

Житомирський національний агроекологічний університет

ЕНЕРГООЩАДНІ СПОСОБИ ЗАСТОСУВАННЯ АПАТИТІВ З СІРКОЮ ТА ПРЕПАРАТАМИ ФОСФОРМОБІЛІЗУЮЧИХ МІКРООРГАНІЗМІВ

Представлено результати досліджень способів сумісного застосування Федорівських апатитів з сіркою, ефективність їх локального внесення у ґрунт та у вигляді гранул, сформованих бентонітовою глиною. Показано їх вплив на агрохімічні властивості дернового середньо-підзолистого ґрунту, надходження елементів мінерального живлення та радіонуклідів в рослини, урожай сільськогосподарських культур та багаторічних трав, його якість. Розглядаються і аналогічні результати, отримані від застосування апатитів з препаратами фосформобілізуючих мікроорганізмів.

Постановка проблеми

Наприкінці минулого століття в землеробстві України виникла проблема фосфору і нагальна необхідність пошуку шляхів для її вирішення. З необхідних об'ємів внесення фосфору, що становлять 48 кг/га у діючій речовині, в середньому по Україні на 1 га ріллі вноситься тільки 4-5 кг P_2O_5 . Цією постановою перед науково-методичним центром УААН "Ґрунтознавство" поставлено завдання «Розробити технології ефективного застосування фосфоритів як фосфорних добрив і меліорантів кислих ґрунтів та розширити дослідження, направлені на розробку теоретичних і практичних основ мобілізації фосфору ґрунту». (Постанова Президії УААН від 22 червня 2000 р.).

Щорічна ж потреба України у фосфорних добривах становить 2,3–2,4 млн т P_2O_5 і наразі тільки незначна частина необхідних фосфоритів і апатитів ввозиться із-за кордону. Це обумовлено, насамперед, відсутністю в Україні родовищ фосфоритів з високим вмістом фосфору і важкою

економічною скрутою, внаслідок якої власні родовища фосфоритів і апатитів досі не освоюються [1].

Досі не розробляються апатит-ільменітові родовища Коростенського плутону, запаси апатитів в яких становлять 210 млн т P_2O_5 з середнім вмістом п'ятиоксиду фосфору 3–3,5 % в рудах, що легко збагачуються. З таких руд можна отримати апатитовий концентрат з масовою часткою P_2O_5 39–41 % при вилученні 89 % апатиту від вихідної руди [11].

Тому якби вдалося приступити до освоєння апатит-ільменітових родовищ, збагачення руди і виготовлення з апатитів дешевих видів апатит-сірчаних або апатит-мікробіологічних добрив, бо в чистому вигляді апатит у ґрунті не розчиняється, проблема фосфору в Україні була б знята на декілька десятиріч. Відомо, що об'єми внесення фосфорних добрив повинні відповідати кількості виносу поживних речовин з екосистеми [6].

Таке застосування апатитів з сіркою, або фосформобілізуючими мікроорганізмами має забезпечити розчинення їх безпосередньо у ґрунті кислотами, що утворюються при окисленні сірки або виділяються мікроорганізмами. Одночасно з процесом розчинення апатитів рухомий фосфор буде поглинатись кореневими системами рослин. У результаті в кислих дерново-підзолистих ґрунтах значна частина фосфору з добрив не буде трансформуватися у важкорозчинні сполуки, взаємодіючи з рухомими іонами заліза та алюмінію, що є характерним для водорозчинних фосфорних добрив [2].

Апатити Коростенського плутону за своїм хімічним складом подібні до Хібінського апатитового концентрату. Їх концентрати мають низьку питому поверхню до 0,5–0,6 м²/г і, відповідно, низьку розчинність у 2 % лимонній кислоті, 5,1 %, тоді як тверді фосфорити Каратау характеризуються розчинністю 17,4–18,8 %, а м'які фосфорити інших родовищ розчиняються на 25,4–42,4 %.

Вміст фтору в апатитах не вищий ніж його вміст у фосфоритах, з яких виготовляють фосфоритне борошно, що безпосередньо вноситься у ґрунт і становить 0,7–2,7 %. Відомо, що й при виготовленні з апатиту простого суперфосфату вдається тільки наполовину очистити продукцію від фтору [10]. Тому безпосереднє внесення в ґрунт апатитів буде забруднювати його фтором не більше ніж застосування фосфорного борошна.

В дослідженнях О.А. Комінар внесення у ґрунт подрібнених гірських порід габро – та епідотхлоритових сланців з підвищеним вмістом апатиту забезпечувало рослини кремнекислотою, фосфором та мікроелементами. За рахунок цього підвищувалась урожайність люпину, озимої пшениці, кукурудзи, бобів, гороху та гречки [3].

Аналіз останніх досліджень

В.А. Петербурзький вважає, що в кислих ґрунтах із значною рухомістю окислів заліза та алюмінію, рухомий фосфор може утворювати з

ними важкорозчинні сполуки стрегніт – FePO_3 та варисцит – AlPO_4 . Здатність таких ґрунтів до поглинення фосфатіонів настільки значна, що для його насичення потрібно внести 5–10 т/га P_2O_5 .

Т.Н. Кулаковська вважає, що із підвищенням рН і вмісту гумусу витрати фосфорних добрив на підвищення запасів фосфору у ґрунті знижуються, а зі збільшенням його початкового вмісту і фізичної глини зростає, так як підвищена кислотність ґрунту знижує рухомість і засвоюваність фосфору. В цьому випадку і надходження фосфорнокислого алюмінію в кореневу систему дискримінує її здатність переміщувати фосфор в надземні органи і викликає специфічне фосфорне голодування [5].

Дослідження ефективності застосування важкорозчинних апатитів та фосфоритів сумісно з сіркою проводили на дерново-середньопідзолистих ґрунтах Полісся. Під їх впливом підвищення урожайності льону, кукурудзи на силос та картоплі становило відповідно 11, 23 та 42 %, а при застосування апатиту Федорівського родовища з препаратом фосформобілізуючих мікроорганізмів ФМБ-32-3 також на 15–17 % підвищувалась продуктивність цих культур [8].

Для підвищення ефективності необхідно досягти більшої розчинності апатитів від їх сумісного застосування з сіркою локальним способом, грануляцією їх з бентонітовою глиною, або при сумісному внесенні з препаратами фосформобілізуючих бактерій та торфом, який може бути субстратом для кращого розвитку фосформобілізуючих мікроорганізмів.

Виконаними у 2001–2003 рр. дослідженнями не виявлено істотного впливу препаратів фосформобілізуючих та азотфіксуючих мікроорганізмів, різних видів фосфорних добрив на накопичення ^{137}Cs та ^{40}K в урожаї зерна вівса, зеленій масі кукурудзи та люпину, льоносоломці, в зеленій масі та соломі цих культур активність ^{40}K була в десятки разів вищою, ніж ^{137}Cs [7]. Проте важливо встановити – як діють мікробіологічні препарати, фосфорні добрива й речовини, що підкислюють ґрунт на накопичення ^{90}Sr в урожаї сільськогосподарських культур.

