

УДК 504.5:661.152.4:633.883

DOI: 10.37128/2707-5826-2020-16

**ІНТЕНСИВНІСТЬ НАКОПИЧЕННЯ
ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ЛИСТКОВІЙ
МАСІ ТА НАСІННІ РОЗТОРОПШІ
ПЛЯМИСТОЇ ЗА РІЗНОГО
ОРГАНІЧНОГО УДОБРЕННЯ**

С.Ф. РАЗАНОВ, доктор с.-г. наук,
професор

А.М. РАЗАНОВА, аспірант

А.М. ПІДДУБНА, аспірант

О.Б. ГУСАК, аспірант

Вінницький національний
аграрний університет

Вивчено вплив органічного підживлення розторопші плямистої на інтенсивність накопичення і коефіцієнти накопичення у листковій масі та насінні свинцю, кадмію, цинку та міді. Використання органічних добрив у рослинництві є важливим заходом у збільшенні обсягів виробництва продукції та підвищення її якості. Однак, використання органічних добрив також сприяє забрудненню ґрунтів важкими металами, які можуть накопичуватись в рослинах у декілька десятків разів вище порівняно з ґрунтом. Відомо, що з такими органічними добривами, як перегній та дефека́т з кожним кілограмом у ґрунт потрапляє відповідно 3,3 мг та 28 мг свинцю, 0,2 мг та 0,18 мг – кадмію, 12,1 мг та 22 мг – цинку, 19,8 мг та 6,3 мг – міді.

В результаті проведених досліджень встановлено, що при вирощуванні розторопші плямистої в умовах сучасних сільськогосподарських угідь спостерігається високий рівень накопичення у листковій масі та насінні даної рослини свинцю, кадмію, цинку та міді, що потребує постійного контролю за їх вмістом.

За результатами досліджень встановлено, що підживлення розторопші плямистої органічними добривами підвищує коефіцієнт накопичення свинцю, кадмію, цинку та міді у її листковій масі та насінні, особливо за використання перегною та дефека́ту, порівняно менше – за використання сидератів. При вирощуванні розторопші плямистої після чотирирічного попередника люцерни посівної дає можливість очистити ґрунти від важких металів внаслідок фіторемедіації та знизити у листковій масі та насінні концентрацію свинцю, кадмію, цинку та міді нижче гранично допустимих концентрацій.

Ключові слова: листкова маса, насіння, розторопша плямиста, свинець, кадмій, цинк, мідь, коефіцієнт накопичення, коефіцієнт небезпеки, перегній, дефека́т, сидерати, радіонукліди, пестициди, нітрати, лікарські рослини, ґрунти, важкі метали, джерело забруднення.

Табл. 6. Літ.10.

Постановка проблеми. Серед великого різноманіття техногенних поллютантів лікарських рослин вагомим джерелом їх забруднення, поряд з радіонуклідами, пестицидами, нітратами, кислотами та ін. є важкі метали. Накопичуючись у значних кількостях у ґрунтах, важкі метали призводять до

погіршення їх екологічного стану, зниження продуктивності рослин та якості продукції. Надходячи до лікарських рослин, вони потрапляють і до лікарських засобів, чим істотно погіршують процес лікування та можуть бути причиною загострення хвороб людини.

За літературними даними, до важких металів відносять більше 40 хімічних елементів з атомною масою понад 50 атомних одиниць маси та питомою вагою понад 5 г/см³ [1]. Токсичність їх зумовлена такими фізико-хімічними властивостями, як електронною конфігурацією, електронегативністю, іонізацією, величиною окисно-відновного потенціалу, спорідненістю до окремих хімічних груп, здатністю проникати через клітинну оболонку і утворювати комплекси на поверхні та всередині клітини, а також із структурно-функціональною організацією біологічного об'єкту [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення адаптації окремих видів лікарських рослин, що ростуть поблизу потенційних джерел надходження важких металів дає можливість з'ясувати рівень транспортування через ґрунт до лікарських рослин даних токсикантів та визначити рівень їх біологічної стійкості до забруднення. Завдяки цьому можна встановити доцільність використання таких лікарських рослин для підвищення або кореляції резистентності організму до дії негативних факторів навколишнього природного середовища [3]. Оскільки з лікарської сировини важкі метали переходять у лікарські препарати, а потім надходять в організм людини, вживання лікарських рослин, зібраних на територіях із підвищеним вмістом важких металів, може загрожувати здоров'ю людини, створюючи негативний вплив на роботу внутрішніх органів та фізіологічні процеси організму в цілому [4].

