

**ПРОСТОРОВА ВАРІАБЕЛЬНІСТЬ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ
В ОРНОМУ ШАРІ СІРОГО ЛІСОВОГО ҐРУНТУ
В СЕРЕДИНІ РОТАЦІЇ СІВОЗМІНИ**

Наведено результати просторового варіювання Cd, Pb, Cu та Zn в орному шарі сірого лісового легкосуглинкового ґрунту. Підтверджено коректність існуючої методики багатоступеневої оцінки вмісту елементів-забруднювачів (Cd, Pb) у ґрунті. Проведено розрахунки граничних значень діапазонів оціночної шкали для рухомих форм біогенних (Cu, Zn) елементів.

Актуальність дослідження

Оптимізація живлення рослин, підвищення ефективності добрив значною мірою залежить від забезпеченості рослин мікроелементами. Змінюючи агрохімічні властивості ґрунту, система удобрення впливає на рухомість мікроелементів та важких металів [4]. Складний характер взаємозалежностей рослини з ґрунтовим розчином і вбирним комплексом обумовлює не лише позитивні, але й ряд негативних наслідків. Так дані Л.К. Садовникової, Н.Г. Зиріна, А.І. Обухова, В.Б. Ільїна й інших дослідників свідчать, що під впливом важких металів ґрунти підкислюються, втрачають структуру й ущільнюються. Дослідження показників якості врожаю зеленої маси кукурудзи вказують на те, що свинець та кадмій погіршують показники її енергетичної й поживної цінності [1]. Ефективність та екологічну безпеку системи удобрення, в основному, оцінюють за середніми статистичними показниками. Фактично, це – віртуальні, а не реальні параметри [5]. Значимість показників в цілому відображають його мінливість в певних умовах. Разом з тим, той чи інший показник має свій рівень відхиленя від середнього значення вони можуть вносити деякі корективи в оцінку його значимості, особливо при значеннях, близьких до порогових. Це повною мірою стосується всіх характеристик ґрунтового покриву, особливо актуально – для мікроелементного складу ґрунтового покриву, оскільки досить часто дослідження такого плану мають епізодичний характер і статистично необґрунтовані.

Коефіцієнт варіації, за визначенням Б.А. Доспехова, є відносним показником мінливості (варіабельності) досліджуємого фактора. Мінливість прийнято вважати незначною, якщо коефіцієнт варіації не перевищує 10 %, середньою,

якщо коефіцієнт варіації вище 10, але менше 20 %, і значною, якщо коефіцієнт варіації більший за 20 % [2]. Однак подібні залежності не є характерними, з точки зору класичних підходів, для оцінювання дослідження в середині ротаційного циклу. В цьому плані, цікаві невіривняні щодо удобрення поля. Знайти в науковій літературі праці, присвячені вивченню даного питання, нам так і не вдалося.

Постановка задачі

Дослідити варіабельність рухомих форм Cd, Pb, Cu та Zn в орному горизонті сірого лісового ґрунту в типовій 8-пільній польовій сівозміні.

Мета дослідження

Встановити рівні варіабельності рухомих форм Cd, Pb, Cu та Zn всередині перебігу другої ротації сівозміни та дати оцінку отриманим показникам.

Сутність дослідження

На основі проведених досліджень вмісту встановити рівень варіабельності рухомих форм Cd, Pb, Cu та Zn від насиченості агрофонів вирощування культур мінеральними добривами.

Предмет дослідження

Залежність показників варіабельності Cd, Pb, Cu та Zn від ступеня насиченості агрофону мінеральними добривами у довготривалому стаціонарному досліді в типовій 8-пільній польовій сівозміні.

Об'єкт та методика досліджень

Об'єктом дослідження є сірий лісовий ґрунт на різних агрофонах в довготривалому стаціонарному досліді в середині ротаційного циклу.

Дослід “Вивчення ефективності заходів біологізації землеробства в умовах Правобережного Полісся України” був закладений в 1990 році на території дослідного господарства “Україна” (Черняхівський район, Житомирська область, село Велика Горбаша) на сірих лісових легкосуглинкових ґрунтах. Схемою досліду передбачалося вивчення чотирьох рівнів живлення рослин: I – 27,5 т/га гною (удобрення 1); II – 23,4 т/га гною + N₂₉ (удобрення 2); III – 18,8 т/га гною + N₂₈P₃₉K₄₃ (удобрення 3); IV – 11,2 т/га гною + N₅₈P₇₆K₈₆ (удобрення 4). Дослід проводився у типовій 8-пільній польовій сівозміні з наступним чергуванням культур: багаторічні трави (2 роки), озима пшениця, льон-довгунець, кукурудза на силос, озиме жито, картопля, ячмінь з підсівом багаторічних трав.

