

УДК 669.018:582.991.131:630\*114(477.4)(292.485)  
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.2.36>

## ІНТЕНСИВНІСТЬ НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ВЕГЕТАТИВНОЮ МАСОЮ СОНЯШНИКУ НА СІРИХ ЛІСОВИХ ГРУНТАХ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

**Мазур О.В.** – асистент кафедри екології та охорони навколишнього середовища,  
Навчально-науковий інститут агротехнологій та природокористування  
Вінницького національного аграрного університету

Високого застосування продуктів переробки насіння соняшнику набувають не тільки олія а й шрот та вегетативна маса цієї культури, зокрема у вигляді трави. Однією з основних олійних культур є соняшник, обсяги вирощування якого з роком в рік зростають. За останні десять років, включно по 2020 рік, загальна площа посіву соняшнику зросла від 453,3 тис.га до 6224,3 тис.га тобто на 37,3%, тоді як обсяги виробництва насіння за даний період на 46,6%.

Відомо, що вирощування соняшнику має певний вплив на ґрунти, зокрема одним із негативних наслідків є їх виснаження та забруднення важкими металами внаслідок мінерального удобрення, що створює певні проблеми щодо якості насіння та вегетативної маси цієї культури.

Основними джерелами надходження важких металів у довкілля є господарська діяльність людини. До таких надходжень належать: високі температурні процеси з промисловими викидами; скидання стічних вод; винесення важких металів із металургійних підприємств водними і повітряними потоками; постійне внесення високих доз органічних і мінеральних добрив, пестицидів, які містять домішки важких металів.

Вивчено інтенсивність накопичення важких металів вегетативною масою (стеблова і листкова маса) соняшнику за вирощування цієї культури на сірих лісових ґрунтах в умовах Лісостепу Правобережного.

Встановлено, що за вмісту в сірих лісових ґрунтах Pb – 1,57 мг/кг, та Cd – 0,09 мг/кг спостерігається перевищення гранично допустимих концентрацій, які складають 0,5 мг/кг і 0,1 мг/кг відповідно у стебловій масі соняшнику.

Виявлено, що вміст та коефіцієнти накопичення і безпеки Pb та Cd у листовій масі були великими порівняно з стебловою масою.

Так, за результатом досліджень встановлено вищий вміст, коефіцієнт накопичення та коефіцієнт безпеки Pb і Cd у листовій масі соняшнику відповідно у 1,12 рази і 2,23 рази, 1,13 рази і 2,29 рази та 1,12 рази і 2,23 рази порівняно з стебловою масою цієї культури.

Результати досліджень з вивчення інтенсивності накопичення важких металів вегетативною масою показали перевищення гранично допустимого вмісту у стебловій масі Pb у 2,5 рази а Cd у 1,3 рази, та листовій масі Pb, Cd, та Cu у 2,8 рази, 2,9 рази і 1,06 рази відповідно. Вміст Zn у стебловій і листовій масі був нижчий за гранично допустимі концентрації у 2,3 рази і 7,4 рази відповідно. Нижчий вміст у 1,41 рази міді за ГДК виявлено у стебловій масі у 1,41 рази.

**Ключові слова:** соняшник, доза мінеральних добрив, ґрунт, важкі метали, сірі лісові ґрунти, забруднення.

**Mazur O.V. The intensity of accumulation of heavy metals by the vegetative mass of sunflower on gray forest soils in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe**

Sunflower seed processing products are widely used not only not only oil but also meal and vegetative mass of this crop, in particular in the form of in the form of grass. One of the main oilseeds is sunflower; the volume of which cultivation is growing year on year. Over the past ten years, including 2020, the total area under sunflower increased from 453,3 thou hectares to 6224,3 thou hectares, i.e. by 37,3%, while the volume of seed production for this period increased by 46,6%.

