

**ВПЛИВ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ НА ДИНАМІКУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У
ЛАНЦЮГУ ҐРУНТ–РОСЛИНА**

У статті викладені результати визначення вмісту рухомих форм важких металів у органічних, мінеральних та в нових органо-мінеральних промислових добривах, ґрунті перед початком та в кінці вегетації кукурудзи та винос важких металів: кадмію, свинцю, міді та цинку з урожаєм зеленої маси кукурудзи в залежності від різних систем удобрення.

Постановка проблеми

Високий рівень техногенного навантаження на агроландшафти в останні роки призводить до підвищеного рівня забруднення їх важкими металами, які відносяться до найбільш шкідливих для навколишнього середовища хімічних забруднювальних речовин. Важкі метали передаються по трофічних ланцюгах з вираженим кумулятивним ефектом, у зв'язку з чим токсичність їх може проявлятися раптово на окремих ланках трофічних ланцюгів.

У ґрунті важкі метали можуть зберігатись тривалий час. Надходячи з ґрунту в рослини і далі в організм тварини і людини, можуть викликати в них різні захворювання. У зв'язку з цим ведення землеробства на забруднених важкими металами ґрунтах є одним з актуальних питань для агроекологів. Забруднені важкими металами ґрунти потребують спеціальних засобів з детоксикації ґрунту, що могли б недопустити надходження їх у рослинницьку продукцію. Виходячи з цього, дослідження токсичного впливу важких металів на природну систему ґрунт-рослина і розробка заходів з детоксикації ґрунту є актуальними.

Найбільш доступною, екологічно безпечною та економічно вигідною є біологізація землеробства, при якій збільшення органічної маси в системі удобрення дозволяє розрідити концентрацію важких металів у ґрунті. У той же час з використанням великої кількості органічних, вапнякових та мінеральних добрив, які є базою для збільшення виробництва сільськогосподарської продукції, у значній кількості вносяться і токсичні метали.

Тому при розробці заходів для зниження негативної дії важких металів на лагцюг ґрунт-рослина необхідно вивчати дію різних співвідношень органічних, мінеральних добрив та меліорантів у системах удобрення.

Аналіз останніх досліджень

Дерново-підзолисті ґрунти Поліської зони Житомирщини (за даними центру Облдержзродючість) за результатами 8 туру паспортизації мають низький 1,1–1,3 % вміст гумусу, основних елементів живлення: азоту (гідролізованого) – 65–102, рухомих форм фосфору – 80–90 та калію – 70–80 мг/кг ґрунту, що не забезпечує вагомих врожаїв сільськогосподарських культур. Поряд з цим, у ґрунтах Поліської зони важкі метали містяться в незначних кількостях: свинцю – 2,5–5,0 мг/кг, кадмію – 0,15–0,30, міді – 0,50–0,70, цинку – 0,3–0,6 мг/кг ґрунту.

Техногенне навантаження на ґрунт у зоні Полісся (викиди промислових підприємств, транспорту та т.п.) в окремих місцях підвищують вміст особливо токсичних важких металів: кадмію та свинцю

в ґрунті. Натомість мідь, молібден, цинк є мікроелементами, необхідними для росту і розвитку рослин, їх у ґрунті надзвичайно мало, що і вимагає додаткового їх внесення у вигляді мікродобрив.

Для отримання високих урожаїв сільськогосподарських культур господарства Полісся вносять 20–60 т/га підстилкового гною, 2–3 ц/га азотних, 2–5 ц/га фосфорних та 2–6 ц/га калійних добрив. З цими добривами в ґрунт вноситься і значна кількість важких металів. Так, за даними Л.І. Акенієвої [1] в 1 т підстилкового гною міститься 24–25 г цинку, 0,25–0,30 г кобальту, 3,5–4,5 г міді, 5–6,6 г свинцю. За даними Р.А. Залевського [2] при внесенні за ротацію (8 років) 220 т підстилкового гною у ґрунт надходить 15,4 г кадмію, 308,0 г свинцю, 1694,0 г міді та 8624,0 г цинку, всього – 10641,4 г або 0,013 мг/кг кадмію, 0,26 свинцю, 1,4 міді та 7,2 мг/кг цинку, що складає всього 8,9 мг важких металів на 1 кг ґрунту, що перевищує природний вміст важких металів (5,1 мг/кг) у 1,7 раза.

