

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЗЕРНИСТИХ ФОСФОРИТІВ ТА АПАТИТІВ З СІРКОЮ ТА ФОСФОРМОБІЛІЗУЮЧИМИ МІКРООРГАНІЗМАМИ НА ДЕРНОВО-СЕРЕДНЬОПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТАХ ПОЛІССЯ В ЯКОСТІ МІСЦЕВИХ ДОБРІВ**

*При різкому дефіциті і високій вартості фосфорних добрив в умовах Полісся досліджено вплив важкорозчинних фосфоритів та апатитів місцевих родовищ на продуктивність сільськогосподарських культур. Отримано позитивні результати від їх сумісного застосування з сіркою та фосформобілізуючими мікроорганізмами.*

### **Постановка проблеми**

Відсутність власної сировини для виготовлення фосфорних добрив, завезення її з Північної Африки і значні витрати на її переробку обумовили зростання вартості суперфосфату – до 900 грн. за тонну. Високою залишається і вартість 1кг  $P_2O_5$  і в інших складних добривах. Тому об'єми застосування фосфорних добрив у землеробстві України знизились до 3–4 кг  $P_2O_5$  на 1га, що в 10 разів нижче необхідного. В результаті потреба сільськогосподарських культур у фосфорі забезпечується переважно за рахунок його запасів що містяться в ґрунтах, що знижує ефективність застосування і азотних добрив.

Для землеробства України щорічно необхідно виробляти 2,8 млн. т. фосфорних добрив у діючій речовині, проте промислові потужності на сьогодні можуть випускати їх лише – 30 % і працюють вони виключно на імпортній сировині. Щорічні витрати на імпорт апатитів складають 200-250 млн. доларів США. Власні ж мінеральні ресурси фосфорної сировини представлені родовищами апатитів, фосфоритів і фосфорвміщуючих руд. Затверджені запаси двох родовищ апатитів – Стремигородського і Новополтавського. За промисловими категоріями вони складають 79,1млн.т.  $P_2O_5$ . У трьох родовищах жовнових фосфоритів – Осиківському,

Ратнівському і Жванському вони відповідно складають 5,6; 9,5 і 5,4 млн. т.  $P_2O_5$ . За останні роки встановлено поширення зернистих фосфоритів (Волино-Подільський, Донецький та інші регіони), сумарні запаси і перспективні ресурси шести родовищ цього типу складають 29,5 млн. т  $P_2O_5$  [1].

У 2000 році Західноукраїнська гірнична компанія розпочала видобувати зерністі фосфорити з Мілятинського родовища в Рівненській області, де середній вміст  $P_2O_5$  у межах продуктивного покладу становив 6,79 %, біля 50 % фосфору є цитратно розчинним. Руда – дрібнозерниста, крім фосфоритів в ній міститься 35–50 % карбонатів, 24 % глауконіту і тому зерністі фосфорити доцільно застосовувати для зниження кислотності ґрунтів і забруднення урожаю сільськогосподарських культур радіонуклідами та важкими металами. Проте потужність покладів зернистих фосфоритів у середньому по родовищу складає 1,65 м, і при їх видобутку будуть порушуватись значні площі родючих ґрунтів.

За даними С.К. Швайберова, Б.Л. Висоцького, Л.М. Базалійської [11] стратегічні ресурси фосфору в різноманітних геологопромислових типах руд України в перерахунку на  $P_2O_5$  складають близько 1 млрд. тонн. Прогнозні ресурси Коростенського плутону очікуються в 210 млн. тонн  $P_2O_5$  при середньому вмісті в рудах 3,0–3,5 % п'ятиокису фосфору. Ресурсні запаси апатитових руд регіону становлять 84 % від загальноукраїнських, що означає його монопольне положення. За вмістом фосфору руду відносять до бідних, але за рахунок їх комплексності (вміст  $TiO_2$  – 6–8 %, підвищений вміст ванадію і скандію) відпрацювання руд є високорентабельним. За вмістом лімітових домішок концентрати кращі за Кольські. Їх можна застосовувати замість хібінських апатитів для отримання подвійного суперфосфату і фосфорної кислоти, концентрованих складних і фосфорних добрив.

Нова фосфор-титанова провінція представлена групою в різній мірі вивчених комплексних апатит-ільменітових родовищ та проявів: Стремигородським, Парамовським, Видибірським, Федорівським, Кропивенським, Давидківським та Словечанським, де середній вміст  $P_2O_5$  змінюється від 2,44 до 3,5 %.

Руди легко збагачуються (крім Давидківського родовища) за схемою, розробленою для Стремигородського родовища. З них наразі детально розвідані Стремигородське і Федорівське. Перше знаходиться на балансі Іршанського ДГЗК і його експлуатація стримується необхідністю значних (700 млн. дол. США) капіталовкладень. Освоєння Федорівського родовища може на 30 % забезпечити вітчизняні підприємства апатитовим концентратом, щоб виробляти мінеральні добрива протягом 9 років. Проте для широкого застосування мінеральних фосфорних добрив у сільському господарстві необхідно істотно знизити і вартість їх виробництва. Безпосереднє внесення в ґрунт тонко подрібнених мінералів апатиту,

жовтових та зернистих фосфоритів сумісно з препаратами фосформобілізуючих бактерій може знизить їх вартість більш ніж у 2 рази.

Аналіз результатів досліджень в різних галузях науки стосовно забезпечення сільськогосподарського виробництва фосфорними добривами вказує на необхідність підвищення їх ефективності і зниження вартості. Для цього вони не повинні взаємодіяти з рухомим у ґрунті алюмінієм та залізом, а у міру розчинення вбиратись кореневими системами сільськогосподарських культур.

