УДК 631.95/631.895

Інтенсивність накопичення важких металів листковою масою розторопші плямистої за її удобрення новітніми добривами

Разанов С.Ф., Ткачук О.П., Разанова А.М.

Вінницький національний аграрний університет

Ткачук О.П. E-mail:tkachukop@ukr.net

OPEN ACCESS

Разанов С.Ф., Ткачук О.П., Разанова А.М. Інтенсивність накопичення важких металів листковою масою розторопші плямистої за її удобрення новітніми добривами. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2020. № 2. С. 160–167.

Razanov S.F., Tkachuk O.P., Razanova A.M. Intensyvnist' nakopychennja vazhkyh metaliv lystkovoju masoju roztoropshi pljamystoi' za i'i' udobrennja novitnimy dobryvamy. Zbirnyk naukovyh prac' «Agrobiologija», 2020. no. 2, pp. 160–167.

Рукопис отримано: 21.09.2020 р.
Прийнято: 05.10.2020 р.
Затверджено до друку: 24.11.2020 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-160-167

Досліджено інтенсивність накопичення важких металів у листковій масі розторопші плямистої за її удобрення новітніми видами добрив та проведено оцінювання екологічної безпеки такої сировини.

Закладали два досліди: вплив удобрення розторопші плямистої добривом Рост-концентрат на інтенсивність накопичення важких металів; вплив удобрення розторопші плямистої добривами Фосфор-хелат і Калій-хелат на інтенсивність накопичення важких металів.

Використання для удобрення посівів розторопші плямистої хелатного добрива Фосфор-хелат зумовлює зниження забруднення її листкової маси кадмієм та міддю в 1,1 раза проти варіанта без удобрення її посівів, а зростання концентрації свинцю і цинку проти контролю є незначним, у межах похибки досліду.

Застосування для удобрення посівів розторопші плямистої хелатного добрива Калій-хелат сприяє зменшенню забруднення її листкової маси кадмієм проти контролю, а зміна її забруднення міддю перебуває в межах похибки. Водночас заміна добрива Рост-концентрат на Фосфор-хелат або Калій-хелат під час удобрення посівів розторопші плямистої зумовить зниження забруднення її листкової маси свинцем, кадмієм та міддю, однак збільшить забруднення цинком, порівнюючи з контролем.

Найбільш екологічно безпечна листова сировина розторопші плямистої за вмістом свинцю, кадмію та міді буде спостерігатись під час удобрення її посівів хелатним добривом Фосфор-хелат, а за вмістом цинку – під час удобрення органомінеральним добривом Рост-концентрат.

Для зниження забруднення листкової маси лікарської сировини розторопші плямистої важкими металами, зокрема кадмієм – на 9 % та міддю – на 11 %, необхідно використовувати для її удобрення хелатне добриво Фосфор-хелат. Для зменшення забруднення листкової маси цинком на 81 % рекомендується використовувати органомінеральне добриво Рост-концентрат.

Ключові слова: розторопша плямиста, лікарська сировина, екологічна безпека, важкі метали, забруднення, добрива.

Постановка проблеми. Унаслідок застосування заходів інтенсивного землеробства на сільськогосподарських угіддях, що передбачають внесення високих норм мінеральних добрив, спостерігається забруднення ґрунтів важкими металами, що містяться у таких добривах, зокрема свинцем, кадмієм, міддю та цинком [1]. Існує висока ймовірність міграції важких металів з ґрунту у рослини, що на них вирощуються. Це унеможливлює подальше використання таких рослин, адже вони можуть бути забруднені важкими металами у величинах, значно вищих за гранично допустимі концентрації [2].

Широке залучення лікарських рослин до вирощування на ґрунтах, які належать до польових сівозмін, підвищує імовірність їх забруднення важкими металами та ставить завдання не лише моніторингу рівня їх вмісту у листовій масі, а й розроблення заходів зниження вмісту важких металів [3, 4].

Однією з таких лікарських рослин є розторопша плямиста, посівні площі якої зростають через значну користь цієї рослини для організму. Вона допомагає у відновленні печінки, зміцнює судини; підтримує імунітет завдяки вітамінам A, D, E, K, F, групи B, що входять до складу; омолоджує організм; сприяє поліпшенню роботи шлунково-кишкового тракту; допомагає контролювати рівень цукру; загоює рани; незамінна в лікуванні багатьох жіночих хвороб; звільняє організм від накопичених отрут; допомагає схуднути [5].

Лікарська сировина розторопші цінується на вітчизняному й закордонному ринках, особливо зріс попит в останні роки, коли було усвідомлено згубний вплив на людський організм синтетичних ліків, і виникла потреба в природних лікарських препаратах і біологічно активних добавках [5].

Аналіз останніх досліджень. Розторопша плямиста не вибаглива до ґрунтів і кліматичних умов. У дикорослому вигляді відома як бур'ян; зустрічається на пустирях, уздовж доріг і на залізничних насипах [6, 7].

У сівозміні розторопша плямиста належить до культур раннього строку посіву. Дружні сходи рослини з'являються на 8–10 добу після посіву за середньодобової температури 10 °С. Для її вирощування підходять пухкі слабокислі супіщані ґрунти [8, 9].