Лікарські рослини по-різному засвоюють деякі метали. Наприклад, свинець навіть при високій концентрації в ґрунті знаходиться в слаботорозчинних з'єднаннях і тому рівень його в рослині буде меншим. Цинк – сильно накопичується лікарськими рослинами і утримується в них; мідь і кадмій – слабо накопичуються і сильно утримуються; свинець – слабо накопичується і слабо утримується в рослинах [5, 6].

Важкі метали, що надходять в атмосферу і до ґрунту, активно впливають на лікарські рослинні. В свою чергу, забруднений важкими металами ґрунт стає вторинним джерелом забруднення лікарських рослин. Вміст важких металів у лікарській рослинній сировині в 2-4 рази перевищує їх вміст у ґрунті [7, 8].

Забруднення важкими металами лікарських рослин і накопичення їх біотичними компонентами екосистем відбувається під впливом двох основних факторів – природного і антропогенного, явне переважання антропогенного джерела забруднення спостерігається в останні десятиліття. Негативним наслідком антропогенної зміни навколишнього середовища є значне зростання рівнів вмісту важких металів у його компонентах, зокрема, в ґрунтах і

лікарських рослинах, серед яких свинець, кадмій, мідь та цинк визнані одними з найбільш небезпечних поллютантів [9, 10].

Мета статті полягає у вивченні інтенсивності накопичення важких металів у листовій масі та насінні розторопші плямистої при вирощуванні її після сидерату (гірчиця), попередника люцерни посівної, підживлення перегноєм і дефекатом.

Матеріали і методи досліджень. Польові дослідження проводили впродовж 2018-2020 рр. Схема досліджень включала п'ять варіантів досліду в чотириразовій повторності. Перший варіант досліджень включав вирощування розторопші плямистої після попередника пшениці озимої (контроль). Другий варіант досліджень включав вирощення розторопші плямистої за підживлення перегноєм (20 т/га) після попередника пшениці озимої. Третій варіант досліджень включав вирощення розторопші плямистої за підживлення дефекатом (6 т/га) після попередника пшениці озимої. Четвертий варіант досліджень охоплював вирощування розторопші плямистої за удобрення сидератом (гірчиця) після попередника пшениці озимої. П'ятий варіант досліджень був спрямований на вирощування розторопші плямистої після чотирирічного попередника люцерни посівної.

Виклад основного матеріалу. Використання органічних добрив у рослинництві є важливим заходом у збільшенні обсягів виробництва продукції та підвищення її якості. Однак, використання органічних добрив також сприяє забрудненню ґрунтів важкими металами, які можуть накопичуватись в рослинах у декілька десятків разів вище порівняно з ґрунтом. Відомо, що з такими органічними добривами, як перегній та дефекаат з кожним кілограмом у ґрунт потрапляє відповідно 3,3 мг та 28 мг свинцю, 0,2 мг та 0,18 мг – кадмію, 12,1 мг та 22 мг – цинку і 19,8 мг та 6,3 мг – міді.

Враховуючи те, що розторопша плямиста відноситься до рослин з високою інтенсивністю накопичення даних металів, нами було вивчено вплив різного органічного удобрення на інтенсивність накопичення свинцю, кадмію, цинку та міді у листовій масі та насінні даної культури.

Аналіз результатів досліджень, відображених у таблиці 1 показав, що за удобрення перегноєм концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді підвищилась у листовій масі розторопші плямистої відповідно на 5,1 %, 18,2 %, 53,1 % та 20,4 %. За удобрення дефекатом концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді підвищилась у листовій масі розторопші плямистої відповідно на 25,9 %, 13,6 %, 10,2 % та 10,5 %.

При вирощуванні розторопші плямистої після сидератів та бобових багаторічних трав концентрація свинцю знизилась відповідно на 8,6 % та 2,4 раза, кадмію – на 9,1 % та 2,6 раза. Концентрація цинку за використання сидерату (гірчиця), залишилась на фоні контрольного варіанту, тоді як за попередника люцерни посівної вона була нижча у 9,0 раза. Концентрація міді у листовій масі розторопші плямистої за вирощування її після сидерату була

Таблиця 1

**Концентрація важких металів у листковій масі розторопші плямистої,
мг/кг в абсолютно сухій речовині, (n = 4, (m ± m))**

