

УДК 631.453:633.1 (477.44)

**ОСОБЛИВОСТІ ЗАБРУДНЕННЯ
ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ
ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ В
УМОВАХ ВІННИЦЬКОЇ
ОБЛАСТІ**

О.П. ТКАЧУК, канд. с.-г. наук,
доцент
Л.А. ЯКОВЕЦЬ, аспірант
Вінницький національний аграрний
університет

На основі аналізу літературних джерел визначено, що біля 90% важких металів, від їх загального надходження в агроєкосистеми з мінеральними добривами, накопичується у ґрунті. Решта здатна включатися в колообіг та надходити у рослинницьку продукцію, а потім в організм людини. Найбільш поширеними важкими металами, що здатні у значній мірі мігрувати з ґрунту в організм є свинець, кадмій, миш'як.

Найбільш толерантними до важких металів є озиме жито, озима пшениця, овес, ячмінь. Найвищий адаптаційний потенціал до важких металів має жито, а найменший – ячмінь. Екологічно-безпечний урожай зернових колосових культур формується при вмісті у ґрунті 1-2 кларків важких металів, а соняшнику і кукурудзи – до 4 кларків.

Найпоширеніші мінеральні добрива, що використовуються в землеробстві Вінницької області – аміачна селітра і нітроаммофоска, використовуються у високих нормах – 600 кг/га фізичної ваги, з якими у ґрунт може потрапити 174 мг/кг добрива свинцю, 202 мг/кг міді, 186 мг/кг цинку, 1,3 мг/кг кадмію та 0,4 мг/кг ртуті.

Ключові слова: важкі метали, зерно, забруднення, джерела, концентрація.

Табл. 1. Літ. 17.

Постановка проблеми. Забруднення агроєкосистем важкими металами є надзвичайно важливою та актуальною проблемою сьогодення. Небезпека їх визначається здатністю накопичуватися у ґрунті, включатися у трофічні ланцюги та передаватися ними від рослин до організму людини.

Важкі метали з організму людини виводяться дуже повільно і здатні до накопичення, головним чином, у нирках і печінці, з огляду на що, рослинна продукція, навіть із слабозабруднених територій, здатна викликати кумулятивний ефект – поступове збільшення вмісту важких металів у організмі людини [1]. Тому контролювання вмісту важких металів у зерновій продукції набуває важливого значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження з вивчення вмісту та поведінки важких металів у ґрунтах набули широкого поширення у 50-60 рр. 20 століття, а у 70-х роках – були доступні широкому загалу. На той час ці елементи мали назву «розсіяних елементів» (за В.І. Вернадським) або «мікроелементів» (за О.П.Виноградовим). А вже наприкінці 70-80 рр. 20

століття проблема мікроелементів стала переростати у проблему хімічного забруднення, що останнім часом привертає все більшої уваги. Саме з цього часу з'явився термін «важкі метали» для елементів – пріоритетних забруднювачів, спільними рисами яких є те, що вони проявляють властивості металів і мають щільність 5 г/см^3 , а відносну атомну масу 50 [2].

Термін «важкі метали», характеризується широкою групою забруднюючих речовин, який набув останнім часом значного поширення. В різних наукових і прикладних роботах автори по-різному трактують значення цього поняття. У зв'язку з цим, кількість елементів, які відносяться до групи важких металів, змінюється в широких межах. Як критерії приналежності використовуються численні характеристики: атомна маса, густина, токсичність, поширеність в природному середовищі, ступінь залучення в природні і техногенні цикли. В деяких випадках під визначення важких металів потрапляють елементи, що відносяться до крихких (наприклад, вісмут) або металоїдів (наприклад, миш'як). Переважна частина важких металів, зокрема цинк, свинець, мідь та кадмій, є токсичними [3].

Джерелами надходження важких металів у ґрунт під час вирощування зернових культур є внесення мінеральних добрив, пестицидів та вапнякових матеріалів [4].

Формулювання цілей статті. Метою нашої роботи було прослідкувати особливості кругообігу важких металів у циклі: джерело забруднення – ґрунт – рослина – людина; проаналізувати реакцію зернових культур на важкі метали, а також їх вміст у найпоширеніших добривах на основі опрацювання літературних джерел.

