

**Abstract.** Aim of study is to assess different alternative approaches to acute toxicity assessment of PPP, including calculation based on the assumption of additivity and in silico methods. Acute toxicity of eight PPP, containing from 2 to 5 active ingredients (AI) pesticides and number of co-formulants was assessed. In vivo studies of acute toxicity were conducted according to OECD 425. To derive in silico prediction of LD<sub>50</sub> of active ingredients EPA Toxicity Evaluation Software Tool (T.E.S.T.) was used. Calculation of Acute Toxicity Estimate for mixture was done using GHS additivity formula, taking into account in vivo LD<sub>50</sub> of only active ingredients of PPP, of all ingredients of formulation and LD<sub>50</sub> of active ingredients predicted by T.E.S.T. On the basis of in vivo results, calculations and in silico predictions PPP were classified according to GHS and Ukrainian Hygienic classification. Additivity coefficients were calculated to assess extent of interaction. Results of mentioned in vivo studies, in silico modelling and calculations are presented. Mean deviation of predicted by T.E.S.T LD<sub>50</sub> values from experimental was 62,95%. Mean deviation of calculated ATE from in vivo LD<sub>50</sub> for mixture was 74,5% (based on in vivo LD<sub>50</sub> data for AI only), 21,1% (based on based on in vivo LD<sub>50</sub> data for all ingredients) and 56,4% for ATE calculated using T.E.S.T predictions. Correlation coefficients for mentioned calculations were 0,69;0,84 and 0,60 respectively. Differences of calculated and tested values of acute toxicity estimates for eight multicomponent PPP did not lead to their misclassification in up to 75% of cases according to GHS when based on in vivo data. Differences in calculated values of acute toxicity estimates based on in silico predicted results lead to misclassification of the half of the formulations, however it may be lower if account to variability of experimental results and small number of mixtures tested here. Underestimation of the hazard according to GHS classification happened only in 12,5% of the mixtures studied here. Further studies will include assessment in the similar way as presented here of larger sample of multicomponent plant protection products and other mixtures representing wider range of acute toxicity categories and development of the list of mixture type-specific LD<sub>50</sub> values for active ingredients (e.g. depending on solvents) and their application in the PPPs classification and risk assessment.

**Key words:** acute toxicity, LD<sub>50</sub>, plant protection products, structure-activity relationship, classification, mixtures.

*Рецензент – проф. Небесна З. М.*

*Стаття надійшла 14.11.2020 року*

DOI 10.29254/2077-4214-2020-4-158-60-65

УДК 612.3:591.39:661.852:661.782-092.9

*Колосова І. І.*

## НАКОПИЧЕННЯ КАДМІЮ В ЯЄЧНИКАХ ЩУРІВ ПРИ ІЗОЛЬОВАНОМУ ВВЕДЕННІ СОЛЕЙ КАДМІЮ ТА В КОМБІНАЦІЇ З ЦИТРАТАМИ ЦЕРІЮ Й ГЕРМАНІЮ

ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України» (м. Дніпро)

[irakolosova0405@gmail.com](mailto:irakolosova0405@gmail.com)

**Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.** Експериментальне дослідження виконано у рамках науково-дослідної роботи кафедри медичної біології, фармакогнозії та ботаніки ДЗ «ДМА» «Біологічні основи морфогенезу органів та тварин під впливом мікроелементів та ультрамікроелементів в експерименті» (№ державної реєстрації 0118U006635).

**Вступ.** Важливою та обов'язковою умовою нормального функціонування організму є стабільність його хімічного складу. Проте в сучасних умовах високого рівня забруднення навколишнього середовища важкими металами та погіршення соціально-економічних, екологічних, біологічних факторів життя відбулися суттєві зміни в елементному статусі населення, особливо в умовах промислово розвинених територій. Особливо важливий достатній вміст та баланс макро- і мікроелементів для нормального перебігу вагітності, пологів і розвитку організму плодів.