Варіант дослід	Особливості удобрення	Важкі метали							
		Свинець		Кадмій		Цинк		Мідь	
		Факт. конц.	ГДК	Факт. конц.	ГДК	Факт. конц.	ГДК	Факт. конц.	ГДК
1	Без удобрення	8,1±0,12	5,0	1,1±0,04	1,0	49±2,1	10	14,2±0,80	5,0
2	Перегній, 20 т/га	9,7±0,08	5,0	1,3±0,03	1,0	75±2,4	10	17,1±0,73	5,0
3	Дефекат, 6 т/га	10,2±0,07	5,0	1,28±0,01	1,0	54±1,2	10	15,7±0,61	5,0
4	Сидерат (гірчиця)	7,4±0,14	5,0	1,0±0,07	1,0	49±1,8	10	15,0±0,54	5,0
5	4-річний попередник (люцерна посівна)	3,4±0,12	5,0	0,42±0,01	1,0	5,4±1,3	10	2,3±0,09	5,0

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

вища у 1,05 раза, а після чотирирічного попередника люцерни посівної – у 6,1 раза нижча порівняно з контролем.

Результати досліджень також показали, що концентрація важких металів у листі розторопші плямистої перевищували ГДК у всіх варіантах, окрім використання чотирирічного попередника люцерни посівної. Зокрема, у контрольному варіанті концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді була вища за ГДК відповідно у 1,62 раза, 1,1 раза, 4,9 раза та 2,8 раза.

За удобрення перегноєм концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді у листковій масі розторопші плямистої була вища за ГДК відповідно у 1,94 раза, 1,3 раза, 7,5 раза та 3,42 рази.

При удобренні дефекатом концентрація у листковій масі свинцю, кадмію, цинку та міді була вища за ГДК відповідно 2,04 раза, 1,28 раза, 5,4 раза та 3,14 раза.

При вирощуванні розторопші плямистої після удобрення сидератами концентрація свинцю у листковій масі була вища порівняно з ГДК у 1,48 раза, цинку – у 4,9 раза та міді – у 3,0 рази.

При вирощуванні розторопші плямистої після чотирирічного попередника (люцерна посівна) у її листковій масі концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді була нижча за ГДК відповідно у 1,47 раза, 2,38 раза, 1,85 раза та 2,17 раза.

Найнижча концентрація важких металів спостерігалась у листковій масі розторопші плямистої за вирощування її після чотирирічного попередника

люцерни посівної. Так, у листовій масі розторопші плямистої при вирощуванні її після люцерни посівної порівняно з аналогічною сировиною вирощеною за удобрення перегноєм, дефекатом та сидератом концентрація свинцю була нижча відповідно у 2,85 раза, 3,0 раза та 2,2 раза, кадмію – у 3,1 раза, 3,0 раза та 2,4 раза, цинку – у 13,8 раза, 10 разів та 9,1 раза, міді – у 7,4 раза, 6,8 раза та 6,5 раза.

Коефіцієнт накопичення важких металів у листовій масі розторопші плямистої (Табл. 2) показав, що даний показник коливався по свинцю від 2,8 до 3,9, кадмію – від 10 до 11,6, цинку – від 1,13 до 5,3 та міді – від 2,87 до 6,2.

Таблиця 2

Коефіцієнт накопичення важких металів у листовій масі розторопші плямистої

Варіант досліджу	Особливості удобрення	Важкі метали			
		Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь
1	Без удобрення	3,1	11	4,8	5,9
2	Перегній, 20 т/га	3,6	10,8	5,3	6,1
3	Дефекат, 6 т/га	3,9	11,6	4,9	6,2
4	Сидерат (гірчиця)	2,8	10	4,9	6,2
5	4-річний попередник (люцерна посівна)	2,8	10,5	1,13	2,87

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Найнижчий коефіцієнт накопичення свинцю, кадмію, цинку та міді у листовій масі розторопші плямистої спостерігався за її вирощування після чотирирічного попередника люцерни посівної, тоді як найвищий – за підживлення дефекатом (Табл. 3).