Одним з основних елементів підвищення продуктивності розторопші плямистої є удобрення. Розторопша плямиста не вимагає високих норм добрив, однак на підживлення реагує потужним ростом. У сучасній сівозміні акцент робиться на мінеральні добрива. Застосування мінеральних добрив значно впливає на продуктивність розторопші плямистої та якість і екологічну безпеку її сировини. Розторопша належить до рослин із розтягнутим періодом споживання елементів мінерального живлення. Для неї не бажане зайве азотне живлення, оскільки воно спричиняє затримку вегетації, а також погіршує лікувальні властивості її сировини. З господарських і економічних міркувань найбільш обґрунтованою нормою добрив слід вважати внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$, однак науково обґрунтовані та експериментально доведені оптимальні норми для удобрення рослин розторопші плямистої, за яких не погіршуватимуться лікувальні властивості рослини, не досліджувалися [9].

Сучасним напрямом удобрення сільськогосподарських культур є застосування їх новітніх видів: комплексних органомінеральних добрив, мікродобрив, мінеральних добрив на хелатній основі, стимуляторів росту рослин, з позакореневим внесенням [10–12]. Застосування таких добрив на посівах розторопші плямистої може істотно обмежити накопичення її рослинами токсичних речовин та стимулювати інтенсивний ріст.

Відсутність оптимізованої технології вирощування розторопші плямистої в інтенсивних умовах сільськогосподарського виробництва ускладнює одержання її екологічно безпечної сировини з підвищеними лікарськими властивостями [13].

Проведені лабораторні та практичні експерименти виявили в рослині розторопші плямистої підвищені концентрації таких речовин як силімарин, цинк, селен, йод, кальцій і ще приблизно двісті різних речовин [14]. Властивість рослин розторопші плямистої поглинати речовини з ґрунту у підвищених концентраціях може зумовити накопичення у ній токсичних для людського організму важких металів, зокрема, свинцю, кадмію та інших [15–19].

Дослідження особливостей вирощування розторопші плямистої висвітлено у працях Разанова С.Ф. [20], Гамаюнової В.В., Дьоміна О.В., Тарасюка В.А., Хоміна В.Я., які вивчають елементи технології вирощування культури [21, 22], Воронцова В.Т., Опара М.М., які досліджують особливості вирощування розторопші плямистої в умовах присадибного господарства [23].

Мета дослідження – вивчити інтенсивність накопичення важких металів у листковій масі розторопші плямистої за її удобрення новітніми видами добрив та провести оцінювання екологічної безпеки такої сировини.

Матеріал і методи дослідження. Польові дослідження проводили впродовж 2017–2019 років на сірому опідзоленому середньосуглинковому ґрунті дослідних ділянок Вінницького національного аграрного університету, що характеризувався слабокислою реакцією ґрунтового розчину. Вміст рухомих форм важких металів у дослідному ґрунті був наступним: свинцю – 2,0 мг/кг за гранично допустимої концентрації (ГДК) 6,0 мг/кг; кадмію – 0,10 мг/кг за ГДК 0,70 мг/кг; міді – 2,1 мг/кг за ГДК 3,0 мг/кг, цинку – 10,0 мг/кг за ГДК 23,0 мг/кг.

Закладали два досліди: 1 – вплив удобрення розторопші плямистої органомінеральним добривом Рост-концентрат на інтенсивність накопичення її листковою масою важких металів: свинцю, кадмію, міді та цинку; 2 – вплив удобрення розторопші плямистої хелатними добривами Фосфор-хелат і Калій-хелат на інтенсивність накопичення її листковою масою важких металів: свинцю, кадмію, міді та цинку. Для кожного досліду було визначено кон-

троль – варіант без використання будь-яких добрив. Досліджувані добрива вносили методом листкового підживлення через оприскування у нормі: Рост-концентрат – 0,5 л/га, Фосфор-хелат і Калій-хелат – по 0,9 л/га.

Рост-концентрат – органомінеральне добриво зі стимулювальним ефектом і фунгіцидною активністю, є продуктом високотехнологічної переробки натурального торфу, з якого вилучено активні речовини: азот, фосфор, калій, мікроелементи, а гумінові кислоти з нерозчинних переведені в розчинні одновалентні солі. Співвідношення основних елементів живлення: азот – 5 %, фосфор – 5 %, калій – 5 %. Поживні речовини у добриві представлено в гуматній формі. Виробник – ТОВ «Восор», Україна.

Фосфор-хелат – універсальне водорозчинне фосфорне добриво з умістом фосфору в доступній хелатній формі 40 %. Калій-хелат – водорозчинне концентроване калійне добриво з умістом калію в доступній хелатній формі 77 %. Виробник обох добрив – ТОВ «Караван», Україна.

