

5. Мазур В. О. та ін. Розторопша плямиста – *Silybum marianum* (L). Львів, 2012. С. 86–93.
6. Марченко О. І. Характеристика деяких господарських ознак насіння розторопші плямистої в умовах Лісостепу України. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії: зб. наук. пр. Полтава*. 2005. Т. 4(23). С. 87–88
7. Мельничук Р. В. Насіннева продуктивність розторопші плямистої при різних способах її вирощування. *Сучасні проблеми розвитку аграрної науки: матеріали студ. наук.-практ. конф., 21–22 березня 2007 р. Полтава, 2007*. С. 44–46.
8. Рослинництво : практикум / О.І. Зінченко та ін. ; за ред. О.І. Зінченка. Вінниця : Нова книга, 2008. 536 с.
9. Ушкаренко В. О., Філіпова В. О. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність розторопші на зрошуваних землях Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2013. Вип. 83. С. 110–115.
10. Швець І. Л. Вплив строків сівби на схожість насіння та сезонний розвиток розторопші плямистої в умовах Центрального Полісся. *Таврійський науковий вісник: зб. наук. пр. Херсон : Айлант, 2004*. Вип. 34. С. 56–59.

УДК 631.41.634.17.541

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.128.7>

---

## ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ФІТОМАСІ АМАРАНТУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ В УМОВАХ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

---

**Вишнівський П.С.** – д.с.-г.н.,

професор кафедри ґрунтознавства та землеробства,

Поліський національний університет

**Кравчук Т.В.** – аспірант кафедри екології,

Поліський національний університет

Великий відсоток що призводить до забруднення довкілля припадає на господарську діяльність людини. Особливо високу небезпеку становить забруднення важкими металами, тому, що значна їх частина має надзвичайно високу токсичність навіть у мінімальних кількостях. Важкі метали не розкладаються, а здатні лише до перерозподілу між природними середовищами. Вони накопичуються в живих організмах, що призводить до різних патологій [1].

Важкі метали мають негативний вплив на мітотичну активність клітин рослини, що призводить до збільшення тривалості фаз росту. Також варто зазначити, що підвищена концентрація важких металів викликає в клітинах коренів різні генетичні порушення, що призводить до погіршення росту рослин. Важкі метали мають негативний вплив і на ріст та розвиток клітин, знижується еластичність стінок та порушується водний режим стінок [2, 4]. Пригнічення росту наземної частини рослин також може бути спричинено негативною дією важких металів, що проявляється пригніченням росту пагонів.

До списку важких металів відносять більше аніж 40, які мають атомну масу понад 50 атомних одиниць. Але деякі з них відносяться до мікроелементів, які надзвичайно важливі для росту і розвитку рослин (Zn, Mn, Cu). Мікроелементи в рослинах можуть входити до складу ферментів, або ж виконувати функцію активатора розвитку рослини і необхідні в надзвичайно малій кількості.

Такі важкі метали як Pb та Cd істотно не впливають на ріст і розвиток рослин, оскільки не мають відповідних функцій у життєвому циклі рослин. Підвищення рухомих форм металів Zn, Cu, Pb та Cd в 1,5–2 рази у ґрунті призводять до погіршення якості

---

сільськогосподарських культур. Поглинання та подальше накопичення важких металів в організмі рослин є потенційно небезпечним для здоров'я людини та тварин.

За результатами наших досліджень встановлено, що накопичення важких металів амарантом залежить від сорту та норми внесення мінеральних добрив.

**Предмет дослідження:** сорт Геліос (св. *Helios*), Кремовий ранній (св. *Kremovyi rannii*), та Стерх (св. *Sterkh*), дерновонізолистий ґрунт, важкі метали в рослинах та мінеральні добрива.

