

<https://doi.org/10.15407/dopovidi2022.01.099>

УДК 581.143.23

А.С. Лахтуров¹, <https://orcid.org/0000-0001-9466-2045>

О.Є. Смірнов^{1,2}, <https://orcid.org/0000-0002-2293-5961>

М.С. Коваленко¹, <https://orcid.org/0000-0003-3861-3796>

О.А. Капуш³, <https://orcid.org/0000-0003-2643-1995>

В.М. Джаган³, <https://orcid.org/0000-0002-7839-9862>

В.В. Швартау², <https://orcid.org/0000-0001-7402-5559>

¹ ННЦ “Інститут біології та медицини”

Київського національного університету ім. Тараса Шевченка

² Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, Київ

³ Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, Київ

E-mail: plantaphys@gmail.com

Порівняння ефектів колоїдного розчину квантових точок на основі телуриду кадмію та іонів кадмію на проліферативну активність кореневих меристем *Allium sera* L.

Представлено членом-кореспондентом НАН України В.В. Швартау

За допомогою стандартної системи *Allium*-тест досліджено вплив розчину квантових точок на основі телуриду кадмію ($CdTe$ КТ) як потужного цитостатичного ефектора. Цитостатичні ефекти експериментального розчину $CdTe$ КТ на організменному рівні виявлялися у зниженні лінійного приросту та біомаси коренів *Allium sera* L., тоді як на рівні проліферативної активності меристематичних клітин коренів зафіксовано зупинку мітотичних поділів. Вплив досліджуваного розчину $CdTe$ КТ у концентрації 10 мкМ порівнювали з ефектами, що спричинені впливом 10 мкМ розчину CdI_2 . Встановлено різновекторність цитогенетичних порушень. Показано, що розчин $CdTe$ КТ у концентрації 10 мкМ, використаний як субстрат, спричиняв значне інгібування росту коренів та проліферативної активності меристематичних клітин, пригнічуючи мітоз без виявлених кластогенних та анеугенних ефектів. У разі використання 10 мкМ розчину CdI_2 як субстрату відмічено підвищення частоти кластогенних патологій мітозу на 24 %.

Ключові слова: квантові точки, кадмій, телурид кадмію, *Allium*-тест, індекс толерантності, цитостаз, хромосомні аберації.

Цитування: Лахтуров А.С., Смірнов О.Є., Коваленко М.С., Капуш О.А., Джаган В.М., Швартау В.В. Порівняння ефектів колоїдного розчину квантових точок на основі телуриду кадмію та іонів кадмію на проліферативну активність кореневих меристем *Allium sera* L. *Допов. Нац. акад. наук Укр.* 2022. № 1. С. 99–106. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2022.01.099>

Кадмій є одним з найбільш мобільних двовалентних катіонів, що активно поглинається рослинами з високою імовірністю накопичення у надземних вегетативних органах, насінні та плодах. Фітотоксичність кадмію виявляється на морфологічному, фізіологічному, біохімічному та молекулярному рівнях [1]. Загальновідомими є прояви токсичності кадмію на ранніх стадіях розвитку модельних рослин і різноманітних важливих сільськогосподарських культур [2]. Кадмій пригнічує схожість насіння, розвиток кореневої системи і пагонів, загальний приріст біомаси, фенологічний розвиток та органогенез. Спричинює зміни фотосинтетичної продуктивності, відносного вмісту води, інтенсивності транспірації, продигової провідності, цілісності та стабільності мембран і збільшення відносного витоку електролітів. За умов впливу іонів кадмію збільшується генерація активних форм кисню, що спричинює хромосомні аберації, мутації генів і пошкодження ДНК з порушенням клітинного циклу та мітотичного поділу клітин [3].

