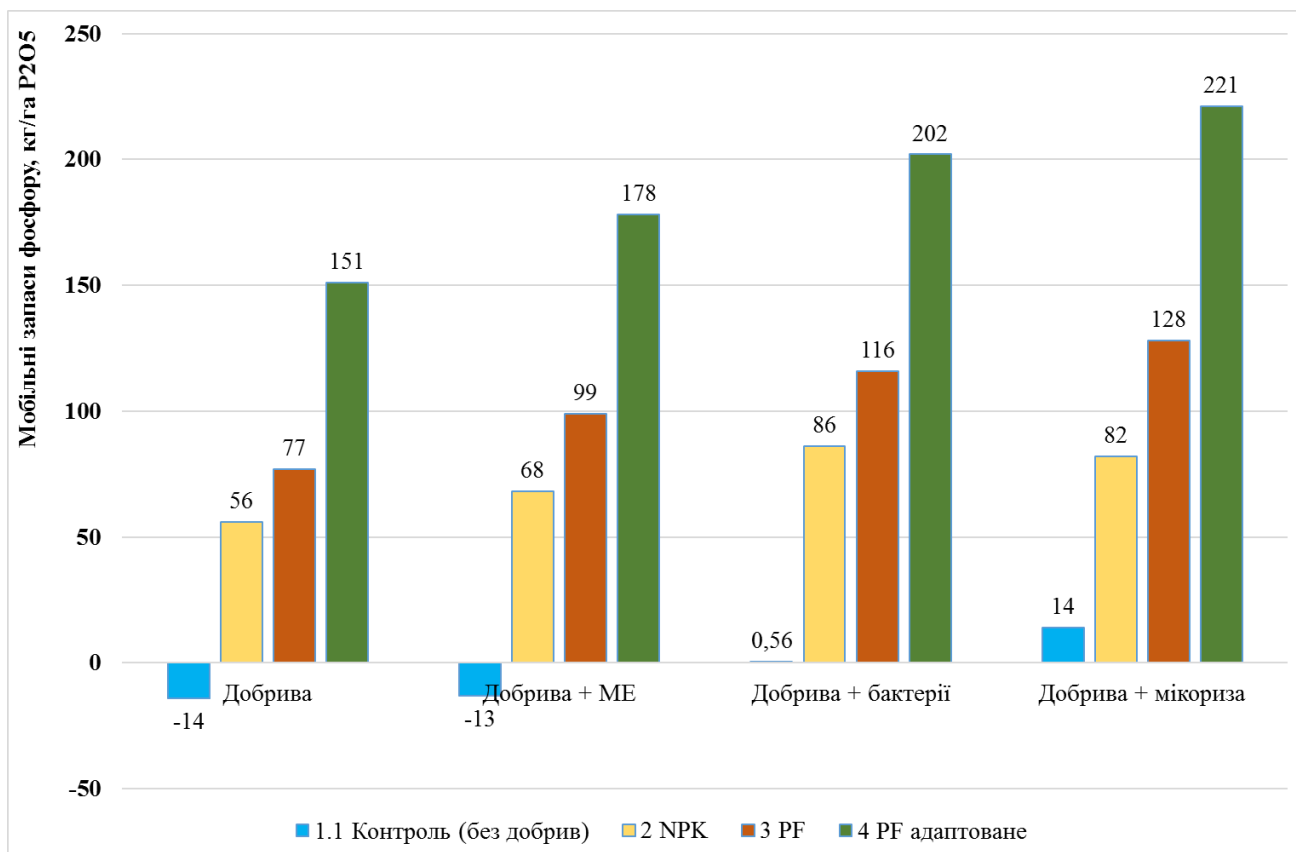


Рис. 3.5. Сумісна дія чинників на прискорення біогеохімічного колообігу фосфору у агроєкосистемі

рівні 145 кг/га, тоді як поєднання із мінеральними добривами встановлює цей показник на рівні 100 кг/га.

Збільшення мобільних запасів фосфору у ґрунті забезпечує поєднання біопрепарату МусоФух із базовою системою удобрення, що в свою чергу дає змогу зекономити від 2,6 до 4,7 т/га фосфатних добрив (у еквіваленті суперфосфату гранульованого).

Таким чином на основі зведеної діаграми, де відображено сумісний вплив досліджуваних чинників на мобільні запаси фосфору у ґрунті, видно, що найбільш позитивний вплив на прискорення біогеохімічного колообігу фосфору у агроєкосистемі має застосування адаптованого органічного добрива PF+a, яке найбільш доцільно поєднувати із біопрепаратом мікоризи МусоФух (рис.).

