

ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТІ ПІД ОЗИМОЮ ПШЕНИЦЕЮ ТА ЇЇ ПРОДУКТИВНІСТЬ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА СПОСОБІВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ

Наведено дані трирічних досліджень впливу застосування орґано-мінеральних систем удобрення з повною, половинною нормами мінеральних добрив та орґанічної на фоні полицевого та безполицевих способів основного обробітку ґрунту на вміст валових та рухомих форм Pb, Co, Cd та Cu в ґрунті та зерні озимої пшениці та на її урожайність.

Постановка проблеми

До факторів, які забруднюють навколишнє середовище, крім промислових викидів, пестицидів та ін. відносять і застосування мінеральних, орґанічних добрив та вапняних матеріалів. З одного боку, до складу добрив входять важкі метали, які потенційно здатні забруднювати ґрунт, рослини та ґрунтові води. З іншого – добрива, змінюючи агрохімічні властивості ґрунту, можуть впливати на рухомість важких металів у ньому та на їх надходження в рослини.

Вірогідність забруднення рослинної продукції важкими металами багато в чому визначається направленістю трансформації сполук елементів, що потрапляють у ґрунт, і, як наслідок, зміною ступеню доступності їх для корневих систем рослин.

Хімічне антропогенне забруднення довкілля часто призводить до залучення у біохімічні цикли великої кількості важких металів. Серед них і ті, що вивчались в наших дослідках – це свинець, кобальт, кадмій, мідь. Серед них особливо небезпечними є свинець, кадмій та їх сполуки [1, 3].

При свинцевому токсикозі в першу чергу уражаються органи кровотворення (анемія), нервова система і нирки. Доза свинцю, що дорівнює 100 мг/кг сухої маси корму, вважається летальною для тварин. Період біологічного напіврозпаду сполук свинцю складає декілька років. В той же час, свинець, як інші елементи, в певних дозах життєво необхідний живим організмам. Є багато повідомлень про стимулюючу дію деяких солей свинцю, зокрема Pb(NO₃) при низьких концентраціях, на ріст і розвиток живих організмів.

Кадмій у мізерних дозах також потрібний живим організмам. Наприклад, людина використовує від 4 до 84 мг кадмію на добу. Але при надлишковому надходженні кадмій є токсичним і викликає захворювання нирок, пошкоджує печінку, сприяє розвитку гіпертонії, масових кровотеч, а в підвищеній концентрації має канцерогенну дію на організм людей і тварин. Більшість хвороб, що провокує кадмій, такі як гіпертонія, ураження шкірних покривів, нервової системи, можна попередити, якщо використовувати препарати цинку.

Кадмій вважається токсичним елементом для рослин і основна причина його токсичності пов'язана з порушенням ензиматичної активності. Є відомості про гальмування утворення хлорофілу й антоціанів в рослинах, що оброблялись солями кадмію [2].

Кобальт є незамінним мікроелементом і завжди міститься в організмах рослин і тварин. В невеликих кількостях він стимулює найважливіші фізіологічні процеси (інтенсивність фотосинтезу, дихання, водний обмін та інше). Фізіологічно-біохімічне значення кобальту полягає в підвищенні активності різних ферментів, він є складовою частиною вітаміну В₁₂. Кобальт досить активно впливає на надходження в організм азотних речовин, збільшення вмісту хлорофілу й аскорбінової кислоти, активізує біосинтез і підвищує вміст білкового азоту в рослинах [6].

Мідь відіграє значну роль у деяких фізіологічних процесах – фотосинтезі, перерозподілі вуглеводів, відновленні та фіксації азоту, метаболізмі протеїнів. Забруднення супіщаного ґрунту міддю (понад 3 мг/кг) може призвести до пригнічення активності нітрифікуючих бактерій, тому мідь затримує мінералізацію азоту. Мідь у таких концентраціях може мати токсичну дію на рослини, особливо на легких й малогумусних ґрунтах пригнічує активність ферментів, змінює проникливість клітинних мембран, що призводить до їх розриву [4, 5].

Ці елементи здатні включатися до харчових ланцюгів, завдаючи значної шкоди ґрунту, рослинам, тваринам і людині.