Висівали розторопшу плямисту навесні. Посівна площа досліду – 0,05 га. Облікова площа ділянки – 10 м^2. Лабораторні аналізи вмісту важких металів у листковій масі розторопші плямистої проводили у сертифікованій та акредитованій лабораторії Житомирської філії Інституту охорони ґрунтів ДУ «Держгрунтохорона». Масову концентрацію важких металів у рослинній продукції визначали атомно-абсорбційним методом на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С115-1М згідно з ГОСТ 30178-96. Підготовку рослинних зразків для визначення важких металів здійснювали методом сухої мінералізації згідно з ДСТУ 7670:2014. Важкі метали у листковій масі розторопші плямистої визначали згідно з методиками: ДСТУ 4770.6:2007 – Визначення вмісту рухомих сполук міді в буферній амонійно-ацетатній витяжці з pH 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрометрії; ДСТУ 4770.2:2007 – Визначення вмісту рухомих сполук цинку в буферній амонійно-ацетатній витяжці з pH 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрометрії; ДСТУ 4770.9:2007 – Визначення вмісту рухомих сполук свинцю в буферній амонійно-ацетатній витяжці з pH 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрометрії; ДСТУ 4770.3:2007 – Визначення вмісту рухомих сполук кадмію в буферній амонійно-ацетатній витяжці з pH 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрометрії; ДСТУ 7670:2014 – Сировина і продукти харчові. Готування проб. Мінералізація для визначення вмісту токсичних речовин. На основі отриманих даних лабораторного аналізу розраховували коефіцієнт небезпеки важких металів як відношення їх умісту в рослині до ГДК. Проводили статистичну обробку отриманих даних дослідження на основі загальноприйнятих методик математичного аналізу за допомогою програми Agrostat [24].

Результати дослідження та обговорення. Спостереження за концентрацією свинцю в листковій масі розторопші плямистої за її удобрення органомінеральним добривом Рост-концентрат виявило його вміст 13,38±2,08 мг/кг сухої речовини, що на 36,8 % більше, ніж уміст свинцю в листовій масі розторопші плямистої на контролі, де жодних добрив не використовували (табл. 1).

Концентрація кадмію в листковій масі розторопші плямистої за її удобрення органомінеральним добривом Рост-концентрат становила 1,97±0,06 мг/кг сухої речовини. Це на 46,7 % більше, ніж концентрація кадмію в листковій масі розторопші плямистої на контролі.

Фактична концентрація міді у листковій масі розторопші плямистої за її удобрення органомінеральним добривом Рост-концентрат становила 17,06±1,85 мг/кг сухої речовини, що на 22,5 % більше, ніж концентрація міді в рослинах, вирощених на контролі.

Вміст цинку в листковій масі розторопші плямистої за удобрення її посіву органомінеральним добривом Рост-концентрат становив 29,78±2,95 мг/кг сухої речовини. Це на 80,7 % менше, ніж концентрація цинку в листковій масі розторопші плямистої на контролі.

Установлено, що застосування органомінерального добрива Рост-концентрат на посівах розторопші плямистої сприяє інтенсивно-

Таблиця 1 – **Вміст важких металів у листковій масі розторопші плямистої за її удобрення органомінеральним добривом Рост-концентрат,** мг/кг сухої речовини

Варіант удобрення	Pb		Cd		Cu		Zn	
	Фактичний вміст	ГДК	Фактичний вміст	ГДК	Фактичний вміст	ГДК	Фактичний вміст	ГДК
Добриво Рост-концентрат	13,38±2,08	5,0	1,97±0,06	1,0	17,06±1,85	5,0	29,78±2,95	10,0
Контроль	8,46±1,57	5,0	1,05±0,04	1,0	13,23±1,27	5,0	154,28±7,74	10,0

му поглинанню з ґрунту поживних речовин, зокрема таких важких металів як свинець, кадмій і мідь.

Органомінеральне добриво Рост-концентрат найбільше сприяє поглинанню з ґрунту кадмію – у 1,9 раза більше, ніж на контролі. Водночас застосування органомінерального добрива Рост-концентрат на посівах розторопші плямистої зумовлює зниження поглинання з ґрунту цинку, концентрація якого проти контролю, знижується у листковій масі рослин розторопші плямистої у 55,5 раза.

За удобрення посівів розторопші плямистої хелатними добривами Фосфор-хелат і Калій-хелат спостерігається інша інтенсивність накопичення важких металів у її листковій масі, порівнюючи із використанням органомінерального добрива Рост-концентрат. Зокрема, найменшу концентрацію свинцю в листовій масі розторопші плямистої було виявлено за удобрення рослин хелатним добривом Фосфор-хелат – 11,82±1,83 мг/кг сухої речовини, що на 6,6 % більше, ніж на контролі та на 21,0 % менше, ніж за удобрення рослин розторопші плямистої хелатним добривом Калій-хелат (табл. 2).

масі вмісту цинку на 3,5 %, а добривом Калій-хелат – на 30,5 %.