Серед хімічних речовин, що забруднюють навколишнє середовище, важкі метали та їх сполуки утворюють значну групу токсикантів, які належать до пріоритетних забруднювачів виробничого та навколишнього середовища, тому першочергове значення досліджень у цьому напрямку неодноразово відмічалось у наукових працях. Дослідниками визначено, що у мешканців сучасного мегаполісу спостерігається накопичення в організмі різних хімічних, у тому

числі токсичних, елементів, серед яких значне місце займає накопичення кадмію [1].

Кадмій не є життєво необхідним хімічним елементом для організму людини, він практично відсутній в організмі новонароджених, з віком акумулюється, і до 50 років його загальний вміст може досягати 20-30 мг [2,3]. У природі кадмій присутній у ґрунті, рудах, морській воді, в атмосферу надходить у результаті вулканічних вивержень і вивільнення з рослин [4]. Кадмій є побічним продуктом плавлення цинку і свинцю, використовується в гальванізації, виготовленні нікель-кадмієвих акумуляторів, а також в якості пігменту фарб і пластику.

Кадмій надходить в організм людини через шлунково-кишковий тракт (за добу в середньому 20-50 мкг з харчовими продуктами (м'ясо, морепродукти, овочі і злаки) та 0,1 мкг з питною водою) і дихальні шляхи (0,02 мкг) [5,6]. Особливістю біологічної дії кадмію є його здатність негативно впливати на здоров'я людини при тривалому впливі низьких рівнів забруднення у зв'язку з високим коефіцієнтом біологічної кумуляції. Відомо, що надлишок кадмію інгібує синтез ДНК, білків і нуклеїнових кислот, значною мірою змінює метаболізм і функції таких есенціальних елементів, як цинк, залізо, мідь, марганець, кальцій, селен. Недостатня кількість цих елементів, а також білків і вітамінів збільшує токсичність кадмію [2,3,6,7]. Вважають, що найважливішим механізмом токсичної дії кадмію є блокування груп SH ферментів.

Кадмій володіє також ембріотоксичною та онкогенною дією [1,8].

Цинк є незамінним мікроелементом в процесах синтезу і репарації ДНК, ембріогенезу, репродукції, регенерації тканин, імуногенезу, поведінкових реакцій, розвитку мозку і т. д., потреба в якому істотно зростає під час вагітності. Дефіцит цинку впливає на репродуктивну функцію: порушується овогенез – процес поділу і дозрівання овоцитів [9]. При виникненні відповідних змін організм включає адаптаційні механізми, а при їх неповній роботі виникають патологічні зміни. Адекватне оцінювання забезпеченості мікронутрієнтами і рівня навантаження токсичними елементами потребує застосування сучасних ефективних аналітичних методів, зокрема атомно-емісійного спектрального аналізу, який обумовлюється високою чутливістю, швидкодією, простотою практичної реалізації [10].

**Мета дослідження** полягала у порівнянні накопичення кадмію та цинку в яєчниках вагітних самок щурів при ізольованому введенні солей кадмію (хлориду та цитрату) та в комбінації з цитратами германію та церію.

**Об'єкт і методи дослідження.** Для визначення накопичення кадмію в яєчниках 70 білих вагітних самок щурів лінії Вістар, яких утримували у віварії

впродовж всієї вагітності. Під час введення розчинів реєстрували стан та поведінку самок, динаміку маси тіла, ректальну температуру, тривалість вагітності. На 20-й день вагітності проводили оперативний забій. При розтині самок щурят вилучали з матки, перевіряли на тест «живі-мертві», зважували, визначали відповідність розвитку плодів до стадії розвитку в нормі, проводили макроскопічний огляд ембріонів для виявлення зовнішніх аномалій, фотографували та фіксували у 10% – розчині формаліну для подальшого гістологічного дослідження. У яєчниках визначали кількість жовтих тіл вагітності, масу та розміри. Частина яєчників заморожувалась для вимірювання вмісту кадмію в пробах методом поліелементного аналізу. Поліелементний аналіз біологічних матеріалів методом атомної емісії з електродуговою атомізацією проводився в Державному підприємстві «Український науково-дослідний інститут медицини транспорту» Міністерства охорони здоров'я України (м. Одеса) згідно з договором про науково-творче співробітництво (2018 р.). Підготовка проб і вимірювання вмісту металів проводилося відповідно до ДЕСТ 30823-2002 для оцінки накопичення кадмію та цинку в яєчниках щурів при ізольованому введенні хлориду кадмію і цитрату кадмію та в комбінації з цитратами церію та германію. Цифровий матеріал,

