

УДК 581.1:577.13:192.8

## ВПЛИВ КАДМІЮ І НАНОЧАСТИНОК ЕСЕНЦІАЛЬНИХ МЕТАЛІВ НА ПАРАМЕТРИ АНТИОКСИДАНТНОГО МЕТАБОЛІЗМУ РОСЛИН САЛАТУ

І.М. ХОМЕНКО, О.І. КОСИК, Н.Ю. ТАРАН

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
Навчально-науковий центр «Інститут біології та медицини»  
01601 Київ, вул. Володимирська, 64/13  
e-mail: i.m.homenko@gmail.com

Через посилення антропогенного впливу на навколишнє середовище продуктивність біоценозів знижується. В результаті застосування фосфорних мінеральних добрив ґрунти забруднюються мікродомішками кадмію. Розглянуто використання наночастинок металів-мікроелементів як альтернативне джерело підживлення важливих сільськогосподарських культур. Досліджено вплив 0,1 мМ розчину  $Cd^{2+}$  і передпосівної обробки сумішшю наночастинок Cu, Zn, Mn, Fe на рослини салату *Lactuca sativa* L. двох відмінних за рівнем накопичення фенольних метаболітів сортів: Лоло (зелений колір надземної частини), Лоло Росса (червоний колір). Досліджено адаптивну відповідь рослин салату за допомогою аналізу вмісту первинних продуктів пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) та активування антиоксидантних систем ензиматичного (активність гваяколпероксидази, фенілаланінаміакліази) й неензиматичного характеру (вміст фенольних сполук). Визначено специфіку впливу наночастинок есенціальних металів і підвищеного вмісту кадмію. Додаткове до наночастинок металів навантаження кадмієм спричинювало накопичення фенольних метаболітів (36 %) і зростання активності фенілаланінаміакліази (вдвічі) у зеленого сорту Лоло на відміну від червоного Лоло Росса. В обох сортів знижувався рівень продуктів ПОЛ наприкінці 14-добової експозиції, нівелювального впливу нанообробки на токсичну дію кадмію у них не виявлено.

*Ключові слова:* *Lactuca sativa* L., іони кадмію, наночастинок есенціальних металів, гідропероксиди ліпідів, гваяколпероксидаза, фенольні сполуки, фенілаланінаміакліаза.

Аграрному сектору України і світу традиційно властиве щорічне збільшення використання мінеральних добрив, збагачених солями важких металів і хелатних комплексів, що створює додаткове антропогенне навантаження на ґрунти та фітоценози (наприклад, до складу фосфорних добрив входять солі кадмію у вигляді мікродомішок) [3].

Незважаючи на різноспрямованість застосування нанотехнологій у сучасному рослинництві й дедалі ширше застосування нанопрепаратів біологічно активних (есенціальних) металів у сільському господарстві, питання фітотоксичності наночастинок біологічно активних

металів на сьогодні є актуальним і дискусійним. Оскільки нанорозмірні частинки високоактивні, здатні швидше проникати в клітини й ефективніше сприйматися рослинами, існує вірогідність як позитивного [10, 14], так і токсичного їх впливу на агрофітоценози [11, 12].

Резистентність рослинних організмів за підвищеної концентрації кадмію в середовищі залежить від генотипу, стадії розвитку рослини та концентрації металу і досягається активуванням механізмів індукованої стійкості. Порушення окиснювального гомеостазу та адаптивні зміни на фізіологічному рівні в клітинах відіграють важливу роль у формуванні адаптивного потенціалу рослинного організму. Основні шляхи антиоксидантного захисту рослин ґрунтуються на каскадних системах як неферментативних антиоксидантних сполук (наприклад, низькомолекулярних ендогенних хелаторів — фенілпропаноїдів) [8, 15], так і ферментів (супероксиддисмутази, аскорбатпероксидази, каталази, глутатіонредуктази, гваяколпероксидази) [5].

Раніше ми виявили вплив іонів кадмію на активність пероксидази [2] та фенілаланінаміакліази [13] рослин салату посівного.

Метою цієї роботи було встановлення змін оксидантного статусу рослин салату (*Lactuca sativa* L.) за ензиматичними й неензиматичними параметрами двох відмінних за рівнем накопичення фенольних метаболітів сортів унаслідок обробки наночастинками есенціальних металів і кадмію.