Дослідження проводилося на фоні чотирьох способів основного обробітку ґрунту: 1) оранка на глибину 18–20 см; 2) плоскорізний обробіток на 18–20 см; 3) дискування на 10–12 см; 4) комбінований (під озимі культури – дисковий обробіток на 10–12 см; під всі інші – плоскорізний – 18–20 см).

Повторність відборів проб з агрофонів триразова ($n = 3$). Для контрольної ділянки $n = 24$.

Даний дослід передбачав оцінку можливості біологізації систем удобрення шляхом поєднання органічної та мінеральної складових у різних співвідношеннях за умови збереження балансу основних елементів живлення. Після проходження 1,5 ротації сівозмінного циклу був проведений відбір проб з усієї площі стаціонара на предмет встановлення рівнів вмісту рухомих форм Cd, Pb, Cu та Zn в середині перебігу ротації.

Відбір проб ґрунту на агрохімічний аналіз проводився у 2003 році за методом конверта з кожної облікової ділянки. Один змішаний зразок складається з 15 точкових відборів. Вилучення важких металів проводилось 1Н розчином HCl (ГОСТ 3118-77), визначення вмісту ВМ здійснювалось за методом атомно-адсорбційної спектроскопії на атомному спектрографі ААС-115-М1.

Результати досліджень

Аналіз варіабельності показників Cd у верхньому шарі орного горизонту (табл. 1) показав, в основному, незначне та частково середнє варіювання. Найбільший діапазон розбіжності коефіцієнта варіації спостерігається по полю № 3 (0–12 %), найменший – по полю № 7 (3,1–10,5 %). В середньому по стаціонару варіація складає 7,3 %, а діапазон розбіжності – 8,9 % (2,6–11,5 %).

Таблиця 1. Варіабельність Cd в орному шарі сірого лісового ґрунту, %

Шар ґрунту, см	Характер показника	Номер поля сівозміни								Середнє по агрофонах
		1	2	3	4	5	6	7	8	
0–10	min	2,2	3,1	0	2,9	2,8	3,0	3,1	3,3	2,6
	max	10,7	11,9	12,0	11,6	12,0	11,5	10,5	11,5	11,5
10–20	min	0,0	5,7	3,3	3,1	3,0	6,5	3,5	7,9	4,1
	max	18,9	14,7	18,2	18,8	17,1	19	15,4	17,6	17,5
0–10	середнє	6,9	7,3	6	7,9	7,9	7,5	7,6	7,7	7,3
10–20	середнє	9,2	10,6	11,7	11,5	9,2	12,1	9,9	12,4	10,8

Розмірність показників кадмію у 10–20 см шару ґрунту (табл. 1) лежить в досить широкому діапазоні – від незначного до середнього варіювання. Найбільший діапазон розбіжності коефіцієнта варіації спостерігається по полю 1 (0–18,9 %), а найменший – по полю 2 (4,7–14,7 %). В середньому по стаціонару варіація складає 10,8 %, а діапазон розбіжності – 13,4 % (4,1–17,5 %). Порівняння даних варіабельності показників Cd верхнього й нижнього шарів орного горизонту вказує на збільшення середніх показників з глибиною. Так, якщо у 0–10 см шарі ґрунту середній показник варіації складає 7,3 % (незначна), то у 10–20 см шарі він складає 10,8 % (середня варіабельність).

Рівень варіабельності вмісту свинцю у 0–10 см шарі ґрунту (табл. 2)

незначний. В середньому по сівозміні він складає 5,8 % (діапазон середніх значень знаходиться в межах 5,3–6,4 %). Найбільший діапазон розбіжності коефіцієнта варіації Pb спостерігаються по полю 8 (5,6–6,3 %), найменший – по полю 6 (6,0–7,8 %).