Цього можна буде досягти, коли процес розчинення фосфоритів та апатитів буде відбуватися безпосередньо у ґрунті в період вегетації сільськогосподарських культур.

### Аналіз останніх досліджень

За даними В.В. Медведєва та ін. [5] ґрунти України містять від 0,08 до 0,15 % валового фосфору, що обумовлено, насамперед, характером материнських порід, з яких його найбільше міститься в лесах і лесовидних суглинках, збагачених первинними мінералами: фосфоритами та апатитами. Тому за даними В.Г. Минєєва і Э.И. Шконде [6] кількість фосфору у дерново-підзолистих ґрунтах у шарі 0–20 см коливається в межах 1,5–3 т/га, а в сірих лісових – 2,9–3,7 т/га. При застосуванні мінеральних фосфорних добрив в дерново-підзолистих ґрунтах відбувається накопичення мінеральних форм фосфатів алюмінію та заліза, в яких переважають (57,7–60,9 %) алюмофосфати.

А.В. Петербургський [8] вважає, що фосфати заліза (наприклад, стрегніт  $FePO_4$ ) і алюмінію – (варесцит  $AlPO_4$ ) важкорозчинні, але за рахунок вапнування ґрунтів відбувається поступовий перехід цих фосфатів у фосфати кальцію, які більш доступні рослинам. Частина аніонів фосфорної кислоти адсорбується колоїдами з позитивним зарядом, у тому числі глинистими мінералами з групи каолініту, залишаючись обмінними.

Встановлено, що кращою формою живлення рослин на кислих ґрунтах є низкоосновні фосфати кальцію, а на карбонатних ґрунтах – фосфати заліза та алюмінію [5].

За даними С.Н. Іванова, Н.Н. Шугля [5] вбирна ємність фосфат-іонів на дерново-підзолистих ґрунтах коливається від 8,0 на піщаних до 30 мг  $P_2O_5$  на 100 г на глинистих ґрунтах. На торфово-болотних низинного типу вона досягає 1350–3100 мг  $P_2O_5$  на 100 г сухого торфу.

На думку Т.М. Кулаковської [4], підвищена кислотність ґрунту знижує рухомість і засвоюваність фосфору. Надходження фосфорнокислого алюмінію в кореневу систему дискримінує її здатність переміщати фосфор в наземні органи і викликає специфічне фосфатне голодування. І навпаки, при високому вмісті в ґрунті міді знижується споживання фосфору рослинами з ґрунту і підвищується ефективність фосфорних добрив.

Підвищення вмісту фосфору в ґрунті за рахунок застосування добрив окуплюється приростом врожаю аж до 20–25 мг  $P_2O_5$  на 100 г.

Виконані І. О. Цигурою та В.П. Патиною [10] дослідження свідчать, що фосформобілізуючі мікроорганізми є одним із заходів підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Про високу ефективність сумісного застосування зернистих фосфоритів із фосформобілізуючими бактеріями в якості добрив свідчать також дослідження Л.О. Чайківської, Є.Г. Дегодюка [9]. Підвищення ефективності фосформобілізуючих мікроорганізмів можливе при їх сумісному застосуванні з азотфіксуючими мікроорганізмами та зеленим добривом на провапнованих ґрунтах.

Підвищення розчинності фосфоритів та апатитів можливе і при сумісному внесенні їх з хімічними речовинами, здатними окислюватись в ґрунті до кислот. З цією метою може використовуватися сірка, значні родовища якої розробляються у Львівській області.

В.І. Артамонов [2] у своїй роботі показує, що тіонові бактерії, окислюючи сполуки сірки, підкислюють середовище, а це ще більше активізує їх діяльність. Тому гірські породи з високим вмістом сульфідів заліза при винесенні їх на поверхню в умовах доступу повітря починають виділяти сірчану кислоту. Як макроелемент сірка необхідна сільськогосподарським культурам. За А.В. Петербургським [8] її винос урожаєм зернових культур і картоплі може складати 10–15 кг/га, бобових трав і цукрового буряка – 20–30, хрестоцвітних – 45–75 кг/га. Тому на думку Т.М. Кулаковської [4] при низькому рівні застосування мінеральних добрив, або таких що не містять сірки, в землеробстві може складатися від’ємний баланс сірки і необхідно буде застосовувати фосфогіпс.

Для отримання гранульованих сірковмісних добрив, зокрема гранул нітроамофоски, покритих сірчаною плівкою, яка не тільки пролонгує дію добрив, захищаючи його від злежування, а й є поживною речовиною для рослин, розпочато дослідження у Львівському політехнічному інституті Я.Т. Яворським [7].

На думку А.М. Щегрова та інших [12] привабливим з хіміко-екологічних позицій є спосіб механічної активації фосфоритів та апатитів, при якому 60–80 % їх фосфору переходить у цитратнорозчинну форму і стає легкодоступною для засвоєння рослинами.

### Методика досліджень

Ефективність застосування фосфорного борошна, зернистих фосфоритів і апатитів вивчалась у 2001–2004 рр. в польових дослідах на дерново-середньопідзолистому супіщаному ґрунті, який характеризувався низькими показниками вмісту гумусу (до 1 %), амонійного (1,67–2,25 мг/100 г) та нітратного (до 0,11 мг/100 г) азоту, доступного фосфору (3,4–5,0 мг/100 г) та обмінного калію (5,0–7,3 мг/100 г), низькою насиченістю основами і

високим вмістом рухомого алюмінію (2,0–2,7 мг/100 г), слабокислою реакцією ( $\text{pH}_{\text{KCl}} - 5,2-5,4$ ).

З чергуванням у часі та просторі (на чотирьох полях) в сівозміні вирощували льон, пелюшко-овес, кукурудзу на силос, люпин на зелене добриво, озиме жито та картоплю.