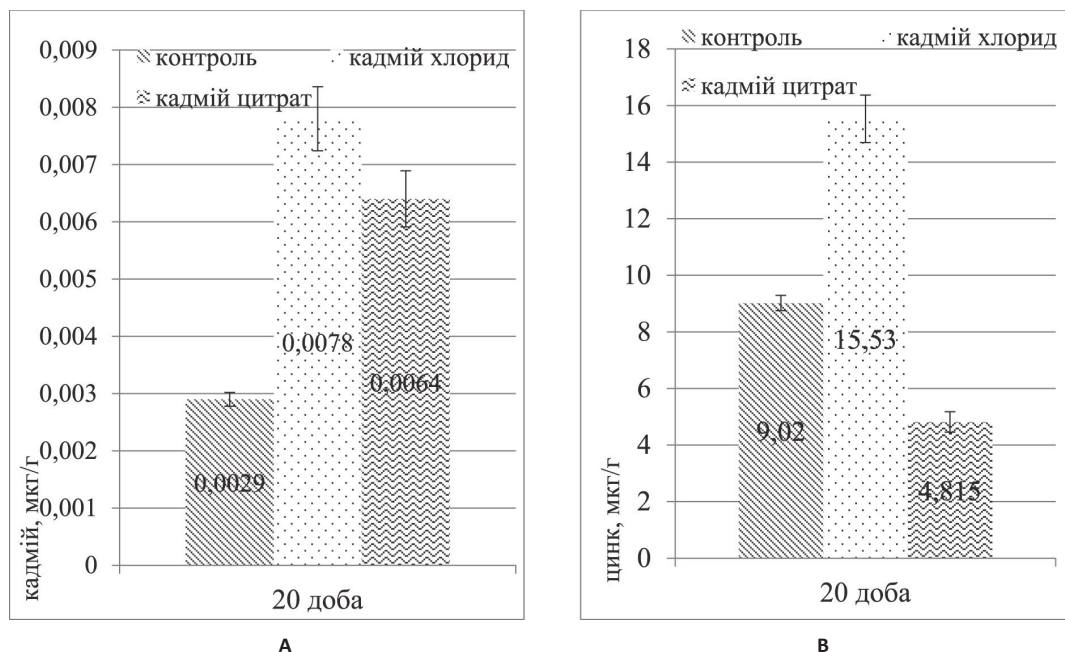
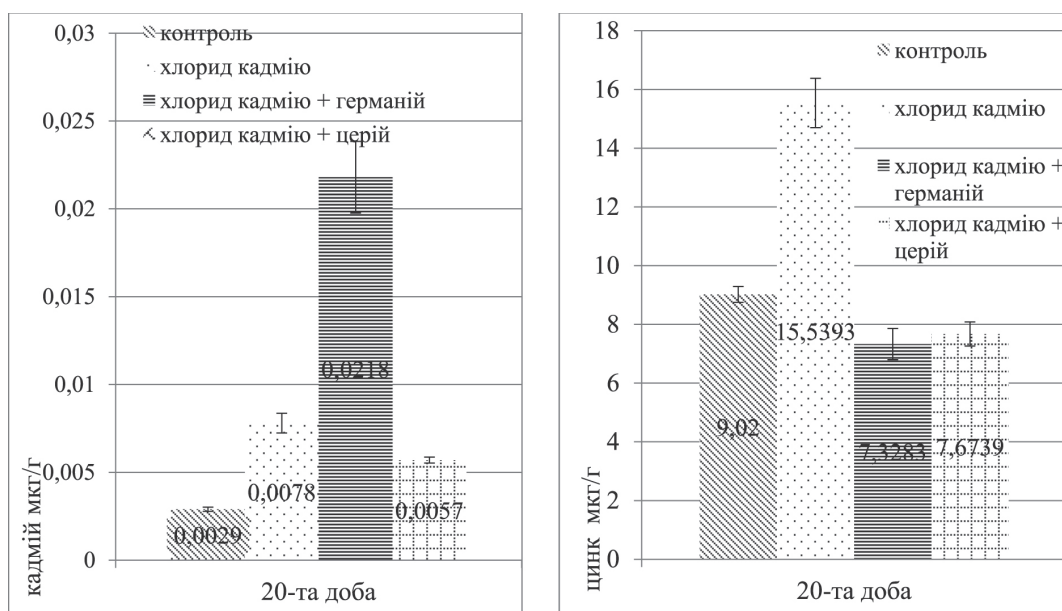


