

УДК 631.6.02. 633.26/.29

DOI: 10.37128/2707-5826-2020-1-15

**ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ  
ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ЗА  
ВИРОЩУВАННЯ БОБОВИХ  
БАГАТОРІЧНИХ ТРАВ**

**О.П. ТКАЧУК**, доктор с.-г. наук, доцент  
Вінницький національний аграрний  
університет

*Вирощування еспарцету піщаного впродовж двох років зменшило коефіцієнт концентрації свинцю у ґрунті на 74,8%, лядвенцю рогатого – на 60,6%, конюшини лучної – на 49,5%, буркуну білого – на 39,4%, люцерни посівної – на 4,0%. В той же час дворічне вирощування козлятнику східного не вплинуло на зміну коефіцієнту концентрації свинцю у ґрунті. Після дворічного вирощування еспарцету піщаного коефіцієнт концентрації кадмію зменшився на 96,5%, після конюшини лучної – на 94,2%, люцерни посівної – на 90,7%, лядвенцю рогатого – на 16,3%. Після дворічного вирощування буркуну білого і козлятнику східного коефіцієнт концентрації кадмію у ґрунті не змінився. Після дворічного вирощування еспарцету піщаного коефіцієнт концентрації міді у ґрунті зменшився на 11,9%, після буркуну білого – на 5,7%, козлятнику східного – на 4,4%, лядвенцю рогатого – на 3,1%, конюшини лучної – на 1,3% і після вирощування люцерни посівної коефіцієнт концентрації міді у ґрунті не змінився. Дворічне вирощування еспарцету піщаного сприяло зниженню коефіцієнта концентрації цинку у ґрунті на 67,5%, вирощування лядвенцю рогатого – на 55,0%, буркуну білого – на 52,5%, козлятнику східного – на 40,0%, конюшини лучної – на 27,5%. В той же час дворічне вирощування люцерни посівної не змінює коефіцієнт концентрації цинку у ґрунті.*

*Чотирирічне вирощування еспарцету піщаного сприяє зниженню коефіцієнта концентрації свинцю у ґрунті на 74,8%, чотирирічне вирощування козлятнику східного – на 55,6%, лядвенцю рогатого – на 42,4%, люцерни посівної – на 39,4%. Чотирирічне вирощування люцерни посівної знижує коефіцієнт концентрації кадмію у ґрунті на 96,5%, порівняно з дворічним терміном вирощування люцерни посівної, а решти трав – на 97,7%. За чотири роки вегетації люцерни посівної і козлятнику східного коефіцієнт концентрації міді у ґрунті знижується на 98,2%, лядвенцю рогатого – знижується на 96,9%, еспарцету піщаного – на 93,8%. Чотирирічне вирощування лядвенцю рогатого знижує коефіцієнт концентрації цинку у ґрунті на 90,0%, чотирирічне вирощування люцерни посівної і козлятнику східного – на 87,5%, еспарцету піщаного – на 72,5%.*

*Дворічне вирощування усіх досліджуваних бобових багаторічних трав зменшило сумарний показник забруднення ґрунту важкими металами. Зокрема після дворічного вирощування еспарцету піщаного він зменшився на 2,11, після*

виращування конюшини лучної – на 1,44, лядвенцю рогатого – на 1,03, люцерни посівної – на 0,82, козлятнику східного – на 0,26. За чотирирічного терміну виращування еспарцету піщаного сумарний показник забруднення ґрунту важкими металами знизився на 4,00, після чотирирічного виращування козлятнику східного – на 3,97, лядвенцю рогатого – на 3,82, люцерни посівної – зменшився на 3,80.

**Ключові слова:** важкі метали, ґрунт, сумарне забруднення, бобові багаторічні трави.

**Табл. 1. Літ. 12.**

**Постановка проблеми.** В умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, що передбачає внесення високих норм мінеральних добрив та багаторазового застосування пестицидів, у сучасному землеробстві та рослинництві постійними та незворотними процесами у агроєкосистемах України є деградація ґрунтів.

Із загальної площі ріллі в Україні, яка складає 32,4 млн. га, біля 2,6 млн. га або 8% припадає на ґрунти, що забруднені важкими металами. Значне поширення таких ґрунтів та подальша хімізація рослинництва і землеробства призводять до порушення агроценозів. Це проявляється у збідненості їх біологічного різноманіття, розімкненості кругообігу речовин, постійному вилученні сформованої біомаси культурних рослин за межі агроценозу, високій необхідності надходження антропогенної енергії до таких екосистем, скороченні трофічних ланцюгів та низькій стійкості агроценозів до несприятливих абіотичних та біотичних чинників. Ситуацію ускладнює накопичення у ґрунті не одного, а кількох важких металів одночасно. За такого стану проявляється синергічний ефект по відношенню до ґрунтової біоти – посилення токсичного впливу. Це вимагає пошуку шляхів зменшення отруєння ґрунту важкими металами на екологічних засадах.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** При надходженні до ґрунту важкі метали включаються в біогеохімічний кругообіг та починають мігрувати ланками трофічних ланцюгів [1]. За накопичення важких металів у ґрунті вище допустимої норми, вони стають токсичними для біоти та можуть активізувати або блокувати біохімічні процеси в живих організмах.

