

ТРАНСЛОКАЦІЯ КОБАЛЬТУ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ КУЛЬТУРИ

Наведено результати досліджень щодо впливу технологій вирощування сої, ярої пшениці та ярого ріпаку на вміст рухомих форм кобальту в ґрунті та вегетативних і генеративних органах рослин. Визначено коефіцієнти біологічного поглинання, встановлено взаємозв'язок між вмістом кобальту у вегетативних і генеративних органах сільськогосподарських культур та кількістю його в ґрунті.

Проведено екологічне оцінювання технологій вирощування сої, пшениці ярої, та ріпаку ярого за санітарно-гігієнічними показниками. Доведено, що накопичення кобальту в генеративних органах сільськогосподарських культур спостерігалось у такій послідовності: соя > яра пшениця > ярий ріпак.

***Ключові слова:** соя, пшениця яра, ріпак ярий, сіро-лісовий ґрунт, кобальт, коефіцієнт біологічного поглинання, екологічне оцінювання.*

Постановка проблеми

Дослідження вмісту металів у ґрунтах агроландшафтів пов'язано як із забезпеченням процесів росту і розвитку рослин мікроелементами, так і можливим

забрудненням токсичними важкими металами (ВМ) компонентів біопродукційної системи «грунт–рослина». Враховуючи особливу токсичність окремих ВМ (Hg, Cu, Pb, Zn), головна увага в Україні надається вивченню їхнього валового вмісту в орних ґрунтах, на яких вирощуються продовольчі культури [8]. Це саме стосується дослідження вмісту металів-мікроелементів. Проте для екотоксикологічної оцінки системи «грунт–рослина» важливішою є інформація про вміст рухомих форм біофільних металів у ґрунті та транс локація їх в органи рослин.

Тому надзвичайно великого значення набувають показники безпечності продукції, які визначаються за вмістом шкідливих для здоров'я людини речовин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Доведено, що основними джерелами забруднювачами ґрунту важкими металами є мінеральні добрива, які через тривале застосування призводять до динамічних змін біологічних, агрофізичних та фізико-хімічних властивостей ґрунту, що у подальшому позначається на доступності та інтенсивності засвоюваності рослинами важких металів, у тому числі і кобальту [1, 2, 3].

Кобальт є мікроелементом і міститься як у мінеральних, так і органічних добривах. Але при перевищенні гранично допустимих норм кобальт із мікроелемента переходить у токсичний елемент. Існують роботи, присвячені особливостям і закономірностям накопичення важких металів у ґрунтах і продукції рослинництва, де відмічається, що процес переходу їх залежить від хімічного складу його окисно-відновлюваного потенціалу, фізичних властивостей ґрунту, біологічної особливості рослин [4, 5]. Питаннями вивчення транслокації переходу рухомих форм важких металів, у тому числі і кобальту, з ґрунту у вегетативні і генеративні органи рослини займалися Т. Л. Жигарева, М. М. Карпунин, А. І. Фатєєва, Н. А. Макаренко та інші.

Мета, завдання та методика дослідження

Метою досліджень було вивчення впливу агротехнологій вирощування ріпаку на процеси акумуляції, міграції рухомих форм кобальту у сіро-лісовому ґрунті, транслокацію його у вегетативних і генеративних органах ярої пшениці, сої, ріпаку та проведення екологічного оцінювання агротехнологій.

Дослідження проводили на базі Інституту агроєкології і природокористування НААН. Процеси накопичення, міграції, транслокації кобальту у системі «грунт – рослина» вивчали у польовій сівозміні (північний Лісостеп України) при вирощуванні сільськогосподарських культур. Агротехніка вирощування сої, пшениці ярої та ріпаку ярого загальноприйнята для цієї зони. Дослідження проводили за такими варіантами: соя – контроль, N₄₀P₆₀K₆₀, N₂₀P₈₀K₃₀, N₁₀P₁₀K₁₀ + органічні добрива; пшениця яра – контроль, N120P60K60, N60P50K50, N40P10K10 + органічні добрива; ріпак ярий – контроль, N120P100K100, N60P40K45, N10P10K10 + органічні добрива.