Рисунок 1 – Показники рівню накопичення кадмію (А) та цинку (В) в яєчниках щурів в групах ізольованого введення солей кадмію на 20-ту добу гестації.

на стандартному раціоні, було розділено на 7 груп, в яких тварини отримували такі розчини: 1 група – Д№1 (n=10) – хлорид кадмію у дозі 1,0 мг/кг; 2 група – Д№2 (n= 10) – цитрат кадмію у дозі 1,0 мг/кг; 3 група – Д№3 (n=10) – хлорид кадмію у дозі 1,0 мг/кг з цитратом германію (0,1 мг/кг), 4 група – Д№4 (n=10) – цитрат кадмію у дозі 1,0 мг/кг з цитратом германію (0,1 мг/кг), 5 група – Д№5 (n=10) – хлорид кадмію у дозі 1,0 мг/кг з цитратом церію (1,3 мг/кг), 6 група – Д№6 (n=10) – цитрат кадмію у дозі 1,0 мг/кг з цитратом церію (1,3 мг/кг), 7 група – контрольна (n=10) – 0,5 мл 0,9% NaCl. Розчини досліджуваних речовин вводили самкам щоденно внутрішньошлунково через зонд один раз на добу, в один і той же час

отриманий в експериментальних дослідженнях, був підданий статистичній обробці за загальноприйнятими методиками з використанням ліцензійних програм статистичного аналізу Statistica v.6.1 (StatSoft Inc., серійний № AGAR909E415822FA) та Microsoft Excel. Оцінку вірогідності статистичних досліджень проводили за допомогою t-критерію Стьюдента.

При проведенні експерименту на лабораторних тваринах ми керувалися загальновизнаними біоетичними принципами «трьох R», а також положеннями Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації (2000), Конвенції Ради Європи у правах людини та біомедицини (1997 р.), відповідних положень ВООЗ, Міжнародної ради медичних наукових товариств,



**Рисунок 2** – Показники рівню накопичення кадмію (А) та цинку (В) в яєчниках щурів в групах введення хлориду кадмію на 20-ту добу гестації.

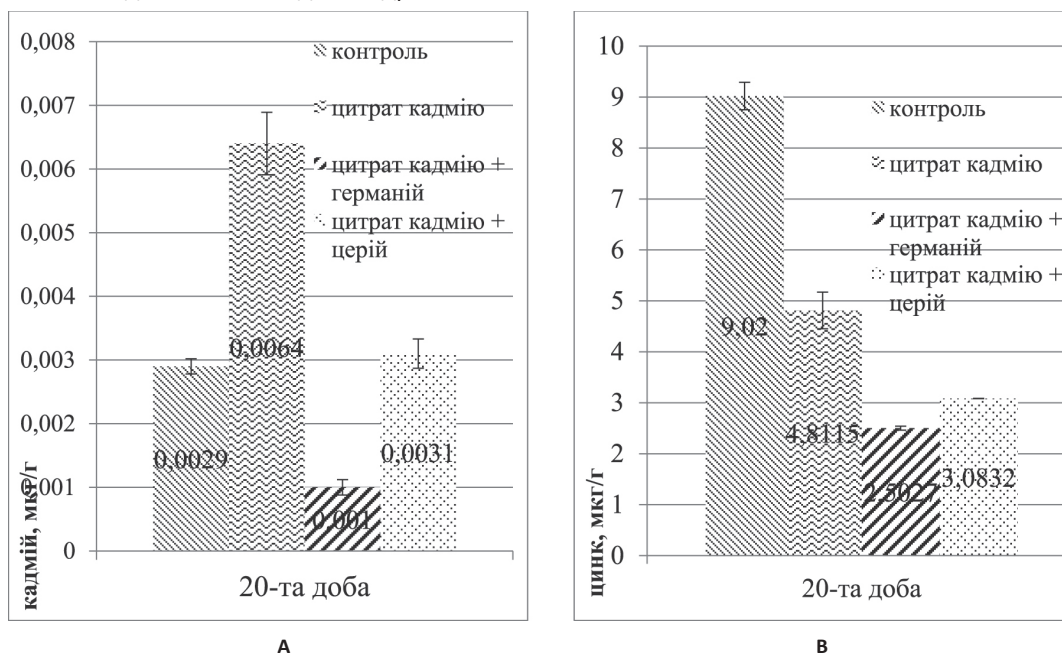
Міжнародного кодексу медичної етики (1983 р.), «Загальним етичним принципам експериментів над тваринами», що затверджені І Національним конгресом з біоетики (Київ, 2001 р.) згідно з положеннями «Європейської конвенції по захисту хребетних тварин, що використовуються в експериментах та інших навчальних цілях» (Страсбург, 18.03.1986 р.).

