

АГРОНОМІЯ

УДК 504.5: [546.81+546.48]:633.883

Інтенсивність накопичення розторопшею плямистою свинцю та кадмію на різних ґрунтах

Вдовенко С.А., Гетман Н.Я., Дідур І.М.

Вінницький національний аграрний університет

✉ Вдовенко С.А. E-mail: vd_sa@vsau.vin.ua



Вдовенко С.А., Гетман Н.Я., Дідур І.М. Інтенсивність накопичення розторопшею плямистою свинцю та кадмію на різних ґрунтах. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 2. С. 15–21.

Vdovenko S., Hetman N., Didur I. The intensity of lead and cadmium accumulation of milk thistle in various soils. «Agrobiology», 2021. no. 2, pp. 15–21.

Рукопис отримано: 01.12.2021 р.

Прийнято: 06.12.2021 р.

Затверджено до друку: 09.12.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-167-2-15-21

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Здавна важливим джерелом харчових продуктів та лікарських засобів були рослини. Останнім часом спостерігається поширення в людській популяції багатьох захворювань, ефективними лікувальними засобами проти яких є біологічно активні речовини лікарських рослин.

Практика доводить, що у зв'язку із широким спектром використання розторопші плямистої в лікувальній справі, попит на неї стрімко зростає. Водночас підвищуються і вимоги до її якості та безпеки, адже розторопша плямиста належить до рослин, які накопичують у високій кількості різні токсиканти, зокрема, важкі метали [1, 2]. Враховуючи сучасний агроеко-

Стаття спрямована на вивчення інтенсивності накопичення важких металів (свинець, кадмій) вегетативною масою розторопші плямистої на різних ґрунтах.

На основі аналізу літературних джерел встановлено, що розторопша плямиста вирізняється широким спектром застосування, та завдяки наявності біологічно активних речовин у її складі має корисні й лікувальні властивості. Водночас відмічено схильність рослини до накопичення важких металів, що може впливати на якість і безпеку розторопші плямистої.

У результаті проведених досліджень встановлено, що за вирощування розторопші плямистої на світло-сірих опідзолених, сірих лісових і темно-сірих опідзолених ґрунтах із вмістом свинцю від 2,5 до 2,8 мг/кг, кадмію – від 0,2 до 0,22 мг/кг спостерігається перевищення гранично допустимих концентрацій цих токсикантів у вегетативній масі. Зокрема, відмічено перевищення гранично допустимих концентрацій у вегетативній масі свинцю – у 1,97–2,86 рази та кадмію – у 1,18–1,44 рази.

Найнижчий вміст і найменший коефіцієнт накопичення свинцю та кадмію у вегетативній масі розторопші плямистої спостерігався на темно-сірих опідзолених ґрунтах, а найвищий – на світло-сірих опідзолених ґрунтах. Встановлено також, що коефіцієнт безпеки свинцю та кадмію у вегетативній масі розторопші плямистої перевищував показник 1,0, що свідчить про низьку якість цієї сировини. Найнижчим коефіцієнтом безпеки характеризувалася вегетативна маса розторопші плямистої, яка була вирощена на темно-сірих опідзолених ґрунтах, тимчасом найвищим – на світло-сірих опідзолених ґрунтах.

Ключові слова: розторопша плямиста, вегетативна маса, свинець, кадмій, ґрунти, коефіцієнт накопичення, коефіцієнт безпеки.

логічний стан ґрунтів сільськогосподарського призначення, якому характерне забруднення важкими металами, виникає потреба у вивченні накопичення цих токсикантів розторопшею плямистою на різних ґрунтах.

Розторопша плямиста є однією з небагатьох популярних рослин, у якої детально вивчений фармакокінетичний профіль в організмі людини. Лікувальні властивості характерні для всієї рослини, однак найбільше корисних речовин знаходиться у плодах, адже саме екстракти з плодів розторопші містять флавоноїди і флавонолігнани, відомі під загальною назвою силімарин [3]. Його основними фітохімічними компонентами є силібін А, В, ізосилібін А, В, ізосилікринин, силідіанін і дигідрокверцетин.

Екстракти розторопші плямистої відомі своїми антиоксидантними та гепатопротекторними властивостями, а тому знайшли своє застосування у лікуванні багатьох захворювань, зокрема, хвороб печінки [4].

Батьківщиною розторопші плямистої є Середземноморський регіон, також своє поширення вона знайшла у Польщі, Угорщині, Росії, Білорусі, Україні та ін.