Таблиця 3

Коефіцієнт небезпеки важких металів у листовій масі розторопші плямистої

Варіант досліджу	Особливості удобрення	Важкі метали			
		Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь
1	Без удобрення	1,62	1,1	4,9	2,84
2	Перегній, 20 т/га	1,94	1,3	7,5	3,42
3	Дефекат, 6 т/га	2,04	1,28	5,4	3,14
4	Сидерат (гірчиця)	1,48	1,0	4,9	3,0
5	4-річний попередник (люцерна посівна)	0,68	0,42	0,54	0,46

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Аналіз коефіцієнта небезпеки важких металів у листковій масі розторопші плямистої показав, що даний показник коливався від 0,68 до 2,04 по свинцю, від 0,42 до 1,3 – по кадмію, від 0,54 до 5,4 – по цинку та від 0,46 до 3,42 – по міді. Найнижчий коефіцієнт небезпеки свинцю, кадмію, цинку та міді виявився в листковій масі розторопші плямистої при вирощуванні її після чотирирічного попередника люцерни посівної. Найвищий коефіцієнт небезпеки свинцю у листковій масі розторопші плямистої був за підживлення дефекатом, кадмію, цинку та міді – за внесення перегною. Так, концентрація свинцю у листковій масі розторопші плямистої за підживлення її дефекатом, перегномом, сидератом була вища відповідно у 2,85 раза, 3,0 раза та 2,17 раза порівняно з аналогічною сировиною при вирощуванні її після чотирирічного попередника люцерни посівної. Коефіцієнт небезпеки кадмію у листковій масі розторопші плямистої за підживлення перегномом, дефекатом та сидератом був вищий відповідно у 3,1 раза, 3,0 раза та 2,38 раза порівняно з аналогічною сировиною одержаною після чотирирічного попередника люцерни посівної. Коефіцієнт небезпеки цинку та міді у листковій масі розторопші плямистої був вищий відповідно за підживлення перегномом у 13,8 раза і 7,4 раза, дефекатом – у 10 разів і 6,8 раза та сидератом – у 9,0 раза і 6,5 раза порівняно з аналогічною сировиною вирощеною після чотирирічного попередника люцерни посівної.

Таблиця 4

**Вміст важких металів у насінні розторопші плямистої,
мг/кг в абсолютно сухій речовині, (n = 4,(m ± m))**

Варіант дослідження	Особливості удобрення	Важкі метали							
		Свинець		Кадмій		Цинк		Мідь	
		Факт. конц.	ГДК	Факт. конц.	ГДК	Факт. конц.	ГДК	Факт. конц.	ГДК
1	Без удобрення	3,1±0,4	0,5	0,37±0,031	0,1	78±4,1	50	17,5±0,23	10
2	Перегній, 20 т/га	3,4±0,09	0,5	0,4±0,011	0,1	98±1,3	50	19,2±0,31	10
3	Дефекат, 6 т/га	4,1±0,43	0,5	0,68±0,014	0,1	81±7,4	50	18,1±0,27	10
4	Сидерат (гірчиця)	3,1±0,23	0,5	0,37±0,013	0,1	75±2,1	50	16,0±0,31	10
5	4-річний попередник (люцерна посівна)	0,5±0,27	0,5	0,08±0,007	0,1	27±3,4	50	7,5±0,27	10

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Характеризуючи концентрацію важких металів у насінні розторопші плямистої (Табл. 4) необхідно відмітити, що даний показник коливався по

свинцю від 0,5 мг/кг до 4,1 мг/кг, кадмію – від 0,08 мг/кг до 0,68 мг/кг, цинку – від 27 мг/кг до 98 мг/кг та міді – від 7,5 мг/кг до 19,2 мг/кг.

Найнижча концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді спостерігалась у насінні розторопші плямистої при вирощуванні її після чотирирічного попередника люцерни посівної. Найвища концентрація свинцю і кадмію спостерігалась у насінні розторопші плямистої за підживлення її дефекатом, а цинку і міді – за використання перегною. Зокрема, концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді у насінні розторопші плямистої за підживлення перегномом, була вища відповідно у 6,8 раза, 4,6 раза, 2,8 раза і 2,5 раза, дефекатом – у 8,2 раза, 8,5 раза, 3,0 раза і 2,4 раза та сидератом – у 2,6 раза, 4,6 раза, 2,7 раза і 2,1 раза порівняно з аналогічною сировиною одержаною за чотирирічного попередника люцерни посівної. Концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді у насінні розторопші плямистої за підживлення перегномом була вища порівняно з аналогічною сировиною одержаною без підживлень відповідно у 1,1 раза, 1,08 раза, 1,25 раза та 1,03 раза. За підживлення розторопші плямистої дефекатом концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді у насінні була вища порівняно з контролем відповідно у 1,3 раза, 1,83 раза, 1,04 раза та 1,03 раза.

За вирощування розторопші плямистої після сидерату концентрація свинцю та кадмію була на рівні з контролем, зокрема, 3,1 мг/кг і 0,37 мг/кг, а цинку та міді дещо нижча, відповідно у 1,04 раза та 1,09 раза.