Отже, використання для удобрення посівів розторопші плямистої хелатного добрива Фосфор-хелат зумовлює зниження забруднення її листкової маси кадмієм та міддю в 1,1 раза проти варіанта без удобрення її посівів, а зростання концентрації свинцю і цинку проти контролю є незначним, у межах похибки досліду. Застосування для удобрення посівів розторопші плямистої хелатного добрива Калій-хелат сприяє зменшенню забруднення її листкової маси кадмієм, проти контролю, а зміна її забруднення міддю перебуває в межах похибки. Водночас заміна добрива Рост-концентрат на Фосфор-хелат або Калій-хелат під час удобрення посівів розторопші плямистої зумовить зниження забруднення її листкової маси свинцем, кадмієм та міддю, однак збільшить забруднення цинком, порівнюючи з контролем.

Екологічна безпека лікарської сировини розторопші плямистої визначається за порівнянням фактичної концентрації важких металів у рослинах до гранично допустимої концентрації (ГДК) цих речовин, що становить суть

Таблиця 2 – **Вміст важких металів у листковій масі розторопші плямистої за її удобрення хелатними добривами Фосфор-хелат і Калій-хелат,** мг/кг сухої речовини

Варіант удобрення	Pb		Cd		Cu		Zn	
	Фактичний вміст	ГДК	Фактичний вміст	ГДК	Фактичний вміст	ГДК	Фактичний вміст	ГДК
Добриво Фосфор-хелат	11,82±1,83	5,0	1,68±0,05	1,0	15,30±1,34	5,0	58,06±4,03	10,0
Добриво Калій-хелат	14,96±2,00	5,0	1,82±0,06	1,0	18,47±1,98	5,0	80,58±4,90	10,0
Контроль	11,04±1,64	5,0	1,85±0,06	1,0	17,13±1,86	5,0	56,02±3,87	10,0

Найнижчу концентрацію кадмію в листковій масі розторопші плямистої було виявлено за її удобрення хелатним добривом Фосфор-хелат – 1,68±0,05 мг/кг сухої речовини. Це на 7,7 % менше, ніж за удобрення рослин розторопші плямистої хелатним добривом Калій-хелат та на 9,2 % менше, ніж на контролі.

Застосування хелатного добрива Фосфор-хелат на посівах розторопші плямистої забезпечує отримання листкової маси з найнижчим умістом міді – 15,30±1,34 мг/кг сухої речовини, що на 10,7 % менше, ніж на контролі та на 17,2 % менше, ніж за внесення хелатного добрива Калій-хелат.

Найменшу концентрацію цинку в листковій масі розторопші плямистої було виявлено на контролі – 56,02±3,87 мг/кг сухої речовини. Удобрення її посівів хелатним добривом Фосфор-хелат сприяє зростанню у її листковій

коефіцієнта небезпеки важких металів. Безпечні умови складаються для використання такої сировини без обмеження за умови коефіцієнта небезпеки, який становить менше одиниці.

За розрахунками коефіцієнтів небезпеки обох дослідів одержані коефіцієнти становили понад одиницю в усіх варіантах (табл. 3, 4).

Зокрема, за використання добрив найменший коефіцієнт небезпеки свинцю було встановлено на варіанті удобрення розторопші плямистої хелатним добривом Фосфор-хелат – 2,36, а найвищий – за удобрення добривом Калій-хелат – 2,99.

Найнижчий коефіцієнт небезпеки кадмію в листковій масі розторопші плямистої було встановлено за удобрення рослин хелатним добривом Фосфор-хелат – 1,68, а найвищий – за удобрення органомінеральним добривом Рост-концентрат – 1,97.

Таблиця 3 – **Коефіцієнт небезпеки важких металів у листковій масі розторопші плямистої за її удобрення органомінеральним добривом Рост-концентрат**

Варіант удобрення	Pb	Cd	Cu	Zn
Добриво Рост-концентрат	2,68	1,97	3,41	2,98
Контроль	1,69	1,05	2,65	15,43

Таблиця 4 – **Коефіцієнт небезпеки важких металів у листковій масі розторопші плямистої за її удобрення хелатними добривами Фосфор-хелат і Калій-хелат**

Варіант удобрення	Pb	Cd	Cu	Zn
Добриво Фосфор-хелат	2,36	1,68	3,06	5,81
Добриво Калій-хелат	2,99	1,82	3,69	8,06
Контроль	2,21	1,85	3,43	5,60

За удобрення посівів розторопші плямистої добривом Фосфор-хелат спостерігався найнижчий коефіцієнт небезпеки міді у її листковій масі – 3,06. Найвищий коефіцієнт небезпеки мав варіант удобрення добривом Калій-хелат – 3,69.

Найменший коефіцієнт небезпеки цинку в листковій масі розторопші плямистої мав варіант внесення органомінерального добрива Рост-концентрат – 2,98, а найвищий – за удобрення халатним добривом Калій-хелат – 8,06.

Результати досліджень доводять біологічну особливість рослин розторопші плямистої поглинати важкі метали у високих концентраціях, значно вищих за встановлені для рослин гранично допустимі нормативи. У разі застосування досліджуваних мінеральних добрив уміст важких металів у рослинах розторопші плямистої може ще більше зростати. Ця залежність пояснюється попередніми дослідженнями хімічного складу листової маси розторопші плямистої, де було виявлено підвищену концентрацію цинку, а також інших речовин, зокрема кальцію, селену, йоду, а загалом – понад 200 речовин [14].