Варіювання показників вмісту свинцю в 10–20 см горизонті (табл. 2) також виявилось незначним, по всіх полях стаціонара воно не перевищило межі в 10 %. Найнижчий середній показник варіабельності спостерігається по полю 3 (5,0 %), найвищий – по полю 6 (6,7 %). Середній показник по стаціонару співпадає з показником в шарі 0–10 см (5,8 %), середній для стаціонара діапазон складає 5,2–6,5 %. Фактично у показниках варіабельності верхнього та нижнього шарів орного шару спостерігається певна однорідність.

Таблиця 2. Варіабельність Pb в орному шарі сірого лісового ґрунту, %

Шар ґрунту, см	Характер показника	Номер поля сівозміни								Середнє по агрофонах
		1	2	3	4	5	6	7	8	
0–10	min	5,1	4,5	4,7	5,6	5,3	6,0	5,5	5,6	5,3
	max	6,3	5,9	5,6	6,5	6,4	7,8	6,4	6,3	6,4
10–20	min	5,3	4,7	4,5	5,7	4,6	6,0	5,6	5,5	5,2
	max	6,3	5,5	5,6	6,6	6,4	8,4	6,6	6,7	6,5
0–10	середнє	5,7	5,1	5,1	6,1	5,7	6,8	6,1	6,0	5,8
10–20	середнє	5,8	5,1	5,0	6,1	5,7	6,7	6,1	6,0	5,8

Оскільки саме у 0–20 см шарі ґрунту відбуваються активні процеси асиміляції хімічних елементів та речовин, дана однорідність є посереднім доказом того, що свинець не використовується активно у життєдіяльності рослин. За результатами дослідження, що проводилося в середині ротації сівозміни, і, відповідно, за відмін в наборі культур із різною інтенсивністю поглинання даного елемента, стає очевидним, що на варіабельність показника Pb перебіг культур, а також надходження із мінеральними та органічними добривами впливає незначно.

Pb та Cd являють собою групу хімічних елементів, щодо корисної дії яких для рослин інформація на даний час вельми суперечлива, які при нестачі біофільних мікроелементів в певних умовах можуть нагромаджуватися у рослинах. Оскільки активного використання їх не відбувається, логічно було б очікувати однакових рівнів варіабельності. Однак, як ми можемо спостерігати, варіабельність кадмію дещо вища за таку свинцю. Це пояснюється тим, що іони кадмію є хімічним аналогом цинку у ґрунтовому розчині, й за його нестачі поглинаються рослинами. Зважаючи на це, дана ситуація посередньо вказує на деякий дефіцит доступних форм цинку в досліджуємому ґрунті.

Аналіз варіабельності показника Cu у 0–10 см шарі орного горизонту (табл. 3) вказує на досить широкий діапазон варіації від незначного (нижче 10 %) до

значного (вище 20 %). Найбільший середній показник варіації спостерігається по полю 6 (26,2 %), найменший – по полю 7 (10,1 %). Найбільший діапазон показника спостерігається по полю 3 (5,5–36,9 %), найменший – по полю 1 (12,0–35,2 %). Середній показник варіації по стаціонару складає 20,9 %, усереднений діапазон лежить в межах 8,3–34,7 %.

Таблиця 3. Варіабельність Си в орному шарі сірого лісового ґрунту, %

Шар ґрунту, см	Характер показника	Номер поля сівозміни								Середнє по агрофонах
		1	2	3	4	5	6	7	8	
0–10	min	12	7,2	5,5	6,8	8,2	13,8	3,7	9,2	8,3
	max	35,2	31,9	36,2	34,9	36,7	38,7	27,6	6,7	34,7
10–20	min	12,3	6,5	9,8	2,7	12,0	14,3	3,5	36,4	8,5
	max	34,1	33,9	35,3	27,9	36,8	34,7	16,5	33,8	31,6
0–10	середнє	22,8	20,3	22,3	17,2	24,9	26,2	10,1	23,2	20,9
10–20	середнє	23,3	17,2	22,2	14,9	25,3	27,2	8,4	21,6	20,0

Рівень варіабельності вмісту Си у 10–20 см шарі орного горизонту (табл. 3) приблизно повторює ситуацію, що склалась у 0–10 см шарі. Діапазон варіювання в середньому по стаціонару знаходиться в межах 8,5–31,6 % із середнім значенням у 20,0 %. Найнижчий середній показник варіації (8,4 %), так само, як і найменший діапазон показника (3,5–16,5 %) спостерігається по полю 7, найвищий – по полю 6 (27,2 %). Найбільший діапазон варіювання показників Си спостерігали по полю 2 (6,5–33,9 %).