### Методика

Досліджували вплив іонів кадмію концентрацією 0,1 мМ та суміші нанометалів (Cu, Zn, Mn, Fe) на одномісячні рослини *Lactuca sativa*, відмінні за рівнем накопичення фенольних метаболітів, що фенотипно виявлялось різним ступенем пігментації їх надземної частини: сорт Лоло зеленого кольору та сорт Лоло Росса червоного. Неіонний колоїдний розчин суміші наночастинок міді, цинку, мангану та заліза отримано на кафедрі технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства Національного університету біоресурсів та природокористування України окремим водним диспергуванням гранул металів імпульсами електричного струму з амплітудою 100—2000 А [20].

Методом барботування проводили передпосівну обробку насіння сумішшю наночастинок упродовж доби (контроль — дистильована вода) з подальшим вирощуванням на 50 %-му середовищі Хогленда за методом водної культури. У живильне середовище одномісячних рослин дослідних варіантів добавляли розчин сульфату кадмію. Для визначення впливу сублетальних доз  $\text{Cd}^{2+}$  і наночастинок металів зразки листків одного віку відбирали на першу, сьому й чотирнадцяту доби експозиції.

Рівень ліпопероксидації як основного маркера стресового стану рослин виявляли за рівнем накопичення гідропероксидів ліпідів. Вміст гідропероксидів визначали спектрофотометрично (UV-1800 Shimadzu, Японія) за довжини хвилі 530 нм за утворенням забарвленого продукту з 1 %-м розчином солі Мора в  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Для дослідження активності гваяколпероксидази (ГПО, КФ 1.11.1.7) охолоджені рідким азотом листки салату гомогенізували в

0,05 М калій-фосфатному буфері (рН 7,8). Гомогенат центрифугували упродовж 10 хв за 15 000 об/хв і 4 °С. В надосадовій рідині визначали активність ензиму, де субстратом слугував 0,01 мл 30 %-го розчину  $\text{H}_2\text{O}_2$ , відновником — 1 %-й розчин гваяколу. Отримані дані виражали у мілімолях тетрагваяколу на одиницю білка [6].

Активність ключового ферменту вторинного метаболізму — фенілаланінаміакліази (ФАЛ, КФ 4.3.1.24) визначали спектрофотометрично за довжини хвилі 270 нм модифікованим методом Цукера [19, 21]. Охоложені азотом листки салату гомогенізували у 25 мМ боратному буфері (рН 8,8) з додаванням 23 мкМ меркаптоетанолу. Гомогенат центрифугували упродовж 20 хв за 8000 g, в отриманій надосадовій рідині досліджували активність ФАЛ. Субстратом був 0,05 М розчин *L*-фенілаланіну. Отримані дані виражали у мікромолях *транс*-коричної кислоти за 1 хв реакції на одиницю білка. Вміст розчинного білка визначали за методом Бредфорда [4].

Рівень накопичення фенольних сполук у сухій речовині листків салату встановлювали спектрофотометрично за довжини хвилі 765 нм із застосуванням реактиву Фоліна—Чокальтеу з перерахунком міліграмів галової кислоти на грами сухої речовини [19].

Результати опрацьовано статистично у триразових біологічній та аналітичній повторностях за стандартним пакетом програм Microsoft Excel 2010. Розбіжності між вибірками вважали значущими за  $p \leq 0,05$ .

## Результати та обговорення

Процес активування пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) вважають провідним показником інтенсивності стресового впливу чинників абіотичної, біотичної та антропогенної природи на рослинний організм. Збільшення кількості агресивних метаболітів та активних форм кисню (АФК) унаслідок шкідливого впливу важких металів, особливо кадмію, призводить до накопичення продуктів ліпопероксидації, що супроводжується порушенням структурно-функціональної цілісності клітинних мембран. Імовірно, певний рівень продуктів мембранного розпаду слугує компонентом сигнальної системи адаптивного захисту рослинного організму від токсичної дії підвищених доз важких металів у середовищі. Гідропероксидація ліпідів вважають одними з ранніх продуктів ПОЛ, тому їх вміст у тканинах визначають як біомаркер стресового стану рослини [1].