Особливість рослин розторопші плямистої поглинати і накопичувати елементи у підвищених концентраціях робить її унікальною лікарською рослиною. Водночас фармакологічна активність рослин розторопші плямистої залежить переважно від вмісту в рослині комплексу вітамінів та корисних елементів.

Доступність для рослин розторопші плямистої важких металів пов'язана з особливостями ґрунту, які можуть підвищувати їх перехід у рослини. Коріння рослин розторопші плямистої можуть у разі нестачі заліза підвищувати кислотність ґрунту, унаслідок чого нерозчинні важкі метали переходять у розчинний стан. Доведено, що надходження важких металів з ґрунту в рослини зростає за підвищення кислотності ґрунту. Це відбувається тому, що сполуки важких металів краще розчиняються в кислому середовищі.

Для підвищення біологічної доступності важких металів важливе значення має коренева мікрофлора розторопші плямистої. У коренях рослин сполуки важких металів частково знешкоджуються і переводяться в більш мобільну хімічну форму, після чого вони накопичуються в молодих пагонах рослин розторопші плямистої. Важливе значення для цих перетворень мають мембранні білки, що відповідають за характерні особливості транспорту йонів металів у цитоплазмі і клітинних органелах.

Зазвичай малорозчинні солі важких металів переміщуються судинною системою рослин у вигляді комплексних сполук. За збільшення вмісту важких металів у ґрунті знижується загальна біологічна активність рослин, що різко позначається на особливостях розвитку рослин, різні рослини реагують на надлишок важких металів по-різному. Однак в одній і тій самій частині рослини розторопші плямистої концентрація хімічних елементів істотно змінюється залежно від фази її росту, розвитку і віку. Найбільшою мірою важкі метали накопичуються у листі. Це зумовлено багатьма причинами, одна з яких – локальне накопичення важких металів у результаті переходу їх у малорухливу форму. Наприклад, у разі мідної інтоксикації забарвлення деяких листків розторопші плямистої змінювалося до червоного і буро-коричневого, що свідчило про руйнування хлорофілу.

Величина середніх умістів одного і того самого елемента в різних видах рослин, які ростуть в однакових умовах, часто відрізняється у 2–5 разів. В умовах аномально високих концентрацій певного елемента в середовищі проростання організмів різниця вмісту цього елемента в різних видах рослин зростає. Різ-

ке збільшення вмісту одного або декількох елементів у середовищі переводить їх у розряд токсикантів. Токсичність важких металів пов'язана з їх фізико-хімічними властивостями, зі здатністю до утворення міцних з'єднань з низкою функціональних угруповань на поверхні і всередині клітин.

Отже, найбільш екологічно безпечна листкова сировина розторопші плямистої за вмістом свинцю, кадмію та міді буде спостерігатись за удобрення її посівів хелатним добривом Фосфор-хелат, а за вмістом цинку – за удобрення органомінеральним добривом Рост-концентрат.

Висновки. Для зниження забруднення листкової маси лікарської сировини розторопші плямистої важкими металами, зокрема кадмієм – на 9 % та міддю – на 11 %, необхідно використовувати для її удобрення листове підживлення хелатним добривом Фосфор-хелат з нормою внесення 0,9 л/га. Для зменшення забруднення листової маси цинком на 81 % рекомендується використовувати листове підживлення органомінеральним добривом Рост-концентрат з нормою внесення 0,5 л/га.

Враховуючи неоднозначний вплив досліджуваних добрив на накопичення важких металів листковою масою рослин розторопші плямистої, доцільним напрямом подальших досліджень є вивчення впливу інших добрив на інтенсивність накопичення важких металів розторопшею плямистою.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Разанов С.Ф., Ткачук О.П. Інтенсивна хімізація землеробства як передумова забруднення зернової продукції важкими металами. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. Біла Церква, 2017. № 1(134). С. 66–71.

2. Мудрий І.В. Деякі аспекти проблеми вирощування якісної рослинницької продукції при застосуванні мінеральних добрив та методичні підходи щодо токсиколого-гігієнічної їх оцінки. Проблеми харчування. Медична Україна. 2005. № 4. С. 44–47.

3. Гетьманчук А.І. Особливості використання лісових лікарських рослин в умовах радіоактивного забруднення Полісся України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Харків, 2005. 23 с.

4. Анищенко Л.В., Подольская Е.Н. Энциклопедия лекарственных растений. М.: АСТ. 2017. 208 с.

5. Розторопша (плоди): лікувальні властивості, дія на організм. URL: https://liktravy.ua/useful/encyclopedia-of-herbs/roztoropshi-plody

6. Кшникаткина А.Н., Гущина В.А., Агапкин Н.Д. Расторопша пятнистая. Пчеловодство, 2003. № 3. С. 26–27.