У варіанті при вирощуванні розторопші плямистої після чотирирічного попередника люцерни посівної концентрація кадмію, цинку і міді була нижча у насінні відповідно у 4,6 раза, 2,8 та 2,3 раза порівняно з контролем.

Порівнюючи відповідність концентрації важких металів гранично допустимим рівням (ГДК) у насінні розторопші плямистої необхідно відмітити, що за використання у якості удобрення перегною, дефекату та сидерату даний показник був вищий за встановлену норму, тоді як при вирощуванні даної культури після чотирирічного попередника люцерни посівної, навпаки, нижчий.

Так, концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді у насінні розторопші плямистої була вища ГДК за підживлення перегномом відповідно у 6,8 раза, 4,0 раза, 1,96 раза та 1,92 раза, дефекатом – у 8,2 раза, 6,8 раза, 1,62 раза та 1,81 раза, сидерату – у 6,2 раза, 0 разів, 1,5 раза та 1,6 раза. При вирощуванні розторопші плямистої після чотирирічного попередника люцерни посівної концентрація кадмію, цинку та міді була нижча за ГДК відповідно у 1,25 раза, 1,8 раза та 1,33 раза, концентрація свинцю була на рівні ГДК.

Аналіз коефіцієнта накопичення у насінні розторопші плямистої (Табл. 5) показав, що даний показник був у межах від 0,41 до 1,4 по свинцю, від 2,0 до 6,8 по кадмію, від 5,6 до 9,8 по цинку та від 6,6 до 9,3 по міді.

Найнижчий коефіцієнт накопичення у насінні розторопші плямистої свинцю, кадмію, цинку та міді спостерігався при вирощуванні її після

Таблиця 5

Коефіцієнт накопичення важких металів у насінні розторопші плямистої

Варіант досліджу	Особливості удобрення	Важкі метали			
		Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь
1	Без удобрення	1,2	3,7	7,8	7,3
2	Перегній, 20 т/га	1,3	4,0	9,8	6,8
3	Дефекат, 6 т/га	1,4	6,8	8,1	7,2
4	Сидерат (гірчиця)	1,2	3,7	7,5	6,6
5	4-річний попередник (люцерна посівна)	0,41	2,0	5,6	9,3

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

чотирирічного попередника люцерни посівної, а міді – при вирощуванні даної культури після сидератів. Поряд з цим необхідно відмітити, що коефіцієнт накопичення свинцю, кадмію та цинку був вищий відповідно за підживлення перегноєм у 1,08 раза, 1,08 раза та 1,25 раза, дефекатом – у 1,16 раза, 1,83 раза та 1,03 раза порівняно з аналогічною сировиною одержаною без підживлення. При вирощуванні розторопші плямистої після сидерату коефіцієнт накопичення у насінні свинцю і кадмію був на рівні з контролем, а цинку і міді – нижче відповідно у 1,04 раза і 1,1 раза. При вирощуванні розторопші плямистої після чотирирічного попередника люцерни посівної, коефіцієнт накопичення свинцю, кадмію та цинку у насінні був нижчий відповідно у 2,9 раза, 1,85 раза та 1,04 раза, а міді вищий у 1,27 раза.

Таблиця 6

Коефіцієнт небезпеки важких металів у насінні розторопші плямистої

Варіант досліджу	Особливості удобрення	Важкі метали			
		Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь
1	Без удобрення	6,2	3,7	1,56	1,75
2	Перегній, 20 т/га	6,8	4,0	1,96	1,92
3	Дефекат, 6 т/га	8,2	6,8	1,62	1,81
4	Сидерат (гірчиця)	6,2	3,7	1,5	1,60
5	4-річний попередник (люцерна посівна)	1,0	0,8	0,54	0,75

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Аналізуючи коефіцієнт небезпеки важких металів у насінні розторопші плямистої (див. Табл. 6) необхідно відмітити, що даний показник коливався по свинцю від 1,0 до 8,2, кадмію – від 0,8 до 6,8, цинку – від 0,54 до 1,56 та міді – від 0,75 до 1,75. Найнижчий коефіцієнт небезпеки важких металів був у насінні розторопші плямистої при вирощуванні її після чотирирічного попередника люцерни посівної.