За результатами досліджень вмісту первинних продуктів ПОЛ у листках дослідних рослин салату сорту Лоло (рис. 1, *a*) встановлено відсутність вірогідної різниці з контролем у варіанті передпосівної обробки наночастинками. Значне зниження (на 17 %) вмісту гідропероксидів зафіксовано лише у варіанті їх сумісної дії з кадмієм на першу добу експозиції, що може свідчити про раннє увімкнення систем антиоксидантного захисту у цього сорту.

Вплив на накопичення первинних продуктів ПОЛ у варіанті подвійної обробки дослідних зразків сорту Лоло Росса (див. рис. 1, *b*) максимально виявляється на 7-му добу експозиції (близько 70 % рівня контролю) з подальшим зрівнюванням із контролем на 14-ту добу експозиції. Згідно з отриманими даними, ймовірно у варіанті об-

ВЛИЯНИЕ КАДМИЯ И НАНОЧАСТИЦ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

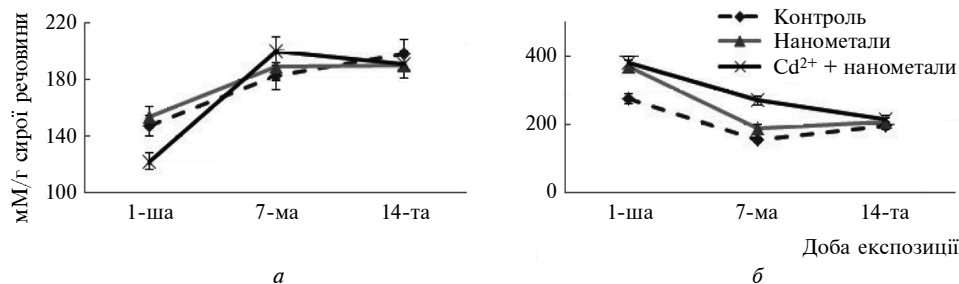


Рис. 1. Вміст гідропероксидів ліпідів у листках салату сортів Лоло (а) та Лоло Росса (б) за дії Cd<sup>2+</sup> і суміші наночастинок металів

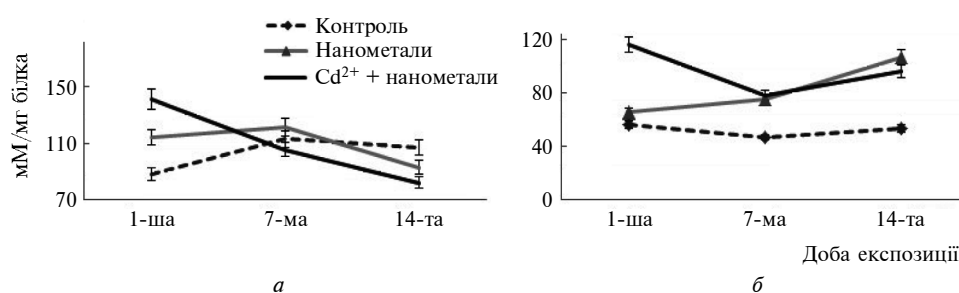


Рис. 2. Активність гваяколпероксидази (мМ тетрагваяколу/мг білка) в листках салату сортів Лоло (а) та Лоло Росса (б) за дії Cd<sup>2+</sup> і суміші наночастинок металів

робки рослин наночастинками процес утворення продуктів окиснення інтенсифікується хвилеподібно через раннє активування ферментних систем — продуцентів АФК [7]. За додаткового навантаження системи іонами кадмію посилюються процеси окиснення ліпідів, що призводить до зростання вмісту гідропероксидів, проте зниження їх вмісту до контрольних значень може свідчити про значний адаптивний потенціал салату сорту Лоло Росса.

Серед основних ензиматичних систем антиоксидантного захисту рослин особливо цікавими є пероксидази, оскільки цей тип ензимів високоспецифічний до агресивного окисника — H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> і має різноманітні субстратні форми. Повідомлялось [9], що активність одного з представників пероксидаз — гваяколпероксидази (ГПО) в надземній і підземній частинах рослин *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. зростала за підвищених доз арсену в середовищі, тому пероксидази класу III, до яких належить ГПО, часто розглядають як специфічний біомаркер стресового стану рослинного організму, зумовленого наявністю важких металів [16].

