

**О. П. Ткачук,**

доктор с.-г. наук, доцент,  
Вінницький національний аграрний університет  
(м. Вінниця), Україна

**А. М. Разанова,**  
аспірант,

Вінницький національний аграрний університет,  
(м. Вінниця), Україна  
E-mail: tkachukop@ukr.net

## ІНТЕНСИВНІСТЬ НАКОПИЧЕННЯ РЬ У ЛИСТКОВІЙ МАСІ ТА НАСІННІ РОЗТОРОПШІ ПЛЯМИСТОЇ (*SILYBUM MARIANUM*)

Стаття присвячена вивченню інтенсивності накопичення свинцю у листовій масі та насінні розторопші плямистої за її удобрення різними мінеральними добривами. Показано лікувальні властивості розторопші плямистої та ризики, що можуть виникнути при надходженні в організм людини свинцю. Досліджено інтенсивність накопичення та поглинання свинцю листовою масою і насінням розторопші плямистої за використання різних схем удобрення: аміачних, фосфорних, калійних добрив, їх суміші та без їх застосування. Отримані показники перераховані для встановлення коефіцієнтів накопичення і небезпеки з урахуванням граничнодопустимої концентрації. Доведено, що при застосуванні добрив найменше свинцю накопичується рослинами розторопші плямистої при застосуванні суміші добрив аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого. Найбільше накопичення свинцю насінням спостерігається при удобренні розторопші плямистої аміачною селітрою, а листовою масою – калієм хлористим.

**Ключові слова:** свинець, накопичення, розторопша плямиста, Листки, насіння.

**О. П. Tkachuk,**

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Vinnitsa National Agrarian University (Vinnitsa), Ukraine

**A. M. Razanova,**

Graduate Student, Vinnitsa National Agrarian University (Vinnitsa), Ukraine

E-mail: tkachukop@ukr.net

### INTENSITY OF ACCUMULATION OF RV IN SHEET MASS AND SEEDS OF MILY SPOTULA (*SILYBUM MARIANUM*)

The article is devoted to the study of the intensity of lead accumulation in the leaf mass and seeds of the milk thistle due to its fertilization with various minerals. The medicinal properties of milk thistle and the risks that may occur when lead enters the human body are shown. The rate of accumulation and absorption of lead by the leaf mass and seeds of milk thistle was studied for the use of various fertilizer schemes: ammonia, phosphorus, potassium fertilizers, their mixtures and without the use of fertilizers. The obtained indicators are listed to establish the accumulation and hazard factors taking into account the maximum permissible concentrations. It is proved that with the use of fertilizers, less lead is accumulated by the plants of milk thistle using a mixture of ammonium nitrate, superphosphate simple and potassium chloride. The greatest accumulation of lead by seeds is observed when fertilizing milk thistle with spotted ammonium nitrate, and by leaf mass – when fertilizing with potassium chloride. The results of the research revealed intensive absorption and accumulation of leaf mass and seeds of thistle spotted lead in quantities that are significantly higher than the maximum permissible levels and puts the requirements for improving the cultivation of this crop in modern field crop rotation. It was found that the least amount of lead is accumulated in the leaf mass and the seeds of milk thistle in the absence of any fertilization of its crops. At application of fertilizers the least lead accumulates by plants of thistle spotted at application of a mixture of fertilizers of ammonium nitrate, simple phosphate and potassium chloride in application rate N – 60 kg / ha, P – 60 kg / ha, K – 60 kg / ha. The greatest accumulation of lead by seeds is observed in the fertilization of thistle spotted ammonium nitrate, and the leaf mass – in the fertilization of potassium chloride.

**Key words:** lead, accumulation, spotted milk thistle, leaves, seeds.

**Постановка проблеми.** Розторопша плямиста (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.) належить до цінних лікарських рослин. На лікарські цілі використовуються як листки, так і плоди з насінням. Зокрема плоди розторопші плямистої мають протигепатитнозахисну дію, сприяють покращенню функціонування печінки, нормалізують травлення [1]. Розторопша плямиста профілактично захищає непошкоджені гепатоцити і підвищує їхню стійкість до інфекції та різного роду отруєнь. Ця лікарська рослина підсилює утворення жовчі та прискорює її виведення, нормалізуючи тим самим процеси травлення й обмін речовин. У плодах розторопші плямистої містяться флавоноїди і флавоногліни (силібін, силікрістин, силідіанін та ін.), крім того, алкалоїди, сапоніни, слиз, органічні кислоти, вітамін К, гіркоти, жирна олія (16–28%), білкові та інші речовини. Основними діючими речовинами розторопші є флавоногліни [2].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.**