Внесення такої кількості важких металів разом з добривами за 2–3 ротації сівозміни може перевищити гранично-допустимі концентрації цих елементів у ґрунті [3], і тим самим перевести категорію ґрунту за ступенем забруднення важкими металами з допустимої – першої у другу – помірно небезпечну. Більш високе навантаження важких металів на ґрунт у третю, найбільш небезпечну категорію, при якій використовувати ґрунт можна буде тільки під технічні культури.

Мета дослідження – вивчити вплив різних систем удобрення дерново-підзолистого супіщаного ґрунту на вміст важких металів у ґрунті та рослинах за різних систем удобрення.

Об'єкт дослідження – динаміка вмісту важких металів у ґрунті та в рослинах кукурудзи за різних систем удобрення.

Предмет дослідження – дерново-підзолистий ґрунт, органічні, мінеральні та нові промислові добрива, важкі метали у ґрунті та рослинах.

Методика досліджень

Дослід закладений у 2005 році на дослідному полі Інституту сільського господарства Полісся, що знаходиться в с. Грозино Коростенського району Житомирської області, на дерново-підзолистому ґрунті. Схемою досліду передбачалось вивчення впливу 8 різних варіантів системи удобрення (табл. 1) на вміст важких металів у ґрунті та рослинах в 4-пільній сівозміні з наступним чергуванням культур: кукурудзи, ячменю, вівса+пелюшки, оз. пшениці.

Таблиця 1. Схеми внесення добрив у сівозміні (середнє за 2006–2008 роки)

№ вар.	Варіанти системи удобрення	Внесено добрив у сівозміні під культуру на 1 га				Всього внесено добрив	Внесено добрив у фізичній вазі на 1 га за ротацию
		кукурудза	ячмінь	овес + пелюшка	оз. пшениця	НРК, кг д.р.	
1.	Без добрив (контроль)	-	-	-	-	-	-
2.	Загально-прийнята система удобрення	20 т/га гною+N ₅₀ P ₄₀ K ₅₀	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	N ₃₅ P ₄₅ K ₄₅	N ₆₀ P ₄₅ K ₆₀	N ₂₈₀ P ₂₃₀ K ₂₈₀	1. Підст. гній- 20т 2. N _{ам.сел.} - 5,6ц 3. P _{суперфос.} - 9ц 4. K _{хл.калій} - 3,3ц
3.	Біологічна система удобрення	20 т/га гною+солома а+ сидерат+ стимулятор росту	стимулятор росту	солома+сидерат+ стимулятор росту	солома +N ₃₀ +стимулятор росту	N ₂₈₀ P ₂₃₀ K ₂₈₀	1. Підст. гній- 20т 2. N _{ам.сел.} - 1ц 3. P _{суперфос.} - 4. K _{хл.калій} -
4.	Органо-мінеральна система удобрення з елементами біологізації	20 т/га гною+солома а+ сидерат	P ₄₅ K ₄₅	солома + сидерат +P ₇₀ K ₄₅	солома+ N ₃₀ P ₄₀ K ₄₅	N ₂₈₀ P ₂₃₀ K ₂₈₀	1. Підст. гній- 20т 2. N _{ам.сел.} - 1ц 3. P _{суперфос.} - 8ц 4. K _{хл.калій} - 2,3ц
5.	Мінеральна система удобрення	N ₁₀₀ P ₈₀ K ₁₀₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₄₀ P ₄₀ K ₅₀	N ₈₀ P ₅₀ K ₇₀	N ₂₈₀ P ₂₃₀ K ₂₈₀	1. Підст. гній - 2. N _{ам.сел.} - 8ц 3. P _{суперфос.} - 11,5ц 4. K _{хл.калій} - 4,7ц
6.	Система удобрення з елементами біологізації	10 т/га гною+солома а+ сидерат	N ₃₀ P ₆₅ K ₆₀	солома + сидерат +P ₅₅ K ₅₅	солома+ N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	N ₂₈₀ P ₂₃₀ K ₂₈₀	1. Підст. гній- 10т 2. N _{ам.сел.} - 2ц 3. P _{суперфос.} - 9ц 4. K _{хл.калій} - 3ц
7.	Органо-мінеральна система удобрення екв. вар.5 (Екобіом)	3300 кг/га + P ₃₀ K ₃₀	2000 кг/га + P ₃₀ K ₂₀	1400 кг/га +P ₂₀ K ₂₀	2650 кг/га +P ₁₀ K ₁₅	N ₂₈₀ P ₂₃₀ K ₂₈₀	1. Екобіом- 9350кг 2. N _{ам.сел.} - 3. P _{суперфос.} - 4ц 4. K _{хл.калій} - 1,4ц
8.	Органо-мінеральна система удобрення екв. вар.5 (Агровіт-Кор)	4000 кг/га + P ₁₀ K ₂₅	2400 кг/га + P ₁₅ K ₁₅	1700кг/га + P ₁₀ K ₂₀	2800 кг/га + N ₁₀ K ₁₀	N ₂₈₀ P ₂₃₀ K ₂₈₀	1. Агровіт-Кор- 10900кг 2. N _{ам.сел.} - 0,3ц 3. P _{суперфос.} - 1,8ц 4. K _{хл.калій} - 1,2ц