У результаті інтродукційного вивчення було встановлено, що в умовах Лісостепу України розторопша плямиста розвивається як однорічна, середньостигла трав'яниста рослина, яка добре росте у культурі [5].

За даними лабораторних досліджень також було доведено, що цій рослині притаманна властивість поглинати речовини з ґрунту у підвищених концентраціях, що може спричинити накопичення у ній шкідливих для людського організму важких металів, зокрема, свинцю та кадмію, які Всесвітня організація охорони здоров'я вважає найнебезпечнішими [6].

Свинець є надзвичайно токсичним для людини та всіх живих організмів. Так, під час видобутку лише однієї тонни свинцю двадцять п'ять кілограмів його потрапляє в навколишнє середовище. Велика кількість свинцю також може надходити у ґрунт з вихлопними газами автотранспорту. Потрапляючи в ґрунт, свинець поглинається рослинами, які вживають в їжу людина і тварини. Надлишок свинцю за надходження до організму призводить до ураження центральної нервової системи, головного мозку, печінки та нирок. Він також є небезпечним своєю канцерогенною та мутагенною дією [7–9].

Кадмій не належить до фізіологічно необхідних мікроелементів, однак досить активно поглинається рослинами. Джерелами потрапляння кадмію в екосистеми є промислові викиди, осади стічних вод, викиди автомобільного транспорту, а також сільськогосподарська діяльність, зокрема, застосування фосфорних мінеральних добрив, вапнякових матеріалів (спричиняють надходження кадмію у зерно і солому) [10–12].

У разі потрапляння до живого організму кадмій може замінювати кальцій у мінералах через подібний йонний радіус, однаковий заряд і аналогічну хімічну поведінку [13].

Накопичення кадмію в організмі людини і тварин пов'язано з його дуже повільним виведенням. У зв'язку з цим вміст кадмію в організмі людини впродовж життя постійно зростає. За народження він не перевищує 1 мкг, а до 50 років досягає 15–30 мкг. В організм людини кадмій потрапляє як з рослинною, так і з тваринною їжею. Особливо велика концентрація

його знаходиться у печінці та нирках тварин, у мідях, устрицях, грибах [14, 15].

В організмі людини кадмій спричиняє дисфункцію ниркових каналців, деформацію скелета, зупинку росту у дітей, сильні болі в спині, остеопороз через конкуренцію з кальцієм та іншими поживними речовинами, також має тривалий біологічний період напіврозпаду від – 10 до 35 років, а його тривала дія може призводити до різних типів раку [16]. Нещодавно Комісією ЄС відповідно до Європейського плану боротьби з раком зменшено наявність канцерогенних забруднювачів у продуктах харчування. Ці заходи було застосовано з 30 серпня 2021 р. для максимального рівня свинцю і з 31 серпня 2021 р. – для кадмію [17].

Забруднення навколишнього середовища важкими металами створило серйозні проблеми для безпечного сільськогосподарського використання ґрунтів [18–20]. Доведено, що для визначення поведінки важких металів у системі ґрунт-рослина важливими є наступні чинники: концентрація важких металів та їх форма вмісту в ґрунті, вміст гумусу, механічний і мінералогічний склад ґрунту, рН, рівень окиснювально-відновного потенціалу, а також біологічні особливості рослин. Зважаючи на різноманіття чинників та їх поєднання в агрофері, накопичення важких металів у рослинах вивчено недостатньо [17, 21]. Отже, проведення моніторингу забруднення та вивчення особливостей накопичення важких металів у лікарській сировині є актуальним питанням.

Мета дослідження полягає у вивченні інтенсивності накопичення розторопшею плямистою свинцю та кадмію на різних ґрунтах.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в умовах сільськогосподарських угідь Тиврівського району Вінницької області на ґрунтах: темно-сірих опідзолених, сірих лісових і світло-сірих опідзолених. Ґрунти для дослідження відбирали методом конвєрту з п'яти точок кожної ділянки на глибині обробітку. Після об'єднання цих зразків і видалення залишків вегетативної маси із утвореної загальної партії методом точкових проб відбирали представницькі зразки ґрунту, які після упаковки та маркування відправляли в лабораторію для визначення вмісту важких металів.

Вегетативну масу (стебла, листкова маса) розторопші плямистої відбирали методом точкових проб у фазі бутонізації.