Оскільки мідь є одним із біофільних елементів, необхідних для нормальної життєдіяльності та формування повноцінної біомаси рослин, очевидним є те, що на процеси її перерозподілу суттєво впливають культури сівозміни, адсорбційна здатність та реакція ґрунту [3].

Варіювання показників вмісту Zn у 0–10 см шарі ґрунту (табл. 4) лежить в широких межах – від незначного до значного. Найнижчий середній показник варіації (18,4 %), так само, як і найменший діапазон (4,8–36,5 %) спостерігали по полю 2, найбільший середній показник варіації – по полю 4 (35,1 %), а найвищий діапазон варіювання – по полю 1 (8,6–49,1 %).

Варіація показника вмісту цинку у 10–20 см шару ґрунту (табл. 4) також знаходиться в широких межах – від незначної до значної. Однак крайні показники дещо вищі, ніж у верхньому 0–10 см шарі ґрунту. Так найнижчий середній показник варіабельності (21,3 %) і найширший діапазон варіювання (1,7–40,6 %) спостерігали по полю 2. Найбільший середній показник варіації – по полю 3 (35,4 %), а значно менший діапазон варіювання – по полю 4 (21,1–43,7 %). Усереднений коефіцієнт варіації по стаціонару складає 30,7 %, а усереднений діапазон знаходиться в межах 13,8–45,8 %.

Таблиця 4. Варіабельність Zn у в орному шарі сірого лісового ґрунту, %

Шар ґрунту, см	Характер показника	Номер поля сівозміни								Середнє по агрофонах
		1	2	3	4	5	6	7	8	
0–10	min	8,6	4,8	11,8	17,0	10,0	5,5	15,6	10,0	10,4
	max	49,1	36,5	47,5	47,9	47,9	42,2	48,1	47,8	45,9
10–20	min	14,5	1,7	14,3	21,1	11,9	10,5	17,7	18,5	13,8
	max	44,9	40,5	45,9	43,7	46,1	47,7	48,8	48,8	45,8
0–10	середнє	31,7	18,4	27,6	35,1	26,8	27,3	32,2	32,3	28,9
10–20	середнє	33,2	21,3	35,4	30,2	30,6	28,8	32,3	34,1	30,7

Рухомі форми цинку, так само, як і міді, є вкрай необхідними для життєдіяльності рослин, а, враховуючи те, що їх варіабельність вище, ніж у міді, стає очевидним, що потреба рослин у цьому елементі вища. Цинк у ґрунті легко поглинається рослинами, нагромаджуючись, в основному, в зеленій масі [3].

Порівняльний аналіз варіабельності показників вмісту біофільних елементів (Cu, Zn) та забруднювачів (Cd, Pb) вказує, що однакові умови постановки досліду можуть давати неоднакові статистичні результати для певних груп досліджуваних факторів. В свою чергу, це вносить деякі корективи в поняття точності постановки досліду та оцінки варіаційної складової статистичної обробки отриманих результатів. Звісно, питання хибної постановки дослідження знімається автоматично, оскільки умови проведення досліджень однакові, а особливих умов проведення досліджень для певних груп елементів на даний час ніде не вказано, і при цьому висока варіабельність виявляється тільки щодо деяких з розглянутих факторів, а саме – біофільних елементах, споживання яких рослинами відбувається найбільш інтенсивно.

Оцінка варіабельності показників означених елементів у природних умовах (табл. 5) показала, що мінливість рухомих форм Cd, Pb та Cu є незначною. Варіабельність же цинку у верхньому орному шарі оцінюється як середня, а у нижньому – як значна. Варіабельність показників кадмію фактично не змінюється зі зміною шару локалізації.

Порівняльна оцінка рівня варіабельності показників ґрунтів природного зложення та агрофонів, виявила суттєву відмінність. Фактично, господарська діяльність людини суттєво (окрім кадмію, даний параметр зростає в 1,5–2 рази) збільшує варіабельність усіх елементів в орному шарі ґрунту.

На тлі отриманих даних з варіабельності показників вмісту Cu та Zn, нами було проведено розрахунки діапазонів значень порогової оціночної шкали. Дані перерахунки проводили у 3-х напрямках: щодо середніх значень варіювання, середніх мінімальних та середніх максимальних значень варіабельності, отриманих по стаціонару.