Розторопша плямиста не вибаглива до ґрунтів і кліматичних умов. У дикорослому вигляді відома як бур'ян; зустрічається на пустищах, уздовж доріг і на залізничних насадах [3]. Розторопша належить до культур раннього строку сівби. Дружні сходи рослини з'являються на 8–10-ту добу після сівби за середньодобової температури 10 °С. Для її вирощування придатні пухкі слабокислі супіщані ґрунти. Промислове вирощування розторопші плямистої в Україні для заготівлі лікарської сировини здійснюється у Житомирській області, де сприятливі ґрунтово-кліматичні умови [4].

Сприятливість ґрунтово-кліматичних умов для вирощування розторопші плямистої з лікувальною метою може бути і певним обмеженням, оскільки легкі за механічним складом і бідні на гумус, поживні макроелементи (N, P, K), кислоти за природою такі ґрунти

вимагають значного підживлення посівів мінеральними добривами, що суттєво підвищує їх продуктивність. В той же час на таких ґрунтах зростає міграція токсикантів, що містяться у мінеральних добрив, зокрема важких металів [5].

Серед найнебезпечніших важких металів, що можуть потрапляти у лікарську сировину розторопші плямистої з мінеральними добривами, є свинець. За даними попередніх досліджень встановлено [6], що його вміст у найпоширеніших видах добрив: аміачній селітрі, суперфосфаті та калію хлористому, становить 2,0–4,4 мг/кг добрива.

В організмі свинець потрапляє в мозок, печінку, нирки і кістки, згодом цей токсикант накопичується в зубах і кістках. Особливо вразливі діти молодшого віку. При високих рівнях впливу свинець порушує функціонування мозку і центральної нервової системи, викликаючи кому, судоми і навіть смерть. Діти, які виживають після важкого отруєння свинцем, можуть страждати від порушень психічного розвитку (розумова відсталість) і поведінкових розладів [7]. Тому виникає потреба у постійному контролі за якістю лікарської сировини, одержаної в умовах сучасних сівозмін.

**Мета статті.** Вивчення впливу мінерального підживлення розторопші плямистої, вирощеної в умовах сівозміни на сірих лісових ґрунтах в умовах Вінниччини.

**Методика досліджень.** Польові дослідження проводили впродовж 2017–2019 років на сірому опідзоленому середньосуглинковому ґрунті. Висівали розторопшу плямисту у весняні строки на фоні п'яти варіантів удобрення: 1) аміачна селітра ( $N_{60}$ ); 2) суперфосфат простий ( $P_{60}$ ); 3) калій хлористий ( $K_{60}$ ); 4) суміш – аміачна селітра, суперфосфат простий, калій хлористий ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ); 5) без використання мінеральних добрив (*контроль*). У фазу достигання плодів їх збирали разом із листовою масою для проведення лабораторного аналізу на вміст свинцю у насінні та листках.

Лабораторні аналізи здійснювали у сертифікованій та акредитованій лабораторії Вінницької філії Інституту охорони ґрунтів. На основі отриманих результатів лабораторного аналізу вмісту свинцю у листовій масі розторопші плямистої розраховували коефіцієнт накопичення, як відношення вмісту свинцю у рослині до вмісту рухомих форм свинцю у ґрунті та коефіцієнт небезпеки, як відношення вмісту свинцю у рослині до ГДК.

Проводили статистичну обробку отриманих результатів досліджень на основі загальноприйнятих методик математичного аналізу за допомогою програми Agrostat [8].

**Основні результати досліджень.** У результаті проведених досліджень встановлено накопичення свинцю листовою масою розторопші плямистої при внесенні мінеральних добрив у величинах, що істотно перевищують граничнодопустиму концентрацію (ГДК) свинцю у листовій масі рослин, яка становить 5,0 мг/кг сухої речовини.

У варіанті без застосування добрив (контроль) вміст свинцю у листовій масі розторопші плямистої склав 1,7 ГДК, при використанні суміші добрив аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого – 2,1 ГДК, аміачної селітри – 2,4 ГДК, суперфосфату простого і калію хлористого – по 2,5 ГДК, що не дозволяє листову масу розторопші плямистої, вирощеної за удобрення та без нього за вказаних ґрунтових умов використовувати без спеціальної підготовки для лікувальних потреб населення (табл. 1).

