

УДК 504.064:635.1/8

ВПЛИВ КАДМІЮ ТА СВИНЦЮ НА БІОХІМІЧНИЙ СКЛАД БУРЯКУ СТОЛОВОГО ЗА ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ

*В. Снітинський, д. б. н., А. Дидів, асистент
Львівський національний аграрний університет*

Постановка проблеми. Значна частина території України забруднена важкими металами (ВМ). Найбільшу небезпеку становлять уражені ними землі сільськогосподарського призначення [6]. У таких умовах виростити екологічно безпечну овочеву продукцію – непросте справа, оскільки на ґрунтах навіть зі слабким рівнем забруднення не можна вирощувати найбільш чутливі до ВМ культури (салат, шпинат, кріп, цибулю, петрушку, буряк столовий). Токсичний вплив на рослини проявляють ВМ в рухомій та потенційно рухомій формах, які й визначають рівень небезпечності для рослин, а відтак і для людини [1; 7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З-поміж коренеплодів найпоширенішою овочевою рослиною є буряк столовий – корисний дієтичний продукт, що має багатий біохімічний склад і відзначається живильними властивостями [2]. Однак він найбільш чутливий до токсичної дії важких металів. Перевищені у 2-5 разів ГДК рухомих форм Cd та Pb на кислих, бідних на вміст гумусу і глини, легкого гранулометричного складу ґрунтах спроможні знижувати урожайність, і найважливіше, якість коренеплодів [1].

З огляду на це актуальним залишається питання розробки, вивчення й практичного впровадження у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах ефективної і доступної, екологічно безпечної системи удобрення в поєднанні з меліорантами, завдяки якій відбувається швидкодіюча детоксикація окультуреного ґрунту, забрудненого важкими металами, з відновленням його родючості, збільшення захисних (буферних) властивостей ґрунтової системи, що загалом сприяє одержанню екологічно безпечної, біологічно повноцінної рослинницької продукції [5; 9]. Застосування меліорантів як антидотів попереджає міграцію забруднювачів у суміжні середовища, знижує токсичність процесів, спричинених забрудненням [8].

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 процеси транслокації у рослині буряку столового залежно від різних градацій забруднень, а також вплив ВМ на біохімічний склад коренеплодів.

Виклад основного матеріалу. Упродовж трирічних досліджень на полі кафедри плодоовочівництва, технології зберігання і переробки продукції рослинництва Львівського національного аграрного університету вивчали вплив меліорантів та різних варіантів удобрення на поведінку кадмію та свинцю в системі «ґрунт-рослина». Буряк столовий сорту Бордо Харківський, взятий за тест-рослину, висівали у третій декаді травня в штучно змодельованому, попередньо забрудненому ВМ 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 окремо в ґрунт восени разом із меліорантом

CaCO₃ [3].

Ранньою весною вносили нітроамофоску марки 16:16:16 та органічне добриво Біогумус відповідно до схеми досліджу. Схема досліджу передбачала такі варіанти: 1) контроль без добрив (природний фон); 2) N₆₈P₆₈K₆₈; 3) орг. добрива – 4 т/га; 4) N₃₄P₃₄K₃₄ + орг. добрива 2 т/га; 5) N₆₈P₆₈K₆₈ + CaCO₃ 5 т/га; 6) орг. добрива 4 т/га + CaCO₃ 5 т/га; 7) N₃₄P₃₄K₃₄ + орг. добрива 2 т/га + CaCO₃ 5 т/га. На контрольному варіанті солі ВМ не вносили. Визначали концентрацію рухомих і валових форм Cd і Pb в ґрунті та концентрацію ВМ в рослинах буряку столового методом атомно-адсорбційної спектрофотометрії на приладі С115М за атестованими і стандартизованими методиками з наступним статистичним опрацюванням отриманих даних [4]. Обліковували урожай, визначали якісні та біометричні показники врожаю, а також біохімічний склад рослин в агрохімічній лабораторії Львівського НАУ: суху речовину – гравіметричним методом, висушуванням до постійної ваги (ГОСТ 13586.5–93); суму цукрів – за Бертраном (ГОСТ 8756.13 – 87); вітамін С – за Муррі (ГОСТ 24556-89); вміст нітратів у коренеплодах – іонометричним методом із використанням іоноселективних електродів на приладі ЭВ-74 (ГОСТ 5048-89).