Добрива як джерело живлення рослин і збільшення урожайності вивчені давно, а як фактор, що впливає на вміст важких металів у ґрунті і рослинах, особливо на Поліссі, досліджується порівняно недавно.

Завдання досліджень. Наші дослідження проводилися на сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті в стаціонарному досліді дослідного поля Державного агроєкологічного університету (Житомирська область, Черняхівський район), який був закладений в 1990 році. Ґрунт має низьку забезпеченість за гумусом (1,02–1,16%), азотом сполук, що легко гідролізуються (55–77 мг/кг), підвищений (135–148 мг/кг) вміст рухомого фосфору, середній (82–117 мг/кг) вміст обмінного калію.

Дію добрив на вміст важких металів вивчали під озимую пшеницею у польовій сівозміні на 8 полях на фоні основного обробітку ґрунту – оранки на глибину 20–22 см (контроль) та на безполицевих способах основного обробітку – плоскорізом на глибину 20–22 см та дискування на глибину 10–12 см.

В сівозміні застосовували три системи удобрення:

1. Традиційна, що базується на внесенні органічних та мінеральних добрив у повних нормах, які використовуються при вирощуванні піддослідних сільськогосподарських культур в Поліссі (з 2000 р. насиченість 1 га площі сівозміни гноєм складала 6,2 т/га, мінеральними добривами – 156 кг/га NPK – контроль).

2. Система удобрення, що базується на внесенні підвищених норм гною (12,5 т/га) та половинних норм мінеральних добрив.

3. Система удобрення, що базується на внесенні у сівозміні лише органічних добрив (20т/га).

Норми добрив під озиму пшеницю складала: 1 варіант (контроль) – $N_{90}P_{60}K_{70}$; 2 варіант – 30 т/га гною + $N_{45}P_{30}K_{35}$; 3 варіант – 50 т/га гною.

Попередник – багаторічні бобово-злакові трави 2 року використання. Дослід розміщували таким чином: на 3 способи основного обробітку наклали 3 системи удобрення.

Дослідження проводилися на фоні інтегрованого захисту рослин від шкідливих організмів. На початку виходу рослин у трубку використовували суміш препаратів: 25 г/га гранстару, 0,2 кг/га альто та 50 г/га біоміксу. Повторність в досліді – 3-разова, облікова площа ділянки 60 м². Сорт озимої пшениці Миронівська 61.

Об'єкти досліджень. Валові і рухомі форми важких металів у ґрунті та в зерні озимої пшениці.

Результати досліджень

Визначення вмісту важких металів у ґрунті після збирання озимої пшениці свідчать, що фактори, які вивчалися, на їх вміст суттєво не вплинули.

Валовий вміст важких металів на варіантах з різними системами удобрення та способами обробітку ґрунту в шарі 0–20 см знаходився в межах: свинець 8,1–9,6; кобальт 5,01–5,35; кадмій 0,28–0,36; мідь 8,10–8,85 мг/кг ґрунту, рухомих форм – свинець 0,54–0,75; кобальт 0,88–1,12; кадмій 0,033–0,039; мідь 1,41–1,76 (табл. 1).

Найвища утримуюча здатність сірого опідзоленого ґрунту щодо таких важких металів як мідь та кадмій, проявилася на органічній системі удобрення, що пояснюється більшою ємністю поглинання та зменшенням кислотності ґрунту при впровадженні цієї системи удобрення в сівозміні. Валовий вміст свинцю дещо вищий на органо-мінеральній системі удобрення з повними нормами туків.