Вміст важких металів (свинець, кадмій) у ґрунтах та вегетативній масі визначали атомно-абсорбційним методом [22].

За результатами проведених лабораторних аналізів щодо вмісту свинцю та кадмію у ве-

гетативній масі розторопші плямистої розраховували коефіцієнт накопичення цих елементів як співвідношення вмісту досліджуваного металу у рослині та його рухомих форм у ґрунті, а також коефіцієнт небезпеки як співвідношення вмісту досліджуваного металу у рослині і ГДК для визначення небезпеки накопичення важкого металу (свинець, кадмій) рослиною щодо їх ГДК [23]. Статистичне оброблення отриманих даних проведено за загальноприйнятими методиками [24].

Результати дослідження та обговорення.

Вирощування високоякісної лікарської сировини сприяє успішному її використанню в медичній практиці. Відомо, що якість рослинної сировини залежить від екологічного стану ґрунтів.

Аналіз забруднення ґрунтів важкими металами на досліджуваних територіях (рис. 1) показав, що рівень концентрації свинцю та кадмію не перевищував ГДК, які становлять 6,0 і 0,70 мг/кг відповідно.

Зокрема, концентрація свинцю у темно-сірих опідзолених, сірих лісових і світло-сірих

опідзолених ґрунтах була нижча за ГДК у 2,2, 2,4 та 2,1 раза відповідно.

Концентрація кадмію також була нижча за ГДК у темно-сірих опідзолених ґрунтах у 3,1, сірих лісових – у 3,0, світло-сірих опідзолених – у 2,8 раза.

Коефіцієнт небезпеки свинцю та кадмію у ґрунтах не перевищував показник 1, що вказує на відповідність ґрунтів щодо безпечного їх використання.

Аналіз концентрації важких металів у вегетативній масі розторопші плямистої (табл. 1) показав, що цей показник перевищував ГДК та залежав певною мірою від типу ґрунтів, у яких уміст свинцю та кадмію був у межах норми.

За даними досліджень концентрація свинцю та кадмію у вегетативній масі розторопші плямистої, вирощеної на темно-сірих опідзолених ґрунтах, перевищувала ГДК відповідно у 1,97 і 1,18 раза; на сірих лісових – у 2,34 і 1,18 раза; на світло-сірих опідзолених ґрунтах – у 2,86 і 1,44 раза відповідно.

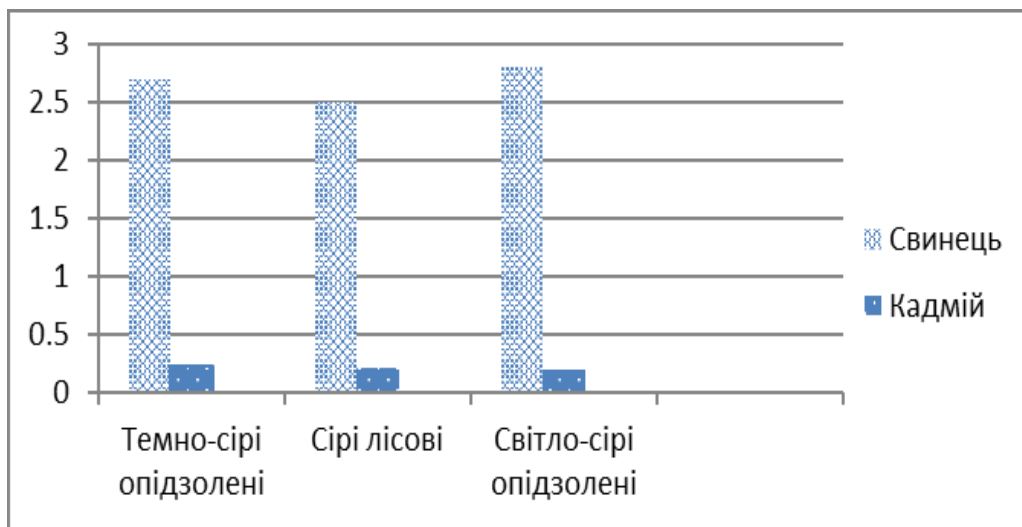


Рис. 1. Інтенсивність забруднення ґрунтів важкими металами, мг/кг.