Об'єктом досліджень є ґрунт сіро-лісовий супіщаний слабogleюватий на перемитій карбонатній супіщаний морені з такою характеристикою основних

хімічних показників: рН – 5,4–6,1 у.о., вміст загального гумусу – 5,4–6,1 (за Тюріним), рухомого фосфору – 150–200 мг/кг (за Кірсановим), обмінного калію 170–220 мг/кг (за Кірсановим). Зразки ґрунту було відібрано одночасно з рослинними зразками, пошарово, через 20 см, до глибини 100 см.

Вміст кобальту визначали у зразках соломи, зерні та ґрунті, який відбирали з орного шару (0–20) одночасно з рослинними зразками. Рухомі форми важких металів із ґрунту вилучали за допомогою екстракції 1 н НСІ, а їх кількісне визначення проводили атомно-адсорбційним методом [7].

Ймовірність одержаних даних визначали за загальноприйнятими у сільськогосподарських дослідженнях методами математичної статистики за допомогою дисперсійного, регресійного, кореляційного аналізів.

Результати дослідження

Результати дослідження показали, що вміст кобальту у сіро-лісовому ґрунті після збирання сої має істотний вплив застосованих агротехнологій на процеси акумуляції його у ґрунті. Більшому його накопиченню сприяло застосування мінеральних добрив ($N_{20}P_{60}K_{30}$, $N_{10}P_{10}K_{10}$ +органічні добрива), значення кобальту коливалися в межах 0,6–1,0 мг/кг порівняно з контролем. Крім того, під впливом цих агротехнічних прийомів відбувалося активне накопичення кобальту вегетативними (стебло, листя) органами сої. Так, при застосуванні $N_{40}P_{60}K_{60}$, $N_{20}P_{80}K_{30}$, $N_{10}P_{10}K_{10}$ +органічні добрива у вегетативних органах сої було відмічено підвищений вміст кобальту – він складав 0,3–0,39 мг/кг проти 0,27 мг/кг на контролі. Це пов'язано з особливою його роллю у процесах азотфіксації. Він підвищує інтенсивність засвоєння азоту з повітря, сприяє розмноженню бульбочкових бактерій, скороченню вегетаційного періоду, збільшує врожайність зерна сої. Застосування органічних добрив призвело до зниження активності переходу кобальту з ґрунту до рослин, його вміст знизився до 0,26 мг/кг. Відповідно, вміст кобальту у зерні сої на всіх варіантах удобрення становив в межах 0,2–0,36 мг/кг.

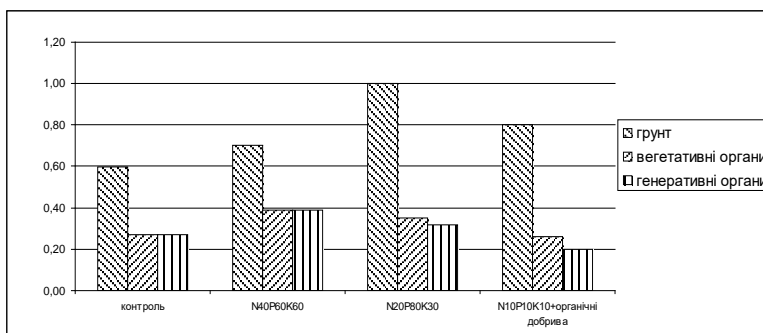


Рис. 1. Вплив агротехнологій вирощування сої на вміст кобальту у сірому лісовому ґрунті, вегетативних і генеративних органах

Внесення максимальної норми мінеральних добрив $N_{120}P_{100}K_{100}$ сприяло накопиченню вмісту кобальту 0,32 мг/кг. Застосування норм добрив на фоні

$N_{40}P_{10}K_{10}$ + органічні добрива призводило до зниження активності переходу кобальту із ґрунту до рослин, у результаті чого відмічено незначне перевищення вмісту його у вегетативних і генеративних органах порівняно з контрольними показниками. Відмічено збільшення вмісту кобальту в зерні, при застосуванні середньої та мінімальної норм добрив на фоні $N_{60}P_{50}K_{50}$, $N_{40}P_{10}K_{10}$ складав 0,3 та 0,26 мг/кг, тоді як на контролі – 0,22 мг/кг.