Основним джерелом кадмію у навколишньому середовищі є антропогенний вплив, що включає ненормоване використання мінеральних добрив і пестицидів та гірничодобувну промисловість [4]. Однак широке впровадження сучасних досягнень фотовольтаїки створює ризик розповсюдження кадмію з нового джерела у зв'язку з використанням сонячних панелей на основі напівпровідникових квантових точок (КТ) на основі телуриду кадмію (CdTe).

Серед матеріалів для тонкоплівкових панелей CdTe КТ є однозначним лідером. Унікальні властивості даних КТ призвели до їх широкого застосування як у фотовольтаїці, так і в областях зондування, інфрачервоної оптиці та біомедицині [5]. Колоїдні розчини КТ на основі кадмію мають здатність флуоресціювати з можливістю налаштуватися на весь видимий спектр завдяки модифікації КТ. Водночас методологічні підходи їхнього синтезу добре розроблені та вивчені [6]. Однак біодоступність і токсичність CdTe КТ є основною проблемою на шляху їх комерціалізації. Це пов'язано з токсичним впливом кадмію, який входить до складу ядра КТ [7]. На даний час розвивається тенденція синтезу нанокомпозитів з подібними властивостями та ядром на основі екологічно нейтральних металів: Ag-In-S, Cu-In-Se тощо [8]. Проте у них є ряд істотних недоліків, основним з яких є значний діапазон спектральної ширини фотолюмінесценції. Саме тому тривають інтенсивні дослідження КТ на основі CdTe для поліпшення оптичних властивостей та зменшення проявів токсичності.

Метою даної роботи є порівняння токсичних ефектів колоїдного розчину КТ на основі CdTe та іонів кадмію в концентрації 10 мкМ на ріст коренів та проліферативну активність меристематичних клітин з використанням стандартного *Allium*-тесту.

Матеріали і методи. У дослідженні використовували колоїдний розчин КТ на основі CdTe, стабілізованих тіогліколевою кислотою з визначеним діаметром наночастинок, що становив приблизно 4 нм [9]. Фітотоксичні ефекти колоїдного розчину КТ на основі CdTe та іонної форми кадмію (CdI₂) порівнювали за допомогою стандартного тест-об'єкта *Allium cepa* L. сорту Радар. Для цього цибулини пророщували протягом 5 діб на дистильованій воді і переносили на досліджувані розчини CdTe наноколоїдів та CdI₂ у концентрації 10 мкМ на 2 доби. Контрольні цибулини вирощували на дистильованій воді протягом 7 діб. Після закінчення часу експозиції вираховували індекс толерантності (ІТ, %) за відносним приростом маси коренів та лінійних розмірів, порівнюючи з контролем [10].

