

Міністерство освіти і науки України  
Львівський національний університет природокористування

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**РАЗАНОВА Алла Михайлівна**

УДК: 633.883:631.8:504.5(477.4)(292.485)

**ДИСЕРТАЦІЯ**  
**ІНТЕНСИВНІСТЬ НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ**  
**РОЗТОРОПШЕЮ ПЛЯМИСТОЮ (*SILYBUM MARIANUM L.*)**  
**ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ В УМОВАХ**  
**ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО**

101 Екологія

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ А.М. Разанова

Науковий керівник: Снітинський Володимир Васильович, д.б.н., професор  
ЛНУП, академік НААНУ; Ткачук Олександр Петрович, д.с.-г.н., професор  
ВНАУ

Львів – 2023

## АНОТАЦІЯ

Разанова А.М. Інтенсивність накопичення важких металів розторопшею плямистою (*Silybum marianum L.*) залежно від удобрення в умовах Лісостепу Правобережного. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 – Екологія. Львівський національний університет природокористування, Львів, 2023.

Дисертаційна робота присвячена дослідженням із вивчення накопичення свинцю, кадмію, цинку, міді вегетативною масою і насінням розторопші плямистої (*Silybum marianum L.*) та ефективності фітореMediaції за її вирощування у польових сівоzmінах при застосуванні різних видів добрив в умовах інтенсивного землеробства Правобережного Лісостепу України.

Програмою досліджень передбачалось вивчення накопичення свинцю, кадмію, цинку, міді у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої, її урожайності за використання різних видів удобрення: мінерального (аміачна селітра, суперфосфат простий, калій хлористий); органічного (дефекат, сидерат, перегній); позакореневого (Фосфор-хелат, Калій-хелат, Рост-концентрат); визначення інтенсивності забруднення, коефіцієнта накопичення і небезпеки цих металів у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої; проведення еколого-економічної оцінки одержаних результатів.

Наукова новизна одержаних результатів полягала у вивченні інтенсивності накопичення важких металів (свинець, кадмій, цинк, мідь) розторопшею плямистою, її урожайність за різного мінерального й органічного удобрення сірих лісових ґрунтів в умовах польових сівоzmін інтенсивного землеробства Правобережного Лісостепу. Визначено варіанти найвищої ефективності зниження інтенсивності накопичення свинцю,

кадмію, цинку та міді у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої за її мінерального, органічного та позакореневого підживлення в умовах сільськогосподарських угідь інтенсивного землеробства.

За результатами впровадження досліджень підтверджено виробничі випробовування щодо ефективності позакореневого підживлення розторопші плямистої. Зокрема, за позакореневого підживлення розторопші плямистої Рост-концентрат, Фосфор-хелат, Калій-хелат спостерігалось зниження коефіцієнта накопичення важких металів у вегетативній масі та насінні проти використання мінеральних добрив. Результати досліджень пройшли виробничу перевірку та впроваджені в господарствах ТОВ «ФІТОСВІТ ЛТД» (с. Якушинці Вінницького району); ФГ «Дзялів» (с. Кам'яногірка Жмеринського району). Науково обґрунтовано та рекомендовано виробництву удобрення ґрунтів та позакоренево підживлення розторопші плямистої з мінімальним накопиченням вегетативною масою та насінням важких металів за інтенсивного землеробства, що має важливе значення при комплексному підході до вирішення важливого соціального завдання – забезпечення населення якісною і безпечною лікарською рослинною сировиною.

Дослідження за темою дисертації проводилися впродовж 2017-2020 рр. на сірих лісових ґрунтах в умовах Лісостепу Правобережного на території Вінницької області.

Досліджено, що за вирощування розторопші плямистої в умовах інтенсивного землеробства спостерігалось перевищення ГДК свинцю, кадмію, цинку та міді у її вегетативній масі та насінні, що залежало від рівня концентрації цих елементів у ґрунтах, виду удобрення. Встановлено, що за удобрення ґрунтів та позакореневого підживлення при вирощуванні розторопші плямистої спостерігалось підвищення урожайності вегетативної маси та кількості насіння у зростаючій послідовності: мінеральні добрива, органічні добрива та позакоренево підживлення. А удобрення ґрунтів мінеральними добривами (аміачна селітра, суперфосфат простий, калій

хлористий, суміш NPK добрив) сприяло вищому винесенню із вегетативною масою та насінням розторопші плямистої свинцю – від 52,2% до 2,14 раза, кадмію – від 41,9% до 3,5 раза, цинку – від 20,1% до 2,6 раза та міді – від 10,2% до 2,3 раза порівняно з варіантом без удобрення.

Встановлено, що за удобрення ґрунтів аміачною селітрою, суперфосфатом простим, калієм хлористим та комплексного удобрення (NPK) спостерігалось підвищення винесення свинцю від 52,2% до 2,14 раза, кадмію – від 41,9% до 3,5 раза, цинку – від 21% до 2,8 раза, міді – від 10,2% до 2,3 раза.

Удобрення ґрунтів органічними добривами (перегній, дефека́т, сидерат) сприяло збільшенню винесення розторопшею плямистою з ґрунту свинцю – від 3,9% до 42%, кадмію – від 3,2% до 58%, цинку – від 13,6% до 2,03 раза та міді – від 24,5% до 60,7% порівняно з варіантом без удобрення.

Досліджено, що позакореневе підживлення розторопші плямистої (Рост-концентрат, Калій-хелат і Фосфор-хелат) підвищувало винесення з ґрунтів свинцю – від 11,7% до 69,7, кадмію – від 0,6% до 2,1 рази, цинку – від 6,3% до 45,5% та міді – від 10% до 38,3% порівняно з варіантом без підживлення.

Виявлено, що з урожаєм вегетативної маси 40 т/га та насіння – 0,45 т/га розторопші плямистої з кожного гектару площі виноситься до 518,3 г свинцю, 25,3 – кадмію, 1725,9 г – цинку і 31,8 г – міді. За удобрення ґрунтів мінеральними ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ), органічними (перегній, дефека́т, сидерат) добривами та позакореневого підживлення (Фосфор-хелат, Калій-хелат, Рост-концентрат) найвища урожайність насіння розторопші плямистої спостерігалась за використання мінеральних добрив ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ). Зокрема, за зростаючим впливом удобрення ґрунтів та позакореневого підживлення на урожайність насіння розторопші плямистої спостерігалась наступна послідовність: Калій-хелат → Фосфор-хелат → Рост-концентрат → дефека́т → сидерат (гірчиця) → перегній →  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

Досліджено, що найнижчий коефіцієнт накопичення важких металів у

насінні розторопші плямистої за удобрення ґрунтів мінеральними добривами спостерігався за використання суміші добрив  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (аміачна селітра, суперфосфат простий, калій хлористий).

Встановлено зростаючу послідовність впливу на коефіцієнт накопичення по свинцю у насінні розторопші плямистої: суміш мінеральних добрив → суперфосфат простий → калій хлористий → аміачна селітра; по кадмію: суміш мінеральних добрив → калій хлористий → суперфосфат простий → аміачна селітра; по цинку: суміш мінеральних добрив → суперфосфат простий → калій хлористий → аміачна селітра; по міді: суміш мінеральних добрив → суперфосфат простий → калій хлористий → аміачна селітра.

Визначено, що удобрення ґрунтів при вирощуванні розторопші плямистої органічними (перегній, дефека́т) та зеленим (сидерат) добривами, підвищує коефіцієнт накопичення свинцю, кадмію, цинку та міді у її вегетативній масі та насінні. За зростаючим впливом на інтенсивність накопичення важких металів вегетативною масою та насінням рослини визначена наступна послідовність: сидерат → дефека́т → перегній. Найнижчий показник коефіцієнта накопичення важких металів спостерігався за вирощування розторопші плямистої після сидерату (гірчиця).

Виявлено, що за позакореневого підживлення найнижчий коефіцієнт накопичення важких металів у насінні розторопші плямистої був за використання Калій-хелат, цинку – Фосфор-хелат.

Визначено послідовність зростаючого впливу на коефіцієнт накопичення важких металів у насінні розторопші плямистої за позакореневого підживлення по свинцю: Калій-хелат → Фосфор-хелат → Рост-концентрат; по кадмію: Калій-хелат → Фосфор-хелат → Рост-концентрат; по цинку: Фосфор-хелат → Калій-хелат → Рост-концентрат; по міді: Калій-хелат → Фосфор-хелат → Рост-концентрат.

Розраховано, що за удобрення розторопші плямистої мінеральним добривом ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) рівень рентабельності підвищився у 1,31 раза,

органічними (перегній) – у 1,31 раза, сидерату (гірчиця) – у 1,05 раза, дефекатом – у 1,05 раза, органо-мінеральним добривом Рост – концентрат – у 1,07 раза, хелатними добривами (Фосфор-хелат, Калій-хелат) – у 1,1 раза та 1,06 раза відповідно, порівнюючи з варіантом без удобрення.

Встановлено, що найвища інтенсивність винесення з ґрунту важких металів (свинцю, кадмію, цинку та міді) при вирощуванні розторопші плямистої спостерігалась за використання перегною.

Ключові слова: розторопша плямиста, вирощування, ґрунт, добрива, важкі метали, свинець, кадмій, цинк, мідь, насіння, коефіцієнт накопичення, коефіцієнт небезпеки, концентрація, урожайність, фітореMediaція.

## ANNOTATION

*Razanova A.M.* Intensity of accumulation of heavy metals by milk thistle (*Silybum marianum L.*) depending on fertilisation in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe. – Qualification scientific work in the form of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the speciality 101 – Ecology. Lviv National University of Environmental Management, Lviv, 2023.

The dissertation is devoted to research on the accumulation of lead, cadmium, zinc, copper by the vegetative mass and seeds of milk thistle (*Silybum marianum L.*) and the effectiveness of phytoremediation for its cultivation in field crop rotations with the use of various types of fertilizers under conditions of intensive agriculture in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

The research programme included studying the yield, quality and safety of milk thistle vegetative mass and seeds under different types of fertiliser: mineral (ammonium nitrate, simple superphosphate, potassium chloride); organic (sugar beet lime sludge compost, green manure, humus); foliar (phosphorus chelate, potassium chelate, Growth concentrate); determination of the intensity of contamination, the coefficient of accumulation and the danger of lead, cadmium, zinc and copper in the vegetative mass and seeds of milk thistle; and ecological

and economic assessment of the results.

The scientific novelty of the results obtained was to study the intensity of accumulation of heavy metals (lead, cadmium, zinc, copper) by milk thistle, its quality and yield under different mineral and organic fertilisation of grey forest soils in field crop rotations of intensive agriculture of the Right-Bank Forest-Steppe. The intensity of accumulation of lead, cadmium, zinc and copper in the vegetative mass and seeds of milk thistle under its mineral, organic and foliar fertilisation in the conditions of intensive farming was improved.

According to the results of the research implementation, production tests on the effectiveness of foliar nutrition of milk thistle were confirmed. In particular, foliar feeding of milk thistle with Growth Concentrate, Phosphorus Chelate, Potassium Chelate resulted in a decrease in the concentration of heavy metals, improvement of the quality of vegetative mass and seeds compared to the use of mineral fertilisers. The results of the research have been tested in production and implemented on the farms of FITOSVIT LTD (Yakushyntsi village, Vinnytsia district) and Dzyaliv Farm (Kamianohirka village, Zhmerynka district). Soil fertilisation and foliar feeding of milk thistle with minimal accumulation of heavy metals by vegetative mass and seeds under intensive farming was scientifically substantiated and recommended, which is important in an integrated approach to solving an important social problem – providing the population with high-quality and safe medicinal plant materials.

The research on the topic of the dissertation was carried out during 2017-2020 on grey forest soils in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe in Vinnytsia region.

It was found that when growing milk thistle under intensive farming conditions, the MPC of lead, cadmium, zinc and copper in its vegetative mass and seeds was exceeded, and the intensity of accumulation of these metals in the vegetative mass and seeds of milk thistle depended on the level of soil contamination with these elements.

It was found that fertilisation of soils and foliar feeding in the cultivation of

milk thistle increased the yield of vegetative mass and the number of seeds in an increasing sequence: mineral fertilisers, organic fertilisers and foliar feeding. Soil fertilisation with mineral fertilisers (ammonium nitrate, simple superphosphate, potassium chloride, NPK fertiliser mixture) contributed to higher removal of lead with the vegetative mass and seeds of milk thistle – from 52,2% to 2,14 times, cadmium – from 41,9% to 3,5 times, zinc – from 20,1% to 2,6 times and copper – from 10,2% to 2,3 times compared to the variant without fertilisation.

It was found that fertilisation of soils with ammonium nitrate, simple superphosphate, potassium chloride and complex fertiliser (NPK) increased the removal of lead from 52,2% to 2,14 times, cadmium from 41,9% to 3,5 times, zinc from 21% to 2,8 times, and copper from 10,2% to 2,3 times.

Fertilising soils with organic fertilisers (sugar beet lime sludge compost, humus, green manure) increased the removal of lead from the soil by milk thistle – from 3,9% to 42%, cadmium – from 3,2% to 58%, zinc – from 13,6% to 2,03 times and copper – from 24,5% to 60,7% compared to the variant without fertilisation.

It was found that foliar fertilisation of milk thistle (Growth concentrate, Potassium chelate and Phosphorus chelate) increased the removal of lead from the soil by 11,7% to 69,7 times, cadmium by 0,6% to 2,1 times, zinc by 6,3% to 45,5% and copper by 10% to 38,3% compared to the variant without fertilisation.

It was found that at the content of 0,7 mg/kg lead, 0,09 mg/kg cadmium, 1,2 mg/kg copper and 3,9 mg/kg zinc in grey forest soils, the MPC of these toxicants in milk thistle seeds (vegetative mass) was exceeded.

It was found that with a yield of 40 t/ha of vegetative mass and 0,45 t/ha of seeds of milk thistle, each hectare of land is removed up to 518,3 g of lead, 25,3 g of cadmium, 1725,9 g of zinc and 31,8 g of copper. When fertilising soils with mineral ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ), organic (humus, sugar beet lime sludge compost, green manure) fertilisers and foliar feeding (Phosphorus-chelate, Potassium-chelate, Growth-concentrate), the highest yield of milk thistle seeds was observed when using mineral fertilisers ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ). In particular, the following sequence was observed in terms of the increasing influence of soil fertilisation and foliar feeding



on the yield of milk thistle seeds: Potassium chelate → Phosphorus chelate → Growth concentrate → sugar beet lime sludge compost → green manure (mustard) → humus –  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

It was found that the lowest coefficient of accumulation of heavy metals in milk thistle seeds under fertilisation of soils with mineral fertilisers was observed when using a mixture of fertilisers  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (ammonium nitrate, simple superphosphate, potassium chloride).

An increasing sequence of influence on the coefficient of accumulation of lead in milk thistle seeds was established: mixture of mineral fertilisers → simple superphosphate → potassium chloride → ammonium nitrate; for cadmium: a mixture of mineral fertilizers → potassium chloride → simple superphosphate → ammonium nitrate; for zinc: a mixture of mineral fertilizers → simple superphosphate → potassium chloride → ammonium nitrate; for copper: a mixture of mineral fertilizers → simple superphosphate → potassium chloride → ammonium nitrate.

It has been determined that fertilisation of soils in milk thistle cultivation with organic (humus, sugar beet lime sludge compost) and green (green manure) fertilisers increases the coefficient of accumulation of lead, cadmium, zinc and copper in its vegetative mass and seeds. The following sequence of fertilisers was determined in terms of their increasing influence on the intensity of heavy metal accumulation by the plant's vegetative mass and seeds: green manure → sugar beet lime sludge compost → humus. The lowest rate of heavy metal accumulation coefficient was observed when growing milk thistle after green manure (mustard).

It was found that the lowest coefficient of accumulation of heavy metals in milk thistle seeds was observed when using Potassium chelate and zinc – Phosphorus chelate.

The sequence of increasing influence on the coefficient of accumulation of heavy metals in milk thistle seeds under foliar feeding with lead was determined: Potassium chelate → Phosphorus chelate → Growth concentrate; for cadmium: Potassium chelate → Phosphorus chelate → Growth concentrate; for zinc:

Phosphorus-chelate → Potassium-chelate → Growth concentrate; for copper:  
Potassium chelate → Phosphorus chelate → Growth concentrate.

It was calculated that fertilisation of milk thistle with mineral fertiliser ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) increased the level of profitability by 1,31 times, organic fertiliser (humus) by 1,31 times, and green manure (mustard) by 1,05 times, sugar beet lime sludge compost – by 1,05 times, organic-mineral fertiliser Growth - concentrate – by 1,07 times, chelated fertilisers (Phosphorus-chelate, Potassium-chelate) – by 1,1 times and 1,06 times, respectively, compared to the variant without fertilisation.

It was found that the highest intensity of heavy metals (lead, cadmium, zinc and copper) removal from the soil during milk thistle cultivation was observed when using humus.

Key words: milk thistle, cultivation, soil, fertilizers, heavy metals, lead, cadmium, zinc, copper, seeds, accumulation factor, hazard factor, concentration, yield, phytoremediation.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Стаття в науковому фаховому виданні, що індексується в міжнародній наукометричній базі Web of Science

1. 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. Vol. 10 (2). P. 131-136. Doi: 10.15421/2020\_75. (0,8 друк. арк., особистий внесок: відібрано зразки вегетативної маси та насіння для лабораторного аналізу, здійснено аналіз накопичення важких металів розторопшею плямистою – 0,2 друк. арк.).

### Статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», включених до міжнародної наукометричної бази даних (Index Copernicus)

2. Разанов С.Ф., **Настояща А.М.** Ефективність вирощування та використання лікарських рослин в сучасних екологічних умовах довкілля. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 6 (Т. 2). С. 141-149. (0,7 друк. арк., особистий внесок: проведено аналіз впливу лікарських рослин на організм людини з визначенням їх ролі у підвищенні безпеки сільськогосподарських – 0,4 друк. арк.).

3. Ткачук О.П., **Разанова А.М.** Порівняльна оцінка накопичення Zn розторопшею плямистою (*Silybum Marianum*) залежно від виду мінеральних добрив. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 1. С. 98-103. DOI: 10.33730/2077-4893.1.2020.201278. (0,7 друк. арк., особистий внесок: здійснено порівняльну оцінку накопичення цинку розторопшею плямистою за різного мінерального удобрення – 0,35 друк. арк.).

4. Ткачук О.П., **Разанова А.М.** Інтенсивність накопичення Pb у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої (*Silybum Marianum*). *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 1. С. 109-112. DOI: 10.31395/2310-0478-2020-1-109-112. (0,8 друк. арк.,

*особистий внесок: визначено інтенсивність накопичення свинцю у вегетативній масі розторопші плямистої залежно від умов мінерального живлення – 0,4 друк. арк.).*

5. Разанов С.Ф., Ткачук О.П., **Разанова А.М.** Інтенсивність накопичення важких металів листковою масою розторопші плямистої за її удобрення новітніми добривами. *Агробіологія*. 2020. № 2. С. 152–159. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-160-167. (1,0 друк. арк., *особистий внесок: запропоновано використання окремих хелатних добрив для зниження забруднення листкової маси розторопші плямистої важкими металами, відібрано зразки вегетативної маси та насіння для лабораторного аналізу – 0,4 друк. арк.).*

6. Разанов С.Ф., **Разанова А.М.** Інтенсивність накопичення розторопшею плямистою міді в умовах польових сівозмін. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 2 (17). С. 177-187. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-2-16. (0,7 друк. арк., *особистий внесок: визначено коефіцієнт накопичення та небезпеки міді у вегетативній масі розторопші плямистої – 0,4 друк. арк.).*

7. Разанов С.Ф., **Разанова А.М.**, Піддубна А.М., Гусак О.Б. Інтенсивність накопичення важких металів у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої за різного органічного удобрення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 1 (20). С. 211-223. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-1-16. (0,8 друк. арк., *особистий внесок: здійснено порівняльну оцінку накопичення важких металів розторопшею плямистою за удобрення її дефекатом – 0,3 друк. арк.).*

8. Снітинський В.В., Ткачук О.П., **Разанова А.М.**, Коруняк О.П. Ефективність фітореMediaції забрудненого важкими металами ґрунту за вирощування розторопші плямистої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 1 (28). С. 164-171. DOI: 10.37128/2707-5826- 2023-1-11. (0,5 друк. арк., *особистий внесок: здійснено аналіз ефективності фітореMediaції сірих*

лісових ґрунтів при вирощуванні розторопші плямистої за мінерального та органічного її удобрення – 0,2 друк. арк.).

**Стаття в іноземному науковому періодичному виданні,  
яке індексується у міжнародній наукометричній базі**

9. Razanov S.F., **Razanova A.M.**, Àmons S.E., Gutsol G.V. Yield, chemical composition and the level of accumulation of heavy metals in the vegetative mass and seeds of milk thistle (*Silybum marianum L.*) in different types of organic fertilizer. *Ecology, environment and conservation* (Eco. Env. & Cons.). 2021. Vol. 27 (4). P. 1609-1617. (0,9 друк. арк., особистий внесок: здійснено оцінку впливу органічного удобрення на урожайність, хімічний склад та інтенсивність накопичення свинцю, кадмію, цинку та міді у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої – 0,3 друк. арк.).

**Наукова праця, яка засвідчує апробацію матеріалів дисертації**

10. Razanov S., **Razanova A.**, Kutsenko M. Assessment of the intensity of accumulation of lead and cadmium in leaves and seeds when using different types of fertilizers. *German International Journal of Modern Science*. 2021. № 10. P. 4-7. DOI: 10.24412/2701-8369-2021-10-2-4-7. (0,5 друк. арк., особистий внесок: здійснено оцінку впливу добрив на накопичення свинцю у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої – 0,2 друк. арк.).

**Інші видіння (тези доповідей)**

11. Разанова А.М. Накопичення Рb у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої вирощеної в умовах сучасних сівозмін. *Регіональні геоecологічні проблеми в умовах сталого розвитку: збірник наукових праць Четвертої міжнародної науково-практичної конференції* (Рівне, 22-24 вересня 2020 р.). Голова редкол. проф. Д.В. Лико [та ін.]. Рівне: видавець О. Зень, 2020. С. 153-156. URL: [https://kegt.rshu.edu.ua/images/dustan/2020/zb\\_20.pdf](https://kegt.rshu.edu.ua/images/dustan/2020/zb_20.pdf) (0,1 друк. арк.).

12. Разанова А.М. Якість вегетативної маси розторопші плямистої вирощеної в умовах локального забруднення територій важкими металами. *The 6th International scientific and practical conference «Scientific achievements of modern society»*. (February 5-7, 2020). Cognum Publishing House, Liverpool, United Kingdom. 2020. P. 1088-1094. (0,5 друк. арк.).

13. Разанова А.М. Вплив різного органічного удобрення на накопичення важких металів у насінні розторопші плямистої (*Silybum marianum L.*). «VinSmartEco»: Збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції (Вінниця, 20–21 травня 2021 р.). Вінниця: КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти». 2021. С. 90-92. (0,2 друк. арк.).

14. Разанова А.М. Інтенсивність накопичення Cd розторопшею плямистою за мінерального удобрення ґрунтів. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій*: матеріали XXIII міжнар. наук.-практ. форуму, 4–6 жовт. 2022 р. Львів, С. 258-261. (0,2 друк. арк.).

15. Снітинський В., Разанов С., **Разанова А.**, Лотоцький Р., Приймак Ю. Накопичення важких металів розторопшею плямистою (*Silybum marianum l.*) за органічного удобрення сірих лісових ґрунтів. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій* : матеріали XXIV міжнар. наук.-практ. форуму, 4–6 жовт. 2023 р. Львів, 2023. С. 189-191. (0,2 друк. арк., особистий внесок: здійснено оцінку впливу органічного удобрення на інтенсивність накопичення важких металів у листовій масі та насінні розторопші плямистої – 0,1 друк. арк.).

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	17
ВСТУП	18
РОЗДІЛ 1. ВЛАСТИВОСТІ ЛІКАРСЬКОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ТА ЇЇ ЯКІСТЬ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ	26
1.1. Сучасний стан виробництва лікарської рослинної сировини в Україні	26
1.2. Еколого-біологічні особливості та технологія вирощування розторопші плямистої	33
1.3. Особливості накопичення важких металів у лікарській рослинній сировині та заходи щодо забезпечення її якості	41
Висновки до розділу 1	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1	53
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	71
2.1. Природно-кліматичні умови вирощування лікарських рослин в Лісостепу Правобережному	71
2.2. Умови проведення досліджень	75
2.3. Програма, схема та методика досліджень	82
Висновки до розділу 2	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2	92
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА РИЗИКІВ НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ РОЗТОРОПШЕЮ ПЛЯМИСТОЮ ЗА СИСТЕМИ МІНЕРАЛЬНОГО ТА ОРГАНІЧНОГО УДОБРЕННЯ	96
3.1. Вплив мінерального удобрення ґрунтів на інтенсивність накопичення важких металів розторопшею плямистою та ефективність фіторе mediaції	96
3.2. Вплив органічного удобрення ґрунтів на інтенсивність накопичення важких металів розторопшею плямистою та ефективність	

	16
фітореMediaції	112
3.3. Вплив позакореневого підживлення на інтенсивність накопичення важких металів розторопшею плямистою та ефективність фітореMediaції	122
Висновки до розділу 3	137
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3	139
РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	141
Висновки до розділу 4	144
ВИСНОВКИ	145
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	148
ДОДАТКИ	149



**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

г – грам;

га – гектар;

ГДК – гранично допустима концентрація;

кг – кілограм;

$K_{\text{нак}}$  – коефіцієнт накопичення;

$K_{\text{неб}}$  – коефіцієнт небезпеки;

мм – міліметр;

р. – рік;

рис. – рисунок;

с. – село;

см – сантиметр;

табл. – таблиця;

ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю;

ФГ – фермерське господарство;

Cd – кадмій;

Cu – мідь;

°C – градус Цельсія;

K – калій;

M – середнє арифметичне;

m – похибка середнього арифметичного;

N – азот;

n – кількість зразків;

P – фосфор;

Pb – свинець;

pH – реакція розчину;

t – температура

Zn – цинк;

% – відсоток

## ВСТУП

Важливим соціальним завданням сьогодення є забезпечення населення високоякісною рослинною сировиною продовольчого і лікувально-профілактичного спрямування.

Відомо, що на якість рослинної сировини певний вплив має середовище її виробництва, особливо стан ґрунтів, які є джерелом надходження життєво-необхідних речовин у ланцюгу «ґрунт – рослина – організм людини». Внаслідок інтенсифікації галузі сільського господарства та техногенної діяльності населення сучасний стан ґрунтів зазнає негативного впливу, що супроводжується зростаючим рівнем зниження їх родючості та забрудненням різними токсикантами. Зокрема, інтенсивним системам землеробства притаманне обмеження кількості культур у сівозміні, високий рівень хімізації (використання мінеральних добрив, засобів боротьби з бур'янами, хворобами та шкідниками рослин) тощо. За таких умов спостерігається закислення ґрунтів, зниження гумусу, розвиток ерозійних процесів, забруднення різними токсикантами, зокрема, важкими металами, що знижує якість та безпеку рослинної сировини.

Високий інтерес для науки і практики представляють рослини, за допомогою яких можливо поліпшити стан забруднених ґрунтів шляхом винесення з них токсикантів, зокрема, важких металів. Серед таких рослин необхідно виділити розторопшу пляmistу, яка характеризується високим рівнем накопичення важких металів у своїй вегетативній масі. Тому виникає потреба у постійному контролі за вмістом токсикантів та особливостями їх накопичення у рослинній сировині, у тому числі й розторопші пляmistої.

**Актуальність теми.** Зростання попиту на рослинницьку лікарську сировину викликало потребу у збільшенні обсягів її виробництва. Виходячи з цього, вирощування лікарських рослин інтегрується у сучасних сівозмінах сільськогосподарського виробництва.

Однією з лікарських рослин, яка активно впроваджується у процес

виращування в умовах сільськогосподарських сівозмін Правобережного Лісостепу є розторопша плямиста (*Silybum marianum L.*). Основними фармакологічними властивостями її насіння є флаволігнани, такі як силібін, силідіанін, силіхрестин. Окрім цього, в насінні розторопші плямистої присутні флавоноїди (кверцетин, таксифолін та ін.), алкалоїди, сапоніни, слиз, смоли, органічні кислоти, вітамін К, гіркоти, жирна олія, білкові та інші речовини. Дані складові насіння рослини володіють протизапальними, гепатопротекторними, імуностимулюючими, противірусними, протипухлинними, жовчогінними та іншими властивостями, що зумовило його використання у медицині.

Водночас відомо, що розторопша плямиста є ефективним фіторемедіантом через високе накопичення різних токсикантів, зокрема, важких металів, концентрація яких в сировині даної рослини може перевищувати у декілька разів вміст їх у ґрунтах. Використання такої сировини для виготовлення лікарських препаратів знижує користь їх застосування та може, навпаки, завдати більшої шкоди для організму.

Вивченню особливостей вирощування розторопші плямистої та безпеки лікарської сировини присвятили наукові праці вчені, зокрема, Ю.А. Білявський (2010), В.Я. Хоміна (2011-2015), М.З. Кориляк (2013-2020), Т.В. Мірзоєва (2013-2020), В.В. Гамаюнова (2015-2020), В.А. Тарасюк (2015-2022), Ю.А. Никитюк (2016), О.С. Дем'янюк (2021) та ін.

Враховуючи сучасний стан сільськогосподарських угідь в умовах інтенсивного землеробства, яким притаманна зростаюча інтенсивність забруднення їх важкими металами внаслідок високої хімізації, що створює певні загрози одержання екологічно безпечної лікарської сировини, виникає необхідність у вивченні якості та безпеки розторопші плямистої, одержаної за таких умов, що і визначає актуальність теми.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана відповідно до плану наукових досліджень Львівського національного університету природокористування і є складовою

завдання науково-дослідних робіт Львівського національного університету природокористування: «Розробити систему показників екобезпечного функціонування агроландшафтів та заходи оптимізації якості довкілля в умовах антропогенезу та змін клімату західного регіону України» (№ державної реєстрації 0116U003174) та Вінницького національного аграрного університету: «Оптимізація способів підвищення якості і безпеки продукції рослинництва в умовах забруднення сільськогосподарських угідь Вінниччини різними токсикантами зумовленого інтенсифікацією галузі» (№ державної реєстрації 0121U109037), в межах яких автором вивчено накопичення важких металів рослинами розторопші плямистої за удобрення ґрунтів мінеральними, органічними та листовими добривами в умовах інтенсивного землеробства, здійснено еколого-економічний аналіз використання мінеральних, органічних та листових добрив при вирощуванні розторопші плямистої.

**Мета й завдання досліджень.** *Метою* дисертаційної роботи є вивчення інтенсивності накопичення важких металів розторопшею плямистою та ефективності фіторе mediaції сірих лісових ґрунтів за їх мінерального, органічного удобрення в умовах Лісостепу Правобережного.

Для досягнення мети було визначено наступні *завдання*:

- провести оцінку інтенсивності накопичення важких металів вегетативною масою та насінням розторопші плямистої вирощеної за різної інтенсивності забруднення ґрунтів;
- дослідити ефективність фіторе mediaції сільськогосподарських ґрунтів при вирощуванні розторопші плямистої;
- встановити інтенсивність накопичення свинцю, кадмію, цинку, міді у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої, рівень урожайності та якість її продукції за мінерального удобрення ґрунтів (аміачна селітра, суперфосфат простий, калій хлористий, комплексні добрива  $N_{60}P_{60}K_{60}$ );
- дослідити інтенсивність накопичення важких металів у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої за її органічного удобрення (перегній,

сидерати, дефекації);

- визначити інтенсивність накопичення важких металів у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої за позакореневого підживлення (Рост-концентрат, Фосфор-хелат, Калій-хелат);

- провести еколого-економічну оцінку вирощування розторопші плямистої в умовах сільськогосподарських угідь за інтенсивного землеробства.

*Об'єкт дослідження* – процеси транслокації важких металів в системі ґрунт – рослина (розторопша плямиста), її урожайність за мінерального та органічного удобрення ґрунтів та позакореневого підживлення в умовах інтенсивного землеробства.

*Предмет дослідження* – інтенсивність накопичення, коефіцієнт накопичення і небезпеки свинцю, кадмію, цинку та міді у вегетативній масі, насінні розторопші плямистої.

*Методи дослідження.* Для виконання завдання дослідження використовувалися наступні методи: аналітичний (огляд літератури, узагальнення відомої проблематики); індукції (формування висновків і рекомендацій виробництву); польові (виявлення наслідкових зв'язків вирощування розторопші плямистої за різних видів удобрення); лабораторні (визначення концентрації токсикантів-забруднювачів у вегетативній масі та насінні); статистичні (біометрична обробка одержаних результатів); виробнича апробація.

**Наукова новизна одержаних результатів.** У результаті теоретичного аналізу та проведених польових і лабораторних досліджень вивчено інтенсивність накопичення важких металів (свинець, кадмій, цинк, мідь) розторопшею плямистою, її якість та урожайність за різного мінерального й органічного удобрення сірих лісових ґрунтів в умовах польових сівозмін інтенсивного землеробства Правобережного Лісостепу.

*Вперше:*

- проведено оцінку екологічної безпеки вегетативної маси і насіння

розторопші плямистої вирощеної за різного рівня забруднення ґрунтів важкими металами;

- вивчено накопичення важких металів вегетативною масою і насінням розторопші плямистої, їх урожайність та якість за мінерального удобрення (аміачна селітра, суперфосфат простий, калій хлористий,  $N_{60}P_{60}K_{60}$ );

- досліджено вплив органічного удобрення (перегній, сидерати, дефека́т) на інтенсивність накопичення важких металів у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої, їх урожайність та якість;

- вивчено вплив позакореневого підживлення на інтенсивність накопичення важких металів у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої, їх урожайність та якість;

- визначено мінімальне надходження важких металів у вегетативну масу і насіння розторопші плямистої залежно від мінерального, органічного удобрення та позакореневого підживлення.

*Удосконалено* зниження інтенсивності накопичення свинцю, кадмію, цинку та міді у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої за її мінерального, органічного та позакореневого підживлення в умовах сільськогосподарських угідь інтенсивного землеробства.

*Набуло подальшого розвитку* прогнозоване накопичення свинцю, кадмію, цинку та міді вегетативною масою і насінням розторопші плямистої за удобрення мінеральними, органічними добривами та позакореневого підживлення в умовах сільськогосподарських угідь інтенсивного землеробства.

**Практичне значення одержаних результатів досліджень.** Результати досліджень пройшли виробничу перевірку та впроваджені в господарствах ТОВ «ФІТОСВІТ ЛТД» (с. Якушенці Вінницького району); ФГ «Дзялів» (с. Кам'яногірка Жмеринського району).

На виробництві в межах ТОВ «ФІТОСВІТ ЛТД» (с. Якушенці Вінницького району) були впроваджені результати досліджень з вивчення впливу позакореневого підживлення (Рост-концентрат, Фосфор-хелат, Калій-

хелат) на врожайність, якість та безпеку вегетативної маси і насіння розторопші плямистої.

За результатами впровадження досліджень підтверджено виробничі випробовування щодо ефективності позакореневого підживлення розторопші плямистої. Зокрема, за позакореневого підживлення розторопші плямистої Рост-концентрат, Фосфор-хелат, Калій-хелат спостерігалось зниження концентрації важких металів, покращення якості вегетативної маси і насіння проти використання мінеральних добрив.

У межах ФГ «Дзялів» (с. Кам'яногірка Жмеринського району) були впроваджені результати досліджень з вивчення впливу різного мінерального удобрення ґрунтів при вирощуванні розторопші плямистої на врожайність, якість та безпеку вегетативної маси і насіння даної рослини.

За результатами впровадження досліджень підтверджено виробничі випробовування, зокрема, за удобрення комплексними мінеральними добривами у дозі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  при вирощуванні розторопші плямистої спостерігалось підвищення урожайності її вегетативної маси і насіння, вмісту важких металів (свинцю, кадмію, цинку, міді).

Науково обґрунтовано та рекомендовано виробництву удобрення ґрунтів та позакореневе підживлення розторопші плямистої з мінімальним накопиченням вегетативною масою та насінням важких металів за інтенсивного землеробства, що має важливе значення при комплексному підході до вирішення важливого соціального завдання – забезпечення населення якісною і безпечною лікарською рослинною сировиною.

Вирощування розторопші плямистої за комплексного мінерального удобрення ґрунтів у дозі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  сприяло отриманню найнижчого коефіцієнта накопичення свинцю, кадмію, цинку, міді у насінні – 1,4; 4,8; 9,2; 63,4, відповідно.

За органічного удобрення ґрунтів при вирощуванні розторопші плямистої найнижчий коефіцієнт накопичення у насінні свинцю – 1,2; кадмію – 3,7; цинку – 7,5; міді – 6,6 спостерігався після сидерату (гірчиця).

За позакореневого підживлення розторопші плямистої найнижчий коефіцієнт накопичення свинцю – 1,03; кадмію – 3,2; міді – 1,7 у насінні розторопші плямистої спостерігався за використання Калій-хелату.

Матеріали дисертаційної роботи впроваджено у наукову та навчальну роботу Львівського національного університету природокористування при викладанні дисциплін «Агроекологія», «Екологічна безпека», «Аграрні екосистеми», що підтверджено довідкою впровадження результатів наукових досліджень у навчальний процес (довідка № 01-25-09-1334 від 05.12.2023 р.)

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є результатом наукових досліджень дисертантки. Авторкою розроблено наукову концепцію, яку покладено в основу дисертаційної роботи, особисто проведено аналіз наукової вітчизняної та закордонної літератури, закладено польові досліді згідно визначеної схеми досліджень, виконано експериментальну частину та її аналіз, сформовано висновки та рекомендації виробництву, а також реалізовано апробацію і впровадження у виробництво. Авторство у спільно опублікованих працях складає 50-65%.

**Апробація результатів дослідження.** Дисертаційні матеріали щороку заслуховувалися на засіданнях кафедри екології та охорони навколишнього середовища ВНАУ (2017-2021 рр.), кафедри екології ЛНУП (2022-2023 рр.). Основні наукові положення дисертаційної роботи та практичні результати дослідження були апробовані на конференціях, зокрема: Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції молодих вчених та студентів «Майбутнє аграрного сектору України: погляд молодих вчених» (м. Вінниця, 15-16 травня 2018 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених та студентів «Впровадження передових технологій у виробництво продукції бджільництва» (м. Вінниця, 21-22 березня 2019 р.), Всеукраїнській науковій конференції аспірантів, магістрів та студентів «Напрями досліджень в аграрній науці: стан та перспективи» (м. Вінниця, 23-24 квітня 2019 р.), Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції молодих вчених та студентів «Проблеми і перспективи інноваційного



розвитку аграрного сектора економіки в умовах інтеграційних процесів» (м. Вінниця, 15-16 травня 2019 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Інновації сучасної агрономії» (м. Вінниця, 30-31 травня 2019 р.), I Міжнародній науково-практичній конференції «Vin Smart Eco» (м. Вінниця, 16-18 травня 2019 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Використання інноваційних технологій в агрономії» (м. Вінниця, 3-4 червня 2020 р.), XXIII Міжнародному науково-практичному форумі «Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій» (м. Дубляни, 4-6 жовтня 2022 р.); XXIV Міжнародному науково-практичному форумі «Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій» (м. Дубляни, 4-6 жовтня 2023 р.).

**Публікації.** Матеріали дисертаційної роботи висвітлено у 15 наукових працях загальним обсягом 8,5 умовн. друк. арк. (власний доробок автора 4,25 умовн. друк. арк.): 1 стаття в міжнародному науковому фаховому виданні, що індексується в міжнародній наукометричній базі Web of Science, 7 статей у наукових фахових виданнях України категорії «Б», включених до міжнародної наукометричної бази даних Index Copernicus, 1 стаття в іноземному науковому періодичному виданні, яке індексується у міжнародній наукометричній базі, 1 стаття у виданні, що засвідчує апробацію матеріалів дисертації та 5 тез доповідей на науково-практичних конференціях.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційну роботу викладено на 176 сторінках, з яких 148 – основного тексту, що складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел, додатків, включає 35 таблиць, 18 рисунків. Список використаних джерел нараховує 223 найменувань.

## РОЗДІЛ 1

### ВЛАСТИВОСТІ ЛІКАРСЬКОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ТА ЇЇ ЯКІСТЬ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ

#### 1.1. Сучасний стан виробництва лікарської рослинної сировини в Україні

Серед великого різноманіття рослинності на планеті певна їх кількість має унікальні властивості лікувально-профілактичного спрямування.

Лікарські рослини супроводжують людство протягом всього його еволюційного розвитку. До лікарських рослин, відповідно до Закону України «Про насіння і садивний матеріал» відносяться дикорослі та культурні рослини або їхні частини (насіння, бруньки, квіти, плоди, стебла, кореневища), які можуть використовуватися в медицині для виготовлення лікарських препаратів [1-4].

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, близько 80% жителів нашої планети використовують лікарські рослини, як засіб лікування та профілактики різних хвороб. Відомо, що понад 52 тис. видів рослин використовуються в лікувальній практиці. Для медичних потреб використовують від 20 тис. до 50 тис. різних видів рослин. Водночас необхідно відмітити, що під загрозою зникнення на даний час перебувають 15 тис. видів лікарських рослин [5].

Лікарські рослини та продукти їх переробки містять високий рівень біологічно активних речовин, у зв'язку з цим широко використовуються для виготовлення фітотерапевтичних препаратів, які використовують в медицині, ветеринарії, косметології, дієтології тощо [6, 7].

Біологічно активні речовини первинного синтезу у лікарській сировині включають: білки, вуглеводи, вітаміни, ліпіди, ферменти; біологічно активні речовини вторинного біосинтезу включають: кумарини, фурукумарини,

хромони, ксантони, антраценпохідні, флавоноїди, лігнани, дубильні речовини, ефірні олії, іридоїди, кардіостероїди, сапогеніни, стероїди, алкалоїди тощо [8-11].

Лікарські рослини забезпечують фармацевтичну галузь сировинними продуктами, які природно чи штучно виділяються з рослин, зокрема, опій, каучук, соки, воски, гуміарабік, трагакант, ефірні олії, смоли та бальзами. Продукти їх первинної переробки включають ментол і анетол, жирні олії й тверді рослинні жири. глікозиди, ціаногенні глікозиди і тіоглікозиди, сапоніни, кумарини і фурокумарини, флавоноїди, алкалоїди, вітаміни, галенові та новогаленові препарати [12, 13].

Практика показує, що лікарські рослини застосовують як у свіжому вигляді для отримання соків, так і у висушеному (всієї рослини чи її певних частин, які містять максимальну кількість діючих речовин) [14, 15].

Лікарські рослини класифікують як:

- дикоростучі рослини (горицвіт весняний, конвалія звичайна, мучниця, брусниця, бобівник, глечики жовті, кмин піщаний, деревій звичайний, звіробій продірявлений, чебрець повзучий тощо);

- лікарські рослини, що мало поширені у природі, вирощуються штучно для задоволення потреб фармації (валеріана лікарська, оман високий, беладона звичайна, вовчуг польовий, женьшень, обліпіха крушиноподібна, алтея лікарська тощо);

- лікарські рослини закордонного походження, що акліматизовані та інтродуковані в Україні з метою штучного вирощування (шавлія лікарська, чебрець звичайний, наперстянка пурпурова тощо);

- лікарські рослини, що відсутні в природі та відомі лише в культурі, в умовах штучного вирощування (м'ята перцева, ортосифон тичинковий, мак снодійний (сорт олійний));

- сільськогосподарські лікарські рослини, які знайшли поширення в умовах польових сівозмін (льон, гарбуз, мигдаль, гірчиця та ін.);

- штучно вирощувані польові лікарські рослини (змієголовник

молдавський, меліса лікарська, левзея сафлороподібна, лофант анісовий тощо); теплично-польові (катарантус рожевий, ерва шерстиста тощо); тепличні (алоє деревоподібне, каланхое перисте), а також сортові селекційні; штамові мікроклоновані [16-19].