Попередніми дослідженнями встановлено, що фітотоксичність важких металів визначається їх хімічними властивостями, зокрема валентністю, іонним радіусом, здатністю утворювати комплексні сполуки; ґрунтово-кліматичними умовами (фізико-хімічні властивості ґрунту, температура, вологість) та видовими особливостями рослин і їх стійкістю до дії забруднення [2, 3].

Встановлено, що важкі метали у ґрунті знаходяться в найрізноманітніших за розчинністю та рухомістю формах, зокрема: нерозчинні, що входять до складу ґрунтових мінералів; обмінні, що перебувають у динамічній рівновазі з іонами металу в ґрунтовому розчині; рухомі та розчинні форми. Між цими

формами важких металів існує тісний взаємозв'язок, а також можливе перетворення одних форм в інші. Особливо небезпечні і токсичні рухомі форми важких металів, що можуть нагромаджуватися в ґрунті до значних концентрацій, які зумовлюють їх токсичність як для ґрунтової біоти, так і для рослин [4, 5].

Токсичний вплив важких металів на систему «ґрунт – рослина» визначається видом і хімічними властивостями забруднювача, формою сполук важких металів у ґрунті і їх трансформацією, складом і властивостями ґрунту, біологічними та фізіологічними особливостями рослин, їх фенологічних фаз росту і розвитку [6].

При оцінці небезпеки забруднення ґрунтів важкими металами, в першу чергу користуються показником загального вмісту в них важких металів. Це часто не дає об'єктивної оцінки їх забруднення з агроекологічної точки зору. Коефіцієнт засвоєння важкого металу з ґрунту рослинами є не постійний. Він залежить від таких факторів як тип ґрунту, хімічні показники середовища, кліматичні умови. Для встановлення ступеня забрудненості ґрунту важкими металами необхідно знати не лише їх вміст, але й сполуки, у складі яких вони знаходяться та фізико-хімічні властивості досліджуваного ґрунту.

Тривале внесення високих доз мінеральних добрив призводить до накопичення баластних елементів в ґрунті, що негативно впливає на його властивості, родючість та екологічну безпечність сільськогосподарської продукції. Дослідження впливу важких металів на сільськогосподарські культури виявило надлишкову кількість значної кількості мікроелементів (цинк, мідь, марганець) та може викликати суттєві порушення росту і розвитку рослин. Деякі автори вважають, що накопичення важких металів у ґрунті не викликає проблем тільки до певного рівня – допоки рослина може протистояти важким металам завдяки захисному механізму кореневої системи. Водночас кадмій, свинець, ртуть і мідь належать до критичної групи речовин – тобто ініціаторів стресу довкілля [7].

Величина ефективності переходу важких металів з ґрунту у рослини суттєво коливається від їх виду [8]. Рослини, які здатні у значних кількостях поглинати, накопичувати і утримувати важкі метали, можуть використовуватися для біологічного очищення ґрунту [9, 10].

Результати досліджень впливу важких металів на рослини бобових багаторічних трав, зокрема конюшини лучної, показали, що їх вміст у тканинах рослини перевищує гранично-допустимі концентрації. Це може свідчити про високий рівень акумуляції іонів важких металів у тканинах бобових багаторічних трав. Подальші дослідження з рослинами конюшини лучної показали, що інтенсивність накопичення ними іонів Zn зменшується, а Cu – зростає. Це пояснюється процесом адаптації рослин конюшини лучної до умов зростання при забрудненні ґрунту важкими металами, та, як наслідок, зростанням величини біологічної стійкості рослин до забруднення. Властивість

конюшини лучної накопичувати важкі метали з ґрунту може бути використана як один із методів фітотестування та фітотестування довкілля [11, 12].

**Мета статті** – вивчити вплив вирощування бобових багаторічних трав на сумарне забруднення ґрунту важкими металами.

**Матеріали і методи досліджень.** Польові дослідження проводилися впродовж 2013 – 2018 рр. у Науково-дослідному господарстві «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету. Ґрунт на дослідній ділянці – сірий опідзолений середньосуглинковий. Вивчали вплив на зміну сумарного показника забруднення ґрунту важкими металами шести видів бобових багаторічних трав: люцерни посівної (*Medicago sativa* L.), конюшини лучної (*Trifolium pratense* L.), еспарцету піщаного (*Onobrychis arenaria* Kit.), буркуну білого (*Melilotus albus* L.), лядвенцю рогатого (*Lotus corniculatus* L.) та козлятнику східного (*Galega orientalis* Lam.).

Повторність дослідів чотириразова. Облікова площа ділянки кожного варіанту польового дослідження становила 50 м<sup>2</sup>. Варіанти у досліді розміщуються систематично у 6 блоків.