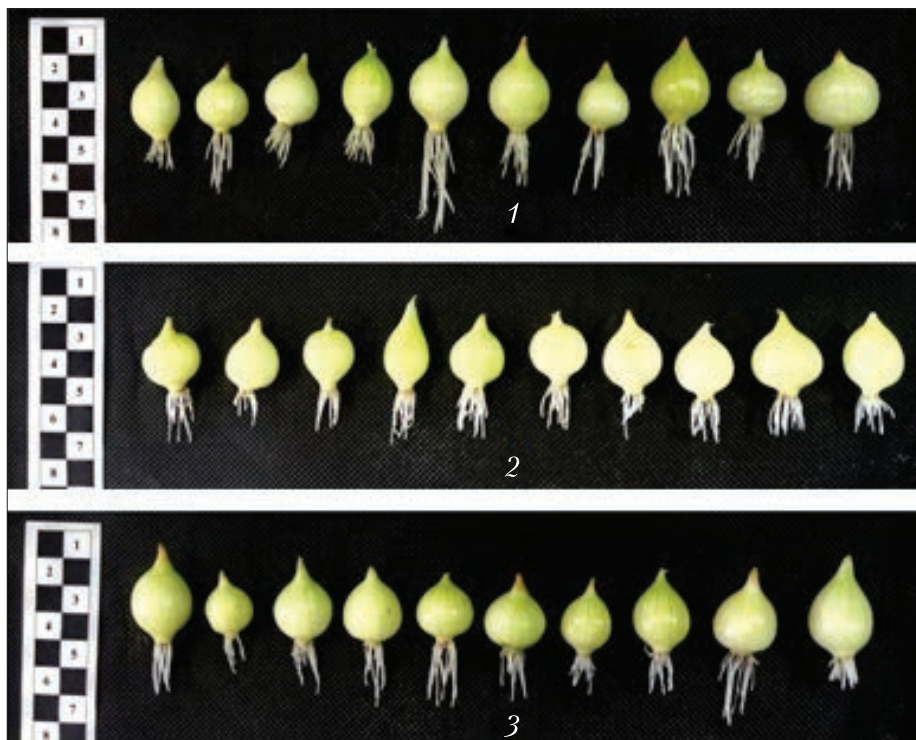


Рис. 1. Загальний вигляд цибулин із семидобовими коренями: 1 – цибулини, що пророщувалися на дистильованій воді; 2 – цибулини, що пророщувалися на 10 мкМ розчині CdTe КТ; 3 – цибулини, що пророщувалися на 10 мкМ розчині CdI₂

Зафіксовані у суміші Кларка (етанол : оцтова кислота = 3 : 1) корені цибулі після мацерації у 1 М розчині HCl на водяній бані за температури 40 °С фарбували 1 % водним розчином толуїдинового синього. Апікальні меристеми відрізали в краплині гліцерину на предметному склі та готували тимчасові давлені препарати, які аналізували під світловим мікроскопом при 400-кратному збільшенні. Вплив експериментальних розчинів на перебіг клітинного циклу та мітотичного поділу оцінювали за проліферативною активністю клітин меристеми коренів. Для цього обчислювали мітотичний індекс (MI, %), в якому на загальну кількість клітин (3000) враховували клітини в стані поділу та відсоток клітин з аберантними мітозами [11], використовуючи мікроскоп PrimoStar (Carl ZEISS) та систему фотофіксації ScienceLabDCM 520 з подальшим аналізом фотографій за допомогою програмного забезпечення для обробки зображень ImageJ.

Біологічна повторність кожного експерименту трикратна. Кількість однакових за масою цибулин, використаних в одній повторності експерименту, дорівнювала десяти. Математичну обробку даних здійснювали методом дисперсійного аналізу з подальшим застосуванням множинного рангового критерію Дункана. Дані вважали достовірними при рівні значущості $P < 0,01$.

Результати та їх обговорення. Отримані результати свідчать про вплив колоїдного розчину КТ на основі CdTe та іонів кадмію в концентрації 10 мкМ на приріст коренів *Allium cepa* L. (рис. 1).

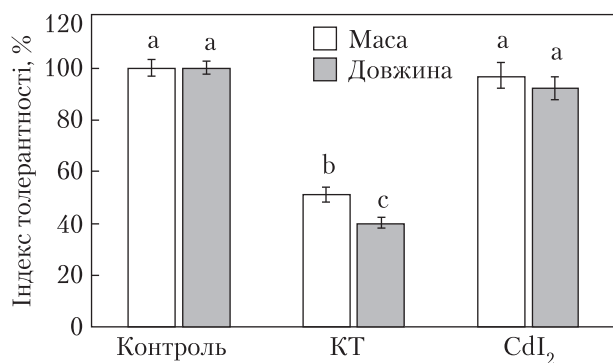


Рис. 2. Індекс толерантності, розрахований за приростом маси та довжини коренів *Allium cepa* L. Середні значення показника, позначені однаковими літерами (a, b, c), свідчать про недостовірну різницю за $P < 0,01$ згідно з множинним ранговим критерієм Дункана