Класифікують лікарські рослини також на: деревні, зокрема, дерева, кущі, ліани; напівдеревні, такі як кущики, напівкущики та трав'янисті, до яких відносять одно- і багаторічні трави, ліани. Із 1075 видів вищих лікарських рослин в Україні в умовах лісових угідь зростає біля 386 видів, з яких 312 є представниками лучно-болотних, лучно-степових, лучних, прибережно-водних угруповань; 377 видів представляють групу синантропних видів, бур'янів, що активно освоюють порушені ділянки відкритих фітоценозів [20, 12].

Лікарські рослини розподіляють також в залежності від домінуючого вмісту в них тих чи інших специфічних хімічних речовин, волододіючими певними фармакологічними властивостями, зокрема, вуглеводи, ліпіди, глікозиди, фенольні сполуки, ефірні олії, кардіостероїди, алкалоїди, вітаміни та ін. [20, 21].

За сучасною фармакологічною класифікацією в залежності від лікувального призначення лікарські рослини розподіляють на серцево-судинні, шлунково-кишкові, ендокринні, протизапальні та ін. Певна частина лікарських рослин входить одночасно до кількох терапевтичних груп [20].

В Україні із рослинної лікарської сировини виробляють від 50% до 70% лікарських препаратів. Потенційні можливості фітотерапії є високими, оскільки майже кожній рослині із 1,5 тис. відомих видів притаманні лікувальні властивості [20, 22].

Сучасні проблеми використання лікарських рослин характеризуються їх обмеженим ресурсним потенціалом, особливо цінних видів рослин з високими фармакологічними властивостями. Тому, одним із пріоритетних завдань сучасності є вирішення проблеми дефіциту цінних лікарських рослин шляхом оцінки екологічних умов для штучного їх вирощування у

спеціалізованих та звичайних сільськогосподарських підприємствах, розробки технологій їх вирощування з аналізом лікувальних властивостей та екологічною безпекою такої сировини, розробки наукового обґрунтованого їх вирощування та використання [23-25].

Останніми роками в Україні спостерігається стрімке зростання попиту підприємств фармацевтичної галузі на лікарську рослинну сировину. Тенденції сучасного вітчизняного ринку лікарської рослинної сировини свідчать про перспективність даного напрямку економіки [26].

Природно-кліматичні умови України є сприятливими для розвитку лікарського рослинництва, що надає можливостей щодо збільшення обсягів виробництва та розширення асортименту лікарських препаратів [27, 28].

Сучасне виробництво лікарської сировини ґрунтується на розробці теоретичних, методичних та організаційно-економічних заходів в контексті сталого розвитку економіки країни [29].

Аналіз умов виробництва лікарської рослинної сировини показує, що Україна може у повному обсязі задовольнити в ній свої потреби, збільшуючи обсяги виробництва. Одним із основних напрямків збільшення обсягів виробництва лікарської сировини є розширення посівних площ під посіви даних культур з урахуванням екологічних вимог в аграрних підприємствах [30-32].

В Україні сировинна база лікарської рослинної сировини формується за рахунок: заготівлі дикорослих лікарських рослин; вирощування лікарських рослин у сільськогосподарських підприємствах; імпорту лікарської рослинної сировини з-за кордону. Співвідношення частки кожного з цих джерел одержання лікарської сировини залежно від біологічних особливостей певних видів лікарських рослин, природно-кліматичних умов та особливостей аграрного виробництва [27].

Перспективним напрямком виробництва лікарської сировини в достатній кількості є переведення їх вирощування на промислову основу в агропромисловому виробництві [33, 34].

Вирощування лікарських рослин відноситься переважно до галузі сільського господарства, яке передбачає наступні процеси: вирощування, збір, переробка, зберігання та реалізація рослинної сировинної бази. На сьогодні у спеціалізованих сільськогосподарських господарствах України вирощується лише близько 25 видів лікарських рослин.

Вирощування лікарських рослин у сільськогосподарських підприємствах дає можливість більш ефективно спрогнозувати якість і безпеку сировини. Водночас перевагою сільськогосподарського виробництва лікарської рослинної сировини є збереження цих видів лікарських рослин [35, 36].

Однак, практика показує, що вітчизняне виробництво лікарської рослинної сировини не задовільняє зростаючі потреби сьогодення. Причиною цього є недостатній розвиток власної промислової сировинної бази з вирощування лікарських рослин [37-39].

Так, аналіз стану промислової бази з вирощування лікарських рослин показав, що із 14 радгоспів-заводів, що входили в державну структуру з виробництва лікарських трав «Укрфітотерапія», залишилося всього чотири, зокрема, у Полтавській, Сумській, Львівській та Тернопільській областях [27].

Найбільшим виробником лікарської рослинної сировини до 2014 р. в Україні було ТОВ «Фіторадагосп «Веселка» (АР Крим), де щорічно заготовляли близько 1 тис. т лікарської сировини – квітки липи, бузини, трави фіалки триколірної, розторопші, майорану садового, каланхое, кмину звичайного, пижма, подорожника, дурману звичайного, анісу звичайного та ін. [5].

Сьогодні заслуговує на увагу один із найбільших виробників препаратів з рослинної лікарської сировини ПрАТ «Ліктрави» (Житомир), що займається виробництвом фітопрепаратів, фіточаїв тощо. ПрАТ «Ліктрави» зареєстровано близько 70 лікарських засобів. Дане підприємство визнано одним із світових лідерів в галузі переробки лікарської сировини. У даний

час підприємство переробляє близько 1500 тонн лікарської сировини, яка включає понад 100 найменувань лікарських рослин. Окрім виробництва фармацевтичних лікарських рослинних препаратів, підприємство здійснює дослідження та експериментальні розробки в галузі біотехнологій [40].

Львівське акціонерне товариство «Галичфарм» є основним виробником фармацевтичної продукції в західному регіоні нашої країни та загалом є добре відомим як в Україні, так і в країнах ближнього зарубіжжя. Підприємство випускає понад 90 різних лікарських препаратів і є лідером у сфері виробництва готових лікарських засобів на основі екстракції рослинної лікарської сировини. Основними напрямками діяльності «Галичфарм» є промислове виготовлення лікарських розчинів для ін'єкцій, таблеток, мазей, лініментів, гранул, екстрактів, сиропів та ін. На підприємстві діє екологічно чиста технологія виробництва фармацевтичної продукції з натуральної лікарської рослинної сировини, одержаної з карпатського регіону та Прикарпаття [41].

Лідером з виробництва рослинної лікарської сировини для фармацевтичної та харчової промисловості є українська компанія ТОВ «Сумифітофармація», яка спеціалізується на вирощуванні, збиранні, переробці та реалізації даної продукції. Підприємство має потужну виробничу базу, яка забезпечує широкі можливості з переробки рослинної сировини, зокрема, подрібнення, гранулювання, очищення від домішок, виробництво порошків лікарської рослинної сировини. Товарообіг компанії складає 5000 тон лікарської сировини, натуральних інгредієнтів для чаю та спецій. ТОВ «Сумифітофармація» – єдина компанія на території Європи, яка представляє понад 400 найменувань продукції, 70% якої виробляється з лікарських рослин, які зростають в Україні [42].

ТОВ «ФІТОСВІТ ЛТД», що було створене у 2007 році, є потужним виробником лікарської сировини в Україні, яке займається культивуванням таких рослин як: календула лікарська, розторопша плямиста, ромашка аптечна, ехінацея пурпурова, м'ята, шавлія лікарська, льон, глід, шипшина та

ін. Підприємство діє на території Тиврівського та Вінницького районів. Головною діяльністю компанії є виготовлення продукції харчової промисловості – фіточаїв на основі власного виробництва лікарської рослинної сировини без використання ароматизаторів, штучних харчових добавок та без ГМО. Також підприємство здійснює оптовий продаж вирощених лікарських трав, рослин та насіння, продає на замовлення сировину дикорослих лікарських рослин [43].

Поряд з цим необхідно відмітити підприємства України, які вносять певний вклад у виробництво лікарської рослинної сировини, зокрема, ТОВ «Південь агропереробка» (Одеська обл.), «Лікарські трави Запоріжжя» (Запорізька обл.), ТОВ «Полтава-сад» (Полтавська обл.), ТОВ «Дніпро-Білогір'я» (Херсонська), ТОВ «Поліський стандарт» (Рівненська обл.), ТОВ «Прогрес» (Чернігівська обл.), ФГ «Восход» (Черкаська обл.) [5].

Решту виробників лікарської сировини в Україні представляють невеликі фермерські господарства, які вирощують ромашку, валеріану, розторопшу плямисту та інші лікарські рослини. Однак, інтенсивного розвитку цих підприємств не спостерігається, оскільки валовий дохід від вирощування більшості лікарських трав забезпечується лише через два-три роки після їх посіву, що стримує розширення обсягів виробництва рослинної лікарської сировини [44, 45].

Тому, актуальним завданням сьогодення щодо збільшення обсягів виробництва рослинної лікарської сировини є переведення його на промислову основу [46, 47].

Важливим аспектом вирощування лікарської рослинної сировини у фермерських та орендних сільськогосподарських підприємствах є організаційне забезпечення екологічно орієнтованого її виробництва. Останнім часом високою популярністю серед споживачів характеризується екологічно безпечна лікарська рослинна сировина, яка не містить залишків пестицидів, радіонуклідів, важких металів, нітратів, кислот, солей та інших токсичних компонентів [48, 49].



Внаслідок цього необхідною умовою розвитку сучасного лікарського рослинництва у сільськогосподарських підприємствах є врахування чинників впливу на організацію екологічно орієнтованого вирощування лікарських рослин, а саме: адміністративно-правові, господарсько-виробничі, економічні, соціальні та екологічні [48].

Ці фактори сприятимуть ефективній організації екологічно орієнтованого виробництва лікарської рослинної сировини, що дасть можливість підвищити економічну складову даного виробництва [48, 50].

До екологічних факторів, які помітно впливають на вирощування лікарської рослинної сировини належать агроекологічні властивості ґрунту, геологічні, просторові, гідрологічні, гідрографічні, геоботанічні, природно-кліматичні умови, а також рельєф.

Основними ж природно-кліматичними чинниками, що впливають на ефективність вирощування лікарських рослин, є: родючість ґрунтів, їх екологічна безпечність, сума активних температур, сумарна сонячна радіація, тривалість вегетаційного періоду, рівень зволоження, кількість опадів та особливості рельєфу [35, 51].

## **1.2. Еколого-біологічні особливості та технологія вирощування розторопші плямистої**

Розторопша плямиста (*Silybum marianum* L.) – вид трав'янистих рослин з роду розторопша родини айстрові. *Silybum* – лат. назва рослини (пензлик); лат. *Marianum* – від імені Богоматері, Діви Марії [52]. Даний рід включає два види: *S. marianum* (L.) Gaertn зі строкатим листям та *S. eburneum* Coss Et Durieux з повністю зеленим листям, однак є дослідження цих видів, які на генетичному рівні указують на те, що це варіанти однієї рослини [53].

Розторопша плямиста – одно- або дворічна трав'яниста рослина висотою від 60 до 150 см. Стебло її прямостояче, просте чи гіллясте, борозенчасте, голе або слабо павутинисто опушене. Листя прикореневої

розетки дуже велике – до 80 см у довжину, 30 см у ширину, зморшкувате [54]. Квіти рослини трубчасті, двостатеві, пурпурового, рідше рожевого, фіолетового або білого кольору. Квіти зібрані у великі кулеподібні кошики. Плоди розторопші плямистої – обернено яйцевидні сім'янки з чубиком на верхівці, стиснуті з боків; 5-8 мм у довжину, 2-4 мм у ширину; верхівка плоду косо усічена, основа закруглена, поверхня блискуча, рідше – матова, гладенька, інколи повздовжньо зморшкувата. Колір плодів – від світло-коричневого до чорного; часто плоди плямисті, іноді з бузковим відтінком. Запаху не мають, гіркуваті на смак. Розторопша плямиста цвіте майже усе літо [54, 55]. Один кошик рослини може дати близько 100-190 насінин.

У плодах рослини розторопші плямистої містяться флавоноїди і флавоногліни (силібін, силіхрестин, силідіанін та ін.), а також алкалоїди, сапоніни, слиз, органічні кислоти, вітамін К, гіркоти, жирна олія (16-28%), білкові та інші речовини. Основними діючими речовинами розторопші плямистої, що визначають її фармакологічні властивості – є флавоногліни [52], які були виділені німецькими вченими в якості біологічно активних сполук в 60-х роках минулого століття, чим внесли значний поштовх у вивчення розторопші плямистої та її популярності.

Накопичення флавонолігнану в насінні залежить від стадії розвитку квітки і є максимальним у пізній час цвітіння [56]. Важливими показниками плодів розторопші плямистої також володіє жирна олія, вміст якої у рослинах досягає 20-30%. Склад жирної олії розторопші плямистої характеризується наявністю: лінолевої – 56,57%, олеїнової – 20,73%, пальмітинової – 8,01%, стеаринової – 4,79%, арахінової – 2,70%, бегенової – 2,09%, нонадецілової – 1,11%, лігноцеринової – 0,69%, міристинової – 0,09% жирних кислот. У листі розторопші плямистої також містяться флавоноїди (апігенін, лютеолін, кемпферол та їх глікозиди),  $\beta$ -ситостерол та його глікозиди. В листі розторопші плямистої силімарин відсутній [57].

Складові біологічно активних речовин насіння розторопші плямистої володіють унікальними лікувальними властивостями. Зокрема, силімарин,

діюча речовина, яку видобувають із насіння розторопші плямистої, діє як антиоксидант та гепатопротектор; ефективний при лікуванні отруєнь токсинами (ксенобіотиками), гепатитів, цирозу та фіброзу печінки; стимулює регенерацію печінки. Дослідження щодо його токсичності показали, що він є безпечним для використання людиною [58]. Водночас необхідно відмітити, що біологічно активні речовини насіння розторопші плямистої мають протизапальну, імуномодулюючу, протівірусну, протипухлинну, ліпідну, жовчогінну дію та інші корисні для здоров'я властивості [59].

Понад 2000 років насіння розторопші плямистої використовується як дієвий засіб від ряду захворювань, особливо при захворюваннях печінки [60]. Препарати з розторопші плямистої безпечні, добре переносяться і не викликають серйозних побічних ефектів, крім рідко виникаючих легких шлунково-кишкових та алергічних реакцій, тому насіння розторопші є перспективним природним препаратом для сучасної медицини [59].

Розторопша плямиста вперше була виявлена на території Азії та Південної Європи. На даний час вона розповсюджена у Західній і Східній Європі, Центральній і Південній Африці, Південній і Північній Америці, на Британських та Азорських островах [61, 62].

Розторопша плямиста за своїми біологічними особливостями не вибаглива до ґрунтів і кліматичних умов. У дикорослому вигляді відома як бур'ян; зустрічається на пустирях, уздовж доріг і на залізничних насипах. Часто розторопша плямиста вирощується в Україні на індивідуальних присадибних ділянках як декоративна та лікарська рослина [63, 64].

Проте, сировинна база цієї культури і технологія її вирощування в Україні потребує вдосконалення [65, 66].

В Україні культура розторопші плямистої найбільше поширена в південних областях (Херсонська, Миколаївська, Одеська). Посівні площі розторопші плямистої в Україні складають орієнтовно 5000 га. Широкого розповсюдження набуло вирощування розторопші плямистої у країнах ближнього зарубіжжя, зокрема, Молдові, Казахстані [67, 68].

Південь України перспективний регіон для вирощування розторопші плямистої у промислових масштабах, оскільки дослідження канадських вчених показали, що високі температури навколишнього природного середовища сприяють накопиченню основного лікарського компонента розторопші плямистої – силімарину в її насінні. Поряд з цим рослина розторопша плямиста є стійкою до посухи та не вимагає зрошення [69, 70].

Виявлено, що розторопша плямиста добре адаптується до різних ґрунтів і легко розмножується самосівом [71].

Перевагою розторопші плямистої, порівняно з іншими рослинами, є також її стійкість до хвороб та шкідників [67].

Оскільки насіння розторопші плямистої добре розсіюється вітром, то може стати причиною забур'яненості на сусідніх полях.

Для вирощування більшості лікарських рослин, у тому числі і розторопші плямистої, необхідним є дотримання спеціалізованих сівозмін. Усі лікарські рослини вирощують у польових умовах як просапні культури, що потребують багато ручної праці для їхнього догляду і збирання врожаю [73, 74].

Розторопша плямиста – культура раннього строку посіву. Оптимальний термін її сівби співпадає із строком посіву пізніх ярих культур і це забезпечує дружні сходи на 8-10-й день за середньодобової температури +10 °С. Для вирощування розторопші плямистої найпридатніші пухкі, слабокислі (рН 5,5-6,0) супіщані ґрунти [75, 76].

У ґрунт перед сівбою необхідно внести гербіциди, оскільки розторопшу плямисту недоцільно висівати на засмічених ділянках, особливо багаторічними бур'янами. Вона не вибаглива до родючості ґрунтів, але на підживлення добривами реагує потужним ростом. Розторопша плямиста посухостійка, особливо в другій половині вегетаційного періоду [67, 77].

Кращими попередниками розторопші плямистої є чорний пар, озимі зернові, просапні культури, однорічні й багаторічні трави. Є дані, що розторопшу плямисту можна вирощувати на одному місці два-три роки

поспіль [75, 78].

Оранку під розторопшу пляmistу проводять на глибину 25-27 см. Передпосівна підготовка ґрунту включає ранньовесняне боронування боронами БЗСС-1 та культивуацію культиваторами КПС-4 на глибину 6-8 см [67, 79].

Враховуючи, що розторопша пляmistа на перших етапах свого росту і розвитку розвивається дуже повільно та пригнічується бур'янами, внесення гербіцидів є обов'язковим прийомом, особливо при її широкорядній сівбі.

Розторопша пляmistа належить до рослин із розтягнутим періодом споживання елементів мінерального живлення. Для неї не бажане надлишкове азотне живлення, оскільки воно призводить до затримки дозрівання плодів, а також знижує їх олійність. Найбільш обґрунтованою нормою мінеральних добрив слід вважати  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , яка забезпечує найбільший вихід олії з гектара [80, 81].

У засушливі та теплі роки процес проростання розторопші пляmistої проходить дружно і майже удвічі швидше, ніж у холодні і вологі періоди. Дружні сходи рослин з'являються за температури 10 °С вже на 8-10-й день. Тому розторопша пляmistа належить до культур ранньої сівби [80, 82].

Кращий спосіб сівби – суцільний рядковий з нормою висіву 25-30 кг/га, глибина загортання насіння становить 3-4 см. Такий спосіб сівби забезпечує більш рівномірне дозрівання насіння [80, 81].

Норма висіву розторопші пляmistої при широкорядній сівбі складає 8-10 кг/га. Однією з несприятливих біологічних особливостей розторопші пляmistої є нерівномірність сходів, і це вимагає застосовувати до- і післяпосівного коткування ґрунту. Це забезпечує дружні та рівномірні сходи. Для раннього отримання фармакологічної продукції розторопші пляmistої, її вирощують із розсади. Висівати насіння для одержання розсади необхідно у лютому-березні [80-83].

Через те, що рослина розторопші пляmistої сама є бур'яном, вона добре конкурує з іншими рослинами і боротьба з бур'янами на посівах не є

необхідною умовою. Лише у початковій фазі свого розвитку дана рослина може пригнічуватися бур'янами. Після 40-50-денного розвитку розторопша плямиста, досягаючи висоти 40-60 см, за сприятливих умов добре розростається та заглушує бур'яни. Для боротьби з однорічними бур'янами при вирощуванні рослини використовують гербіциди та агротехнічні прийоми (передпосівна культивування, до- та післясходове боронування) [77].

Контроль бур'янів у агроценозі розторопші плямистої забезпечує не тільки підвищення її урожайності, але і поліпшення якості сировини. Гербіциди на посівах розторопші плямистої можна вносити у два етапи: ґрунтові – до сівби і післясходові – по вегетуючих рослинах розторопші і бур'янів. Основним ґрунтовим гербіцидом для розторопші плямистої є трефлан. Він ефективно знищує лободу білу, щиріцю польову, редьку дику, паслін чорний та інші дводольні бур'яни. Ефективність гербіциду трефлан зберігається у ґрунті близько одного місяця. Його застосування на розторопші плямистій офіційно дозволене в Україні у вигляді 24%-го і 48%-го концентрату емульсії. Норма внесення гербіциду становить 4 і 2 кг/га, відповідно. Допущений до застосування на розторопші плямистій також ґрунтовий гербіцид трифлурекс 48%-й концентрат емульсії у нормі 2 кг/га або 24%-й концентрат емульсії у нормі 4 кг/га [85, 86].

Паралельно із внесенням гербіцидів або на чистих полях, де гербіциди не застосовують, для знищення сходів однорічних бур'янів проводять досходове боронування посівів легкими боронами ЗБП-0,6, райборінками ЗОР-0,7 через 4-5 днів після сівби, щоб розпушити верхній шар ґрунту і знищити сходи бур'янів у фазі білої ниточки. Післясходове боронування проводять у фазі двох справжніх листків розторопші плямистої у поперек рядків. У широкорядних посівах розторопші плямистої проводять міжрядні культивування до зімкнення рядків [67, 87].

Серед лікарських рослин родини Айстрові в порівнянні з іншими представниками даної родини (ромашка лікарська, нагідки лікарські, ехінацея пурпурова), найменша шкодочинність до впливу шкідників

притаманна розторопші плямистій. Блішки, піщаний мідяк, попелиця, сірий довгоносик, щитоноска – є найпоширенішими шкідниками даної рослини, які проявляють свою шкодочинність лише в період сходів, утворенні розетки листків. Водночас поріг шкодочинності та їх поширеності є досить низьким, що загалом може і не потребувати захисту рослини. За необхідності для боротьби зі шкідниками може бути використаний інсектицид Актеллік, обприскування яким посівів розторопші плямистої рекомендовано у фазі двох справжніх листків.

Лікарську сировину – плоди розторопші плямистої, збирають у третій декаді серпня при досягненні насіння, коли суцвіття рослин – кошики – висихають, набувають жовтого кольору і починають розпушуватись. Насіння розторопші плямистої досягає по мірі засихання кошиків і може швидко висипатись, тому його збір проводять у кілька прийомів. При прямому комбайнуванні плодів розторопші плямистої зернозбиральними комбайнами, зрізають коробочки і обмолочують їх при збільшеному зазорі і зменшеному числі оборотів молотильного барабана комбайна на стаціонарній площадці [67, 88].

Через високу властивість плодів розторопші плямистої до осипання, їх збирання необхідно проводити вранці. При дотриманні усіх технологічних операцій при вирощуванні та збиранні насіння розторопші плямистої, урожайність насіння становить до 1 т/га [67, 89].

Після первинного очищення, насіння розторопші плямистої висушують до вологості 12% активним вентиляванням або розстилають шаром товщиною 8-10 см і періодично перевертають.

Перший на теренах СНД сорт розторопші плямистої Югослава був виведений в Україні – у Кримському міжнародному інституті нетрадиційного рослинництва, екології і здоров'я (м. Сімферополь) у 90-х роках двадцятого сторіччя. Урожайність його плодів становить 7,7-9,2 ц/га. До Реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, занесено сорти Бойківчанка та Златоустівська Івано-Франківського інституту агропромислового

виробництва НААН України [67]. У 2018 році до Державного реєстру сортів рослин, дозволених до використання в Україні, занесено також сорти розторопші плямистої Сіріус, який виведено на Прикарпатській ДСГДС ІСГ Карпатського регіону НААН, сорт Полтавка, який виведено на Дослідній станції лікарських рослин Інституту агроєкології і природокористування НААН України.

Сорти розторопші плямистої Бойківчанка, Сіріус та Полтавка мають лікарсько-харчовий напрям, Бойківчанка та Сіріус є середньостиглими, а Полтавка – пізньостиглим, є стійкими до вилягання й посухи, однак, сорти Бойківчанка та Полтавка більш придатні для вирощування в зонах Лісостепу та Степу, а сорт Сіріус рекомендований для вирощування у всіх ґрунтово-кліматичних зонах України.

Сорт Бойківчанка має вегетаційний період від 120 до 135 днів. Рослини висотою 150-190 см, врожай насіння становить 1,0-1,5 т/га. Маса 1000 насінин складає 27-32 г, уміст силімарину в оболонці до 7%, в насінні – до 1% [90-91].

Веgetаційний період сорту Сіріус становить 115-120 днів. Висота рослин сягає 170-185 см. Маса 1000 насінин – 27-28 г, врожайність становить 1,8-2,0 т/га, уміст олії в насінні 27-28%, а силімарину – 4,0-4,3% [92].

Висота рослини розторопші плямистої сорту Полтавка становить 130 см з вмістом екстрактивних речовин 3,0%, має досить високу стійкість до посухи та осипання, рекомендована зона для вирощування – Лісостеп. Урожайність насіння даного сорту – 1,2 т/га [93].

Серед зарубіжних сортів знайшли поширення в Україні сорти Дебют, Попелюшка, Самарянка.

У Миколаївській області компанія «Біо Розторопша» (м. Вознесенськ) є однією з провідних організацій, що займається селекцією насіння розторопші плямистої в Україні поряд з такими відомими установами як Дослідна станція лікарських рослин Інституту агроєкології і природокористування та Прикарпатська державна сільськогосподарська станція Національної академії



аграрних наук України. Зокрема, з 2010-го року, понад 420 га посівів у Миколаївській, Кіровоградській і Запорізькій областях були зайняті під виробництво насіння розторопші плямистої. Схожість насіння розторопші плямистої складає 95-97%. Урожайність – 10-16 ц/га. На га необхідно 10-20 кг її насіння [94, 95].

Бджоли охоче відвідують розторопшу плямисту. Медопродуктивність становить 50-70 кг/га. Ринкова закупівельна вартість насіння розторопші плямистої становить 15-30 грн/кг [96].

### **1.3. Особливості накопичення важких металів у лікарській рослинній сировині та заходи щодо забезпечення її якості**

Проводячи збір лікарських рослин, необхідно враховувати не лише строки їх збирання, але й екологічний стан території, на якій вони ростуть або вирощуються, адже кількісно-якісний склад діючих речовин у лікарських рослинах залежить від умов, у яких вони розвиваються. Високий вплив на кількісний і якісний склад лікарської сировини мають тип ґрунтів, рівень зволоження та ступінь антропогенного впливу на навколишнє середовище. В усіх компонентах навколишнього природного середовища інтенсивно накопичуються різні токсиканти, які можуть перебувати у вигляді як окремих елементів, так і сполук. Причому дані токсиканти можуть накопичуватись в об'єктах навколишнього середовища суттєво перевищуючи їх природній вміст [97, 98].

Серед великого різноманіття техногенних полютантів лікарських рослин, таких як радіонукліди, пестициди, нітрати, солі, кислоти, хвороботворні мікроорганізми, вагомим джерелом забруднення є важкі метали. Встановлено, що важкі метали можуть накопичуватися у значних кількостях у ґрунтах, що може призвести до зниження якості вирощеної на них рослинності та її продукції. Використання такої сировини з лікувально-профілактичною метою може, навпаки, посилювати захворювання. Ця

проблема знайшла відображення в Національній доповіді «Про стан навколишнього природного середовища в Україні 1996 року».

Важкі метали включають хімічні елементи з атомною масою більше 40 та густиною понад  $5 \text{ г/см}^3$ , які мають властивості металів. Серед важких металів виділяють умовні метали, зокрема, мідь, цинк та інші елементи, які мають позитивний вплив на обмінні процеси в рослинах, їх ще також називають мікроелементами. Однак, при нагромадженні вище допустимої межі вони можуть виявляти токсичність, активізуючи чи, навпаки, блокуючи біохімічні процеси в живих організмах [99, 100].

Вивчення адаптації певних видів лікарських рослин в умовах потенційних джерел забруднення важкими металами довкілля дало можливість з'ясувати рівень транслокації даних токсикантів у лікарські рослини і рівень їх біологічної стійкості. Завдяки цьому, можна встановити доцільність використання таких лікарських рослин в лікувально-профілактичній практиці. Адже використання лікарської сировини, забрудненої важкими металами підвищує ризик негативного впливу на організм та може спричиняти захворювання населення: оскільки дані токсиканти потрапляють у лікарські препарати, які виготовляють із лікарської рослинної сировини, які потім надходять в організм людини [101, 102].

Важкі метали, зокрема цинк і мідь, відіграють важливу роль у формуванні вегетативної маси та урожаю лікарських рослин адже входять до біологічно активних сполук (білків, ферментів, гормонів тощо). Встановлено, що дія металів на лікарські рослини залежить від агрохімічного складу ґрунту, природи хімічного елемента, рівня забруднення ґрунтів, ботанічного походження рослин та ін. [103, 104].

Токсичну дію металів пов'язують з порушенням рівноваги надходження у рослини макро- і мікроелементів. Антагонізм може існувати як між окремими важкими металами, так і між макроелементами (кальцій, магній, калій). Встановлено, що за максимального забруднення ґрунтів

міддю у лікарських рослинах значно знижується вміст кальцію і магнію. Тоді як високий вміст у ґрунті кадмію призводить до зниження у лікарських рослинах кількості фосфору, кальцію, магнію, заліза. При високих показниках у ґрунті цинку спостерігається зменшення фосфору, кальцію, магнію, заліза. Відомо також певний вплив свинцю на засвоєння рослинністю макро- і мікроелементів. Зокрема, за високої концентрації свинцю у ґрунтах виявлено зниження засвоєння рослинами цинку, міді, заліза, фосфору, кальцію [105, 106].

Встановлено також певну особливість накопичення того чи іншого металу лікарськими рослинами. Так, свинець (навіть при високій концентрації в ґрунті) знаходиться в слабозчинних з'єднаннях і тому рівень його переходу в рослинність є низьким. Цинк, який належить до мікроелементів, може інтенсивно накопичуватися лікарськими рослинами та утримуватися в них; мідь і кадмій накопичуються слабо, але міцно утримуються, тоді як свинець слабо накопичується і слабо утримується в рослинах [107, 108].

Забруднення важкими металами ґрунту є вторинним джерелом забруднення лікарських рослин, часто ці токсиканти потрапляють з атмосфери. Вміст важких металів у лікарській рослинній сировині може у 2-4 рази перевищувати вміст даних токсикантів у ґрунті [109, 110].

Забруднення важкими металами ґрунтів та накопичення їх рослинністю, зокрема, лікарськими рослинами відбувається під впливом двох основних факторів – природного і антропогенного.

Наслідком антропогенної зміни навколишнього середовища є значне зростання рівнів вмісту важких металів у його компонентах, зокрема, в ґрунтах і рослинах, серед яких свинець, кадмій, мідь та цинк визнані одними з найбільш небезпечних політантів [111, 112]. Забруднення ґрунту цими токсикантами має незворотний характер, тому їх надходження навіть у незначних кількостях до лікарських рослин протягом тривалого часу

призводить до накопичення їх в ґрунті та міграції в системі «ґрунт – лікарська рослина – лікарська сировина – організм людини» [113, 114].

Джерелами потрапляння важких металів у екосистеми лікарських рослин є викиди промислових підприємств, автомобільний транспорт, хімічні засоби захисту рослин і мінеральні добрива [115, 116].

Серед важких металів, до яких часто прикута увага науковців і практиків, є кадмій та свинець.

Кадмій не належить до числа фізіологічно необхідних мікроелементів для рослин, зокрема, лікарських, однак він досить активно ними поглинається. Кадмій є розсіяним елементом земної кори і майже не утворює власних мінералів. Сам метал не є токсичним, однак надзвичайно небезпечними є його розчинні сполуки, що за токсичністю не поступаються ртуті й миш'яку [117, 118].

Кадмій, який знаходиться у розчиненому стані в ґрунті, активно накопичується рослинністю. Рухома форма кадмію зумовлює порівняно високу міграційну здатність цього елемента в системі ґрунт – рослина, що є небезпечним фактором для одержання якісної і безпечної лікарської сировини [119, 120].

Свинець також не є фізіологічно необхідним мікроелементом для лікарських рослин. Згідно з ГОСТ 17.4.1.02-83, за ступенем небезпечності для живих організмів його віднесено до першого (вищого) класу небезпеки [121, 122].

За дослідженнями науковців, підвищені концентрації поллютантів у деяких видах лікарських рослин пов'язані з тим, що вони ростуть в межах селітебних територій, де рівень забруднення ґрунтового покриву вищий у порівнянні з природними та аграрними екосистемами. Встановлена і сезонна залежність вмісту важких металів у лікарських рослинах. Зокрема, у весняний період та на початку літа спостерігається нижчий рівень забруднення лікарської фітомаси у порівнянні з осіннім періодом.

Аналіз сезонної динаміки вмісту свинцю та кадмію свідчить, що їх

максимум, незалежно від виду лікарських рослин, концентрується у їх вегетативних органах на початку осіннього періоду та перевищує їх вміст від 2,3 до 6,2 раза для свинцю і від 2,3 до 5,9 раза для кадмію у порівнянні з весняним періодом (травень) [123, 124].

Авторами встановлено, що серед певних видів лікарських рослин кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale L.*) собача кропива п'ятилопатева (*Leonurus quinquelobatus Gilib*) є активними накопичувачами свинцю. Тоді як найвищим накопичувачем кадмію є подорожник великий (*Plantago major L.*), та грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris (L.) Medik*) [125, 126].

Накопичення кадмію у лікарських рослинах більш інтенсивно відбувалося в початковій стадії вегетації, оскільки лікарські рослини здатні засвоювати цей елемент через листову поверхню, тоді як свинець, який поступає у рослини за посередництва кореневої системи, досягає максимуму у період завершення формування кореневої системи [127, 128].

Науковцями виявлено різну інтенсивність накопичення важких металів у кореневій, вегетативній і репродуктивній частині рослини, що також залежить від рівня надходження і хімічної форми цих елементів та наявності їх у ґрунті. [129, 130].

В умовах техногенного навантаження на довкілля вміст більшості важких металів у лікарських рослинах зростає, але інтенсивність їх поглинання органами рослин знижується, що, за припущенням, така особливість є результатом адаптаційної реакції, направленої на стабілізацію мінерального обміну [131, 132].

Небезпека забруднення ґрунтів важкими металами та їх транслокація у рослини є надзвичайно високою, оскільки період напіввиведення їх з ґрунту у результаті природної міграції хімічних елементів та їх сполук є досить тривалий. За анаеробних умов середовища значна кількість сполук важких металів стає доступнішою для рослин, тому на вологих ґрунтах спостерігається вищий перехід у рослини [133, 134].

Здатність лікарських рослин накопичувати важкі метали із зовнішнього

середовища досліджується в останнє десятиріччя досить широко і не викликає сумнівів, що обумовлює актуальність досліджень у цьому напрямку [135, 136].

У зв'язку з високою токсичністю важких металів вся рослинна продукція, зокрема, і лікарські трави підлягають суворому контролю. Відповідно до класифікації щодо дії на організм людини мікроелементів, до яких входять важкі метали, їх поділяють на групи: мікроелементи, що мають певне значення у харчуванні людини (Co, Cr, Se, F, Fe, I, Mo, Mn, Ni, Se, Si, V, Cu, Zn) та мікроелементи, які можуть спричиняти токсичну дію (As, Be, Cd, Co, Cr, F, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Pd, Se, Sn, Ti, V, Cu, Zn). При цьому необхідно зазначити, що 10 із перерахованих елементів, до яких входять цинк і мідь, є спільними для обох груп. Встановлено, що всі метали можуть проявляти токсичність, якщо вони накопичуються в організмі понад допустимі норми [137, 138].

Такі метали як ртуть, кадмій, свинець, миш'як вже при найнижчій концентрації можуть викликати отруєння і не приносять організму жодної користі. У зв'язку з цим, об'єднана комісія FAO і ВООЗ відповідно до харчового кодексу (*Codex Alimentarius Europaeus*) включила зазначені важкі метали до переліку складових щодо проведення обов'язкового контролю за їх вмістом уповноваженими структурами при здійсненні міжнародної торгівлі продуктами харчового призначення. Вміст цих металів повинен регулюватися і в лікарських рослинах для оцінки фармакологічних властивостей препаратів на їх основі, так і для стандартизації, розробки аналітично-нормативної документації на лікарську рослинну сировину, з якої одержують продукцію лікувально-профілактичного спрямування [139, 140].

Потрапляючи у ґрунт, частина важких металів піддається гідролізу, інша частина може утворювати важкорозчинні сполуки та закріплюватися у ґрунтовому середовищі. Тобто, важкі метали можуть знаходитися як у обмінному, так і необмінному стані. Причому акумуляція та трансформація металів залежить від сорбційних властивостей ґрунту [141, 142].

Виявлено також негативний вплив важких металів на лікарські рослини, зокрема, пригнічення їх росту, а у разі високих доз – до призупинення їх існування. Знизити забруднення ґрунтів важкими металами можливо за досягнення обмеження застосування мінеральних добрив, пестицидів та гербіцидів [143, 144].

Інтенсивність переміщення важких металів у ґрунті залежить від цілого ряду факторів, зокрема, наявності у ньому оксидів і гідроксидів, карбонатів, реакції ґрунтового середовища, органічної сировини ґрунтової біоти, особливостей металу, форми надходження металу в ґрунт, застосування мінеральних добрив [145-156].

1. Гранулометричний склад ґрунту. Спостерігається прямий зв'язок між ступенем дисперсності ґрунтових частинок і їхньою адсорбуючою здатністю. Підвищена дисперсність субстрату гальмує винесення атомів важких металів за межі ґрунтового профілю, сприяє їхньому накопиченню у ґрунті.

2. Оксиди і гідроксиди. Найбільший вплив на мобільність металів у ґрунті здійснюють оксиди і гідроксиди Fe, Al і Mn.

3. Реакція середовища. Важкі метали, що потрапили у ґрунтовий розчин кислих ґрунтів, утворюють в основному розчинні орґано-мінеральні комплекси.

4. Карбонати. Це сполуки, які сильно знижують рухомість мікроелементів і, у тому числі, важких металів у ґрунтах. Механізм цієї дії обумовлений як сорбційними властивостями високодисперсних фракцій карбонатів, так і їхнім опосередкованим впливом, через регуляцію реакції середовища.

5. Застосування добрив. Систематичне застосування добрив певним чином впливає на вміст мікроелементів у ґрунті і їхнє накопичення у рослинах. Вплив цей різнобічний і складний: добрива змінюють рН ґрунтового розчину і таким чином впливають на ступінь розчинності сполук мікроелементів; вони певним чином впливають на інтенсивність і

направленість обмінних реакцій, на процеси акумуляції; підвищуючи врожайність сільськогосподарських культур, сприяють їхньому росту та виносу мікроелементів з ґрунту; порушують баланс мікроелементів у ґрунті, часто в негативний бік [147, 148].

6. Органічна речовина ґрунту. Вона є інактиватором важких металів у ґрунті: збільшує його буферність, сприяє зниженню токсичної дії металів і перешкоджає їхньому надходженню у рослини. Процеси взаємодії органічної речовини ґрунту з іонами металів ідентифікуються як іоноутворення, адсорбція на поверхні, хелатування, реакції коагуляції і пептизації.

7. Ґрунтова біота. Багатьма авторами було показано, що вміст у ґрунті рухомої форми важких металів динамічний у часі. Причини змін можуть бути різні, однак у більшості випадків коливання пояснюються діяльністю ґрунтових мікроорганізмів і віковими змінами рослин, що впливають на інтенсивність поглинання хімічних елементів. На мікробіологічну діяльність великий вплив здійснює волога ґрунту, яка тісно пов'язана з погодними умовами і тому не може мати певного ритму [149, 150].

8. Тип ґрунту. За здатністю міцно фіксувати важкі метали і швидкістю процесу трансформації, ґрунти розташовуються у такий ряд: чорнозем типовий – дерново-підзолистий окультурений – дерново-підзолистий неокультурений.

9. Міграція за профілем ґрунту. Один із основних процесів, що впливають на міграцію важких металів у ґрунті є їх закріплення гумусом. Міграційні можливості при цьому в основному знижуються [149]. Саме цим пояснюється їхній підвищений вміст у верхньому найбільш гумусованому шарі ґрунту. Глибина проникнення важких металів у забруднених ґрунтах звичайно не перевищує 20 см, проте при сильному забрудненні вони здатні проникати і на глибину до 160 см [151, 152].

10. Особливості металу. Встановлено, що метали-забруднювачі мають неоднакову здатність до адсорбції, від чого їхня токсичність для рослин при однаковому забрудненні може бути різною. Так, при однакових умовах іон



купруму адсорбується у більшій кількості, ніж іон кадмію. Цинк утримується ґрунтами більш міцно, ніж кадмій, тому що найбільша його кількість зв'язана з оксидами заліза. Кадмій, в основному, знаходиться в обмінній формі, а з оксидами заліза зв'язана лише невелика його кількість [153, 154].

11. **Форми знаходження важких металів у ґрунті.** Важкі метали в ґрунтах присутні в різних формах: в ґрунтовому розчині – у формі вільних катіонів і асоціатів з компонентами розчину; у твердій частині ґрунтової маси – у формі обмінних катіонів і їхніх заряджених комплексних сполук, адсорбованих на поверхні ґрунтових часточок; у вигляді ізоморфних домішок у структурах глинистих мінералів; гелів заліза, алюмінію і марганцю, а також у формі власних мінералів і стійких осадів малорозчинних солей [155, 156].

Для зменшення шкідливої дії важких металів вводять відповідні норми їхнього вмісту: ГДК валового вмісту важких металів в орному шарі ґрунту та рослинній масі; ГДК рухомих форм важких металів у ґрунті, мг/кг; Кларк важких металів у ґрунті, мг/кг. Валовий вміст важких металів доцільно використовувати для загальної характеристики стану ґрунтів і їхньої потенційної небезпечності. Лише вміст рухомих форм буде зумовлювати рівень їхньої токсичності. Метали саме у рухомих сполуках негативно впливають на ґрунтовий біоценоз [157, 158].

Враховуючи особливість переміщення важких металів у ґрунтовому середовищі сформовані основні заходи щодо зниження їх міграції у рослини. До таких заходів належать:

- Вапнування ґрунтів. Так, зниження рН ґрунту до 6,5 за внесення кальцію сприяє суттєвому зменшенню розчинності важких металів;
- Застосування органічних добрив (гній, торф). Утворені внаслідок внесення органіки металоорганічні комплекси знижують переміщення важких металів до рослин;
- Використання для удобрення ґрунтів фосфорних добрив. Фосфати свинцю, цинку та інших металів утворюють важкорозчинні

сполуки, що знижує надходження важких металів до рослин;

- Використання протилежно направлених взаємодій (наявність одного елемента – антагоніста сприяє зниженню іншого). Встановлено, що цинк може впливати на обмеження переміщення ртуті по ланцюгу живлення;

- Використання біологічних заходів (вирощування на забруднених важкими металами ґрунтах технічних культур, лісових культур тощо);

- Реанімація ґрунтів (захоронення верхнього прошарку ґрунту на глибину 40–50 см з переміщенням на поверхню підорного незабрудненого ґрунту за плантажної оранки; видалення токсичного шару ґрунту і розміщення на його місці чистого) [159–171].

## Висновки до розділу 1

У результаті проведеного аналізу наукової літератури встановлено, що в Україні спостерігається підвищений попит підприємств фармацевтичної галузі на лікарську рослинну сировину вітчизняного виробництва, яка має велику перспективність – сприятливі еколого-економічні умови, суттєві резерви для збільшення обсягів виробництва лікарської рослинної сировини і розширення асортименту рослин, необхідних для виробництва лікарських препаратів.