Вплив фосфорних добрив на надходження ^{137}Cs в урожай сільськогосподарських культур вивчали В.К. Кузнецов та інші дослідники. Ними встановлено, що збільшення доз водорозчинних фосфорних і азотно-фосфорних добрив, у більшості випадків призводило до збільшення вмісту ^{137}Cs в зерні та соломі зернових культур [4] у 3,2 раза.

Методика досліджень

Дослідження щодо ефективності різних способів внесення в ґрунт апатитів із сіркою та препаратами фосформобілізуючих мікроорганізмів проводили на дерново-середньо-підзолистому супіщаному ґрунті, що характеризувався низьким вмістом гумусу – 1,57 % і лужногідролітичного азоту – 6,3 мг на 100 г, підвищеним рівнем рухомого фосфору (17,3) мг й

середнім – доступного калію (8,4 мг на 100 г ґрунту), слабокислою реакцією ґрунтового розчину – pH_{KCl} – 5,5. Показники гідролітичної кислотності та суми увібраних основ становили 1,4 та 5,4 мг-екв. на 100 г, відповідно і ступінь насиченості ґрунту основами – 79,4 %. Щільність забруднення ґрунтового покриву дослідного поля (с.Вороневе Коростенського району) за ^{137}Cs становила 222–265 кБк/м² (4,7–7,3 Кі/км²), а за ^{90}Sr 11–19 кБк/м² (0,30–0,51 Кі/км²).

У 2005–2008 рр. в досліді вивчали вплив різних способів застосування апатитів із сіркою та препаратами фосформобілізуючих мікроорганізмів на продуктивність багаторічних трав, якість урожаю і забруднення його радіонуклідами. Схема досліду за різних способів сумісного внесення апатитів з сіркою та препаратами фосформобілізуючих мікроорганізмів представлена в табл. 2.

Залуження досліду проводили багаторічною травосумішкою з нормами висіву конюшини лучної 6 кг/га, тимофіївки 6 кг/га, грядиці збірної – 10 кг/га. Норми внесення азотних, фосфорних та калійних добрив при залуженні та в перший рік травокористування становили $N_{30}P_{90}K_{90}$, а в наступні роки – при перевазі у травостой злакових видів трав $N_{90}P_{90}K_{90}$. Поєднання азотно-калійних добрив з різними видами фосфорних та варіанти внесення фосфорних добрив на 5 років у запас P_{450} представлені в табл. 2. Подрібнені апатити вносили разом з іншими подрібненими мінералами, що входили до складу габроїдів Федорівського апатит-ільменітового родовища, вміст P_2O_5 в яких становив 4 %. У варіантах з сумісним застосуванням апатитів з сіркою подрібнену сірку вносили із розрахунку 0,33 кг на 1 кг габроїдів, а у варіантах з застосуванням торфу до них додавали ще й 0,5 кг торфу. Мікробіологічні препарати вносили у нормах, що у 4 рази перевищували рекомендовані для обробки насіння. Їх розчином обприскували ґрунт і одночасно проводили його поверхневий обробіток.

Мінеральні добрива – сірку та торф також вносили під культивуацію ґрунту. Повторність такого дрібноділяночного досліду була шестиразовою, загальна площа ділянки становила 6 м², а облікова – 2 м², ділянки в полях розміщувались систематично.

У 2005–2006 рр. аналогічні дослідження з такими ж ділянками та їх систематичним розміщенням проводилися і з сільськогосподарськими культурами вимогливими до фосфорного живлення та здатними засвоювати фосфор із важкорозчинних сполук в короткоротаційній сівозміні з чергуванням: кукурудза на силос, люпин на зелену масу, гречка. Схема внесення мінеральних добрив, сірки та торфу під сільськогосподарські культури їх норми представлено в табл. 1.

Після збирання врожаю з орного шару (0–20 см) відбирали зразки ґрунту для визначення агрохімічних властивостей:

- вміст гумусу за методом Тюрини в модифікації ЦІНАО;
- вміст лужногідролізованого азоту – за Корнфілдом;
- рухомі форми фосфору та калію – за Кірсановим;
- рН сольове – потенціометрично;
- гідролітичну кислотність – за методом Каппена;
- суму увібраних основ – за Каппеном-Гільковицем.

В рослинних зразках після мокрого озолення за Гінзбургам визначали вміст азоту колориметрично, за допомогою реактиву Неслера, фосфору – за Левицьким, калію на променевому фотометрі.

Активність радіонуклідів ^{137}Cs , ^{90}Sr і ^{40}K в ґрунті та сільськогосподарській продукції визначали на гамма-спектрометрі СЕГ-05 та радіометрі РИБГ.

Результати досліджень

Проведені протягом 2005–2006 рр. дослідження показують, що внесення у ґрунт сірки з апатитами на три роки в запас у високих дозах – від 1000 до 2250 кг/га викликало підкислення орного шару ґрунту за вегетаційний період від 4,80 до 4,15 одиниці pH_{KCl} під люпином, від 5,35 до 4,15 – під гречкою і від 5,40 до 4,50 – під кукурудзою (варіант 9), табл.1. Ступінь підкислення ґрунту залежав від доз внесеної сірки і знижувався при її внесенні в гранульованому вигляді, зв'язаною з апатитами бентонітовою глиною. За цього способу застосування цих же норм сірки зниження pH було не таким значним – до 4,60, 5,25, 4,95 (варіант 10) відповідно.

Під цими ж культурами орний шар ґрунту підкислювали і при застосуванні фосформобілізуючого і азотфіксуючого препарату Агрозану до 4,7, 5,05 та 4,70 одиниці pH_{KCl} відповідно. Також відбулося значне зниження pH орного шару ґрунту (до 4,10 та 4,25) при вирощуванні гречки у варіантах із застосуванням апатиту із Азограном та препаратом фосформобілізуючих мікроорганізмів ФМБ-32.3. Проте в наступному році підкислення ґрунту завдяки цим мікробіологічним препаратам різко знизилось, а завдяки сірці залишилось високим (люпин, поле 3, варіанти 9,10,11,12).

Навіть через 4 роки на варіантах з внесенням апатитів і сірки в запас 1500 кг/га (поле1, варіант 9) кислотність ґрунту знизилась від 4,15 у 2005 році до 4,48 одиниць pH_{KCl} у 2008 році. На варіантах, де її вносили по 500 кг/га з апатитами різними способами pH_{KCl} було на рівні контролю – 4,85–4,93 (варіанти 6-8).

Таблиця 1. Вплив сумісного застосування апатитів з сіркою та фосформобілізуючими мікроорганізмами на зміну кислотності ґрунту та вмісту доступного рослинам фосфору й калію в орному шарі, мг на 100 г.