**Метою роботи** було встановити вміст важких металів у фітомасі амаранту при різних системах удобрення.

**Ключові слова:** цириця, система удобрення, зелена маса, свинець, кадмій, мідь, цинк, марганець.

### ***Vyshnivskiy P.S., Kravchuk T.V. The content of heavy metals in the phytomass of amaranth when grown in the conditions of the Forest of Ukraine***

*The economic activity of people results in the environmental pollution. Heavy metals pollution is extremely dangerous because a great part of them is very toxic even in a minimal amount. Heavy metals do not decompose and they can only be redistributed among the natural environments. They can concentrate in organisms, that results in different pathologies [1].*

*More than 40 metals with an atomic mass of more than 50 atomic units are in this list. But some of them belong to a group of microelements which are very important for plant growth and development (Zn, Mn, Cu). Microelements in plants can be a part of enzymes, they can also perform an activator function for plant development and they are necessary in an extremely small amount.*

*Such metals as Pb and Cd do not have any significant influence on plant growth and development, as they don't have corresponding functions in a plant life cycle. But such metals as Zn, Mn and Cu are of vital importance for plant development. But the redundancy of these microelements can result in poisoning of a plant organism. A doubling in the amount of movable forms of Zn, Cu, Pb and Cd in soil results in the crop quality degradation. Heavy metals absorption or accumulation in a plant organism are potentially dangerous for people and animal health.*

*The research results testify to the fact that the accumulation of heavy metals by amaranth depends on both the cultivar and the fertilizer application rate.*

*The amaranth cultivars Helios, Kremovyi rannii, Sterkh as well as soddy soil, heavy metals in plants and mineral fertilizers were the subject of the research.*

*The purpose of the research was to establish the content of heavy metals in amaranth phytomass under different fertilizer systems.*

**Key words:** amaranth, Sterkh, Helios, Cream early, fertilizer system, lead, cadmium, cooper, zinc, mangan.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** В процесі інтенсивного розвитку індустріалізації суспільства, підвищується проблема забруднення довкілля важкими металами. Несвоєчасне виявлення забруднення ними території веде до збільшення виникнення екологічних ризиків [2]. Для більш кращого моніторингу навколишнього природного середовища необхідно впроваджувати систему біологічного контролю довкілля. Біологічні методи контролю дозволяють виявляти важкі метали навіть в незначних кількостях, що дозволяє знизити рівень екологічних ризиків при забрудненні навколишнього природного середовища [3]. Рослини виступають індикаторами забруднення ґрунтового покриву, тому це дає змогу виявляти зміни у агрохімічному складі ґрунту. Надлишок важких металів в ґрунті має негативний характер впливу на рослини, пригнічуючи цим їх ріст та розвиток, що призводить до погіршення якості зеленої маси та зерна [4–5].

Для проведення досліджень було вибрано амарант сорт Геліос (св. *Helios*), Кремовий ранній (св. *Kremovyi rannii*), та Стерх (св. *Sterkh*). Рослина здатна накопичувати у своїх тканинах важкі метали або шкідливі продукти метаболізму, які можуть утворюватися під дією забруднюючих речовин. В результаті перевищення рівня важких металів в ґрунті, в зеленій масі рослин спостерігаються відповідні реакції: зміна швидкості росту, тривалість цвітіння, зниження їх продуктивності [6].

Під дією важких металів зменшується накопичення біомаси порівнюючи з показниками, що характерні для даного виду рослин [7].

Під впливом свинцю якість та кількість насіння амаранту помітно знижується [8, 9]. Це призводить до того, що в рослинній продукції зменшується вміст поживних речовин та підвищується концентрація токсичних елементів, що негативно впливає на здоров'я людини [10–12].

Тому метою наших досліджень було визначення концентрації важких металів у фітомасі амаранту в умовах Полісся України.

**Матеріали та методи досліджень.** Польові дослідження проводили на дослідних ділянках Ботанічного саду Поліського національного університету. Ґрунт дослідної ділянки – дерновий, глейоватий на карбонатному суглинку, з вмістом в орному шарі: рухомого фосфору – 14,01 мг/100 г ґрунту (за Кірсановим), обмінного калію – 5,32 мг/100 г ґрунту (за Кірсановим), лужногідролізованого азоту – 6,02 мг/100 г (за Корнфільдом), рН – 7,14. Досліджувались три сорти амаранту: сорт Стерх (cv. *Sterkh*), Геліос (cv. *Helios*) та Кремовий ранній (cv. *Kremovyi rannii*).

Сівбу амаранту проводили вручну відповідно до схеми досліду. Спосіб сівби рядковий, глибина загортання насіння – 1–2 см [13]. Варіанти досліду: без добрив (контроль),  $N_{30} P_{30} K_{30}$ ,  $N_{60} P_{60} K_{60}$ ,  $N_{90} P_{90} K_{90}$ . Мінеральні добрива використовували у вигляді аміачної селітри – 34,4 %, калій магnezію – 40,2 %, суперфосфату простого гранульованого – 18,4 %.