Проводили наступні спостереження, обліки та вимірювання: визначення забруднення ґрунту рухомими формами важких металів проводили у сертифікованих та акредитованих лабораторіях: Випробувальному центрі Вінницької філії Державної установи «Держґрунтоохорона» Міністерства аграрної політики та продовольства України та Науково-вимірювальній агрохімічній лабораторії кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету. Проби ґрунту відбирали з шару 0–20 см відповідно до ДСТУ ISO 10381-1:2004. Визначення вмісту валових форм (після вилучення 1,0 н HCl) та рухомих форм (після вилучення ацетатно-амонійним буферним розчином рН 4,8) важких металів у ґрунті: свинцю, кадмію, міді і цинку проводили методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії відповідно до ДСТУ 4362:2004, ДСТУ 4770 (2, 3, 9): 2007. Відповідно до стандартизованих методик розраховували коефіцієнт концентрації важких металів у ґрунті та сумарний показник забрудненості ґрунту важкими металами.

**Виклад основного матеріалу.** Відношення концентрації рухомих форм важких металів у ґрунті до їх ГДК становить суть коефіцієнта концентрації, який визначають за формулою:

$$K_c = C / \text{ГДК}, \quad (1)$$

де:  $K_c$  – коефіцієнт концентрації важкого металу у ґрунті;

$C$  – концентрація рухомих форм важкого металу у ґрунті, мг/кг;

ГДК – граничнодопустима концентрація важкого металу у ґрунті, мг/кг.

Величина коефіцієнта концентрації важкого металу у ґрунті на пряму визначає його небезпеку у літосфері. Зокрема, при зменшенні коефіцієнта концентрації важких металів, у ґрунті складаються більш сприятливі умови для вирощування сільськогосподарських культур. За умови, що коефіцієнт

концентрації становить менше одиниці – у ґрунті створюються екологічно безпечні умови для росту і розвитку рослин. Коефіцієнт концентрації свинцю у ґрунті до вирощування бобових багаторічних трав становив 0,29. Вапнування ґрунту і внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню коефіцієнта концентрації свинцю на 70,7% – до 0,99 (Табл. 1).

Вирощування еспарцету піщаного впродовж двох років зменшило коефіцієнт концентрації свинцю у ґрунті на 74,8%, лядвенцю рогатого – на 60,6%, конюшини лучної – на 49,5%, буркуну білого – на 39,4%, люцерни посівної – на 4,0%. В той же час дворічне вирощування козлятнику східного не вплинуло на зміну коефіцієнту концентрації свинцю у ґрунті.

Найнижчий коефіцієнт концентрації свинцю у ґрунті спостерігався після дворічного вирощування еспарцету піщаного – 0,25, після лядвенцю рогатого він був на 35,9% вищий, після вирощування конюшини лучної – на 50,0%, буркуну білого – на 58,3%, люцерни посівної – на 73,7%, а після вирощування козлятнику східного – на 74,8% більший, ніж після вирощування еспарцету піщаного.

Таблиця 1

**Коефіцієнт концентрації важких металів і сумарний показник забрудненості ґрунту залежно від терміну вирощування бобових багаторічних трав,  $M \pm m$**

Бобові багаторічні трави	Рік вегетації трав	Pb	Cd	Cu	Zn	Сумарний показник забрудненості
До вирощування трав	×	0,99±0,01	0,86±0,03	2,27±0,03	0,40±0,01	1,52±0,03
Люцерна посівна	2	0,95±0,01	0,08±0,03	2,27±0,04	0,40±0,01	0,70±0,03
	4	0,60±0,03	0,03±0,01	0,04±0,01	0,05±0,01	- 2,28±0,07
Конюшина лучна	2	0,50±0,01	0,05±0,01	2,24±0,03	0,29±0,01	0,08±0,01
Еспарцет піщаний	2	0,25±0,03	0,03±0,01	2,00±0,04	0,13±0,01	- 0,59±0,01
	4	0,25±0,01	0,02±0,01	0,14±0,01	0,11±0,01	- 2,48±0,03
Буркун білий	2	0,60±0,01	0,86±0,01	2,14±0,03	0,19±0,01	0,79±0,01
Лядвенець рогатий	2	0,39±0,01	0,72±0,03	2,20±0,03	0,18±0,03	0,49±0,01
	4	0,57±0,03	0,02±0,01	0,07±0,01	0,04±0,01	- 2,30±0,04
Козлятник східний	2	0,99±0,01	0,86±0,04	2,17±0,03	0,24±0,01	1,26±0,03
	4	0,44±0,03	0,02±0,01	0,04±0,01	0,05±0,01	- 2,45±0,03

Джерело: власні дослідження

До вирощування бобових багаторічних трав коефіцієнт концентрації кадмію у ґрунті складав 0,86. Після дворічного вирощування еспарцету піщаного коефіцієнт концентрації кадмію зменшився на 96,5%, після конюшини лучної – на 94,2%, люцерни посівної – на 90,7%, лядвенцю рогатого

– на 16,3%. Після дворічного вирощування буркуну білого і козлятнику східного коефіцієнт концентрації кадмію у ґрунті не змінився.