Для зеленого сорту Лоло (рис. 2, а) зафіксовано зростання активності ГПО в усіх варіантах обробки на 1-шу добу експозиції (до 60 % рівня контролю у варіанті сумісного впливу) зі значним зниженням до 14-ї доби (на 24 % рівня контролю у варіанті сумісного впливу).

Для сорту Лоло Росса (див. рис. 2, б) зафіксовано стабільно високу активність ГПО у варіанті подвійної обробки впродовж експозиції з піком на 1-шу добу (удвічі вище від контролю). Для варіанта обробки рослин наночастинками металів істотне підвищення актив-

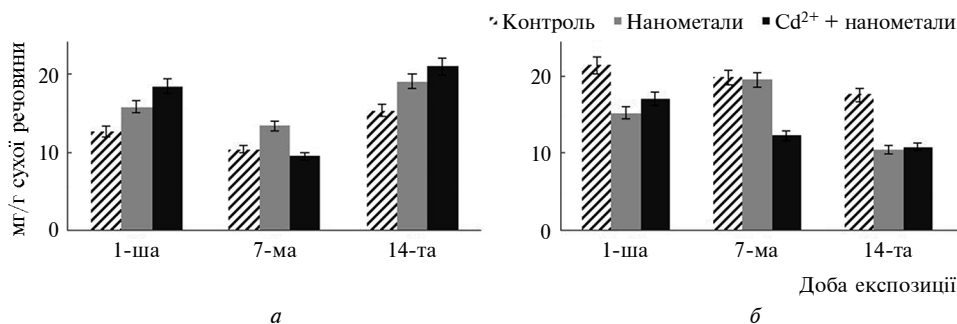


Рис. 3. Вміст фенольних сполук у листках салату сорту Лоло (а) та Лоло Росса (б) за дії Cd<sup>2+</sup> і суміші наночастинок металів

ності ГПО спостерігалось на 7-му та 14-ту доби експозиції. Ймовірно, підвищена активність ензиму впродовж експозиції є виявом впливу передпосівної обробки наночастинками есенціальних металів і характеризує стабільність системи антиоксидантного захисту рослин в умовах Cd<sup>2+</sup>-стресового навантаження.

Фенольні метаболіти вважають потужними елементами неензиматичного антиоксидантного захисту рослин. Зростання їх вмісту внаслідок шкідливого впливу підвищених рівнів важких металів у середовищі пояснюють їх активною участю у знешкодженні як надмірного вмісту АФК, так і власне металів (хелатування). Згідно з отриманими даними синтез вторинних метаболітів фенольної природи у салату сорту Лоло посилюється (рис. 3, а), у салату сорту Лоло Росса вміст фенолів упродовж експозиції був нижчий від контролю (див. рис. 3, б).

Водночас отримані дані підтвердили вірогідне зростання активності ключового ферменту вторинного метаболізму — ФАЛ упродовж експозиції в досліджуваних рослин сорту Лоло за подвійного навантаження наночастинками і кадмієм (рис. 4, а); для сорту Лоло Росса активність ФАЛ на 7-му добу дії кадмію знижувалась з подальшим наближенням до контрольних значень (див. рис. 4, б). Для обох сортів салату вірогідних розбіжностей з контролем у варіанті впливу наночастинок металів не виявлено.

Отримані результати дещо суперечливі. Попри відомий факт щодо зростання кількості та активності відповідальних за синтез вторинних метаболітів фенольної природи R2R3-Myb-доменів і bHLH-транскрипційних факторів рослинного геному яскраво пігментованих сортів [18], масштабних досліджень генної експресії ферментативних ланок синтезу антоціанів, зокрема відповідальних за кодування ФАЛ-біосинтезу в умовах стресу [17], ми не виявили значного посилення активності ФАЛ і накопичення фенольних сполук у листках салату сорту Лоло Росса за дії іонів кадмію. Згідно з літературними даними [7], за підвищеного фону металів-елементів живлення фенольні сполуки виявляють як антиоксидантні, так і прооксидантні властивості. Хелаторні властивості фенолів змінюють редокс-статус клітини, що за наявності кисню одночасно може посилити формування окисних дериватів та активність інших антиоксидантних систем (що частково пояснює високу активність ГПО салату сорту Лоло Росса порівняно із сортом Лоло).

