

ВПЛИВ УДОБРЕННЯ НА ТРАНСЛОКАЦІЮ ІОНІВ КАДМІЮ В КАПУСТУ БІЛОГОЛОВУ НА ТЕМНО-СІРОМУ ҐРУНТІ

В. В. Снітинський, доктор біологічних наук

А. І. Дидів, аспірант*

Львівський національний аграрний університет

*Подано результати досліджень щодо здатності до нагромадження
капостою білоголовою іонів Cd залежно від удобрення.*

Капуста, іон металу, удобрення, транслокація.

Посилений антропогенний тиск на біосферу сприяє постійному надходженню значної кількості хімічних речовин, серед яких пріоритетними токсикантами вважаються важкі метали (ВМ) та їх сполуки, що швидко акумулюються в живих організмах, у підвищених концентраціях порушують усі процеси метаболізму, потрапляють у біогеохімічний колообіг і викликають деградацію та руйнування природних екосистем [1].

В Україні більше 23 % орних земель забруднені ВМ, такими як Cd, Pb, Hg, Zn, Ni, Co, Cr та ін. [4]. Ґрунт є найбільшим природним біоаккумулятором полютантів. Ступінь негативної дії ВМ на ґрунт залежить як від параметрів самого забруднення (особливостей міграції, інтенсивності надходження й форми сполуки, терміну експозиції, відстані від джерела емісії, опадів), так і від генетичних властивостей ґрунту, зокрема гранулометричного складу, вмісту органічних речовин та інших макро- й мікроелементів, окислювально-відновних умов, біологічної активності [3]. З поміж ВМ кадмій (Cd) належить до небезпечних елементів I-го класу, який підлягає постійному контролю. Значну загрозу для агроекосистеми становить накопичення рухомих сполук Cd у верхніх горизонтах ґрунтового профілю, що негативно позначається на екологічній функції ґрунту, змінює його хімічні й фізичні властивості та знижує природну родючість, що призводить до зниження врожайності і якості агропродукції рослинництва, робить її небезпечною для споживання [2, 6].

Важливою проблемою в Україні є забезпечення населення повноцінними продуктами харчування, серед яких особливе місце займають овочі. Найбільш цінною й розповсюдженою овочевою культурою є капуста білоголова, проте біологічна стійкість (толерантність) цієї рослини до негативної дії іонів ВМ незначна, через те вона здатна поглинати з ґрунту кадмій в підвищених кількостях [6]. Незначну частину іонів Cd рослини капусти здатні переводити в неактивний стан ще до проникнення в коріння, де затримується їх основна частина, хелатувати за допомогою кореневих виділень та адсорбувати на зовнішній поверхні коріння. За більших рівнів забруднення Cd інактивація токсикантів у ґрунті стає неповною, і потік катіонів Cd^{2+} починає атакувати коріння. Забруднення капусти Cd може бути також внаслідок безконтрольного застосування мінеральних та органічних добрив і хімічних меліорантів, з поміж яких мінеральні потребують постійного екотоксикологічного контролю [1, 3, 6].

Заходи щодо зниження рухливості ВМ в ґрунті й зменшення їх нагромадження в рослинній продукції, повинні базуватися перш за все на

* Науковий керівник – доктор біологічних наук В. В. Снітинський.