Таблиця 1. Вміст важких металів у сірому лісовому ґрунті під озимую пшеницею в шарі 0–20 см залежно від системи удобрення та способу основного обробітку ґрунту (середнє за три роки)

Варіант			Вміст форм металів, мг/кг								Коефіцієнт рухомості, %			
обро-бітку	системи удобрення	норма добрив під озимю пшеницею	Pb		Co		Cd		Cu		Pb	Co	Cd	Cu
в сівозміні			валових	рухомих	валових	рухомих	валових	рухомих	валових	рухомих				
Оранка на глибину 20–22 см (контроль)	органомінеральна з повною нормою НРК	N ₉₀ P ₆₀ K ₇₀ (контроль)	9,6	0,75	5,10	1,12	0,29	0,033	8,35	1,60	7,8	22,0	11,3	19,2
	органомінеральна з половинною нормою НРК	30 т/га гною + N ₄₅ P ₃₀ K ₃₅	8,4	0,68	5,06	1,12	0,32	0,036	8,45	1,54	8,1	22,1	11,2	18,2
	органічна	50 т/га гною	8,1	0,63	5,35	0,98	0,31	0,036	8,85	1,57	7,8	18,3	10,1	17,7
Обробіток плоскорізом на глибину 20–22 см	органомінеральна з повною нормою НРК	N ₉₀ P ₆₀ K ₇₀ (контроль)	9,6	0,74	5,16	1,04	0,33	0,038	8,20	1,76	7,7	20,1	11,5	21,5
	органомінеральна з половинною нормою НРК	30 т/га гною + N ₄₅ P ₃₀ K ₃₅	8,6	0,63	5,35	0,99	0,30	0,036	8,45	1,57	7,3	18,5	12,0	18,6
	органічна	50 т/га гною	8,1	0,54	5,01	0,88	0,36	0,030	8,45	1,36	6,7	17,6	8,3	16,1
Дискування на глибину 10–12 см	органомінеральна з повною нормою НРК	N ₉₀ P ₆₀ K ₇₀ (контроль)	9,5	0,75	5,20	1,06	0,28	0,039	8,10	1,76	7,7	20,4	13,9	21,7
	органомінеральна з половинною нормою НРК	30 т/га гною + N ₄₅ P ₃₀ K ₃₅	8,8	0,65	5,18	0,98	0,32	0,034	8,55	1,56	7,4	18,9	10,6	18,2
	органічна	50 т/га гною	8,6	0,59	5,42	0,94	0,32	0,028	8,80	1,41	6,9	17,3	8,8	16,0
	ГДК		32	20	50	5	3,0	0,7	55	3				
НІР ₀₅		1,73	0,09	0,07	0,04	0,03	0,04	0,07	0,07					

У зв'язку з блокуючою дією на рухомість важких металів органічних добрив та підкислюючою дією фізіологічно кислих азотно-калійних на варіантах з використанням органо-мінеральної системи удобрення з повними нормами мінеральних добрив та повною нормою мінеральних добрив під озиму пшеницю спостерігається тенденція до накопичення в ґрунті рухомих форм.

Рухомість, а отже і доступність важких металів для рослин, як відомо, залежить, головним чином, від вмісту органічної речовини в ґрунті та реакції ґрунтового розчину. Чим більше в ґрунті гумусу, тим нижча рухомість важких металів і чим вища кислотність ґрунту, тим більша доступність важких металів для рослин.

У наших дослідях найвища рухомість свинцю, кадмію, кобальту та міді проявляється на варіантах, де у сівозмінах застосовували органо-мінеральну систему удобрення з повними та половинними нормами мінеральних добрив, під озиму пшеницю повну норму мінеральних добрив та сумісне внесення гною з половинною нормою NPK. Так, якщо на цих варіантах на оранці в шарі 0–20 см рухомість свинцю становила 7,8–8,1 %, кобальту 22,0–22,1 %, кадмію 11,3–11,2 %, міді 19,2–18,2 %, то при внесенні органічних добрив відповідно 7,8; 18,3; 10,1; 17,7 %.

Різні способи основного обробітку ґрунту на рухомість важких металів істотно не вплинули, проте у зв'язку з деяким підвищенням вмісту гумусу в орному шарі на органічній системі удобрення на варіантах з безполіцевими обробітками рухомість свинцю зменшується до 6,7–6,9, кобальту – до 17,6–17,3, кадмію – до 8,3–8,8 та міді до 16,1–16,0 %.

В цілому слід відмітити, що при насиченості сівозміни органічними (6,2–20 т/га) і мінеральними (156–78 кг/га д.р.) добривами вміст важких металів у ґрунті під озимую пшеницею не перевищував гранично допустимих меж.