*It is known that sunflower cultivation has a certain impact on soils, in particular, one of the negative consequences is their depletion and contamination with heavy metals due to mineral fertilisation, which creates certain problems with the quality of seeds and vegetative mass of this crop.*

*The main sources of heavy metals in the environment are human activities. These include: high temperature processes with industrial emissions; wastewater discharges; removal of heavy metals from metallurgical plants by water and air flows; and the constant application of high doses of organic and mineral fertilisers and pesticides containing heavy metal impurities.*

*The intensity of accumulation of heavy metals by vegetative mass was studied. of heavy metals by the vegetative mass (stem and leaf mass) of sunflower during the intensity of heavy metal accumulation by sunflower vegetative mass (stem and leaf mass) during the cultivation of this crop on grey forest soils in the Right-Bank.*

*It was found that the content of Pb in grey Pb – 1,57 mg/kg, and Cd – 0,09 mg/kg in grey forest soils. 0,09 mg/kg, there is an excess of the maximum permissible concentrations, which are 0,5 mg/kg and 0,1 mg/kg, respectively, in the stem mass of sunflower.*

*It was found that the content and coefficients of accumulation and hazard of Pb and Cd in the leaf mass were high compared to the stem mass.*

*Thus, according to the results of the study the higher content, accumulation coefficient and hazard factor of Pb and Cd in sunflower leaf mass by 1,12 times and 2,23 times, 1,13 times and 2,29 times and 1,12 times and 2,23 times compared to the stem mass of this crop.*

*The results of research on the intensity of heavy metal accumulation by vegetative mass showed exceeding the maximum permissible content in the stem mass of Pb by 2,5 times and Cd by 1,3 times, and leaf mass of Pb, Cd, and Cu by 2,8 times, 2,9 times, and 1,06 times times, respectively. The content of Zn in stem and leaf mass was below the maximum permissible concentrations by 2,3 and 7,4 times, respectively. A lower content of 1,41 times lower content of copper than the MPC was found in the stem mass by 1,41 times.*

**Key words:** *sunflower, dose of mineral fertilisers, soil, heavy metals, grey forest soils, pollution.*

**Постановка проблеми.** Техногенна діяльність населення призвела до зростаючого рівня забруднення навколишнього середовища різними токсикантами серед яких важкі метали займають провідне місце. За результатами досліджень провідних наукових установ в Україні біля 20% ґрунтів сільськогосподарського призначення забруднені важкими металами [1, с. 11; 5, с. 67]. Серед основних джерел надходження важких металів у навколишнє середовище необхідно виділити промисловість, інтенсифікацію галузі рослинництва та автотранспорт, відходи урбанізованих територій та інші. Останнім часом в зв'язку з проведенням воєнних дій в Україні кількість ґрунтів забруднених важкими металами суттєво підвищується внаслідок розриву вибухових речовин [1, с. 12; 11, с. 219].

Потрапляючи в ґрунт важкі метали які перебувають у розчиненому стані включаються в колообіг переміщуються в рослини та їх продукцію суттєво знижуючи їх якість та безпеку. Використання рослинної сировини як продуктів переробки насіння (шрот) так і їх вегетативної маси у живленні тварин викликає накопичення цих токсикантів у продукцію тваринництва використання якої в харчуванні населення може викликати цілу низку захворювань.

На сьогоднішній час чітко встановлений взаємозв'язок між рівнем захворювання населення та інтенсивністю забруднення харчової сировини токсикантами в тім числі і важкими металами [2, с. 163; 6, с. 195].

За таких умов є важливим контроль за міграцією важких металів в системі ґрунт-рослини та їх продукція для прогнозованого надходження цих токсикантів в системі ґрунт-продукція рослин-продукція тварин-продукція харчування-організм людини.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В останні декілька десятиріч на теренах Вінниччини широкого вирощування набуває соняшник. Практика

показує, що площі під посіви соняшнику з року в рік зростають із-за широкого попиту на одержану із цієї культури сировини.

Основною цінністю соняшнику є насіння яке є сировиною для виробництва олії а також одержання внаслідок її виробництва шроту.

Вирощування соняшнику в Україні приваблює виробників високою рентабельністю його виробництва яка за період 1990–2018 роки коливалася від 18.4% до 236.5% [3; 12, с. 43].