Таблиця 1 – Інтенсивність накопичення важких металів вегетативною масою розторопші плямистої, мг/кг

Тип ґрунту	Концентрація у вегетативній масі важких металів			
	Свинець		Кадмій	
	ГДК	Фактична концентрація	ГДК	Фактична концентрація
Темно-сірий опідзолений	5,0	9,87±0,84	1,0	1,18±0,03
Сірий лісовий	5,0	11,7±1,44	1,0	1,71±0,04
Світло-сірий опідзолений	5,0	14,3±1,95	1,0	2,12±0,06

Найнижчу концентрацію свинцю і кадмію у вегетативній масі розторопші плямистої було виявлено за вирощування її на темно-сірих опідзолених ґрунтах, зокрема, в 1,18 і 1,45 рази порівняно із сірими лісовими та 1,44 і 1,79 рази – зі світло-сірими опідзоленими ґрунтами.

Концентрація свинцю і кадмію у вегетативній масі розторопші плямистої, вирощеної на світло-сірих опідзолених ґрунтах, була вища порівняно з варіантами на темно-сірих опідзолених ґрунтах у 1,44 і 1,79 рази та сірими лісовими – у 1,22 і 1,23 рази відповідно.

Водночас у вегетативній масі розторопші плямистої спостерігалась вища інтенсивність накопичення свинцю порівняно з кадмієм на темно-сірих опідзолених ґрунтах у 8,36 рази, сірих лісових – у 6,84 та світло-сірих опідзолених ґрунтах – у 6,74 рази.

Результати досліджень коефіцієнта накопичення у вегетативній масі свинцю (табл. 2) показали, що за вирощування розторопші плямистої на темно-сірих опідзолених ґрунтах цей показник становив 3,65 та був нижчим порівняно із вирощуванням її на сірих лісових ґрунтах у 1,28 рази та на світло-сірих опідзолених ґрунтах – у 1,39 рази. Подібна тенденція спостерігалась і за кадмієм.

Так, коефіцієнт накопичення кадмію у вегетативній масі розторопші плямистої за вирощування її на темно-сірих опідзолених ґрунтах був нижчим у 1,82 рази порівняно з варіантом вирощування на сірих лісових та у 2,0 рази – на світло-сірих опідзолених ґрунтах.

Коефіцієнт накопичення кадмію вегетативною масою розторопші плямистої був вищим порівняно зі свинцем у 1,45 рази за вирощування її на темно-сірих опідзолених ґрунтах, 1,73 – сірих лісових та у 2,07 рази – на світло-сірих опідзолених ґрунтах.

Коефіцієнт небезпеки важких металів у вегетативній масі розторопші плямистої (табл. 3) також залежав від типу ґрунтів. Зокрема, за вирощування рослини на темно-сірих опідзолених ґрунтах коефіцієнт небезпеки свинцю і кадмію був нижчим відповідно у 1,18 і 1,45 рази порівняно з вирощуванням розторопші плямистої на сірих лісових ґрунтах, та у 1,45 і 1,79 рази – на світло-сірих опідзолених ґрунтах.

Коефіцієнт небезпеки свинцю у вегетативній масі розторопші плямистої був вищим порівняно з кадмієм за вирощування її на темно-сірих опідзолених ґрунтах у 1,67 рази; на сірих лісових – 1,36 та на світло-сірих опідзолених ґрунтах – 1,35 рази.

Таблиця 2 – Коефіцієнт накопичення важких металів у вегетативній масі розторопші плямистої

Тип ґрунту	Свинець			Кадмій		
	Концентрація у ґрунті	Концентрація у вегетативній масі	Коефіцієнт накопичення	Концентрація у ґрунті	Концентрація у вегетативній масі	Коефіцієнт накопичення
Темно-сірий опідзолений	2,7	9,87	3,65	0,22	1,18	5,3
Сірий лісовий	2,5	11,7	4,68	0,21	1,71	8,1
Світло-сірий опідзолений	2,8	14,3	5,1	0,20	2,12	10,6

Таблиця 3 – Коефіцієнт небезпеки важких металів у вегетативній масі розторопші плямистої

Тип ґрунту	Концентрація важких металів у вегетативній масі					
	Свинець			Кадмій		
	ГДК	Факт. конц.	Коефіцієнт небезпеки	ГДК	Факт. конц.	Коефіцієнт небезпеки
Темно-сірий опідзолений	5,0	9,87	1,97	1,0	1,18	1,18
Сірий лісовий	5,0	11,7	2,34	1,0	1,71	1,71
Світло-сірий опідзолений	5,0	14,3	2,86	1,0	2,12	2,12

Висновки. За вирощування розторопші плямистої на темно-сірих опідзолених, сірих лісових та світло-сірих опідзолених ґрунтах із вмістом свинцю від 2,5 до 2,8 мг/кг, а кадмію – від 0,2 до 0,22 мг/кг спостерігається перевищення допустимих рівнів цих токсикантів у вегетативній масі розторопші плямистої – відповідно від 1,97 до 2,86 та від 1,18 до 1,44 раза.