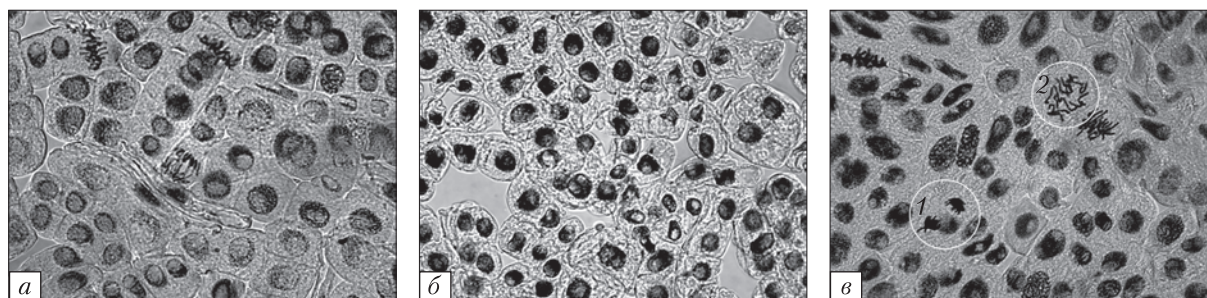


Рис. 3. Клітини кореневих меристем інтактних цибулин та під дією досліджуваних розчинів: *a* – цибулини, що інкубувалися на дистильованій воді; *б* – вплив колоїдного розчину CdTe квантових точок; *в* – вплив розчину йодиду кадмію (1 – відставання пари довгих фрагментів в анафазі, 2 – множинна фрагментація хромосом під час аберантної метафази)

Аналіз отриманих даних вказує на те, що ріст коренів залежить від форми кадмію в середовищі культивування. Так, колоїдний розчин CdTe КТ у концентрації 10 мкМ спричиняв значне гальмування приросту коренів, тоді як у разі використання 10 мкМ розчину CdI₂ як субстрату не виявлено статистично значущих змін у параметрах маси або довжині коренів порівняно з контрольним варіантом (рис. 2).

Значення ІТ, розраховані за накопиченням маси сирої речовини та приростом лінійних розмірів, становили 51 та 40 % у варіанті з використанням CdTe КТ. Встановлена при цьому різниця між значеннями ІТ, розрахованими за різними параметрами приросту в межах одного варіанта, вказує на більшу чутливість параметра лінійного розміру кореня до досліджуваних розчинів. Такий ефект може бути пов'язаний з гальмуванням росту клітин кореня розтягненням. Видовження клітин пояснює теорія кислого росту, згідно з якою розм'якшення клітинних стінок відбувається за рахунок протонування апопластного середовища [12]. Р. Лі зі співавт. [13] зазначає, що результати дослідження транспортування та перерозподілу КТ у клітинах коренів *Kandelia obovata* (S., L.) Yong. та *Triticum aestivum* L. підтверджують домінуючу роль позаклітинного (апопластного) руху CdS/ZnS КТ у забезпеченні радіального транспорту наночастинок. У такому випадку клітинна стінка може бути першим бар'єром як для ближнього, так і для висхідного транспорту КТ на основі кадмію [14].

