

УДК 504.064:635.1/8

**ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ КАПУСТИ БІЛОГОЛОВОЇ,
ВИРОЩЕНОЇ НА ЗАБРУДНеноМУ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ҐРУНТІ
ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ**

А. Дидів, асистент

Львівський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Актуальним питанням сьогодення є забезпечення населення біологічно повноцінними продуктами харчування, важливе місце серед яких займають овочі. Виростити овочеву продукцію, безпечну для споживання, є непростою справою, оскільки понад 22% території України у різному ступені уражені важкими металами (ВМ) та в більшості випадків мають непридатні для сільськогосподарського використання ґрунти [8]. Найнебезпечнішими з-поміж важких металів є Cd, Pb, Hg, Zn, Ni, Co, Cr, Cu, Sn, з них Cd, Pb, Hg – супертоксичні для живих організмів навіть за незначних перевищень гранично допустимих концентрацій (ГДК) у ґрунті, воді й повітрі. Токсично на рослини впливають важкі метали з ґрунтового розчину у рухомій та потенційно рухомій формі, які визначають рівень небезпечності для рослин і в кінцевому результаті для людини [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З-поміж основних овочевих культур в Україні капуста білоголова є однією з найпоширеніших, проте мало кому відомо, що біологічна стійкість (толерантність) її до токсичної дії важких металів є неоднозначною [1]. Перевищення рівня небезпечних рухомих форм Cd і Pb в 3-5 ГДК особливо на кислих, бідних на вміст гумусу і глини, легкого гранулометричного складу ґрунтах, може знижувати урожайність і санітарно-гігієнічну якість капусти білоголової [4].

Актуальності сьогодні день набувають розробка, вивчення та практичне впровадження у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах ефективної і доступної, екологічно безпечної системи удобрення, завдяки якій відбувається швидкодіюча детоксикація окультуреного ґрунту, забрудненого ВМ, з відновленням його родючості, посилюються захисні (буферні) властивості, що загалом сприяє одержанню екологічно безпечної, біологічно повноцінної рослинницької продукції [2; 9; 10].

Постановка завдання. Мета наших досліджень – вивчити вплив органічної, мінеральної та органо-мінеральної систем удобрення у поєднанні з вапнуванням на рухомість Cd^{2+} і Pb^{2+} у ґрунті та нагромадження їх у рослинах капусти білоголової.

Виклад основного матеріалу. Упродовж 2009-2011 рр. на полі кафедри плодоовочівництва, технології зберігання і переробки продукції рослинництва Львівського національного аграрного університету вивчали вплив різних систем удобрення на поведінку ВМ у системі «ґрунт-рослина». Капусту білоголову пізньостиглу (сорт Ярославна), взяту за тест-рослину, висівали у першій декаді квітня в штучно змодельованому попередньо забрудненому важкими металами ґрунті. Як забруднювачі використовували солі $CdCl_2 \cdot 2,5H_2O$ та $Pb(CH_3COO)_2$ в дозі (з градацією) 1; 3; 5 ГДК у валових формах, які вносили восени разом із меліорантом $CaCO_3$ [6].

Напроресні вносили мінеральне добриво нітроамофоску марки 16:16:16 та органічне добриво Біогумус згідно зі схемою дослідів.

Схема дослідів охоплювала такі варіанти: 1) контроль без добрив (природний фон); 2) $N_{136}P_{136}K_{136}$; 3) орг. добрива – 8 т/га; 4) $N_{68}P_{68}K_{68}$ + орг. добрива 4 т/га; 5) $N_{136}P_{136}K_{136}$ + $CaCO_3$ 5 т/га; 6) орг. добрива 8 т/га + $CaCO_3$ 5 т/га; 7) $N_{68}P_{68}K_{68}$ + орг. добрива 4 т/га + $CaCO_3$ 5 т/га. Рівні забруднення кадмієм і свинцем – 1; 3; 5 ГДК у валових формах. На контрольному варіанті солі важких металів не вносили.

Зразки темно-сірого опідзоленого легкосуглинкового ґрунту відбирали на глибину 0-20 см до і після закладання дослідів, а рослин – під час збору та обліку врожаю. Природний фон рухомих форм ВМ у ґрунті перед закладанням дослідів: Cd – 0,156 мг/кг; Pb – 0,84 мг/кг і валових форм Cd – 0,73 мг/кг; Pb – 12,54 мг/кг сухого ґрунту. Визначали концентрацію рухомих і валових форм Cd і Pb в ґрунті та концентрацію ВМ в різних органах капусти методом атомно-адсорбційної спектроскопії на приладі С115М за атестованими і стандартизованими методиками з наступною статистичною обробкою отриманих даних [7].