Варіанти	Поле 1			Поле 2			Поле 3			Поле 3			Середнє з 1-3 полів		
	Люпин (2005 р.), норма добрив N ₂₀ P ₆₀ K ₆₀			Кукурудза (2005 р.), норма добрив N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀			Гречка (2005 р.), норма добрив N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀			Люпин (2006 р.), норма добрив N ₂₀ , P ₄₀ K ₄₀ - післядія			pH _{KCl}	P ₂ O ₅	K ₂ O
	pH _{KCl}	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH _{KCl}	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH _{KCl}	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH _{KCl}	P ₂ O ₅	K ₂ O			
1. Без добрив	4,80	16,9	6,3	5,40	20,7	8,1	5,35	13,3	8,4	5,80	16,5	9,3	5,35	16,9	8,0
2. НК(фон)	4,80	18,0	9,8	5,40	19,4	8,4	5,25	17,6	10,5	5,60	16,1	11,3	5,25	17,8	10,0
3. НК+Сф (суперфосфат)	5,00	16,9	7,3	5,35	22,9	9,7	5,05	13,8	8,2	5,65	14,3	9,3	5,25	17,0	8,6
4. НК+Фб (фос.борошно)	5,00	18,8	12,7	5,30	26,0	10,9	4,80	15,2	10,5	5,90	16,5	11,4	5,25	19,1	11,4
5. НК+Ап (apatити)	4,90	18,8	10,2	5,15	20,3	5,5	5,05	16,2	12,8	5,65	17,3	10,4	5,20	18,2	9,7
6. НК+Ап+S (сірка)	4,75	21,1	10,7	5,25	17,1	8,1	4,80	14,3	8,4	5,35	16,1	11,4	5,05	17,2	9,4
7. НК+Ап+S внесення локальне	4,60	16,1	7,8	4,95	18,5	11,3	4,80	16,2	8,7	5,70	15,8	7,8	5,00	16,7	8,9
8. НК+Ап+S у гранульованому вигляді	4,65	18,0	6,8	5,20	18,1	8,8	4,95	17,2	10,5	5,90	16,9	9,3	5,20	17,6	8,9
9. НК+Ап+S локально в запас на 3 р.	4,15	16,5	6,8	4,50	22,9	10,9	4,15	18,6	9,1	5,25	20,8	12,3	4,50	19,7	9,8
10. НК+Ап+S гранульовані в запас	4,60	16,2	6,3	4,95	22,9	10,3	5,25	18,6	9,1	5,40	16,9	12,8	5,05	18,7	9,6
11. НК + Агрозан	4,70	15,8	6,8	5,20	21,1	9,4	5,05	13,4	10,0	5,30	16,5	10,0	5,05	16,7	9,1
12. НК + ФБМ-32-3	4,85	16,5	7,8	5,20	18,5	9,7	5,30	17,1	10,0	5,55	14,3	8,6	5,20	16,6	9,0
13. НК + Агрофіл	4,90	16,5	7,8	5,20	20,3	9,4	-	17,1	9,6	5,45	16,5	12,8	5,20	17,6	9,9
14. НК + Агровіт-Кор 500 кг/га	4,85	14,3	9,8	5,15	19,8	10,0	4,95	17,1	8,7	5,65	16,5	10,0	5,15	16,9	9,6
15. НК+Ап + Агрозан	4,85	15,8	8,8	5,40	20,0	9,4	4,10	18,6	9,6	5,70	15,8	9,5	5,00	17,6	9,3
16. НК+Ап + ФБМ-32-3	4,90	15,0	7,3	5,45	23,8	8,4	4,25	18,6	9,3	6,00	15,8	10,5	5,15	18,3	8,9
17. НК+Ап + Агрофіл	4,90	14,5	8,3	5,45	22,9	7,8	5,20	18,6	9,6	5,60	15,8	13,2	5,30	18,0	9,7
18. НК+Ап + Агровіт-Кор 500 кг/га	5,00	16,5	5,9	5,40	22,9	9,4	5,15	18,6	8,7	5,65	14,7	11,4	5,30	18,2	8,9
19. НК + Ап + Агрозан + торф	4,90	15,4	9,6	5,50	23,8	8,1	5,10	16,3	8,5	5,75	16,5	14,1	5,30	18,0	10,1
20. НК+Ап + ФБМ-32-3 + торф	5,05	15,4	8,1	5,40	24,0	8,4	5,15	17,2	9,1	5,75	12,1	10,9	5,35	17,2	9,1
21. НК+Ап + Агрофіл + торф	5,20	14,7	9,3	5,30	26,4	9,7	5,20	15,5	8,9	5,70	16,9	11,4	5,35	18,4	9,8
22. НК+Ап + Альфа + торф	4,90	15,3	8,3	5,45	24,7	10,6	5,10	18,9	8,4	5,75	14,8	8,0	5,30	18,4	8,8

Відповідно до підкислення ґрунту мала б підвищитись і рухомість в ньому фосфору. Отримані результати аналізів показують, що застосування рекомендованих норм суперфосфату й фосфорного борошна та еквівалентних ним норм апатиту з сіркою істотно не підвищили вмісту рухомого фосфору в орному шарі ґрунту. Після вегетаційного періоду спостерігалось його підвищення на 1–2 мг P_2O_5 на 100 г тільки при внесенні високих норм фосфорних добрив P_{90} під кукурудзу та апатиту з сіркою на три роки в запас (варіанти 3,4,9,10) або ж при внесенні їх з такими препаратами фосфор-мобілізуючих мікроорганізмів, як ФМБ-32-3, Агрофіл й супербіодобриво Агровіт-Кор (варіанти 16, 18). В цьому випадку проявилась і позитивна дія Агрозану (гранульованого препарату комплексної дії) при сумісному його внесенні з апатитом та торфом (варіанти 19, 22). При низьких нормах внесення фосфорних добрив під інші сільськогосподарські культури вміст фосфору у ґрунті не підвищувався проте і не спостерігалось його зниження за рахунок виносу з урожаєм. В наступному році підвищений вміст рухомого фосфору – 20,8 мг на 100 г ґрунту під люпином залишався на варіанті 9, де вносили високі дози апатиту з сіркою на 3 роки в запас, тобто там де зберігалось найвище підкислення ґрунту pH_{KCl} 5,25. Від застосування калійних добрив в орному шарі ґрунту підвищувався вміст обмінного калію на 2–5 мг/на 100 г K_2O .

В таких же умовах, у 2005–2008 рр., аналогічні дослідження проводили і в посівах багаторічних трав представлених травосумішкою конюшини червоної, тимофіївки і грястиці збірної в перший рік травокористування і однією грястицею збірною в наступні роки. Дослідження показали, що застосування протягом 4 років азотно-калійних та різних видів фосфорних добрив, а також препаратів азотфіксуючих і фосформобілізуючих мікроорганізмів істотно не підкислило орного шару ґрунту, показники pH_{KCl} , гідролітичної кислотності і ступеня насиченості ґрунту основами коливались відповідно в межах 5,2–5,4; 1,4–1,7 мг-екв на 100 г, 75,4–80 % (табл.2).