Різні види фосфорних добрив та біопрепаратів вносились на фоні оптимальних норм азотно-калійних добрив. У якості мінеральних добрив застосовувалась аміачна селітра вмістом діючої речовини (N) – 34 %, суперфосфат – 19 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ , фосфоритне борошно – 22 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ , зернисті фосфорити Милятинського родовища – 6,7 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ , тонко подрібнені апатитовмісні габроїдні породи Федорівського родовища – 4 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ . З калійних добрив застосовували хлористий калій з вмістом діючої речовини  $\text{K}_2\text{O}$  – 58 %. Норми застосування мінеральних добрив розраховувались за вмістом в них діючої речовини: азоту – N, калію –  $\text{K}_2\text{O}$ , фосфору –  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Повторність досліду була шестикратною, результати досліджень оброблялись статистично за Б.О. Доспеховим. При вирощуванні сільськогосподарських культур застосовувалась загально прийнята для зони Полісся агротехніка. Препарати фосформобілізуючих та азотфіксуєчих мікроорганізмів вносились шляхом обприскування ґрунту з заробкою їх у поверхневий шар. Норми внесення їх у ґрунт у 3 рази перевищували норми, рекомендовані для обробітку насіння.

На другий рік після закладання досліду і збирання врожаю з орного шару відбирались зразки ґрунту для визначення його агрохімічних властивостей:

- вмісту гумусу за методом Тюрина в модифікації ЦІНАО;
- вмісту лужногідролізованого азоту за Корнфілдом;
- рухомих форм фосфору та калію за Кірсановим;
- обмінного кальцію методом ЦІНАО;
- обмінного алюмінію методом Соколова;
- рН сольове – потенціометрично;
- гідролітичної кислотності за методом Каппена;
- суми увібраних основ за Каппеном-Гільковіцем;
- ступеня насичення основами методом розрахунку.

У фосфорних добривах визначався валовий вміст і цитратнорозчинні форми  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

У рослинних зразках після мокрого озолення за Гінзбургом колориметрично визначався вміст азоту за допомогою реактиву Неслера, фосфору – за Левицьким та калію – на полумєневому фотометрі.

### Результати досліджень

Дослідження впливу зернистих фосфоритів та фосфорного борошна у поєднанні з сіркою та мікроелементами на продуктивність багаторічних трав, озимої пшениці, пелюшко-вівса, люпину жовтого, озимого жита,

льону-довгунця, кукурудзи на силос і вівса з підсівом багаторічних трав проводились у 2001–2002 рр. у польовій сівозміні на дерново-підзолистому ґрунті з середнім рівнем вмісту доступного рослинам фосфору та калію в межах 5,4–13,4 мг на 100 г P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> та K<sub>2</sub>O (табл. 1.).

Таблиця 1. Вплив фосфорних добрив на врожайність сільськогосподарських культур, ц/га.

№ з/п	Варіанти дослідів	Рік	Норми внесення мінеральних добрив під сільськогосподарські культури							
			кукурудза на силос (N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> )	люпин з маса (N <sub>20</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> )	льон (солома) (N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> )	овес (N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> )	пелюшко – овес (N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> )	озиме жито (N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> )	озима пшениця (N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> )	конюшина лучна (сіно) (N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> )
1.	Без добрив	2001	210	31,0	27,8	17,6	12,9			
		2002	393	33,0	42,5	20,9	15,2	29,6	23,3	32,3
		середнє	302	32,0	35,2	19,3	14,1	-	-	-
2.	НК - фон	2001	253	41,6	33,0	36,8	22,5			
		2002	247	47,9	47,1	19,2	14,0	36,6	27,2	36,6
		середнє	365	44,8	40,1	28,0	18,3	-	-	-
		приріст до контролю	63	12,8	4,9	8,7	4,2	7,0	3,9	4,3
3.	НК + супер-фосфат	2001	326	41,8	40,0	39,3	25,7			
		2002	516	59,7	45,4	21,3	14,2	36,4	29,2	40,4
		середнє	421	50,8	42,7	30,3	20,0	-	-	-
		приріст до фону	56	6,0	2,6	2,3	1,7	-0,2	2,0	3,8
4.	НК + фосфоритне борошно	2001	314	40,9	30,3	36,9	20,2			
		2002	552	42,6	47,6	20,1	17,0	35,5	28,9	36,0
		середнє	433	41,8	40,5	28,5	18,6	-	-	-
		приріст до фону	68	-3,0	0,4	0,5	0,3	-1,1	1,7	-0,6
5.	НК + зернисті фосфори-ти	2001	342	38,9	33,1	35,9	22,5			
		2002	494	43,6	46,6	20,9	16,0	41,1	29,2	35,3
		середнє	418	41,3	39,9	28,4	19,3	-	-	-
		приріст до фону	53	-3,5	0,2	0,4	1,0	4,5	2,0	-1,3
	НІР <sub>0,5</sub> ц/га		35,3	3,2	2,7	1,7	2,0	3,6	3,4	3,8

В таких умовах найбільші прирости врожаю зерна забезпечувало застосування оптимальних норм азотно-калійних добрив N<sub>40</sub>K<sub>40</sub> під овес, 8,7 ц/га (49,4 %) та озиме жито N<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – 7,0 ц/га (23,6 %), На 63 ц/га або 30,0 % від застосування (N<sub>90</sub>K<sub>90</sub>) підвищувалась і урожайність зеленої маси

кукурудзи. Застосування суперфосфату, фосфоритного борошна, зернистих фосфоритів ( $P_{90}$ ) під кукурудзу мало однакову ефективність і ще на 53–68 ц/га (на 17,5–22,5 %) підвищувало урожайність зеленої маси кукурудзи. З фосфорних добрив тільки застосування суперфосфату ( $P_{60}$ ) на 6 ц/га (13,4 %) підвищувало урожайність зеленої маси люпину, на 2,3 ц/га (8,2 %) зерна вівса, на 3,8 ц/га (10,4 %) сіна конюшини. На відміну від цих культур продуктивність озимого жита підвищувалась на 4,5 ц/га (12,3 %) тільки від застосування зернистих фосфоритів.