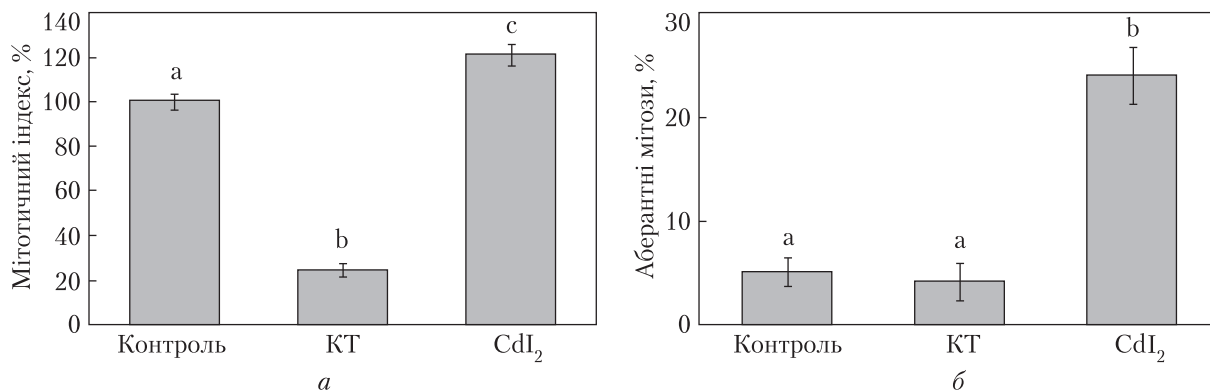


Рис. 4. Проліферативна активність клітин меристеми коренів *Allium cepa* L. Середні значення показника, позначені однаковими літерами (a, b, c), свідчать про недостовірну різницю за $P < 0,01$ згідно з множинним ранговим критерієм Дункана

Водночас, зважаючи на незначний розмір КТ, підтверджено ймовірність проникнення КТ у клітинний протопласт, їх пересування внутрішньоклітинним (симпластним) шляхом та захоплення наночастинок шляхом ендоцитозу, що створює можливість взаємодії КТ безпосередньо з клітинними компартментами [15].

Щоб зрозуміти причини зміни приросту коренів у варіантах з використанням різних форм кадмію, було проведено мікроскопічне дослідження клітин кореневої меристеми *Allium cepa* L. (рис. 3).

Цитотоксичний вплив відмічений для обох дослідних розчинів, однак прояв токсичності розчинів КТ на основі CdTe та іонів кадмію в концентрації 10 мкМ на рівні частоти мітотичних поділів меристематичних клітин виявився різновекторним (рис. 4, а).

Найінтенсивніше пригнічення проліферативної активності клітин меристеми коренів на 76 % спостерігали у разі вирощування цибулин на розчині CdTe КТ, що узгоджується з отриманими результатами за показником ІТ. При цьому не зафіксовано кластогенних або анеугенних ефектів. Розчин CdI₂ спричиняв підвищення проліферативної активності досліджуваних меристематичних клітин на 20 %.

Під час аналізу мікрофотографій виявлено різні типи порушень у розходженні хромосом — відставання хромосом, утворення одинарних і парних фрагментів та мостів, що може бути зумовлено делеціями і транслокаціями хромосом. При цьому як тест-функція для оцінки частоти цитогенетичних порушень використаний інтегральний показник загальної частоти хромосомних аберацій — патологій мітозу за кластогенним типом (див. рис. 4, б). Загальна кількість хромосомних аберацій у меристематичних клітинах коренів, що розвивалися на 10 мкМ розчині CdI₂, збільшилася на 24 %. Проте значення цього параметра залишалися на контрольному рівні у разі використання 10 мкМ розчину CdTe КТ як субстрату.

Отже, за результатами порівняння впливу водних розчинів КТ на основі CdTe та іонів кадмію в концентрації 10 мкМ встановлено їх різновекторний вплив на організменному та клітинному рівнях. За умов впливу розчину CdTe КТ виявлено значне інгібування росту коренів за показниками приросту маси сирої речовини та довжини коренів, при цьому не