Найменший коефіцієнт концентрації кадмію у ґрунті спостерігався після дворічного вирощування еспарцету піщаного – 0,03. Після дворічного вирощування конюшини лучної він був на 40,0% вищий, після люцерни посівної – на 62,5%, лядвенцю рогатого – на 95,8%, козлятнику східного і буркуну білого – був на 96,5% вищий.

На ділянці до сівби бобових багаторічних трав коефіцієнт концентрації міді у ґрунті складав 2,27. Після дворічного вирощування еспарцету піщаного коефіцієнт концентрації міді у ґрунті зменшився на 11,9%, після буркуну білого – на 5,7%, козлятнику східного – на 4,4%, лядвенцю рогатого – на 3,1%, конюшини лучної – на 1,3% і після вирощування люцерни посівної коефіцієнт концентрації міді у ґрунті не змінився.

Найменший коефіцієнт концентрації міді у ґрунті спостерігався після вирощування еспарцету піщаного – 2,00, після буркуну білого він був на 6,6% більший, після козлятнику східного – на 7,8%, лядвенцю рогатого – на 9,1%, конюшини лучної – на 10,7%, люцерни посівної – на 11,9% вищий, ніж після вирощування еспарцету піщаного.

До вирощування бобових багаторічних трав коефіцієнт концентрації цинку у ґрунті становив 0,40. Дворічне вирощування еспарцету піщаного сприяло зниженню коефіцієнта концентрації цинку у ґрунті на 67,5%, вирощування лядвенцю рогатого – на 55,0%, буркуну білого – на 52,5%, козлятнику східного – на 40,0%, конюшини лучної – на 27,5%. В той же час дворічне вирощування люцерни посівної не змінює коефіцієнт концентрації цинку у ґрунті.

Найнижчий коефіцієнт концентрації цинку у ґрунті спостерігався після дворічного вирощування еспарцету піщаного – 0,13. Після дворічного вирощування лядвенцю рогатого він був на 27,8% вищий, буркуну білого – на 31,6%, козлятнику східного – на 45,8%, конюшини лучної – на 55,2% і люцерни посівної – на 67,5% вищий, ніж після дворічного вирощування еспарцету піщаного.

Чотирирічне вирощування еспарцету піщаного сприяє зниженню коефіцієнта концентрації свинцю у ґрунті на 74,8%, чотирирічне вирощування козлятнику східного – на 55,6%, лядвенцю рогатого – на 42,4%, люцерни посівної – на 39,4%.

Найменший коефіцієнт концентрації свинцю у ґрунті спостерігався після чотирирічного вирощування еспарцету піщаного – 0,25, після вирощування козлятнику східного – на 43,2% більший, лядвенцю рогатого – на 56,1%, люцерни посівної – на 58,3% більший.

За чотири роки вирощування козлятнику східного, порівняно з дворічним терміном, коефіцієнт концентрації свинцю у ґрунті зменшився на 55,6%, люцерни посівної – на 36,9%. Після вирощування еспарцету піщаного

впродовж чотирьох років коефіцієнт концентрації свинцю у ґрунті не змінився, порівняно з дворічним терміном вирощування.

Чотирирічне вирощування люцерни посівної знижує коефіцієнт концентрації кадмію у ґрунті на 96,5%, порівняно з дворічним терміном вирощування люцерни посівної, а решти трав – на 97,7%.

Найменший коефіцієнт концентрації кадмію у ґрунті спостерігався після чотирирічного вирощування еспарцету піщаного, лядвенцю рогатого і козлятнику східного – 0,02, а після чотирирічного вирощування люцерни посівної коефіцієнт концентрації кадмію у ґрунті був на 33,3% вищий.

Чотирирічне вирощування козлятнику східного, порівняно з дворічним терміном вирощування, знижує коефіцієнт концентрації кадмію у ґрунті на 97,7%, чотирирічне вирощування лядвенцю рогатого – на 97,2% менше, люцерни посівної – на 62,5%, а еспарцету піщаного – на 33,3% менше.

За чотири роки вегетації люцерни посівної і козлятнику східного коефіцієнт концентрації міді у ґрунті знижується на 98,2%, лядвенцю рогатого – знижується на 96,9%, еспарцету піщаного – на 93,8%.

Найнижчий коефіцієнт концентрації міді у ґрунті спостерігався після чотирирічного вирощування люцерни посівної і козлятнику східного – 0,04. Після чотирирічного вирощування лядвенцю рогатого коефіцієнт концентрації міді у ґрунті був на 42,9% більший, після вирощування еспарцету піщаного – на 71,4% більший.