Проте внесення високих норм суперфосфату на 5 років у запас (450 кг/га P_2O_5 , варіант 5) в перший рік підкислило ґрунт на 0,4 одиниці pH_{KCl} , від 5,4 до 5,0. Такою ж була і дія мікробіологічного препарату комплексної дії Агрозану, що продовжувалась і на наступний рік (варіант 9). Значно підвищилась кислотність ґрунту від сумісного застосування високих доз сірки з апатитами, внесеними на 5 років у запас (P_{450} , S_{3750} , варіант 7), pH_{KCl} у 2005–2006 роках знизилась від 5,4 до 4,7 та 3,6 одиниць і залишалась такою ще й у 2007 та 2008 рр., гідролітична кислотність зросла відповідно від 1,4 до 4,1 мг-екв на 100 г, а ступінь насиченості основами знизився від 79,4 до 28,1 %.

Таблиця 2. Зміна кислотності та вмісту доступного фосфору і калію в ґрунті під впливом застосування апатитів з сіркою та фосформобілізуючими мікроорганізмами (в перший рік травокористування мінеральні добрива вносились з нормою $N_{30}P_{90}K_{90}$, в наступні роки - $N_{90}P_{90}K_{90}$)

Варіанти	P_2O_5 , мг на 100 г				K_2O , мг на 100 г				pH_{KCl}				Нг, мг- екв. на 100 г	S, мг – екв. на 100 г	V, %
	2005 р.	2006 р.	2007 р.	середнє	2005 р.	2006 р.	2007 р.	середнє	2005 р.	2006 р.	2007 р.	середнє			
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. Без добрив	16,7	15,0	17,3	16,3	8,1	6,9	8,4	7,8	5,4	5,4	5,5	5,4	1,4	5,4	79,4
2. НК(фон)	18,5	15,0	18,2	17,2	8,4	6,6	7,4	7,5	5,3	5,6	5,3	5,4	1,7	5,2	75,4
3. НК+ Сф (суперфосфат)	16,7	18,1	20,1	18,3	9,4	6,2	8,3	8,0	5,4	5,4	5,3	5,4	1,5	5,4	78,3
4. НК+ Сф (суперфосфат), на 5 р. в запас	25,6	23,8	29,0	26,1	11,3	6,3	9,2	8,9	5,0	5,5	5,4	5,3	1,5	4,8	76,2
5. НК+ Ф (фос.борошно), на 5 р. в запас	25,6	26,4	22,4	24,9	9,7	7,8	8,0	8,5	5,2	5,4	5,3	5,3	1,5	6,0	80,0
6. НК+Ап (апатити), на 5 р. в запас	19,4	-	14,9	17,2	8,8	7,5	6,9	7,7	5,2	5,5	5,3	5,3	1,5	5,6	78,9
7. НК+Ап+S (сірка), на 5 р. в взапас, стрічкове внесення	17,6	20,7	27,0	21,8	9,1	5,9	6,1	7,0	4,7	3,6	3,7	4,0	4,1	1,6	28,1
8. НК+Ап+S (сірка), на 5 р. в запас, гранулами	19,4	21,1	18,7	19,7	9,1	6,6	5,7	7,3	4,7	3,8	4,2	4,2	3,2	3,4	51,5
9. НК + Агрозан + торф	16,7	15,8	13,0	15,2	9,7	7,5	8,3	8,5	5,0	4,3	5,2	4,8	1,6	5,4	77,1
10. НК + ФБМ-32- 3 + торф	15,9	14,4	14,0	14,8	11,6	6,3	8,1	8,7	5,3	5,2	5,2	5,2	1,6	5,2	76,5

продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
11. НК + Агрофіл + торф	15,9	-	15,7	15,8	10,6	-	8,7	9,7	5,2	5,1	5,3	5,2	1,6	5,0	75,8
12. НК + Агровіт-Кор	14,1	13,2	14,8	14,0	8,1	7,5	9,9	8,5	5,2	5,3	5,2	5,2	1,5	5,2	77,6
13. НК + торф	14,5	13,2	13,9	13,9	9,1	5,9	6,7	7,2	5,4	5,2	5,1	5,2	1,6	5,4	77,1
14. НК+Ап + Агрозан + торф, на 5 років в запас	16,6	16,7	16,5	16,6	-	5,7	6,5	6,1	5,4	5,2	5,2	5,3	1,6	5,6	77,8
15. НК+Ап + ФМБ-32-3 + торф, на 5 років в запас	15,1	16,7	16,5	16,1	8,8	6,9	8,3	8,0	5,4	5,3	5,3	5,3	1,5	6,0	80,0
16. . НК+Ап + Агрофіл + торф, на 5 років в запас	15,0	18,9	18,3	17,4	9,4	7,2	7,5	8,0	5,4	5,0	5,2	5,2	1,6	6,2	79,5
17. НК+Ап + Агровіт-Кор, на 5 років в запас	17,6	17,1	18,2	17,6	9,1	7,2	7,1	7,8	5,4	4,9	5,2	5,2	1,5	5,6	78,9

Одночасно з підкисленням орного шару у цьому варіанті підвищувався вміст рухомого фосфору: на 1 мг у перший рік, на 5,7 – у другий і на 9,7 мг P_2O_5 на 100 г – у третій. Проте протягом усіх цих років вищим вмістом фосфору в ґрунті характеризувались варіанти, де на 5 років у запас вносили мінеральні добрива; суперфосфат та фосфорне борошно (варіанти 4 та 5) 22 та 29 мг P_2O_5 на 100 г. При таких же нормах внесення апатиту з сіркою що були зв'язані між собою у гранули бентонітовою глиною, ступінь підкислення ґрунту різко знижувався, а вміст рухомого фосфору у ґрунті перевищував контроль тільки на 2–3 мг P_2O_5 на 100 г (варіант 8).

Результати досліджень показують, що збільшення кислотності ґрунту хоч і підвищує рухомість фосфору в ґрунті та апатитах, але призводить до зниження на 1–2 мг вмісту в ньому обмінного калію. Під травами внесення високих норм апатитів у запас 450 кг/га сумісно з торфом та мікробіологічними препаратами тільки у випадку застосування Агрофілу та супербіодобрива Агровіт-Кор на 1–2 мг на 100 г підвищувало вміст рухомого фосфору в ґрунті (варіанти 16–17).