При середньому рівні вмісту фосфору в орному шарі дерново-середньопідзолистого ґрунту фосфорні добрива взагалі не підвищували урожайності пелюшко-вівса та озимої пшениці У 2002 р. підвищення продуктивності озимої пшениці на 4 ц/га (14,7 %) спостерігалось від сумісного застосування фосфорного борошна ( $P_{60}$ ) з сіркою ( $S_{50}$ ) з супердобривом “Агровіт-Кор” (0,5 т/га), на 6,8 ц/га (25,0 %), – та при застосуванні зернистих фосфоритів  $P_{60}$  з цим супербіодобривом на 5,2 ц/га (19,1 %).

Після вегетаційного періоду визначали агрохімічні властивості орного шару ґрунту, і виявили лише незначні зміни: підвищення рН і суми увібраних основ, зниження вмісту рухомого алюмінію. Навіть при внесенні високих норм різних видів фосфорних добрив у запас під кукурудзу по 310 кг/га  $P_2O_5$  вміст рухомого фосфору в орному шарі ґрунту порівняно з фоном не підвищився, хоч усі види фосфорних добрив істотно підвищили її продуктивність. Напевно увесь фосфор добрив, що переходив у доступну форму, витрачався на приріст врожаю. Але при вирощуванні культур з нижчою інтенсивністю виносу елементів мінерального живлення – льону і пелюшко-вівсяної сумішки, вміст рухомого фосфору у ґрунті збільшувався на 1–2 мг  $P_2O_5$  на 100 г.

При середньому рівні вмісту фосфору у ґрунті фосфорні добрива не викликали значних змін його вмісту в рослинах. Так як із зернистими фосфоритами в ґрунт потрапила і значна кількість карбонатів кальцію то вміст його в зеленій масі люпину підвищувався від 0,25 до 0,48–0,62 %.

На цих же ґрунтах, але з низьким вмістом рухомого фосфору (3,4–5,0 мг  $P_2O_5$  на 100 г) та доступного калію (5,0–7,3 мг  $K_2O$  на 100 г) з 2002 по 2004 рр. в польових дрібноділяночних дослідах вивчалась і ефективність застосування апатиту Федорівського родовища з різними видами фосформобілізуючих бактерій, сіркою та зеленим добривом.

Дослідження проводились в однакових ґрунтово-кліматичних умовах із застосуванням загальноприйнятої агротехніки вирощування сільськогосподарських культур в шестиразовій повторності, площа всієї ділянки становила 6 м<sup>2</sup>, облікова площа – 2 м<sup>2</sup>.

При вирощуванні озимого жита після люпину вузьколисткового, використаного на зелене добриво, найбільш ефективним було застосування азотно-калійних добрив  $N_{60}K_{60}$ , що в середньому за 2 роки підвищило урожайність зерна на 10,2 ц/га (41,6 %), табл.2.

Таблиця 2. Вплив важкорозчинних фосфорних добрив, препаратів фосформобілізуючих та азотфіксуючих мікроорганізмів на продуктивність сільськогосподарських культур, ц/га

№ з/п	Варіант	Озиме жито, (N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> )		Люпин, (N <sub>20</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> )		Кукурудза, (N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> )		Пелюшка + овес (N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> )		Льон (N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> )	
		Урожай, (середнє за 2003-2004 рр.)	Приріст до фону	Урожай, (зелена маса, середнє за 2002-2004 рр.)	Приріст до фону	Урожай, (зеленa маса, середнє за 2002-2004 рр.)	Приріст до фону	Урожай, (середнє за 2002-2004 рр.)	Приріст до фону	Урожай, (солома за 2002 р.)	Приріст до фону
1.	Без добрива	24,5	-	200	-	390	-	15,4	-	39,0	-
2.	N K (фон)	34,7	-	202	-	445	-	17,6	-	44,8	-
3.	Фон + супер-фосфат (СФ)	36,3	1,6	225	23	515	70	20,0	2,4	50,8	6,0
4.	Фон + фосфорне борошно (ФБ)	35,0	0,3	226	24	510	65	19,2	1,6	48,4	3,6
5.	Фон + зернисті фосфорити (ЗФ)	36,0	1,3	219	17	495	50	20,3	2,7	44,6	-0,2
6.	Фон + апатити Федорівські (АФ)	3,6	-1,1	208	6	495	50	18,6	1,0	46,6	1,8
7.	Фон + ФБ в запас на 5 років	37,8	3,1	222	20	440	-5	16,6	-1,0	44,9	0,1
8.	Фон + ЗФ в запас на 5 років	35,2	0,5	228	26	442	-3	18,6	1,0	43,8	-1,0
9.	Фон + АФ в запас на 5 років	34,7	0	297	25	470	25	22,4	4,8	44,5	-0,3
10.	Фон + АФ в запас + сірка (S)	32,8	-1,9	193	-9	535	90	20,7	3,1	49,2	4,4
11.	Фон + ФБ + S	35,1	0,4	193	-9	525	80	18,6	1,0	45,4	0,6
12.	Фон + ЗФ + S	32,1	-2,6	202	0	442	-3	18,5	0,9	41,3	-3,5
13.	Фон + АФ + S	32,4	-2,3	213	11	460	15	18,6	1,0	40,6	-4,2
14.	Фон + СФ + Cu, Mo, B, Zn	37,0	2,3	226	24	496	51	21,5	3,9	43,8	-1,0
15.	Фон + ФБ + Cu, Mo, B, Zn	37,2	2,5	216	14	493	48	20,6	3,0	44,2	-0,6
16.	Фон + ЗФ + Cu, Mo, B, Zn	34,2	-0,5	223	21	452	7	19,3	1,7	47,2	2,4
17.	Фон + АФ + Cu, Mo, B, Zn	33,6	-1,1	214	12	465	20	17,4	-0,2	44,1	-0,7
18.	Фон + ФБ + S + Cu, Mo, B, Zn	34,6	-0,1	235	33	487	42	18,6	1,0	44,2	-0,6
19.	Фон + ЗФ + S + Cu, Mo, B, Zn	34,3	-0,4	221	19	464	19	19,1	1,5	46,3	1,5
20.	Фон + АФ + S + Cu, Mo, B, Zn	35,8	1,1	223	21	459	14	20,2	2,6	45,5	0,7
21.	Фон + ФМБ-32-3	33,6	-1,1	213	11	503	58	19,4	1,8	46,4	1,6
22.	Фон + ФБ + ФМБ-32-3	34,8	0,1	217	15	501	56	16,6	-1,0	50,9	6,1
23.	Фон + ЗФ + ФМБ-32-3	33,8	-0,9	199	-3	438	-7	15,4	-2,2	48,7	3,9
24.	Фон + АФ + ФМБ-32-3	32,8	-1,9	198	-4	476	31	17,6	0	51,3	6,5
25.	Фон + ФБ + АБ	34,8	0,1	204	2	514	69	20,0	2,4	45,7	0,9
26.	Фон + ЗФ + АБ	34,8	0,1	220	18	493	48	19,2	1,6	47,8	3,0
27.	Фон + АФ + АБ	32,7	-2,0	218	16	474	29	20,3	2,7	45,8	1,0
28.	НІР <sub>05</sub> , ц/га		1,5		18		23		-1,9		4,3