Рослини амаранту вирощували за загальноприйнятими технологіями.

Повторність досліду 3-ох кратна, розміщення варіантів – систематичне, повторення в один ярус. Загальна площа ділянки 400 м<sup>2</sup>, площа посівної ділянки 4,5 м<sup>2</sup>, облікової 3,5 м<sup>2</sup>.

Відбір зразків ґрунту для визначення важких металів проводили згідно ДСТУ 4287:2004 [14].

Підготовку рослинних зразків амаранту для визначення важких металів здійснювали методом сухої мінералізації згідно з ДСТУ 7670:2014 [15] та ДСТУ 8123:2015 [16].

Масову концентрацію важких металів у фітомасі амаранту визначали атомно-абсорбційним методом на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С115-1М згідно ГОСТу 30178-96 у вимірювальній лабораторії Поліського національного університету [17].

Вихідний матеріал рослин амаранту було отримано в Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка НАН України.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Результати лабораторних досліджень зеленої маси амаранту сорт Стерх (cv. *Sterkh*), Геліос (cv. *Helios*), та Кремовий ранній (cv. *Kremovyi rannii*) показали, що усі досліджувані сорти мають незначне перевищення ГДК [18] по вмісту важких металів (табл. 1).

Встановлено, що найвища концентрація свинцю у зеленій масі амаранту спостерігається у сортах Стерх (cv. *Sterkh*) та Геліос (cv. *Helios*). Даний показник знаходиться у межах 4,55–5,21 та 5,2–5,92 мг/кг, відповідно. Концентрація свинцю у сорті Кремовий ранній (cv. *Kremovyi rannii*) не перевищує ГДК (3,55–4,12 мг/кг).

Виявлено різницю вмісту свинцю за варіантами удобрення. Так найвища концентрація токсиканта спостерігалась на дослідних ділянках з нормою внесення мінеральних добрив  $N_{90} P_{90} K_{90}$  для сортів Геліос (cv. *Helios*) та Стерх (cv. *Sterkh*). Що ж до сорту Кремовий ранній (cv. *Kremovyi rannii*), то концентрація токсиканту зростала на варіанті  $N_{60} P_{60} K_{60}$  – 0,412 мг/кг. Тобто при внесенні мінеральних добрив концентрація свинцю у фітомасі рослин у порівнянні з контролем вища на

Таблиця 1

## Концентрація важких металів у фітомасі амаранту

Сорт	Варіант удобрення	Концентрація важких металів, мг/кг			
		Cd	Pb	Zn	Cu
сорт Стерх ( <i>cv. Sterkh</i> )	контроль	1,442	4,55	65,23	9,35
	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	1,126	4,91	58,10	8,83
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,402	5,10	63,82	9,53
	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	1,365	5,21	66,65	9,17
сорт Геліос ( <i>cv. Helios</i> )	контроль	0,532	5,92	35,95	9,6
	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	0,581	5,27	36,58	11,45
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,483	5,29	37,53	12,35
	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0,441	5,47	39,63	13,05
сорт Кремовий ранній ( <i>cv. Kremovyi rannii</i> )	контроль	0,342	3,35	45,09	6,58
	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	0,416	3,99	42,55	7,23
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,487	4,12	44,48	7,38
	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0,592	3,77	44,58	8,08
ГДК, мг/кг		0,3	5,0	50,0	10,0

7,3–9,1 % для сортів Стерх (*cv. Sterkh*) та Геліос (*cv. Helios*), так, дані показники мають незначне перевищення ГДК [19, 20].

Концентрація цинку у рослинах амаранту варіювала від 35,95 мг/кг до 8,82 мг/кг, а мінімальну концентрацію цинку відмічено у фітомасі сорту Геліос (*cv. Helios*). (35,95–39,63 мг/кг), тоді як у сорті Стерх (*cv. Sterkh*) маємо підвищення його 48,82 мг/кг. При вирощуванні амаранту на варіантах з внесенням мінеральних добрив вміст цинку був на 4,9 %–9,9 % вищим відносно контролю.

Що стосується таких важких металів як кадмій та мідь, то їх вміст в зеленій масі амаранту при вирощуванні в умовах Полісся України були значно вищі ГДК і становили 0,342–1,442 мг/кг, та 7,23–13,05 мг/кг, відповідно.