В соняшниковому насінні міститься до 50% олії, яка містить до 27% вуглеводів, до 2% фітину та до 2% хлорогенової кислоти. Окрім цього в соняшниковій олії виявлені дубильні речовини, органічні кислоти, фтор, йод, кальцій, магній, залізо та вітаміни групи А, D і Е. В соняшниковій олії виявлена найвища кількість вітаміну Е, зокрема встановлено, що в олії міститься в 12 разів більше вітаміну Е порівняно з оливковою олією. Тобто соняшникова олія має високі харчові якості. Окрім цього соняшникова олія характеризується певними лікувальними властивостями. Зокрема її широко використовують при лікуванні хронічних захворювань внутрішніх органів [4, с. 25; 13, с. 67].

Окрім олії високу цінність для тваринництва представляють відходи переробки насіння – макуха. Встановлено, що до складу макухи входять до 42% перетравленого протеїну, до 22% безазотистих екстративних речовин, до 7% жиру, до 14% клітковини та до 6.8% золи.

Вегетативна маса соняшнику використовується в тваринництві зокрема у годівлі великої рогатої худоби та овець [3].

В кошиках соняшнику виявлено до 9.9% протеїну, до 6.9% жиру, до 54.7% безазотистих екстративних речовин та до 17.7% клітковини.

Використовують соняшник у вигляді вегетативної маси і як зелені корми, дана культура може сформувати з одного гектару до 600 центнерів зеленої маси. Силос, виготовлений з вегетативної маси соняшнику, містить із розрахунку на 1 кг до 15 грам протеїну, до 0.4 грам кальцію, до 0.28 грам фосфору та до 25.8 мг каротину.

**Результати досліджень.** Інтенсифікація землеробства серед низки позитивних результатів викликала ряд негативних наслідків зокрема посилила техногенний вплив на ґрунти та якість виробленої продукції рослинництва. За таких умов постає питання у проведенні моніторингу транслокації токсикантів в системі ґрунт – рослина для прогнозованого їх надходження в рослинницьку продукцію.

Аналіз інтенсивності забруднення сірого лісового ґрунту важкими металами (Рис. 1) показав, що перевищень гранично допустимих концентрацій по Pb, Cd, Zn та Cu не виявлено.

Зокрема вміст Pb, Cd, Zn та Cu у ґрунті був нижчим за гранично допустимі рівні у 3.8 рази, 7,7 рази, 6,8 рази та 4,1 рази відповідно.

Результати досліджень з вивчення інтенсивності накопичення важких металів вегетативною масою (Рис. 2) показали перевищення гранично допустимого вмісту у стебловій масі Pb у 2,5 рази а Cd у 1,3 рази, та листовій масі Pb, Cd, та Cu у 2,8 рази, 2,9 рази і 1,06 рази відповідно. Вміст Zn у стебловій і листовій масі був нижчий за гранично допустимі концентрації у 2,3 рази і 7,4 ризи відповідно. Нижчий вміст у 1,41 рази міди за ГДК виявлено у стебловій масі у 1,41 рази.

Виявлено, що у листовій масі вміст Pb, Cd, та Cu був вищим у 1,12 рази, 2,23 рази та 1,5 рази відповідно, порівняно з стебловою масою. Вміст Zn навпаки був нижчим у листовій масі у 3,2 рази порівняно зі стебловою масою.