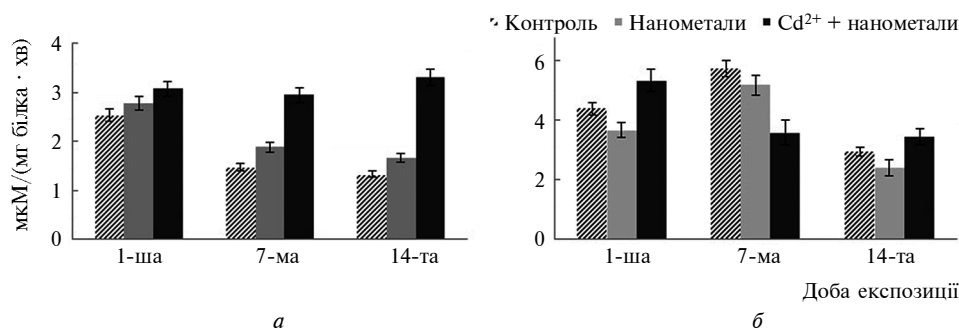


Рис. 4. Активність фенілаланінаміакліази (мкМ *транс*-коричної кислоти/(мг білка · хв)) в листках салату сорту Лоло (а) та Лоло Росса (б) за дії Cd<sup>2+</sup> і суміші наночастинок металів

Отже, отримані результати підтвердили протилежну відповідь сортів салату з різним вмістом фенольних метаболітів на вплив передпосівної обробки та підвищений вміст кадмію у середовищі. У сорту Лоло були підвищені активність ФАЛ та накопичення фенольних метаболітів на відміну від сорту Лоло Росса, що пов'язано з генетично детермінованим збільшеним вмістом вторинних метаболітів у листках цього сорту салату. Проте, незважаючи на різноспрямований вплив досліджуваних чинників на активність ГПО, в обох сортів салату був знижений вміст первинних продуктів ліпопероксидації, який зрівнювався з контрольним на 14-ту добу дії кадмію, що свідчить про збалансування про-антиоксидантного статусу рослин унаслідок увімкнення додаткових систем антиоксидантного захисту.

#### REFERENCES

- Batsmanova, L.M. & Taran, N.Yu. (2010). Screening of plant adaptive capacity by indicators of oxidative stress. Kyiv: TOV Aveha [in Ukrainian].
- Kosyk, O.I., Khomenko, I. M., Taran, N.Yu., Aidosova, S.S. & Sarsenbaev, K.N. (2016). Resistance features of mono- and dicotyledonous plants under the action of xenobiotics. *ScienceRise: Biological Science*, 3, iss. 3, pp. 37-45 [in Russian].
- Azzi, V., Kazpard, V., Lartiges, B., Kobeissi, A., Kanso, A. & El Samrani, A. G. (2017). Trace metals in phosphate fertilizers used in Eastern Mediterranean countries. *Clean Air Soil Water*, 45, No. 1. doi: <https://doi.org/10.1002/clen.201500988>
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, 72, pp. 248-254.
- Cuypers, A., Smeets, K., Ruytinx, J., Opdenakker, K., Keunen, E., Remans, T., Horemans, N., Vanhoudt, N., Van Sanden, S., Van Belleghem, F., Guisez, Y., Colpaert, J. & Vangronsveld, J. (2011). The cellular redox state as a modulator in cadmium and copper responses in *Arabidopsis thaliana* seedlings. *J. Plant Physiol.*, 168, pp. 309-316.
- Dias, A. & Kosta, M. (1983). Effect of low salt concentrations on nitrate reductase and peroxidase of sugar beet leaves. *J. Exp Bot.*, 34, pp. 537-543.
- Eghbaliferiz, S. & Iranshahi, M. (2016). Prooxidant activity of polyphenols, flavonoids, anthocyanins and carotenoids: Updated review of mechanisms and catalyzing metals. *Phytother. Res.*, 30, pp. 1379-1390. doi: <https://doi.org/10.1002/ptr.5643>
- Fedenko, V.S., Shemet, S.A. & Struzhko, V.S. (2005). Complexation of cyanidin with cadmium ions in solution. *Ukrainian Biochem J.*, 77, No. 1, pp. 104-109.
- Ghassemzadeh, F., Yousefzadeh, H. & Arbab-Zavar, M.H. (2008). Antioxidative and metabolic responses to arsenic in the common reed (*Phragmites australis*): implications for phytoremediation. *Land Contam. Reclam.*, 16, pp. 213-222.