Встановлено, що системи удобрення по-різному впливали на зменшення рухомості ВМ у ґрунті (див. рис. 1).

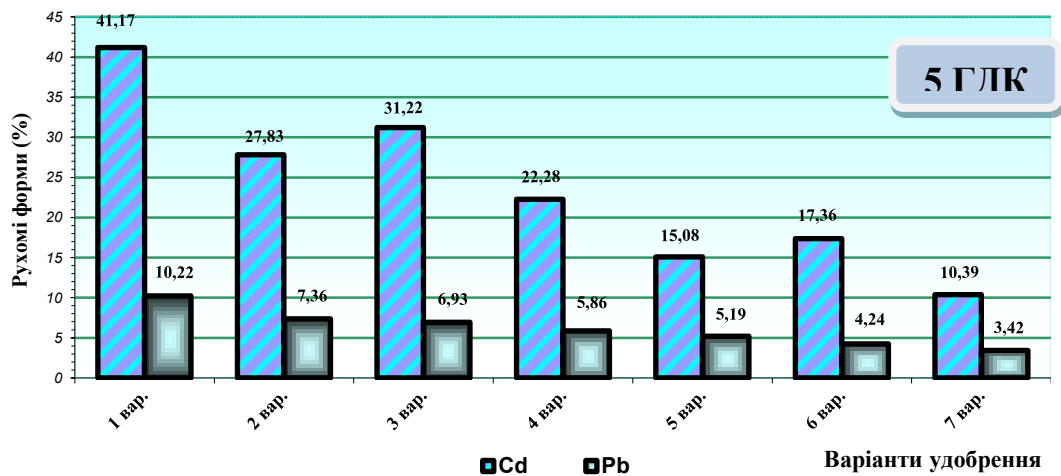


Рис. Частка рухомих форм Cd^{2+} і Pb^{2+} у ґрунті від валового їх вмісту за вирощування капусти білоголової залежно від системи удобрення, % з градацією забруднення 5 ГДК.

На 5, 6 і 7 варіантах за внесення органо-мінеральної системи удобрення у поєднанні з вапнуванням краще зв'язувалися катіони Cd^{2+} і Pb^{2+} ґрунтовобирним комплексом (ГВК) порівняно з 2, 3 та 4 варіантами, де не вносили $CaCO_3$. Однак найкраще закріплювалися рухомі форми ВМ на 7 варіанті. Зокрема частка рухомих форм від валового вмісту у ґрунті кадмію і свинцю на цьому варіанті зменшилася до

контролю (вар.1) на 30,78% та 6,8%, а це приблизно в 4 і 3 рази. Встановлено, що внесення органічних добрив Біогумус сприяло кращому закріпленню рухомих форми Pb у ґрунті, аніж Cd, тоді як мінеральні добрива, мали більший вплив на зменшення рухомості кадмію у ґрунті, аніж свинцю. Так, за внесення добрива Біогумус в повній нормі 8 т/га на 3 і 6 варіантах, з градацією забруднення 5 ГДК, частка рухомих форм Pb зменшилася до контролю (вар. 1) відповідно в 1,47 та 2,41 рази.

Встановлено, що менш ефективним у закріпленні рухомих форм Cd та Pb є внесення окремо у повній нормі тільки мінеральних добрив на 2 і 5 варіантах та органічних – на 3 і 6 варіантах порівняно з 4 і 7 варіантами, де мінеральні та органічні добрива вносили разом у половину норми.

Внесення концентрованого фізіологічно нейтрального мінерального добрива нітроамофоски рівномірно забезпечувало рослини капусти білоголової біогенними елементами (NPK) протягом вегетації, поліпшувало хімічні і фізичні властивості ґрунту. Зауважимо, що найкращий ефект від мінеральних добрив щодо зменшення рухомості ВМ у ґрунті спостерігали від комплексного застосування і органічними на фоні вапнування. Крім того, калій і фосфор вступають в антагонізм з Cd і Pb за поглинання їх кореневими волосками капусти, а фосфор має здатність утворювати із свинцем недоступні рослинам фосфати [2]. Роль K^+ також важлива, оскільки він підтримує тургор у клітинах і блокує проникнення через клітинні мембрани катіон Cd^{2+} і Pb^{2+} [5]. Отже, внесення у ґрунт органічних і мінеральних добрив у поєднанні з вапнуванням забезпечило високу якість головок капусти білоголової із допустимими концентраціями важких металів (див. табл.).