За чотирирічний термін вирощування люцерни посівної і козлятнику східного, порівняно з дворічним терміном, коефіцієнт концентрації міді у ґрунті знизився на 98,2%, лядвенцю рогатого – на 96,8% і еспарцету піщаного – зменшився на 93,0%.

Чотирирічне вирощування лядвенцю рогатого знижує коефіцієнт концентрації цинку у ґрунті на 90,0%, чотирирічне вирощування люцерни посівної і козлятнику східного – на 87,5%, еспарцету піщаного – на 72,5%.

Найменший коефіцієнт концентрації цинку у ґрунті спостерігався після вирощування лядвенцю рогатого – 0,04, після вирощування люцерни посівної і козлятнику східного – він був на 20,0% більший, еспарцету піщаного – на 63,6% більший.

За чотири роки вегетації, порівняно з дворічним терміном, коефіцієнт концентрації цинку у ґрунті після вирощування люцерни посівної знизився на 87,5%, після чотирирічного вирощування козлятнику східного – на 79,2% менший, після вирощування лядвенцю рогатого – на 77,8% і після вирощування еспарцету піщаного – на 15,4% менший.

Підсумовуючи результати досліджень з вивчення впливу вирощування бобових багаторічних трав на зміну коефіцієнта концентрації важких металів у ґрунті, необхідно відмітити: вапнування ґрунту та інтенсивне внесення мінеральних добрив у польових сівозмінах сприяє зростанню коефіцієнта концентрації свинцю у ґрунті на 70,7%, кадмію – на 86,0%, міді – на 20,7% і

цинку – на 35,0%; дворічне вирощування еспарцету піщаного забезпечує найменший коефіцієнт концентрації у ґрунті свинцю – 0,25, кадмію – 0,03, міді – 2,00 та цинку – 0,13; чотирирічне вирощування усіх досліджуваних бобових багаторічних трав зумовлює більш інтенсивне виведення з ґрунту важких металів, ніж дворічне їх вирощування.

В умовах забруднення ґрунту одночасно кількома важкими металами, зокрема свинцем, кадмієм, міддю і цинком, можливий синергічний ефект посилення токсичної їх дії на ґрунтову біоту та рослинність. За таких умов забруднення, необхідно розраховувати сумарний показник забрудненості ґрунту важкими металами, який враховує комплексний вплив усіх важких металів на екологічний стан ґрунтового середовища:

$$Z_c = (K_{c1} + K_{c2} + K_{c3} + K_{c4}) - (n - 1), \quad (2)$$

де:  $Z_c$  – сумарний показник забрудненості ґрунту важкими металами;

$K_c$  – коефіцієнт концентрації певного важкого металу;

$n$  – кількість врахованих важких металів, що забруднюють ґрунт.

Сумарний показник забруднення ґрунту важкими металами до сівби бобових багаторічних трав становив мінус 0,53. Після вапнування ґрунту і внесення мінеральних добрив він зріс до плюс 1,52.

Дворічне вирощування усіх досліджуваних бобових багаторічних трав зменшило сумарний показник забруднення ґрунту важкими металами. Зокрема після дворічного вирощування еспарцету піщаного він зменшився на 2,11, після вирощування конюшини лучної – на 1,44, лядвенцю рогатого – на 1,03, люцерни посівної – на 0,82, козлятнику східного – на 0,26.

Найменший сумарний показник забрудненості ґрунту важкими металами спостерігався після дворічного вирощування еспарцету піщаного – мінус 0,59. Після дворічного вирощування конюшини лучної – він був на 0,67 вищий, після вирощування лядвенцю рогатого – на 1,08, після люцерни посівної – на 1,29, після козлятнику східного – на 1,85 вищий.

За чотирирічного терміну вирощування еспарцету піщаного сумарний показник забруднення ґрунту важкими металами знизився на 4,00, після чотирирічного вирощування козлятнику східного – на 3,97, лядвенцю рогатого – на 3,82, люцерни посівної – зменшився на 3,80.

Найнижчий сумарний показник забруднення ґрунту важкими металами за чотирирічного вирощування бобових багаторічних трав спостерігався після вирощування еспарцету піщаного – мінус 2,48. На 0,03 менший сумарний показник забруднення ґрунту важкими металами був виявлений після чотирирічного вирощування козлятнику східного, на 0,18 менший – після вирощування лядвенцю рогатого, на 0,20 менший – після вирощування люцерни посівної.

Найбільше знижується сумарний показник забруднення ґрунту важкими металами за чотирирічного вирощування досліджуваних видів бобових багаторічних трав, порівняно з дворічним терміном їх вирощування, після



козлятнику східного – на 3,71. Після чотирирічного вирощування люцерни посівної – на 2,98, після лядвенцю рогатого – на 2,79, після еспарцету піщаного – на 1,89.