**Результати дослідження та їх обговорення.** Проведеними дослідженнями визначено, що в обох дослідних групах ізольованого введення солей кадмію показники накопичення рівня кадмію на 20-ту добу гестації достовірно ( $p < 0,001$ ) збільшилися в 2,7 раза (хлорид кадмію – Д№1) та 2,2 раза (цитрат кадмію – Д№2) відносно контрольної групи (**рис. 1 А**).

Водночас, накопичення цинку в дослідних групах ізольованого введення солей кадмію відрізнялися в

групі впливу хлориду кадмію рівень цинку достовірно збільшився в 1,7 раза ( $p < 0,001$ ), а при дії цитрату кадмію зменшився на 46,7% ( $p < 0,001$ ) порівняно з контрольною групою (**рис. 1 В**).

В групах комбінованого введення хлориду кадмію з цитратами металів показники накопичення кадмію розташувалися таким чином в порядку збільшення: Д№5 (+96,6% ( $p < 0,001$ )) < Д№1 (+169,0% ( $p < 0,001$ )) < Д№3 (+651,7% ( $p < 0,001$ )) відносно контрольної групи. Найвищий показник накопичення кадмію в яєчниках щурів на 20-ту добу гестації спостерігали в групі сумісної дії хлориду кадмію з цитратом германію (Д№ 3), який збільшився в 7,5 раза ( $p < 0,001$ ) порівняно з контрольною групою і в 2,8 раза  $p < 0,001$  (**рис. 2 А**).



**Рисунок 3** – Показники рівню накопичення кадмію (А) та цинку (В) в яєчниках щурів в групах введення цитрату кадмію на 20-ту добу гестації.



Водночас показники накопичення цинку в групах комбінованої дії хлориду кадмію з цитратами металів розташувалися таким чином в порядку збільшення: Д№3 (- 18,8 % (p <0,001)) < Д№5 (- 14,9 % (p <0,001)) < Д№1 (+72,3 % (p <0,001)) відносно контрольної групи. Показник накопичення цинку в яєчниках щурів на 20-ту добу гестації достовірно зменшився в обох групах сумісної дії хлориду кадмію з цитратами германію/церію (p <0,001) (рис. 2 В).

В групах комбінованого введення цитрату кадмію з цитратами металів показники накопичення кадмію розмістилися в такий спосіб в порядку збільшення: Д№4 (- 65,5 % (p <0,001)) < Д№6 (+6,9 % (p <0,001)) < Д№2 (+120,7 % (p <0,001)) відносно контрольної групи (рис. 3 А).

Найвищий показник накопичення кадмію в яєчниках щурів на 20-ту добу гестації спостерігали в групі сумісної дії цитрату кадмію з цитратом церію (Д№ 3), який збільшився в 1,1 рази (p <0,001) порівняно з контрольною групою.

Водночас, показники накопичення цинку в групах комбінованої дії цитрату кадмію з цитратами металів розташувалися таким чином в порядку збільшення: Д№2 (- 46,7 % (p <0,001)) < Д№6 (- 65,8 % (p <0,001)) < Д№4 (+72,3 % (p <0,001)) відносно контрольної групи.