10. Juárez-Maldonado, A., González-Morales, S. & Cabrera-De la Fuente, M. (2018). Nanometals as promoters of nutraceutical quality in crop plants. Impact of Nanoscience in the Food Industry (pp. 277-310). Academic Press. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811441-4.00010-8>
11. Karimi, J. & Mohsenzadeh, S. (2017). Physiological effects of silver nanoparticles and silver nitrate toxicity in *Triticum aestivum*. Iranian Journal of Science and Technology, 41, No. 1, pp. 111-120. doi: <https://doi.org/10.1007/s40995-017-0200-6>
12. Konotop, Ye.O., Kovalenko, M.S., Ulynets, V.Z., Meleshko, A.O., Batsmanova, L.M. & Taran, N.Yu. (2014). Phytotoxicity of colloidal solutions of metal-containing nanoparticles. Cytology and Genetics, 48, No. 2, pp. 37-42. doi: <https://doi.org/10.3103/S0095452714020054>
13. Kosyk, O.I., Khomenko, I.M., Batsmanova L.M. & Taran, N.Yu. (2017). Phenylalanine ammonia-lyase activity and anthocyanin content in different varieties of lettuce under the cadmium influence. The Ukrainian Biochemical Journal, 89, No. 2, pp. 85-91. doi: <https://doi.org/10.15407/ubj89.02.085>
14. Liu, R., Zhang, H. & Lal, R. (2016). Effects of stabilized nanoparticles of copper, zinc, manganese, and iron oxides in low concentrations on lettuce (*Lactuca sativa*) seed germination: Nanotoxicants or nanonutrients? Water Air Soil Pollut., 227, No. 1, p. 42. doi: <https://doi.org/10.1007/s11270-015-2738-2>
15. Marchand, L., Grebenshchykova, Z. & Mench, M. (2016). Intra-specific variability of the guaiacol peroxidase (GPOD) activity in roots of *Phragmites australis* exposed to copper excess. Ecological Engineering, 90, pp. 57-62. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.01.055>
16. Mika, A. & Luthje, S. (2003). Properties of guaiacol peroxidase activities isolated from corn (*Zea mays* L.) root plasma membranes. Plant Physiol., 132, pp. 1489-1498. doi: <https://doi.org/10.1104/pp.103.020396>
17. Park, Jong-Sug, Choung, Myoung-Gun, Kim, Jung-Bong, Hahn, Bum-Soo, Kim, Jong-Bum, Bae, Shin-Chul, Roh, Kyung-Hee, Kim, Yong-Hwan, Cheon, Choong-Ill, Sung, Mi-Kyung & Cho, Kang-Jin (2007). Genes up-regulated during red coloration in UV-B irradiated lettuce leaves. Plant Cell Rep., 26, pp. 507-516.
18. Park, Jong-Sug, Kim, Jung-Bong, Cho, Kang-Jin, Cheon, Choong-Ill, Sung, Mi-Kyung, Choung, Myoung-Gun & Kyung-Hee, Roh. (2008). Arabidopsis R2R3-MYB transcription factor AtMYB60 functions as a transcriptional repressor of anthocyanin biosynthesis in lettuce (*Lactuca sativa*). Plant Cell Rep., 27, pp. 985-994.
19. Smirnov, O.E., Kosyan, A.M., Kosyk, O.I. & Taran, N.Yu. (2015). Response of phenolic metabolism induced by aluminium toxicity in *Fagopyrum esculentum* Moench. plants. Ukr. Biochem. J., 87, No. 6, pp. 129-135. doi: <https://doi.org/10.15407/ubj87.06.129>
20. Taran, N., Batsmanova, L., Kovalenko, M. & Okanenko, A. (2016). Impact of metal nanoform colloidal solution on the adaptive potential of plants. Nanoscale Res Lett., 11, pp. 89-95. doi: <https://doi.org/10.1186/s11671-016-1294-z>
21. Zucker, M. (1969). Induction of phenylalanine ammonia-lyase in *Xanthium* leaf disks. Photosynthetic requirement and effect of daylength. Plant Physiol., 44, pp. 912-922.