зафіксовано статистично значущої різниці між контрольним варіантом та варіантом з використанням розчину CdI₂. Аналіз цитогенетичних ефектів на рівні проліферативної активності меристематичних клітин свідчить про цитостатичну дію розчину CdTe КТ без виявлених кластогенних та анеугенних ефектів і множинні кластогенні патології мітозу у разі використання розчину CdI₂ як субстрату.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Rizwan M., Ali S., Adrees M., Ibrahim M., Tsang D.C.W., Zia-Ur-Rehman M., Zahir Z.A., Rinklebe J., Tack F.M.G., Ok Y.S. A critical review on effects, tolerance mechanisms and management of cadmium in vegetables. *Chemosphere*. 2017. **182**. P. 90–105. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.05.013>
2. Haider F.U., Liqun C., Coulter J.A., Cheema S.A., Wu J., Zhang R., Wenjun M., Farooq M. Cadmium toxicity in plants: impacts and remediation strategies. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2021. **211**. 111887. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111887>
3. El Rasafi T., Oukarroum A., Haddioui A., Song H., Kwon E.E., Bolan, N., Tack F.M.G., Sebastian A., Prasad M.N.V., Rinklebe J. Cadmium stress in plants: a critical review of the effects, mechanisms, and tolerance strategies. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 2020. P. 1–52. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1835435>
4. Zhang J., Shi Z., Ni S., Wang X., Liao C., Wei F. Source identification of Cd and Pb in typical farmland topsoil in the southwest of China: A case study. *Sustainability*. 2021. **13**, Iss. 7. 3729. <https://doi.org/10.3390/su13073729>
5. Wang W., Liu Z., Lan X. Quantum dot-based simultaneous multicolor imaging. *Mol. Imaging Biol.* 2020. **22**. P. 820–831. <https://doi.org/10.1007/s11307-019-01432-4>
6. Jo I., Kang J.W., Kim K.-S. Synthesis of cadmium telluride nanoparticles using thioglycolic acid, thioglycerol, and L-cysteine. *J. Nanosci. Nanotechnol.* 2021. **21**, № 7. P. 4073–4076. <https://doi.org/10.1166/jnn.2021.19182>
7. Modlitbová P., Pořízka P., Střítežská S., Zezulka Š., Kummerová M., Novotný K., Kaiser J. Detail investigation of toxicity, bioaccumulation, and translocation of Cd-based quantum dots and Cd salt in white mustard. *Chemosphere*. 2020. **251**. 126174. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126174>
8. Loghina L., Chylii M., Kaderavkova A., Slang S., Svec P., Pereira J.R., Frumarova B., Vlcek M. Tunable optical performance in nanosized AgInS₂-ZnS solid solution heterostructures due to the precursor's ratio modification. *Opt. Mater. Express*. 2021. **11**. P. 539–550. <https://doi.org/10.1364/OME.417371>
9. Smirnov O., Kovalenko M., Karpets L.-A., Dzhagan V., Kapush O., Dzhagan V., Konotop Y., Taran N. Phytotoxic effects of CdTe quantum dots on root meristems of *Allium cepa* L. *Nova Biotechnologica Et Chimica*. 2021. **20**, № 1. e890. <https://doi.org/10.36547/nbc.890>
10. Konotop Ye.O., Kovalenko M.S., Ulynets V.Z., Meleshko A.O., Batsmanova L.M., Taran N.Yu. Phytotoxicity of colloidal solutions of metal-containing nanoparticles. *Cytol. Genet.* 2014. **48**, № 2. P. 99–102. <https://doi.org/10.3103/S0095452714020054>
11. Banerjee R., Goswami P., Chakrabarti M., Chakraborty D., Mukherjee A., Mukherjee A. Cadmium selenide (CdSe) quantum dots cause genotoxicity and oxidative stress in *Allium cepa* plants. *Mutat. Res. Genet. Toxicol. Environ. Mutagen.* 2021. **865**. 503338. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2021.503338>
12. Rayle D.L., Cleland R.E. The Acid Growth Theory of auxin-induced cell elongation is alive and well. *Plant Physiol.* 1992. **99**, № 4. P. 1271–1274. <https://doi.org/10.1104/pp.99.4.1271>
13. Li R., Zhang S., Wang Y., Yu K. The depuration fate of the mixtures of CdS/ZnS quantum dots (QDs) with different surface coatings on mangrove and wheat root epidermis: results from a novel method. *Environ. Sci. Eur.* 2019. **31**. 18. <https://doi.org/10.1186/s12302-019-0199-8>
14. Wang J., Yang Y., Zhu H., Braam J., Schnoor J.L., Alvarez P.J.J. Uptake, translocation, and transformation of quantum dots with cationic versus anionic coatings by *Populus deltoides* × *nigra* Cuttings. *Environ. Sci. Technol.* 2014. **48**, № 12. P. 6754–6762. <https://doi.org/10.1021/es501425r>
15. Schwab F., Zhai G., Kern M., Turner A., Schnoor J.L., Wiesner M.R. Barriers, pathways and processes for uptake, translocation and accumulation of nanomaterials in plants – critical review. *Nanotoxicology*. 2016. **10**, Iss. 3. P. 257–278. <https://doi.org/10.3109/17435390.2015.1048326>