Примітка:

1. У зв'язку з тим, що з соломкою і сидератом повертаються всі елементи, що винесені з ґрунту, їх в розрахунках елементів живлення і важких металів не враховували.

2. Вміст в Екобіомі: N – 3,02, P₂O₅ – 1,53, K₂O – 2,06 %; в Агровіт-Корі: N – 2,5, P₂O₅ – 1,8, K₂O – 1,9 %.

За нашим визначенням агрохімічна характеристика орного шару ґрунту (0–20) на період закладання дослідів була наступною: рН сольове потенціометрично – 5,4–5,8, вміст гумусу за Тюрнімом – 0,9 % , легкогідролізуємий азот за Корнфілдом – 73–95, рухомий фосфор за Кірсановим – 94–110 , обмінний калій за Кірсановим – 51–68 мг на 1кг ґрунту; вміст рухомих форм важких металів за атомно-абсорбційним методом: Cd – 0,28 , Pb – 4,4 , Cu – 0,54 та Zn – 0,48 мг на 1кг ґрунту.

У досліді застосовували загальноприйнятту агротехніку вирощування сільськогосподарських культур. Гній вносили восени під оранку, органіно-мінеральні та мінеральні добрива – весною під культивування згідно зі схемою дослідів. Солону заорювали після збирання попередника з розрахунку 4 т/га з компенсацією азоту 10 кг на кожну тунну. В якості сидерату використовували зелену масу пелюшко-вівсяної суміші (сіяли на початку серпня), врожай якої становив 75–80 ц/га.

Результати досліджень

Підрахунки показали, що з внесенням органічних та мінеральних добрив за різних систем удобрення в ґрунт вносяться різні кількості важких металів (табл.2).

Таблиця 2. Надходження в ґрунт важких металів за ротацію при різних системах удобрення в короткоротаційній сівозміні

№ вар.	Варіанти системи удобрення	Добрив у фізичній вазі, ц	Внесено важких металів за видами добрив						
			важкі метали	всього, г/га	в т.ч. за видами добрив				
					підстилковий гній		мінеральні добрива, г/га	екобіом, г/га	агровіт-Кор, г/га
г	%	8	9	10					
1.	Без добрив (контроль)	- - - -	Cd Pb Cu Zn Всього	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
2.	Загальноприйнята система удобрення	1. Підст. гній-20 т 2. N _{ам.сел.} – 5,6 ц 3. P _{суперфос.} – 9 ц 4. K _{кл. калій} – 3,3 ц	Cd Pb Cu Zn Всього	1,7 50,8 185,6 796,3 1034,4	1,4 28,0 154,0 784,0 967,4	82,4 55,1 83,0 98,4 93,5	0,3 22,8 31,6 12,3 67,0	- - - - -	- - - - -

продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.	Біологічна система удобрення	1. Підст. гній- 20 т 2. N _{ам.сел.} – 1 ц 3. P _{суперфос} – 4. K _{кл.калій} –	Cd Pb Cu Zn Всього	1,4 28,007 154,02 784,02 967,447	1,4 28,0 154,0 784 967,4	100 99,98 99,98 99,99 99,995	- 0,007 0,02 0,02 0,047	- - - - -	- - - - -
4.	Органо-мінеральна система удобрення з елементами біологізації	1. Підст. гній- 20 т 2. N _{ам.сел.} – 1 ц 3. P _{суперфос} – 8 ц 4. K _{кл.калій} – 2,3 ц	Cd Pb Cu Zn Всього	1,64 47,84 181,38 794,66 1025,53	1,4 28,0 154,0 784,0 967,4	85,4 58,5 84,9 98,7 94,3	0,24 19,84 27,38 10,66 58,13	- - - - -	- - - - -
5.	Мінеральна система удобрення	1. Підст. гній – 2. N _{ам.сел.} – 8 ц 3. P _{суперфос} – 11,5 ц 4. K _{кл.калій} – 4,7 ц	Cd Pb Cu Zn Всього	0,38 29,58 40,80 15,92 86,68	- - - - -	- - - - -	0,38 29,58 40,80 15,92 86,68	- - - - -	- - - - -
6.	Система удобрення з елементами біологізації	1. Підст. гній- 10т 2. N _{ам.сел.} – 2ц 3. P _{суперфос} – 9 ц 4. K _{кл.калій} – 3 ц	Cd Pb Cu Zn Всього	0,98 36,52 108,24 404,16 550,2	0,7 14,0 77,0 392,0 484,0	71,4 38,3 71,1 97,0 88,0	0,28 22,5 31,24 12,16 66,2	- - - - -	- - - - -
7.	Органо-мінеральна система удобрення екв. вар.5 (Екобіом)	1. Екобіом – 9350 кг 2. N _{ам.сел.} – 3. P _{суперфос} – 4 ц 4. K _{кл.калій} – 1,4 ц	Cv Pb Cr Zn Всього	15,3 226,06 118,6 304,6 664,56	- - - - -	- - - - -	0,125 10,064 13,925 5,411 29,525	15,2 216,0 104,7 299,2 635,1	- - - - -
8.	Органо-мінеральна система удобрення N ₉₀ P ₃₅ K ₈₀ ек в. вар.5 (Агровіт-Кор)	1. Агровіт-Кор- 10900 кг 2. N _{ам.сел.} – 0,3 ц 3. P _{суперфос} – 1,8 ц 4. K _{кл.калій} – 1,2 ц	Cd Pb Cu Zn Всього	3,01 48,86 11,25 65,8 128,9	- - - - -	- - - - -	0,069 5,037 6,779 2,622 14,507	- - - - -	2,94 43,82 4,47 63,22 114,45

Примітка:

Вміст важких металів у: підстилковому гної – Cd – 0,07 , Pb – 1,7 , Cu – 7,7 , Zn – 39,2 мг/г;

в Екобіомі – Cd – 1,63 , Pb – 23,08 , Cu – 11,2 , Zn – 32,0 мг/кг;

в Агровіт-Корі Cd – 0,27 , Pb – 4,02 , Cu – 0,41, Zn – 5,8 мг/кг.

Так, найбільшу кількість важких металів – 1034,4; 967,45; 1025,53 г/га, що складає 0,3–0,35 мг на 1 кг орного шару ґрунту, було внесено за загальноприйнятої, біологічної та органо-мінеральної з елементами біологізації, системи. При цьому з підстилковим гноєм у цих системах важких металів було внесено 93,5–99,99 % щодо їх загальної кількості. В системі удобрення з елементами біологізації (вар.6) важких металів було внесено у два рази менше у зв'язку з меншим внесенням підстилкового гною.