У 2005 р., на фоні високого вмісту рухомого фосфору у ґрунті, від застосування суперфосфату, фосфоритного борошна і апатитів з нормою внесення P_{90} приростів урожаю зеленої маси кукурудзи не було (табл.3). Спостерігалась тенденція до підвищення її урожаю від апатитів з сіркою, що вносили із розрахунку на 1 та 3 роки (варіанти 6,9,10). Проте в таких умовах майже всі препарати фосформобілізуючих мікроорганізмів у перший рік їх застосування забезпечили достовірні прибавки урожаю: ФМБ-32-3 -66 ц/га, Агрофіл–109, супербіодобриво Агровіт-Кор – 70 при врожайності зеленої маси на фоновому варіанті 221 ц/га (варіанти 12,13,14). Додавання до мікробіологічних препаратів апатиту істотно підвищило урожай зеленої маси кукурудзи тільки у варіанті із застосуванням Азограну від 237 до 309 ц/га (варіант 15). Застосування їх разом з торфом знижувало продуктивність кукурудзи.

У 2006 році від післядії різних видів фосфорних добрив P_{60} спостерігались лише тенденції до підвищення продуктивності кукурудзи і тільки від суперфосфату та сумісного внесення апатитів із сіркою стрічковим способом прибавки урожаю зеленої маси були достовірними і становили 40 ц/га (варіанти 3,7). Проте при внесенні їх великими нормами в запас післядія на врожайність не спостерігалась. На другий рік не проявилась і післядія препаратів фосформобілізуючих мікроорганізмів, що застосовувались окремо або з апатитом.

Таблиця 3. Вплив важкорозчинних апатитів, внесених з сіркою та фосформобілізуючими мікроорганізмами, на урожайність сільськогосподарських культур, ц/га

Види мінеральних, органічних та мікробіологічних добрив внесених у 2005 р.	Кукурудза, зелена маса, норми внесення мінеральних добрив				Люпин, 2006 р., N ₂₀ - норма внесення, P ₄₀ K ₄₀ - післядія		Гречка, 2005 р., N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ - норма внесення мінеральних добрив			
	2005 р., N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	2006 р., N ₉₀ , P ₆₀ K ₆₀ - післядія	середнє	приріст урожаю до фону	зелена маса	приріст урожаю до фону	зерно + солома	приріст урожаю до фону	зерно	приріст урожаю до фону
1. Без добрив	227	220	224	-	250	-	32,9	-	1,3	-
2. НК(фон)	221	265	243	-	240	-	39,0	-	1,3	-
3. НК+Сф (суперфосфат)	252	305	279	36	255	15	39,0	-	1,8	0,5
4. НК+Фб (фос. борошно)	201	290	246	3	295	55	38,5	-0,5	1,6	0,3
5. НК+Ап (апатити)	173	285	229	-14	250	10	45,5	6,5	1,1	-0,2
6. НК+Ап+S (сірка)	250	300	275	32	235	-5	39,0	-	1,1	-0,2
7. НК+Ап+S локальне внесення	227	305	266	23	220	-20	37,8	1,2	1,5	0,2
8. НК+Ап+S гранульовані	188	215	202	-41	250	10	39,7	0,7	1,1	-0,2
9. НК+Ап+S локально в запас	233	260	247	4	240	-	53,1	14,1	1,6	0,3
10. НК+Ап+S гранульовані в запас	248	260	254	11	225	-15	39,4	0,4	1,5	0,2
11. НК + Агрозан	237	260	249	6	225	-15	39,7	0,7	1,5	0,2
12. НК + ФБМ-32-3	287	170	229	-14	280	40	42,7	3,7	1,5	0,2
13. . НК + Агрофіл	330	230	280	37	220	-20	45,5	6,5	1,2	-0,1
14. НК + Агровіт-Кор 500 кг/га	291	290	291	48	205	-35	39,0	-	1,3	-
15. НК+Ап + Агрозан	309	235	272	29	230	-10	45,0	6,0	1,3	-
16. НК+Ап + ФБМ-32-3	327	230	279	36	290	50	43,6	4,6	1,1	0,2
17. НК+Ап + Агрофіл	270	220	245	2	230	-10	43,4	4,4	1,7	0,4
18. НК+Ап + Агровіт-Кор 500 кг/га	252	210	231	-12	220	-20	40,1	1,1	1,6	0,3
19. НК + Агрозан + торф	254	253	254	11	246	6	41,8	2,8	1,5	0,2
20. НК+Ап + ФБМ-32-3 + торф	268	230	249	6	240	-	42,3	3,3	1,4	0,1
21. НК+Ап + Агрофіл + торф	233	248	241	-2	250	10	39,8	0,8	1,4	0,1
22. НК+Ап + Альфа + торф	190	240	215	-28	288	48	41,3	2,3	1,1	-0,2
S x, %	13	14		14		13		2,1		0,1
НІР ₀₅ , ц/га	37	39		38		37		5,7		0,3

Враховуючи, що коренева система гречки здатна засвоювати фосфор із важкорозчинних сполук у 2005 р. важкорозчинні фосфорні добрива застосовували за аналогічною схемою при вирощуванні гречки. В таких дослідженнях істотний приріст урожаю зерна з соломою отримано від застосування апатитів P_{40} в складі розмелених габроїдних порід (6,6 ц/га), а найвищий – 14,1 при внесенні їх на три роки в запас P_{120} сумісно із сіркою S_{1000} (варіант 9). На цьому варіанті отримано й достовірний приріст врожаю зерна 0,3 ц/га, хоч такі ж прирости були отримані і при застосуванні суперфосфату та фосфорного борошна – 0,5 та 0,3 ц/га. Майже однакові прирости урожаю зерна з соломою гречки (6,5 та 6,0 ц/га) забезпечувало застосування азотфіксуючого і фосформобілізуючого препарату Агрофілу, а також сумісне внесення апатиту з препаратом комплексної дії Агрозаном, (варіанти 13,15). Додавання до Агрофілу апатиту хоч і не підвищило урожаю всієї надземної маси, проте на 0,4 ц/га збільшило урожай зерна гречки.

На другий рік, із всіх внесених фосфорних добрив (P_{40}), проявилась післядія тільки фосфоритного борошна на урожайність зеленої маси люпину, за рахунок якої урожайність підвищилась на 55 ц/га (варіант 4). Із мікробіологічних препаратів післядію мав тільки ФМБ-32-3, підвищивши урожайність на 40 ц/га, а при застосуванні його з апатитом – на 50 ц/га (варіанти 12 та 16). Такий же приріст урожаю (48 ц/га) забезпечила й післядія сумісного застосування з торфом та апатитом біодобавки альфа, основи супербіодобрива Агровіт-Кор (варіант 22).

У перший рік травокористування (табл.4), коли в травостой переважала конюшина червона, істотне на 13 ц/га (11,3 %) відносно фонового варіанта підвищення урожаю сіна, забезпечило тільки застосування препарату фосформобілізуючих мікроорганізмів ФМБ-32-3 (варіант 10). Спостерігалась тенденція до підвищення урожайності від застосування Агрозану, суперфосфату, внесеного на один рік P_{90} та на 5 років у запас P_{450} , апатитів із сіркою в гранульованому вигляді в запас $P_{450}S_{3750}$. Проте коли в таких кількостях апатит з сіркою вносився в ґрунт локально, стрічкою, спостерігалось зниження урожаю багаторічних трав на 14 ц/га (12,2 %), що було обумовлено різким підвищенням кислотності ґрунту на цьому варіанті (до pH_{KCl} 3,8).