7. Розторопша плямиста. Пропозиція. 2008. URL: https://propozitsiya.com/ua/roztoropsha-plyamista

8. Розторопша є перспективною до вирощування в Україні лікарською рослиною. Супераграном. 2018. URL: https://superagronom.com/news/5963-roztoropsha-ye-perspektivnoyu-do-viroschuvannya-vukrayini-likarskoyu-roslinoyu

9. Носенко Ю. Розторопша плямиста – «подарунок Діви Марії». Агробізнес сьогодні. 2019. URL: http://agro-business.com.ua/agro/ekspertna-dumka/item/8201-roztoropsha-pliamysta-podarunok-divymarii.html

10. Господаренко Г.М. Агрохімія. Київ: Сік груп Україна. 2018. 560 с.

11. Мікроелементи, їх роль для рослин. 2020. URL: http://artahg.com.ua/statti/mikroelementy-yikh-rol-dlya-roslyn.html

12. Корчагіна І. Мідь. Значення та застосування у землеробстві. Агроексперт. URL: https://agroexpert.ua/mid-znacenna-ta-zastosuvanna-u-zemlerobstvi/

13. Никитюк Ю.А. Еколого-економічний аналіз сучасного стану ринку лікарської рослинної сировини в Україні. Збалансоване природокористування. 2015. № 1. С. 12–15.

14. Дребот О.І. Світовий досвід розвитку лікарського рослинництва: еколого-економічні аспекти. Збалансоване природокористування. 2018. № 2. С. 142–146.

15. Кондратюк С.Є. Метали і людський організм. Металознавство та обробка металів. 2011. № 3. С. 57–64.

16. Важкі метали – найбільш небезпечні елементи. URL: http://moyaosvita.com.ua/ekologiya/vazhki-metali-najbilsh-nebezpechni-elementi/

17. Metal mixture inhalation (Cd-Pb) and its effects on the bronchiolar epithelium / Fortoul T.I. et al. An ultrastructural approach. Toxicol Ind Health. 2004. № 20 (1–5). P. 69–75.

18. Цинк (Zn) має великий вплив на окислювально-відновні процеси в рослинному організмі. 2020. URL: https://agro.bio/cink-zn

19. Цинк. Системний підхід у живленні рослин. URL: https://www.agroone.info/publication/cink-sistemnijpidhid-u-mineralnomu-zhivlenni-roslin/

20. Разанов С.Ф., Настояща А.М. Ефективність вирощування та використання лікарських рослин в сучасних екологічних умовах довкілля. Сільське господарство та лісівництво: збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Вінниця: ВНАУ. 2017. № 6 (Том 2). С. 141–149.

21. Гамаюнова В.В., Дьомін О.В. Удосконалення окремих агротехнічних прийомів вирощування розторопші плямистої в умовах півдня України. Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. 2015. № 1 (47). Т. 1. С. 139–144.

22. Тарасюк В.А., Хоміна В.Я. Вплив агротехнічних заходів на густоту стояння рослин розторопші плямистої. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2014. Вип. 21. С. 105–108.

23. Воронцов В.Т., Опара М.М. Досвід вирощування розторопші плямистої на невеликих ділянках та використання її з метою оздоровлення. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2010. № 2. С. 41–45.

24. Методика польового досліду (зрошуване землеробство): навчальний посібник / Ушкаренко В.О. та ін. Херсон: Грінь Д.С., 2018. 448 с.

REFERENCES

1. Razanov, S.F., Tkachuk, O.P. (2017). Intensyvna khimizatsiia zemlerobstva yak peredumova zabrudnennia

zernovoi produktsii vazhkymy metalamy [Intensive chemicalization of agriculture as a prerequisite for contamination of grain products with heavy metals]. Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva [Technology of production and processing of livestock products]. Bila Tserkva, no. 1(134), pp. 66–71.

2. Mudryi, I.V. (2005). Deiaki aspekty problemy vyroshchuvannia yakisnoi roslynnytskoi produktsii pry zastosuvanni mineralnykh dobryv ta metodychni pidkhody shchodo toksykoloho-hihiienichnoi yikh otsinky [Some aspects of the problem of growing quality crop products using mineral fertilizers and methodological approaches to their toxicological and hygienic assessment]. Problemy kharchuvannia. Medychna Ukraina [Nutrition problems. Medical Ukraine], no. 4, pp. 44–47.

3. Hetmanchuk, A.I. (2005). Osoblyvosti vykorystannia lisovykh likarskykh roslyn v umovakh radioaktyvnoho zabrudnennia Polissia Ukrainy: avtoref. dys. … kand. s.-h. nauk [Features of the use of forest medicinal plants in the conditions of radioactive contamination of Polissya of Ukraine: abstract of the dissertation of the candidate of agricultural sciences]. Kharkiv, 23 p.

4. Anyshchenko, L.V., Podolskaia, E.N. (2017). Entsyklopedyia lekarstvennykh rastenyi [Encyclopedia of medicinal plants]. Moscow, AST, 208 p.

5. Roztoropsha (plody): likuvalni vlastyvosti, diia na orhanizm [Thistle (fruit): medicinal properties, effect on the body]. Available at: https://liktravy.ua/useful/encyclopedia-of-herbs/roztoropshi-plody

6. Kshnykatkyna, A.N., Hushchyna, V.A., Ahapkyn, N.D. (2003). Rastoropsha piatnystaia [Thistle spotted]. Pchelovodstvo [Beekeeping], no. 3, pp. 26–27.