Таблиця 5. Порівняльна таблиця значень варіабельності мікроелементів в еталонних зразках ґрунту та середніх значень варіабельності агрофонів сірого лісового легкосуглинкового ґрунту, %

Шар ґрунту, см	Досліджуваний елемент							
	Cd		Pb		Cu		Zn	
	конт-роль	сер. по агро-фонах	конт-роль	сер. по агро-фонах	конт-роль	сер. по агро-фонах	конт-роль	сер. по агро-фонах
0–10	2,85	7,3	3,85	5,8	3,75	20,9	17,46	28,9
10–20	2,76	10,8	8,23	5,8	4,20	20,0	23,43	30,7

Розрахунки проводились саме для цих елементів, оскільки їх варіабельність демонструє високі значення.

Таблиця 6. Групування ґрунтів за вмістом рухомих форм міді, скореговане згідно з отриманими показниками середніх значень варіації (у 0–10 см шарі ґрунту), вилучених 1 N розчином HCl, мг/кг

Фон: O (3–5 мг/кг)	Номер групи і відповідний їй рівень забруднення													
	1 – слабкий (7 мг/кг)		2 – помірний (14 мг/кг)		3 – середній (21 мг/кг)		4 – підвищений (28 мг/кг)		5 – високий (35 мг/кг)		6 – дуже високий (42 мг/кг)			
Сер. (±20,9 %)	Сер. (±20,9 %)		Сер. (±20,9 %)		Сер. (±20,9 %)		Сер. (±20,9 %)		Сер. (±20,9 %)		Сер. (±20,9 %)			
2,37–3,96	3,63–6,05	5,54	8,46	11,07	16,93	16,61	25,39	22,15	33,85	27,69	42,32	33,22	50,78	
Сер. мін. (±8,3 %)	Сер. мін. (±8,3 %)		Сер. мін. (±8,3 %)		Сер. мін. (±8,3 %)		Сер. мін. (±8,3 %)		Сер. мін. (±8,3 %)		Сер. мін. (±8,3 %)			
2,75–4,59	3,25–5,42	6,42	7,58	12,84	15,16	19,26	22,74	25,68	30,32	32,10	37,91	38,51	45,49	
Сер. макс. (±34,7 %)	Сер. макс. (±34,7 %)		Сер. макс. (±34,7 %)		Сер. макс. (±34,7 %)		Сер. макс. (±34,7 %)		Сер. макс. (±34,7 %)		Сер. макс. (±34,7 %)			
1,96–3,27	4,04–6,74	4,57	9,43	9,14	18,86	13,71	28,29	18,28	37,72	22,86	47,15	27,43	56,57	

Примітка: темно-сірим кольором позначено значення шкали, де перетинання границь попередньої (наступної) категорії найбільш вірогідні

Представлені розрахунки порогової шкали (табл. 6) вказують на те, що за визначених рівнів варіабельності для 0–10 см шару ґрунту при оцінці рівнів вмісту рухомих форм міді вже починаючи зі слабого забруднення, можливе виникнення хибної інтерпретації отриманих результатів, оскільки за максимального рівня варіабельності граничні показники шкали можуть перетинати значення наступної категорії вже за слабого рівня забруднення. Зі збільшенням значень оціночної шкали дана тенденція набуває постійного характеру й, починаючи з 3 категорії, стає постійною. А з 5 категорії та ж сама тенденція спостерігається й за середніх значень

варіабельності.

Подібна ситуація спостерігається й у 10–20 см шарі ґрунту (табл. 7). Однак, оскільки варіабельність у цьому горизонті в цілому дещо менша, постійний характер тенденція перетинання границь суміжних категорій набуває з 4 категорії забруднення при максимальній середній варіабельності показника.