Підсумовуючи результати досліджень з вивчення впливу вирощування досліджуваних видів бобових багаторічних трав на зміну величини сумарного показника забруднення ґрунту важкими металами, необхідно відмітити: за дворічного вирощування бобових багаторічних трав найбільший агроекологічний вплив на зниження забруднення ґрунту рухомими формами важких металів здійснює еспарцет піщаний, а також конюшина лучна; комплексний позитивний вплив вирощування бобових багаторічних трав на зниження забруднення ґрунту рухомими формами свинцю, кадмію, міді та цинку за два роки вегетації зменшується у такій послідовності вирощуваних бобових багаторічних трав: еспарцет піщаний – конюшина лучна – лядвенець рогатий – люцерна посівна – буркун білий – козлятник східний; чотирирічне вирощування бобових багаторічних трав має більший позитивний ефект на зниження забруднення ґрунту рухомими формами важких металів. Зокрема за такого терміну вирощування бобових багаторічних трав, усі вони здійснюють подібний сумарний вплив на зменшення концентрації рухомих форм важких металів у ґрунті. Сумарне зменшення концентрації рухомих форм важких металів у ґрунті зменшується у такій послідовності вирощування бобових багаторічних трав: еспарцет піщаний – козлятник східний – лядвенець рогатий – люцерна посівна.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** В умовах сумарного забруднення ґрунту рухомими формами свинцю, кадмію, міді та цинку одночасно, знизити токсичний їх прояв на культурні рослини та ґрунтову біоту можливо за дворічного або чотирирічного вирощування бобових багаторічних трав: люцерни посівної, конюшини лучної, еспарцету піщаного, буркуну білого, лядвенцю рогатого або козлятнику східного. Найбільш швидкий та позитивний ефект на зниження комплексного забруднення ґрунту важкими металами спостерігатиметься за вирощування еспарцету піщаного.

### Список використаних джерел

1. Ильин В.Б. Тяжёлые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука, сиб. отд., 1991. 120 с.
2. Гуральчук Ж.З. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам. *Физиология и биохимия культурных растений*. Киев, 1994. Т. 26, № 2. С. 107 – 117.
3. Евсева Т., Юранева И. Механизмы поступления, распределения и детоксикации тяжелых металлов у растений. *Вестн. ин-та биологии*. Сыктывкар, 2003. № 69. С. 1–13.
4. Glime G.M. Bryophyte ecology. URL: <http://www.bryoecol.mtu.edu>. (дата звернення 07.04.2015).

5. Grodzinska K., Szarek-Lukashevskaja G. Response of mosses to the heavy metal deposition in Poland – an overview. *Environ. Pollut.*, 2001. V. 114. № 3. P. 443–451.
6. Терек О.І. Механізми адаптації та стійкості рослин до несприятливих факторів довкілля. *Журн. агробіол. та екології*. Львів, 2004. Т.1. № 1–2. С. 41–56.
7. Засєкін Д.А. Важкі метали у насінні кормових культур. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2000. № 5. С. 56 – 58.
8. Cui Y.L. Transfer of metals from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China. *Environment International*, 2004. № 30. P. 785–791.
9. Davis S.R., Cousins R.J. Metallothionein expression in animals: A physiological perspective on function. *J. Nutr.*, 2000. № 130. P. 1085–1088.
10. Francesco B. The Role of Food and Nutrition System Approaches in Tackling Hidden Hunger. *Int. J. Env. Res. Public Health.*, 2011. Vol. 8 (2). P. 358 – 373.
11. Foyer C.H., Harbinson J. Redox homeostasis and antioxidant signaling. A metabolic interface between stress perception and physiological responses. *Plant Cell.*, 2005. Vols. 17, № 5. P. 1866–1876.
12. Gechev T., Gadjeva I., Breusgem E. Hydrogen peroxide protects tobacco from oxidative stress by inducing a set of antioxidant enzymes. *Cell Mol. Life Sci.*, 2002. Vols. 59. P. 708–714.

### Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Ylyn V.B. (1991). Tiazholye metally v systeme pochva-rastenyie. [*Heavy metals in the soil-plant system*]. Novosybyrsk: Nauka, syb. otd. [in Russian].
2. Huralchuk Zh.Z. (1994). Mekhanyzmy ustoichyvosty rastenyi k tiazhelym metallam. [*Mechanisms of plant resistance to heavy metals*]. *Fyziolohyia y byokhymyia kulturnykh rastenyi – Physiology and biochemistry of cultivated plants*. Kyev. Vols. 26, № 2. 107 – 117. [in Ukrainian].
3. Evseeva T., Yuraneva Y. (2003). Mekhanyzmy postupleniya, raspredeleniya y detoksykatsyy tiazhelykh metallov u rastenyi. [*Mechanisms of receipt, distribution and detoxification of heavy metals by plants*]. *Vestn. yn-ta byolohyy – Journal of the Institute of Biology. Syktyvkar*. № 69. 1–13. [in Russian].
4. Glime G.M. (2015). Bryophyte ecology. URL: <http://www.bryoecol.mtu.edu>. [in English].
5. Grodzinska K., Szarek-Lukashevskaja G. (2001). Response of mosses to the heavy metal deposition in Poland – an overview. *Environ. Pollut.* Vols. 114. № 3. 443–451. [in English].
6. Terek O.I. (2004). Mekhanizmy adaptatsii ta stiiikosti roslyn do nespryiatlyvykh faktoriv dovkillia. [*Mechanisms of adaptation and resistance of plants to adverse environmental factors*]. *Zhurn. ahrobiol. ta ekolohii – Journal of Agrobiolology and Ecology*. Vols.1. № 1–2. 41–56. [in Ukrainian].