У другий рік травокористування, коли переважала грестиця збірна, невеликі прирости урожаю сіна (3 ц/га) забезпечували всі мікробіологічні препарати, Агрозан, ФМБ-32-3 та Агрофіл (варіанти 9,10,11).

До такого ж рівня – 3 ц/га її продуктивність підвищувало і застосування суперфосфату та фосфоритного борошна в запас – 6 ц/га (варіанти 3 та 5)

Таблиця 4. Вплив апатитів, внесених в ґрунт з сіркою та мікробіологічними препаратами на урожайність багаторічних трав, ц/га

Варіанти	2006 р.		2007 р.		2008 р.		Середнє	
	урожай	Приріст урожаю	урожай	приріст урожаю	урожай	приріст урожаю	урожай	приріст урожаю
1. Без добрив	70	-	21	-	34	-	42	-
2. НК(фон)	115	-	22	-	34	-	57	-
3. НК+ Сф (суперфосфат)	125	10	25	3	35	1	62	5
4. НК+ Сф (суперфосфат), на 5 р. в запас	120	5	24	2	34	-	53	-4
5. НК+ Фб (фос.борошно), на 5 р. в запас	116	1	28	6	40	6	61	4
6. НК+Ап (апатити), на 5 р. в запас	116	1	24	2	37	3	59	2
7. НК+Ап+S (сірка), на 5 р. в запас, стрічкове внесення	101	-14	23	1	35	1	53	-4
8. НК+Ап+S (сірка), на 5 р. в запас, у гранульованому вигляді	121	6	24	2	39	5	61	4
9. НК + Агрозан + торф	125	10	25	3	36	2	62	5
10. НК + ФБМ-32-3 + торф	128	13	25	3	28	-6	60	3
11. НК + Агрофіл + торф	115	-	25	3	29	-5	56	-1
12. НК + Агровіт-Кор на 5 років в запас	117	2	24	2	33	-1	58	1
13. НК + торф	113	-2	21	-1	44	10	59	-2
14. НК+Ап + Агрозан + торф, на 5 років в запас	111	-5	23	1	32	-2	55	2
15. НК+Ап + ФБМ-32-3 + торф, на 5 років в запас	106	-9	23	1	38	4	56	-1
16. . НК+Ап + Агрофіл + торф, на 5 років в запас	107	-8	24	2	37	3	56	-1
17. НК+Ап + Агровіт-Кор, на 5 років в запас	112	-3	26	4	27	-7	55	-2
НІР ₀₅ , ц/га		11,4		2,3		2,9		5,5
S x, %		4,1		3,4		2,5		3,3

Отримані за три роки результати травкокористування підтверджують хоч і невисоку, але позитивну післядію на продуктивність грядищі збірної мікробіологічних препаратів, суперфосфату, фосфоритного борошна, апатитів, внесених з сіркою у гранульованому вигляді в межах 4–5 ц/га (7,0–8,8 %).

Аналіз результатів визначення вмісту елементів мінерального живлення в багаторічних травах, вирощених у 2006 та 2007 рр., показав підвищення в ньому за рахунок азотних добрив вмісту сирого протеїну –

від 6,7 до 8–9 %; відсутність впливу калійних добрив на накопичення в них калію, незначне збільшення – від 0,29 до 0,33 та 0,35 % вмісту фосфору (P_2O_5) тільки на варіантах із застосуванням суперфосфату щорічно при нормі P_{90} та внесеного в запас P_{450} .

Застосування мінеральних добрив, сірки та мікробіологічних препаратів, здатних підкислювати ґрунт, мало певний вплив і на надходження радіонуклідів в урожай сільськогосподарських культур. Так, застосування азотно-калійних добрив $N_{30}K_{90}$ в перший рік травокористування знижувало активність ^{137}Cs в сні багаторічних трав з 22 до 13 Бк/кг (табл.5). У 2–3 рази більше ^{137}Cs накопичувалось в урожаї сіна з

Таблиця 5. Вплив мінеральних добрив та мікробіологічних препаратів на вміст радіонуклідів у сні багаторічних трав, Бк/кг

Варіанти	Активність ^{137}Cs							Активність ^{90}Sr			Активність ^{40}K				
	2006 р.			2007 р.				2006 р. 1 укіс	2007р. 1 укіс	середнє	2006 р. 2 укіс	2007 р.			середнє
	1 укіс	2 укіс	середнє	1 укіс	2 укіс	середнє	1 укіс					2 укіс	середнє		
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. Без добрив	20	23	22	13	17	15	19	19	15	17	346	354	287	321	329
2. НК(фон)	13	13	13	18	13	16	15	29	23	26	-	308	204	256	256
3. НК+ Сф (суперфосфат)	21	35	28	13	18	16	22	37	23	30	276	218	345	282	280
4. НК+ Сф (суперфосфат), на 5 р. в запас	12	37	25	15	28	22	24	41	28	35	571	180	414	297	388
5. НК+ Фб (фос. борошно), на 5 р. в запас	11	27	19	17	10	14	17	28	-	28	645	150	142	146	312
6. НК+Ап (апагити), на 5 р. в запас	19	27	23	12	13	13	18	18	13	16	136	200	161	181	166
7. НК+Ап+S (сірка), на 5 р. в запас, стрічкове внесення	9	72	41	15	18	17	28	20	14	17	621	180	246	213	349
8. НК+Ап+S (сірка), на 5 р. в запас, гранульовані	10	123	67	10	10	10	39	16	13	15	542	161	200	181	301
9. НК + Агрозан + торф	24	70	47	12	25	19	33	47	28	38	500	192	209	201	300
10. НК + ФБМ-32-3 + торф	16	25	21	10	47	29	25	26	20	23	274	167	814	491	418
11. НК + Агрофіл + торф	9	28	19	15	27	21	20	56	20	38	185	188	630	409	334
12. НК + Агровіт-Кор	14	82	48	10	29	20	34	36	40	38	825	167	150	159	381
13. НК + торф	24	45	35	10	10	10	23	32	20	26	469	167	146	157	261
14. НК+Ап + Агрозан + торф, на 5 років в запас	6	80	43	12	23	18	31	24	14	19	493	120	170	145	261
15. НК+Ап + ФМБ-32-3 + торф, на 5 років в запас	13	82	48	10	11	11	30	39	17	28	746	178	470	324	465
16. . НК+Ап + Агрофіл + торф, на 5 років в запас	17	122	70	15	12	14	42	41	32	37	151	525	155	340	277
17. НК+Ап + Агровіт-Кор, на 5 років в запас	11	104	58	16	22	19	39	49	15	32	978	277	337	307	531

2 укосу. Додавання до азотно-калійних, різних видів та норм фосфорних добрив не знижувало активності ^{137}Cs в урожаї багаторічних трав, а навпаки, внаслідок застосування високих норм апатитів з сіркою відбулося значне підкислення ґрунту і накопичення ^{137}Cs в урожаї сіна з другого укосу до 72–123 Бк/кг (варіанти 7 та 9). Накопичення ^{137}Cs в урожаї сіна значно (від 23 до 70 та 82 Бк/кг) зростало і при застосуванні комплексного мікробіологічного препарату Агрозан та супербіодобрива Агровіт-Кор (варіанти 9,12).