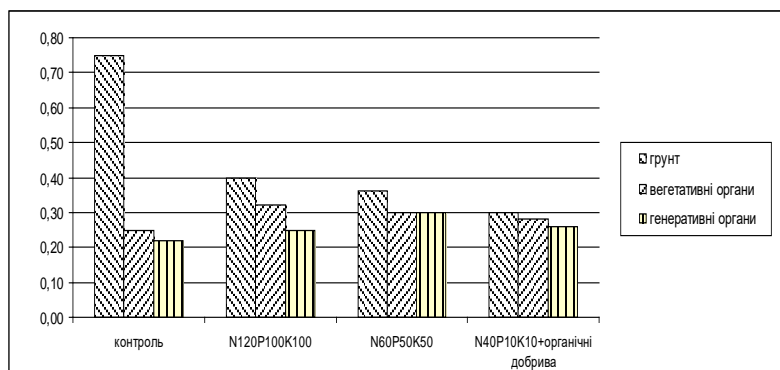


Рис. 2. Вплив агротехнологій вирощування ярої пшениці на вміст кобальту у сірому лісовому ґрунті, вегетативних і генеративних органах

Дослідженнями було показано (рис. 3), що на внесення органо-мінеральних добрив вміст кобальту у соломі ярого ріпаку мав також тенденцію до незначного збільшення. Найбільший вміст кобальту в ярого ріпаку відмічено на варіантах $N_{120}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{30}K_{45}$, що становив 0,45 мг/кг, 0,52 мг/кг відповідно до контролю. У цілому, застосування інших норм органічних і мінеральних добрив призводило до незначного збільшення вмісту кобальту у соломі ярого ріпаку. Відповідно, кількість кобальту збільшувалося в зерні на фоні внесення норм добрив $N_{120}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{30}K_{45}$, значення якого коливалися у межах 0,25–0,39 мг/кг.

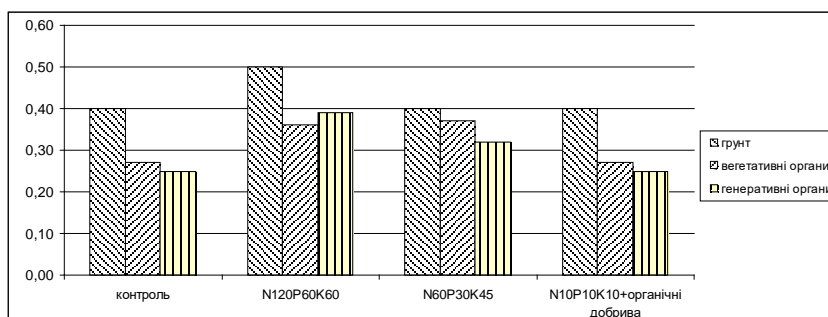


Рис. 3. Вплив агротехнологій вирощування ярого ріпаку на вміст кобальту у сірому лісовому ґрунті, вегетативних і генеративних органах

Для встановлення кількісних параметрів переходу кобальту з ґрунту у рослини було визначено коефіцієнти біологічного поглинання – $K_{б.п.}$. Коефіцієнти біологічного поглинання дають можливість оцінити вплив технології не лише на процеси накопичення важких металів рослинами, а і охопити всю систему «ґрунт–добрива–рослина». За рівнем відхилення від контрольного варіанту можна провести екологічне оцінювання технології вирощування (табл. 1) [6].