Таблиця 7. Групування ґрунтів за вмістом рухомих форм міді, скореговане згідно з отриманими показниками середніх значень варіації (у 10–20 см шарі ґрунту), вилучених 1 Н розчином HCl, мг/кг

Фон: О (3–5 мг/кг)	Номер групи і відповідний їй рівень забруднення												
	1 – слабкий (7 мг/кг)		– помірний (14 мг/кг)		3 – середній (21 мг/кг)		4 – підвищений (28 мг/кг)		5 – високий (35 мг/кг)		6 – дуже високий (42 мг/кг)		
Сер. (±20,0 %)	Сер. (±20,0 %)		Сер. (±20,0 %)		Сер. (±20,0 %)		Сер. (±20,0 %)		Сер. (±20,0 %)		Сер. (±20,0 %)		
2,40– 4,00	3,60– 6,00	5,60	8,40	11,20	16,80	16,80	25,20	22,40	33,60	28,00	42,00	33,60	50,40
Сер. мін. (±8,5 %)	Сер. мін. (±8,5 %)		Сер. мін. (±8,5 %)		Сер. мін. (±8,5 %)		Сер. мін. (±8,5 %)		Сер. мін. (±8,5 %)		Сер. мін. (±8,5 %)		
2,75– 4,58	3,26– 5,43	6,41	7,60	12,81	15,19	19,22	22,79	25,62	30,38	32,03	37,98	38,43	45,57
Сер. макс. (±31,6 %)	Сер. макс. (±31,6 %)		Сер. макс. (±31,6 %)		Сер. макс. (±31,6 %)		Сер. макс. (±31,6 %)		Сер. макс. (±31,6 %)		Сер. макс. (±31,6 %)		
2,05– 3,42	3,95– 6,58	4,79	9,21	9,58	18,42	14,36	27,64	19,15	36,85	23,94	46,06	28,73	55,27

Примітка: темно-сірим кольором позначено значення шкали, де перетинання границь попередньої (наступної) категорії найбільш вірогідні.

Ситуація (табл. 8) щодо перерахунку даних оціночної шкали для рухомих форм цинку у 0–10 см шарі ґрунту подібна до такої ж із рухомими формами міді. Однак варіабельність цинку на порядок вища і, відповідно, вірогідність суттєвих помилок при визначенні його вмісту зростає пропорційно. Так вже за слабого рівня забруднення можливі перетинання із категорією помірного забруднення навіть за середніх значень варіабельності. У подальшому ця ситуація набуває постійного характеру. За середнього рівня варіабельності – з 5-ої категорії забруднення; за усередненого максимального – з 4-ої категорії.

Таблиця 8. Групування ґрунтів за вмістом рухомих форм цинку, скореговане згідно з отриманими показниками середніх значень варіації (у 0–10 см шарі ґрунту), вилучених 1 Н розчином НСІ, мг/кг

Фон: О (5–10 мг/кг)		Номер групи і відповідний їй рівень забруднення											
		1 – слабкий (16 мг/кг)		2 – помірний (20 мг/кг)		3 – середній (40 мг/кг)		4 – підвищений (60 мг/кг)		5 – високий (80 мг/кг)		6 – дуже високий (100 мг/кг)	
Сер. (±28,9 %)		Сер. (±28,9 %)		Сер. (±28,9 %)		Сер. (±28,9 %)		Сер. (±28,9 %)		Сер. (±28,9 %)		Сер. (±28,9 %)	
3,6– 7,11	6,5– 12,89	11,4	20,6	14,2	25,8	28,4	51,6	42,66	77,34	56,88	103,12	71,1	128,9
Сер. мін. (±10,4 %)		Сер. мін. (±10, %)		Сер. мін. (±10,4 %)		Сер. мін. (±10,4 %)		Сер. мін. (±10,4 %)		Сер. мін. (±10,4 %)		Сер. мін. (±10,4 %)	
4,5– 8,96	5,5– 11,04	14,3	17,7	17,9	22,1	35,8	44,2	53,76	66,24	71,68	88,32	89,6	110,4
Сер. макс. (±45,9 %)		Сер. макс. (±45,9 %)		Сер. макс. (±45,9 %)		Сер. макс. (±45,9 %)		Сер. макс. (±45,9 %)		Сер. макс. (±45,9 %)		Сер. макс. (±45,9 %)	
2,7– 5,41	7,3– 14,59	14,3	23,3	10,8	29,2	21,6	58,4	32,46	87,54	43,28	116,72	54,1	145,9

Примітка: темно-сірим кольором позначено значення шкали, де перетинання границь попередньої (наступної) категорії найбільш вірогідні

Таблиця 9. Групування ґрунтів за вмістом рухомих форм цинку, скореговане згідно з отриманими показниками середніх значень варіації (у 10–20 см шарі ґрунту), вилучених 1 Н розчином НСІ, мг/кг