Таблиця 6. Накопичення радіонуклідів ^{137}Cs та ^{40}K в урожаї зеленої маси кукурудзи та люпину, Бк/кг на суху речовину, 2007 р.

Варіанти	Кукурудза		Люпин	
	^{137}Cs	^{40}K	^{137}Cs	^{40}K
1. Без добрив	5	78	292	371
2. НК(фон)	27	97	304	540
3. НК+Сф (суперфосфат)	29	95	360	330
4. НК+Фб (фос.борошно)	-	-	283	210
5. НК+Ап (апатити)	38	420	260	575
6. НК+Ап+S (сірка)	24	127	-	-
7. НК+Ап+S, локальне внесення	12	72	206	221
8. НК+Ап+S, гранульовані	10	541	320	330
9. НК+Ап+S, локально в запас на 3 роки	42	469	266	275
10. НК+Ап+S, гранульовані в запас на 3 роки	37	162	225	411
11. НК + Агрозан	17	111	186	278
12. НК + ФБМ-32-3	17	136	249	262
13. . НК + Агрофіл	24	98	165	434
14. НК + Агровіт-Кор 500 кг/га	7	120	203	583
15. НК+Ап + Агрозан	9	97	232	280
16. НК+Ап + ФМБ-32-3	8	207	238	183
17. НК+Ап + Агрофіл	18	178	150	160
18. НК+Ап + Агровіт-Кор + 500 кг/га	-	-	118	351
19. НК + Агрозан + торф	7	68	65	393
20. НК+Ап + ФМБ-32-3 + торф	10	59	198	561
21. НК+Ап + Агрофіл + торф	23	213	155	610
22. НК+Ап + Альфа + торф	7	82	191	171

Накопичення ^{137}Cs в урожаї багаторічних трав з другого укосу було високим – 80–122 Бк/кг і на варіантах, де застосовували ці та інші мікробіологічні препарати разом з торфом та високими нормами апатиту внесеного в запас на 5 років (варіанти 14–17). В наступному, 2007 р., коли травостій був представлений переважно грястицею збірною, мінеральні добрива, мікробіологічні препарати та сірка, що підкислювала ґрунт, вже не мали істотного впливу на надходження ^{137}Cs в урожай трав як з

першого, так і з другого укосів. Не було також істотної різниці між активністю ^{137}Cs в урожаї сіна з першого та другого укосу.

Застосування мінеральних добрив не знижувало надходження ^{90}Sr в урожай багаторічних трав, а навпаки – збільшувало його активність у сні в 1,5 раза за рахунок азотно-калійних і більш ніж у 2 рази – коли разом з ними вносили високі норми суперфосфату P_{450} на п'ять років в запас, від 17 до 35 Бк/кг. Великої різниці між накопиченням ^{90}Sr в урожаї трав першого та другого року травокористування не спостерігалось. У варіантах, де застосовували високі норми сірки і, відповідно, була висока кислотність ґрунту, активність ^{90}Sr в урожаї багаторічних трав у 2006 та 2007 рр. була найнижчою – 13–20Бк/кг щодо контрольного варіанту.

Як і ^{137}Cs , більше ^{90}Sr накопичувалось у травах, вирощених на варіантах із застосуванням мікробіологічних препаратів Агрозана та Агровіта, супербіодобрива Агровіт-Кор (варіанти 9,11,12,16,17).

Результати досліджень, отримані у 2006–2007 рр. свідчать і про значне накопичення в урожаї багаторічних трав радіоактивного калію ^{40}K , особливо у перший рік травокористування у варіантах із застосуванням високих норм суперфосфату та фосфорного борошна, високою кислотністю ґрунту та при внесенні на 5 років у запас супербіодобрива Агровіт-Кор: до 571, 645, 621, 542, 825, 978 Бк/кг відповідно (варіанти 5,6,7,8,12,17), що у 2–3 рази вище, ніж у контролі.

Дослідження активності ^{137}Cs та ^{40}K в зеленій масі кукурудзи й люпину урожаю 2007 року показало значне збільшення активності ^{40}K і в зеленій масі кукурудзи у варіантах, де ґрунт значно підкислився при сумісному внесенні в запас високих норм апатитів з сіркою – від 97 до 541 та 469 Бк/кг (варіанти 8 та 9) і до 420 Бк/кг при внесенні фосфоритного борошна в запас (варіант 5, табл 6). Зелена маса кукурудзи вирощена на цих варіантах характеризувалась і найвищою активністю ^{137}Cs , – 42, 37 та 38 Бк/кг відповідно (варіанти 9,10,5) при її активності на контролі та фоновому варіантах – 5 та 27 Бк/кг (варіанти 1,2). Порівняно з кукурудзою в зеленій масі люпину накопичувалось на порядок більше ^{137}Cs і його активність істотно не змінювалась від застосування добрив.

Висновки

1. Застосування під сільськогосподарські культури високих норм сірки – 1000–2250 кг/га сумісно з подрібненими габроїдними породами локально-стрічковим способом, для розчинення в них апатиту понизило на 0,65–1,25 pH_{KCl} орного шару ґрунту і на 0,15–0,45 – при застосуванні їх в гранульованому стані. У наступні три роки зміни pH були незначними, від 4,15 до 4,48. В три рази нижчі дози сірки й апатиту істотно не змінювали кислотності ґрунту.

2. Внесення під багаторічні трави на 5 років у запас високих норм апатитів P_{450} з сіркою S_{3750} знижувало pH_{KCl} орного шару від 5,4 до 4,7 одиниць за вегетаційний період, а в наступні 3 роки – до 3,6, 3,7 та 3,4,

причому від 1,4 до 4,1 мг-екв, на 100 г збільшувалась гідролітична кислотність і від 79,4 до 28,0 % знижувався ступінь насиченості ґрунту основами. При застосуванні їх у гранульованому стані підкислення ґрунту було у 2 рази нижчим. Еквівалентні норми суперфосфату P_{450} та внесення Агрозану знижували pH_{KCl} ґрунту тільки у рік внесення на 0,4 одиниці.