Водночас необхідно відмітити, що коефіцієнт небезпеки свинцю, кадмію, цинку та міді у насінні розторопші плямистої був вищим за підживлення її перегноєм відповідно у 1,09 раза, 1,08 раза, 1,25 раза та 1,09 раза, а дефекатом – у 1,32 раза, 1,83 рази, 1,05 рази та 1,04 рази порівняно з контролем. За використання сидерату коефіцієнт небезпеки свинцю та кадмію був на рівні з контролем, а цинку і міді – нижчий у 1,04 раза і 1,09 раза. Коефіцієнт небезпеки свинцю, кадмію, цинку та міді у насінні розторопші плямистої за вирощення її після чотирирічного попередника люцерни посівної був нижчим у 6,2 раза, 4,6 раза, 2,8 раза та 2,3 раза відповідно порівняно з контролем.

Висновки і перспективи подальших досліджень. В результаті проведених досліджень встановлено, що при вирощуванні розторопші плямистої в умовах сучасних сільськогосподарських угідь спостерігається високий рівень накопичення у листовій масі та насінні свинцю, кадмію, цинку та міді, що потребує постійного контролю за вмістом даних токсикантів у цій культурі.

За результатами досліджень встановлено, що підживлення розторопші плямистої органічними добривами підвищує коефіцієнт накопичення свинцю, кадмію, цинку та міді у її листовій масі та насінні, особливо за використання перегною та дефекату, порівняно менше за використання сидератів. Тоді як при вирощуванні розторопші плямистої після чотирирічного попередника люцерни посівної без використання підживлення даної культури протягом даного періоду дає можливість очистити ґрунти від важких металів внаслідок фітореMediaції та знизити у листовій масі та насінні концентрацію свинцю, кадмію, цинку та міді нижче гранично допустимих концентрацій.

Список використаної літератури

1. Мислива Т. М., Надточій П. П., Герасимчук Л. О. Ведення сільськогосподарського виробництва у приватному секторі в умовах посиленого антропогенного впливу на навколишнє середовище. Житомир: ПП «Рута». 2011. 50 с.
2. Орлов Д. С., Садовникова Л. К., Лозановская И. Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М.: Высш. шк. 2002. 334 с.
3. Довгопола К. А., Гаркава К. Г. Вплив важких металів на імунотропні властивості *hypericum perforatum* L., *taraxacum officinale* W., *cichorium intybas* L. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова*. 2012. Серія № 20. №4. С.165-171.

4. Razanov S.F., Tkachuk O.P., Razanova A.M., Bakhmat M.I., Bakhmat O.M. Intensity of heavy metal accumulation in plants of *Silybum marianum* L. in conditions of field rotation. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. 10 (2). 131-136.

5. Довгопола К. А. Екологічна оцінка вмісту важких металів у ґрунті та *Trifolium pratense* L. *Проблеми екологічної біотехнології*. 2016. № 1. С. 3-7.

6. Angle J. S., Linacre N. A. Metal phytoextraction-a survey of potential risks. *Int J Phytoremediation*. 2005. 7 (3). P. 241-54.

7. Разанов С. Ф., Ткачук О. П. Інтенсивність забруднення ґрунту важкими металами за вирощування бобових багаторічних трав. *Агрпромишлеве виробництво Полісся*. 2017. Вип. 10. С. 53-55.

8. Корнелюк Н. М. Еколого-гігієнічна оцінка забруднення ґрунту важкими металами, як показника інтенсивності техногенного впливу. *Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського*. 2007. Вип. 2 (43). Ч. 2. С. 119-121.

9. Жовинский Э.Я., Кураева И.В. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины. К.: Наук.,думка, 2002. 213 с.

10. Цикало А. Л., Космачова А. М., Смірнов В. М. Експериментальне дослідження накопичення важких металів рослинами та перспективи використання рослин для попередження забруднення довкілля урбанізованих територій. *Холодильна техніка та технологія*. 2015. 51(6). С.78-83.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Myslyva T. M., Nadtochii P. P., Herasymchuk L. O. (2011). Vedennia silskohospodarskoho vyrobnytstva u pryvatnomu sektori v umovakh posylenoho antropohennoho vplyvu na navkolyshnie seredovyshe [Conducting agricultural production in the private sector in conditions of increased anthropogenic impact on the environment]. Zhytomyr: PP «Ruta». [in Ukrainian].

2. Orlov D. S., Sadovnykova L. K., Lozanovskaia Y. N. (2002). Ekolohyia y okhrana byosfery pry khymycheskom zahriaznenyy [Ecology and protection of the biosphere in case of chemical pollution]. М.: Vyssh. shk. [in Russian].