У результаті проведених у польових умовах модельних дослідів із рослинами капусти білоголової пізньостиглої із застосуванням різної системи удобрення та вапнування на забрудненому ґрунті важкими металами встановлено, що зі зростанням концентрацій внесених у ґрунт водних розчинів солей важких металів від 1 ГДК до 5 ГДК у валових формах збільшувалася і концентрація рухомих форм Cd^{2+} і Pb^{2+} у темно-сірому ґрунті, особливо на контрольному варіанті, де не вносили ніяких агрохімікатів і це проявилось в на інтенсивнішому нагромадженні цих елементів рослинами капусти білоголової (див. табл.). Проте на всіх варіантах, де вносили добрива та меліорант, концентрація рухомих форм ВМ до контролю вар.1 (без добрив) на всіх градаціях забруднення була меншою на 24,5 – 70,1%. Також встановлено, що у зовнішньому качані капусти концентрація кадмію і свинцю була в 4,5-10,2 рази більшою, аніж у головці. Зауважимо, що корінь капусти білоголової є першим органом і біологічним бар'єром на шляху транспорту ВМ з ґрунту в рослину. Встановлено, що вапнування ґрунту на 5, 6, 7 варіантах мало великий вплив на рухомість іонів Cd меншою мірою іонів Pb на всіх градаціях забруднення. Власне, зменшення кислотності ґрунту сприяло такому позитивному ефекту, а саме заміна складу поглинутих катіонів у твердій фазі ґрунту, де H^+ значною мірою заміщувався кальцієм, завдяки чому відбувалися нейтралізація середовища та утворення колоїдів гідроксидів ВМ. Крім того, іони OH^- нейтралізують обмінну кислотність і зв'язують H^+ слабких кислот груп ГВК не спроможних обмінюватися на катіони і витіснятися іонами кальцію в рідку фазу. Іони кальцію слугують таким чином протиіонами нейтралізованих кислот груп ГВК.

Таблиця

Вплив удобрення на вміст кадмію і свинцю у різних органах рослин капусти білоголової, вирощеної на забрудненому цими металами ґрунті, середнє з 2009-2011 рр. мг/кг маси сирової речовини

Метал	Варіант дослідю	Без металів (контроль)	Рівень забруднення		
			1 ГДК	3 ГДК	5 ГДК
Cd ²⁺	1) без добрив (контроль)	<u>*0,017</u> 0,081	<u>0,022</u> 0,097	<u>0,038</u> 0,159	<u>0,068</u> 0,267
	2) N136P136K136	<u>0,011</u> 0,059	<u>0,013</u> 0,066	<u>0,024</u> 0,108	<u>0,046</u> 0,196
	3) Біогумус 8 т/га	<u>0,012</u> 0,062	<u>0,015</u> 0,073	<u>0,026</u> 0,117	<u>0,051</u> 0,208
	4) N68P68K68 + Біогумус 4 т/га	<u>0,010</u> 0,064	<u>0,012</u> 0,070	<u>0,020</u> 0,106	<u>0,035</u> 0,165
	5) N136P136K136 + 5 т/га CaCO ₃	<u>0,006</u> 0,045	<u>0,008</u> 0,055	<u>0,013</u> 0,081	<u>0,026</u> 0,139
	6) Біогумус 4 т/га + 5 т/га CaCO ₃	<u>0,008</u> 0,054	<u>0,010</u> 0,062	<u>0,016</u> 0,094	<u>0,030</u> 0,153
	7) N68P68K68 + Біогумус 4 т/га + 5 т/га CaCO ₃	<u>0,004</u> 0,031	<u>0,006</u> 0,043	<u>0,011</u> 0,072	<u>0,023</u> 0,153
Pb ²⁺	1) без добрив (контроль)	<u>0,238</u> 1,946	<u>0,319</u> 2,513	<u>0,485</u> 3,591	<u>0,692</u> 4,735
	2) N136P136K136	<u>0,153</u> 1,325	<u>0,228</u> 1,853	<u>0,347</u> 2,726	<u>0,525</u> 3,774
	3) Біогумус 8 т/га	<u>0,134</u> 1,276	<u>0,215</u> 1,798	<u>0,321</u> 2,604	<u>0,518</u> 3,822
	4) N68P68K68 + Біогумус 4 т/га	<u>0,102</u> 1,013	<u>0,193</u> 1,786	<u>0,303</u> 2,665	<u>0,509</u> 3,878
	5) N136P136K136 + 5 т/га CaCO ₃	<u>0,085</u> 0,887	<u>0,166</u> 1,679	<u>0,286</u> 2,611	<u>0,487</u> 3,342
	6) Біогумус 4 т/га + 5 т/га CaCO ₃	<u>0,071</u> 0,825	<u>0,139</u> 1,508	<u>0,275</u> 2,818	<u>0,458</u> 3,755
	7) N68P68K68 + Біогумус 4 т/га + 5 т/га CaCO ₃	<u>0,062</u> 0,759	<u>0,104</u> 1,165	<u>0,263</u> 2,794	<u>0,427</u> 3,621