При цьому мікоризація ґрунту через насіння кукурудзи є єдиним чинником (окрім добрив), який не лише стабілізує обмінний фосфатний фонд ґрунту, а й

забезпечує його зростання до початкового стану (відносно показників перед закладанням досліду). В цілому мікоризація забезпечує додаткове сумарне утворення 28 кг/га мобільних запасів фосфору у дерново-підзолистому ґрунті відносно контролю (без добрив). Застосування бактеріального препарату Поліміксобактерин, який нині є одним із найбільш ефективних мобілізаторів фосфатів ґрунту та добрив у системах органічного землеробства [10], дозволяє лише стабілізувати мобільні запаси обмінного фосфатного фонду на вихідному рівні, тоді як мікроелементні добрива зовсім не стримують процесів зменшення мобільних запасів фосфору у ґрунті.

3. 5. Оцінка обсягів економії ресурсів та енергії від ефекту прискорення біогеохімічного колообігу фосфору у агроєкосистемі

Економія енергії у агроєкосистемі від ефекту прискорення біогеохімічного колообігу фосфору досягається за рахунок того, що прискорення колообігу призводить до вивільнення додаткових запасів мобільного фосфору, який доступний рослині впродовж періоду вегетації. Цей факт дозволяє зекономити на добривах. При цьому економиться не лише енергія добрив, а й енергія засобів їхнього застосування (пального, машин та механізмів, електроенергії та праці людини). Саме на врахуванні таких показників (їхньої енергетичної цінності) було встановлено розміри економії енергії. За умовне фосфатне добриво було прийнято суперфосфат простий гранульований (19% P_2O_5). При цьому було враховано, що засвоєння фосфору традиційних мінеральних добрив рослиною не перевищує 20% [1]. Питомі енерговитрати на застосування фосфатного добрива було взято із типової технологічної схеми інтенсивної технології вирощування кукурудзи [26].

Розрахунковим методом встановлено, що економія енергії у агроєкосистемі від застосування чинників прискорення біогеохімічного колообігу фосфору сягає 35 ...52 тис. МДж/га, що еквівалентно 1,6...2,4 т/га зернових одиниць (табл. 3.13). Відповідно за чинником Ф1 – добрива максимальну економію енергії у

агроекосистемі забезпечує застосування добрива РF-а, тоді як мінімальну – застосування мінеральних добрив (NPK).

Таблиця 3.13

Економія енергії у агроecosystemі від застосування прискорення біогеохімічного колообігу фосфору за допомогою добрив (Ф1 - добрива)

№ варіанту	Чинник прискорення біотич. колообігу P2O5	Економія P2O5 добрив, (у перерахунку на суперфосфат), кг/га	Енергоємність суперфосфату, МДж/га	Питомі енерговитрати на застосування 1 кг суперфосфату МДж/га	Економія енергії у агроecosystemі від зміни мобільності фосфору, МДж/га	Еквівалент економії енергії у зернових одиницях, т/га ЗО
	Ф 1 - добрива					
0	0-момент					
1	контроль	-368	-4642	5,65	-6724	-0,30
2	НРК	1943	24487	5,65	35467	1,59
3	РФ	2459	30986	5,65	44881	2,02
4	РФ адаптоване	2866	36109	5,65	52301	2,35

Таблиця 3.14

Економія енергії у агроecosystemі від прискорення біогеохімічного колообігу фосфору за допомогою мікроелементних добрив (Ф2 -МЕ)

№ варіанту	Чинник прискорення біотич. колообігу P2O5	Економія P2O5 добрив, (у перерахунку на суперфосфат), кг/га	Енергоємність суперфосфату, МДж/га	Питомі енерговитрати на застосування 1 кг суперфосфату МДж/га	Економія енергії у агроecosystemі від зміни мобільності фосфору, МДж/га	Еквівалент економії енергії у зернових одиницях, т /га ЗО
	Ф 2 - МЕ					
0	0-момент					
1.1	контроль - Ф1	-368	-4642	5,65	-6724	-0,30
1.2	контроль - Ф2	-339	-4271	5,65	-6186	-0,28
2	НРК	2255	28409	5,65	41148	1,85
3	РФ	3054	38483	5,65	55739	2,51
4	РФ адаптоване	3607	45447	5,65	65826	2,96

Економія енергії в агроecosистемі від поєднання мікроелементних добрив та базових макроелементних та органічних добрив в якості чинника прискорення біогеохімічного колообігу фосфору сягає 41...66 тис. МДж/га, що еквівалентно 1,9...3,0 т/га зернових одиниць (табл. 3.14). Самі по собі мікроелементні добрива не здатні забезпечити ефекту економії енергії за рахунок прискорення біогеохімічного колообігу фосфору.