обліку рівня забруднення території й фізико-хімічних властивостях ґрунтів, типу сільськогосподарського використання агроєкосистеми, відповідному підбору культур, сівозміни [1, 2]. Саме тому для зв'язування особливо небезпечних рухомих форм Cd^{2+} колоїдами (базоїдами) ґрунту й зменшення їх транслокації в рослини капусти з одночасним її удобренням кислі ґрунти вапнують, використовують мінеральні та органічні добрива, іонообмінні речовини, що в цілому оптимізує стан ґрунтової екосистеми. Так, внесення таких органічних добрив, як Біогумус, сприяє збільшенню в ґрунті органічної речовини, що стимулює мікробіологічну й ферментативну активність, надходження легкодоступних елементів живлення, утворення гумусу. Міцна адсорбція Cd із гумусом відбувається за участі гуматів, карбоксильних ($-\text{COOH}$) і фенольних ($-\text{OH}$) груп, шляхом заміщення водню на іон Cd [3]. Капуста кальцелюбна рослина. Вапнування ґрунту зменшує кислотність ґрунтового розчину до нейтрального, у якому суттєво знижується рухомість іонів Cd, які осаджуються й закріплюються в більш стійкі нерозчинні карбонати CdCO_3 . Кальцій сприяє утворенню структури ґрунту та коагуляції колоїдів. Крім того, у нейтральному середовищі утворюється одновалентний гідрокомплекс CdOH^{2+} , який не бере участі в іонообмінному комплексі, а також проявляється антагонізм між катіонами Ca^{2+} під час заміщення на Cd^{2+} у поглинанні рослинами й активується корисна мікрофлора (особливо нітрифікуючі бактерії), що прискорює розкладання органічних сполук і покращується засвоєння рослинами N та інших у міру необхідних елементів (Mg, Mn, Zn, B, P, K, Fe) [2, 3]. Внесення концентрованого фізіологічно нейтрального мінерального добрива нітроаммофоски рівномірно забезпечує рослини капусти необхідними біогенними елементами (NPK), покращує хімічні й фізичні властивості ґрунту. Калій і фосфор вступають в антагонізм із Cd у рослинах капусти. Зокрема K^+ підтримує тургор у клітинах і не дозволяє проникнення через клітинну мембрану в цитоплазму та вакуолі іонам Cd [4, 6].

Сьогодні актуальним є удосконалення технології вирощування й одержання доброякісної продукції капусти білоголової в умовах техногенезу завдяки розробці та вивченню ефективної й доступної, екологічно-безпечної системи удобрення, яка б знизила до мінімуму фітотоксичність кадмію та зберегла природну родючість ґрунту в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Мета дослідження – вивчити вплив мінерального й органічного удобрення в поєднанні з вапнуванням на вміст рухомих форм Cd^{2+} у ґрунті та їх транслокацію в рослини капусти білоголової залежно від різних рівнів забруднення кадмієм.

Матеріали і методи дослідження. Есперимент з вивчення впливу мінеральної, органічної й органо-мінеральної системи удобрення в поєднанні з вапнуванням залежно від рівнів забруднення темно-сірого опідзоленого легкосуглинкового ґрунту кадмієм на вміст рухомих форм іонів важких металів у системі “ґрунт–рослина” проводили в умовах лабораторно-польового модельного дослідження за існуючими методиками впродовж 2009–2010 рр. в умовах Навчально-науково-дослідного центру Львівського НАУ.

Агрохімічні показники ґрунту такі: тип ґрунту – темно-сірий опідзолений легкосуглинковий; залягання гумусного горизонту – до 50–60 см; вміст гумусу в орному шарі – 2,76 %; насичення основами – 85,8 %; Нг – 2,9 мгекв /100 г ґрунту; $\text{pH}_{\text{сол}}$ – 5,7; N лужногідролізований – 86,4 мг/кг; P_2O_5 – 92,7 мг/кг; K_2O –

72,6 мг/кг. Вміст рухомих форм металу в ґрунті перед закладанням досліду Cd – 0,85 мг/кг.

Сівбу тест-рослини капусти білоголової пізньостиглої (сорту Ярославна) проводили в третій декаді травня в штучно змодельованому попередньо забрудненому іонами Cd^{2+} ґрунті. Як забруднювачі використовували солі $\text{CdCl}_2 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ в дозі 1 і 2 ГДК валових форм, які вносили осінню разом з меліорантом (CaCO_3). Ранньою весною вносили мінеральні добрива нітроамофоску марки 16:16:16 та органічне добриво Біогумус згідно схеми досліду. Зразки рослин капусти білоголової відбирали підчас збору й обліку урожаю.