Вміст рухомих форм свинцю у ґрунті, де вирощували розторопшу плямисту, становив 2,6 мг/кг. Коефіцієнт накопичення свинцю листовою масою розторопші плямистої у варіанті без використання добрив (контроль) був найменшим і склав 3,2. При застосуванні суміші аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого коефіцієнт накопичення становив 4,0, при внесенні аміачної селітри – 4,63, суперфосфату простого – 4,76, калію хлористого – 4,88. Такі високі показники коефіцієнта накопичення свинцю вказують на інтенсивне поглинання листовою масою розторопші плямистої свинцю з ґрунту у значно вищих концентраціях, ніж вміст рухомих форм свинцю у ґрунті.

Найвищий коефіцієнт небезпеки свинцю у листовій масі розторопші плямистої був встановлений у варіанті застосування суперфосфату простого – 2,48. При внесенні аміачної селітри коефіцієнт небезпеки свинцю зменшився до 2,41, при внесенні калію хлористого – до 2,40, а суміші добрив аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого – до 2,08.

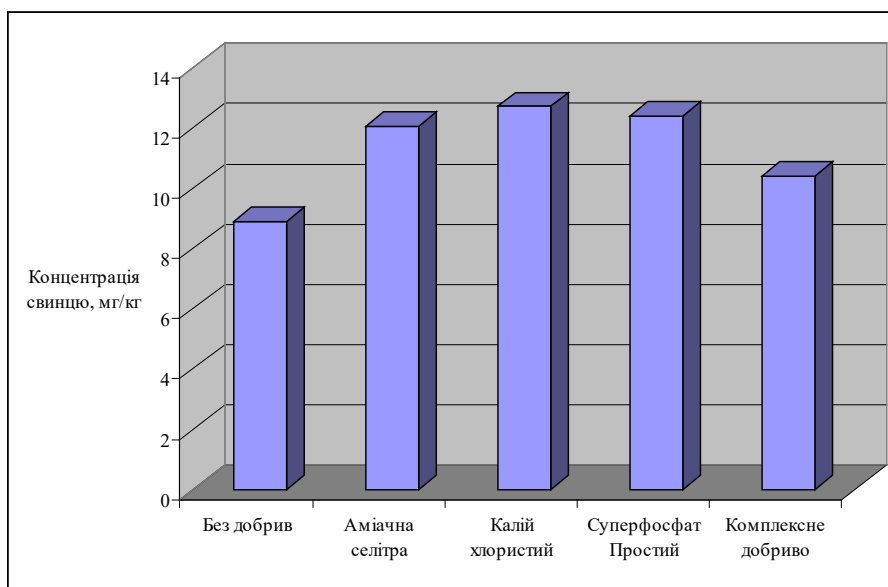
Зокрема, у варіанті без удобрення посіву вміст свинцю у листовій масі склав 8,40 мг/кг сухої речовини. При використанні у якості добрива суміші аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого вміст свинцю у листовій масі розторопші плямистої зріс на 19,2% і склав 10,40 мг/кг. Удобрення посіву розторопші плямистої аміачною селітрою зумовлює зростання інтенсивності накопичення свинцю у листовій масі на 30,3%, до 12,05 мг/кг сухої речовини, застосування суперфосфату простого – на 32,3% до рівня 12,40 мг/кг, а використання калію хлористого – на 33,9% до 12,70 мг/кг. Математична обробка одержаних результатів вказує на наявність достовірних відмінностей між варіантами досліду ( $HIP_{05} = 0,07$  мг/кг) (рис. 1).

Нашими дослідженнями встановлено також значне накопичення свинцю у насінні розторопші плямистої. Граничнодопустима концентрація свинцю у насінні рослин є значно нижчою, ніж у листовій масі і складає 0,5 мг/кг сухої речовини. У варіанті без застосування добрив вміст свинцю у насінні розторопші плямистої становив 6,6 ГДК, при удобренні сумішшю аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого – 7,3 ГДК, суперфосфатом простим – 7,9 ГДК, калієм хлористим – 8,0 ГДК, аміачною селітрою – 8,6 ГДК (табл. 2.).