Розторопша плямиста (*Silybum marianum*) є цінною лікарською рослиною. Насіння розторопші плямистої використовується як дієвий засіб від ряду захворювань, особливо при захворюваннях печінки. Силімарин, діюча речовина, яку видобувають із насіння розторопші, комерційно доступний як стандартизований екстракт (через погану розчинність у воді його біодоступність підвищується введенням силімарину у формі препаратів), що діє як антиоксидант та гепатопротектор; ефективний при лікуванні отруєнь токсинами (ксенобіотиками), гепатитів, цирозу та фіброзу печінки; стимулює регенерацію печінки. Також насіння розторопші має протизапальну, імуномодулюючу, протівірусну, протипухлинну, ліпідну, жовчогінну дію та інші корисні для здоров'я властивості. Лікарські препарати, виготовлені з сировини розторопші плямистої є загалом безпечними для використання людиною.

Останнім часом високою популярністю характеризується серед споживачів екологічно безпечна лікарська рослинна сировина, яка не містить залишків пестицидів, радіонуклідів, важких металів, нітратів, кислот, солей та інших токсичних компонентів.

Внаслідок цього необхідною умовою розвитку сучасного лікарського рослинництва у сільськогосподарських підприємствах є врахування чинників впливу на організацію вирощування лікарських рослин. Врахування вказаних факторів дасть можливість забезпечити ефективну організацію екологічно

орієнтованого виробництва лікарської рослинної сировини, що сприятиме збільшенню обсягів вирощування лікарських рослин та розширення їх видового різноманіття.

Вище вказане і обумовило вибір теми дисертаційного дослідження.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Ушкаренко В.О., Філіпова І.М., Ліханов А.Ф., Антіпов І.О. Сортоспецифічні особливості біохімічного складу плодів розторопші плямистої (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.). *Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України "Кримський агротехнологічний університет". Серія : Сільськогосподарські науки.* 2013. Вип. 154. С. 217-221.
2. Кориляк М.З. Фітотерапевтичні властивості розторопші плямистої та її використання в годівлі тварин. *Рибогосподарська наука України.* 2013. № 4. С. 97-108.
3. Симканич О.І., Сухарев С.М., Крч Х.Л. Вміст важких металів у ґрунтах та лікарській рослині *Lamium album* L. (*Lamiaceae*) на території Закарпатської області. *Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія).* 2020 № 1 (43). С. 71-76. DOI: 10.24144/2414-0260.2020.1.71-76.
4. Козьякова Н.О. Екотоксичний вплив важких металів (Cd, Pb, Cu, Zn) на систему «ґрунт-рослина» в умовах Полісся та Лісостепу України: дис.. канд. с.-г. наук: 03.00.16, УААН. К., 2002.
5. Паляничко Н.І., Ольхович С.Я., Крохтяк О.В. Сучасний стан виробництва лікарської рослинної сировини в Україні. *Збалансоване природокористування.* 2019. № 2. С. 81-87.
6. Горбань А.Т., Горлачева С.С., Кривуненко В.П. Лекарственные растения: вековой опыт изучения и возделывания. Полтава. Верстка. 2004. 230 с.
7. 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.
8. Аннамухаммедова О.О., Аннамухаммедов А.О. Лікарські рослини в таблицях та схемах: Навчальний посібник. Житомир: Вид-во ЖДУ

ім. І. Франка, 2016. 187 с.

9. Бобкова І.А., Варлахова Л.В. Фармакогнозія: підручник. К.: ВСВ «Медицина», 2018. 504 с.

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

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

12. Лікарські рослини: Енциклопедичний довідник. Відп. ред. А.М. Гродзінський. Київ. 1992. 564 с.

13. Харченко М. С., Карамішев А. М., Сила В. І., Володарський Л. Й. Лікарські рослини і їх застосування. К.: Здоров'я, 1981. 232 с.

14. Мінарченко В.М., Тимченко І.А. Атлас лікарських рослин України. Київ. 2002. 172 с.

15. Ковальов В. М., Павлій О. І., Ісаков Т. І. Фармакогнозія з основами біохімії рослин. Харків: НФаУ, МТК-книга, 2004. 704 с.

16. Brickell C. The American Horticultural Society A-Z Encyclopedia of Garden Plants. DK ADULT, 1997. 1092 p.

17. Chevallier A. Encyclopedia of Medicinal Plants (Natural Care Handbook). Dorling Kindersley Publishers Ltd, 2001.

18. Chevallier A. Encyclopedia Of Herbal Medicine. Dorling Kindersley Ltd, 2016. 336 p.

19. Bartram T. Bartram's Encyclopedia of Herbal Medicine. Little, Brown Book Group, 1998. 496 p.

20. Сіра Л.М., Ісакова Т.І. Фармацевтична енциклопедія. Лікарські рослини: веб-сайт. URL:

<https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/2079/likarski-roslini>

21. Розторопша (плоди): лікувальні властивості, дія на організм. : веб-

сайт. URL: [https://liktravy.ua › useful › roztoropshi-plody](https://liktravy.ua/useful/roztoropshi-plody) (дата звернення 15.02.2020).

22. Мінарченко В.М. Лікарські харчові рослини українських Карпат: їх використання, ресурси та збереження. Фітотерапія. 2013. № 3. С. 72-76.23.

23. Басанець О. Лікарські рослини: чи варто братися за цю нішу в Україні і чи можна заробити?: веб-сайт. URL: <https://superagronom.com/articles/668-likarski-roslini-chi-var-to-bratisya-za-tsyu-nishu-v-ukrayini-i-chi-mojna-zarobiti>

24. Лікарські рослини: від агрономії до застосування: веб-сайт. URL: <http://www.agroprofi.com.ua/statti/1883-likarski-roslyny-vid-ahronomiyi-do-zastosuvannya>

25. Мірзоєва Т.В., Гуменюк І.Л. Характеристика різних видів стратегій у контексті розвитку лікарського рослинництва в Україні. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2020. Вип. 3 (1). С. 43-47. DOI: <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2020-3-6>.

26. Вожегова Р.А., Лиховид П.В., Біляєва І.М. Сучасний стан, перспективи та напрями розвитку виробництва лікарських рослин в Україні. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2021. Вип. 118. С. 57-66. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.7>.

27. Никитюк Ю.А., Сологуб Ю.О. Концептуальні засади розвитку сучасного ринку лікарської рослинної сировини в Україні. *Економіка та держава*. 2016. № 11. С. 54-57.

28. Гарник Т. П., Андріюк Л.В., Князевич В.М. Лікарські засоби рослинного походження в клінічній практиці і народній медицині. Київ, 2017. 500 с.

29. Желага А.М., Безпала Т.М. Лікарська рослинна сировина як основа для виробництва якісних фармацевтичних препаратів. *Military and political sciences in the context of social progress/problems and ways of modern public health development. Materials digest of the XV and XVI International Scientific and Practical Conferences (Kiev, London, December 7 - December 15)*. 2011.

С. 185-187.

30. Кучмістова О.Ф., Шматенко О.П., Руденко В.В., Сирота П.С. Дослідження можливості підвищення раціональності планових заготівель лікарської рослинної сировини для забезпечення якості фітореабілітації військово-службовців. *Фітотерапія*. 2020. № 3. С. 23-32. Doi:10.33617/2522-9680-2020-3-23.

31. Мірзоєва Т.В. Особливості вітчизняного ринку лікарських рослин в умовах сьогодення. *Інноваційна економіка*. 2013. № 6. С. 209-212.

32. Мірзоєва Т.В., Гераймович В.Л. Методологічні засади розвитку лікарського рослинництва в контексті концепції сталого розвитку та регенеративного землеробства. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія : Економічні науки*. 2020. Вип. 39. С. 28-32. DOI: 10.32999/ksu2307-8030/2020-39-5.

33. Семак Б.Б. Наукові засади формування ринку рослинної технічної сировини та його окремих сегментів в Україні: монографія. Львів: Видавництво Львівської КА, 2007. 512 с.

34. Нечипоренко О.М., Мірзоєва Т.В. Об'єднання виробників як інструмент стратегічного розвитку лікарського рослинництва в Україні. *Економіка АПК*. 2020. № 10. С. 6-13. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202010006>

35. Бахмат М.І., Квашук О.В., Хоміна В.Я., Комарніцькій В.М. Лікарське рослинництво. Кам'янець-Подільський: Медобори, 2011. 249 с.

36. Куцик Т., Глущенко Л. Вивчення якості лікарської рослинної сировини щодо термінів зберігання. *Вісник аграрної науки*. 2021. №11 (824). С. 75-81. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202111-10>.

37. Фурдичко О.І., Паук М.Ф. Лікарські та медоносні рослини Галичини: монографія. Львів: Світ, 1998. 128 с.

38. Мірзоєва Т.В. Щодо питання економічної ефективності виробництва лікарських рослин і лікарської рослинної сировини. *Проблеми економіки*. 2018. № 3. С. 267-272.



39. Никитюк Ю.А. Еколого-економічні засади розвитку ринку лікарської рослинної сировини в Україні: дис. д-ра екон. наук: 08.00.06. Київ, 2017. 452 с.
40. Ліктрави : веб-сайт. URL: <https://liktravy.ua/company> (дата звернення: 05.06.2020).
41. Галичфарм: веб-сайт. URL: <https://www.arterium.ua/history/3> (дата звернення: 10.06.2020).
42. Сумифітофармація: веб-сайт. URL: <http://fitofarm.com/production-ua/> (дата звернення: 14.06.2020).
43. Фіточаї Поділля: веб-сайт. URL: <https://phytosvit.com/pro-nas/> (дата звернення: 17.06.2020).
44. Зузук Б.М. Ресурсознавство лікарських рослин. Нова книга, 2009. 144 с.
45. Смакота Я. Вирощування лікарських рослин, як бізнес. Фермерство: веб-сайт. URL: <https://agroapp.com.ua/uk/blog/viroshhuvannya-likarskix-roslin-yak-biznes/>
46. Баула О.П., Деркач Т.М. Забезпечення якості лікарських засобів рослинного походження: стан та перспективи. *Фармацевтичний часопис*. 2017. № 2. С. 79-86. DOI: 10.11603/2312-0967.2017.2.7816.
47. Як можна заробляти на бур'янах: веб-сайт. URL: <http://www.golos.com.ua/article/326475>.
48. Никитюк Ю.А. Організація екологічно орієнтованого виробництва лікарської рослинної сировини. *Збалансоване природокористування*. 2016. № 1. С. 41-46.
49. Потапенко М.А., Красюк О.П. Алгоритм вибору методу очистки радіоактивно забруднених ґрунтів для вирощування лікарських рослин. *Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій: Матеріали третьої Міжнародної науково-практичної інтернетконференції*. Полтава, 15-16 травня 2014 р. Полтава, 2014. С. 57-58.
50. Дребот О.І., Сологуб Ю.О. Інституційне забезпечення лікарського

рослинництва в Україні. *Екологічна політика та природокористування*. 2018. Випуск 1 (129). С. 116-120.

51. Шевченко Т.Л., Глущенко Л.А. Особливості використання натуралізованих лікарських рослин. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 2. С. 81-86.

52. Комар А.В., Гамаюнова В.В. Розторопша плямиста – як джерело цінних лікарських препаратів. *Актуальні проблеми землеробської галузі та шляхи їх вирішення: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 09 – 11 грудня 2020 р., м. Миколаїв*. Миколаїв: МНАУ, 2020. 116 с.

53. Qavami N., Naghdi Badi H., Labbafi MR, Mehrafarin A. A Review on Pharmacological, Cultivation and Biotechnology Aspects of Milk Thistle (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.). *Journal of Medicinal Plants*. 2013. V. 12. No. 47. P. 19-37.

54. Ковальов В.М., Павлій О.І., Ісаков Т.І. Фармакогнозія з основами біохімії рослин. Харків: Вид-во НФаУ, МТК-книга, 2004. 704 с.

55. Опис та характеристика рослини розторопша плямиста. URL: <https://agrarii-razom.com.ua/plants/roztoropsha-plyamista> (дата звернення 20.11.2020).

56. Carrier DJ, Crowe T, Sokhansanj S, Wahab J and Barl B. Milk thistle, *Silybum marianum* L. Gaertn., flower head development and associated marker compound profile. *J. Herbs Spices Med. Plants*. 2002. Vol. 10. P. 65-74.

57. Czerpak R., Obrusiewicz T. Ocena wartości ostropestu plamistego (*Silybum marianum*) jako komponentu paszowego. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. 1980. z. 225. S. 49-54.

58. Devi K.P. Milk Thistle (*Silybum marianum*). *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements*. 2019. P. 321-325.

59. Bhattacharya S. Milk Thistle Seeds in Health. *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention (Second Edition)*. 2020. P. 429-438.

60. Кориляк М.З. Фітотерапевтичні властивості розторопші плямистої

та її використання в годівлі тварин. *Рибогосподарська наука України*. 2013. № 4. С.97-108.

61. Sarwa A. Wielka encyklopedia roślin leczniczych. Występowanie, zawartość, działanie i zastosowanie 1726 roślin. Armoryka, 2013. 518 s.

62. Ravanbakhsh M., Kowalchuk G.A., Jousset A. Optimization of plant hormonal balance by microorganisms prevents plant heavy metal accumulation. *Journal of hazardous materials*. 2019. 379. UNSP 120787. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2019.120787.

63. Ліктрави: веб-сайт. URL: <https://liktravy.ua/useful/encyclopedia-of-herbs/roztoropshi-plody>

64. Курило В., Кондратюк С. Розторопша плямиста у гуманній і ветеринарній медицині. *Тваринництво України*. 2016. № 1-2. С. 38-40.

65. Лікарські рослини. Відп. ред. А.М. Гродзинський. Київ.: Голов. ред. УРЕ. 1990. 544 с

66. Климчук О.В., Поліщук І.С., Мазур В.А. Лікарські рослини. Технологія вирощування. Вінниця: ВНАУ, 2011. 188 с.

67. Носенко Ю. Розторопша плямиста – «подарунок Діви Марії». *Агробізнес сьогодні*. URL. <http://agro-business.com.ua/agro/ekspertna-dumka/item/8201-roztoropsha-pliamysta-podarunok-divy-marii.html>

68. Розторопша (плоди): лікувальні властивості, дія на організм: веб-сайт. URL: <https://liktravy.ua/useful/roztoropshi-plody> (дата звернення 15.09.2020).

69. Ушкаренко В.О., Філіпова І.М. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність розторопші на зрошуваних землях Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2013. Вип. 83. С. 110-115.

70. Eden V. Milk Thistle : Silybum Benefits For The Liver, 2019. 66 p.

71. Polettini B., Mancini P. Zioła Nowa encyklopedia. Wydawnictwo Jedność. 2019. 384 s.

72. Устименко О.В., Глущенко Л.А., Куценко Н.І., Колосович М.П. Агроекологічні дослідження у розвитку лікарського рослинництва.

*Агроекологічний журнал*. 2017. № 3. С. 18-26.

73. Кисличенко В.С. Фармацевтична енциклопедія. Розторопша плямиста: веб-сайт. URL: [https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1140/roztoropsha\\_plyamista](https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1140/roztoropsha_plyamista) (дата звернення 16.09.2020).

74. Холод С.М. Особливості росту і розвитку інтродукованих форм розторопші плямистої (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.) в Лісостепу України. *Матеріали третьої Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції "Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій"*. Полтава, 15-16 травня 2014 р. С. 93-95.

75. Ткачова Є. Порятунки від раку і гепатиту: Південь України може забезпечити країну диво-рослиною, що не потребує прополки та поливу. *Агроюг*: веб-сайт. URL: <http://agro-yug.com.ua/archives/19507> (дата звернення 16.09.2020).

76. Zheng H., Wang M., Chen S., Li S., Lei X.Q. Sulfur application modifies cadmium availability and transfer in the soil-rice system under unstable pH conditions. *Ecotoxicology and environmental safety*. 2019. 184. UNSP 109641. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2019.109641.

77. Розторопша – лікарська рослина, що стає усе більш популярною в Україні: веб-сайт. URL: <https://agronomy.com.ua/statti/nishevi-kultury/1585-roztoropsha-likarska-roslyna-shcho-staie-use-bilsh-populiarnoiu-v-ukraini.html> (дата звернення 19.04.2023).

78. Дерев'янка М. Нішеві культури. *Агрономія сьогодні*: веб-сайт. URL: <https://agronomy.com.ua/statti/nishevi-kultury/1585-roztoropsha-likarska-roslyna-shcho-staie-use-bilsh-populiarnoiu-v-ukraini.html> (дата звернення 25.04.2023).

79. Секрети вирощування розторопші та особливості догляду за рослиною: веб-сайт. URL: <https://publish.com.ua/domivka/sekrety-viroshchuvannya-roztoropshi-ta-osoblivosti-doglyadu-za-roslinyuu.html#ahrotekhnika-roztoropshi> (дата звернення 27.04.2023).

80. Розторопша плямиста: застосування та технологія вирощування:

веб-сайт. URL: <http://zelena.org.ua/news/roztoropsha-plyamysta-zastosuvannya-ta-tehno-logiya-vyroshchuvannya> (дата звернення 16.09.2020).

81. Гамаюнова В.В., Дьомін О.В. Удосконалення окремих агротехнічних прийомів вирощування розторопші плямистої в умовах Півдня України. *Вісник ЖНАЕУ*. 2015. № 1 (47), т. 1. С. 139-144.

82. Paradimou S.G., Barbayiannis N., Golia, E. Cultivation of milk thistle in Pb-contaminated urban soils. *Global NEST International Conference on Environmental Science & Technology*. 2023. DOI:10.30955/gnc2023.00392.

83. Вишнівський П.С., Журавель С.В. Вирощування розторопші плямистої (*Silybum marianum*) за умов органічної технології в умовах Житомирського Полісся. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 128. С. 47-52. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.128.6>.

85. Гербіцид Трефлан 480 (Syngenta). *Суперагроном*: веб-сайт. URL: <https://superagronom.com/pesticidi-gerbicidi/treflan-480-syngenta-id5640> (дата звернення 19.09.2021).

86. Гербіцид Трефлан 480. *Аграрії разом*: веб-сайт. URL: <https://agrarii-razom.com.ua/preparations/treflan-480> (дата звернення 20.09.2021).

87. Karkanis A., Dimitrios J B, Aspasia E. Cultivation of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.), a medicinal weed. *Industrial Crops and Products*. 2011. 34. P. 825-830.

88. Habán M., Otepka P., Kobida Lu., Habánová M. Production and quality of milk thistle (*Silybum marianum* [L.] Gaertn.) cultivated in cultural conditions of warm agri-climatic macroregion. *Horticultural Science*. 2018.36. P. 69-74.

89. 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.

90. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік. К., 2021. 523 с.

92. Охорона прав на сорти рослин: Бюлетень. Вінниця: ФОП Корзун Д.Ю., 2017. Вип.4. 241 с.

93. Охорона прав на сорти рослин: Бюлетень. Вінниця: ФОП Корзун Д.Ю., 2018. Вип.3. 306 с.
94. Розторопша є перспективною до вирощування в Україні лікарською рослиною. *Суперагроном*: веб-сайт. URL: <https://superagronom.com/news/5963-roztoropsha-ye-perspektivnoyu-do-viroschuvannya-v-ukrayini-likarskoju-rosli-noyu> (дата звернення 15.09.2020).
95. Розторопша плямиста. *Пропозиція*. 2008: веб-сайт. URL: <https://propozitsiya.com/ua/roztoropsha-plyamista> (дата звернення 16.09.2020).
96. Розторопша плямиста. *Сильна пасіка*: веб-сайт. URL: <https://pasika.pp.ua/about-ariary/honey-plant/item/1041-silybum-marianum.html>. (дата звернення 21.09.2020).
97. Ковальов В.М., Павлій О.І., Ісакова Т.І. Фармакогнозія з основами біохімії рослин. Харків: Вид-во НФаУ, МТК-книга, 2004. 704 с.
98. Bielecka A., Krolak E. Selected Features of Canadian Goldenrod That Predispose the Plant to Phytoremediation. *Journal of ecological engineering*. 2019. Vol. 20 (10). P. 88-93. DOI: 10.12911/22998993/112906/. (дата звернення 16.09.2020).
99. Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. Гранично допустимі концентрації хімічних речовин у навколишньому середовищі. Львів: Хімія, 1985. 167 с.
100. Господаренко Г.М. Агрохімія. Київ: Сік груп Україна, 2018. 560 с.
101. Василенко М.Г., Стадник А.П., Душко П.М., Дем'янюк О.С. Стан сірого лісового ґрунту за впливу органо-мінеральних добрив і регуляторів росту рослин. *Агроекологічний журнал*. 2016. № 4. С. 100-105.
102. Мікроелементи, їх роль для рослин: веб-сайт. URL: <http://artahg.com.ua/statti/mikroelementy-yikh-rol-dlya-roslyn.html> (дата звернення 16.09.2020).
103. Перепелиця О.П. Екохімія та ендоекологія елементів: Довід. з екол. Захисту. К.: Екохім, 2004. 735 с.
104. Кондратюк С.Є. Метали і людський організм. *Металознавство та обробка металів*. 2011. № 3. С. 57-64.

105. Самохвалова В.С. Макроелементи рослин за впливу надлишку важких металів у системі ґрунт – рослина. *Вісник Львів. ун-ту. Серія біологічна*. 2009. Вип. 50. С. 164-176.

106. Важкі метали – найбільш небезпечні елементи. URL: <http://moyaosvita.com.ua/ekologiya/vazhki-metali-najbilsh-nebezpechni-elementi/> (дата звернення 16.09.2020).

107. Dursun S., Symochko L., Mankolli H. Bioremediation of heavy metals from soil: an overview of principles and criteria of using. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 3. С. 6-12. doi: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2020.211521>.

108. Fortoul T.I. et all. Metal mixture inhalation (Cd-Pb) and its effects on the bronchiolar epithelium. An ultrastructural approach. *Toxicol Ind Health*. 2004. Vol. 20 (1-5). P. 69-75.

109. Ковальова С. П., Можарівська І. А. Концентрація важких металів у ґрунті при вирощуванні енергетичних культур на території радіоактивного забруднення. *Наукові горизонти*. 2020. Вип. 3 (88). С. 121-126.

110. Довгопола К.А., Гаркава К.Г. Вплив важких металів на імунотропні властивості *hypericum perforatum L.*, *taraxacum officinale W.*, *sichorium intybus L.* *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П.Драгоманова. Серія № 20. Біологія: Зб. наукових праць*. К.: НПУ імені М.П.Драгоманова. 2012. № 4. С. 165-171.

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

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

113. Грабовський О.В., Рошко В.Г., Ніколайчук О.І. Акумуляція важких металів ґрунтом та рослинними об'єктами в умовах антропогенного навантаження. *Наук. вісник УжДУ. Серія Біологія*. Ужгород. 2000. № 8.

С. 158-160.

114. Смирнова С.М. Природно-техногенні чинники формування поля забруднення урболандшафтів Миколаївської міської агломерації важкими металами. *Автореф. дис. канд. геол. наук: спец. 21.06.01 "Екологічна безпека"*; Інститут геохім. навкол. середовища. Київ. 2012. 19 с.

115. Вдовенко С.А., Гетман Н.Я., Дідур І.М. Інтенсивність накопичення розторопшею плямистою свинцю та кадмію на різних ґрунтах. *Агробіологія*. 2021. № 2. С. 15-21. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2021-167-2-15-21>.

116. Гуцол Г.В. Моніторинг забруднення важкими металами ґрунтів сільськогосподарського призначення Лісостепу Правобережного. *Slovak international scientific journal*. 2020. № 40. С. 12-17.

117. 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.

118. 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.

119. Мислива Т.М., Трембіцький В.А. Важкі метали у ґрунтах агроландшафтів Житомирського Полісся. *Агроекол. журн.* 2009. № 4. С. 30-35.

120. Чмиленко Ф.О., Деркач Т.М. Методи атомної спектроскопії: атомно-абсорбційний спектральний аналіз. 2002.

121. Сметанюк О.І., Черновська Н.В. Просторово-часова мінливість вмісту свинцю в лікарських рослинах. *Клінічна та експериментальна патологія*. 2009. Вип. 8. № 3. С. 101–102.

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

123. Самчук А.І., Кураєва І.В., Єгоров О.С. Важкі метали у ґрунтах Українського Полісся та Київського мегаполісу. К.: Наук. Думка, 2006. 108 с.

124. Бойченко О.В., Лановенко О.Г. Екологічна оцінка забруднення



м. Миколаєва промисловими викидами та його вплив на стан екосистем. URL: <http://zavantag.com/docs/2405/index-8072-11.html>. (дата звернення 16.09.2020).

125. Мислива Т.М. Важкі метали в рослинності Українського Полісся. *Таврійський наук. вісн.* 2010. Вип. 70. С. 224-233.

126. Білявський Ю. А. Вміст свинцю та кадмію в лікарських рослинах Житомирського Полісся. *Вісник ЖНАЕУ.* 2012. № 2, т. 1. С. 44-55.

127. 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.

128. Romero-Estevez D., Yanez-Jacome G.S., Simbana-Farinango K., Navarrete H. Content and the relationship between cadmium, nickel, and lead concentrations in Ecuadorian cocoa beans from nine provinces. *Food control.* 2019. 106. UNSP 106750. DOI: 10.1016/j.foodcont.2019.106750.

129. Мислива Т.М., Надточій П.П., Герасимчук Л.О. Ведення сільськогосподарського виробництва у приватному секторі в умовах посиленого антропогенного впливу на навколишнє середовище. Житомир. 2011. 50 с.

130. Malinowska E., Jankowski K. 2017. Copper and zinc concentrations of medicinal herbs and soil surrounding ponds on agricultural land. *Land scape Ecol Eng.* Vol. 13. P. 183-188.

131. Рубежняк І.Г. Порівняльна оцінка нормативів забруднення ґрунтів важкими металами в Україні та країнах ЄС. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Біологія, біотехнологія, екологія.* 2016. Вип. 234. С. 228-238.

132. Bondar V., Makarenko N., Symochko L. Lead mobility in the soil of different agroecosystems. *International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences.* 2019. 9 (4). P. 709-716. doi: <https://doi.org/10.31407/ijees9416>.

133. Bopp L., Ehrlich H. Enzymatic reduction of  $\text{Cr}_6^+$  by a strain of *Pseudomonas fluorescens*. *Abstr. annu. meet. amer. soc. microbial.* Washing-ton,

D.C. 2000. P. 212-216.

134. 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.

135. Шерстобоева О.В., Дем'янюк О.С., Чабанюк Я.В. Біодіагностика і біобезпека ґрунтів агроecosистем. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 142-148.

136. 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.

137. Дмитрук Ю.М. Еколого-геохімічний аналіз ґрунтового покриву агроecosистем. Чернівці: Рута, 2006. 328 с.

138. 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.

139. Бреславець А.І. Техногенно забруднені ґрунти та шляхи їх поліпшення. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: зб. наук. пр. за ред. Г.Д. Коваленка*. Х.: Райдер. 2009. Вип. 31. С. 189 – 202.

140. Kiran B.R., Prasad M.N. Biochar and rice husk ash assisted phytoremediation potentials of *Ricinus communis* L. for lead-spiked soils. *Ecotoxicology and environmental safety*. 2019. 183. UNSP 10957. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2019.109574.

141. Velma V., Tchoun wou P.B. Hexavalent chromium-induced multiple biomarker responses in liver and kidney of goldfish, *Carassius auratus*. *Environ. Toxicol.* 2011. № 6. V. 26. P. 649 – 656.

142. Kong Z.Y., Wu Z.J., Glick B.R., He S.Y., Huang C., Wu L. Co-occurrence patterns of microbial communities affected by inoculants of plant growth-promoting bacteria during phytoremediation of heavy metal contaminated

soils. *Ecotoxicology and environmental safety*. 2019. 183. UNSP 109504. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2019.109504.

143. Параняк Р.П., Васильцева Л.П., Макух Х.І. Шляхи надходження важких металів в довкілля та їх вплив на живі організми. *Біологія тварин*. 2007. Вип. 9(1-2). С. 83-89.

144. Zhou W., Zhang J., Zou M., Liu X., Di X., Wang Q., Liu Y., Liu Y., Li J. Feasibility of Using Rice Leaves Hyperspectral Data to Estimate CaCl<sub>2</sub>-extractable Concentrations of Heavy Metals in Agricultural Soil. *Scientific reports*. 2019. 9. 16084. DOI: 10.1038/s41598-019-52503-z.

145. Tokunaga T.K., Wan J., Hazen T.C. et al. Distribution of Chromium Contamination and microbial activity in soil aggregates. *J. Environ. Qual.* 2003. V. 32. P. 541-549.

146. Massadeh A.M., Massadeh S.A. Removal of Cu and Zn from Aqueous Solutions by Selected Tree Leaves with Phytoremediation Potential. *Water air and soil pollution*. 2019. 230. 11. 264. DOI: 10.1007/s11270-019-4323-6.

147. Prasad M.N.V., Freitas H.M.O. Metal hyperaccumulation in plants – Biodiversity prospecting for phyto re-mediation technology. *Electronic J. of Biotechnology*. 2013. V.6. № 3. P. 285-321.

148. Baghaie A.H., Fereydoni M. The potential risk of heavy metals on human health due to the daily consumption of vegetables. *Environmental health engineering and management journal*. 2019. V. 6(1). P. 11-16. DOI: 10.15171/EHEM.2019.02.

149. Пінчук В.О., Дем'янюк О.С. Екологічні пріоритети у виробництві продукції тваринництва України для реалізації політики «European Green Deal». *Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 7-8 липня 2021 р.)*. Київ, 2021. С. 165-170.

150. Kour R., Jain D., Bhojiya A.A., Sukhwai A., Sanadhya S., Saheewala H., Jat G., Singh A., Mohanty S.R. Zinc biosorption, biochemical and molecular characterization of plant growth-promoting zinc-tolerant bacteria. *Biotech*. 2019. 9.

11. 421. DOI: 10.1007/s13205-019-1959-2.

151. Симочко Л.Ю., Єнінгі Р.І. Вплив важких металів на біологічну активність ґрунту придорожних урболандшафтів. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*. 2007. № 20. С. 60-63.

152. Ivanova L.P., Detcheva A.K., Vassileva P.S. Characterization of Two Bulgarian Herbs for Use as Biosorbents for Copper (II). *Analytical letters*. 2019. 52. 17. P. 2650-2662. DOI: 10.1080/00032719.2019.1587447.

153. Thurman D.A. Mechanism of metal tolerance in higher plants. Effect of heavy metal pollutions on plants: in 2 vol.: *Applied Science Publ*. 1981. V. 2. P. 239-249.

154. Grigalaviciene I., Rutkoviene V., Marozas V. The accumulation of heavy metals Pb, Cu and Cd at roadside forest soil. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2005. Vol. 14. № 1 P. 109-115.

155. Morais S., Costa F.G., Pereira M.L. Heavy Metals and Human Health. *Environmental Health – Emerging Issues and Practice*. Ed. by J. Oosthuizen. *InTech*. 2012. P. 227-246.

156. Begum A., Ramaiah M., Irfanulla Khan and others. Analysis of heavy metals concentration in soil and lichens from various localities of Hosur road, Bangalore, India. *E-Journal of Chemistry*. 2009. № 6 (1). P. 13-22.

157. Andrusyshyna I.M., Holub I.O., Demchenko V.F., Lampeka O.G. Comparative assessment of heavy metal content in soils of different urban agglomerations: methodological approaches to environmental monitoring. *Environmental Health*. 2020. № 4. P. 71-79.

158. Гупал В.В., Чорнявська І.Р. Вміст важких металів у ґрунтах захисних лісових насаджень призалізничних територій. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 4. С. 123-130. DOI 10.31210/visnyk2018.04.18.

159. Лікарські засоби. Належна практика культивування та збирання вихідної сировини рослинного походження, СТ-Н МОЗУ 42-4.5:2012. Вид. офіц. К.: МОЗ України. 2012. 13 с.

160. Ahmad Munib, Chand Naila, Khan Rifat Ullah Dietary supplementation of milk thistle (*Silybum marianum*): growth performance, oxidative stress, and immune response in natural summer stressed broilers. *Tropical animal health and production*. 2020. Vol. 52 (2). P. 711-715.
161. Bondar V., Makarenko N., Makarenko V., Symochko L. Nanoagrochemicals: ecotoxicological risk assessment. *International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences*. 2020. Vol. 10 (1). P. 87-98.
162. Разанов С.Ф., Ткачук О.П. Підвищення екологічної безпеки ґрунтів та продукції рослинництва в зоні інтенсивного землеробства. *Методичні рекомендації*. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2017. 40 с.
163. Самчук А.І., Кураєва І.В. Важкі метали у ґрунтах Українського Полісся та Київського мегаполісу. К.: Наук. Думка. 2006. 120 с.
164. Fortoul T.I. et all. Metal mixture inhalation (Cd-Pb) and its effects on the bronchiolar epithelium. An ultrastructural approach. *Toxicol Ind Health*. 2004. № 20 (1-5). P. 69-75.
165. Jayamma N., Pandurangaiah M., Siva Kumar M., Kumar N., Venkatesh B., Sudhakarch. Phytoremediation: plants in environmental pollution monitoring: A review. *JETIR*. 2021. Vol. 8. Issue 5. P. 989-1010.
166. 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.
167. Razanov S., Kutsenko M., Klymenko M., Bakhmat M., Klymenko O., Bakhmat O., Holubieva T., Kovalchuk N., Mazurak O. Assessment of Phytoremediation of <sup>137</sup>Cs Contaminated Soils During the Cultivation of Nectar-Pollinating Plants. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. 24(5). 316-321. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/161767>
168. Важкі метали – найбільш небезпечні елементи: веб-сайт. URL: <http://moyaosvita.com.ua/ekologiya/vazhki-metali-najbilsh-nebezpechni-elementi/> (дата звернення 20.04.2019).

169. Carrion C.S., Mendoza W.J. Potential Phytoremediator of Native Species in Soils Contaminated by Heavy Metals in the Garbage Dump Quitasol-Imponeda Abancay. *Journal of sustainable development of energy water and environment systems-jsdewes*. 2019. Vol. 7 (4). P. 584-600. DOI: 10.13044/j.sdewes.d7.0261.

170. Razanov S.F., Tkachuk O.P., Mazur V.A., Didur I.N. Effect of bean perennial plants growing on soil heavy metal concentrations. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. 8(2). P. 294-300.

171. Шевчук В.Д., Мудрак Г.В., Франчук М.О. Екологічна оцінка інтенсивності забруднення ґрунтів важкими металами. *Colloquium-journal*. 2021. № 10 (97). P. 40-46. DOI: 10.24412/2520-6990-2021-1097-40-46.

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Природно-кліматичні умови вирощування лікарських рослин в Лісостепу Правобережному

Формування високоякісної лікарської сировини, зокрема, розторопші плямистої залежить, окрім технології вирощування, від ґрунтово-кліматичних умов.

У межах України ґрунтово-кліматична Лісостепова зона простягається суцільною смугою від передгір'я Карпат на заході до кордонів з Росією на 500 км і є перехідною від лісо-лучної до чорноземно-степової з шириною зони з півночі на південь, що коливається в межах 150-330 км.

Лісостеп витягнутий з північного сходу на південний захід країни поступово розширюється в цьому напрямку у зв'язку зі зволоженням клімату. Лісостепова ґрунтово-кліматична зона виразно поділяється на три природні фізико-географічні провінції: Прикарпатську, Правобережно-Дніпровську (Правобережний Лісостеп) і Лівобережно-Дніпровську [1].

Загальна площа Лісостепу України складає 20699,3 тис.га, або 34,4% території країни. Лісостеп займає третину України і має значний відсоток орної землі, на якій вирощується широкий діапазон сільськогосподарських, у тому числі й лікарських культур.

У складі земельного фонду Лісостепу 80% становлять сільськогосподарські угіддя, в тому числі 66% – рілля. Ґрунтовий покрив Лісостепу складний, місцями дуже строкатий. Представлений понад 160 ґрунтовими відмінами дуже широкого генетичного і агрономічного діапазонів, які зустрічаються в різноманітних комплексах [1].

У розрізі областей України зазначимо, що вся Вінницька область, південна частина Житомирської та Київської областей, більша частина Хмельницької, Черкаської, північні райони Одеської та Кіровоградської

областей належать до Правобережного Лісостепу.

Лісостепу України притаманний різноманітний рельєф, який представлений підвищеною рівниною з розвиненим водноерозійним рельєфом. Балки загалом глибокі та широкі, з великою протяжністю, але порівняно мало розгалужені. Балочна мережа має значну густоту. Міжбалочні вододіли широкі та високі, з добре вираженим плато, площа яких дорівнює приблизно площі схилів. Схили є рівними, переважно пологими. На вододільних плато розвинений мікрорельєф у формі улоговин і западин. В правобережному Лісостепу зустрічаються малопродуктивні яружно-балочні землі, які найбільш поширені в Правобережно-Придніпровському регіоні, розміщеному вздовж правого берега р. Дніпро від м. Києва до м. Дніпра. Сформувались вони під впливом глибокого (100-160 м) місцевого базису ерозії. При цьому горизонтальне розчленування становить 1,3-1,5 км/км<sup>2</sup>, а в районі Канева сягає 4,2 км/км<sup>2</sup>. Загальна еродованість території регіону становить 34,9%. Рілля еродована на 31,4%, а природні кормові угіддя – на 65,4% [1].

У зоні Лісостепу переважаючими ґрунотворними породами є леси і лесовидні суглинки, головною особливістю яких є карбонатність та сприятливі фізичні і фізико-хімічні властивості, що загалом визначають агрономічно цінні властивості ґрунтів даної зони.

Ступінь родючості ґрунту в значній мірі залежить від механічного складу [2]. Зональними ґрунтами зони Лісостепу є сірі лісові ґрунти та чорноземи типові, опідзолені, вилуговані, реградовані. По долинах річок поширені лучні і лучно-болотні ґрунти, зустрічаються болотні [1]. Переважають на даній території суглинкові ґрунти, зокрема, на півночі – легко- і середньо-, а на півдні – важкосуглинкові. Ґрунтовий покрив є порівняно однорідним.

Сірі опідзолені ґрунти є малородючими. Вміст гумусу в них невисокий (2,0-2,5%), зосереджений переважно в гумусово-елювіальному горизонті, тому запаси його невисокі (150-200 т/га). Реакція ґрунтового розчину кисла



(рН<sub>сол</sub> 4,5-5,5), гідролітична кислотність висока (2,5-4,0 мг-екв./100 г ґрунту), ступінь насиченості основами становить 70-80%. Сума обмінних основ складає 12-14 мг-екв./100 г ґрунту [3].

Сірі лісові ґрунти у зв'язку з низьким вмістом гумусу бідні на загальний азот, тому запаси його в цих ґрунтах незначні та в гумусованій товщі не перевищують 4-5 т/га. Через високу кислотність та малосприятливий водно-повітряний режим, сірі лісові ґрунти мають низьку нітрифікаційну здатність і слабо забезпечені мінеральними формами азоту. Тому сільськогосподарські культури зазнають дефіциту азоту і добре реагують на внесення азотних добрив [4].

У сірих лісових ґрунтах валовий вміст фосфору також є невеликим, який залежить від механічного складу і не перевищує 0,10-0,13%. З глибиною вміст його різко падає до 0,02-0,03% в ілювіальних горизонтах і ґрунтотвірній породі. Це підтвержує біологічне походження основних запасів і достатню рухомість фосфатів сірих лісових ґрунтів, тому вони потребують фосфорних добрив, як і азотних [3].

Значно краще сірі лісові ґрунти забезпечені калієм, валовий вміст якого залежить від механічного складу. За вмістом рухомих фосфатів і обмінного калію ясно-сірі і сірі лісові ґрунти є середньозабезпеченими. Рослини на цих ґрунтах позитивно реагують як на фосфорні, так і калійні добрива [1, 5-7].

Несприятливі фізичні властивості, що притаманні ясно-сірим лісовим ґрунтам є причиною їх низької водопроникності. Після механічного обробітку ясно-сірих і сірих лісових ґрунтів, орний шар швидко ущільнюється, структура розпилюється, вміст водотривких агрегатів зменшується. В сухому стані на даних ґрунтах утворюється ґрунтова кірка, а в зволоженому – ґрунт запливає. Тому фактичні запаси продуктивної вологи є значно меншими [1, 8].

У сірих лісових ґрунтах переважає періодично промивний тип водного режиму. Весняні опади зволожують верхній 50 см шар ґрунту. Глибоке продування відбувається навесні під час сніготанення. Глибина

промочування залежить від товщини снігового покриву та поверхневого стоку талих вод. Враховуючи, що сірі лісові ґрунти приурочені переважно до районів з пересіченим рельєфом, витрати вологи можуть становити 20-30%. Інтенсивний вологооборот охоплює товщу ґрунту до 1-1,5 м. За таких умов важливого значення набувають літні опади, які зволожують головним чином орний шар. В Лісостеповій зоні літні дощі часто мають зливовий характер і тому значна кількість вологи особливо на схилових землях втрачається. Відтак, на сірих лісових ґрунтах не завжди і не скрізь створюється сприятливий водний режим. Тому ріст і розвиток рослин значною мірою залежить від кількості опадів, частоти та інтенсивності дощів [1].

Чорноземи порівняно з сірими опідзоленими ґрунтами даної території є високородючими. Вміст гумусу в них становить 3-6%, реакція ґрунтового розчину є нейтральною та близькою до нейтральної, гідролітична кислотність низька (1-3 мг-екв./100 г ґрунту), ступінь насичення основами висока. Чорноземи мають вищий, ніж в сірих опідзолених ґрунтах вміст легкогідролізованого азоту, рухомого фосфору та обмінного калію. Воднофізичні властивості більш сприятливі, тому забезпечують достатню водопроникливість і вологоємкість [7, 8].

Клімат Лісостепу є помірно-континентальним, теплим; літо – тривале й тепле, зима – коротка й помірно-холодна. Для зони Лісостепу притаманне достатнє зволоження на заході, нестійке – на сході, періодично промивний водний режим.

За умовами зволоження Лісостеп Правобережний ділиться на три підзони: достатнього, нестійкого та недостатнього зволоження. Зокрема, північно-західна частина відноситься до підзони із достатнім рівнем зволоження (річна кількість опадів – понад 600 мм; водний режим ґрунту – сприятливий); центральна частина належить до нестійкого зволоження (річна кількість опадів до 600 мм); південна частина відноситься до недостатнього (річна кількість опадів до 400 мм). На території Правобережного Лісостепу часто спостерігаються бездощові періоди [9].

У цілому помірно-теплий і достатньо вологий клімат Правобережного Лісостепу є сприятливим для вирощування багатьох сільськогосподарських культур, зокрема, розторопші плямистої.

## 2.2. Умови проведення досліджень

Польові дослідження проводили впродовж 2017–2020 рр. в умовах дослідних ділянок Вінницького національного аграрного університету та фермерського господарства «Зоря Василівки» (Тиврівська селищна територіальна громада, с. Василівка). Лабораторні дослідження проводили у Житомирській філії ДУ «Держґрунтохорона».

Фермерське господарство «Зоря Василівки», де проводилися польові дослідження, знаходиться в центральній частині Вінницької області [10].

У землекористуванні господарства знаходиться 753 га землі. Основна діяльність – ведення рослинництва (рис.2.1). Спеціалізацією ФГ «Зоря Василівки» є вирощування пшениці (озимі та ярі сорти), ріпаку, сої, кукурудзи, соняшнику, ячменю, гороху та ін. [11].