3. При застосуванні під сільськогосподарські культури та багаторічні трави оптимальних норм суперфосфату та фосфорного борошна P_{40-90} в орному шарі ґрунту на 1–2 мг на 100 г вміст рухомого фосфору підвищувався. Різке підкислення ґрунту під багаторічними травами підвищило розчинність апатиту і вміст у ґрунті рухомого фосфору в перший рік на 1 мг, у другий – на 5,5 і в третій – на 9,7 мг P_2O на 100 г. При меншій кислотності ґрунту у варіанті із застосуванням апатитів з сіркою в гранулах вміст рухомого фосфору у ґрунті був у 2 рази нижчий. Найвищий вміст рухомого фосфору у ґрунті був на варіантах з високими нормами внесення суперфосфату і фосфорного борошна P_{450} – 26,1 та 24,9 мг P_2O_5 на 100 г.

4. Мікробіологічні препарати Агрозан та ФМБ-32-2 на 0,3–0,7 одиниці знижують pH_{KCl} дерново-середньопідзолистого супіщаного ґрунту протягом вегетаційного періоду, а застосування Агрофілу та супербіодобрива Агровіт-Кор сумісно з апатитом на 1–2 мг на 100 г підвищує вміст у ґрунті рухомого фосфору.

5. При вмісті рухомого фосфору в ґрунті більш ніж 15 мг на 100 г застосування різних видів фосфорних добрив не підвищує урожайність зеленої маси кукурудзи, її урожайність підвищується на 30–49 % від застосування мікробіологічних препаратів ФМБ-32-3, Агрозану, Агрофілу та супербіодобрива Агровіт Кор, на 12 % підвищується урожай конюшини червоної від ФМБ-32-3 і на 14 % урожай грятости збірної – від ФМБ-32-3, Агрозану й Агрофілу.

6. У перший рік травокористування, при внесенні високих норм апатиту і сірки локальним способом та знижені pH_{KCl} до 3,8, урожай сіна конюшини червоної знизився на 14 ц/га (12,2 %), при внесенні їх у гранульованому вигляді – підвищився на 6 ц/га (5,2 %), в наступні роки зниження урожаю грятости збірної не спостерігалось.

7. На радіоактивно забруднених ^{137}Cs дерново-середньопідзолистих ґрунтах в межах 222–265 $kBк/m^2$ (4,7–7,3 Ki/km^2) застосування високих норм апатитів із сіркою, або з мікробіологічними препаратами, здатними підкислити ґрунт, підвищує активність ^{137}Cs в сіні конюшини червоної від 13 до 70–123 $Bк/kg$ і не змінює його активності в сіні грятости збірної, отриманої на другий рік травокористування.

8. При щільності забруднення ґрунту ^{90}Sr в межах 11–19 $kBк/m^2$ (0,30–0,57 Ki/km^2), застосування азотно-калійних добрив та високих норм апатиту з сіркою, здатною підкислювати ґрунт, на накопичення ^{90}Sr в урожаї багаторічних трав не впливало. Від застосування високих норм суперфосфату P_{450} , його активність підвищувалась від 17 до 35 $Bк/kg$.

Спостерігається підвищення активності і від застосування мікробіологічних препаратів та супербіодобрива Агровіт-Кор.

9. За рахунок внесення в ґрунт високих норм фосфорних добрив та сірки, здатної підкислювати ґрунт, в урожаї сіна конюшини червоної у 2 рази може збільшуватись активність ^{40}K (до 571–621 Бк/кг), а в зеленій масі кукурудзи – від 97 до 420–541 Бк/кг активність ^{40}K та від 27 до 37–42 Бк/кг- активність ^{137}Cs .

Перспективи подальших досліджень

Подальші дослідження необхідно зосередити на розробці способу грануляції, виділеного з габроїдів апатиту з сіркою, що забезпечив би руйнування цих гранул у ґрунті, проникнення в них повітря й оптимальну швидкість окислення сірки та розчинення апатиту, що відповідала б швидкості засвоєння рухомого фосфору сільськогосподарськими культурами. В цьому випадку можна застосовувати невисокі екологічно безпечні і економічно виправдані норми сірки, які не будуть істотно впливати на зміну кислотності ґрунту. Поступове розчинення фосфору в таких гранулах, з одночасним поглинанням його кореневими системами рослин, дозволить зменшити його взаємодію у ґрунті з рухомими іонами алюмінію й заліза та перехід у сполуки, недоступні рослинам. Перспективним може виявитись і додавання до гранульованого комплексного мікробіологічного препарату Агрозану подрібненого апатиту.

Література

1. Агрохімічні руди України: матеріали міжвід. наук.-техн. конф., (Київ, 16-20 лютого 2004 р.). – К., 2004. – С.9–10.
2. Гинсбург К.Е. Фосфор основных типов почв СРСР / К.Е. Гинсбург. – М.: Наука, 1981. – С. 137, С. 188.
3. Коминар О.А. Горные породы Житомирской области как источник удобрений: дис канд. геол.-минерал. наук / О.А. Коминар. – К., 1966. – 193 с.
4. Влияние фосфорных удобрений на накопление ^{137}Cs сельскохозяйственными культурами / В.К. Кузнецов, Н.И. Санжарова, Р.М. Алексахин [и др.] // Агрохимия. – 2001. – №9. – С. 47–53.
5. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений / Т.Н. Кулаковская. – М.: Агропромиздат, 1990. – С.60–88.
6. Лархер В. Экология растений / В. Лархер М.: Мир, 1978. – С. 82.
7. Вплив важкорозчинних фосфорних добрив на забруднення врожаю сільськогосподарських культур радіонуклідами / А.В. Мудрак, М.К. Волинчук, А.П. Мушко, М.М. Петрук // Проблеми сільськогосподарської радіології: доп. учасників четвертої міжнар. наук.практ. конф., 19–21 червня 2003 року. – Житомир. “ Вид-во ДАУ, 2003. – С. 108–110.
8. Ефективність застосування зернистих фосфоритів та апатитів з сіркою та фосформобілізуючими мікроорганізмами на дерново-середньопідзолистих ґрунтах Полісся в якості місцевих добрив / А.В. Мудрак, О.І. Мисловська, А.П. Мушко [та ін.] // Вісник ДАУ. – 2005. – №2. – С. 8–22.

-
-
9. *Петербургский А.В.* Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии / *А.В. Петербургский.* – М.: Наука, 1979. – С. 83–101.
 10. *Соколовський А.А.* Краткий справочник по минеральным удобрениям / *А.А. Соколовський, Т.П. Унаняну.* – М.: Химия, 1977. – С. 125–129.
 11. *Швайберов С.К.* Мінерально-сировинна база агроруд північного заходу Українського щита / *С.К. Швайберов, Б.Л. Висоцький, Л.М. Базалійська* // Агрономічні руди України: матеріали міжнар. наук.-техн.конф., (Київ, 16–20 лютого 2004 р.). – К., 2004. – С. 69–72.
-
-