Найвищі коефіцієнти біологічного поглинання кобальту при вирощуванні сої були у варіантах досліді, де вносили мінеральні добрива в нормі $N_{120}P_{60}K_{60}$, $N_{20}P_{80}K_{30}$, вони коливалися в межах 0,36–0,55. (табл. 1). З розрахунків видно, що відбувався рівномірний розподіл кобальту у соломі і зерні сої, оскільки коефіцієнти біологічного поглинання відповідно становили 0,32–0,45:0,25–0,45 у.о.

Таблиця 1. Коефіцієнт біологічного поглинання ($K_{б.п.}$) кобальту вегетативними (солома) і генеративними (зерно) органами сільськогосподарських культур

Варіанти	Вміст кобальту у сіро-лісовому ґрунті	Органи пшениці	
		вегетативні (солома)	генеративні (зерно)
Соя			
контроль	0,6	0,45	0,45
$N_{40}P_{60}K_{60}$	0,7	0,55	0,55
$N_{20}P_{80}K_{30}$	1,0	0,36	0,32
$N_{10}P_{10}K_{10}$ + органічні добрива	0,8	0,32	0,25
Пшениця яра			
контроль	0,75	0,3	0,23
$N_{120}P_{60}K_{60}$	0,4	0,8	0,62
$N_{60}P_{50}K_{50}$	0,35	0,8	0,7
$N_{40}P_{10}K_{10}$ + органічні добрива	0,3	0,9	0,76
Ріпак ярий			
контроль	0,4	0,67	0,62
$N_{120}P_{100}K_{100}$	0,5	0,72	0,78
$N_{60}P_{40}K_{45}$	0,4	0,92	0,8
$N_{10}P_{10}K_{10}$ + органічні добрива	0,4	0,67	0,62

При вирощуванні ярої пшениці у варіантах із внесенням органо-мінеральних добрив коефіцієнти біологічного поглинання кобальту вегетативними і генеративними органами змінювалися в межах 0,62–0,9 відповідно до контролю 0,23–0,3 у.о. Це пояснюється, тим що більше кобальту поглиналося соломою, де $K_{б.п}$ становив 0,8–0,9, відповідно в генеративних органах його накопичувалося менше, і коефіцієнти біологічного поглинання коливалися в межах 0,62–0,7 у.о.

Аналогічні результати спостерігаються при вирощуванні ріпаку у варіантах із внесенням органо-мінеральних добрив, де коефіцієнти біологічного поглинання кобальту вегетативними і генеративними органами змінювалися в межах 0,62–0,9.

Але варто відмітити те, що коефіцієнти біологічного поглинання кобальту у зерні сільськогосподарських культур зростали пропорційно із збільшенням норм мінеральних добрив.

Відповідно до визначених коефіцієнтів біологічного поглинання кобальту вегетативними і генеративними органами рослин було проведено екологічне оцінювання технологій вирощування сільськогосподарських культур (табл. 2).

Таблиця 2. Оцінка технологій вирощування сільськогосподарських культур за вмістом кобальту у генеративних органах

Варіанти	Екологічний стан	Оцінка, бали
Соя		
контроль	оптимальний	3
$N_{40}P_{60}K_{60}$	нормальний	2
$N_{20}P_{80}K_{30}$	нормальний	2
$N_{10}P_{10}K_{10}$ + органічні добрива	задовільний	1
Пшениця яра		
контроль	оптимальний	3
$N_{120}P_{60}K_{60}$	незадовільний	0
$N_{60}P_{50}K_{50}$	незадовільний	0
$N_{40}P_{10}K_{10}$ + органічні добрива	незадовільний	0
Ріпак ярий		
контроль	оптимальний	3
$N_{120}P_{100}K_{100}$	задовільний	2
$N_{60}P_{40}K_{45}$	незадовільний	0
$N_{10}P_{10}K_{10}$ + органічні добрива	оптимальний	3