З тих фосфорних добрив, що застосовували під озиме жито на фоні внесення зеленого добрива й азотно-калійних добрив тільки внесення суперфосфату ( $P_{60}$ ) сприяло подальшому зростанню урожайності зерна ще на 1,6 ц/га (6,5 %) й фосфоритного борошна в запас ( $P_{310}$ ) – на 3,1 ц/га (12,7 %). (фосфоритне борошно в запас вносили під люпин). При сумісному внесенні цих фосфорних добрив з мікроелементами Cu, Mo, B, Zn збільшення приросту врожаю озимого жита не спостерігалось, і він становив 2,3 та 2,5 ц/га.

Тільки суперфосфат та фосфорне борошно ( $P_{60}$ ) в середньому за 3 роки підвищували урожайність зеленої маси люпину вузьколисткового на 23 та 24 ц/га (11,2, 12,0 %), а прирости врожаю від застосування зернистих фосфоритів та апатитів Федорівських були не достовірними і складала 17 та 6 ц/га. Вони ставали достовірними в разі застосування зернистих фосфоритів та апатитів в запас на 5 років, урожай підвищувався до 25 та 26 ц/га (на 12,5 та 13,0 %). Практично не впливало на врожайність зеленої маси люпину застосування азотно-калійних добрив.

Також низькою була ефективність застосування фосфорних добрив і під пелюшко-вівсяну сумішку. В середньому за два роки істотні прирости врожаю на 2,4 та 2,7 ц/га (15,6; 17,5 %) забезпечило лише внесення суперфосфату і зернистих фосфоритів ( $P_{40}$ ), та внесення апатитів Федорівських в запас на 5 років – 4,8 ц/га (31,2 %).

Не підвищувало врожайність зеленої маси люпину, зерна озимого жита та пелюшко-вівсяної сумішки додавання до мінеральних добрив сірки, мікроелементів: міді, бору, молібдену та цинку, препаратів фосформобілізуючих бактерій (ФМБ – 32–3) та азотобактера (АБ).

На підвищення урожайності льоносоломи значний вплив мало застосування азотно-калійних добрив  $N_{30}K_{90}$  та суперфосфату ( $P_{60}$ ). В результаті їх застосування урожайність льоносоломи підвищувалась на 5,8 ц/га (14,9 %) і 6,0 ц/га (15,4 %). На 4,4 ц/га (11,3 %) її урожайність зростала і при сумісному внесенні в запас на 5 років апатитів із сіркою. Достовірні прирости врожаю льоносоломи 6,1 та 6,5 ц/га (15,6–17 %) було отримано і при сумісному застосуванні фосфорного борошна та апатитів Федорівських з фосформобілізуючими бактеріями ФМБ – 32–3.

Тенденція росту урожайності спостерігалась і при сумісному застосуванні зернистих фосфоритів з ФМБ – 32–3. В інших випадках застосування сірки та мікроелементів, препаратів азотобактера під льон було не ефективним.

Застосування фосфорних добрив найбільше впливало на урожайність зеленої маси кукурудзи як найбільш вимогливої культури до умов мінерального живлення, причому прирости врожаю зеленої маси від фосфорних добрив ( $P_{90}$ ) були не нижчими, ніж від азотно-калійних добрив: від суперфосфату – 70 ц/га (17,9 %), фосфорного борошна – 65 ц/га (16,6 %), зернистих фосфоритів і апатитів Федорівських – 50 ц/га (12,8 %), азотно-калійних добрив  $N_{90}K_{90}$  – 55 ц/га (14,1 %).

На варіантах з додаванням сірки до апатитів, внесених у запас, прирости врожаю зеленої маси кукурудзи збільшувалось до 90 ц/га (23,1 %), а при додаванні її до фосфоритного борошна до – 80 ц/га (20,5 %). Як і у випадку з іншими культурами, додавання мікроелементів до мінеральних добрив не підвищувало урожайності зеленої маси кукурудзи. Застосування фосформобілізуючих бактерій ФМБ – 32–3 було ефективним на фоні азотно-калійного добрива і додатково підвищувало урожайність зеленої маси кукурудзи на 58 ц/га (14,9 %).