Виклад основного матеріалу. Найбільш небезпечними важкими металами, що забруднюють ґрунти, продукти харчування і корми є свинець, ртуть, кадмій, миш'як, цинк, нікель, мідь та інші. Приблизно 90% важких металів, що поступають в навколишнє середовище, акумулюються ґрунтами.

Важкі метали включаються в колообіг та накопичуються в продуктах харчування, а кінцевим результатом є концентрація в живих організмах. Встановлено, що близько 70% свинцю людина отримує з продуктами харчування. Вміст свинцю залежить від регіону і складає в середньому 0,01-1 мг/кг продукту. Кадмій, акумулюючись у рослинах, легко потрапляє у харчові продукти, а через них – в організм людини. Миш'як присутній у більшості харчових продуктів, оскільки широко розповсюджений в оточуючому середовищі [5].

Надходження важких металів до організму протягом тривалого періоду негативно позначається на його кровотворних органах [6; 7], а також підсилює утворення вільних радикалів, що призводить до окислення ліпідів. Отруєння важкими металами зумовлює підвищення рівня захворюваності та скорочує тривалість життя, спостерігається високий рівень мертвонароджуваності.

Постійне надходження важких металів до організму призводить до виникнення стресового фактора, а також до прихованих змін обміну речовин.

Реакція зернових культур на забруднення ґрунтів важкими металами неоднакова. Найбільш толерантні до них озиме жито, озима пшениця, овес, ячмінь. Найбільш високий адаптивний потенціал має жито, а найбільш низький – ячмінь. Екологічно безпечний урожай зернових колосових культур формується при вмісті у ґрунті важких металів на рівні 1-2 кларків або меншому вдвічі від максимально-допустимого рівня у ґрунті. Лише на фоні 5-6 кларків спостерігається пригнічення росту рослин, знижується їх продуктивність і якість продукції. Характерно, що найбільша кількість важких металів у цієї групи культур накопичується в кореневій системі та вегетативних органах. Соняшник і кукурудза витримують забруднення ґрунту важкими металами до 4 кларків або 1,0-1,5 максимально-допустимого рівня [8].

Надходження важких металів в зернову продукцію через мінеральні добрива значно менше в порівнянні із загальним забрудненням екосистем, але і відкидати їх також не можна. В добрива і пестициди важкі метали потрапляють із сировиною та в результаті недосконалості технологічних прийомів їх виробництва. При внесенні азотних добрив в ґрунт надходить 174,4 мг/кг свинцю та 1,3 мг/кг кадмію, фосфорних добрив – свинцю 138,1 мг/кг та 2,7 мг/кг кадмію (табл. 1) [9].

Таблиця 1

Вміст важких металів в добривах, мг/кг

Метали	Добрива		
	азотні	фосфорні	калійні
Свинець	174,4	138,1	196,5
Мідь	201,9	155,1	186,4
Цинк	186,4	1230,1	182,3
Кадмій	1,3	2,7	0,6
Ртуть	0,4	4,6	0,7

Основними видами мінеральних добрив, що використовуються в рослинництві та можуть містити важкі метали, є переважно азотне добриво аміачна селітра, а також комплексне – нітроаммофоска. При вирощуванні зернових та кормових культур найбільше використовують аміачну селітру, а при вирощуванні технічних культур застосовують поєднання аміачної селітри з нітроаммофоскою. Проте, як правило, норма внесеної аміачної селітри вища, ніж нітроаммофоски [10, 11, 12].

Значна популярність аміачної селітри серед сільськогосподарських виробників визначається високим вмістом мінерального азоту в добриві (34%), оптимальним поєднанням нітратної та аміачної форми азоту, швидкою дією, зручністю транспортування і внесення, низьким випаровуванням при поверхневому внесенні і недостатній кількості вологи в ґрунті, а відтак –

необов'язковістю загортання в ґрунт, малою фізіологічною кислотністю добрива, що несуттєво підкислює ґрунт. Основна перевага аміачної селітри – істотна позитивна реакція на добриво культурних рослин зростанням вегетативної маси. Величина збільшення урожайності сільськогосподарських культур від аміачної селітри, залежно від норми її внесення, може становити 30–50% [13].

Тому для подальшого підвищення врожайності й зростання економічної вигоди, виробники підвищують норми аміачної селітри при вирощуванні зернових і кормових культур до 200 кг/га і більше мінерального азоту, що у фізичній масі добрива становить 600 кг/га [14]. При вирощуванні технічних культур, норма внесення аміачної селітри може сягати 300 кг/га мінерального азоту, що відповідає 880 кг/га фізичної маси добрива [15].