Екологічне оцінювання технологій вирощування сої за коефіцієнтом біологічного поглинання кобальту характеризувалося нормальним і задовільним станом. Величина біологічного поглинання кобальту на фоні внесення $N_{40}P_{60}K_{60}$, $N_{20}P_{80}K_{30}$, $N_{10}P_{10}K_{10}$ +органічні добрива відображала нормальний та незадовільний екологічний стан. А орґано-мінеральна система удобрення пшениці ярої та ріпаку ярого за екологічним оцінюванням з значенням біологічного поглинання кобальту належала до незадовільного та задовільного стану. Слід відмітити, що такий розподіл кобальту є наслідком біофільності і специфіки функціонального призначення його у рослинах пшениці ярої та ріпаку ярого. Крім того, було визначено, що технології не призводять до перевищення гранично допустимого рівня кобальту у зерні сої, пшениці ярої та ріпаку ярого. Таким чином, визначення коефіцієнта біологічного поглинання дало можливість встановити взаємозв'язок між вмістом важких металів у вегетативних (солома) і генеративних орґанах (зерно) пшениці та їх кількістю у темно-сірому опідзоленому ґрунті.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Показано, що за різних технологій вирощування сільськогосподарських культур кількість кобальту зменшувалася у ряду ґрунт – вегетативні орґани – генеративні орґани (зерно). Застосування мінеральних добрив збільшувало величину $K_{б.п}$ у зерні, а застосування органічних добрив, навпаки, сприяло зниженню переходу кобальту у рослини.

Проте, накопичення кобальту в генеративних орґанах сільськогосподарських культур спостерігалось у такій послідовності: соя > пшениця яра > ріпак ярий. Це пояснюється тим, що такий розподіл кобальту є наслідком біофільності і специфіки функціонального призначення його у рослинах пшениці ярої та ріпаку ярого.

Коефіцієнти біологічного поглинання кобальту сільськогосподарськими культурами підтверджують взаємозв'язок між вмістом токсиканту у вегетативних і генеративних орґанах та їх кількістю в ґрунті, і тим самим можуть бути діагностичними показниками під час проведення екологічної експертизи технологій вирощування культур.

Подальші дослідження слід зосередити на вивченні акумуляції і міграції рухомих форм кобальту в нижні горизонти ґрунту з метою виявлення процесу забруднення поверхневих вод та проведенні екологічного оцінювання.

Література

1. Жигарева Т. Л. Влияние природных мелиорантов и тяжелых металлов на урожайность зерновых культур и микрофлору дерново-подзолистой почвы

/ Т. Л. Жигарева, Р. М. Алексахин, Д. Г. Свириденко // *Агрохимия*. – 2005. – № 11. – С. 60–65.

2. Ильин В. Б. К оценке массопотока тяжелых металлов в системе «почва – сельскохозяйственная культура» / В. К. Ильин // *Агрохимия*. – 2006. – № 3. – С. 52–59.

3. Карпухин А. И. Влияние применения удобрений на содержание тяжелых металлов в почвах длительных полевых опытов / А. И. Карпухин, Н. Н. Бушуев // *Агрохимия*. – 2007. – № 5. – С. 76–84.

4. Карпухин М. М. Влияние компонентов на поглощение тяжелых металлов в условиях техногенного загрязнения / М. М. Карпухин, Д. В. Ладонин // *Агрохимия*. – 2008. – № 11. – С. 1388–1398.

5. Макаренко В. В. Екотоксикологічне оцінювання технологій застосування агрохімікатів / В. В. Макаренко // *Агроекол. журнал*. – 2008. – № 6. – С. 185–187.

6. Екологічна експертиза технологій вирощування сільськогосподарських культур : метод. рекомендації / за ред. Н. А. Макаренко, В. В. Макаренка. – К., 2008. – 84 с.

7. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства. – М. : ЦИНАО, 1992. – 61 с.

8. Подколзин О. А. Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Ставропольского края / О. А. Подколзин, О. Б. Анциферов // *Агрохимический вестн.* – 2007. – № 6. – С. 5–7.