3. Dovhopola K. A., Harkava K. H. (2012). Vplyv vazhkykh metaliv na immunotropni vlastyvoli hypericum perforatum L., taraxacum officinale W., cichorium intybas L. [Influence of heavy metals on immunotropic properties hypericum perforatum L., taraxacum officinale W., cichorium intybas L.]. *Naukovyi chasopys Natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni M.P. Drahomanova. Seriiia № 20. №4. S.165-171.* [in Ukrainian].

4. Razanov S. F., Tkachuk O. P., Razanova A. M., Bakhmat M. I., Bakhmat O. M. (2020). Intensity of heavy metal accumulation in plants of *Silybum marianum* L. in conditions of field rotation. *Ukrainian Journal of Ecology*. 10 (2). 131-136. [in Ukrainian].

5. Dovhopola K. A. (2016). Ekolohichna otsinka vmistu vazhkykh metaliv u hrunti ta *Trifolium pratense* L. [Ecological assessment of heavy metals in soil and *Trifolium pratense* L.]. *Problemy ekolohichnoi biotekhnolohii – Problems of ecological biotechnology*. № 1. 3-7. [in Ukrainian].

6. Angle J. S, Linacre N. A. (2005). *Metal phytoextraction-a survey of potential risks. Int J Phytoremediation*. 2005. 7(3). P. 241-54. [in English].

7. Razanov S. F., Tkachuk O. P. (2017). Intensity of soil contamination with heavy metals during the cultivation of perennial legumes [Intensity of soil contamination with heavy metals during the cultivation of perennial legumes]. *Ahropromyslove vyrobnytstvo Polissia – Agro-industrial production of Polissya*. Issue. 10. 53-55. [in Ukrainian].

8. Korneliuk N. M. (2007). Ekoloho-higienichna otsinka zabrudnennia hruntu vazhkymy metalamy, yak pokaznyka intensyvnosti tekhnogenoho vplyvu [Ecological and hygienic assessment of soil pollution by heavy metals as an indicator of the intensity of man-made impact]. *Visnyk KDPU imeni Mykhaila Ostrohradskoho – Bulletin of the Mykhailo Ostrohradsky State Pedagogical University*. Issue. 2 (43). Ch. 2. 119-121. [in Ukrainian].

9. Zhovynskyi E. Ia., Kuraeva Y. V. (2002). Heokhymia tiazhelikh metallov v pochvakh Ukrainy [Geochemistry of heavy metals in the soils of Ukraine]. K.: Nauk., dumka. [in Ukrainian].

10. Tsykalo A. L., Kosmachova A. M., Smirnov V. M. (2015). Eksperymentalne doslidzhennia nakopychennia vazhkykh metaliv roslynamy ta perspektyvy vykorystannia roslyn dlia poperedzhennia zabrudnennia dovkillia urbanizovanykh terytorii [Experimental study of the accumulation of heavy metals by plants and prospects for the use of plants to prevent environmental pollution in urban areas]. *Kholodylna tekhnika ta tekhnolohiia – Refrigeration equipment and technology*. 51(6). 78-83. [in Ukrainian].

АННОТАЦИЯ

ИНТЕНСИВНОСТЬ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЛИСТОВОЙ МАССЕ И СЕМЕНАХ РАСТОРОПШИ ПЯТНИСТОЙ ПРИ РАЗНЫХ ВИДАХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Изучено влияние органической подкормки расторопши пятнистой на интенсивность накопления и коэффициент накопления в листовой массе и семенах свинца, кадмия, цинка и меди. Использование органических удобрений в растениеводстве является важным мероприятием в увеличении объемов производства продукции и повышения ее качества. Однако, использование органических удобрений также способствует загрязнению почв тяжелыми металлами, которые могут накапливаться в растениях в несколько десятков раз выше по сравнению с почвой. Известно, что с такими органическими удобрениями, как перегной и дефека́т с каждым килограммом в почву попадает соответственно 3,3 мг и 28 мг – свинца, 0,2 мг и 0,18 мг – кадмия, 12,1 мг и 22 мг – цинка и 19,8 мг и 6,3 мг – меди. В результате проведенных исследований установлено, что выращивание расторопши пятнистой в условиях современных сельскохозяйственных угодий сохраняет высокий уровень накопления в листовой массе и семенах свинца, кадмия, цинка и меди,

что требует постоянного контроля за содержанием данных токсикантов в этом сырье. По результатам исследований установлено, что подкормка расторопши пятнистой органическими удобрениями повышает коэффициент накопления свинца, кадмия, цинка и меди в ее листовой массе и семенах, особенно при использовании перегноя и фекалита, сравнительно меньше при использовании сидератов. Тогда как выращивание расторопши пятнистой после четырехлетнего предшественника люцерны посевной без использования подкормки данной культуры в течение данного периода дает возможность очистить почву от тяжелых металлов вследствие фиторемедиации и снизить в листовой массе и семенах концентрацию свинца, кадмия, цинка и меди ниже предельно допустимых концентраций.