Надійшло до редакції 09.12.2021

REFERENCES

1. Rizwan, M., Ali, S., Adrees, M., Ibrahim, M., Tsang, D. C. W., Zia-Ur-Rehman, M., Zahir, Z. A., Rinklebe, J., Tack, F. M. G. & Ok, Y. S. (2017). A critical review on effects, tolerance mechanisms and management of cadmium in vegetables. *Chemosphere*, 182, pp. 90-105. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.05.013>
2. Haider, F. U., Liqun, C., Coulter, J. A., Cheema, S. A., Wu, J., Zhang, R., Wenjun, M. & Farooq, M. (2021). Cadmium toxicity in plants: impacts and remediation strategies. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 211, 111887. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111887>
3. El Rasafi, T., Oukarroum, A., Haddioui, A., Song, H., Kwon, E. E., Bolan, N., Tack, F. M. G., Sebastian, A., Prasad, M. N. V. & Rinklebe, J. (2020). Cadmium stress in plants: a critical review of the effects, mechanisms, and tolerance strategies. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, pp. 1-52. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1835435>
4. Zhang, J., Shi, Z., Ni, S., Wang, X., Liao, C. & Wei, F. (2021). Source identification of Cd and Pb in typical farmland topsoil in the southwest of China: A case study. *Sustainability*, 13, Iss. 7, 3729. <https://doi.org/10.3390/su13073729>
5. Wang, W., Liu, Z. & Lan, X. (2020). Quantum dot-based simultaneous multicolor imaging. *Mol. Imaging Biol.*, 22, pp. 820-831. <https://doi.org/10.1007/s11307-019-01432-4>
6. Jo, I., Kang, J. W. & Kim, K.-S. (2021). Synthesis of cadmium telluride nanoparticles using thioglycolic acid, thioglycerol, and L-cysteine. *J. Nanosci. Nanotechnol.*, 21, No. 7, pp. 4073-4076. <https://doi.org/10.1166/jnn.2021.19182>
7. Modlitbová, P., Pořízka, P., Střítežská, S., Zezulka, Š., Kummerová, M., Novotný, K. & Kaiser, J. (2020). Detail investigation of toxicity, bioaccumulation, and translocation of Cd-based quantum dots and Cd salt in white mustard. *Chemosphere*, 251, 126174. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126174>
8. Loghina, L., Chylii, M., Kaderavkova, A., Slang, S., Svec, P., Pereira, J. R., Frumarova, B. & Vlcek, M. (2021). Tunable optical performance in nanosized AgInS₂-ZnS solid solution heterostructures due to the precursor's ratio modification. *Opt. Mater. Express*, 11, pp. 539-550. <https://doi.org/10.1364/OME.417371>
9. Smirnov, O., Kovalenko, M., Karpets, L.-A., Dzhagan, V., Kapush, O., Dzhagan, V., Konotop, Y. & Taran, N. (2021). Phytotoxic effects of CdTe quantum dots on root meristems of *Allium cepa* L. *Nova Biotechnologica Et Chimica*, 20, No. 1, e890. <https://doi.org/10.36547/nbc.890>
10. 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. *Cytol. Genet.*, 48, No. 2, pp. 99-102. <https://doi.org/10.3103/S0095452714020054>
11. Banerjee, R., Goswami, P., Chakrabarti, M., Chakraborty, D., Mukherjee, A. & Mukherjee, A. (2021). Cadmium selenide (CdSe) quantum dots cause genotoxicity and oxidative stress in *Allium cepa* plants. *Mutat. Res. Genet. Toxicol. Environ. Mutagen.*, 865, 503338. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2021.503338>
12. Rayle, D. L. & Cleland, R. E. (1992). The Acid Growth Theory of auxin-induced cell elongation is alive and well. *Plant Physiol.*, 99, No. 4, pp. 1271-1274. <https://doi.org/10.1104/pp.99.4.1271>
13. Li, R., Zhang, S., Wang, Y. & Yu, K. (2019). The depuration fate of the mixtures of CdS/ZnS quantum dots (QDs) with different surface coatings on mangrove and wheat root epidermis: results from a novel method. *Environ. Sci. Eur.*, 31, 18. <https://doi.org/10.1186/s12302-019-0199-8>
14. Wang, J., Yang, Y., Zhu, H., Braam, J., Schnoor, J. L. & Alvarez, P. J. J. (2014). Uptake, translocation, and transformation of quantum dots with cationic versus anionic coatings by *Populus deltoides* × *nigra* Cuttings. *Environ. Sci. Technol.*, 48, No. 12, pp. 6754-6762. <https://doi.org/10.1021/es501425r>
15. Schwab, F., Zhai, G., Kern, M., Turner, A., Schnoor, J. L. & Wiesner, M. R. (2016). Barriers, pathways and processes for uptake, translocation and accumulation of nanomaterials in plants – critical review. *Nanotoxicology*, 10, Iss. 3, pp. 257-278. <https://doi.org/10.3109/17435390.2015.1048326>