Встановлено, що на біохімічний склад буряку столового впливали період вегетації рослин, ґрунтово-кліматичні умови року, система удобрення, внесення меліорантів та рівні забруднення ґрунту важкими металами. Проте загальні закономірності щодо нагромадження ВМ рослинами та їх вплив на біохімічний склад коренеплодів між варіантами зберігалися (див. табл.).

У наших дослідженнях окреслилася загальна тенденція, а саме: зі збільшенням градації забруднення ґрунту як Cd, так і Pb від 1 до 5 ГДК на всіх варіантах показники якості коренеплодів (вмісту сухої речовини, суми цукрів, аскорбінової кислоти) зменшувалися. Істотний вплив проявили внесені удобрення та меліоранти в різних кількостях і співвідношеннях.

Окрім того, встановлено, що якість коренеплодів буряку столового гірша у разі забруднення ґрунту свинцем, ніж кадмієм. На нашу думку, це передусім пов'язано з меншою площею листової тканини, а отже, інтенсивністю процесів фотосинтезу і, як наслідок, нижчими показниками якості коренеплодів на варіантах із забрудненням Pb. На 5, 6 і 7 варіантах за органо-мінеральної системи удобрення та внесення меліорантів на забрудненому як кадмієм, так і свинцем ґрунті біохімічні показники, такі як суха речовина, сума цукрів, вітамін С, були значно кращими порівняно з контролем та 2, 3 і 4 варіантами, де не вносили CaCO₃. Зазначимо, що на цих варіантах ми також спостерігали дещо підвищені рівні нітратів у коренеплодах, тоді як на варіантах, де вносили меліоранти, рівень нітратів у коренеплодах був меншим на 20-25% за всіх градацій забруднення.

Таблиця

Вплив кадмію та свинцю на біохімічний склад коренеплодів буряку столового
за використання різних систем удобрення

