

УДК 631.41.634.17.54

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.45>

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

**Романчук Л.Д.** – д.с.-г.н.,

професор кафедри екології,

Поліський національний університет

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

Поліський національний університет

Основний відсоток, що призводить до забруднення навколишнього природного середовища, дає господарська діяльність людини. Особливу небезпеку становлять важкі метали, які є надзвичайно токсичними навіть в мінімальній кількості. При накопиченні в природному середовищі важкі метали не розкладаються, але вони здатні до перерозподілу. Важкі метали мають здатність накопичуватись в живих організмах, що призводить до різних патологій [1].

Важкі метали негативно впливають на мітотичну активність клітин, що в подальшому призводить до пригнічення росту та розвитку рослини, збільшується тривалість фаз росту. Дослідження свідчать, що висока концентрація важких металів в рослинах викликає різні генетичні порушення в клітинах коренів, що в свою чергу призводить до зниження якості рослинної сировини та зерна. Негативний вплив важких металів спостерігається також у клітин, їх ріст і розвиток уповільнюється, порушується еластична здатність стінок та погіршується водний режим стінок [2, 3]. Пригнічення росту фітомаси та погіршення якості зерна також може бути наслідком негативної дії важких металів.

Важкі метали, які відносять до мікроелементів, є надзвичайно важливими для росту і розвитку рослин (Mn, Cu, Zn). Мікроелементи в рослинах входять до складу ферментів, та виконують функцію активатора росту рослин та необхідні в дуже малій кількості.

Важкі метали Cd та Pb не мають істотного впливу на розвиток рослин, оскільки не виконують відповідних функцій у життєвому циклі рослин. При підвищенні у ґрунті рухомих форм металів Cu, Cd, Pb та Zn у 2 рази погіршується якість практично всіх сільськогосподарських культур. Поглинання та накопичення важких металів у ґрунті та рослинах в подальшому є небезпечним для здоров'я тварин та людей.

За результатами нашого дослідження встановлено, що накопичення важких металів в насінні амаранту залежить від сортових особливостей та норми внесення мінеральних добрив.

**Предмет дослідження:** Кремовий ранній (св. *Kremovyi rannii*), сорт Геліос (св. *Helios*), та Стерх (св. *Sterkh*), дерновопідзолистий ґрунт, мінеральні добрива та важкі метали (свинець, кадмій, мідь, цинк, марганець) в зерні амаранту.

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

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

**Pomanchuk L.D., Kravchuk T.V. The content of heavy metals in amaranth grain during cultivation in Polissya of Ukraine**

Human activity accounts for the bulk of environmental pollution. Heavy metals are particularly dangerous, as they are extremely toxic even in minimal amounts. When accumulated in the environment, heavy metals do not decompose, but they are capable of redistribution. Heavy metals have the ability to accumulate in living organisms, which leads to various pathologies [1].

Heavy metals have a negative impact on the mitotic activity of cells, which subsequently leads to inhibition of plant growth and development, and increases the duration of growth phases. Studies show that high concentrations of heavy metals in plants cause various genetic disorders in root cells, which in turn leads to a decrease in the quality of plant raw materials and grain. The negative impact of heavy metals is also observed in cells, their growth and development slows down, the elasticity of the walls is impaired, and the water regime of the walls deteriorates [2, 3]. Inhibition of phytomass growth and deterioration of grain quality can also be a consequence of the negative effects of heavy metals.

*Heavy metals, which are referred to as trace elements, are extremely important for plant growth and development (Mn, Cu, Zn). Trace elements in plants are part of enzymes and serve as an activator of plant growth and are required in very small quantities.*

*Heavy metals Cd and Pb do not have a significant impact on plant development, as they do not perform the relevant functions in the plant life cycle. If the mobile forms of Cu, Cd, Pb, and Zn increase in the soil, the quality of almost all crops deteriorates by a factor of 2. The absorption and accumulation of heavy metals in soil and plants is dangerous for animal and human health.*

*Our research has shown that the accumulation of heavy metals in amaranth seeds depends on varietal characteristics and the rate of mineral fertilizer application.*

**Subject of the study:** *Kremovyi rannii, Helios and Sterkh, sod-podzolic soil, mineral fertilizers, and heavy metals in amaranth grain (lead, cadmium, copper, zinc, mangan).*

**The aim of the study** *was to determine the content of heavy metals in amaranth grain under different fertilization systems.*

**Key words:** *amaranth, fertilizer system, lead, cadmium, copper, zinc, mangan.*

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** На даний час триває процес інтенсивного розвитку індустріалізації суспільства, що погіршує проблему забруднення навколишнього середовища важкими металами. Несвоєчасне встановлення забруднення ними ґрунтів веде до підвищення екологічних ризиків [2]. Для кращого моніторингу довкілля необхідно запровадити систему біологічного контролю навколишнього середовища. Біологічні методи контролю допомагають виявляти важкі метали в незначних кількостях, що дає можливість знизити рівень екологічних ризиків при забрудненні довкілля [3]. Рослини стають індикаторами забруднення ґрунту, тому це дозволяє виявляти зміни у агрохімічному складі ґрунту вчасно. Накопичення важких металів в ґрунтовому покриві негативно впливає на рослинні організми, пригнічує їх ріст та розвиток, та спричиняє погіршення якості фітомаси та зерна [4].

