

*Б.В. Борисюк,  
С.В. Журавель*  
кандидати сільсько-  
господарських наук

*Р.А. Залевський,*  
пошукач

*О.П. Князева,*  
аспірант

*Житомирський національний  
агроекологічний університет*

## ОСОБЛИВОСТІ НАКОПИЧЕННЯ РОСЛИНАМИ КАДМІЮ ТА СВИНЦЮ ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМ ДОБРИВ

*Досліджено накопичення кадмію та свинцю пшеницею озимою та картоплею. Встановлено коефіцієнти біологічного переходу важких металів за різних систем удобрення. Виявлено перевищення рівня ГДК у продукції за поліелементного забруднення ґрунту важкими металами на рівні слабого забруднення.*

*Ключові слова:* кадмій, свинець, нормування, важкі метали, ґрунт, система удобрення, рівень забруднення, зерно, картопля, коефіцієнт біологічного переходу.

**Постановка проблеми.** Нормування забруднення ґрунтів важкими металами (ВМ) є невід'ємною частиною контролю за станом навколишнього середовища. У свою чергу, одним із наслідків такого нормування, що стосується кожного, є контроль за надходженням ВМ у продукцію рослинництва.

Надлишкова кількість важких металів у рослинних організмах може негативно позначитися на їх розвитку. Особливо чітко це проявляється тоді, коли концентрація важких металів в ґрунті сягає значних рівнів.

Шляхи надходження важких металів в рослини різноманітні і не завжди прямолінійні. У значному ступені рівень надходження ВМ в рослини залежить від концентрації рухомих форм металів в ґрунті та особливостей біохімічних процесів в сільськогосподарських рослинах. Ці ознаки визначаються, в основному, системою удобрення та основного обробітку ґрунту. Зважаючи на цю обставину, система удобрення, для забезпечення безпеки продукції має бути максимально збалансованою з потребами рослин та оцінена з погляду особливостей міграції ВМ в системі ґрунт-рослина. Поряд із забрудненням продукції відмічається також зниження ефективності мінеральних добрив на ґрунтах із високим рівнем вмісту важких металів [1].

Проблема загострюється тим, що на даний час практично не існує альтернативних систем удобрення, які мали б високий рівень надійності щодо надходження із забруднених ґрунтів важких металів у рослини [2].

У цьому зв'язку виникає необхідність дослідити особливості поглинання культурними рослинами рухомих форм кадмію та свинцю за різних видів та співвідношення добрив. Особливу увагу слід приділяти нагромадженню у

рослинних організмах сполук кадмію та свинцю, хімічних елементів групи ВМ, які згідно з ГОСТом 17.4.1.02–83 [3] віднесені до забруднювачів першого ступеня небезпечності.

**Матеріали та методика.** Для оцінки впливу різних систем удобрення на характер міграції важких металів в системі ґрунт-рослина було проведено стаціонарний довготривалий дослід на кафедрі ґрунтознавства та землеробства Житомирського національного агроекологічного університету. Дослід закладено у 1990 р. на території дослідного господарства “Україна” (Черняхівський район, Житомирська область с. Велика Горбаша) на ясносірих лісових легкосуглинкових ґрунтах.

За схемою передбачалося вивчення чотирьох рівнів удобрення рослин із такою насиченістю:

I. 27,5 т/га гною;

II. 23,4 т/га гною + N<sub>29</sub>;

III. 18,8 т/га гною + N<sub>28</sub>P<sub>39</sub>K<sub>43</sub>;

IV. 11,2 т/га гною + N<sub>58</sub>P<sub>76</sub>K<sub>86</sub>, на фоні основного обробітку оранки.

Дослід проведено на 8-пільній сівозміні з таким чергуванням культур: багаторічні трави, пшениця озима, льон-довгунець, кукурудза на силос, жито озиме, картопля, ячмінь з підсівом багаторічних трав.

Під пшеницю озиму вносились такі норми добрив:

I. 50 т/га гною;

II. 40 т/га гною + N<sub>45</sub>;

III. 30 т/га гною + N<sub>45</sub>P<sub>30</sub>K<sub>35</sub>;

IV. N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>70</sub>.

Під картоплю вносились такі норми добрив:

I. 110 т/га гною;

II. 90 т/га гною + N<sub>35</sub>;

III. 70 т/га гною + N<sub>35</sub>P<sub>30</sub>K<sub>35</sub>;

IV. 50 т/га гною +  $N_{70}P_{60}K_{70}$ .

Вміст важких металів оцінено за багатоступеневою шкалою [4], концентрація у продукції сільськогосподарських культур відповідних державних стандартів [5, 6].