7. Zasiakin D.A. (2000). Vazhki metaly u nasinni kormovykh kultur. [*Heavy metals in fodder crop seeds*]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of agrarian science*. Kyiv. № 5. 56 – 58. [in Ukrainian].

8. Cui Y.L. (2004) Transfer of metals from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China. *Environment International*, № 30. P. 785–791. [in English].

9. Davis S.R., Cousins R.J. (2000). Metallothionein expression in animals: A physiological perspective on function. *J. Nutr.* № 130. P. 1085–1088. [in English].

10. Francesco B. (2011). The Role of Food and Nutrition System Approaches in Tackling Hidden Hunger. *Int. J. Env. Res. Public. Health*. Vols. 8 (2). 358 – 373. [in English].

11. Foyer C.H., Harbinson J. (2005). Redox homeostasis and antioxidant signaling. A metabolic interface between stress perception and physiological responses. *Plant Cell*. Vols. 17, № 5. 1866–1876. [in English].

12. Gechev T., Gadjiev I., Breusgem E. (2002). Hydrogen peroxide protects tobacco from oxidative stress by inducing a set of antioxidant enzymes. *Cell Mol. Life Sci*. Vols. 59. 708–714. [in English].

### **АННОТАЦИЯ**

#### **ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ БОБОВЫХ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ**

*Выращивание эспарцета песчаного в течении двух лет уменьшило коэффициент концентрации свинца в почве на 74,8%, лядвенца рогатого – на 60,6%, клевера лугового – на 49,5%, донника белого – на 39,4%, люцерны посевной – на 4,0%. В то же время двухлетнее выращивание козлятника восточного не повлияло на изменение коэффициента концентрации свинца в почве. После двухлетнего выращивания эспарцета песчаного коэффициент концентрации кадмия уменьшился на 96,5%, после клевера лугового – на 94,2%, люцерны посевной – на 90,7%, лядвенца рогатого – на 16,3%. После двухлетнего выращивания донника белого и козлятника восточного коэффициент концентрации кадмия в почве не изменился. После двухлетнего выращивания эспарцета песчаного коэффициент концентрации меди в почве уменьшился на 11,9%, после донника белого – на 5,7%, козлятника восточного – на 4,4%, лядвенца рогатого – на 3,1%, клевера лугового – на 1,3% и после выращивания люцерны посевной коэффициент концентрации меди в почве не изменился. Двухлетнее выращивания эспарцета песчаного способствовало снижению коэффициента концентрации цинка в почве на 67,5%, выращивание лядвенца рогатого – на 55,0%, донника белого – на 52,5%, козлятника восточного – на 40,0%, клевера лугового – на 27,5%. В то же время двухлетнее выращивания люцерны посевной не изменяет коэффициент концентрации цинка в почве.*

Четырехлетнее выращивание эспарцета песчаного способствует снижению коэффициента концентрации свинца в почве на 74,8%, четырехлетнее выращивания козлятника восточного – на 55,6%, лядвенца рогатого – на 42,4%, люцерны посевной – на 39,4%. Четырехлетнее выращивания люцерны посевной снижает коэффициент концентрации кадмия в почве на 96,5% по сравнению с двухлетним сроком выращивания люцерны посевной, а остальных трав – на 97,7%. За четыре года вегетации люцерны посевной и козлятника восточного коэффициент концентрации меди в почве снижается на 98,2%, лядвенца рогатого – снижается на 96,9%, эспарцета песчаного – на 93,8%. Четырехлетнее выращивания лядвенца рогатого снижает коэффициент концентрации цинка в почве на 90,0%, четырехлетнее выращивания люцерны посевной и козлятника восточного – на 87,5%, эспарцета песчаного – на 72,5%.

Двухлетнее выращивания всех исследуемых бобовых многолетних трав уменьшило суммарный показатель загрязнения почвы тяжелыми металлами. В частности после двухлетнего выращивания эспарцета песчаного он уменьшился на 2,11, после выращивания клевера лугового – на 1,44, лядвенца рогатого – на 1,03, люцерны посевной – на 0,82, козлятника восточного – на 0,26. После четырехлетнего срока выращивания эспарцета песчаного суммарный показатель загрязнения почвы тяжелыми металлами снизился на 4,00, после четырехлетнего выращивания козлятника восточного – на 3,97, лядвенца рогатого – на 3,82, люцерны посевной – уменьшился на 3,80.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, почва, суммарное загрязнение, бобовые многолетние травы.