Найвищий коефіцієнт накопичення свинцю насінням розторопші плямистої був встановлений у варіанті внесення

**1. Інтенсивність накопичення свинцю у листовій масі розторопші плямистої залежно від умов мінерального живлення, 2017–2019 рр.**

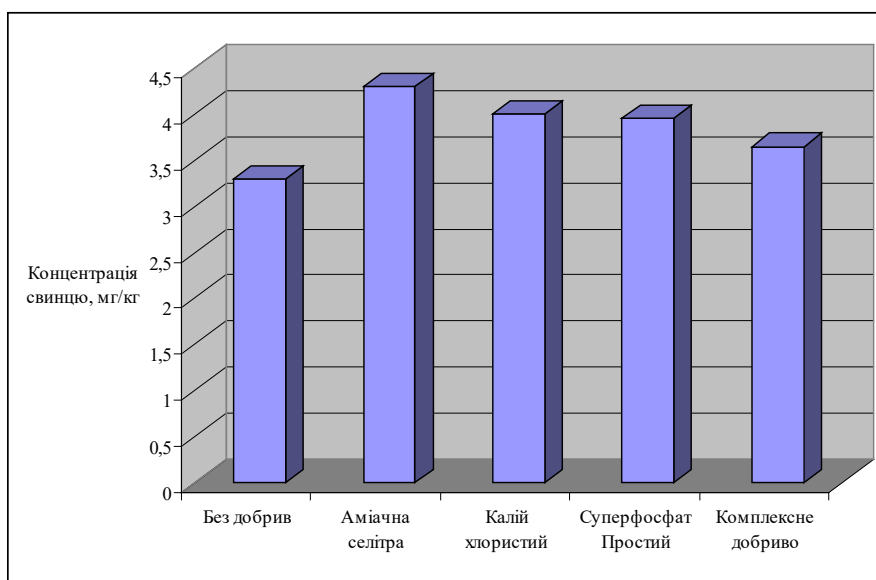
Дослідний матеріал	Варіант удобрення	Концентрація свинцю, мг/кг	ГДК свинцю, мг/кг	Коефіцієнт накопичення свинцю	Коефіцієнт небезпеки свинцю
Ґрунт	–	26,00±0,13	6,0	–	0,34
Листки	Аміачна селітра	12,05±0,05	5,0	4,63	2,41
	Калій хлористий	12,70±0,07	5,0	4,88	2,40
	Суперфосфат простий	12,40±0,06	5,0	4,76	2,48
	Аміачна селітра, суперфосфат простий, калій хлористий	10,40±0,07	5,0	4,00	2,08
	Без добрив ( <i>контроль</i> )	8,40±0,09	5,0	3,20	1,68



**Рис. 1** Порівняльна оцінка накопичення свинцю у вегетативній масі розторопші плямистої залежно від умов мінерального живлення ( $HIP_{05} = 0,07$  мг/кг), 2017–2019 рр.

## 2. Інтенсивність накопичення свинцю у листовій масі розторопші плямистої залежно від умов мінерального живлення, 2017–2019 рр.

Дослідний матеріал	Варіант удобрення	Концентрація свинцю, мг/кг	ГДК свинцю, мг/кг	Коефіцієнт накопичення свинцю	Коефіцієнт небезпеки свинцю
Ґрунт	–	26,00±0,13	6,0	–	0,34
Листки	Амiачна селiтра	4,30±0,06	0,5	1,6	8,6
	Калiй хлористий	4,00±0,04	0,5	1,5	8,0
	Суперфосфат простий	3,95±0,05	0,5	1,5	7,9
	Амiачна селiтра, суперфосфат простий, калiй хлористий	3,65±0,06	0,5	1,4	7,3



**Рис. 2** Порівняльна оцінка накопичення свинцю у насінні розторопші плямистої залежно від умов мінерального живлення ( $HIP_{05} = 0,06$  мг/кг), 2017–2019 рр.

аміачної селітри – 1,6. При використанні калію хлористого і суперфосфату простого коефіцієнт накопичення дещо зменшується і становить 1,5. Застосування суміші добрив аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого ще знижує коефіцієнт накопичення до рівня

1,4. У варіанті без застосування добрив коефіцієнт накопичення свинцю насінням розторопші плямистої був найнижчим і становив 1,3.

Найменший коефіцієнт небезпеки свинцю у насінні розторопші плямистої був виявлений у варіанті без

використання добрив – 6,6. При внесенні суміші аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого коефіцієнт небезпеки становив 7,3, за використання суперфосфату простого – 7,9, калію хлористого – 8,0, аміачної селітри – 8,6.

Отримані експериментальні дані щодо вмісту свинцю у насінні розторопші плямистої вказують на перевищення допустимих рівнів та не можливість за таких умов використовувати її насіння у лікувальних цілях. Зокрема найнижчий вміст свинцю був виявлений у насінні розторопші плямистої з варіанту без застосування добрив – 3,3 мг/кг сухої речовини (рис. 2.).

