

**ПРОСТОРОВА ДИНАМІКА РУХОМИХ ФОРМ ЦИНКУ У ВЕРХНЬОМУ
ГОРИЗОНТІ ОРНОГО ШАРУ СІРОГО ЛІСОВОГО ЛЕГКОСУГЛИНКОВОГО
ҐРУНТУ В СЕРЕДИНІ РОТАЦІЇ СІВОЗМІНИ**

Наведені результати дисперсійного аналізу впливу факторів обробітку ґрунту, систем удобрення, сівозміни і встановлено переважний вплив фактора сівозміни на перерозподіл Zn у верхньому шарі орного горизонту. Досліджено вміст та просторову динаміку кількісних показників рухомих форм Zn в агробіоценозах 8-пільної сівозміни за різних прийомів основного обробітку та систем удобрення в середині ротації сівозмінного циклу.

Постановка проблеми

На сучасному етапі оптимізація живлення рослин переважно пов'язана з привнесенням у ґрунт значних норм мінеральних добрив. В свою чергу, підвищення ефективності добрив залежить від забезпечення рослин мікроелементами [1]. Як відомо, цинк є одним з біофільних елементів, необхідних для нормального розвитку рослин та формування повноцінних врожаїв. Однак, згідно з ГОСТ 17.4.1.02-83, даний елемент разом з миш'яком, кадмієм, ртуттю, селеном, свинцем та фтором віднесений до I класу небезпечності. Численні прогнози свідчать про можливе збільшення в найближчий час цих металів у ґрунтах сільськогосподарського призначення. А свідчення деяких авторів [2] переконливо вказують на негативний вплив ВМ на мікробіологічний стан ґрунту, навіть при дозах, нижчих за ГДК. Тому, з метою більш глибокого уявлення про джерела забруднення та особливості перерозподілу ВМ у сівозміні, виникла необхідність широкого їх вивчення в агроценозах. Так, поведінка цинку в середині ротації досліджена недостатньо, у зв'язку з чим наші дослідження стосовно рівнів вмісту рухомих форм цинку та факторів впливу на його перерозподіл у середині перебігу ротаційного циклу є актуальним питанням екологічної безпеки в агроценозах.

Аналіз останніх досліджень та постановка завдання

Слід зазначити, що в останній час проблемі перерозподілу важких металів у ґрунті під впливом технологічних прийомів приділяється значна увага. Зокрема встановлено, що вміст цинку у ґрунті залежить від материнської породи, кількості органічної речовини, реакції ґрунтового розчину. Запаси валових форм Zn у ґрунті змінюються від 5,5 до 132,5 мг/кг. Ґрунти України бідні на рухомі форми Zn і мають від слідів до 0,30 мг/кг сухого ґрунту [3]. Одним із шляхів надходження цинку до ґрунтового середовища є органічні та мінеральні добрива. Як зазначається дослідниками, довготривале і систематичне використання в сільськогосподарському виробництві мінеральних добрив – одне з безпосередніх джерел забруднення ґрунтів важкими металами (ВМ) [4]. Прогноз робили для умов найбільших екологічних ризиків, яким відповідає зона Полісся, що серед природно-кліматичних зон України характеризується найнижчим потенціалом стійкості природного середовища щодо техногенного навантаження і найвищим потенціалом екологічного ризику територій [5].

Об'єкт та методика досліджень

Об'єктом дослідження є сірий лісовий ґрунт, рівні вмісту рухомих форм цинку та фактори, що впливають на перерозподіл та локалізацію цього елемента у 0–10 см шарі ґрунту при різних агрофонах в довготривалому стаціонарному досліді.

Дослід "Вивчення ефективності заходів біологізації землеробства в умовах Правобережного Полісся України" був закладений у 1990 році на

території дослідного господарства „Україна” (Черняхівський район, Житомирська область, село Велика Горбаша) на сірих лісових легкосуглинкових ґрунтах. Схемою досліду передбачалось вивчення чотирьох рівнів живлення рослин: 1. 27,5 т/га гною (удобрення 1); 2. 23,4 т/га гною + N₂₉ (удобрення 2); 3. 18,8 т/га гною + N₂₈P₃₉K₄₃ (удобрення 3); 4. 11,2 т/га гною + N₅₈P₇₆K₈₆ (удобрення 4); 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.

Даним дослідом передбачалось вивчення питання біологізації систем удобрення шляхом поєднання органічної та мінеральної складових у різних співвідношеннях, при умові збереження балансу основних елементів живлення.

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 озими культури – дисковий обробіток на 10–12 см; під всі інші культури – плоскорізний – 18–20 см).