У 2004 р. з усіх фосфорних добрив, що застосовувались під картоплю, найбільший приріст врожаю забезпечувало внесення фосфоритного борошна ( $P_{90}$ ) на фоні  $N_{90}K_{120}$  який становив 57 ц/га, (35 %). Додавання до нього сірки підвищувало приріст врожаю до 69 ц/га (42,3 %). Нижчою була ефективність застосування зернистих фосфоритів, суперфосфату та апатитів Федорівських, відповідно прирости урожаю бульб становили 34,18 та 15 ц/га або 20,9 11,0 та 9,2 %. Додавання до фосфорних добрив мікроелементів, препаратів фосформобілізуючих та азотфіксуєючих мікроорганізмів не підвищувало продуктивності картоплі.

Проведені дослідження сумісного застосування препаратів фосформобілізуючих та азотфіксуєючих мікроорганізмів з важкорозчинними мінералами апатиту та зернистих фосфоритів показали низьку ефективність їх застосування під озиме жито (див. табл.2). Проте у 2004 році високоефективним було застосування суперфосфату під озиме жито з внесенням  $N_{60}K_{60}$ , що підвищувало урожайність зерна відносно фонового варіанту на 9,4 ц/га (21,5 %), до 53,2 ц/га, (табл.3).

Порівняно з суперфосфатом низькою була ефективність фосфорного борошна. Від його застосування приріст урожаю зерна становив всього 2,9 ц/га (6,6 %). Менш ефективним було і застосування 500 кг/га супербіодобрива Агровіт-Кор, де приріст становив всього 4,8 ц/га (11 %).

При застосуванні апатиту та зернистих фосфоритів, фосформобілізуючих та азотфіксуєючих мікроорганізмів (кожного окремо) на фоні азотно-калійних добрив прирости урожаю зерна озимого жита були не істотними. Вони підвищились і становили 3,3 ц/га (7,5 %) при сумісному застосуванні зернистих фосфоритів з ФМБ-32-3 та азотобактером, при додаванні до них Агрофілу і азотобактера – 5,4 (12,3 %). Неefективним було сумісне застосування апатитів Федорівських з ФМБ-32-3 та Агрофілом і тільки коли їх вносили на фоні зеленого добрива прирости урожаю були найвищими – 14,0 ц/га (32 %) та 7,2 ц/га (16,4 %). Проте при вапнуванні ґрунту на таких варіантах приростів урожаю озимого жита не було.

Отримані у 2003–2004 р. результати досліджень вказують на відсутність позитивної дії різних видів фосформобілізуючих та азотфіксуєючих мікроорганізмів на продуктивність люпину вузьколисткового.

Таблиця 3. Ефективність застосування апатитів та зернистих фосфоритів з препаратами фосформобілізуєчих та азотфіксуєчих мікроорганізмів у якості добрив, ц/га, середня за 2003–2004 рр.

№ з/п	Варіанти	Озиме жито, (N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> )		Люпин, (N <sub>20</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> )		Кукурудза, (N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> )	
		Урожай, ц/га 2004 р.	Приріст до фону, ц/га	Урожай зеленої маси ц/га за 2003–2004 рр.	Приріст до фону, ц/га	Урожай зеленої маси ц/га за 2003–2004 рр.	Приріст до фону, ц/га
1.	Без добрива	32,5	-	305	-	480	-
2.	N K - фон	43,8	-	334	-	542	-
3.	Фон + суперфосфат (СФ)	53,2	9,4	341	7	462	20
4.	Фон + фосфорне борошно (ФБ)	46,7	2,9	301	-33	538	-4
5.	Фон + апатити (Ап)	44,0	0,2	363	29	598	56
6.	Фон + зернисті фосфорити (ЗФ)	46,2	2,4	322	-12	532	-10
7.	Фон + ФМБ-32-3	46,5	2,7	316	-18	590	48
8.	Фон + Агрофіл (АГФ)	40,1	-3,7	292	-42	59+9	57
9.	Фон + Препарат гранульований комплексної дії (ПГК)	41,8	-2,0	288	-46	550	8
10.	Фон + Біодобавка до Агровіт-Кор (БД)	43,8	0	311	-23	554	12
11.	Фон + Азотбактер гранульований (АБГ)	46,4	2,6	332	-2	650	108
12.	Фон + Агровіт- Кор (АК)	48,6	4,8	318	-16	644	102
13.	Фон + ФМБ-32-3 + АБ	42,6	-1,2	300	-34	684	142
14.	Фон + АГФ + АБ	40,0	-3,8	327	-7	688	146
15.	Фон + АФ + ФБМ-32-3	33,6	-10,5	309	-25	662	120
16.	Фон + АФ + АГФ	40,4	-3,4	334	0	595	53
17.	Фон + АФ + ПГК	43,6	-0,2	304	-30	628	86
18.	Фон + АФ + БД	42,2	-1,6	330	-4	588	46
19.	Фон + АФ + АБГ	46,4	2,6	334	10	619	77
20.	Фон + АФ + АК	44,0	0,2	326	-8	600	58
21.	Фон + АФ + ФМБ-32-3 + АБ	38,6	-5,2	327	-7	681	139
22.	Фон + АФ + АГФ + АБ	41,5	-2,3	281	-57	605	63
23.	Фон + ЗФ + ФМБ-32-3	42,8	-1,0	298	-36	584	42
24.	Фон + ЗФ + АГФ	45,6	1,8	340	6	555	13
25.	Фон + ЗФ + ФМБ-32-3 + АБ	47,1	3,3	316	-18	583	41
26.	Фон + ЗФ + АГФ + АБ	49,2	5,4	332	-2	642	100
	НІР <sub>05</sub> , ц/га		2,9		19,8		28,1