Максимальна концентрація кадмію була у фітомасі сорту Стерх (*cv. Sterkh*) (1,126–1,442 мг/кг), що має значне перевищення ГДК. Істотно нижчим є вміст кадмію у рослинах сорту Геліос (*cv. Helios*) та Кремовий ранній (*cv. Kremovyi rannii*), його концентрація мала лише незначне перевищення ГДК.

Підвищений вміст міді був у рослинах сорту Геліос (*cv. Helios*), варіював в межах 9,6 мг/кг – 13,05 мг/кг. Найнижчу концентрацію міді мав сорт Кремовий ранній (*cv. Kremovyi rannii*) – від 6,58 мг/кг до 8,08 мг/кг, що значно нижча за показники ГДК.

Результатами досліджень доведено, що при вирощуванні амаранту у варіантах із внесенням мінеральних добрив спостерігається незначне перевищення вмісту ГДК важких металів у зеленій масі рослин. Так, вміст свинцю перевищував на 15 %, а вміст цинку – на 24,9 % для сортів Стерх (*cv. Sterkh*) та Геліос (*cv. Helios*) відповідно. Концентрація цинку в сорті Кремовий ранній (*cv. Kremovyi rannii*) не перевищував показник ГДК у жодному варіанті.

**Висновки.** Задля експериментальних досліджень концентрації важких металів у фітомасі рослин амаранту було обрано чотири важких метали: цинк, мідь, кадмій та свинець. Проаналізувавши концентрацію важких металів у рослинах, було

визначено що вони мають незначне перевищення показників ГДК, та не є потенційно небезпечними для навколишнього природного середовища для здоров'я тварин та людей.

Мінімальна концентрація важких металів була на варіанті без внесення мінеральних добрив (контроль).

Найвищий вміст важких металів було відмічено на дослідних ділянках з нормою внесення мінеральних добрив  $N_{90}P_{90}K_{90}$ , крім сорту Кремовий ранній (св. *Kremovyi rannii*).

Отже, при веденні землеробства має бути обов'язковий контроль за вмістом важких металів у ґрунті. При перевищенні показників ГДК важких металів, перед вирощуванням сільськогосподарських культур, потрібно вносити спеціальні засоби для детоксикації ґрунту, та які завадять важким металам накопичуватись у рослинах. Виходячи з цього, дослідження впливу важких металів на рослини і розробка заходів з очищення ґрунту є надзвичайно важливими.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гопцій Т. І., Воронков М. Ф., Бобро М.А. Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування: монографія. Харків : ХНАУ, 2018. 362 с.
2. Гопцій Т. І., Криворученко О. М. Пластичність і стабільність урожайності зеленої маси та зерна у видів амаранта. *Вісник ХНАУ*. Харків, 2002. № 9 (1). С. 82–88.
3. Бенцаровський Д. М., Дацько Л. В. Зміна родючості ґрунтів України під впливом сільськогосподарського використання. *Охорона родючості ґрунтів*. 2004. Вип. 1. 123 с.
4. Волошин І.М., Мезенцева І.В. Вміст свинцю в ґрунтах і рослинах та його вплив на поширення нозокласів. *Вісник Львівського університету. Серія: Географічна*. Львів, 2009. № 37. С. 120–128.
5. Валерко Р.А. Особливості біотестування антропогенно забруднених ґрунтів з метою їх екотоксичної оцінки. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. Докучаєва. Серія «ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів»*. Харків, 2013. № 2. С. 262–266.
6. Bessonova, V.P., Ponomaryova, O.A. (2017). Morphometric characteristics and the content of plastid pigments of the needles of *Picea pungens* depending on the distance from the highways. *Biosystems Diversity*, vol. 25, № 2, P. 96–101.
7. Поліщук О.В. Методи лабораторних і польових досліджень флуоресценції хлорофілу. *Український ботанічний журнал*. 2017. Т. 74. № 1. С. 86–93.
8. ДСТУ 4138-2002 Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2004-01-01]. Київ : Держстандарт України, 2003. 173 с. (Інформація та документація).
9. Рахметов Д. Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні: монографія. Київ : «Аграр Медіа Груп», 2011. 398 с.
10. Khandaker L., Ali M.B., Oba S. Total polyphenol and antioxidant activity of red amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) as affected by different sunlight level. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 2008. Vol. 77, № 4. P. 395–401.
11. Gorinstein S., Vargas O.J., Jaramillo N.O., Salas I.A., Ayala A.L., Arancibia-Avila P., Toledo F., Katrich E., Trakhtenberg S. The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals. *Eur. Food Res. Techn.* 2007. Vol. 225, № 3–4. P. 321–328.
12. Gorinstein S., Lojek A., Ciz M., Pawelzik E., Delgado-Licon E., Medina O. J., Moreno M., Salas I.A., Goshev I. Comparison of composition and antioxidant capacity of some cereals and pseudocereals. *Int. J. Food Sci. Techn.* 2008. Vol. 43, № 4. P. 629–637.