Показник накопичення цинку в яєчниках щурів на 20-ту добу гестації достовірно зменшився в обох групах сумісної дії цитрату кадмію з цитратами германію/церію (p <0,001) (рис. 3 В).

**Висновки.** Одержані в ході експериментального дослідження результати свідчать, що:

1. Показники рівня накопичення кадмію в яєчниках є найвищими при ізольованому введенні хлориду кадмію (у 2,7 раза вище від групи контролю (p <0,001)), при комбінованій дії з цитратами металів – в групі сумісного впливу хлориду кадмію з цитратом германію (у 7,5 раза збільшилися відносно контрольної групи (p <0,001));

2. Показники рівня накопичення цинку в яєчниках є найвищими при ізольованому введенні в групі впливу хлориду кадмію (у 1,7 раза вище від групи контролю (p <0,001)), при комбінованій дії з цитратами металів знизилася у всіх групах порівняно з контрольною групою (p <0,001).

**Перспективи подальших досліджень.** Перспективним, на наш погляд, є вивчення морфологічних змін в яєчниках щурів під впливом сполук кадмію з цитратами металів.

### Література

- Kolosova Í, Rudenko KM, Shatorna VF. Kadmій – zagroza dlya zhivikh organizmів (oglyad literaturi). Perspectives of world science and education. Abstracts of V International Scientific and Practical Conference Osaka, Japan 29-31 January 2020:433-42. [in Ukrainian].
- Tania Jacobo-Estrada, Mitzí Santoyo-Sánchez, Frank Thévenod, Olivier Barbier. Cadmium Handling, Toxicity and Molecular Targets Involved during Pregnancy: Lessons from Experimental Models. International Journal of Molecular Sciences. 2017;18:136-55.
- Lynch S, Horgan K, White B, Walls D. Selenium source impacts protection of porcine jejunal epi-thelial cells from cadmium-induced DNA damage, with maximum protection exhibited with yeast-derived selenium compounds. Biol. Trace Elem. Res. 2017;176(2):311-20.
- Järup L, Åkesson A. Current status of cadmium as an environmental health problem. Toxicol Appl Pharmacol [Internet]. 2009 [cited 2018 July 17];238(3):201-8. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0041008X09001690> DOI: 10.1016/j.taap.2009.04.020
- Robin A Bernhoft. Cadmium Toxicity and Treatment. Scientific World Journal [Internet]. 2013 [cited 2018 March 17];2013. 7 p. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2013/394652/cta/> DOI: 10.1155/2013/394652
- Åkesson A, Barregard L, Bergdahl I, Nordberg G, Nordberg M, Skerfving S. Non-renal effects and the risk assessment of environmental cadmium exposure. Environmental Health Perspect. 2014;122(5):431-8.
- Kutyakov VA, Salmina AB. Metallothioneiny kak sensory i regulatory obmena metallov v kletkakh. Byul. Sibiri. meditsiny. 2014;13(3):91-9. [in Russian].
- Liu L, Sun M, Li Q, Zhang H, Alvarez P, Liu H, et al. Genotoxicity and Cytotoxicity of Cadmium Sulfide Nanomaterials to Mice: Comparison Between Nanorods and Nanodots Environmental Engineering Science [Internet]. 2014 Jul 1;31(7):373-80. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4098819/> DOI: 10.1089/ees.2013.0417
- Alison MK, Miranda LB, Betty YK, Richard WA, Stefan V, Teresa KW, Thomas VO. Zinc sparks are triggered by fertilization and facilitate cell cycle re-summation in Mammalian eggs. ACS Chem Biol. 2011 Jul 15;6(7):716-23. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21526836/> DOI: 10.1021/cb200084y
- Pykhteyeva YeG, Shafran L, Bol'shoy DV, Shitko YeS. Rol' metallothionein v obespechenii gomeostaza tsinka pri beremennosti. Aktual'nyye problemy transportnoy meditsiny. 2011;4(26):96-102. [in Russian].