Відбір проб ґрунту на агрохімічний аналіз проводився у 2003 році методом конверту 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 методом атомно-адсорбційної спектрометрії з полум'яною атомізацією на атомному спектрографі ААС-115-М1. Оцінку отриманих даних проводили за багатоступеневою шкалою (табл. 1) [3].

Таблиця 1. Групування ґрунтів за вмістом рухомих форм цинку, вилучених 1 Н розчином HCl, мг/кг

Елемент	Фон: О	Номер групи і відповідний їй рівень забруднення					
		1 – слабкий	2 – помірний	3 – середній	4 – підвищений	5 – високий	6 – дуже високий
Цинк	5–10	16	20	40	60	80	100

Примітка: на рівні 1 і 2 груп відчутно страждає ґрунтова біота, пригнічується нітрифікаційна діяльність, ферментативна активність. Забрудненість на рівні 3 і 4 груп погіршує агрохімічні властивості ґрунту, порушує нормальну життєдіяльність і хімічний склад рослин. На ґрунтах 5 і 6 груп рослини гинуть, рослинна і тваринницька продукція непридатна для вживання, хімічний склад верхнього шару ґрунту змінюється до такого ступеня, що різко погіршуються всі агрохімічні властивості.

Для аналізу просторової динаміки цинку й оцінки факторів впливу на перерозподіл цього елемента в горизонті 0–10 см було застосовано двофакторний дисперсійний аналіз. У якості модельних було прийнято наступні фактори: сівозміни (обумовлює зміни в перерозподілі цинку, які пов'язані із впливом останньої культури сівозміни та сумарним перебігом

культур попередників), удобрення (зміни в перерозподілі цинку, які пов'язані із застосуванням чотирьох типів схем удобрення) та обробітку (зміни в перерозподілі цинку, які пов'язані із застосуванням чотирьох типів систем основного обробітку).

Для проведення статистичних досліджень використовувалась наступна модель:

$$S_{Zn} = f(p, o, y), \quad (1)$$

де S_{Zn} – концентрація цинку у ґрунті, мг/кг; p – фактор сівозміни; o – фактор обробітку; y – фактор удобрення.

Для адекватного проведення статистичних досліджень згідно з визначеною методикою в межах моделі (1) було виокремлено ряд наступних підсистем, в межах яких і було проведено дисперсійний аналіз: 1) $S_{Zn} = f(p = \text{const}, o, y)$; 2) $S_{Zn} = f(p, o = \text{const}, y)$; 3) $S_{Zn} = f(p, o, y = \text{const})$.

Результати досліджень

Проведений аналіз підсистеми $S_{Zn} = f(p = \text{const}, o, y)$ встановив (табл. 2), що фактор удобрення, із врахуванням оцінки значимості (P -значення при $\alpha = 0,05$, а також відношення F і F -критичне), виявив суттєвий вплив на перерозподіл цинку по полях 2, 5 (89,80–67,25 % відповідно).

Вплив фактора обробітку, із врахуванням оцінки значимості результатів, встановлений на полях 1 та 6 (49,00 та 51,54 % відповідно).

Таблиця 2. Результати дисперсійного аналізу системи $S_{Zn} = f(p = \text{const}, o, y)$

Фактор впливу	Номер поля стаціонару							
	1	2	3	4	5	6	7	8
удобрення	0,2709	0,8980	0,0248	0,1748	0,6725	0,1061	0,0184	0,2104
обробіток	0,4900	0,0343	0,4573	0,3539	0,0763	0,5154	0,2921	0,0049
похибка	0,2390	0,0677	0,5179	0,4713	0,2512	0,3785	0,6895	0,7847
Всього	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Примітка: сірим фоном виділені показники, що не відповідають обумовленому рівню значимості (P -значення при $\alpha = 0,05$, а також відношення F і F -критичне).

На інших полях дані фактори (удобрення і обробітку) впливу на перерозподіл цинку в досліджуваному горизонті не справляють (табл. 2). Доля сторонніх, не врахованих факторів (у тому числі і фактор сівозміни) становить 6,77–78,47 %.

Результати аналізу підсистеми $S_{Zn} = f(p, o = \text{const}, y)$ на просторову варіацію цинку представлено в табл. 3.

В даному варіанті моделі 1 фактор обробітку виявив незначний вплив на перерозподіл цинку за плоскорізного обробітку (11,30 %). Фактор сівозміни, навпаки, виявив суттєвий вплив на перерозподіл цинку по кожному з 4-х основних типів обробітку (54,20–85,41 %) і має найбільші значення за комбінованого, а найменші – за дискового обробітку.