Received 09.12.2021

A.S. Lakhturov¹, <https://orcid.org/0000-0001-9466-2045>

O.E. Smirnov^{1,2}, <https://orcid.org/0000-0002-2293-5961>

M.S. Kovalenko¹, <https://orcid.org/0000-0003-3861-3796>

O.A. Kapush³, <https://orcid.org/0000-0003-2643-1995>

V.M. Dzhagan³, <https://orcid.org/0000-0002-7839-9862>

V.V. Schwartau² <https://orcid.org/0000-0001-7402-5559>

¹ Institute of Biology and Medicine of Taras Shevchenko National University of Kyiv

² Institute of Plant Physiology and Genetics of the NAS of Ukraine, Kyiv

³ V. Lashkaryov Institute of Semiconductors Physics of the NAS of Ukraine, Kyiv

E-mail: plantaphys@gmail.com

COMPARISON OF THE EFFECTS OF A COLLOIDAL SOLUTION
OF CADMIUM TELLURIDE QUANTUM DOTS AND CADMIUM IONS
ON THE PROLIFERATIVE ACTIVITY OF *ALLIUM CEPA* L. ROOT MERISTEMS

The effect of a solution of quantum dots based on cadmium telluride (CdTe QD) as a powerful cytostatic effector was investigated, by using a standard Allium-test system. The cytostatic effects of the experimental CdTe QD solution at the organismal level were manifested in a decrease in the linear growth and biomass of *Allium cepa* L. roots, while, at the level of root cells, the proliferative activity was recorded. The effect of the investigated CdTe QD solution at the concentration of 10 μM was compared with the effects caused by a 10 μM CdI₂ solution. The multi-vector nature of cytogenetic breaches has been established. It was shown that the use of CdTe QD solution in the studied concentration as a substrate significantly inhibited root growth and proliferative activity of meristematic cells, inhibiting mitosis without obvious clastogenic and aneugenic effects. The use of 10 μM CdI₂ solution as a substrate led to an increase in the frequency of clastogenic pathologies of mitosis by 24 %.

Keywords: *quantum dots, cadmium, cadmium telluride, Allium-test, tolerance index, cytostasis, chromosomal aberration.*