Такі високі та надвисокі норми добрива можуть негативно впливати на ґрунт, адже аміачна селітра в 100 кг фізичної маси добрива містить 66 кг баласту, який утримує мінеральний азот у фіксованій формі, забезпечує гранульованість і стійкість добрива. Саме в цих 66 кг можуть міститися токсичні речовини (важкі метали, хімічні речовини), що негативно впливають на ґрунт та його мікрофлору, а як наслідок – і на культурні рослини, що вирощуються на ньому. Важкі метали в мінеральних добривах є природними домішками, що містяться в агрорудах. Найістотнішими за набором та концентраціями домішок важких металів є фосфорні добрива, а також добрива вироблені з використанням екстракційної ортофосфорної кислоти (амофоси, нітрофоски, подвійні суперфосфати). Тривале використання високих доз мінеральних добрив веде до нагромадження баластних елементів в ґрунті, що негативно впливає на його властивості, родючість та якість зернової продукції. Дослідження впливу важких металів на сільськогосподарські культури показало, що надлишкова кількість цілої низки мікроелементів (цинк, мідь, марганець) може викликати серйозні порушення росту і розвитку рослин. Нагромадження важких металів в ґрунті не викликає занепокоєння тільки до певного рівня – поки рослина може протидіяти важким металам завдяки захисному механізму кореневої системи. Водночас кадмій, свинець, ртуть і мідь належать до критичної групи речовин – ініціаторів стресу навколишнього середовища [16].

Вапнування є обов'язковою умовою вирощування екологічно чистої зернової продукції. Великі масиви ґрунтів навколо промислових центрів забруднені важкими металами. Вапнування цих ґрунтів – головний захід щодо їх детоксикації. В цьому випадку застосовують високі дози вапняних матеріалів, які у 2,5-3,0 рази перевищують нормальні, з метою створення слаболужної реакції середовища. На ґрунтах з рН 6,3-6,5 надходження в рослини токсичних елементів (радіонуклідів і важких металів) знижується в 3-8 разів [17].

Висновки і перспективи подальших досліджень. Отже, проведеним аналізом встановлено що:

1. Основним джерелом надходження важких металів у агроєкосистеми Вінницької області є використання високих норм мінеральних добрив.

2. Важкі метали здатні у значній мірі акумулюватись у ґрунті, але при підвищенні їх концентрації, вони надходять у рослини та потрапляють в організм людини.

3. Оскільки достовірної реакції зернових культур на важкі метали не досліджено, зокрема при високому ступені хімічного навантаження на агроєкосистеми, постійного контролю та моніторингу вмісту основних важких металів у зерні основних продовольчих культур не ведеться, то перспективами подальших досліджень є виявлення фактичних концентрацій важких металів у зерні основних продовольчих культур в умовах інтенсивної хімізації, яка характерна для Вінницької області.

Список використаної літератури

1. Корсак К.В. Основи сучасної екології / К.В. Корсак, О.В. Плахотнік. – К.: МАУП, 2004. – 340 с.
2. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1991. – 87 с.
3. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 160 с.
4. Сільськогосподарська екологія / За заг. ред. В.О. Головка, А.З. Злотіна, В.Л. Мешкової. – Х.: Еспада, 2009. – 624 с.
5. Ситник К.М. Біосфера, екологія, охорона природи (довідник) / К.М. Ситник, О.В. Брайон, А.В. Гордецький. – К.: Наукова думка, 1987. – 257 с.
6. Бессонова В.П. Вміст важких металів у листі дерев і чагарників в умовах техногенного забруднення різного походження / В.П. Бессонова, І.А. Зайцева // Питання біоіндикації та екології. – Вип. 13, №2. – 2008. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://sites.znu.edu.ua/bioindication/issues/13-2/bessonova_zaiuseva.pdf. – Назва з екрана.
7. Папуниди К.Х. Техногенное загрязнение окружающей среды как фактор заболеваемости животных / К.Х. Папуниди, И.А. Шкуратова. – М.: Ветеринария с.-х. животных. – 2005. – №6. – С. 80 – 82.
8. Балюк С.А. Рекомендації щодо запобігання забрудненню важкими металами ґрунтів та рослинної продукції в умовах зрошуваного землеробства / С.А. Балюк, В.Я. Ладних, А.І. Фадєєв, М.А. Захарова, Л.І. Мошник // Аграрна наука – виробництву. – К., 2000. – С. 5-9.
9. Орлов Д.С. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв. – М.: Издательство МГУ, 1994 – 272 с.
10. Грабовський М.Б. Удобрення кукурудзи: на часі економія / М.Б. Грабовський // The Ukrainian Farmer. – 2016. – № 1. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.agro-times.net>. – Назва з екрана.