Такі результати підтверджують здатність люпину забезпечувати себе фосфором за рахунок важкорозчинних сполук з ґрунту, які недоступні іншим культурам. Протилежним є відношення кукурудзи до умов мінерального живлення. Тому її реакція на застосування деяких препаратів

фосформобілізуючих бактерій ФБМ-32-3 та Агрофілу була навіть вищою ніж на застосування фосфорних добрив, які в середньому за 2 роки підвищували урожайність зеленої маси на 48 та 57 ц/га (8,9 та 10,5 %). Ще більш ефективним було внесення азотобактера та супербіодобрива Агровіт-Кор, прирости урожаю збільшувались до 108 та 102 ц/га (19,9 та 18,8 %). Втричі збільшувались прирости врожаю зеленої маси кукурудзи при додаванні азотобактера до ФМБ-32-3 та до Агрофілу – до 142–146 ц/га (26,2 та 26,9 %). Меншими були прирости врожаю зеленої маси кукурудзи при сумісному внесенні апатитів Федорівських з ФМБ-32-3, Агрофілом, препаратом комплексної дії гранульованим, біодобавкою до супербіодобрива Агровіт-Кор: 120, 53, 86, 46 ц/га (18,5, 9,8, 15,8, 8,5 %) відповідно. У меншій мірі підвищувався урожай зеленої маси кукурудзи і при сумісному застосуванні зернистих фосфоритів з препаратами фосформобілізуючих та азотфіксуючих мікроорганізмів. Значно збільшувався урожай зеленої маси кукурудзи при сумісному внесенні апатитів Федорівських з ФМБ-32-3 й зеленим добривом на провапнованому ґрунті – на 156 ц/га (28,7 %).

Застосування під картоплю фосформобілізуючих та азотфіксуючих мікроорганізмів достовірних приростів урожаю бульб не забезпечувало. Тільки від застосування Агрофілу як окремо так і з зернистими фосфоритами урожайність бульб картоплі підвищувалась на 15, 20 ц/га (9,2, 12,3 %) відповідно.

Аналіз агрохімічних властивостей ґрунту показав, що у посівах пелюшко-вівса при дворічному застосуванні різних видів фосфорних добрив  $pH_{KCl}$  підвищується від внесення зернистих фосфоритів та апатитів Федорівських в запас – від 5,15 до 5,60, 5,50 а гідролітична кислотність та вміст рухомого алюмінію зменшується від 2,8 до 1,94, 2,19 мг-екв. на 100 г та 0,34, 0,36 мг на 100 г відповідно.

Вміст доступного фосфору збільшувався від 3,53 до 5,29 мг на 100 г при внесенні зернистих фосфоритів в запас на 5 років і тільки до 4,41 мг при щорічному внесенні оптимальних норм. Його вміст не змінювався від додавання до зернистих фосфоритів сірки та мікроелементів.

У посівах кукурудзи рН орного шару знизилось тільки від застосування азотно-калійних мінеральних добрив та додавання до них суперфосфату, з 5,6 до 5,1 та 5,0. Проте навіть додавання сірки до важкорозчинних фосфорних добрив не підкислювало ґрунту, його  $pH_{KCl}$  на цих варіантах становило 5,8–5,3, гідролітична кислотність – 1,58–2,10 мг-екв. на 100 г, рухомий алюміній був 0,20–0,38 мг на 100 г. Майже на 2 мг на 100 г зростав (до 6,29 та 5,74 мг на 100 г) вміст рухомого фосфору в ґрунті від внесення в запас на 5 років фосфоритного борошна і зернистих фосфоритів. Від апатитів Федорівських підвищувався вміст фосфору в ґрунті коли до них додавалась сірка – з 3,97 до 4,41 мг  $P_2O_5$  на 100 г. За період проведення досліджень в орному шарі не збільшився вміст гумусу і лужногідролізованого азоту. В посівах озимого жита, що вирощувалось

після люпину на зелене добриво, під який вносилося фосфоритне борошно в запас на 5 років 310 кг/га  $P_2O_5$  вміст рухомого фосфору збільшився від 3,90 до 9,49 мг на 100 г. За рахунок внесення в запас зернистих фосфоритів та апатитів вміст рухомого фосфору в орному шарі збільшився тільки до 6,40 та 5,29 мг  $P_2O_5$  на 100 г.

У досліді з вивчення ефективності препаратів фосформобілізуючих мікроорганізмів, застосування протягом двох років в посівах пелюшко-вівса ФМБ-32-3 та Агрофілу підвищувало вміст рухомого фосфору у ґрунті від 4,0 до 8,82 та 5,29 мг  $P_2O_5$  на 100 г. Також у 1,5–2,0 рази більше рухомого фосфору було в орному шарі ґрунту на тих варіантах, де фосформобілізуючі бактерії застосовувались з апатитами та зернистими фосфоритами.

Під впливом азотно-калійних добрив значного збільшення вмісту азоту та калію в рослинах вівса, люпину, кукурудзи та озимого жита в період їх інтенсивного росту не відбувалось. Спостерігалось підвищення вмісту фосфору в рослинах вівса – від 0,47 до 0,55% тільки при застосуванні зернистих фосфоритів ( $P_{60}$ ); в рослинах люпину – від 0,54 до 0,66% на варіанті, де апатити Федорівські вносились разом з сіркою. В рослинах кукурудзи вміст фосфору збільшувався від 0,49 до 0,56–0,66% там, де фосфорне борошно, зернисті фосфорити і апатити Федорівські вносились в запас на 5 років ( $P_{310}$ ).