Економія енергії в агроecosистемі від поєднання Поліміксобактерину та базових макроелементних та органічних добрив в якості чинника прискорення біогеохімічного колообігу фосфору сягає 50...77 тис. МДж/га, що еквівалентно 2,2...3,5 т/га зернових одиниць (табл. 3.15). Найбільший ефект економії зафіксовано на варіанті застосування адаптованого органічного добрива (PF-a). Сам по собі Поліміксобактерин істотно не впливає на оцінюваний ефект економії енергії.

Економія енергії в агроecosистемі від поєднання Мусоґух та базових макроелементних та органічних добрив в якості чинника прискорення біогеохімічного колообігу фосфору сягає 48...86 тис. МДж/га, що еквівалентно 2,2...3,9 т/га зернових одиниць (табл. 3.16). Важливим є той факт, що Мусоґух є єдиним додатковим чинником прискорення біогеохімічного колообігу фосфору у агроecosистемі, який забезпечує істотну економію енергії (6,7 тис. МДж/га), а його поєднання із PF-a підвищує цей ефект у 12,8 разів.

Представлені результати мають науково-практичну цінність. Тому на основі проведених досліджень розроблено відповідні практичні рекомендації, які наведено після висновків наукової роботи.

Таблиця 3.15

Економія енергії у агроecosистемі від застосування прискорення біогеохімічного колообігу фосфору за допомогою Поліміксобактерину (Ф3 - бактерії)

№ варіанту	Чинник прискорення	Економія	Енергоємність	Питомі енерговитрати	Економія енергії	Еквівалент
	біотич. колообігу P2O5 Ф 3 - бактерії	P2O5 добрив, (у перерахунку на суперфосфат), кг/га	суперфосфату, МДж/га	на застосування 1 кг суперфосфату МДж/га	у агроecosистемі від зміни мобільності фосфору, МДж/га	економії енергії у зернових одиницях, т / га ЗО
0	0-момент					
1.1	контроль - Ф1	-368	-4642	5,65	-6724	-0,30
1.2	контроль - Ф2	15	186	5,65	269	0,01
2	НРК	2722	34291	5,65	49668	2,23
3	PF	3509	44216	5,65	64043	2,88
4	PF адаптоване	4206	52997	5,65	76761	3,45

Таблиця 3.16

Економія енергії у агроecosистемі від застосування прискорення біогеохімічного колообігу фосфору за допомогою мікоризоутворюючого гриба *Glomus intraradices* (Ф4 - мікориза)

№ варіанту	Чинник прискорення	Економія	Енергоємність	Питомі енерговитрати	Економія енергії	Еквівалент
	біотич. колообігу P2O5 Ф 4 - мікориза	P2O5 добрив, (у перерахунку на суперфосфат), кг/га	суперфосфату, МДж/га	на застосування 1 кг суперфосфату МДж/га	у агроecosистемі від зміни мобільності фосфору, МДж/га	економії енергії у зернових одиницях, т / га ЗО
0	0-момент					
1.1	контроль - Ф1	-368	-4642	5,65	-6724	-0,30
1.2	контроль - Ф2	368	4638	5,65	6718	0,30
2	НРК	2618	32984	5,65	47774	2,15
3	PF	3803	47920	5,65	69409	3,12
4	PF адаптоване	4719	59454	5,65	86114	3,87

ВИСНОВКИ

У науковій роботі виділено основні найбільш технологічно доступні чинники прискорення біогеохімічного колообігу фосфору в системі ґрунт-рослина та оцінено їхню роль у змінах колообігу цього важливого елемента живлення рослин за показниками індексу рухомості та мобільних запасів фосфору на основі експериментальних даних польового дослідження, що стало підставою для наступних висновків.