Таблиця 3. Результати дисперсійного аналізу системи $S_{Zn} = f(p, o = \text{const}, y)$

Фактор впливу	Тип основного обробітку			
	оранка	плоскоріз	диски	комбінований
удобрення	0,0627	0,1130	0,0263	0,0264
сівозміна	0,7844	0,7521	0,5420	0,8541
похибка	0,1529	0,1350	0,4317	0,1195
Всього	1	1	1	1

Примітка: сірим фоном виділені показники, що не відповідають обумовленому рівню значимості (P -значення при $\alpha = 0,05$, а також відношення F і F -критичне).

Доля сторонніх, не врахованих факторів впливу на перерозподіл цинку по окремо взятих полях у горизонті 0–10 см лежить в межах 11,95–43,17 % (похибка).

Результати аналізу підсистеми $S_{Zn} = f(p, o, y = \text{const})$ представлено в табл. 4.

Таблиця 4. Результати дисперсійного аналізу системи $S_{Zn} = f(p, o, y = \text{const})$

Фактор впливу	Тип удобрення			
	удобрення 1 (27,5 т/га гною)	удобрення 2 (23,4 т/га гною + N_{29})	удобрення 3 (18,8 т/га гною + $N_{28}P_{39}K_{43}$)	удобрення 4 (11,2 т/га гною + $N_{58}P_{76}K_{86}$)
сівозміна	0,6369	0,6299	0,7055	0,7563
обробіток	0,0288	0,0346	0,0504	0,0722
похибка	0,3343	0,3354	0,2441	0,1715
Всього	1	1	1	1

Примітка: сірим фоном виділені показники, що не відповідають обумовленому рівню значимості (P -значення при $\alpha = 0,05$, а також відношення F і F -критичне).

При аналізі даної підсистеми моделі 1 фактор обробітку не виявив помітного впливу на перерозподіл цинку ні за одного з розглянутих способів удобрення.

Фактор сівозміни, навпаки, виявив суттєвий вплив по кожному з 4-х основних типів удобрення (62,99–75,63 %). Доля впливу цього фактора в цілому зростає із збільшенням мінеральної складової систем удобрення. Доля сторонніх факторів (похибка) складає 17,15–33,54 %.

При аналізі кількісного перерозподілу цинку в першу чергу привертає увагу той факт, що значення контрольного варіанта лежать у межах фонового діапазону значень цього елемента. Це означає, що у досліджуємому шарі ґрунту в природних умовах даний елемент знаходиться в достатніх для життєдіяльності рослин кількостях.

По окремо взятих полях стаціонару в середині перебігу ротаційного циклу спостерігається чітка розбіжність показників (рис. 1). Їх вміст по окремо взятих полях лежить у діапазоні від рівнів, нижчих за контрольні значення, до меж слабого забруднення.

Оскільки цинк є біофільним елементом, необхідним для формування врожаю, це свідчить про те, що основна маса цього елемента після надходження до ґрунту з добривами активно використовується рослинами.

Найбільшу цікавість викликає той факт, що під час перебігу ротації рівні вмісту цинку можуть коливатися в значних межах. Це свідчить про незбалансованість рівнів вмісту Zn в середині перебігу ротації сівозміни.