7. Roztoropsha pliamysta [Thistle spotted]. Propozytsiia [Offer], 2008. Available at: https://propozitsiya.com/ua/roztoropsha-plyamista

8. Roztoropsha ye perspektyvnoiu do vyroshchuvannia v Ukraini likarskoiu roslynoiu [Thistle is a promising medicinal plant in Ukraine]. Superahronom [Superagron], 2018. Available at: https://superagronom.com/news/5963-roztoropsha-ye-perspektivnoyu-do-viroschuvannya-vukrayini-likarskoyu-roslinoyu

9. Nosenko, Yu.(2019). Roztoropsha pliamysta – «podarunok Divy Marii» [Milk thistle – «gift of the Virgin Mary»]. Ahrobiznes sohodni [Agribusiness today]. Available at: http://agro-business.com.ua/agro/ekspertna-dumka/item/8201-roztoropsha-pliamysta-podarunok-divymarii.html (Accessed 15.09.2020).

10. Hospodarenko, H.M. (2018). Ahrokhimiia [Agrochemistry]. Kyiv, Juice of groups Ukraine, 560 p.

11. Mikroelementy, yikh rol dlia roslyn [Trace elements, their role for plants], 2020. Available at: http://artahg.com.ua/statti/mikroelementy-yikh-rol-dlya-roslyn.html

12. Korchahina, I. Mid. Znachennia ta zastosuvannia u zemlerobstvi [Copper. Significance and application in agriculture]. Ahroekspert [Agroexpert]. Available at: https://agroexpert.ua/mid-znacenna-ta-zastosuvanna-u-zemlerobstvi/

13. Nykytiuk, Yu.A. (2015). Ekoloho-ekonomichnyi analiz suchasnoho stanu rynku likarskoi roslynnoi syrovyny v Ukraini [Ecological and economic analysis of the current state of the market of medicinal plant raw materials in Ukraine]. Zbalansovane pryrodokorystuvannia [Balanced nature management], no. 1, pp. 12–15.

14. Drebot, O.I. (2018). Svitovyi dosvid rozvytku likarskoho roslynnytstva: ekoloho-ekonomichni aspekty [World experience in the development of medicinal plants: environmental and economic aspects]. Zbalansovane pryrodokorystuvannia [Balanced nature management], no. 2, pp. 142–146.

15. Kondratiuk, S.Ie. (2011). Metaly i liudskyi orhanizm [Metals and the human body]. Metaloznavstvo ta obrobka metaliv [Materials science and metal processing], no. 3, pp. 57–64.

16. Vazhki metaly – naibilsh nebezpechni element [Heavy metals are the most dangerous elements]. Available at: http://moyaosvita. com.ua/ekologiya/vazhki-metali-najbilsh-nebezpechni-elementi/

17. Fortoul, T.I. (2004). Metal mixture inhalation (Cd-Pb) and its effects on the bronchiolar epithelium. An ultrastructural approach. Toxicol Ind Health. no. 20 (1–5), pp. 69–75.

18. Tsynk (Zn) maie velykyi vplyv na okysliuvalno-vidnovni protsesy v roslynnomu orhanizmi [Zinc (Zn) has a great influence on redox processes in the plant body]. 2020. Available at: https://agro.bio/cink-zn

19. Tsynk. Systemnyi pidkhid u zhyvlenni roslyn [Zinc. System approach in plant nutrition]. Available at: https://www.agroone.info/publication/cink-sistemnijpidhid-u-mineralnomu-zhivlenni-roslin/

20. Razanov, S.F., Nastoiashcha, A.M. (2017). Efektyvnist vyroshchuvannia ta vykorystannia likarskykh roslyn v suchasnykh ekolohichnykh umovakh dovkillia [Efficiency of cultivation and use of medicinal plants in modern ecological environmental conditions]. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo: zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu [Agriculture and Forestry: collection of scientific works of Vinnytsia National Agrarian University]. Vinnytsia, VNAU, no. 6, Vol. 2, pp. 141–149.

21. Hamaiunova, V.V., Domin, O.V. (2015). Udoskonalennia okremykh ahrotekhnichnykh pryiomiv vyroshchuvannia roztoropshi pliamystoi v umovakh pivdnia Ukrainy [Improvement of some agrotechnical methods of growing milk thistle in the south of Ukraine]. Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu [Bulletin of Zhytomyr National Agroecological University], no. 1 (47), Vol. 1, pp. 139–144.

22. Tarasiuk, V.A., Khomina, V.Ia. (2014). Vplyv ahrotekhnichnykh zakhodiv na hustotu stoiannia roslyn roztoropshi pliamystoi [Influence of agrotechnical measures on the stocking density of milk thistle plants]. Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets]. Vol. 21, pp. 105–108.

23. Vorontsov, V.T., Opara, M.M. (2010). Dosvid vyroshchuvannia roztoropshi pliamystoi na nevelykykh diliankakh ta vykorystannia yii z metoiu ozdorovlennia [Experience in growing milk thistle in small areas and using it for recovery]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy], no. 2, pp. 41–45.

24. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., Kokovikhin, S.V. (2018). Metodyka polovoho doslidu (zroshuvane zemlerobstvo): navchalnyi posibnyk [Methods of field experiment (irrigated agriculture)]. Kherson, Hrin D.S., 448 p.

Интенсивность накопления тяжелых металлов листковой массой расторопши пятнистой при ее удобрении новейшими удобрениями

Разанов С.Ф., Ткачук А.П., Разанова А.М.

Исследована интенсивность накопления тяжелых металлов в листовой массе расторопши пятнистой при ее удобрении новейшими видами удобрений и проведена оценка экологической безопасности такого сырья.

Закладывали два опыта: влияние удобрения расторопши пятнистой удобрением Рост-концентрат на интенсивность накопления тяжелых металлов; влияние удобрения расторопши пятнистой удобрениями Фосфор-хелат и Калий-хелат на интенсивность накопления тяжелых металлов.

Использование для удобрения посевов расторопши пятнистой хелатного удобрения Фосфор-хелат приводит к снижению загрязнения ее листовой массы кадмием и медью в 1,1 раза по сравнению с вариантом без удобрения ее посевов, а рост концентрации свинца и цинка по сравнению с контролем незначительный и находится в пределах погрешности опыта. Применение удобрения посевов расторопши пятнистой хелатного удобрения Калий-хелат способствует уменьшению загрязнения ее листовой массы кадмием по сравнению с контролем, а изменение ее загрязнения медью находится в пределах погрешности. В то же время замена удобрения Рост-концентрат на Фосфор-хелат или Калий-хелат при удобрении посевов расторопши пятнистой приведет к снижению загрязнения ее листовой массы свинцом, кадмием и медью, но увеличит загрязнение цинком по сравнению с контролем.

Наиболее экологически безопасное листовое сырье расторопши пятнистой по содержанию свинца, кадмия и меди будет наблюдаться при удобрении ее посевов хелатным удобрением Фосфор-хелат, а по содержанию цинка – при удобрении органоминеральным удобрением Рост-концентрат.

Для снижения загрязнения листовой массы лекарственного сырья расторопши пятнистой тяжелыми металлами, в частности кадмием – на 9 % и медью – на 11 %, необходимо использовать для ее удобрения халатное удобрение Фосфор-хелат. Для уменьшения загрязнения листовой массы цинком на 81 % рекомендуется использовать органоминеральное удобрение Рост-концентрат.

Ключевые слова: расторопша пятнистая, лекарственное сырье, экологическая безопасность, тяжелые металлы, загрязнение, удобрения.

The intensity of heavy metals accumulation by the milk thistle leaf mass under its fertilization with the latest fertilizers

Razanov S., Tkachuk O., Razanova A.

The aim of the research is to study the intensity of heavy metals accumulation in milk thistle leaf mass under fertilization with the latest types of fertilizers and to assess the environmental safety of such raw materials.

Two experiments were laid in the research: the effect of fertilizing milk thistle with organo-mineral fertilizer Growth-concentrate on the intensity heavy metals accumulation by its leaf mass; the effect of fertilizing milk thistle with chelated fertilizers Phosphorus-chelate and Potassium-chelate on the intensity on heavy metals accumulation by the leaf mass.

The use of a chelated Phosphorus chelate fertilizer for the fertilization of milk thistle crops leads to a 1.1 times decrease in the contamination of its leaf mass with cadmium and copper in comparison with the option without fertilizing its crops, and the increase in the concentration of lead and zinc compared to the control is insignificant and is within the range errors of experience. The use of fertilization of crops of milk thistle chelated fertilizer Potassium-chelate helps to reduce the contamination of its leaf mass with cadmium compared to the control, and the change in its contamination with copper is within the margin of error. At the same time, replacing the Growth-concentrate fertilizer with Phosphorus-chelate or Potassium-chelate when fertilizing milk thistle crops will lead to a decrease in the contamination of its leaf mass with lead, cadmium and copper, but will increase the contamination with zinc, compared to the control.

The most environmentally safe leaf raw material of milk thistle in terms of lead, cadmium and copper content will be observed when fertilizing its crops with chelated fertilizers Phosphorus-chelate, and in terms of zinc content – when fertilizing with organo-mineral fertilizer Growth-concentrate.

It is advisable to use Phosphorus-chelate fertilizer for the plant fertilization to reduce the contamination of the leaf mass of the medicinal raw material of milk thistle with heavy metals, in particular cadmium – by 9 % and copper – by 11 %,. To reduce contamination of the leaf mass with zinc by 81 %, it is recommended to use the organic-mineral fertilizer Growth-concentrate.

Key words: milk thistle, medicinal raw materials, environmental safety, heavy metals, pollution, fertilizers.

Copyright: Разанов С.Ф., Ткачук О.П., Разанова А.М. © 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.

Разанов С.Ф. ID: https://orcid.org/0000-0002-4883-2696
Ткачук О.П. ID: https://orcid.org/0000-0002-0647-6662
Разанова А.М. ID: https://orcid.org/0000-0002-3546-3692