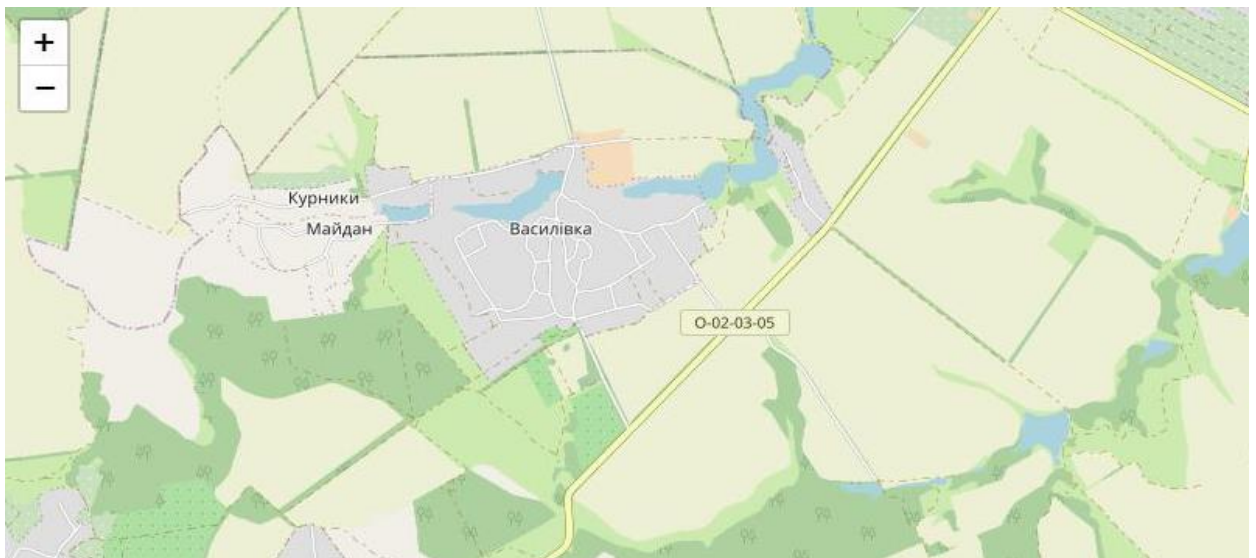


Рисунок 2.1. – Мапа розташування ФГ «Зоря Василівки» [11].

Більшу частину у структурі землекористування господарства становлять орні землі (рис.2.2).

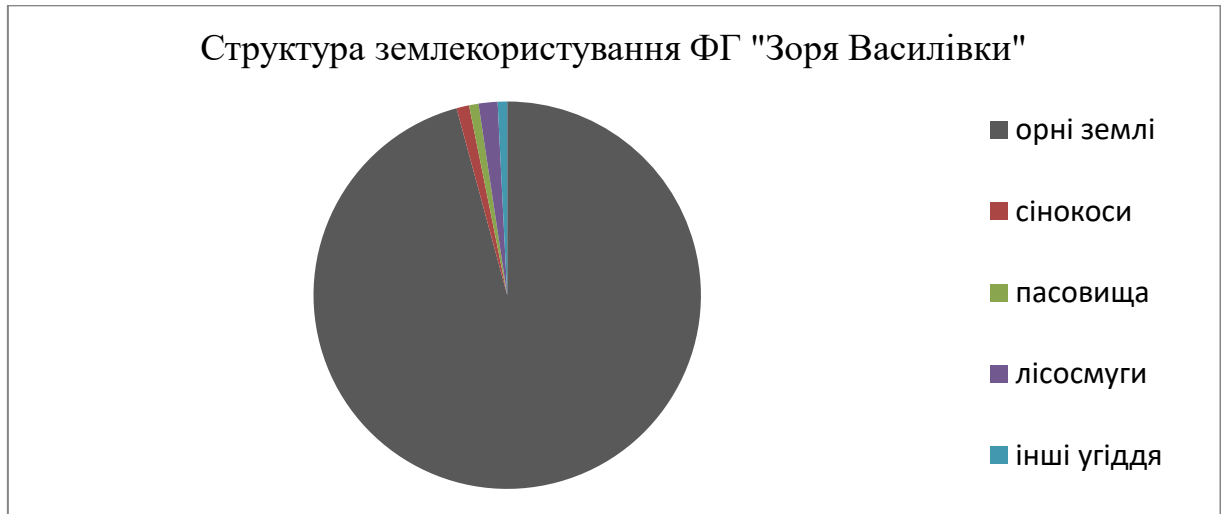


Рисунок 2.2. – Структура землекористування господарства [11].

У складі ґрунтово-ресурсного потенціалу фермерського господарства знаходяться переважно сірі лісові опідзолені ґрунти. Ґрунтові води на території господарства придатні для господарсько-питного водопостачання, зокрема, зрошування, тощо [12].

За агрокліматичним районуванням територія дослідного господарства віднесена до першого, помірно теплого вологого району [13, 14].

За період досліджень 2017-2020 рр. було проведено спостереження та аналіз погодних умов, що склалися під час вегетаційного періоду розторопші плямистої (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Погодні умови в роки проведення досліджень [15].

Показники	Багаторічний показник	Роки досліджень			
		2017	2018	2019	2020
Середньорічна температура, °С	7,0	9,1	8,8	9,0	10,1
Середня температура впродовж вегетаційного періоду(квітень-серпень), °С	12,4	16,7	21,8	20,9	20,4
Сума опадів за рік, мм	634	503	577	564	551
Сума опадів за вегетаційний період (квітень-серпень), мм	451	175	281	316	293

Так, за отриманими кліматичними даними (Дод. Д ) зазначимо, що у 2017 році середньорічна температура становила 9,1 °С, що було на 2,1°С вище норми (7,0°С); сума опадів за рік склала 503 мм, що відповідає 79% багаторічної норми (634 мм); ГТК становив 0,86 (несприятливі умови вегетації) [16]. Спостереження за температурою для визначення оптимальних строків посіву розторопші плямистої та її розвитку 2017 р. показало, що найнижчою температурою повітря її вегетаційного періоду характеризувалася друга декада квітня – мінус 2,3°С (за середнього показника плюс 6,6°С). Тому було визначено проводити майбутній посів розторопші плямистої у II-III декаді квітня (за умови середньодобової температури 10°С, яка є оптимальною для її посіву). Найвища температура повітря протягом вегетаційного періоду – плюс 34,2°С була зафіксована у першій декаді серпня (за середнього показника – 23,8°С) (рис. 2.3). Впродовж вегетаційного періоду (квітень-серпень) 2017 року середня температура повітря склала 16,7°С.

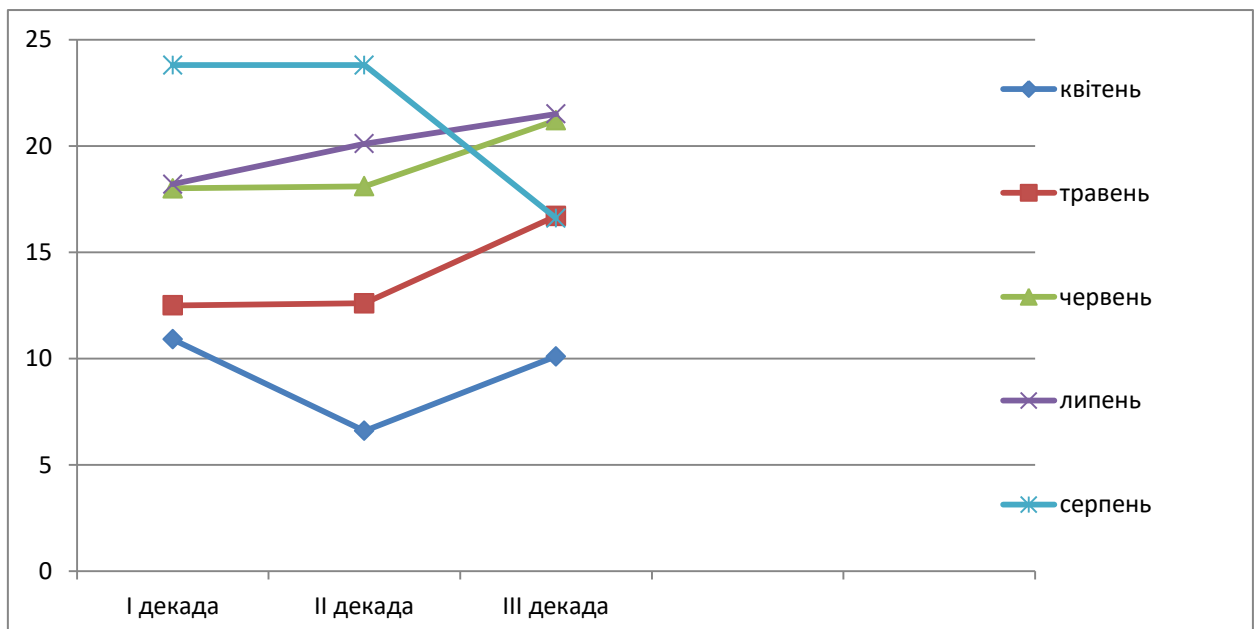


Рисунок 2.3. – Температурні показники вегетаційного періоду (2017 р.), °С

Зауважимо, що протягом весняного періоду спостерігався незначний дефіцит опадів – 43 мм при нормі 59 мм. Кількість опадів протягом

вегетаційного періоду 2017 року становила 175 мм. Аналізуючи погодні умови 2017 року необхідно відмітити присутні аномалії у розподілі температури повітря та опадів [16].

Характеризуючи погодні умови 2018 року зазначимо, що за статистичними даними, середньорічна температура склала  $8,8^{\circ}\text{C}$ , що на  $1,8^{\circ}\text{C}$  було вище норми ( $7,0^{\circ}\text{C}$ ); сума опадів за рік склала 577 мм (90% багаторічної норми – 634 мм). Протягом всього весняного періоду спостерігалось швидке підвищення температури із частими їх коливаннями [17].

Найнижча температура повітря протягом вегетаційного періоду розторопші плямистої була зафіксована у першій декаді квітня – мінус  $0,6^{\circ}\text{C}$  за середнього показника даного періоду  $10,3^{\circ}\text{C}$ , тому посів розторопші плямистої для проведення досліджень ми розпочали у другій декаді цього місяця.

Найвищу температуру повітря – плюс  $30,8^{\circ}\text{C}$  було зафіксовано у третій декаді серпня за середнього показника даного періоду –  $19,8^{\circ}\text{C}$ , що сприяло скорішому дозріванню насіння розторопші плямистої (рис. 2.4). Загалом, середня температура повітря впродовж вегетаційного періоду розторопші плямистої з квітня по серпень 2018 року склала  $18,2^{\circ}\text{C}$ .

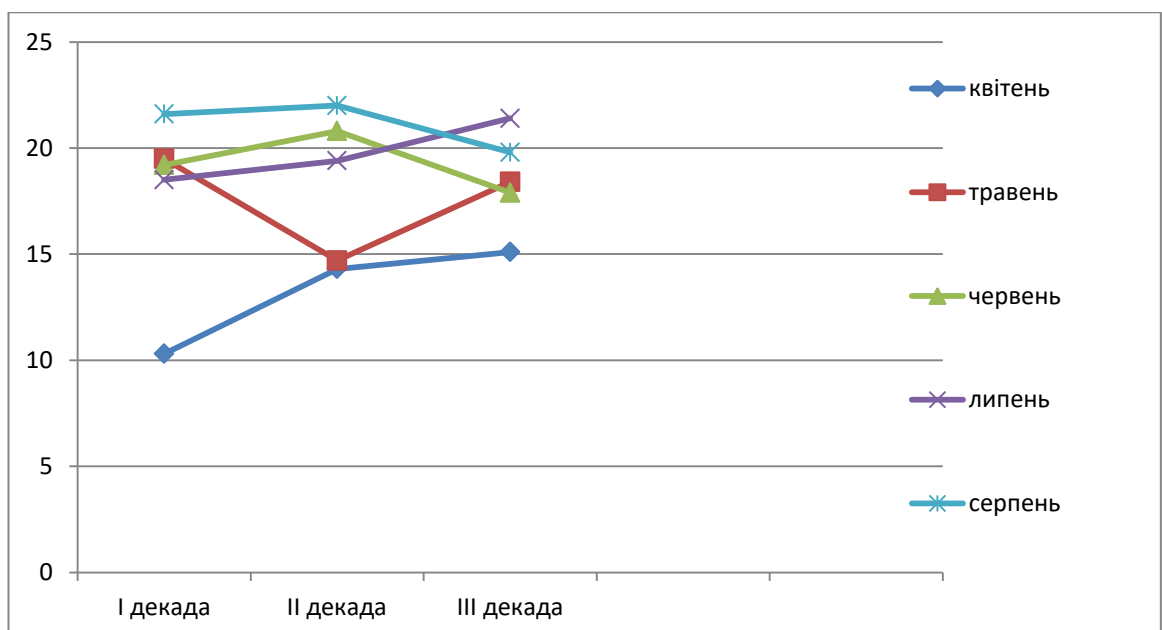


Рисунок 2.4 – Температурні показники вегетаційного періоду (2018 р.),  $^{\circ}\text{C}$

Щодо забезпечення вологою розторопші плямистої було відмічено, що за весняний період в середньому випало 85 мм (нижче середньої багаторічної норми на 31 мм). Загалом 2018 рік був теплим, за літні місяці випало 253 мм опадів, найбільша кількість – у червні-липні, що було вище норми. За вегетаційний період (квітень-серпень) сума опадів становила 281 мм [17].

Висока температура повітря при низькій кількості опадів у серпні 2018 року вплинула на пришвидшення дозрівання насіння розторопші плямистої та збір врожаю.

Аналіз погодних умов, які склалися протягом 2019 р. показав, що середня річна температура повітря була вищою на 2,7°C за багаторічний показник (7,0 °C) [15]. У першій декаді квітня розпочалась календарна весна 2019 року, а стійкий перехід середньодобової температури через 10°C відбувся в кінці квітня (рис. 2.5).

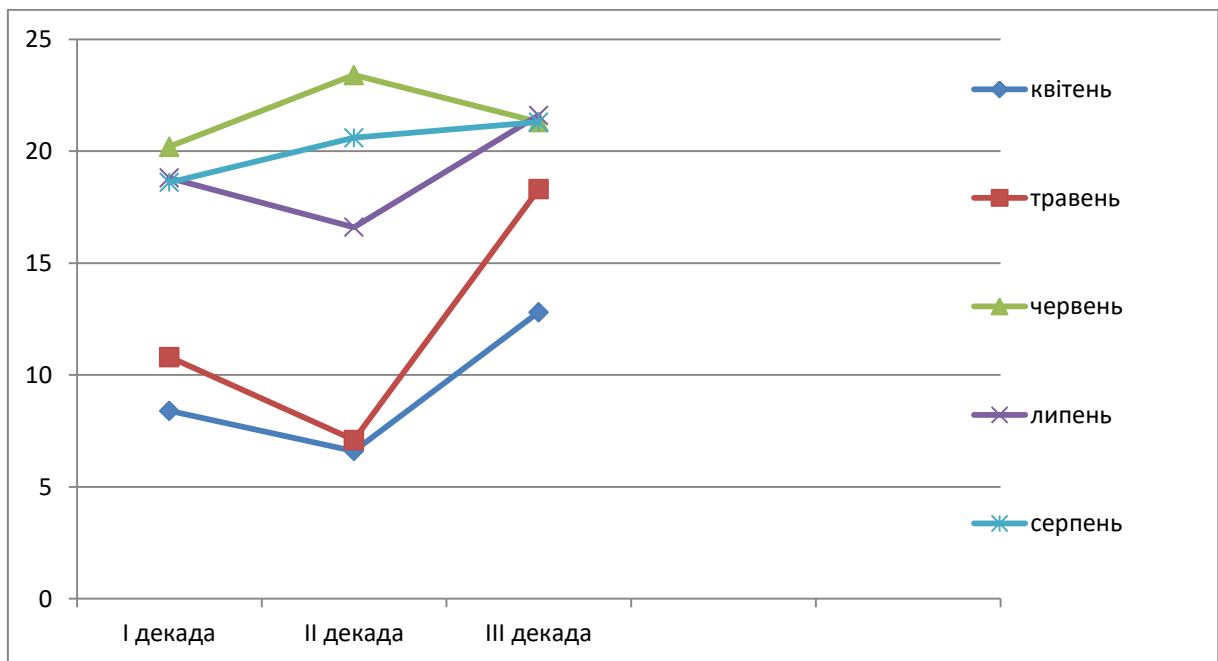


Рисунок 2.5. – Температурні показники вегетаційного періоду (2019 р.), °C

Температурний режим першої декади квітня сприяв ранньому посіву розторопші плямистої. Середня температура повітря впродовж вегетаційного періоду з квітня по серпень 2019 року склала 17,2°C.

Кількість опадів протягом вегетаційного періоду 2019 р. становила

316 мм, при цьому найбільшою їх кількістю характеризувалися перша та друга декади травня – 126,6 мм (гарний показник для росту й розвитку розторопші плямистої); найменшу ж кількість опадів зафіксовано у серпні – 9 мм, що разом із позитивним температурним режимом вплинуло на пришвидшення дозрівання насіння розторопші плямистої.

Середньорічна температура повітря за 2019 рік склала 9,0°C, що було на 1,4°C вище за середньо багаторічний показник, сума опадів при цьому становила 564,0 мм, що було на 21 мм менше за середньо багаторічний показник [18].

Аналізуючи температурний режим 2020 р. необхідно зазначити, що він суттєво відрізнявся від середніх багаторічних даних: у квітні відмічено дещо вищий середньомісячний температурний режим (9,2°C), однак значно нижчу температуру відмічено в умовах травня – 11,6°C (нижче порівняно із багаторічними показниками на 2,4°C), що відобразилося на погіршенні процесів росту й розвитку розторопші плямистої (рис. 2.6).

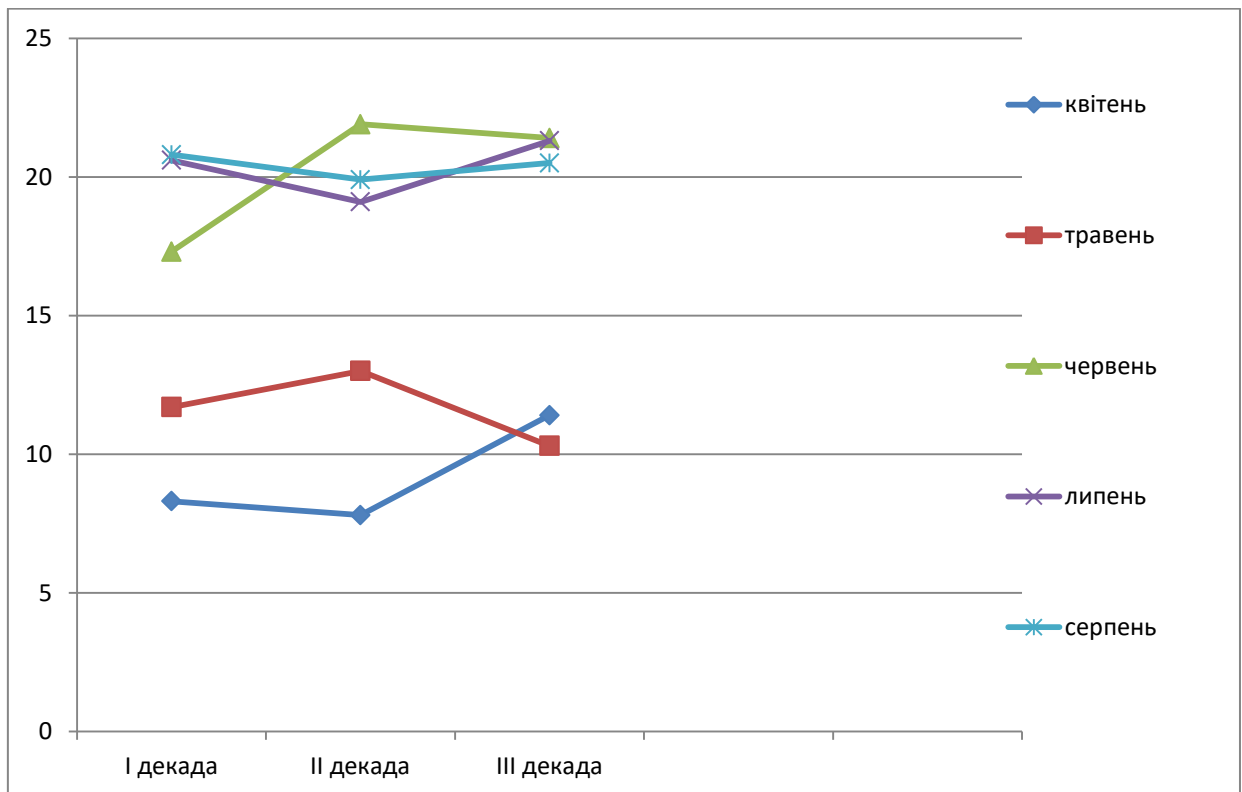


Рисунок 2.6. – Температурні показники вегетаційного періоду (2020 р.), °C



Середня температура повітря впродовж вегетаційного періоду 2020 року склала 18,4°C. Гідротермічні умови 2020 року відрізнялися від середніх багаторічних показників. Зокрема, у квітні випала менша кількість опадів (32,7 мм) порівняно із середньобагаторічними даними. Травень характеризувався надлишком вологи, кількість опадів склала 135 мм, що більше порівняно із середніми багаторічними показниками, нижча кількість опадів спостерігалася у червні (67,9 мм), липні (29,4 мм) та серпні (28,0 мм). Загалом протягом вегетаційного періоду (квітень-серпень) розторопші плямистої випало 293,3 мм [16].

Отже, характеризуючи температурний режим вегетаційного періоду розторопші плямистої необхідно відмітити, що найкращим періодом для висівання насіння у ґрунт характеризувався квітень місяць 2018 року, який був найтеплішим – 14°C, тоді як у 2017, 2019 та 2020 роках даний показник був на рівні 9°C (рис. 2.7).

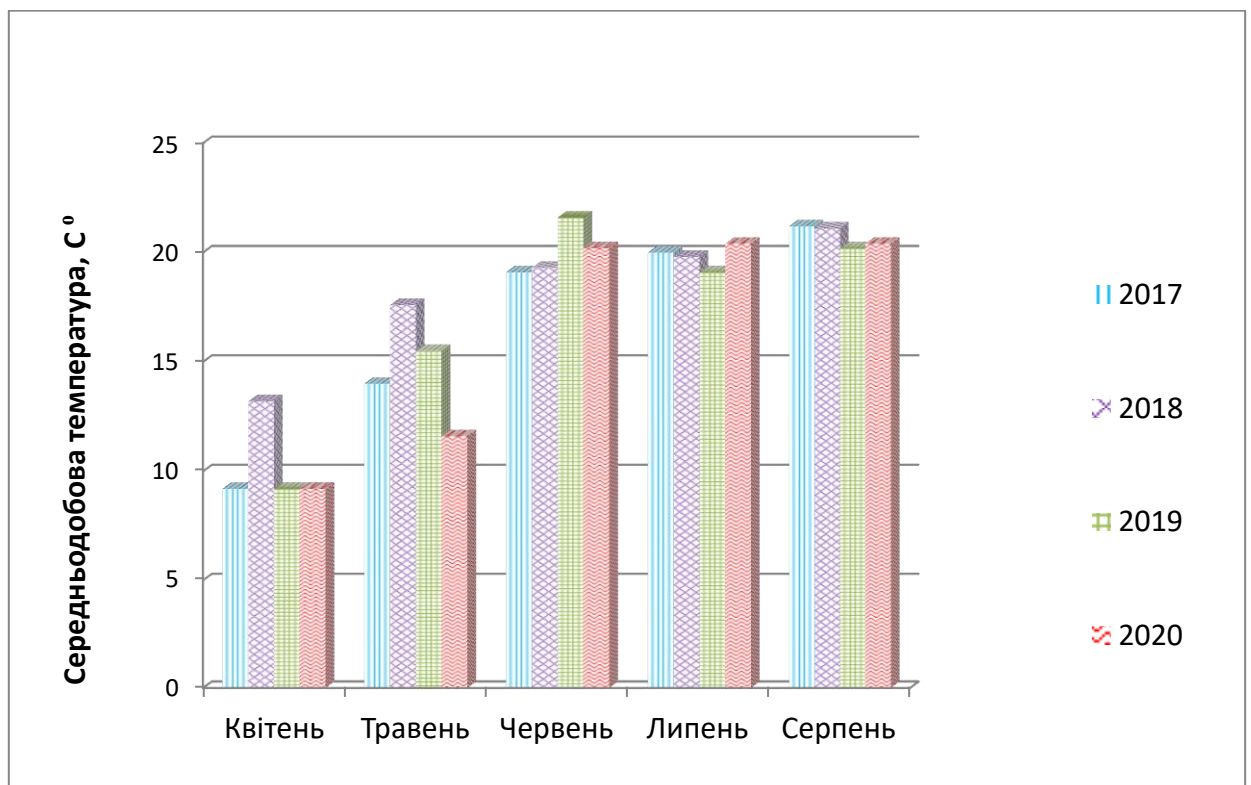


Рисунок 2.7. – Температурний режим вегетаційного періоду розторопші плямистої за роки досліджень (2017 – 2020 рр.)

За гідротермічним режимом більш сприятливими за умовами вологозабезпечення та температурами виявилися 2018 рік та 2019 рік. Умови 2020 року виявилися більш контрастними як за вологозабезпеченням, так і за температурним режимом (рис. 2.8).

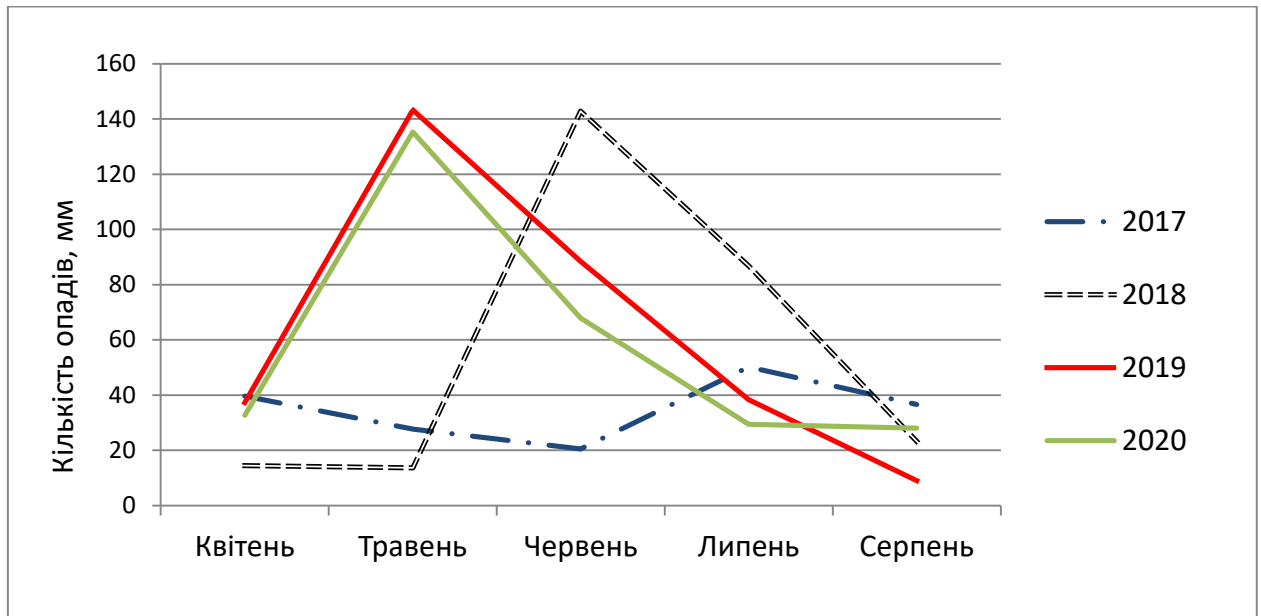


Рисунок 2.8. – Сума опадів вегетаційного періоду розторопші плямистої за роки досліджень (2017 – 2020 рр.)

Загалом, за досліджувани роки найтеплішим був 2020 рік, коли середньодобова температура становила 10,1°C. Найкраще забезпечений вологою був 2018 рік, коли випало 577 мм опадів, що на 8 мм менше норми. У 2017 році сума опадів була найменша, ніж за середньобагаторічними даними.

### 2.3. Програма, схема та методика досліджень

Для виконання визначених завдань щодо оцінки накопичення важких металів (свинець, кадмій, цинк, мідь) розторопшею плямистою за удобрення мінеральними та органічними добривами було розроблено програму досліджень (рис. 2.9).

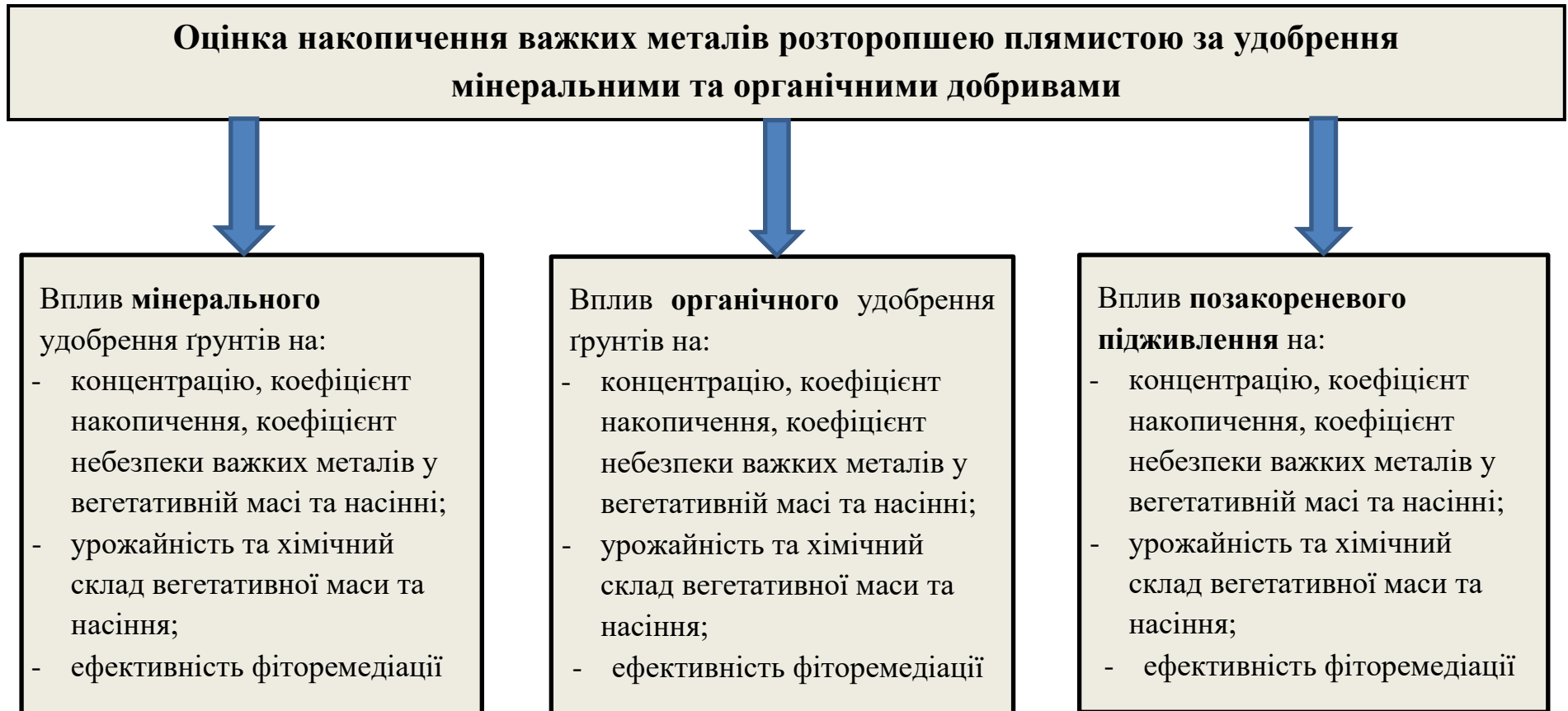


Рисунок 2.9. – Програма досліджень

Вивчення впливу мінеральних, органічних і мікродобрив на продуктивні показники, безпеку продукції сировини розторопші плямистої проводили за схемою, яка включала три науково-господарські дослідження згідно визначеної схеми досліджень (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

## Схема досліджень

Дослід	Варіант дослідження	Норма внесення добрив	Особливості удобрення ґрунтів та підживлення розторопші плямистої
I	Без удобрень	–	–
	Аміачна селітра (N)	60 кг/га	Внесення аміачної селітри перед посівом насіння (весна); внесення суперфосфату простого і калію хлористого восени перед обробітком ґрунту
	Суперфосфат простий (P)	60 кг/га	
	Калій хлористий (K)	60 кг/га	
	Суміш NPK	60 кг/га	
II	Без удобрення	–	–
	Перегній	20 т/га	Внесення перегною та дефекату восени перед обробітком ґрунту. Висівання гірчиці після збору врожаю попередників
	Сидерат (гірчиця)	–	
	Вапнякове добриво (дефекат)	6 т/га	
Без удобрення	–		
III	Без удобрення	–	–
	Рост-концентрат	0,5 л/га	Позакореневе (листяне) підживлення розторопші плямистої проводили шляхом обприскування ранцевим обприскувачем у фазі гілкування
	Фосфор-хелат	0,9 л/га	
	Калій-хелат	0,9 л/га	
Без удобрення	–		

Перший науково-господарський дослід включав вивчення урожайності та інтенсивності накопичення у вегетативній масі, насінні розторопші плямистої свинцю, кадмію, цинку, міді та коефіцієнтів їх накопичення і

небезпеки, а також ефективність фітореMediaції ґрунтів за їх мінерального удобрення.

Другий науково-господарський дослід охоплював вивчення урожайності, інтенсивності накопичення вегетативною масою та насінням розторопші плямистої свинцю, кадмію, цинку, міді та коефіцієнтів їх накопичення і небезпеки, а також ефективність фітореMediaції ґрунтів за удобрення органічними добривами.

Третій науково-господарський дослід включав вивчення урожайності, інтенсивності накопичення у вегетативній масі, насінні розторопші плямистої свинцю, кадмію, цинку, міді та коефіцієнтів їх накопичення і небезпеки, а також ефективність фітореMediaції ґрунтів за позакореневого (листяного) підживлення.

Кожний дослід включав контрольний варіант та дослідний варіант. В кожному варіанті досліджень було включено чотири повторності. Умови вирощування розторопші плямистої включали: обробіток ґрунтів, посів, догляд за посівами, збір урожаю.

Дослід № 1. Вплив мінеральних добрив на екологічну безпеку лікарської сировини розторопші плямистої, її урожайність та хімічний склад насіння.

Мета – встановлення екологічної якості лікарської сировини розторопші плямистої за використання традиційних мінеральних добрив: аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого та їх комплексного внесення.

#### Схема дослідів № 1

Система удобрення розторопші плямистої мінеральними добривами

1. Без удобрення – контроль
2. Аміачна селітра ( $N_{60}$ );
3. Суперфосфат простий ( $P_{60}$ );
4. Калій хлористий ( $K_{60}$ );
5. Аміачна селітра ( $N_{60}$ ) + Суперфосфат простий ( $P_{60}$ ) + Калій хлористий ( $K_{60}$ ).

Усі добрива вносили вручну розкидним способом: аміачну селітру – весною перед сівбою розторопші плямистої, суперфосфат простий і калій хлористий – восени, перед оранкою ділянки.

Дослід № 2. Вплив органічних добрив на екологічну безпеку лікарської сировини розторопші плямистої, її урожайність та хімічний склад насіння. Мета – встановлення екологічної якості лікарської сировини розторопші плямистої за використання органічного удобрення: перегній, сидерати, дефека́т як вапняковий матеріал.

#### Схема досліду № 2

Система удобрення розторопші плямистої органічними добривами

1. Без удобрення – контроль
2. Перегній – 20 т/га;
3. Сидерат – гірчиця біла;
4. Вапняковий матеріал – дефека́т, 6 т/га;

Перегній та дефека́т вносили восени перед оранкою дослідної ділянки. Сидеральну культуру висівали в кінці літа після збору попередника та переорювали пізньої осені.

Дослід № 3. Вплив позакореневого підживлення на екологічну безпеку лікарської сировини розторопші плямистої, її урожайність та хімічний склад насіння. Мета – встановлення екологічної якості лікарської сировини розторопші плямистої за використання листового удобрення: Фосфор-хелат, Калій-хелат, Рост-концентрат.

#### Схема досліду № 3

Система позакореневого підживлення розторопші плямистої

1. Без удобрення – контроль.
2. Рост-концентрат – 0,5 л/га;
3. Фосфор-хелат – 0,9 л/га;
4. Калій-хелат – 0,9 л/га;

Досліджувані добрива вносили шляхом листового підживлення, способом обприскування ранцевим обприскувачем у фазу гілкування розторопші плямистої.

Рост-концентрат – орґано-мінеральне добриво зі стимулюючим ефектом і фунґіцидною активністю (призначене для кореневого та позакореневого підживлення більшості сільськогосподарських культур, а також для замочування насіння, вкорінення саджанців) є продуктом високотехнологічної переробки натурального торфу, з якого вилучені активні речовини: азот, фосфор, калій, мікроелементи, а гумінові кислоти з нерозчинних переведені в розчинні одновалентні солі [19]. Співвідношення основних елементів живлення: азот – 5%, фосфор – 5%, калій – 5%; поживні речовини у добриві представлені у гуматній формі. Виробник – «Киссон», Україна [19].

Фосфор-хелат – універсальне водорозчинне фосфорне добриво з вмістом фосфору у доступній хелатній формі 40%. Калій-хелат – водорозчинне концентроване калійне добриво із вмістом калію у доступній хелатній формі 77%. Виробник обох добрив – ТОВ «КАРАВАН», Україна [20].

Попередником розторопші плямистої була пшениця озима.

Основний обробіток ґрунту включав дискування і пізньовесняну оранку на глибину 25 см після внесення добрив, що вивчалися у дослідах.

Ранньовесняний обробіток ґрунту включав боронування та передпосівну культивуацію після внесення аміачної селітри на глибину 5 см. Висівали розторопшу пляmistу в другій половині квітня.

Норма висіву склала 25 кг/га, глибина заробки насіння – 3 см. Сівбу проводили зерно-трав'яною сівалкою СЗТ-3,6. Після сівби дослідну ділянку прикочували.

Догляд за посівами був загальноприйнятий для умов Лісостепу Правобережного та включав ручне прополювання бур'янів. Збір урожаю листової маси та насіння проводили вручну.

Використовували для посіву вітчизняний сорт розторопші плямистої Бойківчанка (назва на англійській мові – Boikivchanka). Максимально адаптований сорт Бойківчанка до умов Лісостепу та Степу створено на базі Прикарпатської державної сільськогосподарської дослідної станції Національної академії аграрних наук України.

Заявник сорту надає наступну інформацію: рослина висока; корінь середньої товщини; стебло прямостояче, вкрите борошністим нальотом (опушення та антоціанове забарвлення відсутнє); сім'ядольні листки середнього розміру зеленого кольору; листок сильно розсічений, має темно-зелене забарвлення; на краю листової пластинки є жовті шипи; на кінцях стебел у кулястих кошиках зібрані пелюстки (мають пурпуровий колір); плід – сім'янка еліптичної форми з чубчиком без опушення, приплюснута з боків, коричневого кольору (блискуча чи матова) [21].

Характеристика сорту приведена у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Характеристика сорту розторопші плямистої Бойківчанка [21, 22]

Внесено до реєстру, рік	Середня урожайність насіння, ц/га	Маса 1000 насінин, г	Висота рослини, см	Стійкість до хвороб і шкідників	Вміст силімарину в оболонці, %	Вміст силімарину у насінні, %	Вміст олії, %	Рекомендований для зон	Напрям використання
2007	10-15	27-32	150-300	середня	до 7	до 1	до 35	Степ, Лісостеп	лікарська та харчова культура

Посівна площа кожного досліді становила 0,05 га. Облікова площа ділянки – 10 м<sup>2</sup>. Повторність дослідів чотириразова.

Проводили наступні спостереження, обліки та вимірювання:

- визначення вмісту важких металів у насінні та вегетативній масі розторопші плямистої проводили у сертифікованій та акредитованій



лабораторії (Житомирська філія ДУ «Держґрунтохорона»);

- проби ґрунту відбирали з шару 0-25 см відповідно до ДСТУ ISO 10381-1:2004 [23-26];
- визначення вмісту валових форм (після вилучення 1,0 н HCl) та рухомих форм (після вилучення ацетатно-амонійним буферним розчином рН 4,8) важких металів у ґрунті: свинцю, кадмію, міді і цинку – методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії відповідно до ДСТУ 4362:2004, ДСТУ 4770 (2, 3, 9):2007 [27-31];
- визначення реакції ґрунту рН сольове – іонометрично відповідно до ДСТУ ISO 10390-2001 [32-33];
- фенологічні спостереження – окомірно на основі візуальних спостережень за настанням фаз розвитку рослин [34];
- визначення висоти рослин – у трьох повтореннях за фазами розвитку рослин [34];
- облік густоти рослин – на визначених площадках розміром 1 м<sup>2</sup> впродовж усіх строків і років спостережень [34];
- облік урожаю вегетативної маси розторопші плямистої – суцільним способом шляхом скошування і зважування всієї зеленої маси з облікової ділянки [34];
- облік урожаю насіння – ручним збиранням та послідуочим зважуванням насінневої маси [35];
- проби насіння відбирали відповідно до вимог ДСТУ 4117:2007 [36];
- визначення вмісту важких металів у насінні та вегетативній масі розторопші плямистої: свинцю, кадмію, міді і цинку – атомно-абсорбційним методом [37];
- дисперсійний та кореляційно-регресійний аналіз – на основі математичної обробки одержаних результатів на комп'ютері з використанням сучасних пакетів програм Excel, Sigma, Statistika [38-40];

- визначення економічної ефективності запропонованих технологій вирощування розторопші плямистої – на основі технологічних карт вирощування культур, їх урожайності та вартості затрат і продукції [41-42].

Відповідно до стандартизованих методик розраховували коефіцієнт концентрації важких металів у ґрунті, коефіцієнт накопичення у рослинах, визначали еколого-економічну ефективність технологій, проводили математичну обробку результатів досліджень.

Оцінку якості сировини розторопші плямистої за вмістом важких металів здійснювали шляхом порівняння фактичного вмісту окремого забруднювача з таким показником, як гранично допустима концентрація (ГДК), і розрахунку коефіцієнта небезпечності елемента-забруднювача ( $K_{неб}$ ), який виконували за формулою 1:

$$K_{неб} = C_p / ГДК_n \quad (1)$$

де:  $C_p$  – концентрація забруднюючої речовини у фітомасі рослини, мг/кг;

ГДК<sub>n</sub> – гранично допустима концентрація забруднюючої речовини у фіто-масі рослини, мг/кг.

Для кількісної оцінки надходження важких металів з ґрунту в рослини використовували коефіцієнт накопичення ( $K_{нак}$ ), який розраховували за формулою 2:

$$K_{нак} = C_p / C_n \quad (2),$$

де:  $C_p$  – концентрація забруднюючої речовини у фітомасі рослини, мг/кг;

$C_n$  – концентрація забруднюючої речовини в ґрунті, мг/кг.

Математично-статистична обробка експериментальних даних була проведена з використанням пакету прикладних програм Microsoft Excel.

## Висновки до розділу 2

1. Зона Лісостепу займає третину частини України за площею з переважанням у структурному складі сільськогосподарських угідь. Лісостеп Правобережний займає центральну частину Лісостепу і включає всю Вінницьку область. Рельєф Лісостепу Правобережного в основному рівнинний, але трапляються хвилясті території.

2. Ґрунтовий покрив є порівняно однорідним. Найбільш поширеними є сірі опідзолені ґрунти та чорноземи. Сірі опідзолені ґрунти є малородючими. Вміст гумусу в них невисокий – 2,0–2,5% і зосереджений переважно в гумусово-елювіальному горизонті.