Підстилковий гній виявився найбільшим забруднювачем ґрунту в загальноприйнятій, біологічній та органо-мінеральній, з елементами біологізації, системах удобрення окремими важкими металами: кадмієм – 82,4; 99,98; 85,4 % ; свинцем – 55,1; 99,98; 58,5 % ; міддю – 83,0; 99,98 та 84,9 % ; цинком – 98,4; 99,99 та 98,7 % відповідно.

Другим за кількістю важких металів забруднювачем ґрунту виявився суперфосфат. З ним було внесено в ґрунт за мінеральної системи удобрення 88,1 % важких металів щодо всієї кількості в загальноприйнятій системі удобрення – також 88,2 % та в системі удобрення з елементами біологізації – 90,2 % від всієї кількості важких металів, внесених з мінеральними добривами. При цьому з суперфосфатом вноситься в ґрунт в мінеральній та органо-мінеральній системах 72–79 % кадмію, 86–90 % свинцю, 89,4–92 % міді та 89,6–93,1 % цинку щодо всієї кількості важких металів, що були внесені з мінеральними добривами.

За мінеральної системи удобрення в ґрунт було внесено в 11,2–11,9 рази менше важких металів у порівнянні з загальноприйнятою, біологічною та органо-мінеральною з елементами біологізації, системами удобрення.

Навіть у порівнянні з системою удобрення з елементами біологізації (вар.6), де було внесено у 2 рази менше гною за мінеральної системи, в ґрунт було внесено важких металів у 6,3 рази менше.

Найбільш екологічно чистою серед органо-мінеральних виявилась система з використанням органічного добрива Агровіт-Кор, при застосуванні якої за сівозміну на 1 га ґрунту було внесено 128,9 г важких металів, що у 7,5–8,0 разів менше у порівнянні з загальноприйнятою, біологічною та органо-мінеральною з елементами біологізації та в 4,3 рази менше в порівнянні з системою удобрення з елементами біологізації. У порівнянні з внесенням важких металів за мінеральної системи при застосуванні органо-мінеральної системи з Агровіт-Кором навантаження їх на ґрунт виявилось у 1,5 рази вищим.

За органо-мінеральної системи з Агровіт-Кором в ґрунт вноситься у 1,8–2,0 рази більше токсичного металу кадмію в порівнянні з загальноприйнятою, біологічною та органо-мінеральною системами, у 3 рази більше в порівнянні з системою удобрення з елементами біологізації

та у 8 разів більше в порівнянні з внесенням цього елемента за мінеральної системи. Іншого токсичного елемента – свинцю – за органо-мінеральної системи з Агровіт-Кором вноситься в ґрунт у такій же кількості, як і за загальприйнятої та органо-мінеральної з елементами біологізації систем. А враховуючи тільки органічне добриво (гній), з Агровіт-Кором вноситься свинцю в 1,5 разів більше.

Поряд з цим, дещо менше токсичних елементів – міді і цинку за органо-мінеральної системи з Агровіт-Кором вноситься у 13–16 разів менше міді та у 12 разів цинку в порівнянні з загальноприйнятою, органо-мінеральною з елементами біологізації та біологічною системами, в 9 разів менше міді та в 6 разів менше цинку в порівнянні з системою удобрення з елементами біологізації.

За органо-мінеральної системи Екобіом в ґрунт вноситься в 1,6 разів менше важких металів, ніж за загальприйнятої та органо-мінеральної з елементами біологізації систем, а також у 1,45 разів менше, ніж при біологічній системі, однак у 1,2 разів більше в порівнянні з внесенням важких металів при застосуванні системи удобрення з елементами біологізації (вар.6).

При застосуванні органо-мінеральної системи з Екобіом у ґрунт вноситься важких металів у 5,2 разів більше, ніж за органо-мінеральної системи з Агровіт-Кором.