Найнижчу концентрацію та коефіцієнт накопичення свинцю і кадмію у вегетативній масі розторопші плямистої спостерігали за вирощування її на темно-сірих опідзолених ґрунтах, тимчасом найвищу – на світло-сірих опідзолених ґрунтах.

Виявлено, що концентрація, коефіцієнт накопичення та коефіцієнт небезпеки свинцю у вегетативній масі розторопші плямистої були вищі порівно з кадмієм.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Intensity of heavy metal accumulation in plants of *Silybum marianum* L. in conditions of field rotation / Razanov S.F. et al. Ukrainian Journal of Ecology. 2020. 10 (2). P. 131–136. DOI: 10.15421/2020_75
- Разанов С.Ф., Разанова А.М., Овчарук В.В. Вплив рівня забруднення ґрунтів важкими металами на інтенсивність накопичення їх у листі розторопші плямистої (*SILYBUM MARIANUM*). Сільське господарство та лісівництво. 2019. Вип. 14. С. 196–205.
- Розторопша (плоди): лікувальні властивості, дія на організм. URL: <https://liktravy.ua/ru/useful/encyclopedia-of-herbs/roztoropshi-plody>
- Рослинно-медикаментозні взаємодії в клінічній практиці / Бодревич Б.Б. та ін. Рациональна фармакотерапія. 2017. № 1 (42). С. 5–12.
- Холод С.М. Особливості росту і розвитку інтродукованих форм розторопші плямистої (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.) в Лісостепу України. Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій: матеріали третьої Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. Полтава, 15–16 травня 2014 р. С. 93–95.
- Разанов С.Ф., Ткачук О.П., Разанова А.М. Інтенсивність накопичення важких металів листовою масою розторопші плямистої за її удобрення новітніми добривами. Агробіологія. 2020. № 2. С. 152–159. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-152-159
- Effect of bean perennial plants growing on soil heavy metal concentrations / Razanov S.F. et al. Ukrainian Journal of Ecology. 2018. 8 (2). P. 294–300.
- Гуцол Г.В. Моніторинг забруднення важкими металами ґрунтів сільськогосподарського призначення Лісостепу Правобережного. Slovak international scientific journal. 2020. № 40. С. 12–17.
- Важкі метали – найбільш небезпечні елементи. URL: <http://moyaosvita.com.ua/ekologiya/vazhki-metalinajbilsh-nebezpechni-elementi/>
- Мислива Т.М., Білявський Ю.А. Просторово-часова мінливість вмісту свинцю та кадмію в лікарських рослинах Житомирського Полісся. Таврійський науковий вісник. 2012. № 80. Ч. 2. С. 347–356.

11. Шкатула Ю.М. Вплив агротехнологій вирощування озимого ріпаку на вміст важких металів та мікроелементів у вегетативній масі. International independent scientific journal. 2020. № 13. С. 15–21.

12. Zwolak A., Sarzyńska M., Szpyrka E., Stawarczyk K. Sources of Soil Pollution by Heavy Metals and Their Accumulation in Vegetables: a Review. Water Air Soil Pollut. 2019. 230. 164.

13. Kubiera A, Wilkinb R., Pichler T. Cadmium in soils and groundwater: A review. Applied Geochemistry. 2019. № 108. P. 1–16.

14. Чорний С.Г. Оцінка якості ґрунтів: навч. посіб. Миколаїв: МНАУ, 2018. 233 с.

15. Врадій О.І. Оцінка інтенсивності забруднення істивних грибів важкими металами в умовах Лісостепу Правобережного України. Сільське господарство та лісівництво. 2019. № 12. С. 244–254.

16. Cadmium levels in Europe: implications for human health / Pan J.L. et al. Environ Geochem Hlth. 2010. 32. P. 1–12.

17. Європейський план боротьби з раком: Комісія зменшує наявність канцерогенних забруднювачів у продуктах харчування. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/mex_21_4181#2

18. Ковальова С.П., Мोजарівська І.А. Концентрація важких металів у ґрунті при вирощуванні енергетичних культур на території радіоактивного забруднення. Наукові горизонти. 2020. № 3. С. 121–126. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-88-3-121-126.