3. Клімат Лісостепу помірно-континентальний з тривалим і теплим літом та короткою помірно-холодною зимою. Середньорічна температура повітря становить 7,0°C. Середньорічна сума опадів – 580–630 мм, за вегетаційний період в середньому випадає 432 мм опадів.

4. В цілому Лісостеп Правобережний характеризується помірно теплим і вологим кліматом, відносно родючими ґрунтами, що є сприятливим для росту і розвитку розторопші плямистої.

5. Польові досліді проводили у ФГ «Зоря Василівки» впродовж 2017–2020 років. Ґрунти зони досліджень – сірі лісові, за механічним складом – середньо-суглинкові, з середньо-зваженим умістом гумусу 1,89 %. Реакція ґрунтового розчину слабокисла (рН 5,4).

6. У роки проведення досліджень погодні умови характеризувалися задовільними показниками для росту та розвитку розторопші плямистої за показниками температурного режиму і суми опадів у порівнянні із середньо багаторічними показниками.

7. Для розторопші плямистої агротехніка вирощування була загальноприйнята для зони Лісостепу. Дослідження проводили за типовими методиками.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2**

1. Польовий А.М., Гуцал А.І., Дронова О.О. Грунтознавство: підручник. Одеса: Екологія, 2013. 668 с.
2. Назаренко І.І., Польчина С.М., Нікорич В.А. Грунтознавство: Підручник. Чернівці: Книги – XXI, 2004. 400 с.
3. Аріон О.В., Купач Т.Г., Дем'яненко С.О. Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства: Навчально-методичний посібник. К., 2017. 226 с.
4. Зубець М. В. Наукові основи агропромислового виробництва в Зоні Лісостепу України. К.: Логос, 2004. 776 с.
5. Квітко Г.П., Гетман Н.Я. Азотфіксуюча спроможність та збагачення ґрунту азотом залежно від років життя люцерни посівної в умовах Лісостепу. Корми і кормовиробництво. 2003. Вип. 51. С. 54-57.
6. Петриченко В.Ф., Панасюк Я.Я., Заболотний Г.М., Середа Л.П. Сучасні системи землеробства України. Вінниця: Діло, 2006. 212 с.
7. Наукові основи агропромислового виробництва в Зоні Лісостепу України / Ред. М.В. Зубець. К.: Логос, 2004. 776 с.
8. Барвінченко В.І., Заболотний Г.М. Ґрунти Вінницької області. Вінниця: ВДАУ, 2004. 45 с.
9. Гродзинський М.Д. Ніші ландшафтів України у просторі кліматичних факторів: монографія. К.: ВГЛ «Обрії», 2008. 259 с.
10. Вінницька область. Географічний атлас. К.: Мапа, 2004.
11. ЗОРЯ ВАСИЛІВКИ, ФГ : веб-сайт. URL: <https://www.ua-region.com.ua/38240698> (дата звернення: 18.04.2021).
12. Паспорт Тиврівської громади : веб-сайт. URL: <https://tyvriv-miskrada.gov.ua/pasport-gromadi-15-51-49-24-01-2018/> (дата звернення: 19.04.2021).
13. Півошенко І.М. Клімат Вінницької області. Вінниця: Віноблдрукарня, 1997. 240 с.
14. Агрокліматичний довідник по території України / за ред. Т.І.

Адаменко, М.І. Кульбіді, А. Л. Прокопенка. Кам'янець-Подільський: ПП Галагодза, 2011. 108 с.

15. Прогноз погоди по Вінниці та Вінницькій області : веб-сайт. URL: <https://meteo.vn.ua/weather/> (дата звернення: 20.04.2021).

16. Статистика погоди. Кліматичні дані за роками та місяцями. Метеопост : веб-сайт. URL: <https://meteorpost.com/weather/climate/> (дата звернення: 11.03.2020).

17. Вплив метеоумов. АПК ІНФОРМ : веб-сайт. URL: <https://www.apk-inform.com/uk/meteocond/p/9> (дата звернення: 12.09.2020).

18. Метео Фарм. Агропрогноз: активні та ефективні температури для сільгоспкультур : веб-сайт. URL: <https://kurkul.com/blog/690-agropogoda-rozrahovuyemo-aktivni-ta-efektivni-temperaturi-dlya-silgospkultur> (дата звернення: 10.09.2020).

19. Rost-Концентрат : веб-сайт. URL: <https://www.kisson-agro.com.ua/produksya/dobryva/organo-mneraln/rost-koncentrat-555/> (дата звернення: 20.09.2018)

20. Караван, ТОВ (Україна) : веб-сайт. URL: <https://agrarii-razom.com.ua/organization/karavan-tov> (дата звернення: 20.09.2018).

21. Заявка № 05194001: Бойківчанка (Розторопша плямиста) : веб-сайт. URL: <http://sort.sops.gov.ua/issue/view/78>. (дата звернення: 05.10.2017).

22. Каталог сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2007 р. К. : Алефа, 2007. 348 с.

23. ДСТУ ISO 10381-1:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб. [Чинний від 2006.04.01]. К.: Держспоживстандарт України, 2006. 36 с.

24. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005.07.01]. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 9 с.

25. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. [Чинний від 2008.01.01]. К.: Держспоживстандарт України, 2008. 16 с.

26. ДСТУ ISO 10381-2:2004. Якість ґрунту. Частина 2. Настанови з методів відбирання проб. [Чинний від 2006.04.01]. К.: Держспоживстандарт України, 2006. 29 с.

27. ДСТУ 4770.1:2007 – ДСТУ 4770.9:2007. 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 спектрофотометрії. [Чинний від 2009.01.01]. К.: Держспоживстандарт України, 2009. 117 с.

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

29. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи. Харьков: Антиква, 2002. 428 с.

30. Панас Р.М. Основи моніторингу та прогнозування використання земель. Львів: Новий світ-2000, 2007. 224 с.

31. Білявський Г.О., Верестун Н.О. Агроекологічний моніторинг – основа забезпечення збалансованого розвитку агросфери Вінниччини. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Вінниця, 2011. № 8(48). С. 93–99.

32. Методики визначення складу та властивостей ґрунтів / С.А. Балюк, В.О. Барахтян, М.Є. Лазебна; за ред. Балюка С.А. Х., 2004. С. 193–210.

33. ДСТУ ISO 10390: 2001 Якість ґрунту. Визначення рН. [Чинний від 2003.01.01]. К. Держстандарт України, 2003. 14 с.

34. Методика проведення дослідів по кормовиробництву / Під ред. А.О. Бабича. Вінниця, 1994. 96 с.

35. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. К.: Вища школа, 1994. 334 с.

36. ДСТУ 4117:2007 Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 7 с.

37. ДСТУ ГОСТ 31262:2009 Національний стандарт України. Продукти

харчові та продовольча сировина. Інверсійно-вольтамперометричні методи визначення вмісту токсичних елементів (кадмію, свинцю, міді та цинку). наказ Держспоживстандарту України від 19 жовтня 2009 р. № 384 з 2010-04-01.

38. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень агрономії: підручник. К.: Вища школа, 1994. 334 с.

39. Ушкаренко В.А., Поляков Н.Н. Математический анализ данных полевого опыта. Херсон: СХИ, 1997. 82 с.

40. Вергунова І.М. Основи математичного моделювання для аналізу та прогнозу агрономічних процесів. К.: Нора-принт, 2000. 146 с.

41. Мацибора В.І. Економіка сільського господарства. К.: Вища школа, 1994. С. 136–153.

42. Ольховіков О.В. Основи економіки агропромислового виробництва. К.: Педагогічна преса, 2005. 320 с.

## РОЗДІЛ 3

### ОЦІНКА РИЗИКІВ НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ РОЗТОРОПШЕЮ ПЛЯМИСТОЮ ЗА СИСТЕМИ МІНЕРАЛЬНОГО ТА ОРГАНІЧНОГО УДОБРЕННЯ

#### 3.1. Вплив мінерального удобрення ґрунтів на інтенсивність накопичення важких металів розторопшею плямистою та ефективність фітореMediaції

Останнім часом через дефіцит лікарської рослинної сировини практикується впровадження вирощування лікарських рослин в умовах сільськогосподарських сівозмін з використанням різних способів підвищення її врожайності, зокрема, за рахунок удобрення. Наразі відомо, що з кожним кілограмом суперфосфату подвійного в ґрунти потрапляє 3,7 мг кадмію, 3,9 мг свинцю, 4,8 мг цинку та 14 мг міді; з калієм хлористим – 3,9 мг кадмію, 14 мг свинцю, 11 мг цинку та 6,3 мг міді. Із вапняковим борошном потрапляє 0,18 мг кадмію; 28 мг свинцю; 22 мг цинку та 6,3 мг міді [1]. За таких умов виникає необхідність у проведенні моніторингу інтенсивності накопичення важких металів у лікарській сировині, вирощеної в умовах сільськогосподарських угідь за різного мінерального та органічного удобрення.

Культивування розторопші плямистої в сучасній польовій сівозміні дає можливість підвищити її врожайність за рахунок удобрення. Сільськогосподарські угіддя при вирощуванні різних культур, особливо в умовах інтенсивного землеробства, знаходяться під постійно зростаючим рівнем забруднення різними токсикантами, зокрема, важкими металами.

Вирощування розторопші плямистої за таких умов потребує постійного контролю за надходженням даних токсикантів у вегетативну масу та насіння. До того ж інтенсивність надходження в ґрунти важких металів підвищується



із внесенням мінеральних добрив, що ставить вимоги щодо контролю за якістю вирощеної рослинної сировини.

У результаті проведених досліджень встановлено накопичення свинцю вегетативною масою розторопші плямистої при внесенні мінеральних добрив у величинах, що істотно перевищують гранично допустиму концентрацію (ГДК) даного елемента у вегетативній масі рослин, яка становить 5,0 мг/кг сухої речовини (табл.3.1).

Таблиця 3.1

Концентрація важких металів у вегетативній масі розторопші плямистої, (мг/кг) в середньому за досліджуваний період ( $M \pm m$ ,  $n=4$ )

Удобрення	Важкі метали							
	Свинець		Кадмій		Цинк		Мідь	
	Фактична концентрація	ГДК	Фактична концентрація	ГДК	Фактична концентрація	ГДК	Фактична концентрація	ГДК
Без добрив (контроль)	8,4± 0,09	5,0	1,0± 0,89	1,0	28,8± 1,3	10,0	13,2± 0,43	5,0
Аміачна селітра, 60 кг/га	12,05± 0,05**	5,0	2,4± 0,75***	1,0	156,1± 5,6***	10,0	16,6± 0,51***	5,0
Калій хлористий, 60 кг/га	12,70± 0,07***	5,0	1,7± 0,083***	1,0	33,7± 1,7***	10,0	15,4± 0,47***	5,0
Супер-фосфат простий, 60 кг/га	12,40± 0,06***	5,0	1,36± 0,62***	1,0	34,2± 1,5***	10,0	15,1± 0,34***	5,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	10,4± 0,07***	5,0	1,5± 0,071***	1,0	50,3±1,3***	10,0	20,3± 0,6***	5,0

Примітка: \* -  $P < 0,05$ ; \*\* -  $P < 0,01$ ; \*\*\* -  $P < 0,001$  (достовірність різниці між середніми величинами, рівень значущості)

У варіанті без застосування добрив (контроль) вміст свинцю у вегетативній 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 вегетативну масу розторопші плямистої, вирощеної за удобрення та без нього за вказаних ґрунтових умов використовувати без спеціальної підготовки для лікувальних потреб населення.

Результати досліджень також показали помітний вплив мінеральних добрив на інтенсивність накопичення у вегетативній масі розторопші плямистої кадмію. Так, у вегетативній масі розторопші плямистої, яку вирощували на сірих лісових ґрунтах без удобрення, концентрація кадмію була на одному рівні з ГДК, що становило 1,0 мг/кг. Тоді як у вегетативній масі розторопші плямистої за удобрення ґрунту  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (аміачна селітра, суперфосфат простий і калій хлористий) концентрація кадмію була вища за ГДК у 1,5 раза, суперфосфатом простим – у 1,36 раза, калієм хлористим – у 1,7 раза, аміачною селітрою – у 2,4 раза.

Найвищий рівень перевищення ГДК по кадмію спостерігався за удобрення ґрунту при вирощуванні розторопші плямистої аміачною селітрою.

У результаті досліджень виявлено також накопичення цинку вегетативною масою розторопші плямистої за внесення мінеральних добрив, особливо аміачної селітри, у величинах, що істотно перевищують ГДК даного елемента у вегетативній масі рослин – 10,0 мг/кг у сухій речовині.

Результати досліджень засвідчили, що рослини розторопші плямистої можуть інтенсивно поглинати з ґрунту цинк навіть за умови його низького вмісту в ґрунті. За внесення в ґрунт мінеральних добрив, що можуть містити цинк як баласт речовин або сприяти перетворенню нерухомих форм цинку в ґрунті в рухомі, спостерігається зростання концентрації елемента в рослинах розторопші плямистої. Вміст цинку в аміачній селітрі згідно з нашими

попередніми дослідженнями становив 0,6 мг/кг фізичної ваги, у суперфосфаті простому – 36,0, калію хлористому – 8,0 мг/кг.

Зокрема, у варіанті без застосування добрив уміст цинку у вегетативній масі розторопші плямистої становив 2,9 ГДК, за використання калію хлористого і суперфосфату простого – 3,4, суміші мінеральних добрив аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого – 5,0 ГДК. Найістотніше підвищилась концентрація цинку у вегетативній масі розторопші плямистої за внесення аміачної селітри – 15,6 ГДК.

Результати досліджень показали певний вплив мінеральних добрив на інтенсивність накопичення у вегетативній масі розторопші плямистої міді. Так, у вегетативній масі розторопші плямистої, яку вирощували на сірих лісових ґрунтах без удобрення, концентрація міді була вища у 2,64 раза за ГДК (5,0 мг/кг). Тоді як за удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  у вегетативній масі розторопші плямистої концентрація міді була вища за ГДК у 4,06 раза, суперфосфатом простим – у 3,02 раза, калієм хлористим – у 3,08 раза, аміачною селітрою – у 3,32 раза. Найвищий рівень перевищення ГДК по міді спостерігався за удобрення ґрунту при вирощуванні розторопші плямистої мінеральним добривом  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

Результати досліджень показали, що мінеральне удобрення ґрунту при вирощуванні розторопші плямистої сприяло підвищенню концентрації свинцю, кадмію, цинку та міді у вегетативній масі.

Зокрема, за удобрення аміачною селітрою, калієм хлористим, суперфосфатом простим та сумішшю мінеральних добрив у нормі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  концентрація у вегетативній масі свинцю підвищилась у 1,43 раза; 1,51 раза; 1,47 раза і 1,23 раза; кадмію – у 2,4 раза; 1,7 раза; 1,36 раза і 1,5 раза; цинку – у 5,4 раза; 1,17 раза, 1,18 раза і 1,74 раза та міді – у 1,25 раза, 1,16 раза, 1,14 раза і 1,53 раза відповідно порівняно з варіантом без удобрення.

Коефіцієнт накопичення свинцю вегетативною 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 свинцю 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 вегетативною масою розторопші плямистої свинцю з ґрунту у значно вищих концентраціях, ніж вміст рухомих форм свинцю у ґрунті (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Коефіцієнт накопичення важких металів у вегетативній масі  
розторопші плямистої

Удобрення	Важкі метали			
	Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь
Без добрив (контроль)	3,2	10	2,9	41,2
Аміачна селітра, 60 кг/га	4,63	24,0	15,5	51,8
Калій хлористий, 60 кг/га	4,88	17,0	3,4	48,1
Суперфосфат простий, 60 кг/га	4,76	13,6	3,4	47,1
$N_{60}P_{60}K_{60}$	4,0	15,0	5,0	63,4

Характеризуючи коефіцієнт накопичення кадмію у вегетативній масі розторопші плямистої необхідно відмітити, що даний показник був у межах від 10 до 24. Найвищий коефіцієнт накопичення кадмію у вегетативній масі був за удобрення аміачною селітрою, а найнижчий – у варіанті без удобрення. Коефіцієнт накопичення кадмію у вегетативній масі розторопші плямистої був вищим за удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  у 1,5 раза, суперфосфатом простим – у 1,36 раза, калієм хлористим – у 1,7 раза, аміачною селітрою – у 2,4 раза порівняно з аналогічною сировиною, одержаною без удобрення.

Коефіцієнт накопичення цинку вегетативною масою культури у варіанті без використання добрив був нижчим – 2,9. За застосування суперфосфату простого і калію хлористого коефіцієнт накопичення цинку становив 3,4, за внесення аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого – 5,0, за використання аміачної селітри – 15,5.

Такі високі показники коефіцієнта накопичення цинку вказують на інтенсивне поглинання вегетативною масою розторопші плямистої цинку з ґрунту як мікроелемента у значно вищих концентраціях, ніж уміст рухомих форм цинку у ґрунті.

Характеризуючи коефіцієнт небезпеки важких металів у вегетативній масі (табл. 3.3) необхідно відмітити, що за удобрення ґрунту аміачною селітрою, калієм хлористим, суперфосфатом простим та  $N_{60}P_{60}K_{60}$  даний показник підвищився по свинцю у 1,43, 1,42, 1,47 і 1,23 рази; кадмію – у 2,4 рази, 1,7, 1,36 і 1,5 рази; цинку – у 1,37, 1,31, 1,25 і 1,18 рази та міді – у 1,38 рази, 1,27, 1,27 і 1,11 рази відповідно порівняно з варіантом без удобрення. Найвищий коефіцієнт небезпеки свинцю у вегетативній масі розторопші плямистої був встановлений у варіанті за 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.

Таблиця 3.3

Коефіцієнт небезпеки важких металів у вегетативній масі  
розторопші плямистої

Удобрення	Важкі метали			
	Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь
Без добрив (контроль)	1,68	1,0	1,6	1,8
Аміачна селітра, 60 кг/га	2,41	2,4	2,2	2,5
Калій хлористий, 60 кг/га	2,40	1,7	2,1	2,3
Суперфосфат простий, 60 кг/га	2,48	1,36	2,0	2,3
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,08	1,5	1,9	2,0

Коефіцієнт небезпеки кадмію коливався в межах від 1,0 до 2,4. Найвищий коефіцієнт небезпеки вегетативної маси розторопші плямистої відмічено за удобрення ґрунту при її вирощуванні мінеральними добривами, тоді як найнижчий – без мінерального удобрення. Зокрема, у вегетативній

масі розторопші плямистої, вирощеної без удобрення, коефіцієнт небезпеки кадмію був нижчим порівняно з аналогічною сировиною, одержаною за удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  у 1,5 раза, суперфосфату простого – у 1,36 раза, калію хлористого – у 1,7 раза, аміачної селітри – у 2,4 раза.

Найвищий коефіцієнт небезпеки цинку у вегетативній масі розторопші плямистої було зафіксовано на варіанті із застосуванням аміачної селітри – 15,6. За внесення суміші добрив аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого коефіцієнт небезпеки цинку знизився до 5,0, за внесення калію хлористого і суперфосфату простого – до 3,4.

Характеризуючи коефіцієнт небезпеки міді у вегетативній масі розторопші плямистої необхідно відмітити, що він коливався від 2,0 до 2,5. Найвищий коефіцієнт небезпеки міді у вегетативній масі розторопші плямистої був за використання азотних добрив.

У порівнянні з варіантом без удобрення у вегетативній масі розторопші плямистої коефіцієнт небезпеки міді був вищий за використання аміачної селітри у 1,38 раза, калію хлористого – у 1,27 раза, суперфосфату простого – у 1,27 раза та  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – у 1,11 раза.

Дослідженнями встановлено також значне накопичення свинцю у насінні розторопші плямистої (табл. 3.4). Гранично допустима концентрація свинцю у насінні рослин є значно нижчою, ніж у вегетативній масі та 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.

Аналіз одержаних результатів досліджень з вивчення впливу мінерального удобрення розторопші плямистої на концентрацію кадмію у насінні показав також певний вплив калійних, азотних та фосфорних добрив на рівень накопичення даного елемента у рослині.

Зокрема, концентрація кадмію у насінні рослини, яку вирощували без

удобрення мінеральними добривами, була вища за ГДК у 4 рази, тоді як за використання  $N_{60}P_{60}K_{60}$  добрива – у 4,8 рази, суперфосфата простого – у 5,3 рази, калію хлористого – у 5,2 рази, аміачної селітри – у 6 раз.

Таблиця 3.4

Концентрація важких металів у насінні розторопші плямистої за досліджуваний період, мг/кг, ( $M \pm m$ ,  $n=4$ )

Удобрення	Свинець		Кадмій		Цинк		Мідь	
	Фактична концентрація	ГДК	Фактична концентрація	ГДК	Фактична концентрація	ГДК	Фактична концентрація	ГДК
Без добрив (контроль)	3,30± 0,04	0,5	0,40± 0,017	0,1	82± 3,7	50,0	18,3± 0,39	10,0
Аміачна селітра, 60 кг/га	4,30± 0,06***	0,5	0,6± 0,037***	0,1	112± 5,6***	50,0	25,6± 0,32***	10,0
Калій хлористий, 60 кг/га	4,0± 0,09***	0,5	0,52± 0,032***	0,1	107± 5,4***	50,0	23± 0,41***	10,0
Суперфосфат простий, 60 кг/га	3,95± 0,05***	0,5	0,53± 0,041***	0,1	99± 4,5***	50,0	23± 0,37***	10,0
$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,65± 0,06***	0,5	0,48± 0,032***	0,1	93± 4,6***	50,0	20,3± 0,54***	10,0

Примітка: \* -  $P < 0,05$ ; \*\* -  $P < 0,01$ ; \*\*\* -  $P < 0,001$  (достовірність різниці між середніми величинами, рівень значущості)

Найвищий рівень перевищення ГДК було виявлено у насінні розторопші плямистої за удобрення ґрунту при її вирощуванні азотним добривом.

Було виявлено також значне накопичення цинку у насінні розторопші плямистої. Гранична концентрація цинку у насінні рослини є значно вищою, ніж у вегетативній масі – 50,0 мг/кг у сухій речовині. У варіанті без застосування добрив уміст цинку у насінні розторопші плямистої становить

1,6 ГДК, за удобрення сумішшю аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого – 1,9, суперфосфатом простим – 2,0, калієм хлористим – 2,1, аміачною селітрою – 2,3 ГДК.

Аналізуючи інтенсивність накопичення міді у насінні розторопші плямистої необхідно відмітити певну залежність її концентрації від виду мінеральних добрив. Так, концентрація міді у насінні розторопші плямистої без удобрення складала 18,3 мг/кг, тоді як за удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  добривом вона була вища у 1,1 раза, суперфосфатом простим – у 1,2 раза, калієм хлористим – у 1,2 раза, аміачною селітрою – у 1,4 раза.

За результатами досліджень встановлено, що удобрення розторопші плямистої мінеральними добривами мало певний вплив і на коефіцієнт накопичення свинцю, кадмію, цинку та міді у її насінні (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Коефіцієнт накопичення важких металів у насінні розторопші плямистої

Удобрення	Важкі метали			
	Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь
Без добрив (контроль)	1,36	4,0	8,1	57,1
Аміачна селітра, 60 кг/га	1,6	6,0	11,1	80
Калій хлористий, 60 кг/га	1,5	5,2	10,6	72
Суперфосфат простий, 60 кг/га	1,5	5,3	9,8	71,8
$N_{60}P_{60}K_{60}$	1,4	4,8	9,2	63,4

Так, за удобрення аміачною селітрою, калієм хлористим, суперфосфатом простим та  $N_{60}P_{60}K_{60}$  добривом спостерігалось підвищення концентрації важких металів у насінні розторопші плямистої відповідно: свинцю – у 1,3; 1,2; 1,2; та 1,1 раза, кадмію – у 1,5; 1,3; 1,32 та 1,2 раза, цинку – у 1,36; 1,3, 1,2 та 1,13 раза та міді – у 1,39; 1,25; 1,25 та 1,11 раза, порівняно з варіантом без удобрення.

Найвищий коефіцієнт накопичення свинцю у насінні розторопші



плямистої нами був встановлений на варіанті за внесення аміачної селітри – 1,6. При використанні калію хлористого і суперфосфату простого спостерігали зменшення коефіцієнта накопичення до 1,5. Відмічено також зниження коефіцієнта накопичення при застосуванні добрива  $N_{60}P_{60}K_{60}$  до рівня 1,4. На варіанті без застосування добрив коефіцієнт накопичення свинцю у насінні розторопші плямистої був найнижчим і становив 1,3.

Виявлено також підвищення коефіцієнта накопичення кадмію у насінні розторопші плямистої за мінерального підживлення, який коливався від 4,8 до 6,0. Так, коефіцієнт накопичення кадмію у насінні розторопші плямистої за підживлення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  був вищим у 1,2 раза, суперфосфатом простим – у 1,3 раза, калієм хлористим – у 1,3 раза аміачною селітрою – у 1,5 раза порівняно з аналогічною сировиною одержаною без застосування мінеральних добрив.

Найвищий коефіцієнт накопичення цинку у насінні розторопші плямистої було встановлено на варіанті за внесення аміачної селітри – 11,1. За використання калію хлористого коефіцієнт накопичення дещо зменшився – до 10,6, а суперфосфату простого – до 9,8. За внесення мінерального добрива у нормі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  відмічено зниження коефіцієнта накопичення – до 9,2. У варіанті без застосування добрив коефіцієнт накопичення цинку у насінні розторопші плямистої був найнижчим – 8,1.

Коефіцієнт накопичення міді у насінні розторопші плямистої був найвищим за удобрення аміачною селітрою у 1,4 раза, суперфосфатом простим – у 1,25 раза, калієм хлористим – у 1,26 раза, сумішшю  $N_{60}P_{60}K_{60}$  добрив – у 1,1 раза порівняно з насінням, яке отримали без удобрення.

Аналіз коефіцієнта небезпеки важких металів у насінні розторопші плямистої також був різним за удобрення ґрунтів мінеральними добривами (табл. 3.6).

Найменший коефіцієнт небезпеки свинцю у насінні розторопші плямистої було виявлено на варіанті без використання мінеральних добрив, який склав 6,6. За внесення 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 відповідно.

Таблиця 3.6

Коефіцієнт небезпеки важких металів у насінні розторопші плямистої

Удобрення	Важкі метали			
	Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь
Без добрив (контроль)	6,6	0,40	1,6	1,8
Аміачна селітра, 60 кг/га	8,6	6,0	2,2	2,5
Калій хлористий, 60 кг/га	8,0	5,2	2,1	2,3
Суперфосфат простий, 60 кг/га	7,9	5,3	2,0	2,3
$N_{60}P_{60}K_{60}$	7,3	0,48	1,9	2,0

Коефіцієнт небезпеки кадмію у насінні розторопші плямистої коливався від 0,48 до 0,6. За удобрення ґрунту  $N_{60}P_{60}K_{60}$  при вирощуванні розторопші плямистої коефіцієнт небезпеки у насінні кадмію був вищий у 1,2 раза, суперфосфатом простим – у 1,3 раза, калієм хлористим – у 1,3 раза та аміачною селітрою – у 1,5 раза.

Найнижчий коефіцієнт небезпеки цинку у насінні розторопші плямистої було виявлено на варіанті без використання добрив – 1,6. За внесення суміші аміачної селітри, суперфосфату простого і калію хлористого коефіцієнт небезпеки становив 1,9, за використання суперфосфату простого – 2,0, калію хлористого – 2,1, аміачної селітри – 2,2.

Коефіцієнт небезпеки міді коливався в межах від 1,8 до 2,5. Найвищим коефіцієнтом небезпеки характеризувалось насіння розторопші плямистої, вирощеної за удобрення мінеральними добривами, тоді як найнижчим – на контролі, без удобрення.

Зокрема, у насінні розторопші плямистої, вирощеної без удобрення, коефіцієнт небезпеки міді був нижчим порівняно з аналогічною сировиною,

одержаною за удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  у 1,1 раза, суперфосфату простого – у 1,27 раза, калію хлористого – у 1,27 раза, аміачної селітри – у 1,38 раза.

Аналіз урожайності вегетативної маси і насіння розторопші плямистої свідчить про певний вплив удобрення ґрунтів мінеральними добривами. Зокрема, нами відмічено підвищення урожайності вегетативної маси розторопші плямистої за удобрення ґрунтів аміачною селітрою на 49,4%, суперфосфатом простим – на 4,6%, калієм хлористим – на 0,9% та  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – на 51,6%, порівняно з варіантом без удобрення (рис. 3.1).

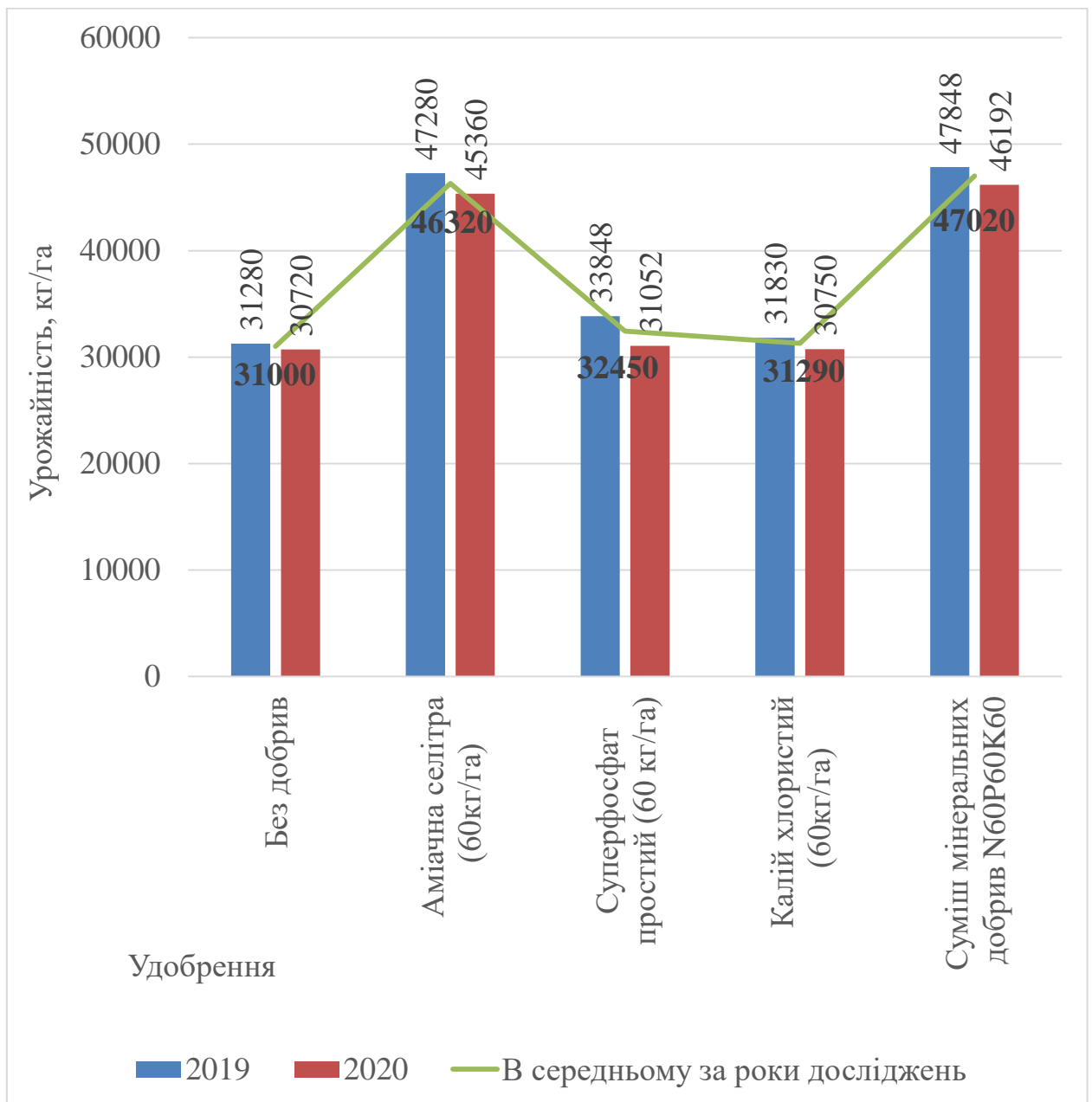


Рисунок 3.1. – Урожайність вегетативної маси розторопші плямистої

Найвища урожайність вегетативної маси розторопші плямистої спостерігалася за удобрення ґрунтів сумішшю  $N_{60}P_{60}K_{60}$  добрив. Зокрема, урожайність вегетативної маси розторопші плямистої за удобрення ґрунтів сумішшю NPK добрив була вищою у порівнянні з аміачною селітрою на 1,5%, суперфосфатом простим – на 44,8%, калієм хлористим – на 50,2%.

Також відмічено підвищення урожайності насіння розторопші плямистої за удобрення ґрунтів аміачною селітрою на 37,3%, суперфосфатом простим – на 7,1%, калієм хлористим – на 2,0% та  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – на 35,5%, порівняно з варіантом без удобрення (рис.3.2).

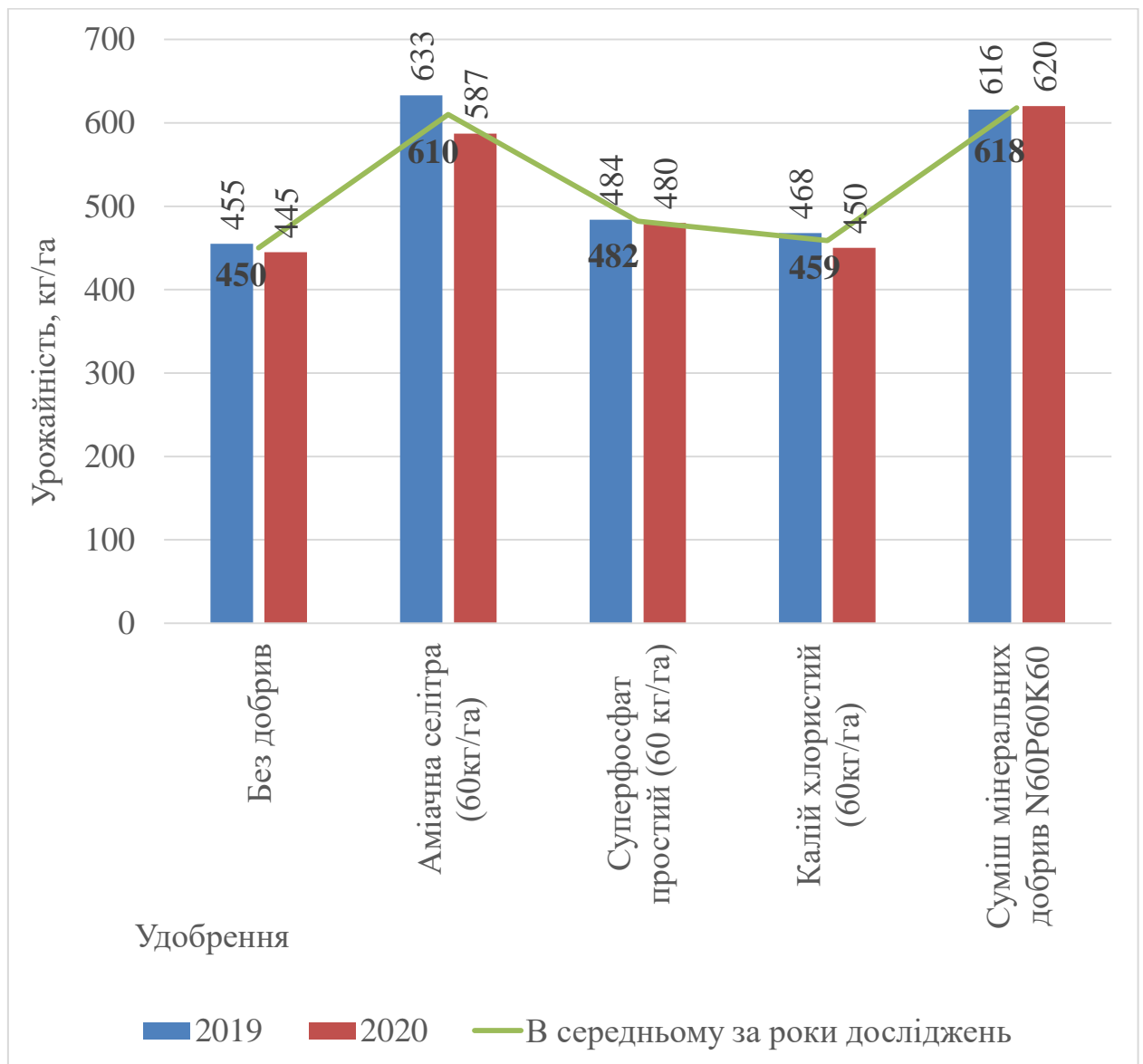


Рисунок 3.2. – Урожайність насіння розторопші плямистої

Урожайність насіння розторопші плямистої була вищою за удобрення ґрунтів сумішшю мінеральних добрив порівняно з аміачною селітрою у 1,3%, суперфосфатом простим – на 28,2% та калієм хлористим – на 34,6%.

Аналізуючи масу насіння з однієї рослини (рис. 3.3) необхідно відзначити, що за удобрення ґрунтів аміачною селітрою, його маса збільшилася на 7,9%, суперфосфатом простим – на 12,8%, калієм хлористим – на 11,6% та  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – на 17,8%.

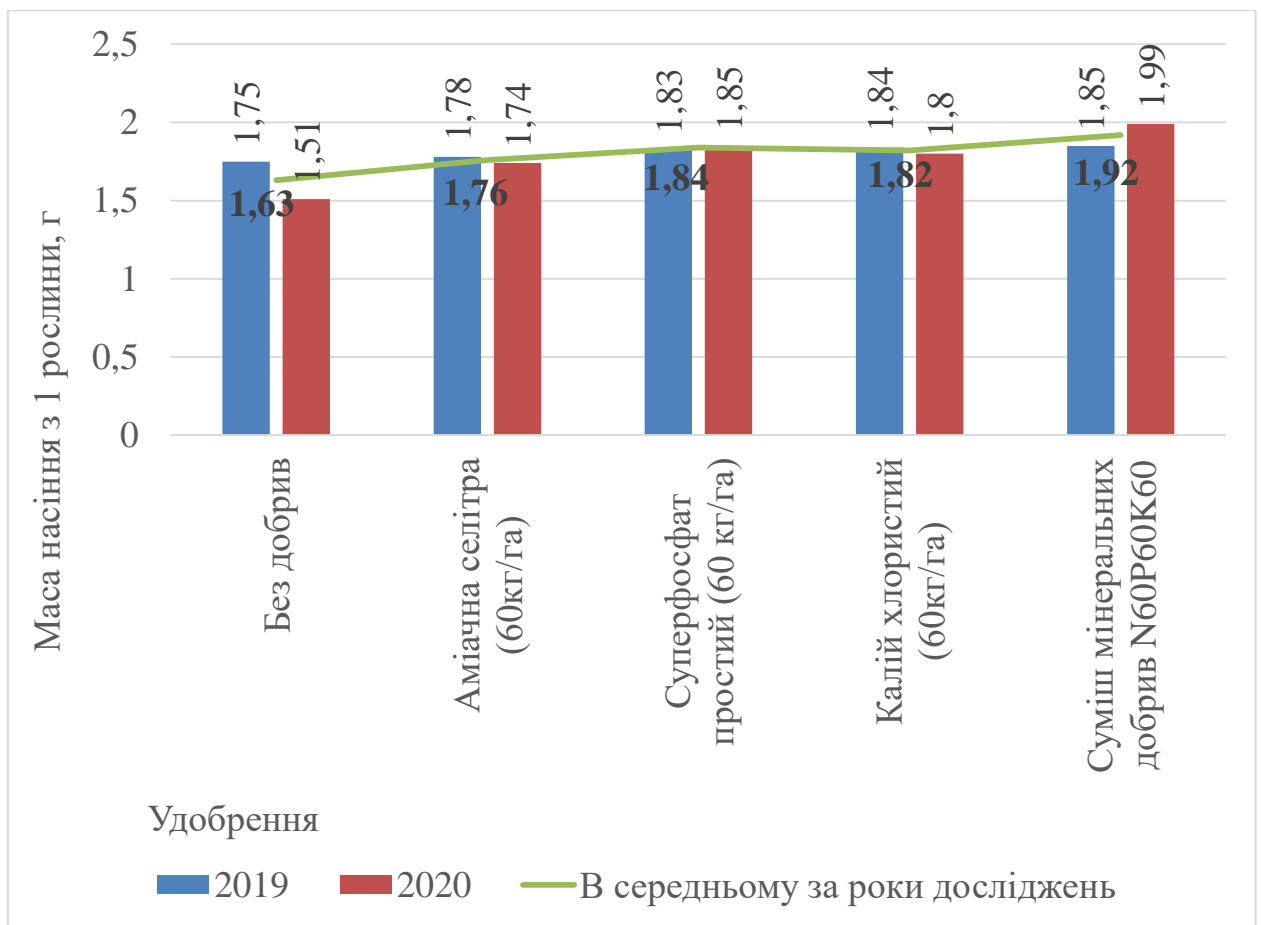


Рисунок 3.3. – Маса насіння розторопші плямистої

Досліджуючи масу насіння з однієї рослини розторопші плямистої, вирощеної за удобрення ґрунтів сумішшю мінеральних добрив, ми визначили, що вона була вища на 9% порівняно із удобренням аміачною селітрою, на 4,3% – суперфосфатом простим та 5,4% – калієм хлористим.

Аналіз інтенсивності винесення важких металів з ґрунту за вирощування розторопші плямистої (табл.3.7, табл.3.8) показав, що даний

показник по свинцю був у межах від 262 г/га до 560,7 г/га, кадмію – від 31,2 г/га до 11,5 г/га, цинку – від 892,8 г/га до 2598 г/га та міді – від 417,4 г/га до 783,8 г/га, що в середньому склало 423,3 г/га, 62,2 г/га, 1641,5 г/га та 622 г/га відповідно.

Таблиця 3.7

Винесення свинцю і кадмію з вегетативною масою та насінням розторопші плямистої за удобрення ґрунтів мінеральними добривами, г/га

Удобрення	Важкі метали					
	Свинець			Кадмій		
	Вегетативна маса	Насіння	Всього	Вегетативна маса	Насіння	Всього
Без добрив (к)	260,4	1,5	261,9	31,0	0,18	31,2
Аміачна селітра (60кг/га)	558,1	2,65	560,7	111,1	0,37	111,5
Суперфосфат простий (60 кг/га)	402,5	1,9	404,2	44,1	0,23	44,3
Калій хлористий (60кг/га)	397	1,79	398,7	53,2	0,25	53,4
Суміш мінеральних добрив N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	489	2,2	491,2	70,5	0,29	70,8

Нами відмічено, що за удобрення ґрунтів аміачною селітрою, суперфосфатом простим, калієм хлористим та сумішню N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> добрив винесення свинцю підвищувалося у 2,14 раза, 54,3%, 52,2% та 87,5%, кадмію – у 3,5 раза, 41,9%, 71,1% та 2,2 раза, цинку – у 2,8 раза, 22,7%, 20,1% та 2,6%, міді – на 87%, 10,2%, 15,5% та 2,3 раза відповідно.

Співвідношення інтенсивності винесення важких металів з вегетативною масою та насінням склало по свинцю 99,5% / 0,5%; кадмію – 99,58% / 0,42%; цинку – 96,9% / 3,1% та міді – 98,16% / 1,84% відповідно.