В умовах польових та лабораторних дослідів вивчали процеси транслокації та акумуляції іонів Cd^{2+} з ґрунту в органи рослин капусти білоголової. Концентрацію кадмію визначали в рослинних і ґрунтових зразках методом атомно-адсорбційної спектрофотометрії за атестованими й стандартизованими методиками з наступною статистичною обробкою даних [4, 5].

Схема досліду за вирощування капусти білоголової включала такі варіанти: 1) Контроль без добрив (природній фон); 2) $\text{N}_{136}\text{P}_{136}\text{K}_{136}$; 3) орг. добрива – 8 т/га; 4) $\text{N}_{68}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + орг. добрива 4 т/га; 5) $\text{N}_{136}\text{P}_{136}\text{K}_{136}$ + CaCO_3 5 т/га; 6) орг. добрива 8 т/га + CaCO_3 5 т/га; 7) $\text{N}_{68}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + орг. добрива 4 т/га + CaCO_3 5 т/га. Рівні забруднення кадмію 1 і 2 ГДК у валових формах. На контрольному варіанті солі кадмію не вносили.

Результати дослідження та їх аналіз. Двохрічними дослідженнями встановлено, що внесення в ґрунт кадмію, концентрація якого у 2 рази перевищує ГДК, сприяє значній акумуляції рухомих форм металу як у качані, так і у вегетативному органі капусти білоголової – головці. При цьому спостерігається тенденція до значно більшого нагромадження кадмію (3–11 раз) саме в качані, який є вагомим бар'єром на шляху проникнення металу в головку капусти (табл. 1).

1. Вміст та розподіл кадмію в органах рослин капусти білоголової, мг/кг маси сирової речовини, (середнє за 2009–2010 рр.)

№ з/п	Варіант досліду	ґрунт без металу (контроль)	Забруднений ґрунт Cd^{2+}	
			1 ГДК	2 ГДК
1	Без добрив (контроль)	<u>0,058±0,017*</u>	<u>0,135±0,008</u>	<u>0,264±0,074</u>
		0,252±0,034	0,942±0,075	1,046±0,039
2	$\text{N}_{136}\text{P}_{136}\text{K}_{136}$	<u>0,068±0,015</u>	<u>0,098±0,063</u>	<u>0,121±0,027</u>
		0,106±0,043	0,297±0,049	0,167±0,030
3	Біогумус 8 т/га	<u>0,037±0,011</u>	<u>0,064±0,051</u>	<u>0,070 ±1,042</u>
		0,147±0,035	0,188±0,102	0,135±0,013
4	$\text{N}_{68}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + Біогумус 4 т/га	<u>0,071±0,016</u>	<u>0,080±0,075</u>	<u>0,091±0,021</u>
		0,127±0,070	0,707±0,006	0,732±0,103
5	$\text{N}_{136}\text{P}_{136}\text{K}_{136}$ + 5 т/га CaCO_3	<u>0,052±0,013</u>	<u>0,067±0,028</u>	<u>0,097±0,033</u>
		0,063±0,029	0,292±0,036	0,245±0,054
6	Біогумус 8 т/га + 5 т/га CaCO_3	<u>0,061±0,014</u>	<u>0,086±0,025</u>	<u>0,113±0,026</u>
		0,069±0,002	0,341±0,091	0,584±0,069
7	$\text{N}_{68}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + Біогумус 4 т/га + 5 т/га CaCO_3	<u>0,045±0,019</u>	<u>0,097±0,024</u>	<u>0,042±0,013</u>
		0,143±0,027	0,633±0,082	0,673±0,084

Примітка: * у чисельнику – головка, у знаменнику – качан, ± відхилення.