Received 27.09.2018

**ВЛИЯНИЕ КАДМИЯ И НАНОЧАСТИЦ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ НА ПАРАМЕТРЫ АНТИОКСИДАНТНОГО МЕТАБОЛИЗМА РАСТЕНИЙ САЛАТА**

*И.М. Хоменко, А.И. Косык, Н.Ю. Таран*

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Учебно-научный центр «Институт биологии и медицины»

Из-за усиления антропогенного воздействия на окружающую среду продуктивность биоценозов снижается. В результате применения фосфатных минеральных удобрений почвы загрязняются микропримесями кадмия. Рассмотрено использование наночас-

тиц металлов-микроэлементов питания в качестве альтернативного источника подпитки важных сельскохозяйственных культур. Исследовано влияние 0,1 мМ раствора  $Cd^{2+}$  и предпосевной обработки смесью наночастиц Cu, Zn, Mn, Fe на растения салата *Lactuca sativa* L. двух отличающихся по уровню накопления фенольных метаболитов сортов: Лоло (зеленый цвет надземной части), Лоло Росса (красный цвет). Исследован адаптивный ответ растений салата с помощью анализа содержания первичных продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) и активации антиоксидантных систем ферментативного (активность гваяколпероксидазы, фенилаланинаммиаклиазы) и неферментативного характера (содержание фенольных соединений). Определена специфика влияния наночастиц эссенциальных металлов и повышенного содержания кадмия. Дополнительная к наночастицам металлов нагрузка кадмием вызывала накопление фенольных метаболитов (36 %) и возрастание активности фенилаланинаммиаклиазы (в два раза) у зеленого сорта Лоло в отличие от красного Лоло Росса. У обоих сортов снижался уровень продуктов ПОЛ в конце 14-суточной экспозиции, нивелирующее влияние нанообработки на токсическое действие кадмия у них не обнаружено.

*Ключевые слова:* *Lactuca sativa* L., ионы кадмия, наночастицы эссенциальных металлов, гидропероксиды липидов, гваяколпероксидаза, фенольные соединения, фенилаланинаммиаклиаза.

#### CADMIUM AND ESSENTIAL METAL NANOPARTICLES INFLUENCE ON THE ANTIOXIDANT METABOLISM PARAMETERS OF LETTUCE PLANTS

*I.M. Khomenko, O.I. Kosyk, N.Yu. Taran*

Educational and Scientific centre «Institute of Biology and Medicine» of Taras Shevchenko Kyiv National University  
64/13 Volodymyrska St., Kyiv, 01601, Ukraine  
e-mail: i.m.homenko@gmail.com

Increasing anthropogenic impact on the environment leads to a decrease in the biocenosis' productivity. On the background of increasing use of mineral fertilizers with phosphate compounds by the agrarian sector and, consequently, soil contamination with cadmium micro additives, the use of nanoparticles of metals-micronutrients is considered as an alternative source of nutrition of important crops. The effect of pre-sowing treatment with a mixture of Cu, Zn, Mn, Fe nanoparticles and 0,1 mM  $Cd^{2+}$  on lettuce (*Lactuca sativa* L.) plants of two different in the phenolic metabolites accumulation varieties (phenotypically differing in the degree of pigmentation of the above-ground part — Lolo (green variety), Lolo Ross (red variety) — was investigated. It was studied the adaptive response of *Lactuca sativa* plants based on the analysis of the content of primary products of lipids peroxidation (hydroperoxides), and the activation of enzymatic (guaiacol-peroxidase and phenylalanine ammonia-lyase activity), and non-enzymatic (content of phenolic compounds) antioxidant systems. The specificity of the influence of essential metal nanoparticles and high content of cadmium has been determined. An additional to metal nanoparticles load with cadmium resulted in the accumulation of phenolic metabolites (36 %) and phenylalanine ammonia-lyase activity increase (twice) in the green variety Lolo, compared to the red Lolo Ross variety. However, both varieties showed a decrease in the level of lipids peroxidation products at the end of the exposition. It was established the absence of the leveling effect of nano-treatment on the toxic cadmium effect in both varieties.

*Key words:* *Lactuca sativa* L., cadmium ions, essential metal nanoparticles, lipid hydroperoxides, guaiacol peroxidase, phenolic compounds, phenylalanine ammonia-lyase.