### НАКОПИЧЕННЯ КАДМІЮ В ЯЄЧНИКАХ ЩУРІВ ПРИ ІЗОЛЬОВАНОМУ ВВЕДЕННІ СОЛЕЙ КАДМІЮ ТА В КОМБІНАЦІЇ З ЦИТРАТАМИ ЦЕРІЮ Й ГЕРМАНІЮ

Колосова І. І.

**Резюме.** Відомо, що кадмій негативно впливає на здоров'я людини, володіє ембріотоксичною та онкогенною дією, інгібує синтез ДНК, білків і нуклеїнових кислот, змінює метаболізм і функції таких есенціальних елементів, як цинк, залізо, мідь, марганець, кальцій, селен. В роботі представлено результати аналізу накопичення кадмію та цинку в яєчниках щурів при ізольованому внутрішньошлунковому введенні хлориду та цитрату кадмію в дозі 1,0 мг/кг та при комбінації з цитратом германію (0,1 мг/кг) та з цитратом церію (1,3 мг/кг), проведеного методом атомної емісії з електродуговою атомізацією. Для цього 70 білих вагітних самиць щурів лінії Вістар, яких утримували у віварії на стандартному раціоні, було розділено на 7 груп (n=10), в залежності від розчинів досліджуваних речовин. На 20-й день вагітності проводили оперативний забій. У яєчниках визначали кількість жовтих тіл вагітності, масу та розміри. Частина яєчників заморожувалась для вимірювання вмісту кадмію в пробах методом поліелементного аналізу. Цифровий матеріал, отриманий в експериментальних дослідженнях, був підданий статистичній обробці за загальноприйнятими методиками з використанням ліцензійних програм статистичного аналізу Statistica v.6.1 (StatSoft Inc., серійний № AGAR909E415822FA) та Microsoft Excel. Оцінку вірогідності статистичних досліджень проводили за допомогою t-критерію Стьюдента.

Збільшення рівню накопичення кадмію встановлено у всіх експериментальних групах: найвищі – при ізольованому введенні хлориду кадмію (у 2,7 раза вище від групи контролю (p <0,001)), при комбінованій дії з цитратами металів – в групі сумісного впливу хлориду кадмію з цитратом германію (у 7,5 раза збільшилися відносно контрольної групи (p <0,001)).

Водночас найвищі показники рівня Цинку відзначено в групі ізольованого введення хлориду кадмію (у 1,7 раза вище від групи контролю ( $p < 0,001$ )), при комбінованій дії з цитратами металів знизилася у всіх групах порівняно з контрольною групою ( $p < 0,001$ ).

**Ключові слова:** хлорид кадмію, цитрат кадмію, цитрат германію, цитрат церію, експеримент, поліелементний аналіз.

#### **НАКОПЛЕНИЕ КАДМИЯ В ЯИЧНИКАХ КРЫС ПРИ ИЗОЛИРОВАННОМ ВВЕДЕНИИ СОЛЕЙ КАДМИЯ И В КОМБИНАЦИИ С ЦИТРАТАМИ ЦЕРИЯ И ГЕРМАНИЯ**

**Колосова И. И.**

**Резюме.** Известно, что кадмий негативно влияет на здоровье человека, обладает эмбриотоксическим и онкогенным действием, ингибирует синтез ДНК, белков и нуклеиновых кислот, меняет метаболизм и функции таких эссенциальных элементов, как цинк, железо, медь, марганец, кальций, селен. В работе представлены результаты анализа накопления кадмия и цинка в яичниках крыс при изолированном внутрижелудочном введении хлорида и цитрата кадмия в дозе 1,0 мг/кг и при комбинации с цитратом германия (0,1 мг/кг) и с цитратом церия (1,3 мг/кг), проведенного методом атомной эмиссии с электродуговой атомизацией. Для этого 70 белых беременных самок крыс линии Вистар, содержащихся в виварии на стандартном рационе, были разделены на 7 групп ( $n=10$ ), в зависимости от растворов исследуемых веществ. На 20-й день беременности проводили оперативный убой. В яичниках определяли количество желтых тел беременности, массу и размеры. Часть яичников замораживалась для измерения содержания кадмия в пробах методом полиэлементного анализа. Цифровой материал, полученный в экспериментальных исследованиях, был подвергнут статистической обработке по общепринятым методикам с использованием лицензионных программ статистического анализа Statistica v.6.1 (StatSoft Inc., серийный № AGAR909E415822FA) и Microsoft Excel. Оценку достоверности статистических исследований проводили с помощью *t*-критерия Стьюдента.