У чисельнику – головка, у знаменнику – зовнішній качан. Гранично допустима концентрація (ГДК): Cd – 0,03; Pb – 0,5 мг/кг маси сирової речовини.

Вапнування ґрунту збагачує його кальцієм, який сприяє коагуляції ґрунтових колоїдів, переводить вільнорозчинні гумінові кислоти у важко розчинні гумати кальцію, особливо на ґрунтах промивного режиму, «зшиває» молекули гумінових кислот, що знижує їх дисперсність і розчинність, скріплює ґрунтові агрегати, поліпшує

структуру ґрунту, побічно впливає на окисно-відновний потенціал, активізує процеси окиснення та мікробіологічну активність ґрунту. Значна концентрація кальцію в ґрунтовому розчині створює умови для проявлення антагонізму до іонів Cd^{2+} і Pb^{2+} за місця поглинання на поверхні молодих корінців рослин [3; 4; 10]. Крім того, капуста білоголова кальцелюбна рослина, яка позитивно реагує на вапнування, що зумовлює нейтральне середовище ґрунтового розчину [1; 2].

Дослідженнями встановлено, що внесення добрив і меліорантів зменшувало концентрацію кадмію та свинцю у рослинах капусти білоголової із збереженням тенденції на всіх варіантах досліджу за різних градацій забруднення ВМ (див. табл.). Зауважимо, що за внесення мінеральних добрив у повній нормі $N_{136}P_{136}K_{136}$ на 2 і 5 варіантах та органічних добрив у нормі Біогумус 8 т/га на 3 і 6 варіанті, концентрація ВМ у головках капусти була дещо більшою, аніж за внесення мінеральних та органічних добрив разом у половину норми на 4 та 7 варіантах. Встановлено, що на 2 варіанті, концентрація Cd та Pb у головках капусти (з градацією забруднення 5 ГДК) була меншою до контролю (вар.1) на 0,022 та 0,167 мг/кг маси сирової речовини, або на 32,35 та 24,13%, тоді як за внесення органічних добрив на 3 варіанті за таких самих умов забруднення концентрація Cd та Pb у головках капусти була меншою до контролю (вар. 1) на 0,017 та 0,174 мг/кг сирової маси, або на 25%. Проте аналізуючи 4 варіанти де вносили $N_{68}P_{68}K_{68}$ + Біогумус 4 т/га з градації забруднення 5 ГДК, бачимо, що концентрація кадмію у головках капусти була меншою до контролю (вар.1) на 0,033 мг/кг, або 48,53%, а свинцю – на 0,183 мг/кг маси сирової речовини, або 26,45%, тоді як за внесення тієї самої норми добрив, але в поєднанні із $CaCO_3$ на 7 варіанті за таких самих умов забруднення концентрація Cd у головках капусти зменшилася до контролю на 0,045 мг/кг, або 66,18%, а Pb – на 0,265 мг/кг маси сирової речовини, або 38,29%, і трималася в межах ГДК.