**Результати досліджень.** Вміст Cd у ґрунті на ділянках пшениці озимої знаходився у межах 0,167–0,218 мг/кг, тобто частково лежав нижче, частково у межах слабого забруднення, згідно оціночної шкали [4]. На площі, де вирощувалась картопля рівні вмісту Cd повністю знаходились у межах слабого забруднення і коливалися в діапазоні 0,212–0,243 мг/кг (табл. 1).

Вміст рухомих форм Pb на обох ділянках знаходився на рівні слабого забруднення і становив на ділянках з пшеницею озимою 6,05–7,02 мг/кг, на ділянках з картоплею 5,63–6,07 мг/кг.

Аналіз значень вмісту кадмію у продукції сільськогосподарських культур (табл. 2) не виявив перевищень ГДК у зерні пшениці озимої (діапазон вмісту лежить у межах від слідів до 0,09 мг/кг) і є найменшим за

системи удобрення I, а найбільшим за системою удобрення IV. У соломі пшениці озимої рівні вмісту Cd лежать у межах від слідів до 0,19 мг/кг. Стебло та листя пшениці озимої нагромаджують свинець у кількостях від слідів до 2,4 мг/кг.

Вміст свинцю у зерні пшениці озимої лежить у межах слідів цього елемента для всіх досліджених агрофонів. Очевидно, що на процес нагромадження цих елементів у зерні пшениці озимої істотний вплив справляє такий біологічний бар'єр як стебло та листя.

Вміст кадмію в бульбі картоплі лежить у діапазоні 0,01–0,02 мг/кг і є найменшим за системи удобрення I.

Аналіз вмісту свинцю в бульбі картоплі показав значення в межах від слідів до 0,3 мг/кг, що не перевищує рівня ГДК, встановленого для свинцю. Найменша кількість цього елемента у картоплі спостерігається за суто органічної системи удобрення I.

Розрахунок коефіцієнта біологічного переходу (табл. 3) показав, що КБП кадмію в зерно пшениці озимої лежить у межах від 0 до

### 1. Вміст Cd та Pb в орному шарі ясно-сірого лісового ґрунту, мг/кг

Культура	Варіант удобрення	Cd	Pb
Пшениця озима	I	0,185	6,28
	II	0,167	6,05
	III	0,208	7,02
	IV	0,218	6,47
Картопля	I	0,220	5,63
	II	0,243	5,69
	III	0,212	6,07
	IV	0,227	5,81
Рівень слабого забруднення [4]		0,200	5,00

### 2. Урожайність та вміст важких металів в продукції рослинництва, мг/кг

Вид продукції	Варіант удобрення	Урожайність, ц/га	Cd	ГДК Cd [5]	Pb	ГДК Pb [6]
Пшениця озима (зерно)	I	21,7	сліди	0,1	сліди	0,5
	II	21,4	0,06		сліди	
	III	21,8	0,07		сліди	
	IV	17,4	0,09		сліди	
Пшениця озима (солома)	I	—	0,12	—	сліди	—
	II	—	0,14		2,2	
	III	—	0,16		2,4	
	IV	—	0,19		2,2	
Картопля	I	200,5	0,01	0,03	сліди	0,5
	II	191,1	0,02		0,2	
	III	161,4	0,02		0,2	
	IV	155,1	0,02		0,3	

### 3. Коефіцієнт біологічного поглинання рослинами важких металів

Культура	Варіант удобрення	Cd	Pb
Пшениця озима (зерно)	I	—	—
	II	0,36	—
	III	0,34	—
	IV	0,41	—
Пшениця озима (солома)	I	0,65	0,22
	II	0,84	0,36
	III	0,77	0,34
	IV	0,87	0,34
Картопля	I	0,05	—
	II	0,08	0,04
	III	0,09	0,03
	IV	0,09	0,05

0,41. КБП для соломи пшениці озимої лежить у межах 0,65–0,87. Фактично КБП кадмію для соломи майже вдвічі більший за цей самий показник для зерна пшениці озимої.

Причиною такого значення КБП може бути явище хімічної “конкуренції” кадмію, що здатний поглинатися, наприклад, замість цинку [7], тому стебло та листя може відігравати функцію бар’єра.

Коефіцієнт біологічного поглинання свинцю для соломи коливається у межах 0–0,36. Коефіцієнт біологічного поглинання свинцю у зерно на всіх агрофонах невизначено із-за незначного вмісту Pb в зерні. Отже, стебло та листя пшениці озимої, відіграють функцію бар’єра, нагромаджують на порядок більше токсиканту у порівнянні із зерном.