Метал	Варіант досліджу	Без металів (контроль)				Рівень забруднення ґрунту важкими металами											
						1 ГДК				3 ГДК				5 ГДК			
		Суша речовина, %	Сума цукрів, %	Вітамін С, мг/100 г	Нітрати, мг/кг	Суша речовина, %	Сума цукрів, %	Вітамін С, мг/100 г	Нітрати, мг/кг	Суша речовина, %	Сума цукрів, %	Вітамін С, мг/100 г	Нітрати, мг/кг	Суша речовина, %	Сума цукрів, %	Вітамін С, мг/100 г	Нітрати, мг/кг
Cd ²⁺	1) Без добрив (контроль)	$\frac{12,7}{0,025}$ *	11,3	12,2	1129	$\frac{12,3}{0,038}$	10,5	11,8	1226	$\frac{11,2}{0,062}$	9,7	10,6	1563	$\frac{10,4}{0,098}$	9,1	8,9	1793
	2) N ₆₈ P ₆₈ K ₆₈	$\frac{12,2}{0,016}$	10,8	13,9	1157	$\frac{12,0}{0,021}$	10,1	13,2	1198	$\frac{10,7}{0,029}$	9,5	12,4	1404	$\frac{10,5}{0,056}$	8,8	10,5	1610
	3) Біогумус 4 т/га	$\frac{13,0}{0,019}$	11,6	14,1	1196	$\frac{12,8}{0,023}$	10,9	13,5	1241	$\frac{11,5}{0,033}$	10,3	12,9	1426	$\frac{10,9}{0,061}$	9,7	11,7	1635
	4) 4)N ₃₄ P ₃₄ K ₃₄ + Біогумус 2 т/га	$\frac{13,6}{0,014}$	11,9	15,0	1068	$\frac{13,2}{0,019}$	11,5	14,3	1157	$\frac{12,6}{0,027}$	11,0	13,8	1389	$\frac{11,4}{0,045}$	10,2	12,2	1488
	5)N ₆₈ P ₆₈ K ₈₆ + 5 т/га CaCO ₃	$\frac{13,4}{0,010}$	11,4	14,5	992	$\frac{13,0}{0,014}$	11,1	14,1	1072	$\frac{12,4}{0,021}$	10,7	13,5	1273	$\frac{11,1}{0,029}$	9,5	11,8	1397
	6) Біогумус 4 т/га + 5 т/га CaCO ₃	$\frac{14,5}{0,012}$	12,2	15,3	1037	$\frac{14,1}{0,017}$	12,0	14,7	1144	$\frac{13,2}{0,025}$	11,2	14,1	1354	$\frac{12,8}{0,033}$	10,3	12,4	1416
	7) N ₃₄ P ₃₄ K ₃₄ + Біогумус 2 т/га + 5 т/га CaCO ₃	$\frac{15,3}{0,006}$	12,6	15,6	903	$\frac{14,8}{0,010}$	12,2	15,0	995	$\frac{14,5}{0,018}$	11,7	14,3	1184	$\frac{13,2}{0,026}$	10,8	12,9	1345
Pb ²⁺	1) Без добрив (контроль)	$\frac{12,6}{0,517}$	11,4	12,1	1136	$\frac{12,2}{0,698}$	10,3	11,6	1307	$\frac{10,8}{0,971}$	9,7	10,4	1684	$\frac{10,2}{1,330}$	8,8	8,6	1887
	2)N ₆₈ P ₆₈ K ₆₈	$\frac{12,0}{0,334}$	10,9	13,8	1150	$\frac{11,9}{0,435}$	10,0	13,0	1210	$\frac{10,5}{0,603}$	9,4	12,2	1488	$\frac{10,3}{0,864}$	8,6	10,4	1646
	3) Біогумус 4 т/га	$\frac{13,1}{0,295}$	11,5	14,2	1202	$\frac{12,9}{0,348}$	10,8	13,4	1253	$\frac{12,5}{0,476}$	10,1	12,8	1506	$\frac{11,4}{0,749}$	9,5	11,5	1712
	4) 4)N ₃₄ P ₃₄ K ₃₄ + Біогумус 2 т/га	$\frac{13,7}{0,236}$	11,8	15,1	1073	$\frac{13,4}{0,303}$	11,3	14,2	1168	$\frac{12,9}{0,405}$	10,9	13,6	1382	$\frac{11,7}{0,665}$	9,9	12,0	1537
	5)N ₆₈ P ₆₈ K ₈₆ +5 т/га CaCO ₃	$\frac{13,4}{0,189}$	11,5	14,6	989	$\frac{13,2}{0,246}$	11,0	13,9	1096	$\frac{13,0}{0,362}$	10,3	13,3	1303	$\frac{12,6}{0,512}$	9,3	11,7	1424
	6) Біогумус 4 т/га + 5 т/га CaCO ₃	$\frac{14,4}{0,175}$	12,3	15,2	1056	$\frac{14,2}{0,207}$	11,8	14,5	1131	$\frac{13,5}{0,283}$	11,2	13,9	1352	$\frac{13,2}{0,489}$	10,1	12,1	1489
	7) N ₃₄ P ₃₄ K ₃₄ + Біогумус 2 т/га + 5 т/га CaCO ₃	$\frac{15,2}{0,162}$	12,5	15,7	910	$\frac{15,0}{0,194}$	12,0	14,9	1024	$\frac{14,4}{0,265}$	11,6	14,1	1267	$\frac{14,0}{0,451}$	10,5	12,6	1382

*У чисельнику – суха речовина, в знаменнику – концентрація металу у варіанті. Гранично допустима концентрація (ГДК): Cd – 0,03; Pb – 0,5 мг/кг маси сирової речовини.

Слід зазначити, що зі збільшенням концентрації металів у ґрунті зростала і їх рухомість, а отже, й нагромадження ВМ рослинами. У наших дослідженнях ми також відзначали певну закономірність, а саме: з посиленням забруднення ґрунту від 1 до

5 ГДК кадмієм та свинцем концентрація нітратів у рослинах також наростала на всіх варіантах. На нашу думку, це пов'язано зі зміною активності низки ферментів через токсичний вплив іонів металів, передусім нітратредуктази, яка, власне, й відповідає на першому етапі за відновлення нітратів до аміаку, а також із нестачею деяких мікроелементів, які беруть участь в цьому процесі як каталізатори, через прояв процесів синергізму та антагонізму між макро- та мікроелементами.