19. Бондарева О.Б., Коноваленко Л.І., Мілігула О.М. Міграція та накопичення свинцю і кадмію у ґрунті і рослинах під впливом добрив. Агроекологічний журнал. 2012. № 3. С. 20–23.

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

21. Первачук М.В., Чернявський Л.М., Нагребецький М.І. Оцінка агроекологічного стану ґрунтів Вінницької області. Сільське господарство та лісівництво. 2015. № 1. С. 106–117.

22. ДСТУ 4770.1-9:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук марганцю (цинку, кадмію, заліза, кобальту, міді, нікелю, хрому, свинцю) в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектроскопії.

23. Ткачук О.П. Забруднення ґрунту важкими металами за вирощування бобових багаторічних трав. Сільське господарство та лісівництво. 2020. № 16. С. 212–225. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-1-15.

24. Методика польового дослідження (зрошуване землеробство): навч. посіб. / Ушкаренко В.О. та ін. Херсон: Грінь Д.С., 2018. 448 с.

REFERENCES

- 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. no. 10 (2), pp. 131–136. DOI: 10.15421/2020_75
- Razanov, S.F., Razanova, A.M., Ovcharuk, V.V. (2019). Vplyv rivnja zabrudnennja g'runtiv vazhkymy metalamy na intensyvniest' nakopychennja i'h u lysti

roztoropshi pljamystoi' (SILYBUM MARIANUM) [Influence of the level of soil pollution with heavy metals on the intensity of accumulation of their in leaves milk thistle (SÍLYBUM MARIÁNUM)]. Sil's'ke gospodarstvo ta lisivnyctvo [Agriculture and forestry], no. 14, pp. 196–205.

3. Roztoropsha (plody): likuval'ni vlastyvoli, dija na organizm [Milk thistle (fruit): medicinal properties, effect on the body]. Available at: <https://liktravy.ua/ru/useful/encyclopedia-of-herbs/roztoropshi-plody>

4. Bodrevych, B.B., Panasjuk, M.T., Panasjuk, I.V., Ostrogljad, T.V. (2017). Roslynno-medykamentozni vzajemodii' v klinichnij praktyci [Herbal-drug interactions in clinical practice]. Racional'na farmakoterapija [Rational pharmacotherapy], no. 1 (42), pp. 5–12.

5. Holod, S.M. (2014). Osoblivosti rostu i rozvitku introdukovanih form roztoropshi plyamystoyi (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.) v Lisostepu Ukrayini. Likarske roslinnitstvo: vid dosvidu minulogo do novitnih tehnologiy: materiali tretoyi Mizhnarodnoyi naukovopraktichnoyi Internet-konferentsiyi [Features of growth and development of introduced forms of thistle blisters (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.) in the forest-steppe of Ukraine. Medicinal plant growing: from the experience of the past to the latest technologies: Proceedings of the third International scientific-practical Internet conference]. Poltava, pp. 93–95.

6. Razanov, S.F., Tkachuk, O.P., Razanova, A.M. (2020). Intensyvniest' nakopychennja vazhkyh metaliv lystkovoju masoju roztoropshi pljamystoi' za i'i' udobrennja novitnymi dobryvamy [The intensity of heavy metals accumulation by the milk thistle leaf mass under its fertilization with the latest fertilizers]. Agrobiologija [Agrobiology], no. 2, pp. 152–159. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-152-159.

7. Razanov, S.F., Tkachuk, O.P., Mazur, V.A., Didur, I.M. (2018). Effect of bean perennial plants growing on soil heavy metal concentrations. Ukrainian Journal of Ecology, no. 8 (2), pp. 294–300.

8. Gucol, G.V. (2020). Monitoryng zabrudnennja vazhkyh metalamy g'runtiv sil's'kogospodars'kogo pryznachenja Lisostepu Pravoberezhnogo [Monitoring of heavy metals contamination of agricultural land of Rightbank Forest steppe]. Slovak international scientific journal [Slovak international scientific journal], no. 40, pp. 12–17.

9. Vazhki metaly – najbil'sh nebezpechni elementy [Heavy metals are the most dangerous elements]. Available at: <http://moyaosvita.com.ua/ekologiya/vazhki-metalina-jbilsh-nebezpechni-elementi/>.