11. Паламарчук В.Д. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві / В.Д. Паламарчук, І.С. Поліщук, О.М. Венедіктов. – Вінниця: ФОП Данилюк В.Г., 2011. – С. 19 – 20.
12. Лихочвор В. Система удобрення кукурудзи / В. Лихочвор // Агробізнес сьогодні, 2014. – №8. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.agro-business.com.ua>. – Назва з екрана.
13. Селітра аміачна. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://agrosience.com.ua>. – Назва з екрана.
14. Внесення азотних добрив на озимій пшениці. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://agrosience.com.ua>. – Назва з екрана.
15. Марчук І.У. Живлення та оптимальне удобрення кукурудзи / І.У. Марчук // Пропозиція. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://propozitsiya.com>. – Назва з екрана.
16. Засекін Д.А. Важкі метали у насінні кормових культур. // Вісник аграрної науки. – 2000. – №5. – С. 56-58.
17. Дегодюк Е.Г. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва. – К.: Урожай, 1992. – 317 с.

Список використаної літератури у транслітерації /References

1. Korsak K.V. Osnovy suchasnoi ekolohii / K.V. Korsak, O.V. Plakhotnik. – К.: МАУР, 2004. – 340 s.
2. Ylyn V.B. Tiazhelue metallu v systeme pochva-rastenyie / V.B. Ylyn. – Novosybyrsk: Nauka, 1991. – 87 s.
3. Alekseev Yu.V. Tiazhelue metallu v pochvakh y rastenyiakh. – L.: Ahropromyzzdat, 1987. – 160 s.
4. Silskohospodarska ekolohiia / Za zah. red. V.O. Holovka, A.Z. Zlotina, V.L. Mieshkovoii. – Kh.: Espada, 2009. – 624 s.
5. Sytnyk K.M. Biosfera, ekolohiia, okhorona pryrody (dovidnyk) / K.M. Sytnyk, O.V. Braion, A.V. Hordetskyi // - Kyiv: Naukova dumka. – 1987. – 257 s.
6. Bessonova V. P. Vmist vazhkykh metaliv u lysti derev i chaharnykyv v umovakh tekhnohennoho zabrudnennia riznoho pokhodzhennia / V. P. Bessonova, I. A. Zaitseva // Pytannia bioindyksatsii ta ekolohii. – Vyp. 13, №2. – 2008. – [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: http://sites.znu.edu.ua/bioindication/ssues/13-2/bessonova_zaiyceva.pdf. – Nazva z ekrana.
7. Papunydy K. Kh. Tekhnohenne zahriaznenne okruzhaiushchei sredy kak faktor zaboлеваemosty zhyvotnykh / K. Kh. Papunydy, Y. A. Shkuratova // M. : Veterynaryia s.-kh. zhyvotnykh. – 2005. – №6. – S. 80 – 82.
8. Baliuk S.A. Rekomendatsii shchodo zapobihannia zabrudnenniu vazhkomy metalamy hruntiv ta roslynnoi produktsii v umovakh zroshuvanoho zemlerobstva / S.A. Baliuk, V.Ia. Ladnykh, A.I. Fadeie, M.A. Zakharova, L.I. Moshnyk // Ahrarna nauka – vyrobnytstvu. – К., 2000. – S.5

9.Orlov D.S. Pochvenno-ekolohycheskyi monytorynh y okhrana pochv. – M.: Yzdatelstvo MHU, 1994 – 272 s.

10. Hrabovskyi M.B. Udobrennia kukurudzy: na chasi ekonomiiia / M.B. Hrabovskyi // The Ukrainian Farmer. – 2016. – № 1. – [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://www.agro-times.net>. – Nazva z ekrana.