Дослідженнями встановлено сильний вплив добрив і меліорантів на зменшення нагромадження важких металів і нітратів у коренеплодах буряку столового та формування якісних показників урожаю. Зокрема внесення тільки одних органічних добрив (Біогумус) у нормі 4 т/га сприяло кращому нагромадженню сухої речовини, суми цукрів і вітаміну С на всіх варіантах. Однак при цьому спостерігали і незначне збільшення концентрації нітратів. За внесення тільки одних мінеральних добрив у повній нормі відзначали меншу здатність рослин нагромаджувати цукри та аскорбінову кислоту, а також менший вміст сухих речовин порівняно з іншими варіантами. Попри те зазначимо, що найбільший вміст сухої речовини, суми цукрів та вітаміну С з найменшими концентраціями нітратів був за комплексного внесення мінеральних та органічних добрив на 4 варіанті, а особливо це проявилось на 7 варіанті на фоні вапнування. На цьому самому варіанті спостерігали найменшу концентрацію ВМ (навіть з градацією забруднення ґрунту кадмієм і свинцем у 5 ГДК їх концентрація була менша, ніж на до контролі (вар. 1) відповідно в 3,76 та 2,94 раза).

Отже, застосування органічних і мінеральних добрив у поєднанні з вапнуванням забезпечує високу якість коренеплодів буряку столового із допустимими концентраціями важких металів.

Висновки. Встановлено, що внесення органічних і мінеральних добрив у поєднанні з вапнуванням у нормі $N_{34}P_{34}K_{34}$ + Біогумус 2 т/га + 5 т/га $CaCO_3$ на забрудненому кадмієм і свинцем темно-сірому ґрунті найкраще сприяло зменшенню концентрації рухомих форм Cd^{2+} та Pb^{2+} , а отже, значно знизило їх надходження у рослини буряку столового, що забезпечило високу якість продукції, яка відповідала санітарно-гігієнічним нормам.

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 : Республиканское научное дочернее унитарное предприятие "Институт почвоведения и агрохимии", 2002. – 239 с.
3. Медведев В.В. Земельні ресурси України / В.В. Медведєв, Т.М. Лакотнікова. – К. : Аграрна наука, 1998. – 148 с.
4. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М. : Гидрометеоздат, ЦИНАО, 1992. – 61 с.
5. Рациональне використання ґрунтових ресурсів і відтворення родючості ґрунтів: організаційно-економічні, екологічні й нормативно-правові аспекти : колективна

монографія / за ред. акад. НААН С. А. Балюка, чл.-кор. АЕНУ А. В. Кучера. – Х. : Смугаста типографія, 2015. – 432 с.

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

7. 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.

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

9. Хімічна меліорація ґрунтів / за ред. С. А. Балюка, Р. С. Трускавецького, Ю. Л. Цапка. – Харків : Міськдрук, 2012. – 129 с.

Снітинський В., Дидів А. Вплив кадмію та свинцю на біохімічний склад буряку столового за використання різних систем удобрення

Дослідженнями встановлено, що найкращі біохімічні показники рослин буряку столового, вирощеного на забрудненому кадмієм та свинцем ґрунті, одержано за внесення органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування ґрунту.

Ключові слова: забруднення, важкі метали, органо-мінеральна система удобрення, вапнування, якість, буряк столовий.

Snitynskyy V., Dydiv A. Influence of cadmium and lead on the biochemical composition of table beet when using the different systems of fertilization

Research has established that the best biochemical indicators of beetroot plants grown on soil contaminated with lead and cadmium received by introduction of organic-mineral fertilizer system on the background of liming the soil.

Key words: pollution, heavy metals, organo-mineral system of fertilization, liming, quality, beetroot.

Снитынский В., Дыдив А. Влияние кадмия и свинца на биохимический состав свеклы столовой при использовании различных системы удобрения

Исследованиями установлено, что лучшие биохимические показатели растений свеклы столовой, выращенной на загрязненной кадмием и свинцом почве, получены при внесении органо-минеральной системы удобрения на фоне известкования почвы.

Ключевые слова: загрязнения, тяжелые металлы, органо-минеральная система удобрения, известкование, качество, свекла столовая.