Застосування суміші аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого зумовлює зростання вмісту свинцю у сухій речовині насіння розторопші плямистої на 9,6% порівняно з варіантом без внесення добрив – до 3,65 мг/кг. Внесення суперфосфату простого сприяє зростанню вмісту свинцю на 16,5% до 3,95 мг/кг, калію хлористого – на 17,5% – до 4,00 мг/кг, аміачної селітри – на 23,3% – до 4,3 мг/кг. Між варіантами досліді встановлено істотну різницю ( $HIP_{05} = 0,06 \text{ мг/кг}$ ).

**Висновки.** Встановлено інтенсивне поглинання і накопичення листовою масою та насінням розторопші плямистої свинцю у величинах, що значно перевищують гранично допустимі рівні та ставить вимоги щодо вдосконалення вирощування цієї культури в польовій сівозміні. Найменше накопичується свинець у листовій масі та насінні розторопші плямистої за повної відсутності мінерального живлення в технології вирощування. Істотно менше свинцю накопичується рослинами розторопші плямистої за внесення суміші мінеральних добрив аміачна селітра, суперфосфат простий і калій хлористий (по 60 кг/га д.р. кожного макроелементу). Натомість, одновидове внесення аміачної селітри і калію хлористого спричиняє істотне накопичення свинцю відповідно насінням і листками.

## Література

1. Ковальов В. М., Павлій О. І., Ісаков Т. І. Фармакогнозія з основами біохімії рослин. Харків: НФаУ, МТК-книга, 2004. 704 с.
2. Мазнев Н. И. Золотая книга лекарственных растений. М.: ООО «ИД РИПОЛ Классик», ООО Издательство «ДОМ XXI век», 2008. 621 с.
3. Чухно Т. Большая энциклопедия лекарственных растений. М.: Эксмо, 2007. 1024 с.
4. Розторопша (плоди): лікувальні властивості, дія на організм. URL: <https://liktravy.ua/useful/roztoropshi-plody/> (дата звернення 15.02.2020).
5. Важкі метали – найбільш небезпечні елементи. URL: <http://moyaosvita.com.ua/ekologiya/vazhki-metali-najbilsh-nebezpechni-elementi/> (дата звернення 20.04.2015).
6. 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.
7. Fortoul T. I. et al. (2004). Metal mixture inhalation (Cd-Pb) and its effects on the bronchiolar epithelium. An ultrastructural approach. / Toxicol Ind Health., № 20 (1–5). P. 69–75.
8. Ушкарєнко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коківіхін С. В. Методика польового досліді (зрощуване землеробство): Навчальний посібник. Херсон: Грінь Д. С., 2018. 448 с.

## References

1. Kovalev V. M., Pavliy O. I., Isakov T. I. (2004). Pharmacognosy with the basics of plant biochemistry. Kharkiv: NFAU, ITC Book, 2004. 704 p. (in Ukrainian).
2. Maznev N.I. (2008). Golden Book of Medicinal Plants. M.: ID RIPOL Classic LLC, LLC House of 21st Century, 2008. 621 p. (in Russian).
3. Chukhno T. (2007). Large Encyclopedia of Medicinal Plants. M.: Exmo, 2007. 1024 p. (in Russian).
4. Thistle (fruits): medicinal properties, action on the body. URL: <https://liktravy.ua/useful/roztoropshi-plody/> (accessed 15/02/2020). (in Ukrainian).
5. Heavy metals are the most dangerous elements. URL: <http://moyaosvita.com.ua/ekologiya/vazhki-metali-najbilsh-nebezpechni-elementi/> (accessed 20/04/2015). (in Ukrainian).
6. Razanov S.F., Tkachuk O.P. (2017). Intensive chemicalisation of agriculture is a prerequisite for contamination of grain products with heavy metals. Technology of production and processing of livestock products. Bila Zerkva, 2017. №. 1 (134). Pp. 66 – 71. (in Ukrainian).
7. Fortoul T.I. et al. (2004). Metal mixture inhalation (Cd-Pb) and its effects on the bronchiolar epithelium. An ultrastructural approach. Toxicol Ind Health., № 20 (1–5). P. 69–75.
8. Ushkarenko V. O., Vozhehova R. A., Holoborodko S. P., Kokovikhin S. V. (2018). Metodyka polovoho doslidu (Zrsshuvane zemlerobstvo): Navchalnyi posibnyk. Kherson: Hrin D.S., 2018. 448 s. (in Ukrainian).