Ключевые слова: листовая масса, семена, расторопша пятнистая, свинец, кадмий, цинк, медь, коэффициент накопления, коэффициент опасности, перегной, фекалит, сидерат.

Табл. 6. Лит.10.

ANNOTATION

INTENSITY OF ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN LEAF MASS AND SEEDS OF MILK THISTLE FOR ORGANIC FERTILIZER

The impact of organic feeding of milk thistle on the intensity of accumulation and accumulation factors in the mass and seeds of lead, cadmium, zinc and copper was studied. The use of organic fertilizers in crop production is an important measure in increasing the volume of production and improving its quality. However, the use of organic fertilizers also contributes to soil pollution with heavy metals, which can accumulate in plants several tens of times higher than in the soil. It is known that with such organic fertilizers as humus and defecate, with each kilogram, 3.3 mg and 28 mg of lead, 0.2 mg and 0.18 mg of cadmium, 12.1 mg and 22 mg of zinc, respectively, enter the soil. and 19.8 mg and 6.3 mg copper.

As a result of the studies, it was found out that the cultivation of milk thistle in the conditions of modern agricultural land retains a high level of accumulation of lead, cadmium, zinc and copper in the leaf mass and seeds, which requires constant monitoring of the content of these toxicants in this raw material.

According to the research results, it was found that feeding milk thistle with organic fertilizers increases the accumulation coefficient of lead, cadmium, zinc and copper in its leaf mass and seeds, especially when using humus and defecate, there is relatively less use of green manure. Whereas the cultivation of milk thistle after a four-year-old predecessor of alfalfa without the use of feeding this crop in this period makes it possible to cleanse the soil from heavy metals due to phyto-remediation and reduce the concentration of lead, cadmium, zinc and copper in the leaf mass and seeds below the maximum permissible concentrations.

Key words: leaf mass, seeds, milk thistle, lead, cadmium, zinc, copper, accumulation coefficient, hazard coefficient, humus, defecate, green manure.

Tab. 6. Lit. 10.

Інформація про авторів

Разанов Сергій Федорович – доктор сільськогосподарських наук, професор та завідувач кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3; e-mail: razanov@vsau.vin. ua).

Разанова Алла Михайлівна – аспірант кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3; e-mail: vnau.eco@i.ua).

Піддубна Антоніна Миколаївна – аспірант кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3; e-mail: vnau.eco@i.ua).

Гусак Оксана Борисівна – аспірант кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3; e-mail: vnau.eco@i.ua).

Разанов Сергей Федорович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и охраны окружающей среды Винницкого национального аграрного университета (21008, г. Винница, ул. Солнечная, 3; e-mail: razanov@vsau.vin. ua).

Разанова Алла Михайловна – аспирант кафедры экологии и охраны окружающей среды Винницкого национального аграрного университета (21008, г. Винница, ул. Солнечная, 3; e-mail: vnau.eco@i.ua).

Поддубная Антонина Николаевна – аспирант кафедры экологии и охраны окружающей среды Винницкого национального аграрного университета (21008, г. Винница, ул. Солнечная, 3; e-mail: vnau.eco@i.ua).

Гусак Оксана Борисовна – аспирант кафедры экологии и охраны окружающей среды Винницкого национального аграрного университета (21008, г. Винница, ул. Солнечная, 3; e-mail: vnau.eco@i.ua).

Razanov Serhiy – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology and Environmental Protection of Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, Soniachna St. 3; e-mail: razanov@vsau.vin. ua).

Razanova Alla – postgraduate student of Department of Ecology and Environmental Protection of the Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, Soniachna St.3; e-mail: vnau.eco@i.ua).

Piddubna Antonina – postgraduate student of Department of Ecology and Environmental Protection of the Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, Soniachna St.3; e-mail: vnau.eco@i.ua).

Husak Oksana – postgraduate student of Department of Ecology and Environmental Protection of the Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, Soniachna St.3; e-mail: vnau.eco@i.ua).