**Табл. 1. Лит. 12.**

## ANNOTATION

### POLLUTION OF SOIL WITH HEAVY METALS WHILE GROWING PERENNIAL GRASSES

Total arable land in Ukraine amounts to 32.4 million hectares, about 2.6 million hectares or 8% is from soils contaminated with heavy metals. The widespread distribution of such soils and the subsequent chemicalisation of crop and agriculture lead to disruption of agrocenoses. The situation is complicated by the accumulation of more than one heavy metal at the same time in the soil. In such a condition, a synergistic effect is shown in relation to the soil biota - an increase in toxic effects. This requires finding ways to reduce soil poisoning by heavy metals on an environmental footing. The purpose of the article is to study the influence of growing perennial grasses on the total contamination of soil with heavy metals.

Field research was conducted during 2013 – 2018 at the Agricultural Research Institute of the Vinnytsia National Agrarian University. Soil on the experimental site – gray medium loam. The effect on the change in the total soil contamination by heavy metals of six species of legumes of perennial grasses were studied: alfalfa

sowing (*Medicago sativa* L.), meadow clover (*Trifolium pratense* L.), sand aspartate (*Onobrychis arenaria* Kit.), White turmeric (*Melilus albus* L.), the horned (*Lotus corniculatus* L.) glacier, and the eastern goat (*Galega orientalis* Lam.). The determination of the content of gross and mobile forms of heavy metals in soil: lead, cadmium, copper and zinc was performed by atomic absorption spectrophotometry according to DSTU 4362:2004, DSTU 4770 (2, 3, 9):2007. According to standardized methods, the coefficient of concentration of heavy metals in the soil and the total index of soil contamination with heavy metals were calculated.

Growing sand aspartame for two years reduced the concentration of lead in soil by 74.8%, horned glacier – 60.6%, clover meadow – by 49.5%, white clover – by 39.4%, alfalfa sowing – by 4.0%. At the same time, the two-year-old eastern goat cultivation did not affect the change in the concentration of lead in the soil. After two years of growing sand aspartame, the cadmium concentration ratio decreased by 96.5%, after clover meadow – by 94.2%, alfalfa sowing – by 90.7%, and horned glacier – by 16.3%. After two years of growing white clover and goat eastern, the coefficient of cadmium concentration in the soil did not change. After two years of cultivation of sand aspartame, the coefficient of copper concentration in the soil decreased by 11.9%, after white – by 5.7%, goat eastern – by 4.4%, glacier-horned – by 3.1%, clover meadow – by 1.3% and after the cultivation of alfalfa sowing, the coefficient of copper concentration in the soil did not change. The two-year cultivation of sand aspartame helped to reduce the zinc concentration ratio by 67.5%, the growth of horned lollipop – by 55.0%, of white clover – by 52.5%, of eastern goat – by 40.0%, of clover meadow – by 27.5%. At the same time, growing alfalfa sowing for two years does not change the zinc concentration factor in the soil.

Four-year cultivation of sand aspartic helps to reduce the concentration of lead in soil by 74.8%, four-year cultivation of goat eastern – by 55.6%, glacial horn – by 42.4%, alfalfa sowing – by 39.4%. Four-year cultivation of alfalfa sowing reduces the concentration of cadmium in the soil by 96.5%, compared with the two-year cultivation of alfalfa sowing, and the rest of herbs – by 97.7%. During the four years of vegetation of alfalfa sowing and goat eastern the coefficient of concentration of copper in the soil decreases by 98.2%, the horned glacier – decreases by 96.9%, aspartame sand – by 93.8%. Four years of horned glacier cultivation reduces the concentration of zinc in soil by 90.0%, four years of cultivation of alfalfa sowing and goat grazing – by 87.5%, and aspartic sand by 72.5%.

The two-year cultivation of all the studied legumes of perennial grasses reduced the total indicator of soil contamination by heavy metals. In particular, after two years of cultivation of sand asparagus, it decreased by 2.11, after growing clover meadow – by 1.44, horned gluten – by 1.03, alfalfa sowing – by 0.82, eastern goat – by 0.26. In the four-year period of cultivation of sand aspartame, the total indicator of soil contamination by heavy metals decreased by 4.00, after four years of

*cultivation of the Eastern goat – by 3.97, of the horned glacier – by 3.82, of alfalfa sowing – decreased by 3.80.*

**Key words:** *heavy metals, soil, total pollution, perennial legumes.*

**Tab. 1. Lit. 12.**

### **Інформація про автора**

**Ткачук Олександр Петрович** – доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 3. e-mail tkachukop@ukr.net)

**Ткачук Александр Петрович** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии и охраны окружающей среды Винницкого национального аграрного университета (21008, г. Винница, ул. Солнечная, 3. e-mail tkachukop@ukr.net)

**Tkachuk Oleksandr** – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Environmental Protection of Vinnytsia National Agrarian University. (21008, Vinnytsia, Soniachna St. 3, e-mail tkachukop@ukr.net).