Для проведення досліджень нами було обрано три сорти амаранту: сорт Кремовий ранній (св. Kremovyi rannii), сорт Геліос (св. Helios), та сорт Стерх (св. Sterkh). Рослини здатні накопичувати у своїх клітинах важкі метали та шкідливі продукти метаболізму, які здатні утворюватися під час дії забруднюючих речовин. При перевищенні рівня важких металів в ґрунтовому покриві, в фітомасі рослин спостерігаються зміна швидкості росту, збільшується тривалість цвітіння, знижується якість та продуктивності зерна [6].

Під дією важких металів знижується урожайність рослин, порівнюючи з показниками, що характерні для даного виду [7].

Під впливом свинцю продуктивність зерна амаранту помітно знижується [5]. Це спричиняє зниження вмісту поживних речовин в зерні та підвищує концентрацію токсичних елементів, що мають негативний вплив на здоров'я людини [4-6].

Саме тому метою наших досліджень було визначення концентрації важких металів у зерні амаранту в умовах Полісся України.

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

Сівба амаранту проводилась вручну відповідно до схеми досліду. Спосіб сівби – рядковий, глибина загортання насіння – 1,5–2 см. Варіанти досліду: без добрив (контроль), N<sub>60</sub> P<sub>60</sub> K<sub>60</sub>. Мінеральні добрива застосовували у вигляді калій магнезій – 40,2 %, аміачної селітри – 34,4 %, суперфосфату простого гранульованого – 18,4 %.

Рослини амаранту вирощували за загальноприйнятими технологіями.

Повторність дослідів 6-и кратна, розміщення варіантів – систематичне. Загальна площа дослідної ділянки 400 м<sup>2</sup>, площа облікової 3,5 м<sup>2</sup>, посівної ділянки 4,5 м<sup>2</sup>.

Відбір зразків ґрунту для дослідження важких металів проводили згідно ДСТУ 4287:2004 [9].

Підготовку зразків амаранту для визначення важких металів здійснювали за методом сухої мінералізації відповідно до ДСТУ 8123:2015 та ДСТУ 7670:2014 [10, 11].

Концентрацію важких металів у зерні визначали атомно-абсорбційним методом на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С115-1М згідно ГОСТу 30178-96 у вимірювальній лабораторії навчально-наукового центру екології та охорони навколишнього середовища Поліського національного університету [12].

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

**Результати досліджень.** Результати лабораторних досліджень зерна амаранту сорт Геліос (*cv. Helios*), сорт Стерх (*cv. Sterkh*), та сорт Кремовий ранній (*cv. Kremovyi rannii*) свідчать, що досліджуванні зразки мають незначне перевищення ГДК [13] по вмісту важких металів (табл. 1).

Таблиця 1

### Концентрація важких металів у зерні амаранту

Сорт	Варіант удобрення	Концентрація важких металів, мг/кг			
		Cd	Pb	Zn	Cu
сорт Геліос ( <i>cv. Helios</i> )	контроль	0,033	1,70	21,06	6,043
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,035	4,99	40,19	7,301
сорт Кремовий ранній ( <i>cv. Kremovyi rannii</i> )	контроль	0,033	1,28	42,19	10,577
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,043	2,05	43,52	10,733
сорт Стерх ( <i>cv. Sterkh</i> )	контроль	0,030	2,06	29,40	7,717
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,030	4,01	79,61	11,102
ГДК, мг/кг		0,3	5,0	50,0	10,0

Встановлено, що найвища концентрація Pb у зерні амаранту спостерігається у сортах Геліос (*cv. Helios*) та Стерх (*cv. Sterkh*). Даний показник знаходиться у межах 1,70–4,99 та 2,06–4,01 мг/кг, відповідно. Концентрація Pb у всіх зразках зерна амаранту не перевищує ГДК (5,0 мг/кг).

Спостерігається різниця вмісту свинцю на варіанті удобрення. Так найбільша концентрація токсиканта спостерігалась на ділянках з нормою внесення мінеральних добрив N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> для сортів Стерх (*cv. Sterkh*) та Геліос (*cv. Helios*). Що ж до сорту Кремовий ранній (*cv. Kremovyi rannii*), то концентрація свинцю не перевищує ГДК (2,05 мг/кг). Отже, при внесенні мінеральних добрив концентрація Pb у зерні в порівнянні з контролем вища на 34,06–51,37 % для сортів Геліос (*cv. Helios*) та Стерх (*cv. Sterkh*), а отже, дані показники не перевищують ГДК [14, 15].