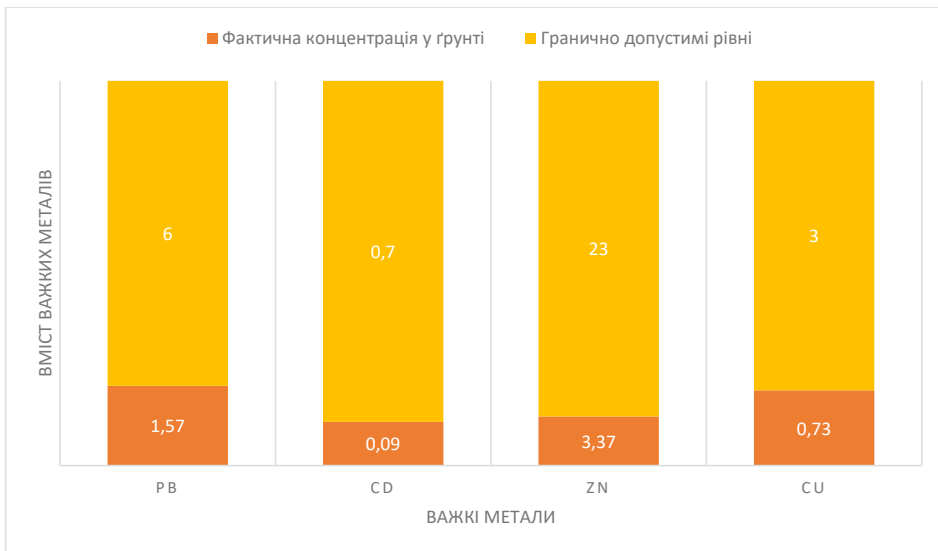


Рис. 1. Інтенсивність забруднення ґрунтів важкими металами, мг/кг

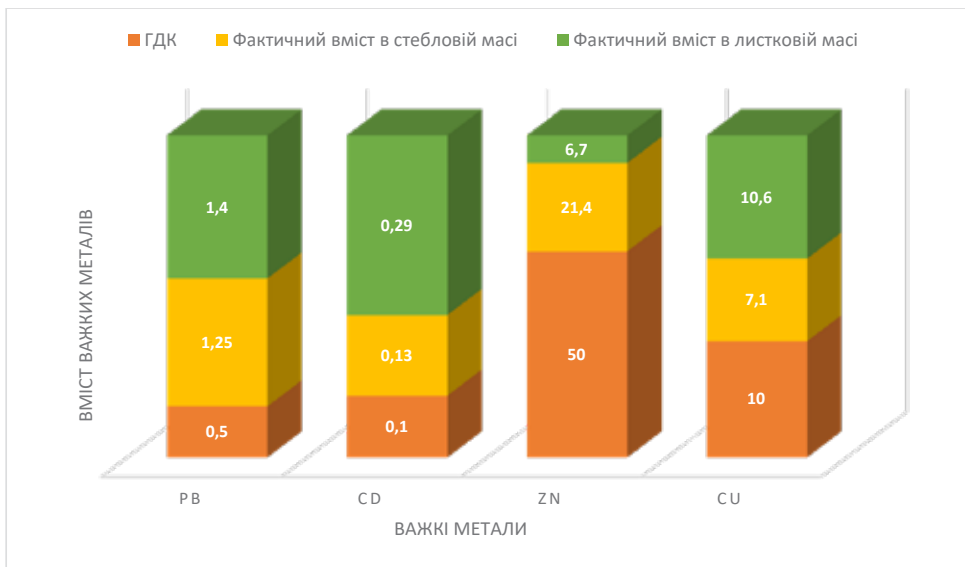


Рис. 2. Інтенсивність забруднення вегетативної маси соняшнику важкими металами

В результаті проведених досліджень встановлено, що коефіцієнт накопичення у стебловій масі складав свинцю 0,8, Cd – 1,4, Zn – 6,3, Cu – 9,7, тоді як у листковій масі вміст цих важких металів був у межах 0,9, 3,2, 1,9 та 14,5 відповідно. коефіцієнт накопичення Pb, Cd, та Cu у листковій масі був вищим у 1,13 рази, 2,29 рази та 1,5 рази відповідно порівняно з стебловою масою. Коефіцієнт накопичення Zn у листковій масі виявився нижчим у 3,3 рази порівняно з стебловою масою.

Таблиця 1

**Коефіцієнт накопичення важких металів  
вегетативною масою соняшнику, мг/кг**

Важкі метали	Стеблова маса			Листкова маса		
	Фактична концентрація в ґрунті	Фактична концентрація у стебловій масі	Коефіцієнт накопичення	Фактична концентрація в ґрунті	Фактична концентрація у листковій масі	Коефіцієнт накопичення
Pb	1,57	1,25	0,80	1,57	1,4	0,9
Cd	0,09	0,13	1,4	0,09	0,29	3,2
Zn	3,37	21,4	6,3	3,37	6,7	1,9
Cu	0,73	7,1	9,7	0,73	10,6	14,5

Таблиця 2

**Коефіцієнт небезпеки важких металів у вегетативній масі соняшнику**

Важкі метали	Стеблова маса			Листкова маса		
	ГДК	Фактична концентрація у стебловій масі	Коефіцієнт небезпеки	ГДК	Фактична концентрація у листковій масі	Коефіцієнт небезпеки
Pb	0,5	1,25	2,5	0,5	1,4	2,8
Cd	0,1	0,13	1,4	0,1	0,29	2,9
Zn	50	21,4	0,4	50	6,7	0,13
Cu	10	7,1	0,71	10	10,6	1,06

Аналіз результатів досліджень табл. 2 показав, що коефіцієнт небезпеки Pb, Cd та Cu перевищував граничну межу яка складає 1,0.