Таблиця 3.8

Винесення цинку і міді з вегетативною масою та насінням розторопші плямистої за удобрення ґрунтів мінеральними добривами, г/га

Удобрення	Важкі метали					
	Цинк			Мідь		
	Вегетативна маса	Насіння	Всього	Вегетативна маса	Насіння	Всього
Без добрив (к)	892,8	36,9	929,7	409,2	8,2	417,4
Аміачна селітра (60кг/га)	2398	69,2	2598	768	15,8	783,8
Суперфосфат простий (60 кг/га)	1093	48,0	1141	499	11,0	460
Калій хлористий (60 кг/га)	1070	47,7	1117	472	10,3	482,3
Суміш мінеральних добрив N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2365	56,7	2421,7	954	12,3	966,3

Найвища інтенсивність винесення важких металів при вирощуванні розторопші плямистої з ґрунту спостерігалась при удобренні їх мінеральними добривами, в складі яких була аміачна селітра.

Отже, удобрення ґрунтів при вирощуванні розторопші плямистої мінеральними добривами підвищувало накопичення важких металів як у її вегетативній масі, так і у насінні, що сприяло зниженню безпеки даної сировини. Інтенсивність накопичення важких металів за удобрення ґрунтів мінеральними добривами у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої підвищилася від 1,23 до 1,53 раза по свинцю, від 1,36 до 2,4 раза по кадмію, від 1,17 до 5,4 раза по цинку та від 1,14 до 1,153 раза по міді. Тоді як у насінні дані показники склали від 1,1 до 1,3 раза, від 1,2 до 1,5 раза, від 1,13 до 1,36 раза та від 1,11 до 1,39 раза відповідно.

### **3.2 Вплив органічного удобрення ґрунтів на інтенсивність накопичення важких металів розторопшею плямистою та ефективність фітореMediaції**

Використання органічних добрив у рослинництві є важливим заходом у збільшенні обсягів виробництва продукції та підвищенні 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 і 19,8 мг та 6,3 мг – міді.

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

Аналіз результатів досліджень щодо концентрації важких металів у вегетативній масі розторопші плямистої (табл.3.9) показує, що за удобрення ґрунту перегноем концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді підвищилася у вегетативній масі розторопші плямистої відповідно у 1,19 раз; 1,18; 1,53 та 1,2 раз.

За внесення дефека́ту при вирощуванні розторопші плямистої концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді підвищилася у її вегетативній масі відповідно у 1,25; 1,16; 1,1 та 1,1 раз.

При вирощуванні розторопші плямистої після сидерату (гірчиця) концентрація важких металів свинцю та кадмію знизилась відповідно у 1,09 раз та 1,1 раз. Концентрація цинку при цьому залишилась на фоні контрольного варіанту за використання сидерату, а міді – підвищилась у 0,5 раз.



Таблиця 3.9

Концентрація важких металів у вегетативній масі розторопші плямистої, мг/кг в абсолютно сухій речовині, в середньому за досліджуваний період, (M±m, n=4)

Удобрення	Важкі метали							
	Свинець		Кадмій		Цинк		Мідь	
	Фактична концентрація	ГДК	Фактична концентрація	ГДК	Фактична концентрація	ГДК	Фактична концентрація	ГДК
Без добрив (контроль)	8,1± 0,014	5,0	1,1± 0,013	1,0	49± 0,33	10	14,2± 0,8	5,0
Перегній, 20 т/га	9,7± 0,021*	5,0	1,3± 0,017***	1,0	75± 0,63***	10	17,1± 0,63*	5,0
Дефекат, 6 т/га	10,2± 0,01***	5,0	1,28± 0,021***	1,0	54± 0,42**	10	15,7± 0,72	5,0
Сидерат (гірчиця)	7,4± 0,031*	5,0	1,0± 0,024	1,0	49± 0,33	10	15,0± 0,79	5,0

Примітка: \* - P<0,05; \*\* - P<0,01; \*\*\* - P<0,001 (достовірність різниці між середніми величинами, рівень значущості)

Результати досліджень також показали, що концентрація важких металів у вегетативній масі розторопші плямистої була більшою за ГДК на всіх варіантах. Зокрема, на 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 вегетативній масі розторопші плямистої була вища за ГДК відповідно у 1,94; 1,3; 7,5 та 3,42 раза.

На варіанті застосування дефекату концентрація у вегетативній масі

свинцю, кадмію, цинку та міді була вища за ГДК відповідно у 2,04 раза, 1,28 раза, 5,4 раза та 3,14 раза.

При вирощуванні розторопші плямистої після сидерату концентрація свинцю була вищою порівняно з ГДК у 1,48 раза, цинку – у 4,9 раза та міді – у 3,0 раза.

Аналіз коефіцієнта накопичення, відображений у таблиці 3.10, показав, що при вирощуванні розторопші плямистої за удобрення ґрунту перегноєм і дефекатом, спостерігалось підвищення цього показника у вегетативній масі по свинцю у 1,16 раза та 1,25 раза, а за сидерату, навпаки, зниження у 1,1 раза порівняно з варіантом без удобрення.

*Таблиця 3.10*

Коефіцієнт накопичення важких металів у вегетативній масі  
розторопші плямистої

Удобрення	Важкі метали			
	Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь
Без добрив (контроль)	3,1	11	4,8	5,9
Перегній, 20 т/га	3,6	10,8	5,3	6,1
Дефекат, 6 т/га	3,9	11,6	4,9	6,2
Сидерат (гірчиця)	2,8	10	4,9	6,2

При вирощуванні розторопші плямистої за удобрення ґрунту перегноєм, дефекатом та після сидерату коефіцієнт накопичення кадмію у вегетативній масі рослини був нижчий відповідно у 1,02 раза; 1,05; 1,1 раза, ніж на варіанті без удобрення.

Коефіцієнт накопичення цинку і міді у вегетативній масі розторопші плямистої за удобрення ґрунту перегноєм був вищим у 1,1 раза, 1,03 раза, дефекатом – у 1,02 раза і 1,05 раза та сидератом – у 1,02 раза і 1,05 раза відповідно, ніж на варіанті без удобрення.

Аналіз коефіцієнта небезпеки важких металів у вегетативній масі

розторопші плямистої (табл. 3.11 ) 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.

Таблиця 3.11

Коефіцієнт небезпеки важких металів у вегетативній масі  
розторопші плямистої

Удобрення	Важкі метали			
	Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь
Без добрив (контроль)	1,62	1,1	4,9	2,84
Перегній, 20 т/га	1,94	1,3	7,5	3,42
Дефекат, 6 т/га	2,04	1,28	5,4	3,14
Сидерат (гірчиця)	1,48	1,0	4,9	3,0

Найвищий коефіцієнт небезпеки свинцю у вегетативній масі розторопші плямистої був за удобрення ґрунту дефекатом; кадмію, цинку та міді – за внесення перегною.

Характеризуючи концентрацію важких металів у насінні розторопші плямистої (табл. 3.12) необхідно відмітити, що даний показник коливався по свинцю від 3,1 мг/кг до 4,1 мг/кг, кадмію – від 0,37 мг/кг до 0,68 мг/кг, цинку – від 75 мг/кг до 98 мг/кг та міді – від 16,0 мг/кг до 19,2 мг/кг.

Найвища концентрація свинцю і кадмію спостерігалась у насінні розторопші плямистої за удобрення ґрунту дефекатом, а цинку і міді – за використання перегною. Концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді у насінні розторопші плямистої за удобрення перегноем була вища порівняно з аналогічною сировиною одержаною на контролі відповідно у 1,1 раза, 1,08 раза, 1,25 раза та 1,03 раза.

За удобрення ґрунту при вирощуванні розторопші плямистої дефекатом концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді у насінні була вища, ніж на контролі відповідно у 1,3 раза, 1,83 раза, 1,04 раза та 1,03 раза.

Таблиця 3.12

Вміст важких металів у насінні розторопші плямистої, мг/кг в абсолютно сухій речовині в середньому за досліджуваний період, ( $M \pm m$ ,  $n=4$ )

Удобрення	Важкі метали							
	Свинець		Кадмій		Цинк		Мідь	
	Фактична концентрація	ГДК	Фактична концентрація	ГДК	Фактична концентрація	ГДК	Фактична концентрація	ГДК
Без добрив (контроль)	3,1± 0,014	0,5	0,37± 0,014	0,1	78± 0,34	50	17,5± 0,21	10
Перегній, 20 т/га	3,4± 0,012	0,5	0,4± 0,012	0,1	98± 0,38***	50	19,2± 0,33	10
Дефекат, 6 т/га	4,1± 0,031***	0,5	0,68± 0,013***	0,1	81± 0,42***	50	18,1± 0,14*	10
Сидерат (гірчиця)	3,1± 0,011	0,5	0,37± 0,011	0,1	75± 0,32	50	16,0± 0,21	10

Примітка: \* -  $P < 0,05$ ; \*\* -  $P < 0,01$ ; \*\*\* -  $P < 0,001$  (достовірність різниці між середніми величинами, рівень значущості)

При вирощуванні розторопші плямистої після сидерату концентрація свинцю і 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.

Порівнюючи відповідність концентрації важких металів у насінні розторопші плямистої до ГДК необхідно відмітити, що за використання перегною, дефекату та сидерату у якості добрива ґрунтів даний показник був вищий за встановлену норму. Так, концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді у насінні розторопші плямистої була вища за ГДК за добрива

грунту перегноем 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, сидератом – у 6,2 раза, 0 разів, 1,5 раза та 1,6 раза.

Аналіз коефіцієнта накопичення важких металів у насінні розторопші плямистої (табл. 3.13 ) показав, що даний показник був у межах від 1,2 до 1,4 по свинцю; від 3,7 до 6,8 по кадмію; від 7,5 до 9,8 по цинку та від 6,6 до 7,3 по міді.

*Таблиця 3.13*

Коефіцієнт накопичення важких металів у насінні розторопші плямистої

Удобрєння	Важкі метали			
	Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь
Без добрив (контроль)	1,2	3,7	7,8	7,3
Перегній, 20 т/га	1,3	4,0	9,8	6,8
Дефекат, 6 т/га	1,4	6,8	8,1	7,2
Сидерат (гірчиця)	1,2	3,7	7,5	6,6

Необхідно відмітити, що коефіцієнт накопичення свинцю, кадмію та цинку був вищим відповідно за удобрєння ґрунту перегноем у 1,08 раза, 1,08 раза та 1,25 раза, дефекатом – у 1,16 раза, 1,83 раза та 1,03 раза, ніж на контролі (без добрив).

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.

Аналізуючи коефіцієнт небезпеки важких металів у насінні розторопші плямистої (табл. 3.14) необхідно відмітити, що даний показник коливався по свинцю від 6,2 до 8,2, кадмію – від 3,7 до 6,8, цинку – від 1,5 до 1,56 та міді – від 1,6 до 1,75.

Таблиця 3.14

Коефіцієнт небезпеки важких металів у насінні розторопші плямистої

Удобрення	Важкі метали			
	Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь
Без добрив (контроль)	6,2	3,7	1,56	1,75
Перегноій, 20 т/га	6,8	4,0	1,96	1,92
Дефекат, 6 т/га	8,2	6,8	1,62	1,81
Сидерат (гірчиця)	6,2	3,7	1,5	1,60

Водночас необхідно відмітити, що коефіцієнт небезпеки свинцю, кадмію, цинку та міді у насінні розторопші плямистої був вищим за удобрення ґрунту при її вирощуванні перегноєм відповідно у 1,09 раза, 1,08 раза, 1,25 раза та 1,09 раза, а дефекатом – у 1,32 раза, 1,83 раза, 1,05 раза та 1,04 раза порівняно з контролем. На варіанті вирощування після сидерату коефіцієнт небезпеки свинцю і кадмію був на рівні з контролем, а цинку і міді нижчий – у 1,04 раза і 1,09 раза.

Нами також було відмічено вплив удобрення ґрунтів органічними добривами на урожайність вегетативної маси і насіння розторопші плямистої (рис. 3.4). Зокрема, урожайність вегетативної маси розторопші плямистої підвищилась за удобрення ґрунтів перегноєм на 33,8%, дефекатом – на 12,7% та сидератом – на 13,6%, порівняно з варіантом без удобрення.

Найвища урожайність вегетативної маси розторопші плямистої спостерігалась за удобрення ґрунтів перегноєм. Так, урожайність вегетативної маси розторопші плямистої за удобрення ґрунтів перегноєм була вища на 18,8%, порівняно з дефекатом та на 17,7%, порівняно із сидератом.

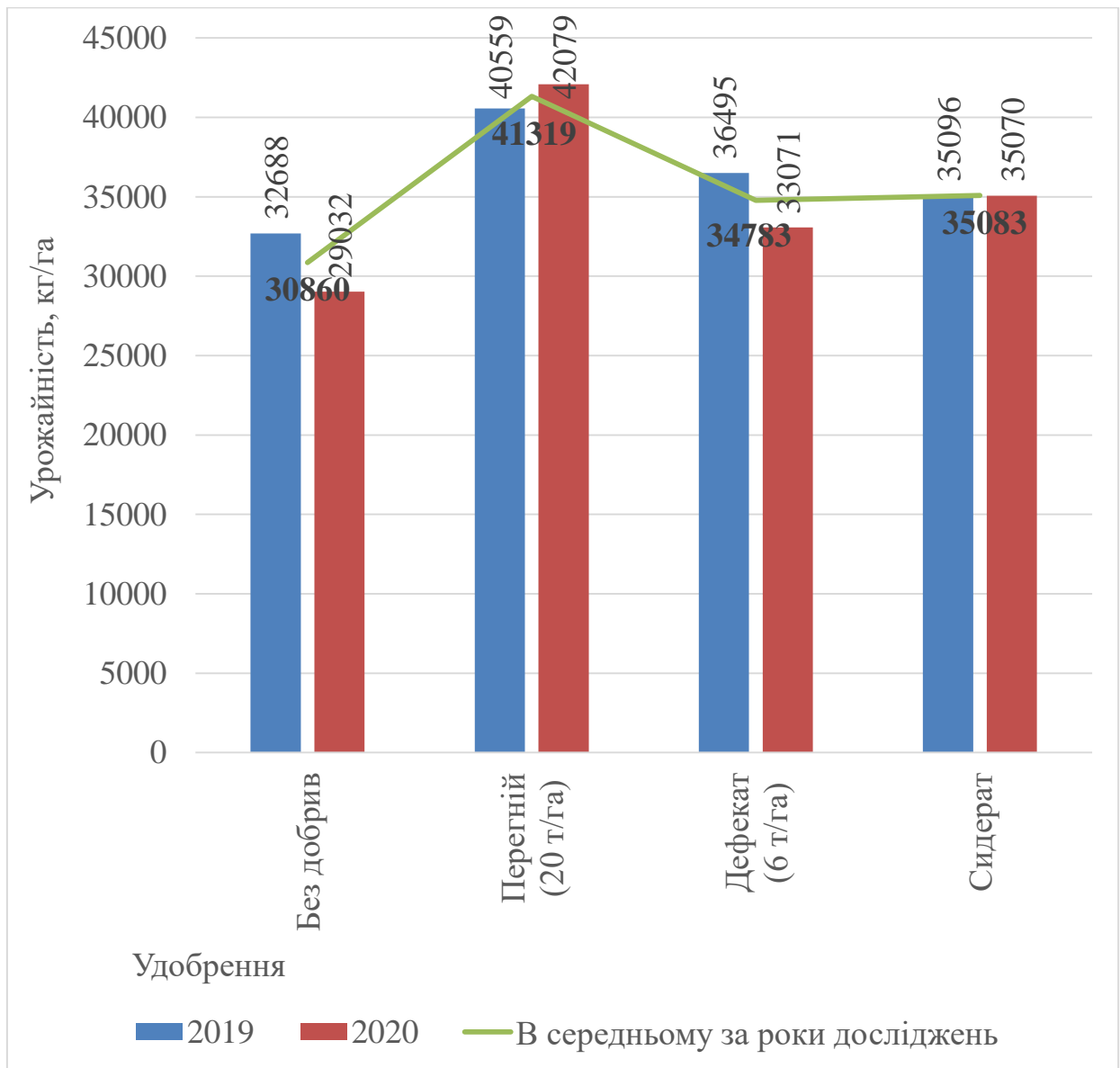


Рисунок 3.4. – Урожайність вегетативної маси розторопші плямистої

Нами було відмічено також підвищення урожайності насіння розторопші плямистої за удобрення ґрунтів, зокрема, перегноєм – на 20,8%, дефекатом – на 14,0% та сидератом – на 16,3% у порівнянні з варіантом без удобрення (рис.3.5).

Найвища урожайність вегетативної маси і насіння розторопші плямистої при її вирощуванні спостерігалась за удобрення ґрунтів перегноєм. Так, урожайність вегетативної маси і насіння розторопші плямистої за удобрення ґрунтів перегноєм була вища на 18,8% і 5,8% порівняно з дефекатом та на 17,7% і 3,8% відповідно порівняно з сидератом.

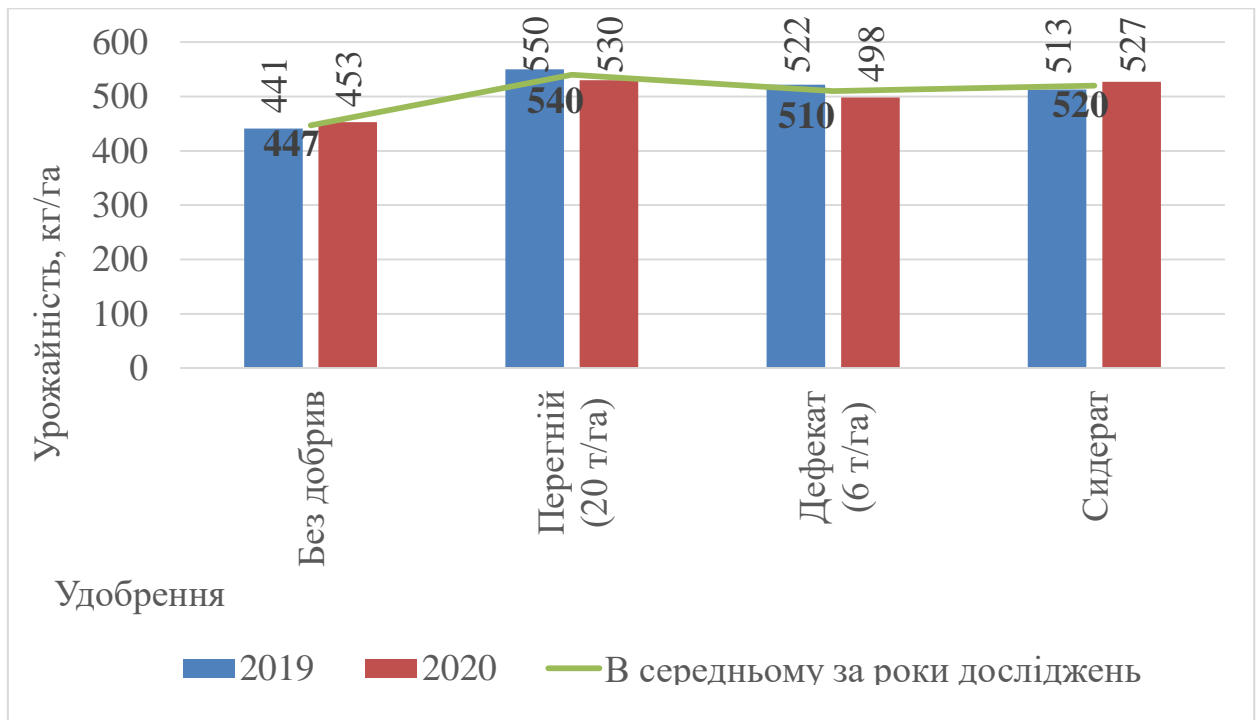


Рисунок 3.5. – Урожайність насіння розторопші плямистої

Аналізуючи масу насіння з однієї рослини (рис. 3.6) необхідно відмітити, що за удобрення ґрунтів перегноєм, його маса підвищилась на 14,1%, дефекатом – на 5,5%, сидератом – на 4,3% порівнюючи з варіантом без удобрення.

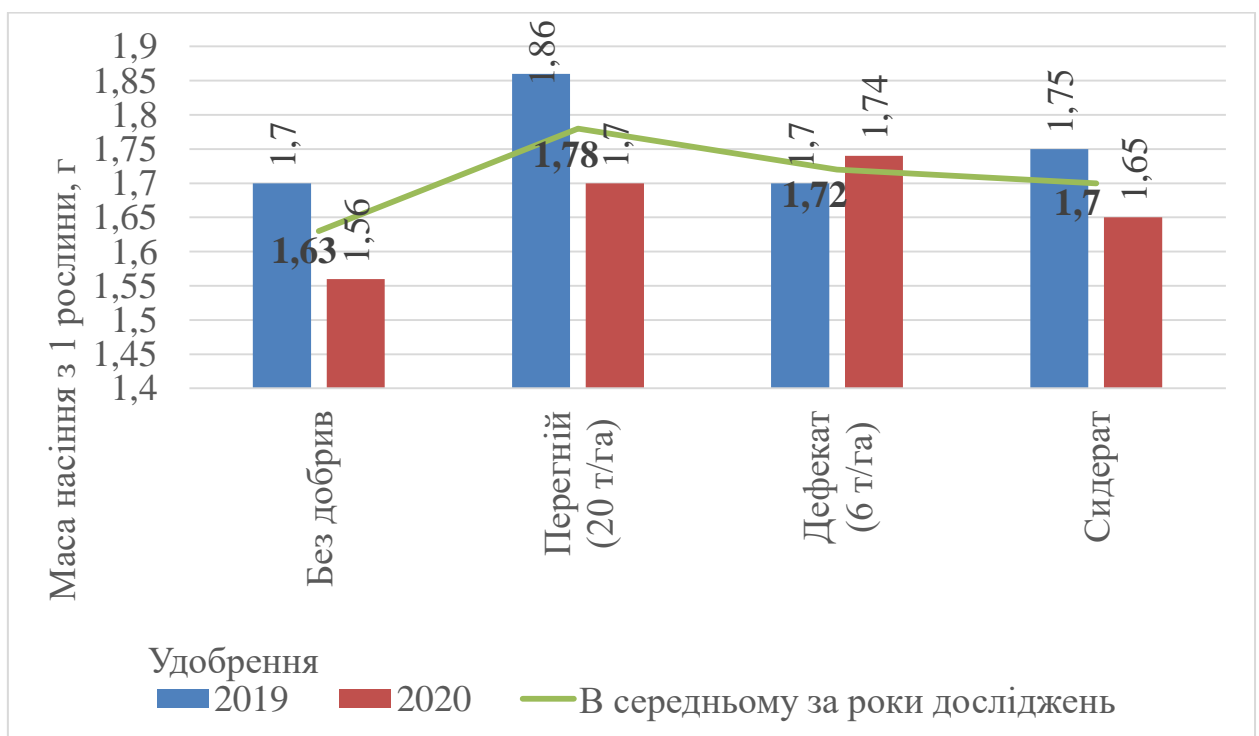


Рисунок 3.6. – Маса насіння з 1 рослини, г



Маса насіння розторопші плямистої з однієї рослини підвищилась за удобрення ґрунтів перегноєм на 3,4% і 4,7% порівняно з дефекатом і сидератом відповідно.

Аналізуючи інтенсивність винесення з ґрунту важких металів при вирощуванні розторопші плямистої (табл. 3.15, табл. 3.16) нами було відмічено, що найвища інтенсивність була на варіанті удобрення ґрунту перегноєм.

Зокрема, інтенсивність винесення розторопшею плямистою свинцю і кадмію з ґрунту за удобрення його перегноєм була вищою, ніж за удобрення ґрунту дефекатом: по свинцю на 12,8%, по кадмію – на 20,3%, а також із сидератом: по свинцю на 54,1%, по кадмію на 53,1%.

Таблиця 3.15

Винесення свинцю і кадмію з вегетативною масою та насінням розторопші плямистої за удобрення ґрунтів органічними добривами, г/га

Удобрення	Важкі метали					
	Свинець			Кадмій		
	Вегетативна маса	Насіння	Всього	Вегетативна маса	Насіння	Всього
Без добрив (к)	249,9	1,4	251,3	33,9	0,16	34,1
Перегній	400,7	1,8	402,5	53,7	0,21	53,9
Дефекат	354,7	2,1	356,8	44,5	0,34	44,8
Сидерат	259,6	1,6	261,2	35,0	0,19	35,2

Така ж тенденція була виявлена щодо інтенсивності винесення розторопшею плямистою цинку та міді з ґрунту за удобрення його перегноєм: у порівнянні із дефекатом інтенсивність винесення була вищою на 64,2% і 29,1%, із сидератом – на 79,3% і 25,1% відповідно.

Таблиця 3.16

Винесення цинку і міді з вегетативною масою та насінням розторопші плямистої за удобрення ґрунтів органічними добривами, г/га

Удобрення	Важкі метали					
	Цинк			Мідь		
	Вегетативна маса	Насіння	Всього	Вегетативна маса	Насіння	Всього
Без добрив (к)	1512	34,8	1546,8	438,2	7,8	446
Перегній	3098	52,9	3150,9	706,5	10,3	716,8
Дефекат	1878	43,7	1918,7	546	9,2	555,2
Сидерат	1719	38,2	1757,2	550	8,3	558,3

За результатами досліджень встановлено, що удобрення розторопші плямистої органічними добривами підвищує коефіцієнт накопичення свинцю, кадмію, цинку та міді у її вегетативній масі та насінні, особливо за використання перегною та дефекату, порівняно менше – за використання сидератів. Узагальнюючи результати дослідження необхідно відмітити, що вирощування розторопші плямистої в умовах сучасних сільськогосподарських угідь зберігає високий рівень накопичення у вегетативній масі та насінні свинцю, кадмію, цинку та міді, що потребує постійного контролю за вмістом даних токсикантів у цій сировині.

### **3.3 Вплив позакореневого підживлення на інтенсивність накопичення важких металів розторопшею плямистою та ефективність фітореMediaції**

Відомо, що сучасним напрямом удобрення сільськогосподарських культур також є застосування їх новітніх видів: комплексних орґано-

мінеральних добрив, мікродобрив, мінеральних добрив на хелатній основі, стимуляторів росту рослин з позакореневим внесенням. Застосування таких добрив на посівах розторопші плямистої може істотно обмежити накопичення її рослинами токсичних речовин та стимулювати інтенсивний ріст [6].

Спостереження за концентрацією свинцю у вегетативній масі розторопші плямистої за її позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом Рост-концентрат виявило його вміст на рівні  $13,38 \pm 2,08$  мг/кг сухої речовини, що на 36,8 % більше, ніж уміст свинцю у вегетативній масі розторопші плямистої на контролі, де жодних добрив не використовували (табл. 3.17).

Таблиця 3.17

Вміст важких металів у вегетативній масі розторопші плямистої за позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом Рост-концентрат, мг/кг сухої речовини, ( $M \pm m$ ,  $n=4$ )

Удобрення	Свинець		Кадмій		Мідь	
	Фактичний вміст	ГДК	Фактичний вміст	ГДК	Фактичний вміст	ГДК
Без добрив (контроль)	$8,46 \pm 1,57$	5,0	$1,05 \pm 0,04$	1,0	$13,23 \pm 1,27$	5,0
Добриво Рост-концентрат	$13,38 \pm 2,08^{***}$	5,0	$1,97 \pm 0,06^{***}$	1,0	$17,06 \pm 1,85^{***}$	5,0

Примітка: \* -  $P < 0,05$ ; \*\* -  $P < 0,01$ ; \*\*\* -  $P < 0,001$  (достовірність різниці між середніми величинами, рівень значущості)

Концентрація кадмію у вегетативній масі розторопші плямистої за її підживлення органо-мінеральним добривом Рост-концентрат становила

1,97±0,06 мг/кг в абсолютно сухій речовині. Що було на 46,7 % більше, ніж концентрація кадмію у вегетативній масі розторопші плямистої порівняно з контролем.

Фактична концентрація міді у вегетативній масі розторопші плямистої за її підживлення орґано-мінеральним 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.

Орґано-мінеральне добриво Рост-концентрат найбільше сприяє поглинанню з ґрунту кадмію – у 1,9 раза більше, ніж на контролі.

Установлено, що застосування орґано-мінерального добрива Рост-концентрат на посівах розторопші плямистої сприяє вищому поглинанню з ґрунту свинцю, кадмію та міді.

За використання Рост-концентрату концентрація свинцю, кадмію та міді у вегетативній масі розторопші плямистої була вища за ГДК у 2,67 раза, 1,97 раза, 2,97 раза.

Аналіз коефіцієнта накопичення важких металів у вегетативній масі розторопші плямистої (табл. 3.18) показав, що за підживлення її добривом Рост-концентрат спостерігалось підвищення даного показника по свинцю у 1,59 раза, кадмію – у 1,87 раза, цинку – у 5,18 раза та міді – у 1,28 раза відповідно, порівняно з варіантом де не застосовували удобрення Рост-концентратом.

Таблиця 3.18

Коефіцієнт накопичення важких металів у вегетативній масі розторопші плямистої за позакореневого підживлення (Рост-концентрат)

Удобрення	Важкі метали		
	Свинець	Кадмій	Мідь
Контроль (без добрив)	3,2	10,5	1,32
Дослід (Рост-концентрат)	5,1	19,7	1,7

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

Проведені розрахунки коефіцієнта небезпеки обох дослідів показали, що одержані коефіцієнти становлять понад одиницю на усіх варіантах (табл.3.19).

*Таблиця 3.19*

Коефіцієнт небезпеки важких металів у вегетативній масі розторопші плямистої за позакореневого підживлення органічно-мінеральним добривом Рост-концентрат

Удобрення	Важкі метали		
	Свинець	Кадмій	Мідь
Контроль (без добрив)	1,69	1,05	2,65
Добриво Рост-концентрат	2,68	1,97	3,41

Необхідно відмітити, що коефіцієнт накопичення свинцю та кадмію у вегетативній масі розторопші плямистої був вищим за підживлення Рост-концентратом у 1,58 раза, 1,87 раза, а міді – нижчий у 5,1 раза, ніж на варіанті без удобрення.

Порівняно з вегетативною масою концентрація у насінні розторопші плямистої важких металів (свинцю, кадмію, цинку та міді) на варіанті без удобрення (табл. 3.20) була вища за ГДК відповідно у 6,0 раза, 3,5 раза, 1,54 раза та 1,82 раза відповідно. А за удобрення розторопші плямистої добривом Рост-концентрат відповідно вища за ГДК у 7,6 раза, 4,1 раза, 1,78 раза та 1,97 раза.

Таблиця 3.20

Вміст важких металів у насінні розторопші плямистої (мг/кг) в абсолютно сухій речовині, ( $M \pm m$ ,  $n=4$ ) за використання Рост-концентрат

Удобренья	Важкі метали							
	Свинець		Кадмій		Цинк		Мідь	
	Фактичний вміст	ГДК	Фактичний вміст	ГДК	Фактичний вміст	ГДК	Фактичний вміст	ГДК
Контроль (без добрив)	2,9± 0,085	0,5	0,32± 0,010	0,1	71± 1,29	50	17,0± 0,51	10
Добриво Рост-концентрат	3,0± 0,110	0,5	0,35±0,0 15	0,1	77± 1,47	50	18,2± 0,75	10

Коефіцієнт накопичення важких металів у насінні розторопші плямистої за позакореневого підживлення Рост-концентратом (табл. 3.21) був вищим по свинцю у 1,27 раза, кадмію – у 1,17, цинку – у 1,15 раза та міді – у 1,08 раза, ніж на варіанті без удобрення.

Таблиця 3.21

Коефіцієнт накопичення важких металів у насінні розторопші плямистої за позакореневого підживлення органомінеральним добривом Рост-концентрат

Удобренья	Важкі метали		
	Свинець	Кадмій	Мідь
Контроль (без добрив)	1,15	3,5	1,82
Добриво Рост-концентрат	1,46	4,1	1,97

За позакореневого підживлення добривом Рост-концентрат спостерігалось підвищення коефіцієнта небезпеки важких металів у насінні розторопші плямистої (табл. 3.22).

Таблиця 3.22

Коефіцієнт небезпеки важких металів у насінні розторопші плямистої  
за позакореневого підживлення органо-мінеральним  
добривом Рост-концентрат

Удобрення	Важкі метали			
	Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь
Контроль (без добрив)	6,0	3,5	1,5	1,8
Добриво Рост-концентрат	7,6	4,1	1,78	1,97

Так, за позакореневого підживлення розторопші плямистої органо-мінеральним добривом Рост-концентрат коефіцієнт небезпеки по свинцю, кадмію, цинку та міді підвищився у 1,26 раза, 1,17, 1,18 та 1,1 раза відповідно, ніж на варіанті без удобрення.

Таблиця 3.23

Винесення свинцю і кадмію з вегетативною масою та насінням розторопші  
плямистої за позакореневого підживлення, г/га

Удобрення	Важкі метали					
	Свинець			Кадмій		
	Вегетативна маса	Насіння	Всього	Вегетативна маса	Насіння	Всього
Без добрив (к)	266,0	1,23	267,2	33,0	0,13	31,3
Рост-концентрат	452,0	1,53	453,5	66,5	0,17	66,6
	Цинк			Мідь		
Без добрив (к)	1707	30,1	1737,1	416,0	7,2	423,2
Рост-концентрат	2357	39,2	2396,2	576,3	9,2	585,5

Результати проведеного дослідження показали, що за позакореневого підживлення розторопші плямистої Рост-концентратом (табл. 3.23)

інтенсивність винесення з вегетативною масою свинцю, кадмію, цинку та міді підвищувалась на 69,7% і 2,1 раза, 37,9% та 38,3% відповідно порівняно з варіантом без удобрення.

Отримані результати досліджень показали, що за позакореневого підживлення посівів розторопші плямистої хелатними добривами Фосфор-хелат і Калій-хелат (табл. 3.24) спостерігається інша інтенсивність накопичення важких металів у її вегетативній масі, ніж на варіанті із використанням органо-мінерального добрива Рост-концентрат.

Таблиця 3.24

Вміст важких металів у вегетативній масі розторопші плямистої за її позакореневого підживлення хелатними добривами Фосфор-хелат і Калій-хелат, мг/кг сухої речовини, ( $M \pm m$ ,  $n=4$ )

Удобрення	Важкі метали							
	Свинець		Кадмій		Мідь		Цинк	
	Фактичний вміст	ГДК	Фактичний вміст	ГДК	Фактичний вміст	ГДК	Фактичний вміст	ГДК
Контроль (без добрив)	11,04± 1,64	5,0	1,85± 0,06	1,0	17,13± 1,86	5,0	56,02± 0,87	10,0
Добриво Фосфор-хелат	11,82± 1,83	5,0	1,68± 0,05*	1,0	15,30± 1,34**	5,0	58,06± 0,03	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± 0,90***	10,0

Примітка: \* -  $P < 0,05$ ; \*\* -  $P < 0,01$ ; \*\*\* -  $P < 0,001$  (достовірність різниці між середніми величинами, рівень значущості)

Зокрема, найменшу концентрацію свинцю у вегетативній масі розторопші плямистої було виявлено за підживлення 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 підживлення рослин розторопші плямистої хелатним добривом Калій-хелат.

Найнижчу концентрацію кадмію у вегетативній масі розторопші плямистої було виявлено за її підживлення хелатним добривом Фосфор-хелат –  $1,68 \pm 0,05$  мг/кг сухої речовини, що на 7,7 % менше, ніж за підживлення 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 вегетативної маси з найнижчим вмістом міді –  $15,30 \pm 1,34$  мг/кг абсолютно 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 у вегетативній масі розторопші плямистої було виявлено на контролі –  $56,02 \pm 3,87$  мг/кг сухої речовини. Позакореневе підживлення її посівів хелатним добривом Фосфор-хелат сприяє зростанню у її вегетативній 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 вегетативної маси кадмієм та міддю у 1,1 раза порівняно з варіантом без позакореневого підживлення її посівів, а зростання концентрації свинцю і цинку проти контролю є незначним і перебуває у межах похибки досліду.

Застосування для удобрення посівів розторопші плямистої хелатного добрива Калій-хелат сприяє зменшенню забруднення її вегетативної маси кадмієм порівняно з контролем, а забруднення міддю перебуває в межах похибки. Водночас заміна добрива Рост-концентрат на Фосфор-хелат або Калій-хелат під час позакореневого підживлення посівів розторопші плямистої зумовить зниження забруднення її вегетативної маси свинцем, кадмієм та міддю, але збільшить забруднення цинком порівняно з контролем.

За позакореневого удобрення розторопші плямистої Фосфор-хелат і Калій-хелат (табл. 3.25) коефіцієнт накопичення у вегетативній масі свинцю був вищий відповідно у 1,07 раза і 1,35 раза, цинку – у 1,43 раза і 1,03 раза, ніж на контролі.

Таблиця 3.25

Коефіцієнт накопичення важких металів у вегетативній масі розторопші плямистої за позакореневого підживлення (Фосфор-хелат, Калій-хелат)

Удобрення	Важкі метали			
	Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь
Контроль (без добрив)	4,2	18,5	1,7	1,7
Дослід (Фосфор-хелат)	4,5	16,8	2,5	1,5
Дослід (Калій-хелат)	5,7	18,2	1,8	1,8

Так, коефіцієнт накопичення кадмію та міді у вегетативній масі розторопші плямистої був нижчий відповідно у 1,1 раза і 1,13 раза за позакореневого підживлення Фосфор-хелат, ніж на контролі.

Коефіцієнт накопичення міді у вегетативній масі розторопші плямистої за позакореневого підживлення її Фосфор-хелат був нижчим у 1,13 раза, а за Калій-хелат – у 1,06 раза, порівнюючи з контролем.

За використання хелатних добрив (табл. 3.26) найменший коефіцієнт небезпеки свинцю було встановлено на варіанті за позакореневого підживлення розторопші плямистої хелатним добривом Фосфор-хелат – 2,36, а найвищий – за підживлення добривом Калій-хелат – 2,99.

Найнижчий коефіцієнт небезпеки кадмію у вегетативній масі розторопші плямистої було встановлено за позакореневого підживлення рослин хелатним добривом Фосфор-хелат – 1,68, а найвищий – за підживлення органічно-мінеральним добривом Рост-концентрат – 1,97.

Таблиця 3.26

Коефіцієнт небезпеки важких металів у вегетативній масі розторопші плямистої за позакореневого підживлення хелатними добривами  
Фосфор-хелат і Калій-хелат

Удобрення	Важкі метали			
	Свинець	Кадмій	Мідь	Цинк
Контроль (без добрив)	2,21	1,85	3,43	5,60
Добриво Фосфор-хелат	2,36	1,68	3,06	5,81
Добриво Калій-хелат	2,99	1,82	3,69	8,06

За позакореневого підживлення посівів розторопші плямистої добривом Фосфор-хелат спостерігався найнижчий коефіцієнт небезпеки міді у її вегетативній масі – 3,06. Найвищий коефіцієнт небезпеки важких металів був на варіанті за позакореневого підживлення рослин добривом Калій-хелат – 3,69.

Найменший коефіцієнт небезпеки цинку у вегетативній масі розторопші плямистої спостерігався на варіанті за внесення органо-мінерального добрива Рост-концентрат – 2,98, а найвищий – за позакореневого підживлення хелатним добривом Калій-хелат – 8,06.

Порівняння одержаних показників фактичного вмісту важких металів у насінні розторопші плямистої в абсолютно сухій речовині з ГДК представлено у таблиці 3.27.

За результатами проведених досліджень встановлено, що за позакореневого підживлення розторопші плямистої добривом Фосфор-хелат концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді була вища за норму у 6 разів, 3,6, 1,52 та 1,8 рази відповідно, тоді як за використання добрива Калій-хелат – у 5,6 рази, 3,2, 1,26 та 1,7 рази.

Таблиця 3.27

Вміст важких металів у насінні розторопші плямистої, (мг/кг) в абсолютно сухій речовині, ( $M \pm m$ ,  $n=4$ )

Удобрення	Важкі метали							
	Свинець		Кадмій		Цинк		Мідь	
	Фактичний вміст	ГДК	Фактичний вміст	ГДК	Фактичний вміст	ГДК	Фактичний вміст	ГДК
Контроль (без добрив)	3,8± 0,11	0,5	0,41± 0,009	0,1	89± 1,29	50,0	19,7± 0,24	10,0
Добриво Фосфор-хелат	3,0± 0,12	0,5	0,36± 0,011	0,1	76± 0,91	50,0	18,0± 0,82	10,0
Добриво Калій-хелат	2,8± 0,06	0,5	0,32± 0,011	0,1	63± 1,08	50,0	17,5± 0,89	10,0

За позакореневого підживлення розторопші плямистої добривом Фосфор-хелат коефіцієнт накопичення свинцю у насінні був вищим на 2,6%, кадмію та міді нижчим – на 8,3% та 3,8%, ніж на варіанті без удобрення. За використання Калій-хелату коефіцієнт накопичення у насінні розторопші плямистої свинцю, кадмію та міді був нижчим на 10,4%, 11,1% та 6,5%, ніж на варіанті без удобрення (табл. 3.28).

Таблиця 3.28

Коефіцієнт накопичення важких металів у насінні розторопші плямистої за позакореневого підживлення хелатними добривами

Удобрення	Важкі метали		
	Свинець	Кадмій	Мідь
Контроль (без добрив)	1,15	3,6	1,82
Добриво Фосфор-хелат	1,18	3,3	1,75
Добриво Калій-хелат	1,03	3,2	1,70

За позакореневого підживлення розторопші плямистої хелатними добривами Фосфор-хелат і Калій-хелат (табл. 3.29) коефіцієнт небезпеки у її насінні знизився відповідно на 6,6% і 3,3% по свинцю, на 8,3% і 11,1% по кадмію, на 17,0% і 3,9% по цинку та на 2,7% і 5,5% по міді порівнюючи з варіантом без удобрення.

Таблиця 3.29

Коефіцієнт небезпеки важких металів у насінні розторопші плямистої за позакореневого підживлення хелатними добривами

Удобрення	Важкі метали			
	Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь
Контроль (без добрив)	6,0	3,6	1,52	1,8
Добриво Фосфор-хелат	5,6	3,3	1,26	1,75
Добриво Калій-хелат	5,8	3,2	1,42	1,7

Результати урожайності вегетативної маси розторопші плямистої за позакореневого підживлення органо-мінеральними добривами (рис. 3.7) показують, що даний показник підвищився у вегетативній масі на 2,8% за використання добрива Фосфор-хелат, тоді як за використання Калій-хелату, даний показник був у межах 7,1% порівнюючи з варіантом без удобрення.