Завдяки таким властивостям, стебло та листя більш, ніж удвічі знижують нагромадження кадмію та фактично повністю запобігають нагромадженню свинцю у зерні.

У зв’язку з тим, що у зерні озимої пшениці спостерігаються лише сліди Pb, можна зробити висновок про стійкість цієї культури до даного ВМ.

Коефіцієнт біологічного поглинання кадмію для бульб картоплі лежить у межах 0,05–0,09. Цей самий показник для свинцю становить 0–0,05.

Причиною більш низького коефіцієнта переходу Cd та Pb у картоплю, в порівнянні із пшеницею озимою, може бути те, що під картоплю вноситься більша кількість органічних добрив, які з одного боку привносять велику кількість необхідних мікроелементів та поживних речовин, а з другого — органічна речовина гною здатна знижувати доступність ВМ для рослин.

Для оцінки характеру нагромадження кадмію та свинцю в сільськогосподарських культурах було проведено кореляційний аналіз вмісту елементів-забруднювачів у продукції рослинництва та орному шарі і величиною урожайності (табл. 4).

Аналіз отриманих результатів щодо зерна пшениці озимої (табл. 4) виявив зв’язок між вмістом кадмію у ґрунтовому середовищі та його вмістом у зерні на рівні  $r = 52,71$ . Від’ємний кореляційний зв’язок у межах  $r = -61$ , відмічено між показником величини урожаю зерна та вмістом кадмію в зерні.

Таким чином, вміст Cd у зерні пшениці озимої знаходиться в прямій залежності від вмісту цього елемента в орному шарі ґрунту та в оберненій залежності від показника величини врожаю.

По відношенню до бульб картоплі відмічається в цілому схожа тенденція.

### 4. Значення коефіцієнтів кореляції залежно від вмісту ВМ в продукції рослинництва, ґрунті і величині врожаю

Фактори кореляції	Вміст елемента-забруднювача в ґрунті		Величина урожайності	
	Cd	Pb	Cd	Pb
Вміст забруднювачів у пшениці озимій (зерно)	52,71	—	-61,00	—
Вміст забруднювачів у картоплі	26,89	47,12	-70,60	-82,31

Зв'язок між вмістом кадмію у ґрунті та в бульбах картоплі слабкий (коефіцієнт кореляції становить  $r=26,8$ ). Між вмістом свинцю у ґрунті та в бульбах картоплі зв'язок у межах середнього і становить  $r=47,12$ . Тісний зв'язок оберненого характеру спостерігається між величиною врожайності картоплі і вмістом кадмію  $r=-70,6$  та свинцю  $r=-82,3$  у бульбах картоплі.

Таким чином, чим більше врожай бульб картоплі, тим менша кількість Cd та Pb, що поглинається на одиницю її маси.

Фактично у даному випадку, як і в ситуації із зерном пшениці озимої, ми маємо ефект "розбавлення" забруднювачів за рахунок збільшення урожаю, величина якого є найбільшою за суто органічної системи удобрення.

## ВИСНОВКИ

1. Рівні нагромадження токсикантів у картоплі лежать у межах: Cd 0,01–0,02 мг/кг, Pb від слідів до 0,3 мг/кг.

2. Зерно пшениці озимої нагромаджує на порядок менше важких металів у порівнянні

із стеблом та листям, що більш ніж удвічі знижує нагромадження кадмію та фактично повністю запобігає нагромадженню свинцю у зерні.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. До питання оцінки рівнів небезпеки забруднення ґрунтів важкими металами / А.І. Фатеев, М.М. Мірошніченко, В.Л. Самохвалова, Т.Ю. Биндич // Вісн. аграр. науки. — 1999. — № 10. — С. 59–61.
2. Жеребна Л.О. Вплив мінеральних добрив на транслокацію свинцю й кадмію у рослини ячменю із забруднених ґрунтів / Л.О. Жеребна // Вісн. аграр. науки. — 2000. — № 9. — С. 72–74.
3. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения: ГОСТ 17.4.1.02–83. — 1985-01-01. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 3 с.
4. Методика суцільного ґрунтово-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь / за ред. О.О. Созінова, Б.С. Прістера. — К., 1994. — 162 с.
5. Національний стандарт України. Пшениця. Технічні умови: ДСТУ 3768: 2010. — К.: Держспоживстандарт України, 2004. — 7 с.
6. СанПиН 42-123-4089–86 Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах. — К., 1986.
7. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. — Ленинград: Агропромиздат Ленинградское отделение, 1987. — 142 с.