Визначення активності цезію-137 та калію-40 в урожаї цих сільськогосподарських культур, вирощених у досліді у 2002–2004 рр. при рівнях забруднення ґрунту цезієм-137 222 кБк/м<sup>2</sup> (до 6 Кі/км<sup>2</sup>) показало незначний вплив фосфорних добрив, мікроелементів, препаратів фосформобілізуючих та азотфіксуючих мікроорганізмів на накопичення в них радіонуклідів.

### Висновки

1. В умовах Центрального Полісся, при середньому рівні забезпеченості супіщаного дерново-середньопідзолистого ґрунту рухомим фосфором, застосування під зернові культури, люпин та конюшину лучну фосфорних добрив малоефективне, прирости врожаю не перевищують 13%. Більш ефективним і рівнозначним є застосування суперфосфату, фосфоритного борошна та зернистих фосфоритів під кукурудзу в нормі 90 кг/га  $P_2O_5$ , які забезпечують прирости врожаю зеленої маси 53–68 ц/га (17,5–22,5%)
2. При низькому рівні вмісту рухомого фосфору у ґрунті тільки застосування оптимальних норм суперфосфату та фосфоритного борошна (90 кг/га  $P_2O_5$ ), внесення зернистих фосфоритів та апатитів у запас по 310 кг/га  $P_2O_5$  забезпечувало приріст врожаю зеленої маси люпину в межах 11–13%, ще нижчою є ефективність застосування фосфорних добрив під пелюшко-овес та льон.
3. Прирости врожаю зеленої маси кукурудзи залежать від розчинності фосфорних добрив і становлять: від суперфосфату 70 ц/га (17,9%),

фосфоритного борошна – 65 ц/га (16,6 %), зернистих фосфоритів і апатитів Федорівських – 50 ц/га (12,8 %).

4. Додавання сірки до апатитів Федорівських та фосфоритного борошна підвищувало їх ефективність при застосування під льон, кукурудзу на силос та картоплю, збільшувало прирости врожаю до 11,3, 23,1 та 42,0 % відповідно.
5. З препаратів фосформобілізуючих мікроорганізмів найефективнішим є ФМБ-32-3. Застосування його з фосфоритним борошном та апатитом Федорівським під льон та на фоні одних азотно-калійних добрив під кукурудзу підвищує їх урожайність на 15–17 %. Їх сумісне застосування із зеленим добривом підвищує урожайність озимого жита на 14,0 ц/га (32 %), зеленої маси кукурудзи – до 156 ц/га (28,7 %), ефективність їх зростає і від сумісного застосування препаратів фосформобілізуючих мікроорганізмів з азотобактером.
6. Внесення високих норм зернистих фосфоритів – 310 кг/га  $P_2O_5$  в запас на 2–3 мг/100 г підвищує вміст рухомого фосфору в орному шарі ґрунту.

### Перспективи подальших досліджень

Новим перспективним напрямком досліджень може бути розробка ефективних способів сумісного застосування важкорозчинних фосфорних добрив з препаратами з фосформобілізуючих мікроорганізмів або з сіркою, що дозволить створити дешевші за водорозчинні фосфор-мікробіологічні та фосфор-сірчані добрива.

### Література

1. Агрономічні руди України. Матеріали міжвідомчої науково-технічної конференції. (Київ. Державна геологічна служба. 16–20 лютого 2004 р.). – Київ, 2004 – С.9–10.
2. Артамонов В.И. Растения и чистота природной среды. – М.: Наука, 1986. – С.161.
3. Иванов С.Н., Шугля Н.Н. Изучение сортовой специфики поглощения фосфора растениями овса из удобрений (с применением  $^{32}P$ ). // Докл. АН // БССР. – 1985. – Т.29. – №9. – С.849-851.
4. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. – М.: Агропромиздат, 1990. – С.60–88.
5. Медведев В.В., Бука А.Я., Губарева Д.Н., и др. Почвенно-экологические условия возделывания сельскохозяйственных культур. – К.: Урожай, 1991. – С.26–35.
6. Минеев В.Г., Шконде Э.И. Содержание фосфатов в почвах и практическое применение удобрений за рубежом // Агрохимия. – 1977. – №3. – С. 142–146.

7. Ноосфера: хімічна промисловість України і перспективи розвитку підприємств основної хімії // Екологічний вісник. – 2004. – №5. – С. 30–31.
8. *Петербургский А.В.* Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии. –М.: Наука, 1979. – С. 83–101.
9. *Чайківська Л.О., Дегодюк Е.Т.* Вплив фосформобілізуючих мікроорганізмів на засвоєння Українських фосфоритів рослинами ячменю та гороху // Сталій розвиток агроєкоосистем (Матеріали міжнародної наукової конференції.– Вінниця, 17-20 вересня 2002 р.). – Вінниця, 2002. – С.204–206.
10. *Цигура Г.О., Патица В.П.* Екологічно безпечний засіб підвищення урожаю олійних культур. // Сталій розвиток агроєкоосистем. (Матеріали міжнародної наукової конференції. Вінниця, 17–20 вересня 2002 р.). – Вінниця 2002. – С. 169–171.
11. *Швайберов С.К., Висоцький Б.Л., Базалійська Л.М.* Мінерально-сировинна база агроруд північного заходу Українського щита. // Агрономічні руди України. (Матеріали міжнародної науково-технічної конференції.– Київ. Державна геологічна служба 16–20 лютого 2004 р.). Київ, 2004. – С. 69–72.
12. *Щегров Л.Н., Кухарь В.П., Антрапцева Н.М., Рудой Ю.С.* Фосфорне удобрення. Альтернативные пути производства в Украине // Хімічна промисловість України. – 2003. – №3. –С.3–5.