Особливістю даної системи є те, що тут вноситься найбільша кількість особливо токсичних важких металів: кадмію 15,3 г/га, що в 9–10,9 разів перевищує їх кількість за загальприйнятої, біологічної та органо-мінеральної систем, у 15,6 разів більше, ніж за системи удобрення з елементами біологізації, у 5,1 разів більше щодо органо-мінеральної системи з Агровіт-Кором та у 40,3 разів більше, ніж за мінеральної системи. Свинцю за даної системи вноситься 226,1 г/га, що у 4,4 ; 8,0 ; 4,7; 6,2; 4,6 та 7,6 разів перевищує кількість його в інших системах відповідно.

Згідно зі схемою розподілу добрив у сівозміні, всі органічні добрива у вигляді підстилкового гною (20 т та 10 т), 30 % Екобіому, 36,7 % Агровіт-Кору та 30 % мінеральних добрив вносили під кукурудзу. Тому нами вивчалась динаміка вмісту важких металів у ґрунті при вирощуванні цієї культури. Вивчались рухомі форми важких металів у ґрунті перед сівбою кукурудзи та в кінці вегетації, а також в зеленій масі кукурудзи разом з початками після її збирання.

Процеси переходу важких металів у ґрунті з нерухомих у рухомі форми проходять під дією кислот ґрунту, внесених органічних та мінеральних сполук, а також важких металів з добривами. Нами вивчались кількісні характеристики рухомих форм важких металів у ґрунті перед посівом кукурудзи (рис.1).

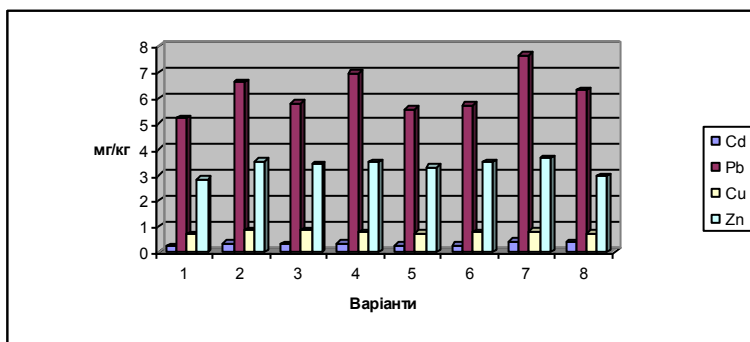


Рис.1. Вміст рухомих форм важких металів в ґрунті в залежності від систем удобрення перед посівом (середнє за 2006–2008 роки)

Аналізи ґрунту показали, що у варіанті органо-мінеральної з Екобіомом системи сумарний вміст важких металів виявився найвищим – 12,53 мг/кг, що склало 139,8% до контролю. При цьому вміст кадмію склав 178,2% та свинцю – 146,7% до контролю, дещо вищим був вміст міді та цинку. За загальприйнятої та органо-мінеральної систем важких металів у ґрунті виявилось 125,9 та 129,4% відносно вмісту їх у контролі. В ґрунті в цих варіантах виявилось більше як кадмію – 147,8%; 152,1%, так і свинцю – 126,2% та 133,1% відносно контролю. При внесенні добрив за біологічної, мінеральної системи удобрення з елементами біологізації та органо-мінеральної з Агровіт-Кором загальний вміст рухомих форм важких металів у ґрунті виявився (з деякими відхиленнями) на одному рівні. Він перевищував вміст важких металів у контролі на 11,3 – 15,8%. При цьому вміст кадмію та свинцю за органо-мінеральної системи удобрення з Агровіт-Кором перевищував контроль на 65,2% та 20,3% і за біологічної системи удобрення – на 34,7 та 11,1% відповідно. За біологічної системи удобрення мав місце також підвищений вміст міді – на 20,0% та цинку – на 21,9%.

Наявність рухомих форм важких металів у ґрунті за різних систем удобрення вказувала на кількість винесених їх зеленою масою кукурудзи (рис.2).