10. Myslyva, T.M., Biljavs'kyj, Ju.A. (2012). Prostoro-vo-chasova minlyvist' vmistu svyncju ta kadmiju v likars'kyh roslynah Zhytomyrs'kogo Polissja [Spatio-temporal variability of the content of lead and cadmium in medicinal plants of Zhytomyr Polesie]. Tavrijs'kyj naukovyj visnyk [Tavrian Science Bulletin], no. 80, part 2, pp. 347–356.

11. Shkatula, Ju.M. (2020). Vplyv agrotehnologij vyroshhuvannja ozymogo ripaku na vmist vazhkyh metaliv ta mikroelementiv u vegetatynij masi [Influence of agricultural technologies of cultivation of winter rape on the content of heavy metals and microelements in vegetative mass]. International independent scientific journal, no. 13, Vol. 2, pp. 15–21.

12. Zwolak, A., Sarzyńska, M., Szpyrka, E., Stawarczyk, K. (2019). Sources of Soil Pollution by Heavy Metals and Their Accumulation in Vegetables: a Review. Water Air Soil Pollut. 230, 164.

13. Kubiera, A., Wilkinb, R., Pichler, T. (2019). Cadmium in soils and groundwater: A review. Applied Geochemistry, no. 108, pp. 1–16.

14. Chornyj, S.G. (2018). Ocinka jakosti g'runtiv: navch. posib. [Soil quality assessment]. Mykolaiv, MNAU, 233 p.

15. Vradij, O.I. (2019). Ocinka intensyvnosti zabrudnennja i'stivnyh grybiv vazhkyh metalamy v umovah Lisostepu Pravoberezhnogo Ukrainy [Evaluation of the intensity of edible mushrooms contamination by heavy metals in the conditions of Rightbank Forest-steppe of Ukraine]. Sil's'ke gospodarstvo ta lisivnyctvo [Agriculture and forestry], no. 12, pp. 244–254.

16. Pan, J.L., Plant, J.A., Voulvoulis, N., Oates, C.J., Ihlenfeld, C. (2010). Cadmium levels in Europe: implications for human health. Environ Geochim Hlth. no. 32, pp. 1–12.

17. Jevropejs'kyj plan borot'by z rakom: Komisija zmenshuje najavnist' kancerogenykh zabrudnjuvachiv u produktah harchuvannja [European Cancer Plan: The Commission reduces the presence of carcinogenic contaminants in food]. Available at: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/mex_21_4181#2.

18. Koval'ova, S.P., Mozharivs'ka, I.A. (2020). Koncentracija vazhkyh metaliv u g'runti pry vyroshhuvanni energetychnykh kul'tur na terytorii' radioaktyvnogo zabrudnennja [Heavy metal concentration in soils while growing energy crops in the radioactively contaminated territory]. Naukovi goryzonty [Scientific Horizons], no. 3, pp. 121–126. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-88-3-121-126.

19. Bondareva, O.B., Konovalenko, L.I., Miligula, O.M. (2012). Migracija ta nakopychennja svyncju i kadmiju u g'runti i roslynah pid vplyvom dobryv [Migration and accumulation of lead and cadmium in soil and plants under the influence of fertilizers]. Agroekologichnyj zhurnal [Agroecological journal], no. 3, pp. 20–23.

20. 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 biotekhnologii [Problems of ecological biotechnology], no. 1, pp. 3–7.

21. Pervachuk, M.V., Chernjavs'kyj, L.M., Nagrebek'kyj, M.I. (2015). Ocinka agroekologichnogo stanu g'runtiv Vinnyts'koj oblasti [Assessment of agroecological condition of soils of Vinnytsia region]. Sil's'ke gospodarstvo ta lisivnyctvo [Agriculture and forestry], no. 1, pp. 106–117.

22. DSTU 4770.1-9:2007. Yakist gruntu. Vyznachenja vmistu rukhomykh spoluk marhantsiu (tsynku, kadmiju, zaliza, kobaltu, midi, nikeliu, khromu, svyntsiu) v grunti v bufernii amoniino-atsetatnij vytyazhtsi z rN 4,8 metodom atomnoabsorbtsiinoi spektrofotometrii (2007). [The quality of the soil. Determination of the content of mobile compounds of manganese (zinc, cadmium, iron, cobalt, copper, nickel, chromium, lead) in a soil in a buffer ammonium acetate extract with a pH of 4.8 by atomic absorption spectrophotometry].