13. Cai Y., Sun M., Corke H. Antioxidant Activity of Betalains from Plants of the Amaranthaceae. *J. Agr. Food Chem.* 2003. Vol. 51, № 8. P. 2288–2294.
14. ДСТУ ISO 10381-5: 2009. Якість ґрунту. Відбирання проб [Чинний від 2009-07-29]. Київ : Держспоживстандарт України, 2004. 25 с.
15. ДСТУ 7670: 2014. Сировина і продукти харчові. Готування проб. Мінералізація для визначення вмісту токсичних речовин. [Чинний від 2015-07-01]. Київ, 2014. 18 с. (Інформація та документація).
16. ДСТУ 8123: 2015. Визначення важких металів у кормах. [Чинний від 2001-06-27]. Київ, 2004. 22 с. (Інформація та документація).
17. ДСТУ 4964:2008. Методи визначення якості зернових і зернобобових культур. [Чинний від 2010-07-01]. Київ, 2008. С. 12–19.
18. Коцур Н.І. Екологічні ризики і здоров'я людини: сучасні проблеми та шляхи розв'язання. *Молодий вчений*. 2016. № 9.1 (36.1). С. 91–94.
19. Єгоров Б.В., Мардар Б.В. Наукові основи формування споживних властивостей нових зернових продуктів. Одеса : ТЕС, 2013. 388 с.
20. Капрельянц Л. Функціональні продукти і нутрицевтики – сучасні підходи харчової науки. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2016. Вип. 73. 441 с.

УДК 633.854.78:631.8:631.52(477.43+477.85)  
DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.128.8>

## РЕГУЛЯТОРИ РОСТУ РОСЛИН – ЕФЕКТИВНИЙ СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ УРОЖАЙНОСТІ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН

**Вітровчак Л.А.** – асистент кафедри рослинництва, селекції та насінництва,  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**Строяновський В.С.** – к.с.-г.н.,  
доцент кафедри рослинництва, селекції та насінництва,  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**Парацук В.В.** – аспірант кафедри рослинництва, селекції та насінництва,  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

У статті зацентовано увагу на важливу екологічну проблему щодо впровадження в технології вирощування с.-г. культур, зокрема лікарських рослин екологічно безпечних препаратів, що здатні втручатися в фізіологічні процеси росту і розвитку рослин, забезпечуючи їх повноцінне протікання та сприяти отриманню якісної та безпечної сировини для потреб фармацевтичної промисловості. Наведено аналіз досліджень наукової спільноти щодо впливу окремих агротехнічних чинників, в т.ч і біологічно активних препаратів, на формування урожайності чорнушки посівної, фенхелю звичайного та нагідок лікарських. В науковій праці висвітлено питання впливу регуляторів росту рослин різного хімічного складу на урожайність насіння чорнушки посівної, фенхелю звичайного та повітряно-сухих суцвіть нагідок лікарських за вирощування в умовах Західного Лісостепу.

В результаті проведених спостережень, аналізів та обліків виявлено вплив передпосівної обробки насіння та обприскування посівів у фазі бутонізації рослин на ріст, розвиток та формування урожайності лікарських рослин. Дослідженнями встановлено, що фенхель звичайний оптимальну урожайність насіння забезпечив при обприскуванні посівів препаратом Гуміфілд та обробці насіння регулятором росту Вермийодіс, урожайність насіння на цих варіантах коливалась в межах 1,8–1,77 т/га, що на 0,31–0,28 т/га перевищувало контрольний варіант. Крайцями для чорнушки посівної виявились варіанти