Щодо урожайності зерна озимої пшениці, то за три роки другої ротації сівозміни, ефективність органо-мінеральної системи удобрення з половинними нормами мінеральних добрив на всіх способах основного обробітку не поступається дії органо-мінеральній системі удобрення з повними нормами NPK (табл. 2). Урожайність складає на оранці відповідно: 45,5 та 45,8, на обробітку плоскорізом 47,7 та 45,8 і при дискуванні 44,8 та 45,7 ц/га. Найнижча врожайність зерна озимої пшениці – 35,4–41,4 ц/га відзначена на всіх способах основного обробітку ґрунту, особливо на безполіцевих, на органічній системі удобрення, де спостерігається зменшення продуктивності озимої пшениці на 8,4–10,3 ц/га у порівнянні з повною нормою NPK. Це більш за все пов'язано з тим, що біологічний потенціал озимої пшениці використовується не повністю внаслідок гіршої забезпеченості рослини доступними елементами живлення, особливо азотом на головних етапах органогенезу озимої пшениці.

Що стосується способів обробітку ґрунту то при застосуванні в сівозміні органо-мінеральної системи удобрення з повною та половинною

нормами мінеральних добрив на безполицевих способах обробітку урожайність зерна була такою ж, як і на оранці, а на органічній системі удобрення на 4,0–6,0 ц/га менша.

Таблиця 2. Продуктивність та якість зерна озимої пшениці залежно від системи удобрення та способу основного обробітку ґрунту

Варіанти		Урожайність, ц/га				± до контролю		Маса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Сира клейковина, %
обробітку	системи удобрення	2000 р.	2001 р.	2002 р.	середнє	повної норми NPK	оранки			
Оранка на глибину 20–22 см (контроль)	органомінеральна з повною нормою NPK	52,6	38,8	46,1	45,8	-	-	41,9	756	27,9
	органомінеральна з половиною нормою NPK	47,8	40,2	48,4	45,5	-0,3	-	42,1	761	26,9
	органічна	41,0	37,8	45,3	41,4	-4,4	-	43,4	763	22,7
Обробіток плоско-різом на глибину 20–22 см	органомінеральна з повною нормою NPK	52,3	39,0	46,1	45,8	-	0	41,7	753	28,4
	органомінеральна з половиною нормою NPK	55,8	39,3	48,1	47,7	1,9	2,2	42,2	757	27,7
	органічна	38,5	36,5	37,1	37,4	-8,4	-4,0	44,0	769	23,4
Дискування на глибину 10–12 см	органомінеральна з повною нормою NPK	53,7	36,7	46,8	45,7	-	-0,1	41,2	756	28,0
	органомінеральна з половиною нормою NPK	53,4	36,0	44,9	44,8	-0,9	-0,7	42,3	760	27,2
	органічна	38,7	35,2	32,4	35,4	-10,3	-6,0	42,9	762	23,2

Аналізуючи показники якості бачимо, що маса 1000 зерна, натура зерна на всіх способах обробітку ґрунту вища на органічній системі удобрення, що пов'язано зі зрідженістю стеблостою, меншою кількістю зерен у колосі та більшою їх виповненістю.

Вміст сирієї клейковини вищий при застосуванні органічно-мінеральної системи удобрення з повними та половиною нормами NPK в сівозміні та повної і половиною норми добрив під озиму пшеницю.

Способи основного обробітку на показники якості зерна на рівноцінно удобрених варіантах впливали майже однаково.

Щодо вмісту важких металів у зерні озимої пшениці, то при вирощуванні її на варіантах з використанням органічної та органо-мінеральної системи удобрення з половинною нормою туків порівняно з контролем вміст (за виключенням міді) зменшився: на оранці свинцю на 0,062–0,191 мг/кг, кобальту – на 0,11–0,16 мг/кг, кадмію на 0,004–0,01 мг/кг. На безполіцевих способах основного обробітку ґрунту це зменшення сягало відповідно 0,066–0,187 мг/кг, 0,12–0,27 мг/кг, та 0,04–0,13 мг/кг (табл. 3).