1. Оцінка такого основного чинника прискорення біогеохімічного колообігу фосфору як добрива показала, що він є найбільш вагомим, причому найбільш ефективним є адаптоване органічне добриво PF-а, яке забезпечило зростання індексу мобільності фосфору на 12,7% до контролю (без добрив) та мобільних запасів фосфору у ґрунті до 109 кг/га та економію енергії у агроєкосистемі до 52 тис. МДж/га, мінеральні добрива не сприяли прискоренню біогеохімічного колообігу фосфору та економії енергії.

2. Мікроелементні добрива самі по собі не сприяють прискоренню біогеохімічного колообігу фосфору, але їх поєднання із адаптованим органічним добривом PF-а забезпечує зростання індексу мобільності фосфору на 22,7% , збільшення мобільних запасів фосфору у ґрунті до 137 кг/га та економію енергії у агроєкосистемі до 66 тис. МДж/га.

3. Застосування бактеріального препарату Поліміксобактерин для обробки насіння кукурудзи саме по собі не показало істотно ефекту прискорення біогеохімічного колообігу фосфору, проте його поєднання із органічними добривами посилює ефективність останніх, особливо PF-а, забезпечивши зростання індексу рухомості фосфору на 24,0% та мобільних запасів фосфору до 133 кг/га, економія енергії у агроєкосистемі при цьому сягнула 77 тис. МДж/га.

4. Серед додаткових чинників прискорення біогеохімічного колообігу найбільш вагомий вплив на цей процес виявило застосування біопрепарату МусоFіх для обробки насіння кукурудзи, який діяв ефективно навіть сам по собі, забезпечивши збільшення індексу мобільності фосфору на 12,2% та мобільних запасів фосфору до 14 кг/га.

5. Поєднання біопрепарату МусоFіх із адаптованим органічним добривом PF-а виявилось найбільш ефективним, збільшивши індекс мобільності фосфору на 24,0% та мобільні запаси фосфору до 145 кг/га та економію енергії до 86 тис. МДж/га.

6. Кореляційно-регресійний аналіз взаємозв'язків між вмістом у ґрунті фосфору рухомих сполук та ферментативною активністю показав дуже тісний кореляційних взаємозв'язок за активністю целюлази, який описується логарифмічною залежністю, застосування якої дає можливість управляти біогеохімічним колообігом фосфору у системі ґрунт-рослина, регулюючи целюлозолітичну активність ґрунту.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

З метою значної економії енергії та істотно прискорення біогеохімічного колообігу фосфору у агроєкосистемі, внаслідок якого до системи ґрунт-рослина додатково залучається 897 кг/га доступної діючої речовини фосфору рекомендуємо:

поєднувати удобрення рослин кукурудзи адаптованим органічним добривом Plant Feed марки PF-а в нормі 5 т/га із обробкою насіння кукурудзи перед посівом біопрепаратом мікоризи МусоFіх в нормі 220 мл/кг насіння робочого розчину, який приготовлено шляхом розведення 50 г готового препарату МусоFіх у 5 л води.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Петренко Л.Р., Вітвіцький С.В., Булигін С.Ю. та ін. Управління ґрунтовими режимами [текст] : монографія. Київ : Видавництво НУБіП, 2017. 368 с
2. Гаврилюк В.А., Середюк Л.Є. Ресурси і запаси сировини для фосфорних добрив. Збірник наукових праць «Охорона ґрунтів». 2014. Випуск 1. С. 126-128
3. Жученко С.І., Сироватко К.В., Сироватко В.О. Аналіз джерел утворення рухомого фосфору в різних генетичних горизонтах чорнозему звичайного. Збірник наукових праць «Охорона ґрунтів». 2014. Випуск 1. С. 75-78.
4. Цвик Т.І. Зміна параметрів фосфатного стану структурних фракцій чорнозему опідзоленого під впливом різного використання. Збірник наукових праць «Охорона ґрунтів». 2014. Випуск 1. С. 94-97
5. Абрамович О.В. Сучасна необхідність використання місцевої сировини як засобу для підвищення біопродуктивності ґрунту. Збірник наукових праць «Охорона ґрунтів». 2014. Випуск 1. С. 98-100
6. Шевчук М. Й., Ковальчук Н. С., Колесник Т. М. та ін. Агроекологічна ефективність застосування ферментованого органічного добрива на дерново-слабопідзолистому ґрунті [текст] : монографія. Рівне : НУВГП, 2017. 183 с.
7. Бортнік А.М., Бортнік Т.П. Мікробіологічні препарати як основа підвищення біопродуктивності ґрунтів на радіоактивно забруднених територіях. Збірник наукових праць «Охорона ґрунтів». 2014. Випуск 1. С.101-103.
8. Габриєль А.Й., Оліфір Ю.М., Германович О.М. Вплив тривалого удобрення і періодичного вапнування на біологічні властивості ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту. Збірник наукових праць «Охорона ґрунтів». 2014. Випуск 1. С. 121-123
9. Крамарьов С. Фосфорна проблема українських чорноземів та можливі шляхи її вирішення // Електронний ресурс . URL: <https://imptorgservis.uaprom.net/a170873-fosforna-problema-ukrayinskih.html>
10. Волкогон В.В. Мікробіологія у сучасному аграрному виробництві // Електронний ресурс . URL:

<http://dspace.nbuu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/18058/01-Volkogon-NEW.pdf?sequence=4>

11. Волкогон В.В., Заришняк А.С., Гриник І.В. та ін. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур [текст] : монографія. К.: Аграрна наука, 2011. 156 с.

12. Шерстобоева Е. В. Современные микробные препараты для сельского хозяйства // Оптимізація структури агроландшафтів і раціональне використання ґрунтових ресурсів : тези доповідей наук.-практ. конф. Київ, 2000. С. 92-93.

13. Nelson L. M. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Prospects for new inoculants. / L. M. Nelson - Online. Crop Management doi : 10.1094/CM-2004-0301-05-RV, 2004.

14. Скрыльник Е. В., Бацула А. А., Карпач К. С., Федоров А. А. Органо-минеральные удобрения и биостимуляторы роста растений в земледелии Украины // Проблемы питания растений и использование удобрений в современных условиях: материалы международ. науч.-практ. конф. Жодино, 2000. С. 488-491.

15. Socolov G., Michael I., Vambalov N. Influence of different organic materials on physical properties of desert and cultivated soils // Int. Agrophysics. 2005, № 19. pp. 337-343.

16. Коноваленко Л.І., Колесникова Т.О., Моргунова Л.Я. Ефективність альтернативних органічних добрив в умовах Степу. Збірник наукових праць «Охорона ґрунтів». 2014. Випуск 1. С 170-172

17. Гуральчук Ж.З. Вплив арбускулярних мікориз на надходження елементів живлення в рослини на забруднених важкими металами і засолених ґрунтах. Збірник наукових праць «Охорона ґрунтів». 2014. Випуск 1. С 149-152.

18. Бортнік А. М. Вплив ферментованих органічних добрив та біопрепаратів на врожай картоплі і овочевих культур на радіоактивно забруднених землях Західного Полісся.: автореф. дис. канд. сільськогоспод. наук : 06.01.04. Харків, 2012, 22 с.

19. Дацьков Р. А. Мікродобрива, як важлива складова для високої урожайності пшениці озимої. Напрями досліджень в аграрній науці: стан та перспективи: збірник наукових праць Всеукраїнської наукової конференції аспірантів, магістрів та студентів Київ, 2017. – С. 24.
20. Гринчук І.О. Вплив мікродобрив та стимуляторів росту на урожай і якість кукурудзи на зерно Напрями досліджень в аграрній науці: стан та перспективи: збірник наукових праць Всеукраїнської наукової конференції аспірантів, магістрів та студентів Київ, 2017. – С.17.
21. Мікоризні інокулянти // Електронний ресурс . URL: https://www.micofix.com.ua/?gclid=EAiaIQobChMIqMfV_sWZ2QIVU14ZCh1E9QF-EAAYASAAEgKuOfD_BwE#pervagi
22. Гуральчук Ж.З., Дель Валь К., Барча Х.М., Аскон-Агилар К. Вплив інокуляції арбускулярними мікоризними грибами на стійкість рослин люцерни до дії важких металів та арсену. Сільськогосподарська мікробіологія: міжвід. темат. наук. зб. 2007. Вип. 5. С. 7-14.
23. Абдурашитов С.Ф. Вплив грибів арбускулярної мікоризи на продуктивність і розвиток симбіозу з пшеницею озимою // Електронний ресурс . URL: <http://www.sworld.com.ua/konfer41/282.pdf>
24. Органо-мінеральне біоактивне добриво / Патент на корисну модель № 113190. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.01.2017.
25. Криницький Г. Т., Заїка В. К., Гут Р. Т., та ін. Фізіологія рослин. Практикум. [текст] : підручник. Львів, 2011. 328 с.
26. Медведовський О. К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві [текст] : монографія. К. : Урожай, 1988. 208 с.