Фон О (5–10 мг/кг)		Номер групи і відповідний їй рівень забруднення											
		1 – слабкий (16 мг/кг)		2 – помірний (20 мг/кг)		3 – середній (40 мг/кг)		4 – під- вищений (60 мг/кг)		5 – високий (80 мг/кг)		6 – дуже високий (100 мг/кг)	
Сер. (±30,7 %)		Сер. (±30,7 %)		Сер. (±30,7 %)		Сер. (±30,7 %)		Сер. (±30,7 %)		Сер. (±30,7 %)		Сер. (±30,7 %)	
3,6– 7,1	6,5– 13,1	11,1	20,9	13,9	26,1	27,7	52,3	41,58	78,42	55,44	104,56	69,3	130,7
Сер. мін. (±13,8 %)		Сер. мін. (±13,8 %)		Сер. мін. (±13,8 %)		Сер. мін. (±13,8 %)		Сер. мін. (±13,8 %)		Сер. мін. (±13,8 %)		Сер. мін. (±13,8 %)	
4,5– 9,0	5,5– 11,0	13,8	18,2	17,2	22,8	34,5	45,5	51,72	68,28	68,96	91,04	86,2	113,8
Сер. макс. (±45,8 %)		Сер. макс. (±45,8 %)		Сер. макс. (±45,8 %)		Сер. макс. (±45,8 %)		Сер. макс. (±45,8 %)		Сер. макс. (±45,8 %)		Сер. макс. (±45,8 %)	
2,7– 5,4	7,3– 14,6	8,7	23,3	10,8	29,2	21,7	58,3	32,52	87,48	43,36	116,64	54,2	145,8

Примітка: темно-сірим кольором позначено значення шкали, де перетинання границь попередньої (наступної) категорії найбільш вірогідні

Варіабельність показників вмісту цинку у 10–20 см шарі ґрунту (табл. 9) деякою мірою вища за рівень верхнього шару. Із врахуванням цього,

перерахунок показників оціночної шкали виявив результати, подібні до отриманих у верхньому шарі, за винятком слабкого рівня забруднення, який за максимального рівня варіабельності показав вірогідність перетинання значень фонові групи та групи помірного забруднення.

Висновки

1. Варіабельність показників вмісту рухомих форм Cd, Pb та Cu, Zn в орному шарі ґрунту в середині ротаційного циклу суттєво зростає, по більшості елементів – в декілька разів.

2. За однакових умов дослідження варіабельність елементів-забруднювачів суттєво нижча за біофільні елементи й оцінюється як незначна (Pb), або незначна та частково середня (Cd).

3. Діапазон варіабельності біофільних елементів знаходиться в досить широких межах (від незначної до значної).

4. Враховуючи значення максимальних показників коефіцієнта варіації біофільних елементів, які для міді складають 38,7 % (у 0–10 см шарі ґрунту) та 36,8 % (у 10–20 см шарі ґрунту), а для цинку – 49,1 % (0–10 см) та 48,8 % (10–20 см) необхідна розробка принципово нових підходів та методів щодо оцінки вмісту біофільних мікроелементів у сірому лісовому ґрунті.

Перспективи подальших досліджень лежать в площині уточнення порогової шкали оцінювання вмісту мікроелементів та важких металів за результатами тканевої діагностики рослинних організмів.

Література

-
-
1. *Кисіль В.І.* Агрохімічні аспекти екологізації землеробства / *В.І. Кисіль.* – Харків : 13 типографія, 2005. – 167 с.
 2. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта / *Б.А. Доспехов.* – М. : ВО “Агропромиздат”, 1985. – 351 с.
 3. *Панас Р.М.* Основи моніторингу та прогнозування використання земель : навч. посібн. / *Р.М. Панас.* – Львів : Новий світ–2000, 2007. – 224 с.
 4. *Тараріко Ю.О.* Формирование устойчивых агроэкосистем / *Ю.О. Тараріко.* – К. : ДИА, 2007. – 560 с.
 5. *Медведєв В.В.* Імовірна природа ґрунтоутворення і її наслідки для ґрунто-генетичних досліджень і землеробської практики / *В.В. Медведєв* // Вісн. аграр. науки. – 2010. – № 11. – С. 9–13.
-
-