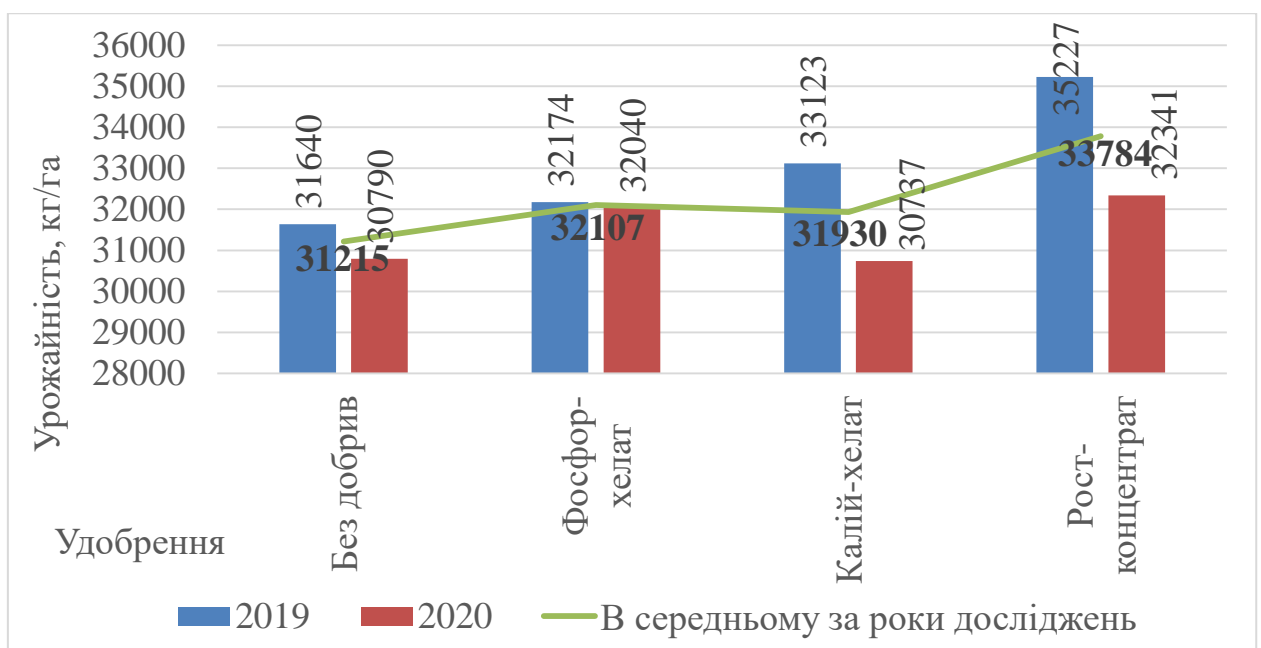


Рисунок 3.7. – Урожайність вегетативної маси розторопші плямистої

Аналізуючи урожайність насіння розторопші плямистої за позакореневого підживлення (рис. 3.8) визначено, що за використання добрива Фосфор-хелат урожайність підвищилася на 2,3%, за використання Калій-хелат – на 4,9% порівнюючи з варіантом без удобрення.

За позакореневого підживлення розторопші плямистої Рост-концентратом урожайність насіння зросла на 8,9%, ніж на варіанті без удобрення.

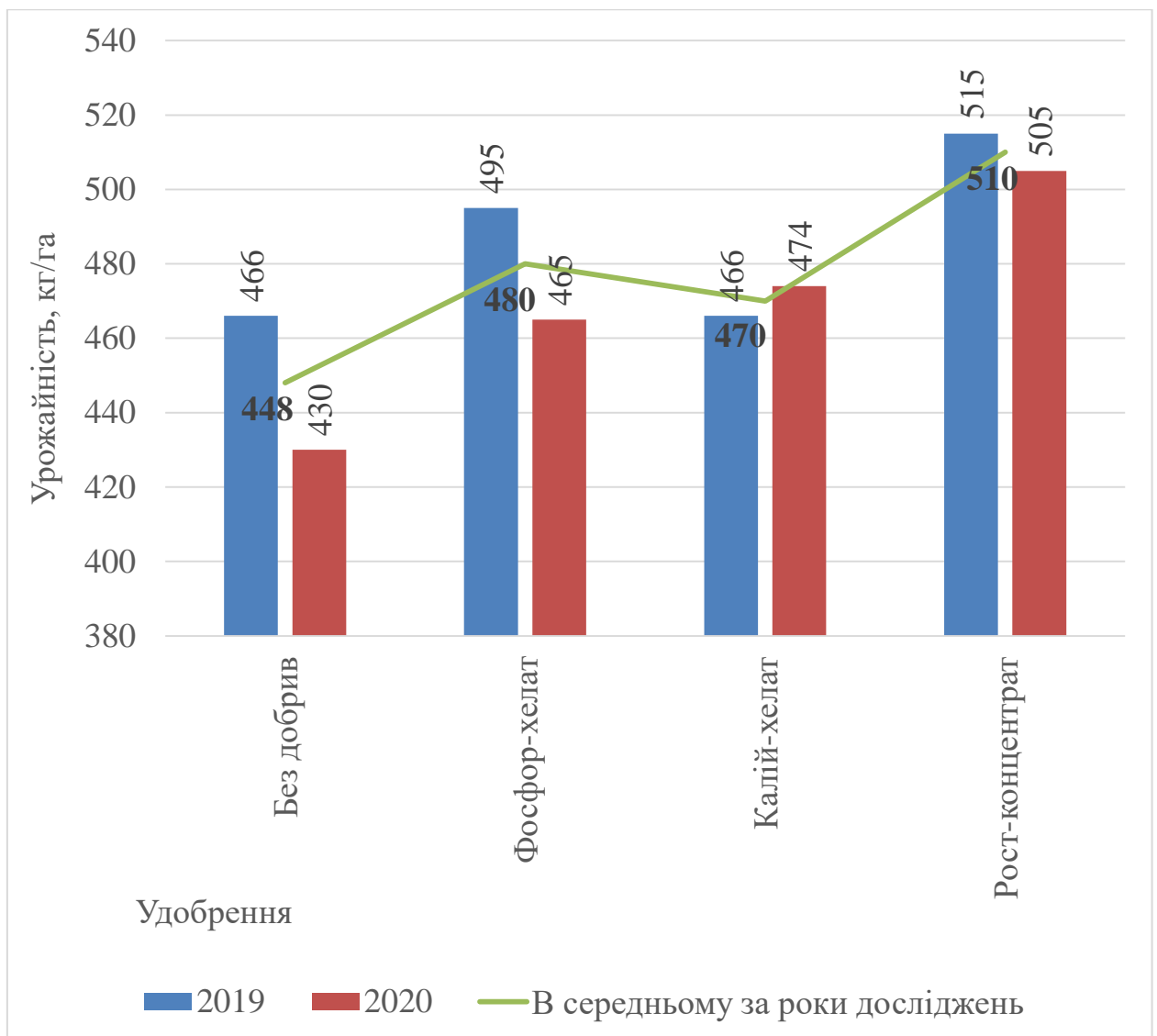


Рисунок 3.8. – Урожайність насіння розторопші плямистої

Маса насіння з однієї рослини розторопші плямистої (рис. 3.9) була вища за використання Фосфор-хелату на 1,8%, а за використання Калій-хелату – на 2,5% порівнюючи з варіантом без удобрення.

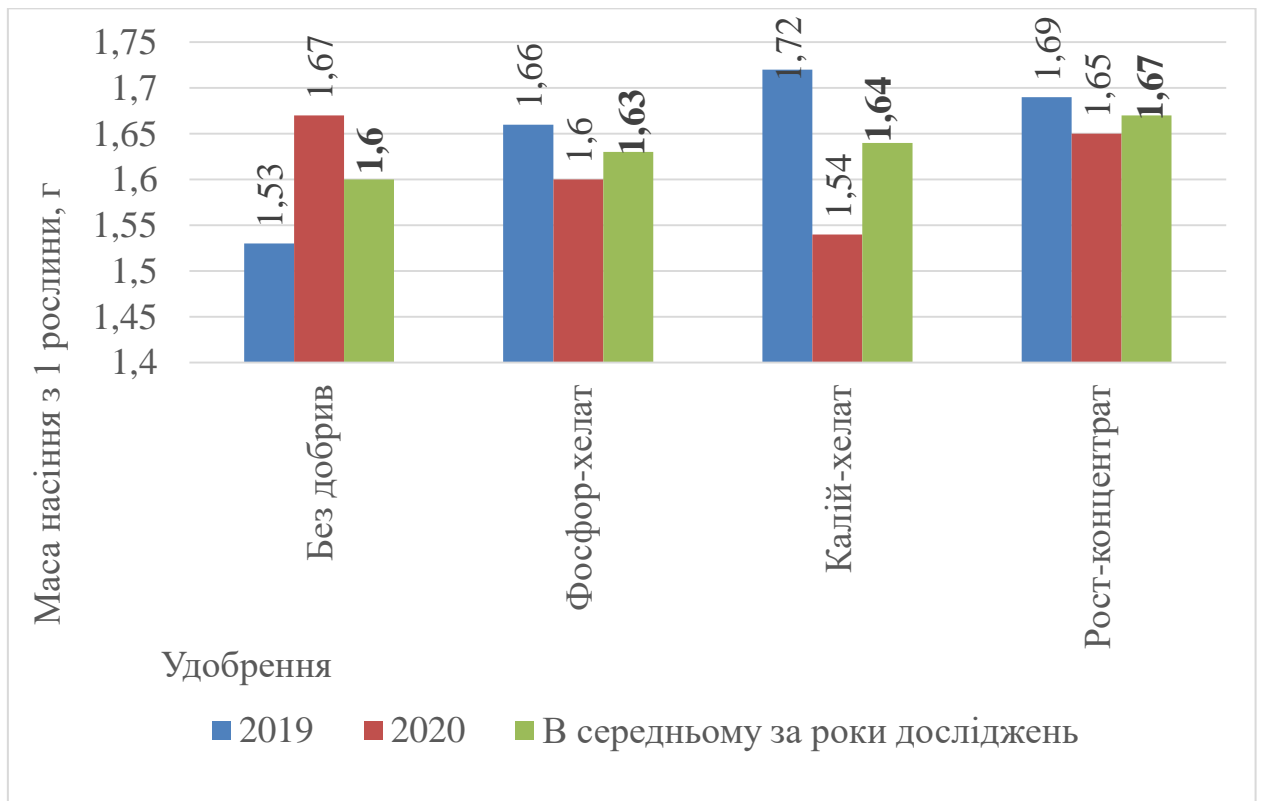


Рис. 3.9. Маса насіння розторопші плямистої

За позакореневого підживлення розторопші плямистої (табл. 3.30) Фосфор-хелатом винесення з вегетативною масою та насінням підвищувалось по свинцю на 11,7%, цинку – на 6,3%, а кадмію і міді, навпаки, знижувалась на 5,5% та 8,0% відповідно порівнюючи з варіантом без удобрення.

Таблиця 3.30

Винесення важких металів з вегетативною масою та насінням розторопші плямистої за позакореневого підживлення, г/га

Удобрення	Важкі метали					
	Свинець			Кадмій		
	Вегетатив на маса	Насіння	Всього	Вегетатив на маса	Насіння	Всього
1	2	3	4	5	6	7
Без підживлення (к)	344,6	1,70	346,3	57,7	0,18	57,8

Продовження таблиці 3.30

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Фосфор-хелат	379,5	1,44	386,9	53,9	0,17	54,6
Калій-хелат	477,5	1,32	478,9	58,1	0,15	58,2
	Цинк			Мідь		
Без підживлення (к)	1748	39,8	1787	534,7	8,8	543,5
Фосфор-хелат	1864	36,5	1900	491,2	8,6	499,8
Калій-хелат	2572	29,6	2601	589,7	8,2	598

Позакореневе підживлення розторопші плямистої Калій-хелатом сприяло підвищенню виведення з ґрунтів свинцю на 38,2%, кадмію – на 0,6%, цинку – на 45,5% та міді – на 10% порівнюючи з варіантом без удобрення.



### Висновки до розділу 3

У результаті проведених досліджень встановлено, що при вирощуванні розторопші плямистої в умовах інтенсивного землеробства Правобережного Лісостепу на досліджуваних територіях Вінниччини спостерігалось перевищення ГДК у її вегетативній масі та насінні свинцю, кадмію, цинку, міді. Поряд з цим необхідно відмітити, що інтенсивність накопичення даних металів (свинець, кадмій, цинк, мідь) у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої залежала від рівня забруднення ґрунтів даними елементами.

Удобрення ґрунтів мінеральними добривами (аміачна селітра, суперфосфат простий, калій хлористий) із розрахунку 60 кг/га у діючій речовині сприяло підвищенню концентрації свинцю, кадмію, цинку та міді у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої.

За удобрення ґрунтів перегноєм (20 т/га) і дефекатом (6 т/га) спостерігалось підвищення свинцю, кадмію, цинку та міді у вегетативній масі розторопші плямистої, тоді як при вирощуванні даної культури після сидерату (гірчиця), навпаки, було відмічено зниження даних металів.

Концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді у насінні розторопші плямистої також підвищувалась за удобрення ґрунтів перегноєм і дефекатом, тоді як при вирощуванні її після сидерату змін по свинцю і кадмію виявлено не було, а по цинку і міді було зафіксовано незначне зниження.

Використання орґано-мінерального добрива Рост-концентрат для позакореневого підживлення розторопші плямистої сприяло підвищенню накопичення свинцю, кадмію, цинку та міді у вегетативній масі.

За використання Фосфор-хелату для позакореневого підживлення було виявлено підвищення у вегетативній масі розторопші плямистої концентрації свинцю і цинку, тоді як кадмію і міді, навпаки, зниження.

Підживлення Калій-хелатом розторопші плямистої підвищувало концентрацію свинцю, міді та цинку, водночас знижувало вміст кадмію у

вегетативній масі.

За позакореневого підживлення розторопші плямистої Рост-концентратом, Калій-хелатом і Фосфор-хелатом спостерігалось зниження концентрації свинцю, кадмію, цинку та міді у її насінні.

За удобрення ґрунтів та позакореневого підживлення при вирощуванні розторопші плямистої спостерігалось підвищення урожайності вегетативної маси та кількості насіння по зростаючій послідовності: мінеральні добрива → органічні добрива → позакореневе підживлення.

Удобрення ґрунтів мінеральними добривами (аміачна селітра, суперфосфат простий, калій хлористий, суміш  $N_{60}P_{60}K_{60}$  добрив) сприяло вищому винесенню із вегетативною масою та насінням розторопші плямистої свинцю – від 52,2% до 2,14 раза, кадмію – від 41,9% до 3,5 раза, цинку – від 20,1% до 2,6 раза та міді – від 10,2% до 2,3 раза порівнюючи з варіантом без удобрення.

Найвище винесення важких металів (свинець, кадмій, цинк та мідь) спостерігалось за удобрення ґрунтів азотними добривами.

Удобрення ґрунтів органічними добривами (перегній, дефека́т та сидерат) сприяло збільшенню винесення розторопшею плямистою з ґрунту свинцю – від 3,9% до 42%, кадмію – від 3,2% до 58%, цинку – від 13,6% до 2,03 раза та міді – від 24,5% до 60,7% порівнюючи з варіантом без удобрення.

Позакореневе підживлення розторопші плямистої (Рост-концентрат, Калій-хелат і Фосфор-хелат) підвищувало винесення з ґрунтів свинцю – від 11,7% до 69,7, кадмію – від 0,6% до 2,1 рази, цинку – від 6,3% до 45,5% та міді – від 10% до 38,3% порівняно з варіантом без підживлення.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3**

1. Проданчук М.Г., Великий В.І., Мудрий І.В. Гігієнічні аспекти та нормативно-правове забезпечення державного санітарноепідеміологічного нагляду при транспортуванні, зберіганні та застосуванні мінеральних добрив. *Современные проблемы токсикологии*. 2007. Вип.1. С. 4-8.
2. 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. Vol. 10 (2). P. 131-136. Doi: 10.15421/2020\_75.
3. Ткачук О.П., Разанова А.М. Порівняльна оцінка накопичення Zn розторопшею плямистою (*Silybum Marianum*) залежно від виду мінеральних добрив. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 1. С. 98-103. DOI: 10.33730/2077-4893.1.2020.201278.
4. Ткачук О.П., Разанова А.М. Інтенсивність накопичення Pb у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої (*Silybum Marianum*). *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 1. С. 109-112. DOI: 10.31395/2310-0478-2020-1-109-112.
5. Разанов С.Ф., Разанова А.М. Інтенсивність накопичення розторопшею плямистою міді в умовах польових сівозмін. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 2 (17). С. 177-187. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-2-16.
6. Разанов С.Ф., Ткачук О.П., Разанова А.М. Інтенсивність накопичення важких металів листковою масою розторопші плямистої за її удобрення новітніми добривами. *Агробіологія*. 2020. № 2. С. 152–159. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-160-167.
7. Razanov S., Razanova A., Kutsenko M. Assessment of the intensity of accumulation of lead and cadmium in leaves and seeds when using different types of fertilizers. *German International Journal of Modern Science*. 2021. № 10. P. 4-7. DOI: 10.24412/2701-8369-2021-10-2-4-7.

8. Разанов С.Ф., Разанова А.М., Піддубна А.М., Гусак О.Б. Інтенсивність накопичення важких металів у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої за різного органічного удобрення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 1 (20). С. 211-223. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-1-16.

9. Razanov S.F., Razanova A.M., Àmons S.E., Gutsol G.V. Yield, chemical composition and the level of accumulation of heavy metals in the vegetative mass and seeds of milk thistle (*Silybum marianum* L.) in different types of organic fertilizer. *Ecology, environment and conservation (Eco. Env. & Cons.)*. 2021. Vol. 27 (4). P. 1609-1617.

10. Снітинський В.В., Ткачук О.П., Разанова А.М., Коруняк О.П. Ефективність фітореMediaції забрудненого важкими металами ґрунту за вирощування розторопші плямистої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 1 (28). С. 164-171. DOI: 10.37128/2707-5826- 2023-1-11.

**РОЗДІЛ 4**  
**ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ**  
**РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Аналіз вивчення економічної ефективності удобрення ґрунтів при вирощуванні розторопші плямистої показав підвищення прибутку за використання мінерального добрива (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) у 1,54 раза, органічних добрив (перегній) – у 1,34 раза, дефекату – у 1,16 раза, сидерату – у 1,17 раза, Фосфор-хелату – у 1,11 раза, Калій-хелату – у 1,07 раза та органо-мінерального добрива Рост-концентрат – у 1,12 раза та сидерату (гірчиця) – у 1,17 раза порівнюючи з варіантом без удобрення (табл. 4.1.).

Таблиця 4.1

**Економічна ефективність виробництва насіння**  
**розторопші плямистої за її удобрення**

Удобрення	Урожайність насіння, т/га	Виробничі витрати, грн/га	Реалізаційна ціна насіння розторопші плямистої, тис.грн	Валовий дохід від реалізації насіння, грн/га	Прибуток, грн	Рівень рентабельності, %
1	2	3	4	5	6	7
Без добрив (контроль)	0,45	5942	30,0	13500	7558	127,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,61	6887	30,0	18300	11643	165,7
Без добрив (к)	0,447	5942	30,0	13500	7558	127,2
Перегній, 20 т/га	0,54	6047	30,0	16200	10153	167,9
Дефекат, 6 т/га	0,51	6604	30,0	15300	8796	133,2
Сидерат (гірчиця)	0,52	6625	30,0	15600	8875	133,9

## Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7
Без добрив (к)	0,448	5942	30,0	13440	7498	126,2
Фосфор – хелат	0,48	6020	30,0	14400	8380	139,2
Калій – хелат	0,47	6020	30,0	14100	8080	134,2
Без добрив (к)	0,468	5942	30,0	14040	8098	136,2
Рост – концентрат	0,51	6270	30,0	15300	9130	145,6

Характеризуючи рівень рентабельності, необхідно також відмітити позитивні тенденції щодо підвищення даного показника за удобрення ґрунтів при вирощуванні розторопші плямистої. Так, за удобрення ґрунтів при вирощуванні рослини мінеральним добривом ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) рівень рентабельності підвищився у 1,31 раза, органічними (перегній) – у 1,31 раза, сидерату (гірчиця) – у 1,05 раза, дефекатом – у 1,05 раза, органо-мінеральним добривом Рост – концентрат – у 1,07 раза, хелатними добривами (Фосфор-хелат, Калій-хелат) – у 1,1 раза та 1,06 раза відповідно порівнюючи з варіантом без удобрення.

Аналіз екологічної оцінки удобрення ґрунтів мінеральними та органічними добривами при вирощуванні розторопші плямистої (табл. 4.2) показав певну залежність накопичення у вегетативній масі та насінні цієї культури важких металів, що розкриває вплив удобрення на трансформацію даних токсикантів в системі ґрунт – рослина та рівень фітореMediaції.

За вирощування розторопші плямистої на ґрунтах без використання мінеральних добрив (контроль) винесення свинцю, кадмію, цинку та міді із розрахунку на 1 га склало 261,9 г, 31,2; 929,7 та 417,4 г відповідно.

Так, за удобрення ґрунтів мінеральними добривами спостерігалось підвищення винесення з ґрунтів важких металів: свинцю від 52,2% до 2,14 раза, кадмію – від 41,9% до 3,5 раза, цинку – від 20,1% до 2,6 раза та міді – від 10,2% до 2,6 раза. Найвище винесення з ґрунту важких металів за

удобрення ґрунтів мінеральними добривами спостерігалось за використання аміачної селітри.

Таблиця 4.2

### Екологічна оцінка фітореMediaції ґрунтів

Добриво	Винесення важких металів з ґрунту при вирощуванні розторопші плямистої							
	За удобрення				Без добрив (контроль)			
	Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь	Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь
Аміачна селітра	560,7	111,5	2598	783,8	261,9	31,2	929,7	417,4
Калій хлористий	398,8	53,4	1119	482,5	261,9	31,2	929,7	417,4
Суперфосфат простий	404,2	44,36	1141	460,0	261,9	31,2	929,7	417,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	491,2	70,8	2422	966,5	261,9	31,2	929,7	417,4
Перегній	402,5	53,9	3150,9	716,8	251,3	34,1	1546,8	446
Дефекат	356,8	44,8	1918,7	555,2	251,3	34,1	1546,8	446
Сидерат	261,2	35,2	1757,2	555,8	251,3	34,1	1546,8	446
Фосфор-хелат	386,9	53,9	1900	449,8	346,3	57,8	1787	543,5
Калій-хелат	478,9	58,2	2601	598	346,3	57,8	1787	543,5
Рост-концентрат	453,5	66,6	2396,2	585,5	267,2	31,3	1737,1	423,2

Удобрення ґрунтів органічними добривами також сприяло підвищенню винесення із ґрунту важких металів, зокрема, свинцю – від 3,9% до 42%, кадмію – від 3,2% до 58%, цинку – від 13,6% до 2,03 раза та міді – від 24,5% до 60,7%. Найвища інтенсивність винесення з ґрунту важких металів при вирощуванні розторопші плямистої спостерігалась за використання перегною.

## Висновки до розділу 4

При вирощуванні розторопші плямистої найвищі показники економічної ефективності відмічено у варіанті досліду за використання повного мінерального удобрення ґрунтів у дозі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (аміачна селітра, суперфосфат простий, калій хлористий), у якому було відмічено найвищий прибуток – 11643 грн та у варіанті досліду за використання перегною (20 т/га), прибуток – 10153 грн.

Найвищу рентабельність зафіксовано на варіанті удобрення ґрунтів перегноем, повного мінерального удобрення ґрунтів  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та позакореневого підживлення Рост – концентрат.

За мінерального удобрення ґрунтів при вирощуванні розторопші плямистої спостерігалось найвище винесення важких металів (свинець, кадмій, цинк, мідь) на варіанті удобрення ґрунтів аміачною селітрою; за органічного удобрення – на варіанті удобрення ґрунтів перегноем.



## ВИСНОВКИ

На основі проведених комплексних досліджень з'ясовано вплив удобрення сірих лісових ґрунтів мінеральними, органічними добривами та позакореневого підживлення при вирощуванні розторопші плямистої на накопичення в її вегетативній масі й насінні важких металів в умовах інтенсивного землеробства та зроблені такі висновки:

1. Поєднання удобрення ґрунтів аміачною селітрою, калієм хлористим, суперфосфатом простим, сумішшю мінеральних добрив сприяло підвищенню вмісту у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої свинцю у 1,43 раза і 1,3 раза; 1,51 раза і 1,2 раза; 1,47 раза і 1,2 раза; 1,23 раза і 1,1 раза; кадмію – у 2,4 раза і 1,5 раза; 1,7 раза і 1,3 раза; 1,36 раза і 1,32 раза; 1,5 раза і 1,2 раза; цинку – у 5,4 раза і 1,36 раза; 1,17 раза і 1,3 раза; 1,18 раза і 1,2 раза; 1,74 раза і 1,13 раза; міді – у 1,25 раза і 1,39 раза; 1,16 раза і 1,25 раза; 1,14 раза і 1,25 раза; 1,53 раза і 1,11 раза відповідно порівнюючи з варіантом без удобрення.

2. За мінерального удобрення ґрунтів при вирощуванні розторопші плямистої найвища врожайність була за використання повного мінерального удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (аміачна селітра, суперфосфат простий, калій хлористий) порівняно нижча, на 1,5% і 1,3% – за використання тільки аміачної селітри (60 кг/га), на 31,0% і 22,0% – за використання лише суперфосфату простого (60 кг/га), на 33,4% і 27,7% – за використання лише калію хлористого.

3. Удобрення ґрунту повним мінеральним добривом  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (аміачною селітрою, суперфосфатом простим, калієм хлористим) підвищує рівень винесення свинцю у 2,14 раза, 54,3%, 52,2% та 87,5%; кадмію – у 3,5 раза, 41,9%, 71,1% та 2 рази; цинку – у 2,8 раза, 22,7%, 20,1% та 2,6%; міді – на 87,7%, 10,2%, 15,5% та 2,3 раза відповідно.

4. Удобрення ґрунтів перегноєм, дефекатом сприяло підвищенню вмісту у вегетативній масі та насінні розторопші плямистої свинцю у 1,19

раза і 1,1 раза; 1,25 і 1,3 раза; кадмію – у 1,18 раза і 1,08 раза; 1,16 раза і 1,83 раза відповідно порівняно з варіантом без удобрення.

5. Удобрення ґрунту органічними добривами при вирощуванні розторопші плямистої підвищувало інтенсивність винесення свинцю, кадмію, цинку та міді, зокрема, за використання перегною – на 60%, 58%, 2,03 раза, 60,7%, дефекату – на 42%, 31,3%, 24%, 24,5%, сидерату – на 3,9%, 3,2%, 13,6%, 25,1%.

6. Найвища урожайність розторопші плямистої (41319 кг/га – вегетативна маса, 530 кг/га – насіння) спостерігалась за удобрення ґрунтів перегноем (20 т/га), порівняно нижча – на 15,8% і 5,5% за використання дефекату (6 т/га) та на 9,1% і 3,7% – за використання сидерату.

7. Позакореневе підживлення розторопші плямистої Калій-хелатом та Фосфор-хелатом сприяло підвищенню у вегетативній масі концентрації свинцю на 7% та 35%, кадмію – зниженню на 9,1% та 1,62% та підвищенню цинку на 3,6% і 43,8% відповідно порівняно з варіантом без підживлення. Вміст важких металів у насінні розторопші плямистої за підживлення її Фосфор-хелатом та Калій-хелатом виявився нижчим по свинцю на 21% і 26,3%, кадмію – на 12,2% і 21,9%, цинку – на 14,6% і 17,1%, міді – на 8,6% і 11,1% відповідно порівняно з варіантом без удобрення. За позакореневого підживлення розторопші плямистої Рост-концентратом виявлено підвищення вмісту у вегетативній масі та насінні свинцю на 58,8% і 3,4%, кадмію – на 87,6% і 9,3%, міді – 28,9% і 7,0% відповідно порівняно з варіантом без удобрення.

8. Позакореневе підживлення розторопші плямистої сприяло підвищенню винесення з ґрунту свинцю, кадмію, цинку, міді, зокрема, за використання Рост-концентрату – на 69,7%, 2,1 раза, 37,9%, 38,3%, Калій-хелату – на 38,2%, 0,6%, 45,5%, 10%; за використання Фосфор-хелату спостерігалось підвищення винесення з ґрунту свинцю на 38,2%, цинку – на 6,3%, а кадмію та міді, навпаки, зниження – на 5,5% і 8,0% відповідно.

9. За позакореневого підживлення розторопші плямистої спостерігали підвищення урожайності вегетативної маси і насіння за використання Фосфор-хелату на 2,8% і 2,3%, Калій-хелату – на 7,1% і 4,9%, Рост-концентрату – на 6,1% та 8,9% відповідно.

## ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

За вирощування на сірих лісових ґрунтах розторопші плямистої в умовах польових сівозмін Лісостепу Правобережного з метою використання насіння у фармації рекомендуємо:

- систематично проводити моніторинг забруднення свинцем, кадмієм, цинком та міддю вегетативної маси та насіння розторопші плямистої;

- вирощену вегетативну масу із високим умістом токсикантів після обмолоту та відбору насіння видаляти з полів з подальшим її захороненням, що сприятиме очищенню ґрунту від важких металів;

- обмежити удобрення ґрунтів мінеральними добривами, віддаючи перевагу використанню зеленого добрива (сидерат гірчиця) та позакореновому підживленню розторопші плямистої добривом Фосфор-хелат (0,9 л/га) та Калій-хелат (0,9 л/га).

## ДОДАТКИ

**СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**  
за спеціальністю 101 Екологія  
Разанової Алли Михайлівни

№ 3/п	Назва	Назва видання та його вихідні відомості, що дозволяють ідентифікувати та відрізнити це видання від усіх інших	Кількість друкованих сторінок / друк. арк.	Прізвище співавторів
1	2	3	4	5
<b>Статті у наукових фахових виданнях, що індексуються в міжнародній наукометричній базі Web of Science</b>				
1	Intensity of heavy metal accumulation in plants of <i>Silybum marianum</i> L. in conditions of field rotation	<i>Ukrainian Journal of Ecology</i> . 2020. Vol. 10. № 2. DOI: 10.15421/2020_75. URL: <a href="https://www.ujecology.com/article/s/intensity-of-heavy-metal-accumulation-in-plants-of-silybum-marianum-l-in-conditions-of-field-rotation.pdf">https://www.ujecology.com/article/s/intensity-of-heavy-metal-accumulation-in-plants-of-silybum-marianum-l-in-conditions-of-field-rotation.pdf</a> (Web of Science)	P. 131-136 0,8 (0,2)	Razanov S.F., Tkachuk O.P., Bakhmat M.I., Bakhmat O.M.
<b>Статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», включених до міжнародної наукометричної бази даних (Index Copernicus)</b>				
2	Ефективність вирощування та використання лікарських рослин в сучасних екологічних умовах довкілля	<i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2017. № 6. Т. 2. URL: <a href="http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/17515.pdf">http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/17515.pdf</a>	C. 141-149 0,7 (0,4)	Разанов С.Ф.
3	Порівняльна оцінка накопичення Zn розторопшею плямистою ( <i>Silybum Marianum</i> ) залежно від виду мінеральних добрив	<i>Агроекологічний журнал</i> . 2020. № 1. DOI: 10.33730/2077-4893.1.2020.201278. URL: <a href="http://journalagroeco.org.ua/article/view/201278">http://journalagroeco.org.ua/article/view/201278</a>	C. 98-103 0,7 (0,35)	Ткачук О.П.

## Продовження додатка А

4	Інтенсивність накопичення Pb у листковій масі та насінні розторопші плямистої ( <i>Silybum Marianum</i> )	<i>Вісник Уманського національного університету садівництва</i> . 2020. № 1 DOI: 10.31395/2310-0478-2020-1-109-112. URL: <a href="https://visnyk-unaus.udau.edu.ua/arxiv-nomerv/2020/1-2020/intensivnst-nakopichennya-pb-u-listkovj-mas-ta-nasnn-roztoropsh-plyamisto-silybum-marianum.html">https://visnyk-unaus.udau.edu.ua/arxiv-nomerv/2020/1-2020/intensivnst-nakopichennya-pb-u-listkovj-mas-ta-nasnn-roztoropsh-plyamisto-silybum-marianum.html</a>	<u>С. 109-112</u> 0,8 (0,4)	Ткачук О.П.
5	Інтенсивність накопичення важких металів листковою масою розторопші плямистої за її удобрення новітніми добривами	<i>Агробіологія</i> . 2020. № 2. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-160-167. URL: <a href="https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/uk/content/intensyvnt-nakopychennya-vazhkyh-metaliv-lystkovoyu-masoyu-roztoropsh-plyamystoyi-za-yiyi">https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/uk/content/intensyvnt-nakopychennya-vazhkyh-metaliv-lystkovoyu-masoyu-roztoropsh-plyamystoyi-za-yiyi</a>	<u>С. 152-159</u> 1,0 (0,4)	Разанов С.Ф., Ткачук О.П.
6	Інтенсивність накопичення розторопшею плямистою міді в умовах польових сівозмін	<i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2020. № 2(17). DOI: 10.37128/2707-5826-2020-2-16. URL: <a href="http://forestry.vsau.org/storage/articles/March2021/wHUIksSxpKpyEdEwXKAu.pdf">http://forestry.vsau.org/storage/articles/March2021/wHUIksSxpKpyEdEwXKAu.pdf</a>	<u>С. 177-187</u> 0,7 (0,4)	Разанов С.Ф.
7	Інтенсивність накопичення важких металів у листковій масі та насінні розторопші плямистої за різного органічного удобрення	<i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2021. № 1 (20). DOI: 10.37128/2707-5826-2021-1-16. URL: <a href="http://forestry.vsau.org/storage/articles/April2021/P7xohHPutdKMBMWqk3wD.pdf">http://forestry.vsau.org/storage/articles/April2021/P7xohHPutdKMBMWqk3wD.pdf</a>	<u>С. 211-223</u> 0,8 (0,3)	Разанов С.Ф., Піддубна А.М., Гусак О.Б.
8	Ефективність фітореMediaції забрудненого важкими металами ґрунту за вирощування розторопші плямистої.	<i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2023. № 1(28). DOI: 10.37128/2707-5826-2023-1-11. URL: <a href="http://forestry.vsau.org/storage/articles/May2023/FvMbpIIRctAfDnqx14GF.pdf">http://forestry.vsau.org/storage/articles/May2023/FvMbpIIRctAfDnqx14GF.pdf</a>	<u>С. 164-171</u> 0,5 (0,2)	Снітинський В.В., Ткачук О.П., Коруняк О.П.



Стаття в іноземному науковому періодичному виданні, яке індексується у міжнародній наукометричній базі				
9	Yield, chemical composition and the level of accumulation of heavy metals in the vegetative mass and seeds of milk thistle ( <i>Silybum marianum</i> L.) in different types of organic fertilizer.	<i>Ecology, environment and conservation (Eco. Env. &amp; Cons.)</i> . 2021. Vol. 27 (4). URL: <a href="http://www.envirobiotechjournals.com/article_abstract.php?aid=12045&amp;iid=343&amp;jid=3">http://www.envirobiotechjournals.com/article_abstract.php?aid=12045&amp;iid=343&amp;jid=3</a>	P. 1609-1617 0,9 (0,3)	Razanov S.F., Amons S.E., Gutsol G.V.
Наукова праця, яка засвідчує апробацію матеріалів дисертації				
10	Assessment of the intensity of accumulation of lead and cadmium in leaves and seeds when using different types of fertilizers	<i>German International Journal of Modern Science</i> . 2021. № 10. DOI: 10.24412/2701-8369-2021-10-2-4-7. URL: <a href="https://dizzw.com/wp-content/uploads/2021/06/Deutsche-internationale-Zeitschrift-f%C3%BCr-zeitgen%C3%B6ssische-Wissenschaft-%E2%84%9610-part-2-2021-5-8.pdf">https://dizzw.com/wp-content/uploads/2021/06/Deutsche-internationale-Zeitschrift-f%C3%BCr-zeitgen%C3%B6ssische-Wissenschaft-%E2%84%9610-part-2-2021-5-8.pdf</a>	P. 4-7 0,5 (0,2)	Razanov S., Kutsenko M.
Інші видіння (тези доповідей)				
11	Накопичення Pb у листовій масі та насінні розторопші плямистої вирощеної в умовах сучасних сівозмін	<i>Регіональні геоекологічні проблеми в умовах сталого розвитку: збірник наукових праць Четвертої міжнародної науково-практичної конференції (Рівне, 22-24 вересня 2020 р.)</i> . 2020. URL: <a href="https://kegt.rshu.edu.ua/images/dustan/2020/zb_20.pdf">https://kegt.rshu.edu.ua/images/dustan/2020/zb_20.pdf</a>	C. 153-156 0,1	-
12	Якість вегетативної маси розторопші плямистої вирощеної в умовах локального забруднення територій важкими	<i>Scientific achievements of modern society: abstracts of VI international Scientific and Practical Conference</i> . 5-7 february 2020. Liverpool, 2020. URL: <a href="https://sci-conf.com.ua/vi-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya-scientific-achievements-of-modern-society-5-7-fevralya-">https://sci-conf.com.ua/vi-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya-scientific-achievements-of-modern-society-5-7-fevralya-</a>	C. 1088-1094 0,5	-



## Продовження додатка А

	металами.	<a href="#">2020-goda-liverpul-velikobritaniya-arhiv/</a>		
13	Вплив різного органічного удобрення на накопичення важких металів у насінні розторопші плямистої ( <i>Silybum marianum</i> L.)	<i>VinSmartEco</i> : матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, 20-21 травня 2021 р. Вінниця, 2021. URL: <a href="https://drive.google.com/file/d/1wYk6kSrdI_UBD6S0twdA260bry5_o_Xd/view">https://drive.google.com/file/d/1wYk6kSrdI_UBD6S0twdA260bry5_o_Xd/view</a> <a href="https://docs.academia.vn.ua/bitstream/handle/123456789/84/MMOsoblyvosti_compressed.pdf?sequence=5&amp;isAllowed=y">https://docs.academia.vn.ua/bitstream/handle/123456789/84/MMOsoblyvosti_compressed.pdf?sequence=5&amp;isAllowed=y</a>	С. 90-92 0,2	-
14	Інтенсивність накопичення Cd розторопшею плямистою за мінерального удобрення ґрунтів	<i>Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій</i> : матеріали XXIII міжнар. наук.-практ. форуму, м. Львів, 4–6 жовт. 2022 р. Львів, 2022. URL: <a href="https://repository.lnup.edu.ua/jspui/handle/123456789/260">https://repository.lnup.edu.ua/jspui/handle/123456789/260</a>	С. 258-261 0,2	-
15	Накопичення важких металів розторопшею плямистою ( <i>Silybum marianum</i> L.) за органічного удобрення сірих лісових ґрунтів	<i>Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій</i> : матеріали XXIV міжнар. наук.-практ. форуму, 4–6 жовт. 2023 р. Львів, 2023. <a href="https://repository.lnup.edu.ua/jspui/handle/123456789/901">https://repository.lnup.edu.ua/jspui/handle/123456789/901</a>	С. 189-191 0,1	Снітинський В., Разанов С., Лотоцький Р., Приймак Ю.

Всього за темою дисертаційної роботи «Інтенсивність накопичення важких металів розторопшею плямистою (*Silybum marianum* L.) залежно від удобрення в умовах Лісостепу Правобережного» опубліковано 15 наукових праць загальним обсягом 8,5 друк. арк. (власний доробок автора 4,25 умовн. друк. арк.), у тому числі 0,2 друк. арк. у наукових періодичних виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз; 2,45 друк. арк. у наукових фахових виданнях України; 0,5 друк. арк. у виданнях, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації; 1,1 друк. арк. у інших виданнях.

Автор

Головний учений секретар

« 30 »

91

2023 р.



Алла РАЗАНОВА

Наталія СТОЙКО

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ НА  
 НАУКОВО-ПРАКТИЧНИХ КОНФЕРЕНЦІЯХ  
 за спеціальністю 101 Екологія  
**Разанової Алли Михайлівни**

№ п/п	Тема доповіді	Назва конференції, дата, місце проведення
Апробація результатів дисертації на науково-практичних конференціях		
1	Лікарські рослини Поділля та їх використання в сучасних екологічних умовах	Міжнародна науково-практична інтернет-конференція молодих вчених та студентів «Майбутнє аграрного сектору України: погляд молодих вчених» (м. Вінниця, 15-16 травня 2018 р.)
2	Вирощування розторопші плямистої у якості медоносної культури	Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Впровадження передових технологій у виробництво продукції бджільництва» (м. Вінниця, 21-22 березня 2019 р.)
3	Якість вегетативної маси розторопші плямистої вирощеної на сільськогосподарських угіддях	Всеукраїнська наукова конференція аспірантів, магістрів та студентів «Напрями досліджень в аграрній науці: стан та перспективи» (м. Вінниця, 23-24 квітня 2019 р.)
4	Екологічна оцінка ефективності вирощування розторопші плямистої в польовій сівозміні	Міжнародна науково-практична інтернет-конференція молодих вчених та студентів «Проблеми і перспективи інноваційного розвитку аграрного сектора економіки в умовах інтеграційних процесів» (м. Вінниця, 15-16 травня 2019 р.)
5	Вплив рівня забруднення ґрунтів важкими металами на інтенсивність накопичення їх у листі розторопші плямистої ( <i>Silybum marianum</i> )	Міжнародна науково-практична конференція «Інновації сучасної агрономії» (м. Вінниця, 30-31 травня 2019 р.)
6	Вплив різного органічного удобрення на накопичення важких металів у насінні розторопші плямистої ( <i>Silybum marianum</i> L.)	I Міжнародна науково-практична конференція «Vin Smart Eco» (м. Вінниця, 16-18 травня 2019 р.)
7	Дослідження інтенсивності накопичення у листовій масі	Міжнародна науково-практична конференція «Використання



## Продовження додатка Б

	та насінні розторопші плямистої міді в умовах польових сівозмін	інноваційних технологій в агрономії» (м. Вінниця, 3-4 червня 2020 р.)
8	Інтенсивність накопичення Cd розторопшею плямистою за мінерального удобрення	XXIII Міжнародний науково- практичний форум «Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій» (м. Дубляни, 4-6 жовтня 2022 р.)
9	Накопичення важких металів розторопшею плямистою ( <i>Silybum marianum l.</i> ) за органічного удобрення сірих лісових ґрунтів	XXIV Міжнародний науково- практичний форум «Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій (м. Дубляни, 4-6 жовтня 2023 р.)

Автор

Алла РАЗАНОВА

Головний учений секретар

Наталія СТОЙКО

« 30 » 11

2023 р.



ЛЬВІВСЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ



LVIV  
NATIONAL  
ENVIRONMENTAL  
UNIVERSITY

вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни,  
Львівський район, Львівська область, 80381,  
Україна  
тел.: (032)22-42-335, факс: (032)22-42-919,  
e-mail: rectorat@lnup.edu.ua

1, Volodymyra Velykoho Str., Dublyany,  
Lviv district, Lviv region, 80381  
Ukraine  
phone: (032)22-42-335, fax: (032)22-42-919,  
e-mail: rectorat@lnup.edu.ua

05.12.2023 № 01-25-09-1334  
На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

### ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження  
здобувача кафедри екології  
Львівського національного університету природокористування  
Разанової Алли Михайлівни

Видана здобувачу кафедри екології, старшому викладачу кафедри технологій у рослинництві, Разановій А.М. про те, що результати наукових досліджень за темою дисертації «ІНТЕНСИВНІСТЬ НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ РОЗТОРОПШЕЮ ПЛЯМИСТОЮ (*SILYBUM MARIANUM L.*) ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО» використовуються у навчальному процесі Львівського національного університету природокористування для читання лекцій і проведення практичних занять у дисциплінах «Агроекологія», «Екологічна безпека», «Аграрні екосистеми» студентам факультету агротехнологій і екології.

Довідка видана Разановій А.М. для представлення у разову спеціалізовану вчену раду за місцем захисту її дисертації на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 Екологія.

Проректор з наукової роботи

Богдан ГУЛЬКО

Декан факультету  
агротехнологій та екології

Володимир БАЛЬКОВСЬКИЙ



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ФГ «Дзялів»  
с. Кам'яногірка  
Жмеринського району  
Вінницької області



Вересня 20 19 р.

Шершун В.М.

**АКТ**

про впровадження результатів досліджень дисертаційної роботи  
аспіранта кафедри екології та охорони навколишнього середовища  
факультету агрономії та лісівництва  
Вінницького національного аграрного університету  
Разанової Алли Михайлівни  
на тему «Накопичення важких металів розторопшею плямистою  
(*Silybum marianum* L.) за її удобрення в умовах інтенсивного  
землеробства правобережного Лісостепу»

Комісія у складі доктора сільськогосподарських наук, доцента кафедри екології та охорони навколишнього середовища Ткачука Олександра Петровича, кандидата сільськогосподарських наук, ст.викладача цієї ж кафедри Гуцол Галини Василівни, аспіранта Разанової Алли Михайлівни та директора ФГ «Дзялів» Шершуна Вячеслава Михайловича.