23. Tkachuk, O.P. (2020). Zabrudnennja gruntu vazhkyh metalamy za vyroshhuvannja bobovyh bagatorichnyh trav [Pollution of soil with heavy metals while growing perennial grasses]. Sil's'ke gospodarstvo ta lisivnyctvo [Agriculture and forestry], no. 16, pp. 212–225. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-1-15.

24. Ushkarenko, V.O., Vozhegova, R.A., Goloborod'ko, S.P., Kokovihin, S.V. (2018). Metodyka pol'ovogo doslidu (zroshuvane zemlerobstvo): navch. posib. [Methods of field research (irrigated agriculture)]. Kherson, Grin' D.S., 448 p.

Интенсивность накопления расторопшей пятнистой свинца и кадмия на разных почвах**Вдовенко С.А., Гетман Н.Я., Дідур І.Н.**

Статья направлена на изучение интенсивности накопления тяжелых металлов (свинец, кадмий) вегетативной массой расторопши пятнистой на разных почвах.

На основе анализа литературных источников установлено, что расторопша пятнистая отличается широким спектром применения, и благодаря наличию биологически активных веществ в ее составе обладает полезными и лечебными свойствами. В то же время отмечена склонность растения к накоплению тяжелых металлов, что может влиять на качество и безопасность расторопши пятнистой.

В результате проведенных исследований установлено, что при выращивании расторопши пятнистой на светло-серых оподзоленных, серых лесных и темно-серых оподзоленных почвах с содержанием свинца от 2,5 до 2,8 мг/кг, кадмия – от 0,2 до 0,22 мг/кг наблюдается превышение предельно допустимых концентраций этих токсикантов в вегетативной массе. В частности, отмечено превышение предельно допустимых концентраций в вегетативной массе свинца – в 1,97–2,86 раза и кадмия – в 1,18–1,44 раза.

Самое низкое содержание и наименьший коэффициент накопления свинца и кадмия в вегетативной массе расторопши пятнистой наблюдался на темно-серых оподзоленных почвах, а самый высокий – на светло-серых оподзоленных почвах. Установлено также, что коэффициент опасности свинца и кадмия в вегетативной массе расторопши пятнистой превышал показатель 1,0, что свидетельствует о низком качестве этого сырья. Самым низким коэффициентом опасности характеризовалась вегетативная масса расторопши пятнистой, которая была выращена на темно-серых оподзоленных почвах, тогда как самым высоким – на светло-серых оподзоленных почвах.

Ключевые слова: расторопша пятнистая, вегетативная масса, свинец, кадмий, почвы, коэффициент накопления, коэффициент опасности.

The intensity of lead and cadmium accumulation of milk thistle in various soils**Vdovenko S., Hetman N., Didur I.**

The article aims to study the intensity of heavy metals (lead, cadmium) accumulation in the vegetative mass of milk thistle on different soils.

Based on the analysis of literary sources, it was found that milk thistle has a wide range of applications and, due to the presence of biologically active substances in its composition, has useful and medicinal properties. However, we have noted the plants liability for heavy metals accumulation which can affect the quality and safety of milk thistle.

The purpose of the research is to study the intensity of the accumulation of heavy metals by the vegetative mass of milk thistle when grown in a modern field crop rotation on different soils.

The article presents data from scientific literary sources and the results of our own field and laboratory research.

The study results reveal an excess of the maximum permissible concentrations of the toxicants in the vegetative mass under growing milk thistle on light gray podzolized, gray forest and dark gray podzolized soils with a lead content of 2.5 mg/kg–2.8 mg/kg and cadmium content of 0.2 mg/kg–0.22 mg/kg. In particular, an excess of the maximum permissible concentrations in the vegetative mass for lead by 1.97 – 2.86 times and cadmium – by 1.18 – 1.44 times was noted.

The lowest content and the lowest coefficient of accumulation of lead and cadmium in the vegetative mass of milk thistle was observed on dark gray podzolized soils, and the highest – on light gray podzolized soils. It was also found that the hazard coefficient of lead and cadmium in the vegetative mass of milk thistle exceeded 1.0, which indicates the low quality of this raw material. The vegetative mass of milk thistle, which was grown on dark gray podzolized soils, was characterized by the lowest hazard coefficient, while the highest – on light gray podzolized soils.

Key words: milk thistle, vegetative mass, lead, cadmium, soils, accumulation coefficient, hazard coefficient.



Copyright: Вдовенко С.А., Гетман Н.Я., Дідур І.Н. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