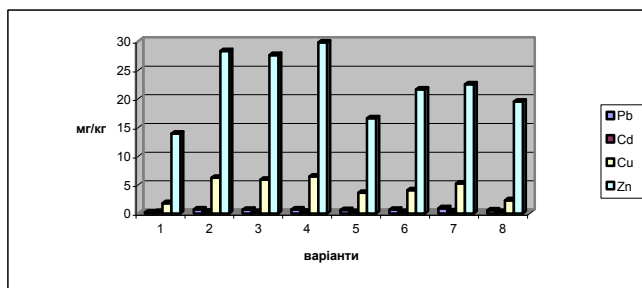


Рис.2. Вміст рухомих форм важких металів в зеленій масі кукурудзи мг/кг

Так, найбільший вміст важких металів виявився у зеленій масі кукурудзи за загальприйнятої та органо-мінеральної з елементами біологізації систем удобрення – 35,48 та 37,26 мг/кг сухої маси, що склало 220,6 та 231,7 % до контролю. При цьому в даних варіантах відмічали підвищений вміст кадмію – 112 і 116 %, високий – свинцю 460,0 і 473,3 %, міді – 348,8 і 362,9 % та підвищений вміст цинку – 203,5 і 214,3 % по відношенню до контролю. Досить високий вміст важких металів мав місце і за біологічної системи удобрення – 34, 39 мг/кг сухої маси, або 213,9 % до контролю за рахунок високого вмісту свинцю, міді та цинку – 420; 331,4 та 198,5 % щодо контролю відповідно.

Найменший вміст важких металів – 21,0 та 22,6 мг/кг сухої маси (136 та 145,5 %) відмічено при застосуванні мінеральної та органо-мінеральної систем удобрення з Агровіт-Кором. При цьому вміст кадмію в рослинах за мінеральної системи удобрення був на 8 % більший щодо контролю, а за органо-мінеральної системи Агровіт-Кором практично на рівні контролю, вміст свинцю виявився більшим у 3,9 та 3,7 раза, міді у 2 та 1,3 раза і цинку в 1,2 та 1,4 раза.

Зелена маса кукурудзи, вирощена за органо-мінеральної системи удобрення з Екобіомом мала досить високий (28,9 мг/кг сухої маси), вміст важких металів або 180 % до контролю.

При цьому вміст кадмію виявився найвищим – 0,35 мг/кг сухої маси або 140 % до контролю та перевищував його вміст за інших систем удобрення на 24–48 %. Вміст свинцю за цієї системи виявився найвищим, він перевищував контроль у 6 разів та вміст за інших систем удобрення у 1,3–1,5 раза.

Виходячи з отриманих результатів, у середньому за 3 роки урожай зеленої маси кукурудзи, вміст у ній важких металів, та винос їх рослинами встановлений (рис.3):

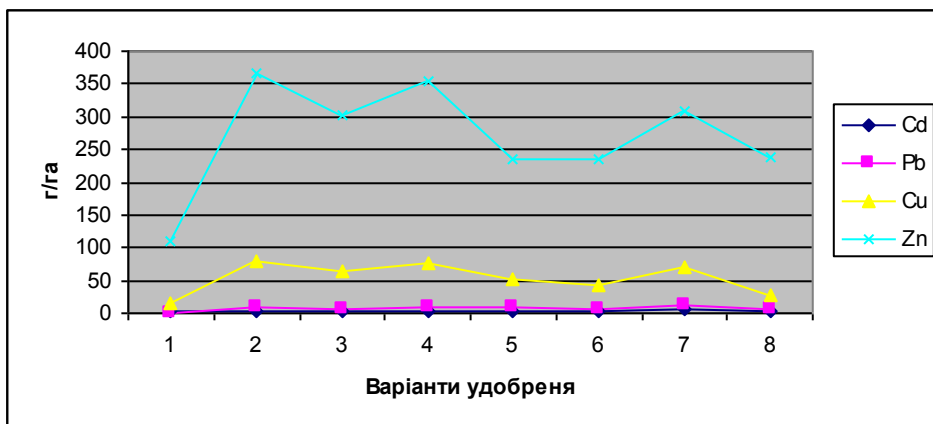


Рис. 3. Винос рухомих форм важких металів

Розрахунки показали, що найбільше винесення важких металів рослинами мали місце за загальноприйнятої (461,3 г/га), біологічної системи (375,6 г/га), органо-мінеральної з елементами біологізації (441,1 г/га), тобто, де вносилося по 20 т/га підстилкового гною та за органо-мінеральної системи удобрення з Екобіомом (394,8 г/га).