Необхідно зауважити, що концентрація кадмію в головках капусти на контрольному варіанті (без добрив і металу) перевищувала ГДК (0,03 мг/кг) в 1,9 раз і становила 0,058 мг/кг сирової речовини. Максимальна концентрація Cd у рослинах капусти як у качані, так і в головках була на 1 варіанті (без добрив) на штучно забрудненому ґрунті з градацією металу в 1 і 2 ГДК. Внесення Біогумусу 8 т/га зменшило транслокацію кадмію в головки капусти на 3 варіанті, де його вміст був меншим порівняно з контролем (без металу й добрив) на 0,021 мг/кг та в качанах – 105 мг/кг, або на 36,0 та 41,6 % відповідно. Потрібно зазначити, що на 2, 4, 6 варіантах на фоні добрив, де не забруднювали ґрунт металом, вміст Cd в головках капусти був дещо вищий до контролю 1 вар. (без добрив і без металу) відповідно на 17,24; 23,24; 5,17 %. Вапнування ґрунту в нормі 5 т/га CaCO₃ на 5, 6, 7 варіанті виявилось достатньо ефективним щодо зв'язування катіонів Cd²⁺ у ГВК та зменшення їх фітотоксичності. На варіанті N₁₃₆P₁₃₆K₁₃₆ + 5 т/га CaCO₃ з градацією 2 ГДК транслокація металу в головках капусти була меншою до контролю (без добрив) на 0,167 мг/кг або в 2,72 рази та в качанах 0,801 мг/кг або в 4,26 рази. Найменша концентрація металу в головках капусти за рівня забруднення 2 ГДК спостерігали на 7 вар. (0,042 мг/кг), де найкраще проявилася дія з композиції добрив (N₆₈P₆₈K₆₈ + Біогумус 4 т/га + 5 т/га CaCO₃), відповідно вміст Cd до контролю (без добрив) був меншим в 6,28 раз, або на 84 %.

Висновки. Нами розроблено та удосконалено на практиці заходи хімічної детоксикації штучно забрудненого ґрунту кадмієм, які цілеспрямовано направлені на зменшення транслокації Cd²⁺ у рослин капусти та одержання стабільного врожаю високої якості продукції з одночасним підвищенням родючості ґрунту. Встановлено, що на 7 варіанті (N₆₈P₆₈K₆₈ + Біогумус 4 т/га + 5 т/га CaCO₃) найкраще фіксується токсичні рухомі форми катіонів кадмію, а концентрація металу в головках капусти за рівня забруднення 2 ГДК є найменшою, порівняно з контролем, та відповідає санітарно-гігієнічним нормам.

Список літератури

1. Агроэкология / [В. А. Черников, Р. М. Алексахин, А. В. Голубев и др.]; под ред. В. А. Черникова, А. И. Черкеса. – М. : Колос, 2000. – 536 с.
2. Гуральчук Ж. З. Фітотоксичність важких металів та стійкість рослин до їх дії / Ж. З. Гуральчук – К. : Логос, 2006. – 208 с.
3. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас; [пер. с англ.] – М. : Мир, 1989. – 439 с.
4. Медведєв В. В. Земельні ресурси України / В. В. Медведєв, Т. М. Лакотнікова. – К. : Аграрна наука, 1998. – 148 с.
5. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных и продуктивных растениеводства. – М. : Гидрометеиздат, ЦИНАО, 1992. – 61 с.
6. Фатєєв А. І. Надходження важких металів до рослин та ефективність добрив на техногенно забруднених ґрунтах / А. І. Фатєєв, В. Л. Самохвалова, М. М. Мірошніченко // Вісник аграрної науки. – 1999. – № 2. – С. 61–65.

Представлены результаты исследований по способности к накоплению капустой белокочанной ионов Cd зависимости от удобрения.

Капуста, ион металла, удобрения, транслокация.

The results of studies on the ability to accumulation of white cabbage Cd ions depending on fertilization.

Cabbage, metal ion, fertilization, translocation.