Таблиця 3. Вміст важких металів у зерні озимої пшениці та коефіцієнт їх накопичення залежно від системи удобрення та способу основного обробітку ґрунту (середнє за три роки)

Варіанти		Вміст важких металів, мг/кг				Коефіцієнт біологічного накопичення (КБП)			
обробітку	системи удобрення	Pb	Co	Cd	Cu	Pb	Co	Cd	Cu
Оранка на глибину 20–22 см (контроль)	органомінеральна з повною нормою NPK	0,256	0,42	0,018	2,20	0,028	0,082	0,062	0,26
	органомінеральна з половинною нормою NPK	0,194	0,30	0,014	2,20	0,023	0,061	0,044	0,26
	органічна	0,067	0,24	0,008	2,90	0,008	0,045	0,026	0,33
Обробіток плоскорізом на глибину 20–22 см	органомінеральна з повною нормою NPK	0,269	0,45	0,023	2,70	0,028	0,087	0,070	0,33
	органомінеральна з половинною нормою NPK	0,203	0,33	0,019	2,65	0,024	0,062	0,062	0,31
Дискування на глибину 10–12 см	органічна	0,082	0,21	0,010	3,25	0,010	0,042	0,028	0,38
	органомінеральна з повною нормою NPK	0,278	0,46	0,022	2,25	0,029	0,088	0,066	0,28
	органомінеральна з половинною нормою NPK	0,208	0,28	0,018	2,45	0,024	0,054	0,057	0,29
ГДК	органічна	0,094	0,19	0,012	3,45	0,011	0,035	0,038	0,39
		0,3	1,0	0,03	10				

На накопичення важких металів у зерні озимої пшениці вплинули й способи обробітку ґрунту. За всіх систем удобрення при проведенні

безполицевого обробітку ґрунту вміст важких металів у зерні підвищувався. Вміст свинцю, кобальту, міді найбільших величин досягав при проведенні дискування, кадмію – при проведенні обробітку плоскорізом. Головна причина – це підкислення ґрунту та збільшення внаслідок цього рухомості важких металів.

Дані коефіцієнта біологічного накопичення (КБП) важких металів у системі, “рослина–ґрунт” свідчать, що застосування органічної та органо-мінеральної з половинною нормою туків систем удобрення в сівозміні перевищує традиційну щодо зниження надходження свинцю, кобальту, кадмію і поступається таким щодо міді. Проявляється тенденція збільшення поглинання важких металів зерном на безполицевих способах основного обробітку ґрунту.

У всіх варіантах зерно відповідало санітарно-гігієнічним нормам.

Висновок

Отже, слід констатувати що критичного рівня вмісту важких металів як в ґрунті, так і в зерні озимої пшениці за вивчених систем удобрення в сівозміні і способів основного обробітку ґрунту не виявлено.

Найкращі умови мінерального живлення озимої пшениці після багаторічних бобово-злакових трав третього року життя на всіх способах основного обробітку ґрунту склалися при застосуванні в сівозміні органо-мінеральної системи удобрення з повними та половинними нормами мінеральних добрив.

Література

1. *Гаврилов В. П., Кисіль В. І., Дикач Л. О.* До питання надходження в ґрунт екзогенних хімічних елементів // Тези доповіді IV з'їзду ґрунтознавців і агрохіміків України. – Харків, 1994.
2. *Глуценко Н. М.* Вплив застосування добрив у сівозміні на вміст важких металів у системі ґрунт–рослина // Вісник аграрної науки. – 1997. – № 12.
3. *Захист ґрунту від важких металів та отрутохімікатів // Тематична добірка інформаційних матеріалів. Тема 8, 15. – К., 1997.*
4. *Кисель В. Г., Жеребная Л. А.* Влияние минеральных удобрений на накопление тяжелых металлов в растениеводческой продукции // Вісник аграрної науки. – 2001. – № 2.
5. *Коротков А. А., Бурматов И. М., Филінченкова Г. И.* Влияние внесения минеральных удобрений на накопление в почвах и растениях тяжелых металлов // Агрехимия. – 1994. – № 10.
6. *Ладонин В. Г.* Влияние комплексного применения средств химизации на содержание тяжелых металлов в почве и растениях // Химия в сельском хозяйстве. – 1995. – № 4.