При вирощуванні кукурудзи за останньою системою удобрення винос кадмію становив 4,8 г/га, а також свинцю – 12,14 г/га, що є досить високим у порівнянні з показниками за інших систем удобрення.

Висновки

За органо-мінеральних систем удобрення, де вноситься 20 т/га підстилкового гною (загальноприйнята, біологічна, органо-мінеральна з елементами біологізації), у ґрунт вноситься значна кількість важких металів: кадмію, свинцю, міді, цинку, які поповнюють запаси цих елементів у ґрунті. Такі системи удобрення необхідно вважати екологічно забруднюючими.

Органо-мінеральна система з Екобіомом, що має підвищений вміст кадмію та свинцю і тим самим значно (в 10 разів за кадмієм та у 4–5 разів за свинцем в порівнянні з іншими добривами) забруднює ґрунт, її необхідно вважати екологічно небезпечною.

Органо-мінеральну систему удобрення з елементами біологізації, при якій вноситься 10 т/га підстилкового гною та з ним в два рази менше важких металів в порівнянні з іншими органо-мінеральними системами можна рахувати умовно екологічно безпечною.

Органо-мінеральна система удобрення з Агровіт-Кором з вмістом 0,27 мг кадмію та 4,02 мг/кг свинцю, з використанням якого вноситься в ґрунт у 2 рази більше цього токсичного елемента, може бути умовно екологічно небезпечною.

До умовно екологічно безпечної системи удобрення слід віднести мінеральну систему, за якої в ґрунт вноситься мінімальна кількість токсичних елементів кадмію та свинцю, у 2,5–4,5 рази менше міді і у 20–50 разів менше цинку в порівнянні з іншими органо-мінеральними системами удобрення: загальноприйнятою, біологічною, органо-мінеральною з елементами біологізації.

Пропозиції виробництву

З метою вирощування екологічно чистої продукції пропонується використовувати органічні добрива в мінімальних та обмежених кількостях, перевірених на вміст важких металів, особливо кадмію і свинцю. Органічні добрива з підвищеним вмістом важких металів слід переробляти на біогаз та біогумус [5]. В якості органічних добрив треба використовувати соломку та сидеральні культури, при яких у ґрунт додатково важкі метали не вносяться.

Перспективи подальших досліджень

Для вирощування екологічно чистої сільськогосподарської продукції та з метою охорони навколишнього середовища необхідним є вивчення загального вмісту важких металів у ґрунті, їх динаміки переходу в рухомі форми та рух їх по ланцюгу: ґрунт–рослина–тварина–органічні відходи–ґрунт; використання соломи і сидеральних культур в якості органічних добрив.

Література

1. *Акентьева Л.И.* Накопление тяжелых металлов при длительном применении минеральных удобрений //Проблемы с/х радиоекологии – пять лет спустя после аварии на Чернобыльской АЭС. Тезисы региональной практической конференции (ЖСХИ – Житомир, 1990).– С.28–29.
2. *Залевський Р.А.* Оцінка джерел надходження важких металів у інтенсивних агроєкосистемах Полісся // Вісник аграрної науки. – 2005. –№ 2 .– С.297–302.
3. *Надточій П.П., Мислива Т.М.* Екологічна безпека: Навчальний посібник./– Житомир: Видавництво „Державний агроєкологічний університет”, 2008. –284 с.
4. *Дегодюк Е.Г., Сайко В.Ф., Корнійчук М.С.* та ін. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва./– К.: Урожай, 1992. – 320 с.
5. *Н.М. Городний, И.А. Мельник, М.Ф.Повхан* и др. Биоконверсия органических отходов в биодинамическом хозяйстве, /К .: Урожай, 1990. – 256 с.