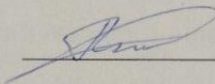
Вищезазначена комісія цим актом засвідчує, що в межах ФГ «Дзялів» були впроваджені результати досліджень з вивчення впливу різного мінерального підживлення розторопші плямистої на врожайність, якість та безпеку вегетативної маси і насіння даної рослини.

## Продовження додатка В 1

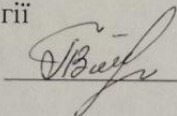
За результатами впровадження досліджень підтверджено виробничі випробовування, зокрема за удобрення мінеральними добривами ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) при вирощуванні розторопші плямистої спостерігалось підвищення:

- урожайності вегетативної маси і насіння;
- маси насіння з однієї рослини;
- протеїну, жиру і клітковини у насінні;
- вмісту важких металів: свинцю, кадмію, цинку, міді у листковій масі та насінні.

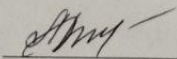
Доктор с.-г. наук, доцент кафедри екології  
та охорони навколишнього середовища

 О.П. Ткачук

Кандидат с.-г. наук, ст. викладач кафедри екології  
та охорони навколишнього середовища


 Г.В. Гуцол

Аспірант кафедри екології  
та охорони навколишнього середовища

 А.М. Разанова



ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор ТОВ «ФІТОСВІТ ЛТД»  
09 20 19 р.  
О.Ц. Вишнівський



### АКТ

про впровадження результатів досліджень дисертаційної роботи  
аспіранта кафедри екології та охорони навколишнього середовища  
факультету агрономії та лісівництва  
Вінницького національного аграрного університету  
Разанової Алли Михайлівни  
на тему «Накопичення важких металів розторопшею плямистою  
(*Silybum marianum* L.) за її удобрення в умовах інтенсивного  
землеробства правобережного Лісостепу»

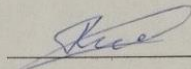
Комісія у складі доктора сільськогосподарських наук, ст. викладача кафедри екології та охорони навколишнього середовища Ткачука Олександра Петровича, кандидата сільськогосподарських наук, ст. викладача цієї ж кафедри Гуцол Галини Василівни, аспіранта Разанової Алли Михайлівни та директора ТОВ «ФІТОСВІТ ЛТД» Вишнівського Олега Цезаревича.

Вищезазначена комісія цим актом засвідчує, що в межах ТОВ «ФІТОСВІТ ЛТД» були впроваджені результати досліджень з вивчення впливу листового удобрення (Рост-концентрат, Фосфор-хелат, Калій-хелат) на врожайність, якість та безпеку листової маси і насіння розторопші плямистої.

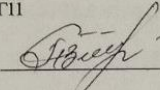
## Продовження додатка В 2

За результатами впровадження досліджень підтверджено виробничі випробовування щодо ефективності листового удобрення розторопші плямистої. Зокрема, за удобрення розторопші плямистої Рост-концентрат, Фосфор-хелат, Калій-хелат спостерігалось підвищення її врожайності та покращення якості листової маси і насіння.

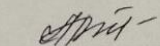
Доктор с.-г. наук, ст. викладач кафедри екології  
та охорони навколишнього середовища

 О.П. Ткачук

Кандидат с.-г. наук, ст. викладач кафедри екології  
та охорони навколишнього середовища .....

 Г.В. Гуцол

Аспірант кафедри екології  
та охорони навколишнього середовища .....

 А.М. Разанова



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ФГ «Дзялів»  
с. Кам'яногірка  
Жмеринського району  
Вінницької області

«14» вересня 20 19 р.

Шершун В.М.



АКТ

## виробничої перевірки

1. Назва установи – Вінницький національний аграрний університет
2. Виробнича перевірка проводилась у ФГ «Дзялів» (с. Кам'яногірка Жмеринського району Вінницької області).
3. Відповідальні за проведення виробничої перевірки – доктор сільськогосподарських наук, доцент Ткачук О.П., аспірант Разанова А.М.
4. Умови проведення виробничої перевірки – сільськогосподарські угіддя, ґрунти – сірі лісові, клімат – помірно-континентальний.
5. Площа виробничої перевірки – 12 га.
6. Культури, на якій проводили виробничу перевірку – розторопша плямиста.
7. Результати виробничої перевірки:  
у результаті виробничої перевірки встановлено підвищення урожайності насіння розторопші плямистої на 35,5%, підвищення вмісту у насінні протеїну на 1,2 п.п., жиру – на 1,3 п.п., а також свинцю, кадмію, цинку, міді у 1,23 раза, 1,5 раза, 1,74 раза і 1,53 раза відповідно.
8. Рекомендації виробництву: знизити надходження важких металів у насіння розторопші плямистої за рахунок обмеження використання мінеральних добрив та заміни їх на інші види, зокрема, листове.

Доктор с.- г. наук, доцент

О.П. Ткачук

Кандидат с.- г. наук, ст. викладач

Г.В. Гуцол

Аспірант

А.М. Разанова

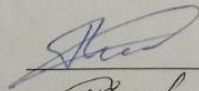
ЗАТВЕРДЖУЮ  
 Директор ТОВ «ФІТОСВІТ ЛТД»  
 09 2019 р.  
 О.Ц. Вишнівський



**АКТ**  
**виробничої перевірки**

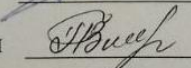
1. Назва установи – Вінницький національний аграрний університет
2. Виробнича перевірка проводилась у ТОВ «ФІТОСВІТ ЛТД» (с. Майдан Вінницького району Вінницької області).
3. Відповідальні за проведення виробничої перевірки – доктор сільськогосподарських наук, ст.викладач Ткачук О.П., аспірант Разанова А.М.
4. Умови проведення виробничої перевірки – сільськогосподарські угіддя, ґрунти – сірі лісові, клімат – помірно-континентальний.
5. Площа виробничої перевірки – 2 га.
6. Культури, на якій проводили виробничу перевірку – розторопша плямиста.
7. Період проведення виробничої перевірки – 2019 р.
8. Результати виробничої перевірки: листове удобрення розторопші плямистої Рост-концентрат, Калій-хелат, Фосфор-хелат сприяло підвищенню урожайності на 13,3%, 4,4%, 6,6% відповідно. Також спостерігалось підвищення протеїну і жиру у насінні розторопші плямистої та зниження концентрації у ньому важких металів порівняно з використанням мінеральних добрив.

Доктор с.- г. наук, ст. викладач



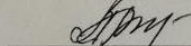
О.П. Ткачук

Кандидат с.- г. наук, ст. викладач



Г.В. Гуцол

Аспірант



А.М. Разанова

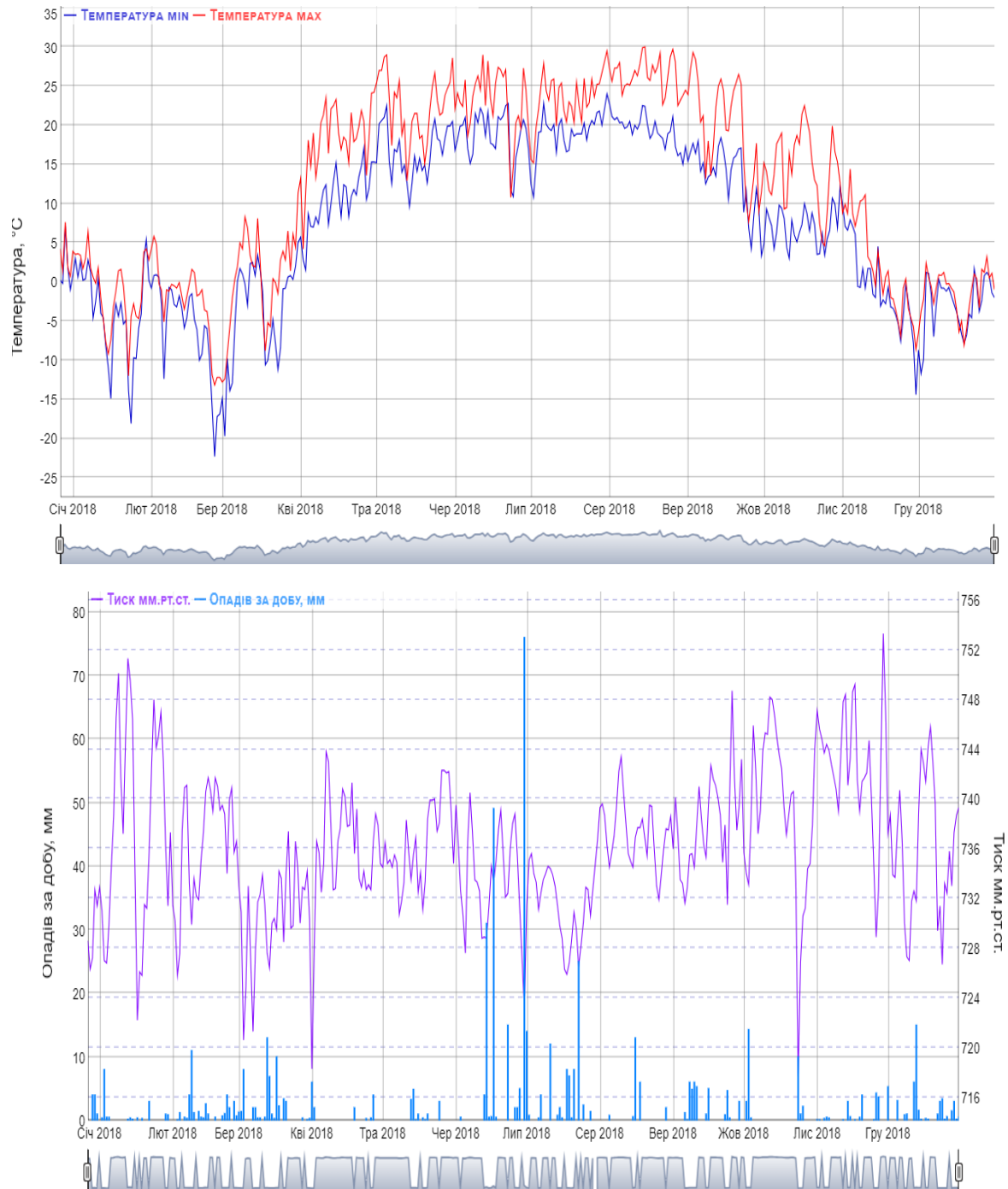


Рис. Д.1. Температура й опади подовово 2018 року  
(<https://meteopost.com/weather/archive/>).

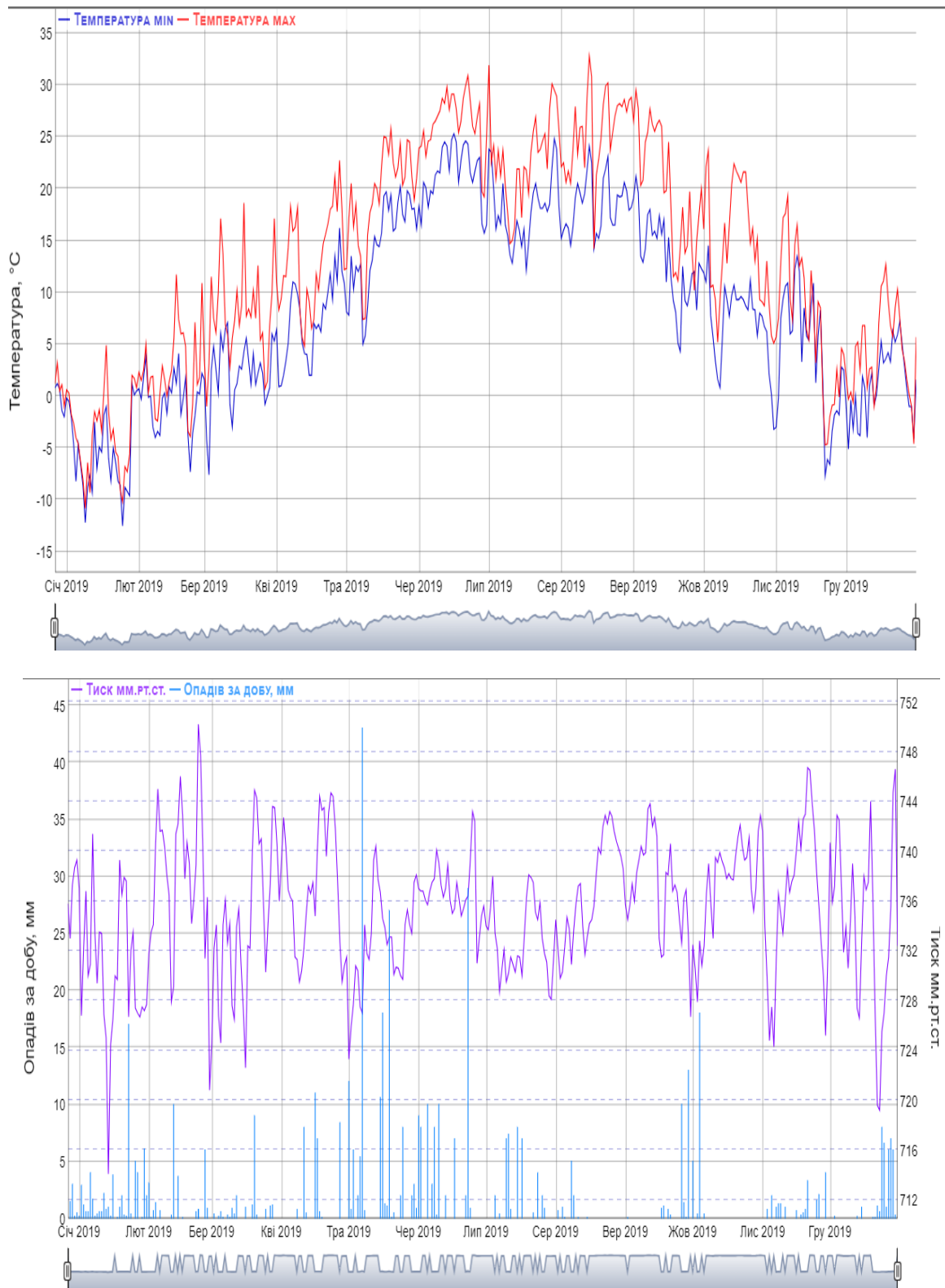


Рис. Д.2. Температура й опади подовово 2019 року  
(<https://meteopost.com/weather/archive/>).



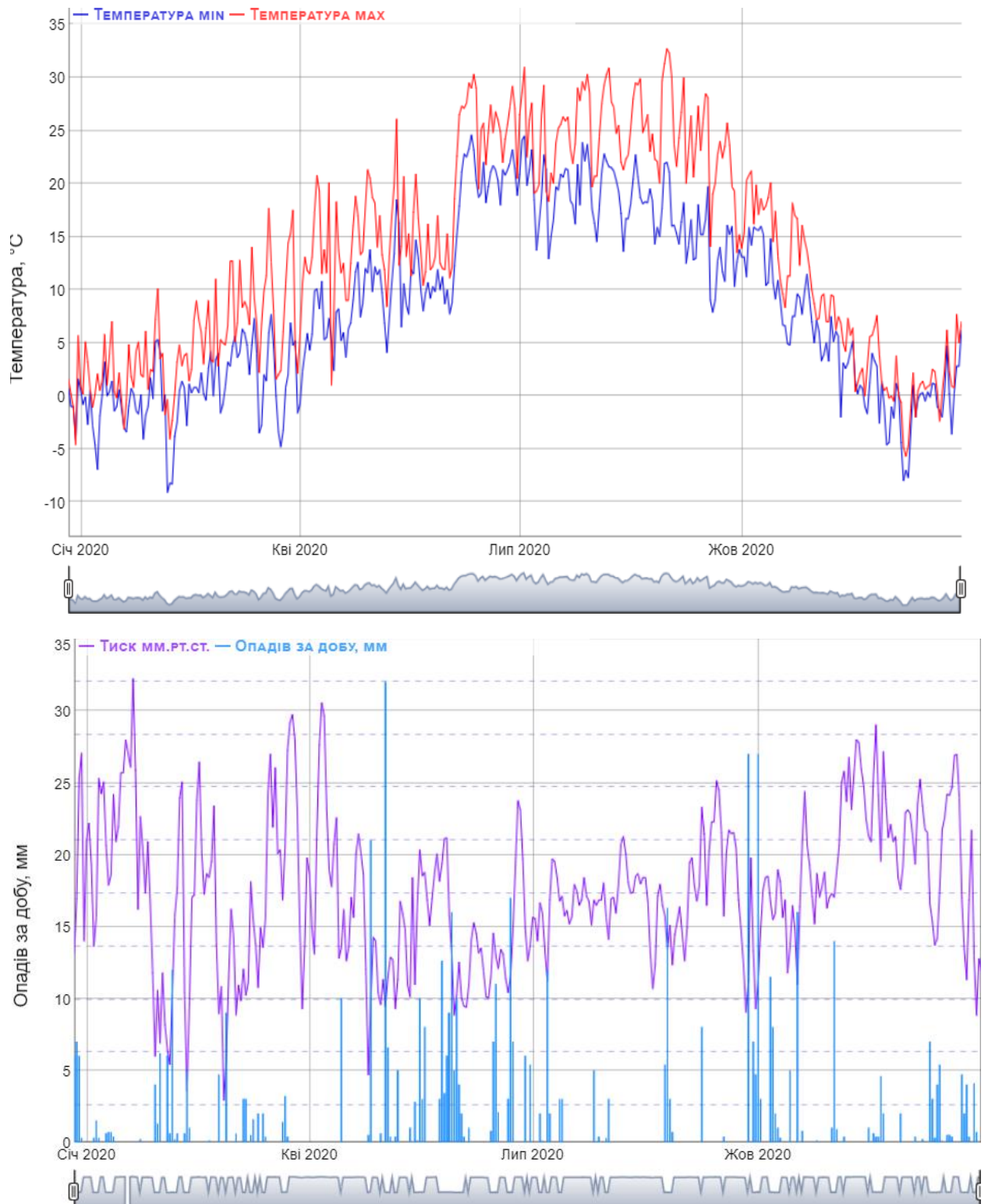


Рис. Д.3. Температура й опади подово 2020 року  
(<https://meteopost.com/weather/archive/>).



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА  
«ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»  
ЖИТОМИРСЬКА ФІЛІЯ ДУ «Держґрунтохорона»  
проспект Миру, 21-А, м. Житомир, 10020; код 38517198  
тел. факс (0412) 25-78-86, 25-84-53, 25-89-78; [www.iozu.gov.ua](http://www.iozu.gov.ua), e-mail: [zhytomir@iozu.gov.ua](mailto:zhytomir@iozu.gov.ua)

16.10.2019 № 158-06/03.03/502 на № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

Разановій А.  
м. Вінниця

На Ваше звернення від 9 жовтня 2019 року надаємо результати лабораторних досліджень листової маси розторопші плямистої (додаток 1).

Директор філії  
Зав. лабораторії



*Р.П. Паламарчук*  
*С.П. Ковальова*

Р.П. Паламарчук

С.П. Ковальова



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ  
 ДЕРЖАВНА УСТАНОВА  
 «ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»  
 ЖИТОМИРСЬКА ФІЛІЯ ДУ «Держґрунтохорона»  
 проспект Миру, 21-А, м. Житомир, 10020; код 38517198  
 тел. факс (0412) 25-78-86, 25-84-53, 25-89-78; www.ioqu.gov.ua. e-mail:  
 zhytomyr@ioqu.gov.ua

25.04.2019 № 158-06/03.03/192 на № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

Разановій А.

м. Вінниця

На Ваше звернення від 22 квітня 2019 року надаємо результати лабораторних досліджень ґрунту:

№ з/п	Шифр зразка	Важкі метали, мг/кг			
		свинець	кадмій	мідь	цинк
1	Ґрунт	2,42	0,10	0,34	10,02
2		2,61	0,11	0,32	10,05
3		2,80	0,10	0,30	10,07
4		2,73	0,10	0,34	10,03

Аналізи виконані по представлених зразках. За відбір зразків відповідальність несе замовник.

Директор філії

Зав. лабораторією



Р.П. Паламарчук

С.П. Ковальова





МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ  
 ДЕРЖАВНА УСТАНОВА  
 «ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»  
 ЖИТОМИРСЬКА ФІЛІЯ ДУ «Держґрунтохорона»  
 проспект Миру, 21-А, м. Житомир, 10020; код 38517198  
 тел. факс (0412) 25-78-86, 25-84-53, 25-89-78; www.iogu.gov.ua, e-mail:  
 zhytomyr@iogu.gov.ua

16.10.2019 № 158-06/03.03/503 на № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

Разановій А.  
 м. Вінниця

На Ваше звернення від 9 жовтня 2019 року надаємо результати лабораторних досліджень насіння розторопші плямистої:

№ з/п	Шифр зразка	Важкі метали, мг/кг			
		свинець	кадмій	мідь	цинк
1	Насіння	4,80	0,63	25,20	112,43
2		4,24	0,57	25,84	112,72
3		4,32	0,69	26,11	110,34
4		4,11	0,54	25,33	113,40
5	Насіння	3,08	0,47	10,25	54,20
6		3,01	0,51	10,01	54,53
7		3,95	0,61	10,75	55,04
8		3,78	0,59	10,04	53,51
9	Насіння	3,84	0,52	23,04	103,21
10		4,03	0,50	24,01	107,01
11		4,12	0,51	22,05	111,04
12		4,10	0,53	23,17	108,04
13	Насіння	4,24	0,54	24,30	100,05
14		4,03	0,54	23,10	98,02
15		3,85	0,55	22,40	99,11
16		3,84	0,51	22,45	100,07
17	Насіння	3,64	0,50	20,17	97,08
18		3,70	0,48	20,96	90,01
19		3,45	0,47	20,08	92,10
20		3,93	0,47	20,01	94,07
21	Насіння	3,12	0,42	18,74	84,08
22		3,42	0,40	18,22	80,01
23		3,20	0,42	18,01	82,04
24		3,44	0,39	18,53	81,03

Аналізи виконані по представлених зразках. За відбір зразків відповідальність несе

замовник.

Директор філії  
 Зав. лабораторії

Р.П. Паламарчук

С.П. Ковальова



## Додаток 1

№ з/п	Шифр зразка	Важкі метали, мг/кг			
		свинець	кадмій	мідь	цинк
1	Листова маса розторопші плямистої	8,37	1,02	13,25	154,52
2		8,49	1,05	13,11	150,24
3		8,59	1,13	13,17	153,71
4		8,21	1,04	13,26	154,50
5	Листова маса розторопші плямистої	13,41	1,97	17,03	29,93
6		13,12	1,90	17,08	28,70
7		13,75	1,96	17,00	28,02
8		13,43	1,99	17,13	28,64
9	Листова маса розторопші плямистої	12,04	2,41	16,92	155,91
10		12,07	2,37	16,71	155,20
11		12,09	2,45	16,20	156,14
12		12,00	2,32	16,81	157,25
13	Листова маса розторопші плямистої	12,58	1,67	15,50	33,55
14		12,70	1,70	15,42	33,60
15		12,63	1,63	15,31	33,83
16		12,80	1,79	15,40	34,12
17	Листова маса розторопші плямистої	12,90	1,35	15,50	35,13
18		12,31	1,43	15,43	34,81
19		12,72	1,41	15,01	34,24
20		11,81	1,31	14,82	32,75
21	Листова маса розторопші плямистої	10,21	1,55	20,62	50,56
22		12,92	1,52	20,11	50,21
23		9,53	1,49	20,90	50,37
24		11,21	1,60	19,73	50,07
25	Листова маса розторопші плямистої	11,92	1,71	15,30	58,09
26		11,74	1,72	15,04	57,01
27		11,03	1,68	15,73	57,01
28		10,82	1,55	14,90	58,96
29	Листова маса розторопші плямистої	14,70	1,82	18,71	80,60
30		14,23	1,93	18,92	80,22
31		13,71	1,84	17,30	78,73
32		15,22	1,93	17,20	79,94
33	Листова маса розторопші плямистої	11,01	1,83	17,20	56,02
34		11,07	1,79	17,05	54,07
35		10,09	1,63	16,34	52,04
36		10,23	1,90	16,02	57,02
37	Листова маса розторопші плямистої	6,37	0,91	12,05	78,30
38		5,59	0,87	11,06	67,24
39		6,38	0,91	12,95	80,31
40		6,07	0,91	11,35	78,12

Аналізи виконані по представлених зразках. За відбір зразків відповідальність несе замовник.



*С.П. Ковальова*

С.П. Ковальова

## Таблиці до розділу 3

Табл. Ж.1 – Урожайність вегетативної маси та насіння розторопші плямистої за удобрення ґрунтів мінеральними добривами ( $M \pm m$ ,  $n=4$ )

Удобрення	Урожайність, кг/га					
	Вегетативна маса		В середньому за роки досліджень	Насіння		В середньому за роки досліджень
	2019	2020		2019	2020	
Без добрив	31280	30720	$31000 \pm 47$	455	445	$450 \pm 0,82$
Аміачна селітра (60кг/га)	47280	45360	$46320 \pm 87$	633	587	$610 \pm 0,45$
Суперфосфат простий (60 кг/га)	33848	31052	$32450 \pm 72$	484	480	$482 \pm 0,32$
Калій хлористий (60кг/га)	31830	30750	$31290 \pm 63$	468	450	$459 \pm 0,41$
Суміш мінеральних добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$	47848	46192	$47020 \pm 43$	616	620	$618 \pm 0,82$

Табл. Ж.2 – Маса насіння розторопші плямистої за удобрення ґрунтів мінеральними добривами ( $M \pm m$ ,  $n=4$ )

Удобрення	Маса насіння однієї рослини		В середньому за роки досліджень
	2019	2020	
Без добрив	1,75	1,51	$1,63 \pm 0,42$
Аміачна селітра (60кг/га)	1,78	1,74	$1,76 \pm 0,3$
Суперфосфат простий (60 кг/га)	1,83	1,85	$1,84 \pm 0,17$
Калій хлористий (60кг/га)	1,84	1,80	$1,82 \pm 0,40$
Суміш мінеральних добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$	1,85	1,99	$1,92 \pm 0,30$

Табл. Ж.3 – Урожайність насіння розторопші плямистої ( $M \pm m$ ,  $n=4$ )

Удобрення	Урожайність, кг/га					
	Веgetативна маса		В середньому за роки досліджень	Насіння		В середньому за роки досліджень
	2019	2020		2019	2020	
Без добрив	32688	29032	$30860 \pm 12$	441	453	$447 \pm 0,82$
Перегній (20 т/га)	40559	42079	$41319 \pm 34$	550	530	$540 \pm 0,17$
Дефекат (6 т/га)	36495	33071	$34783 \pm 27$	522	498	$510 \pm 0,21$
Сидерат	35096	35070	$35083 \pm 71$	513	527	$520 \pm 0,22$

Табл. Ж.4 – Маса насіння розторопші плямистої за удобрення ґрунтів органічними добривами ( $M \pm m$ ,  $n=4$ )

Удобрення	Маса насіння однієї рослини		В середньому за роки досліджень
	2019	2020	
Без добрив	1,7	1,56	1,63 $\pm$ 0,42
Перегній (20 т/га)	1,86	1,7	1,78 $\pm$ 0,34
Дефекат (6 т/га)	1,7	1,74	1,72 $\pm$ 0,12
Сидерат	1,75	1,65	1,7 $\pm$ 0,17

Табл. Ж.5 – Урожайність вегетативної маси та насіння розторопші плямистої за позакореневого підживлення ( $M \pm m$ ,  $n=4$ )

Удобрення	Урожайність, кг/га					
	Вегетативна маса		В середньому за роки досліджень	Насіння		В середньому за роки досліджень
	2019	2020		2019	2020	
Без добрив	31640	30790	31215	466	430	448 $\pm$ 0,27
Фосфор-хелат	32174	32040	32107	495	465	480 $\pm$ 0,31
Калій-хелат	33123	30737	31930	466	474	470 $\pm$ 0,31
Рост-концентрат	35227	32341	33784	515	505	510 $\pm$ 0,17

Табл. Ж.6 – Маса насіння розторопші плямистої за позакореневого підживлення ( $M \pm m$ ,  $n=4$ )

Удобрення	Маса насіння однієї рослини		В середньому за роки досліджень
	2019	2020	
Без добрив	1,53	1,67	$1,60 \pm 0,27$
Фосфор-хелат	1,66	1,60	$1,63 \pm 0,12$
Калій-хелат	1,72	1,54	$1,64 \pm 0,21$
Рост-концентрат	1,69	1,65	$1,67 \pm 0,17$

Рисунки до розділу 4

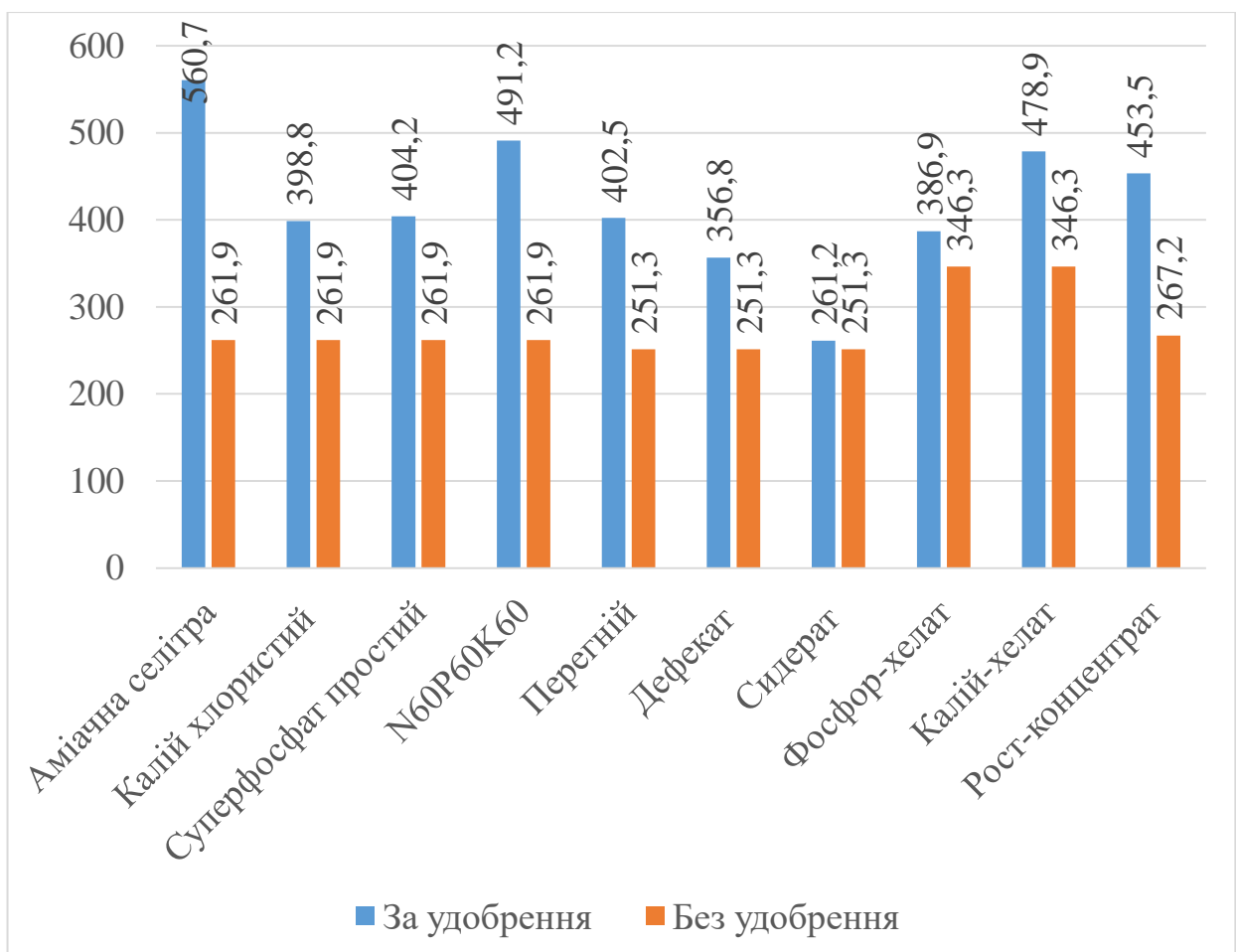


Рис. Ж 1 - Винесення свинцю з ґрунту при вирощуванні розторопші плямистої

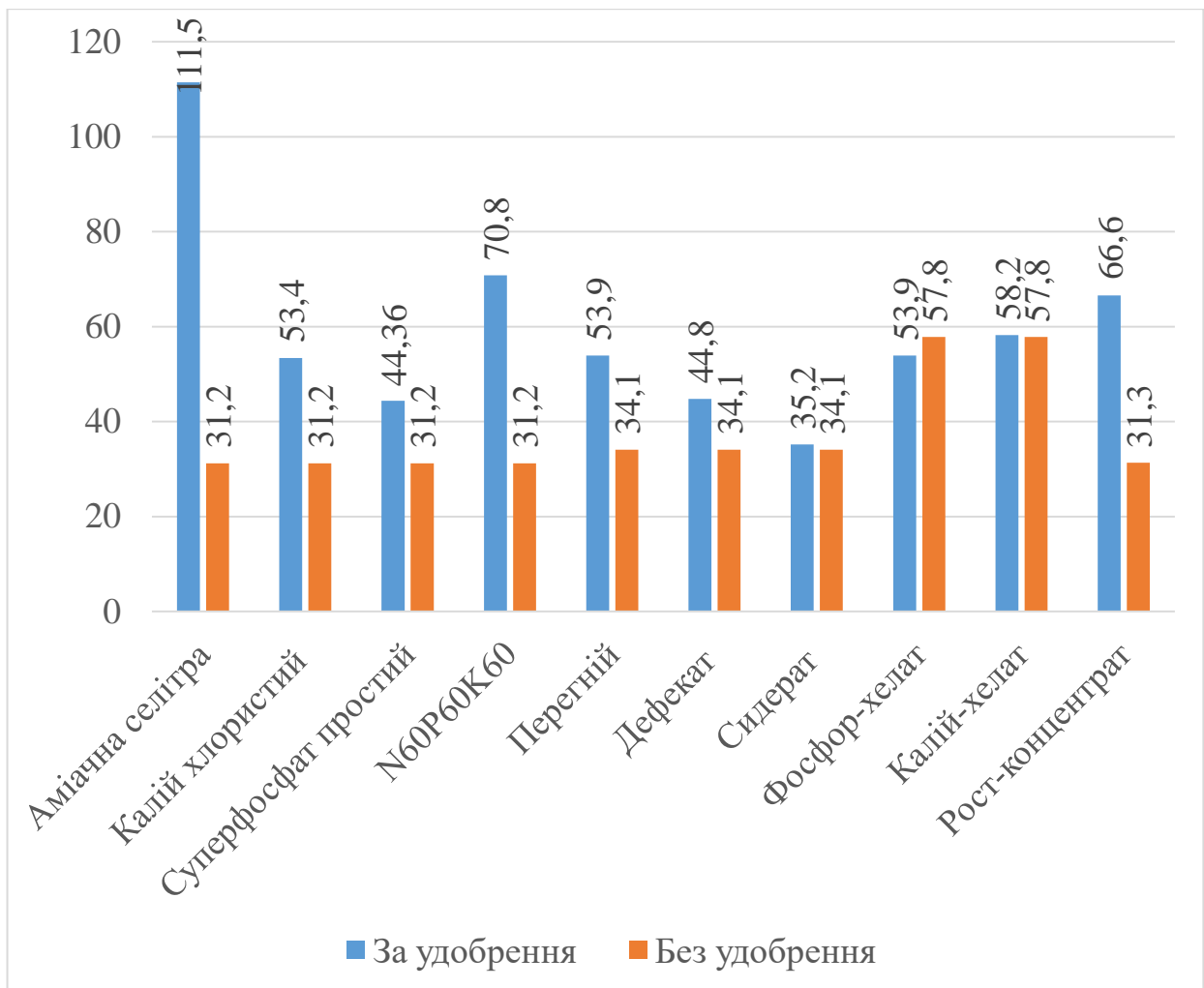


Рис. Ж.2 - Винесення кадмiю з ґрунту при вирощуваннi розторопшi плямистої

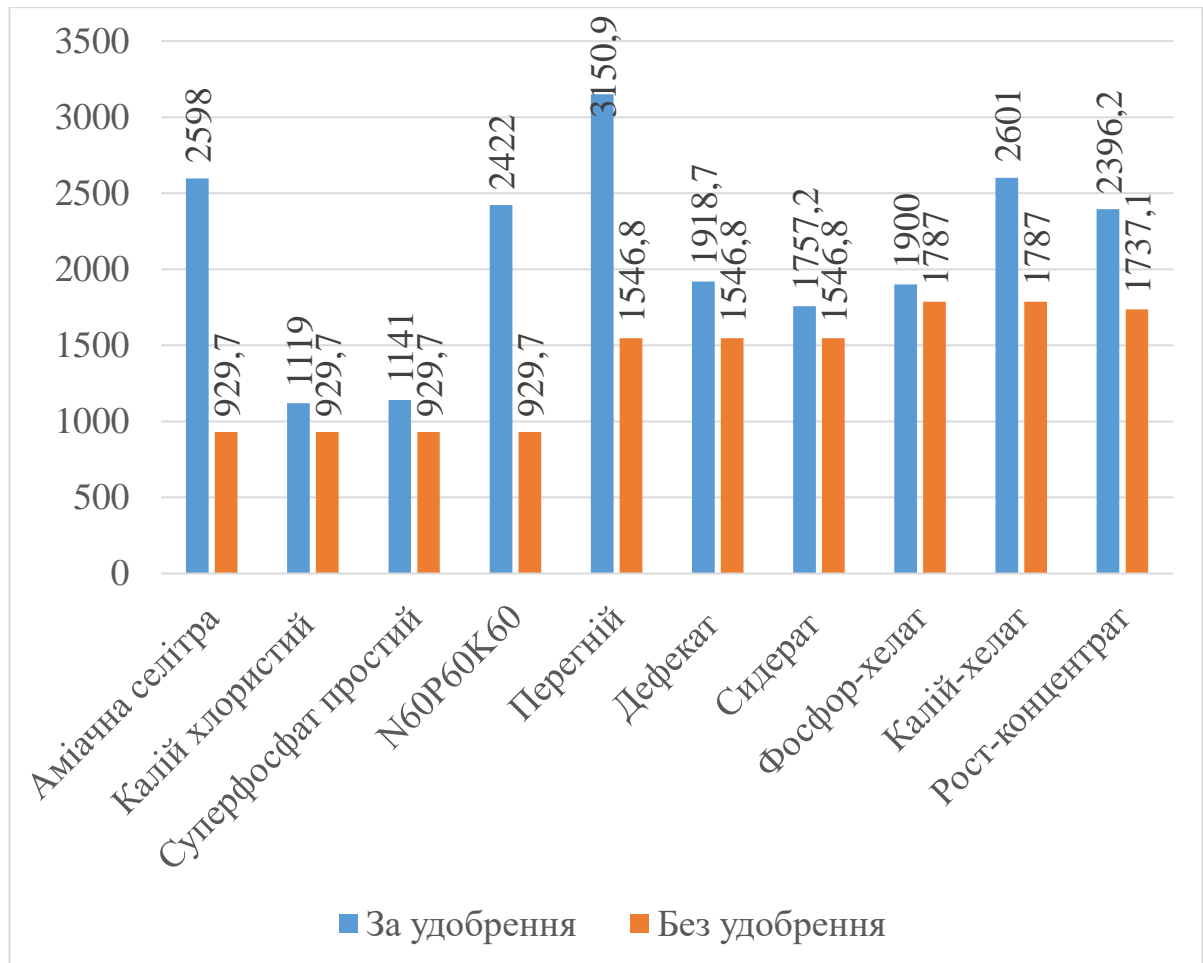


Рис. Ж.3 - Винесення цинку з ґрунту при вирощуванні розторопші плямистої

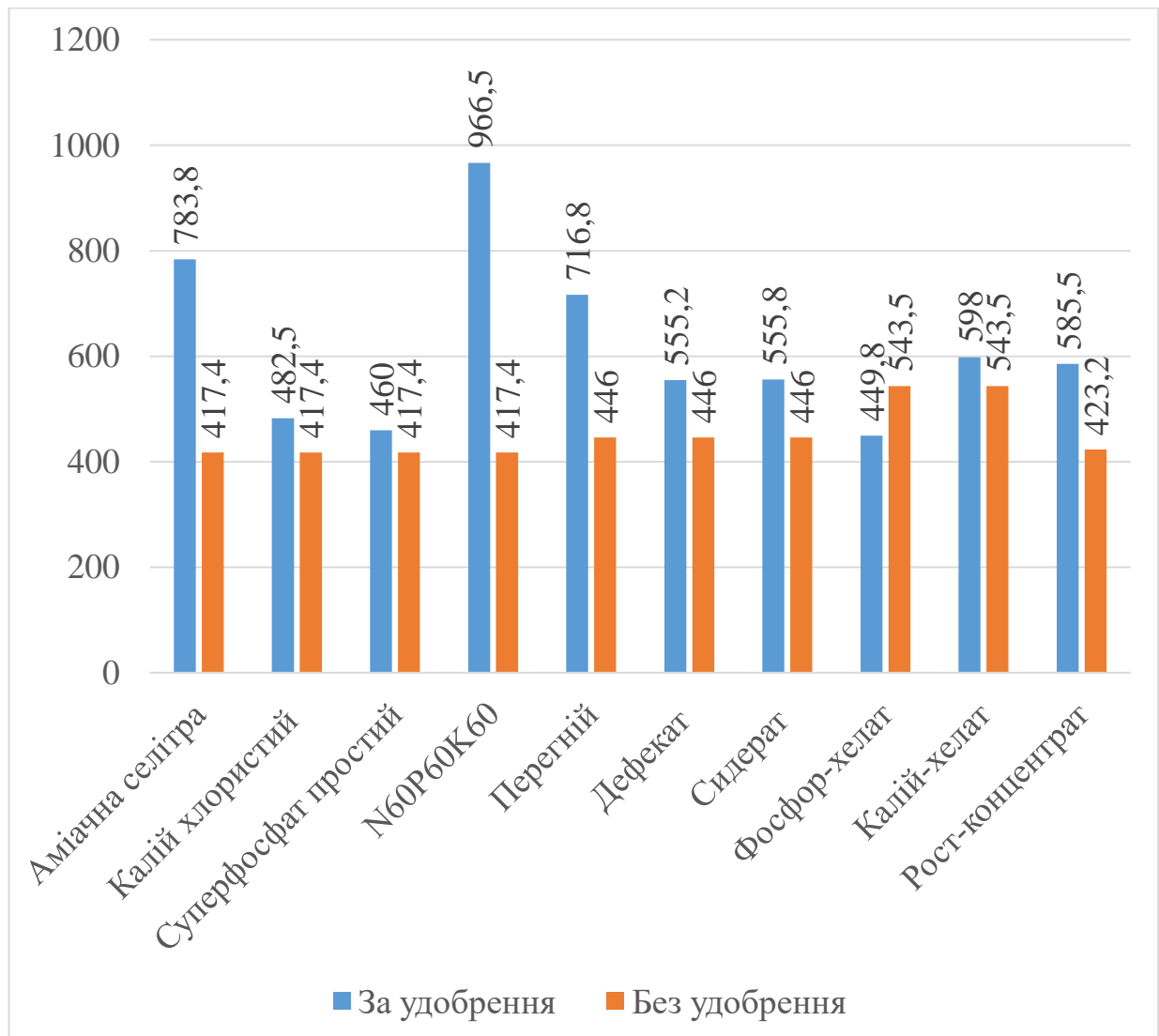


Рис. Ж.4 - Винесення мiдi з ґрунту при вирощуваннi розторопшi плямистої