Додамо, що концентрація рухомих форм Cd і Pb у ґрунті і концентрація цих елементів у рослинах капусти дещо різнилися у різні роки досліджень, на що вплинули ґрунтово-кліматичні умови, проте загальні закономірності рухомості важких металів у ґрунті й тенденція їх нагромадження рослинами капусти між варіантами зберігалися.

Висновки. Внесення органічних і мінеральних добрив у поєднанні з вапнуванням у нормі $N_{68}P_{68}K_{68}$ + Біогумус 4 т/га + 5 т/га $CaCO_3$ на забрудненому кадмієм і свинцем темно-сірому ґрунті найкраще сприяло зменшенню концентрації рухомих форм зазначених елементів, а відтак істотно знизило їх надходження у рослини капусти білоголової, що проявилось у високій якості продукції, яка відповідала санітарно-гігієнічним вимогам.

Бібліографічний список

1. Ведення сільськогосподарського виробництва у приватному секторі в умовах посиленого антропогенного впливу на навколишнє середовище / [Т. М. Мислива, П. П. Надточій, Л. О. Герасимчук та ін.] ; за ред. Т. М. Мисливої. – Житомир, 2011. – 52 с.
2. Головатый С. Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С. Е. Головатый. – Минск, 2002. – 239 с.
3. Ермоленко Н. Ф. Микроэлементы и коллоиды почв / Н. Ф. Ермоленко. – Минск, 1966. – 322 с.
4. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение / В. Б. Ильин. – Новосибирск :

Наука, Сиб. отд-ние, 1991. – 151 с.

5. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата – Пендиас, Х. Пендиас ; [пер. с англ.]. – М. : Мир, 1989. – 439 с.

6. Медведєв В. В. Земельні ресурси України / В. В. Медведєв, Т. М. Лакотнікова. – К. : Аграрна наука, 1998. – 148 с.

7. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М. : Гидрометеиздат, ЦИНАО, 1992. – 61 с.

8. Рїдей Н. М. Екологічна оцінка агробіоценозів: теорія, методика, практика / Н. М. Рїдей, В. П. Строкаль, Ю. В. Рибалко. – Херсон : Олді – плюс, 2011. – 258 с.

9. Спосіб ремедіації ґрунту, техногенно забрудненого важкими металами / В. Л. Самохвалова, А. І. Фатєєв, С. Г. Зуза, В. О. Зуза // Агрохімія та ґрунтознавство. – 2013. – Вип. 80. – С. 101-110.

10. Фатєєв А. І. Детоксикація важких металів у ґрунтовій системі: метод. рек. / А. І. Фатєєв, В. Л. Самохвалова. – Харків : Міськдрук, 2012. – 70 с.

Дидів А. Екотоксикологічна оцінка якості капусти білоголової, вирощеної на забрудненому важкими металами ґрунті, залежно від системи удобрення

Встановлено, що органо-мінеральна система удобрення разом із вапнуванням найкраще сприяла закріпленню рухомих форми Cd^{2+} та Pb^{2+} у темно-сірому ґрунті, забезпечила мінімальну транслокацію цих елементів у рослини капусти білоголової, а отже продукцію високої якості.

Ключові слова: важкі метали, рухомі форми, забруднення, транслокація, якість, органо-мінеральна система удобрення, вапнування, капуста білоголова.

Dydiv A. Ecotoxicological assessment of the white cabbage farmed on contaminated soil by heavy metals depending on the system of fertilization

Research has established that the use of organic and mineral fertilization system with liming best promoted fixing of mobile forms of metals Cd^{2+} and Pb^{2+} in dark-gray soil, which affected the minimal translocation of these elements in the plants of white cabbage and the products meet high quality.

Key words: vegetable, seed, beetroot, agro-ecological factors, the coefficient of elasticity, hydrothermal coefficient

Дыдив А. Эко­ток­си­ко­ло­гическая оценка качества капусты белокочанной, выращенной на загрязненной тяжелыми металлами почве, в зависимости от системы удобрения

Установлено, что органо-минеральная система удобрения вместе с известкованием лучше всего способствовала закреплению подвижных формы Cd^{2+} и Pb^{2+} в темно-серой почве, обеспечила минимальную транслокацию этих элементов в растения капусты белокочанной, то есть продукцию высокого качества.

Ключевые слова: тяжелые металлы, подвижные формы, загрязнения, транслокация, качество, органо-минеральная система удобрения, известкование, капуста белокочанная.