Зокрема коефіцієнт небезпеки у стебловій масі був вищим за граничну межу по Pb 2,5 рази, Cd – 1,3 рази та Cu у 7,1 рази тоді як у листковій масі у 2,8 рази, 2,9 рази та 1,06 рази відповідно. коефіцієнт небезпеки Cu був нижчим у 2,5 рази у стебловій масі та 7,7 рази у листковій масі порівняно з граничним показником 1,0.

Встановлено, що у листковій масі коефіцієнт небезпеки Pb, Cd та Cu був вищим у 1,12 рази, 2,23 рази та 1,5 рази порівняно з стебловою масою.

**Висновки.** За вирощування соняшнику на сірих лісових ґрунтах з вмістом Pb – 1,57 мг/кг і Cd – 0,09 мг/кг спостерігається високий коефіцієнт їх накопичення та перевищення гранично допустимої концентрації цих токсикантів у стебловій масі у 2,5 рази і 1,3 рази та у листковій масі у 2,8 рази і 2,9 рази відповідно. В листковій масі соняшнику виявлено вищий вміст Pb у 1,12 рази, Cd у 2,23 рази та Cu у 1,5 рази а Zn нижче у 3,2 рази порівняно з стебловою масою.

Враховуючи високий рівень винесення Pb та Cd з вегетативною масою бажано цю сировину після обмолоту насіння видалити з поля з подальшим її захороненням, що дасть можливість знизити рівень рухомих форм цих токсикантів у ґрунтах сільськогосподарського призначення.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Бахчиванжи Л.А., Дяченко Л.Е., Почоліна С.В. Сучасний стан та перспективи виробництва соняшника в Україні. *Вісник соціально-економічних досліджень*. 2013. № 4 (51). С. 9–14.

2. Ведмедева К. В. Особливий соняшник. *Агроном*. 2016. № 1 (51). С. 162–166.
3. Косенко Р.О. Соняшник. Історія виникнення та введення в культуру. *Історія науки і біографістика*. 2015. № 4. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/INB\\_Title\\_2015\\_4\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/INB_Title_2015_4_11)
4. Тоцький В. М., Лень О. І. Ріст, розвиток та урожайність гібридів соняшнику залежно від системи удобрення. *Збалансований розвиток агроecosистем України: сучасний погляд та інновації*: матеріали III Всеукр. наук.-практ. конф. 21 листопада 2019 р. Полтава: ПДАА, 2019. С. 23–25.
5. Циганський В. І. Оптимізація системи удобрення соняшнику на основі використання сучасних мікробіологічних добрив. *Сільське господарство та лісівництво*. Вінниця. ВНАУ. 2020. № 19. С. 65-75.
6. Жеребна Л.О. Вплив важких металів, що містяться в мінеральних добривах, на якість рослинницької продукції. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2001. Вип. 61. С. 193–197.
7. Бреславець А.І. Техногенно забруднені ґрунти та шляхи їх поліпшення. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: збірник наукових праць*. 2009. № 31. С. 189–202.
8. Гудзь В.П., Шувар І.А., Юник А.В., Рихлівський І.П. Адаптивні системи землеробства: підручник / за ред. Гудзя В.П. Київ: «Центр учбової літератури», 2014. 336 с.
9. Гуцол Г.В., Мазур О.В. Вирощування олійних культур та інтенсивність накопичення важких металів у ґрунтах за їх мінерального удобрення в умовах Вінниччини. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 3 (22). С. 217–226.
10. Hutsol H., Mazur O. Інтенсивність накопичення важких металів насінням та шротом соняшнику. *Вісник Львівського національного університету природокористування «Агрономія»*. 2023. № 27. С. 41-45. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2023.27>
11. Гуцол Г.В., Мазур О.В. Ріст та розвиток соняшнику залежно від удобрення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 1 (32). С. 62-75. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-1-6>