11. Palamarchuk V.D. Systemy suchasnykh intensyvnykh tekhnolohii u roslynnystvi / V.D. Palamarchuk, I.S. Polishchuk, O.M. Venediktov. – Vinnytsia: FOP Danyliuk V.H., 2011. – S. 19 – 20.

12. Lykhochvor V. Systema udobrennia kukurudzy / V. Lykhochvor // Ahrobiznes sohodni, 2014. – №8. – [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://www.agro-business.com.ua>. – Nazva z ekrana.

13.Selitra amiachna. – [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://agrosience.com.ua>. – Nazva z ekrana.

14. Vnesennia azotnykh dobryv na ozymii pshenytsi. – [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://agrosience.com.ua>. – Nazva z ekrana.

15. Marchuk I.U. Zhyvlennia ta optymallye udobrennia kukurudzy / I.U. Marchuk // Propozytsiia. – [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://propozitsiya.com>. – Nazva z ekrana.

16. Zasiakin D.A. Vazhki metaly u nasinni kormovykh kultur. // Visnyk ahrarnoi nauky. – 2000. - №5. – S56-58.

17. Dehodiuk E.H. Vyroshchuvannia ekolohichno chystoi produktsii roslynnystva. – Nazva z ekrana. K.: Urozhai, 1992. – 317 s.

АНОТАЦИЯ

ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКЦИИ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ В УСЛОВИЯХ ВИННИЦКОЙ ОБЛАСТИ / ТКАЧУК А.П., ЯКОВЕЦ Л.А.

На основе анализа литературных источников определено, что около 90% тяжелых металлов, от их общего поступления в агроэкосистемы с минеральными удобрениями, накапливается в почве. Остальные способны включаться в круговорот и поступать в растениеводческую продукцию, а потом в организм человека. Наиболее распространенными тяжелыми металлами, которые способны в значительной мере мигрировать из почвы в организм – есть свинец, кадмий, мышьяк.

Наиболее толерантной к тяжелым металлам является озимая рожь, озимая пшеница, овес, ячмень. Наивысший адаптационный потенциал к тяжелым металлам имеет рожь, а наименьший – ячмень. Экологически-безопасный урожай зерновых колосовых культур формируется при содержимом в почве 1-2 кларков тяжелых металлов, а подсолнуха и кукурузы – до 4 кларков. Самые распространенные минеральные удобрения, которые используются в земледелии Винницкой области – аммиачная селитра и нитроаммофоска,

используются в высоких нормах – 600 кг/га физического веса, с которыми в почву может попасть свинца 174 мг/кг удобрения, 202 мг/кг меди, 186 мг/кг цинка, 1,3 мг/кг кадмия и 0,4 мг/кг ртути.

Ключевые слова: тяжелые металлы, зерно, загрязнение, источники, концентрация.

ANNOTATION
FEATURES OF CONTAMINATION OF GRAIN-GROWING
PRODUCTS HEAVY METALS IN THE CONDITIONS OF VINNYTSYA
AREA / ТКАЧУК О.Р., ЯКОВЕЦЬ Л.А.

On the basis of analysis of literary sources certainly, that about 90% heavy metals, from their general entering agroecosystems with mineral fertilizers, accumulate in soil. Other are able to join in a rotation and come in plant-grower products, and then in the organism of man. By the most widespread heavy metals that is able to a great extent to migrate from soil in an organism - there is lead, cadmium, arsenic.

Most tolerant to the heavy metals is winter-annual rye, winter wheat, oat, barley. The greatest adaptation potential to the heavy metals has rye, and the least is barley. The ecologically-safe harvest of ear grain-crops is formed at content in soil of 1-2 clerks of heavy metals, and sunflower and corn are to 4 clerks.

The most widespread mineral fertilizers that is used in agriculture of the Vinnytsya area is ammoniac saltpetre and nitroamofoska, are used in high norms are 600 kg/and physical weight, with that 174 mgs/of kg of fertilizer of lead, 202 mgs/of kg of copper, can get in soil, 186 mgs/of kg to zinc, 1,3 mgs/of kg to the cadmium and 0,4 mgs/of kg of mercury.

Keywords: heavy metals, grain, contamination, sources, concentration.

Авторські дані

Ткачук Олександр Петрович – канд. с.-г. наук, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету, (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3. e.mail: top@vsau.vin.ua).

Яковець Людмила Анатоліївна – аспірант кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету, (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3. e.mail: top@vsau.vin.ua).