Концентрація Zn у зерні амаранту варіювала від 21,06 мг/кг до 79,61 мг/кг, а найменшу концентрацію цинку спостерігаємо у зерні сорту Геліос (*cv. Helios*) (21,06–40,19 мг/кг), тоді як у сорті Стерх (*cv. Sterkh*) маємо підвищення його 79,61 мг/кг, а тому, даний показник має незначне перевищення ГДК. При

виросуванні амаранту на варіантах з внесенням добрив вміст цинку був на 36,93–52,40 % більшим відносно контролю.

Стосовно такого важкого металу як Сu, то його вміст в зерні амаранту при вирощуванні в умовах Полісся України мав незначні перевищення ГДК і становив 6,043–11,102 мг/кг, відповідно.

Найвища концентрація Cd була у зерні сорту Кремовий ранній (*cv. Kremovyi rannii*) (0,033–0,043 мг/кг), що не має перевищення ГДК. Найнижчим є вміст кадмію у зерні сорту Геліос (*cv. Helios*) та сорту Стерх (*cv. Sterkh*), (0,033–0,035 мг/кг та 0,030 мг/кг), відповідно.

Підвищений вміст міді був у зерні сорту Кремовий ранній (*cv. Kremovyi rannii*) та сорту Стерх (*cv. Sterkh*), він варіював в межах 10,577–10,733 мг/кг та 7,717–11,102 мг/кг. Найнижчу концентрацію міді мав сорт Геліос (*cv. Helios*) – від 6,043 мг/кг до 7,301 мг/кг, що значно нижча за показники ГДК.

Результати досліджень свідчать, що при вирощуванні різних сортів амаранту у варіантах із внесенням мінеральних добрив є незначне перевищення вмісту ГДК важких металів у зерні рослин. Так, вміст міді перевищував на 9,9 %, а вміст цинку – на 37,19 % для сорту Стерх (*cv. Sterkh*) відповідно. Концентрація цинку в сортах Кремовий ранній (*cv. Kremovyi rannii*) та Геліос (*cv. Helios*) не перевищувала показник ГДК у жодному варіанті.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Для проведення наукових досліджень концентрації важких металів у зерні амаранту було обрано чотири важких метали: мідь, кадмій, цинк та свинець. Проаналізувавши результати концентрації важких металів у зерні, було встановлено, що важкі метали мають незначне перевищення показників ГДК, та не є потенційно небезпечними для довкілля, здоров'я людей та тварин.

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

Максимальний вміст важких металів було встановлено на дослідних ділянках з нормою внесення мінеральних добрив  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , крім сорту Геліос (*cv. Helios*).

Отже, при вирощуванні сільськогосподарських культур має бути обов'язковий контроль за концентрацією важких металів у ґрунті. Навіть при незначному перевищенні показників ГДК важких металів, перед вирощуванням рослин, потрібно використовувати спеціальні засоби для детоксикації ґрунту, та які не дадуть важким металам накопичуватись у рослинах. Отже, проведення досліджень впливу важких металів на рослини і розробка агротехнічних заходів з очищення ґрунту є надзвичайно важливими.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гопцій Т. І., Криворученко О. М. Пластичність і стабільність урожайності зеленої маси та зерна у видів амаранта. *Вісник ХНАУ*. Харків, 2002. № 9 (1). 82–88 с.
2. Гопцій Т. І., Воронков М. Ф., Бобро М.А. Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування: монографія. Харків: ХНАУ, 2018. 362 с.
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. 120–128 с.

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. 262–266 с.
  6. Поліщук О.В. Методи лабораторних і польових досліджень флуоресценції хлорофілу. *Український ботанічний журнал*. 2017. Т. 74. № 1. 86–93 с.
  7. ДСТУ 4138-2002 Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2004-01-01]. Київ: Держстандарт України, 2003. 173 с. (Інформація та документація).
  8. Рахметов Д. Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні: монографія. Київ : «Аграр Медіа Груп», 2011. 398 с.
  9. ДСТУ ISO 10381-5: 2009. Якість ґрунту. Відбирання проб [Чинний від 2009-07-29]. Київ Держспоживстандарт України, 2004. 25 с.
  10. ДСТУ 8123: 2015. Визначення важких металів у кормах. [Чинний від 2001-06-27]. Київ, 2004. 22 с. (Інформація та документація).
  11. 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).
  12. ДСТУ 4964:2008. Методи визначення якості зернових і зернобобових культур. [Чинний від 2010-07-01]. Київ, 2008. 12–19 с.
  13. Коцур Н.І. Екологічні ризики і здоров'я людини: сучасні проблеми та шляхи розв'язання. *Молодий вчений*. 2016. № 9.1 (36.1). 91–94 с.
  14. Єгоров Б.В., Мардар Б.В. Наукові основи формування споживних властивостей нових зернових продуктів. Одеса : ТЕС, 2013. 388 с.
  15. Капрельянц Л. Функціональні продукти і нутрицевтики – сучасні підходи харчової науки. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2016. Вип. 73. 441 с.
-