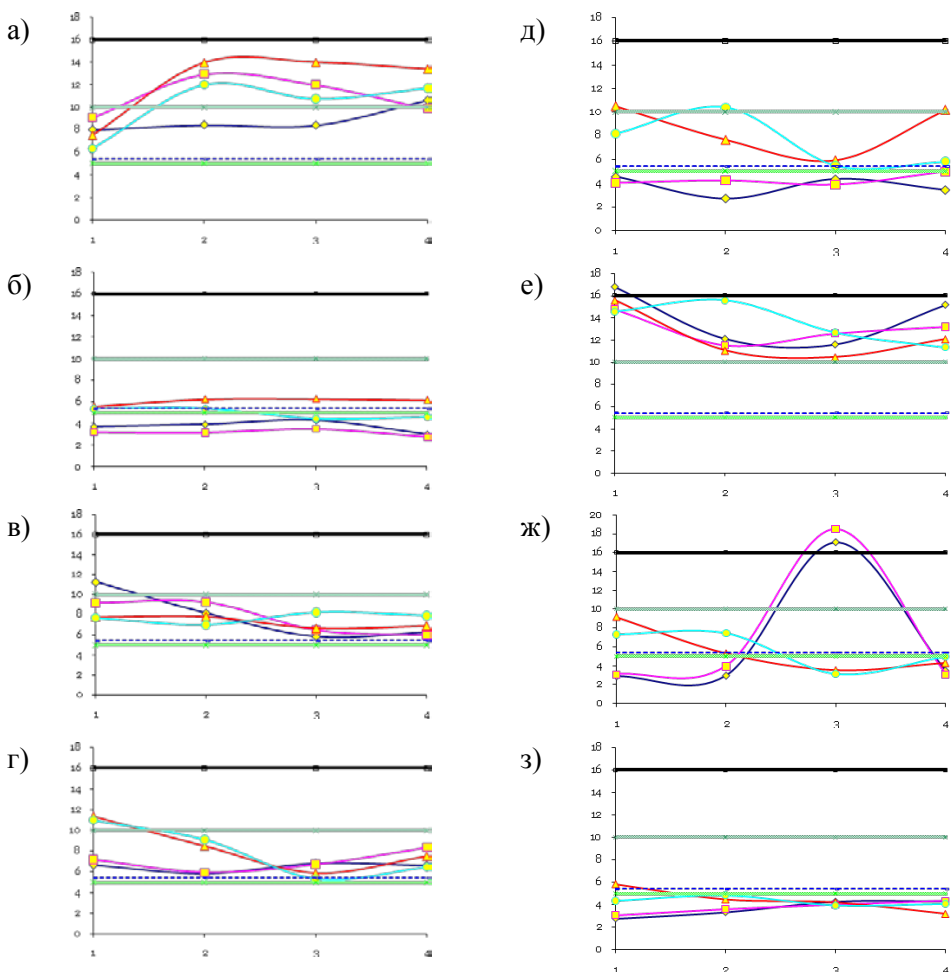


Рис. 1. Розподіл концентрацій цинку для різних систем обробітку залежно від поля сівозміни: а) поле №1; б) поле №2; в) поле №3; г) поле № 4; д) поле № 5; е) поле № 6; ж) поле № 7; з) поле № 8

По осі X відкладені номери обробітків, по осі Y – вміст цинку у ґрунті, мг/кг.

Варіанти удобрення:

—◆— удобрення 1; —■— удобрення 2; —▲— удобрення 3; —●— удобрення 4;
- - - контроль; —●— нижня границя фонової області; —●— верхня границя фонової області; —■— рівень слабого забруднення.

Його вміст по всіх агрофонах полів 1, 3, 4 лежить вище контролю, тобто спостерігається чітка тенденція щодо нагромадження. Дещо інша ситуація на полях 2, 5, 7. Певна частина агрофонів демонструє тенденцію до нагромадження, а друга частина вказує на винос цього елемента з досліджуваного шару ґрунту. Причому різниця між розглянутими агрофонами може бути досить значною (рис. 1ж). Окремо слід виділити поле № 8 (рис. 1з), вміст цинку на якому нижче не тільки контролю, але й нижньої границі фонові області, що є свідченням від'ємного балансу досліджуваного елемента.

Висновки

За результатами дисперсійного аналізу моделі $S_{Zn} = f(p, o, y)$ встановлено переважний вплив фактора сівозміни на перерозподіл цинку у верхньому шарі орного горизонту. Вплив основного обробітку та удобрення проявляється лише епізодично по окремо взятих полях.

Аналіз кількісного розподілу цинку між полями сівозміни в середині ротації показав розбіжність показників вмісту цього елемента між окремо взятими полями, що є свідченням активного використання його культивованими на даних полях рослинами.

Занепокоєння викликає той факт, що вміст показників по окремо взятих полях лежить у діапазоні від рівнів нестачі цього елемента до меж слабого забруднення. Це є свідченням незбалансованості вмісту рухомих форм цинку в середині перебігу ротації сівозміни.

Перспективи подальших досліджень зосереджені в напрямку перерозподілу рухомих форм цинку в нижньому шарі орного горизонту сірого лісового ґрунту.

Література

1. *Господаренко Г.М.* Фактори родючості ґрунту та їх ефективність / *Г.М. Господаренко* // Зб. наук. пр. УСГА. – Умань: Віпол, 1998. – С. 66–71.
2. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження / *К.І. Андреюк, Г.О. Іутинська, А.Ф. Антипчук* [та ін.] – К.: Обереги, 2001. – 240 с.
3. Якість ґрунтів та сучасні стратегії удобрення / за ред. *Д. Мельничука, Дж. Гофмана, М. Городнього*. – К.: Арістей, 2004. – 488 с.
4. Білан Ю.П. Вплив внесення добрив на вміст важких металів у лучно-чорноземному карбонатному ґрунті / *Ю.П. Білан, І.У. Марчук* // Екологічні проблеми регіонів України: збірник статей VI Всеукр. наук. конф. студ. та аспірантів. – Одеса, 2004. – С. 17–19.
5. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів: монографія / *В.П. Патики, Н.А. Макаренко, Л.І. Моклянчук* [та ін.]; за ред. *В.П. Патики*. – К.: Основа, 2005. – 300 с.
6. Методика суцільного ґрунтово-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України/ за ред. *О.О. Созінова, Б.С. Прістера*. – К., 1994. – 162 с.