Увеличение уровня накопления кадмия установлено во всех экспериментальных группах: наивысшие – при изолированном введении хлорида кадмия (в 2,7 раза выше группы контроля ( $p < 0,001$ )), при комбинированном действии с цитратами металлов – в группе совместного влияния хлорида кадмия с цитратом германия (в 7,5 раза увеличились относительно контрольной группы ( $p < 0,001$ )).

В то же время высокие показатели уровня цинка отмечено в группе изолированного введения хлорида кадмия (в 1,7 раза выше контрольной группы ( $p < 0,001$ )), при комбинированном действии с цитратами металлов снизились во всех группах по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,001$ ).

**Ключевые слова:** хлорид кадмия, цитрат кадмия, цитрат германия, цитрат церия, эксперимент, полиэлементный анализ.

#### **ACCUMULATION CADMIUM IN RATS WITH OVARIAN APPLICATION CADMIUM SALTS IN ISOLATION AND IN COMBINATION WITH CITRATE AND GERMANY CERIUM**

**Kolosova I. I.**

**Abstract.** Researchers have determined that the inhabitants of the modern metropolis have an accumulation of various chemical in the body, including toxic elements. Significant place among which is occupied by the accumulation of cadmium that disrupts the disposal of essential elements in the body: Ca, Zn, Se, Cr, Fe.

Zinc is an essential trace element in the processes of DNA synthesis and repair, embryogenesis, reproduction, tissue regeneration, immunogenesis, behavioral responses, brain development, etc., the need for which increases significantly during pregnancy. Zinc deficiency affects reproductive function: impaired ovogenesis – the process of division and maturation of oocytes.

*The aim of the study* was to compare the accumulation of cadmium and zinc in the ovaries of pregnant female rats with the isolated introduction of cadmium salts (chloride and citrate) and in combination with germanium and cerium citrates.

*Object and methods of research.* To determine the accumulation of cadmium in the ovaries of 70 white female females of Wistar rats, which were kept in the vivarium on a standard diet, were divided into 7 groups in which the animals received the following solutions: 1 group – E#1 ( $n = 10$ ) – cadmium chloride in dose of 1.0 mg/kg; Group 2 – E#2 ( $n = 10$ ) – cadmium citrate at a dose of 1.0 mg/kg; Group 3 – E#3 ( $n = 10$ ) – cadmium chloride at a dose of 1.0 mg/kg with germanium citrate (0.1 mg/kg), Group 4 – E#4 ( $n = 10$ ) – cadmium citrate at a dose of 1.0 mg/kg with germanium citrate (0.1 mg/kg), group 5 – E#5 ( $n = 10$ ) – cadmium chloride at a dose of 1.0 mg/kg with cerium citrate (1.3 mg/kg), Group 6 – E#6 ( $n = 10$ ) – cadmium citrate at a dose of 1.0 mg/kg with cerium citrate (1.3 mg/kg), group 7 – control ( $n = 10$ ) – 0.5 ml 0.9% NaCl.

Solutions of test substances were administered to females daily intragastrically through a tube once a day, at the same time throughout their pregnancy. During the administration of solutions recorded the condition and behavior of females, the dynamics of body weight, rectal temperature, duration of pregnancy. On the 20th day of pregnancy operative slaughter was carried out. Baby-rats were removed from the females rats uterus during autopsy. Baby-rats were checked for the test "living-dead", weighed, conformity of fetal development to the stage of normal development was determined, it was performed macroscopic examination of embryos to detect external abnormalities, photographed and fixated in 10% formalin solution for further histology research. In the females ovaries were determined the number of corpora lutea of pregnancy, their weight and size. The part of the ovaries was frozen to measure the cadmium content in the samples by multi-element analysis. The freezing was performed by the method of atomic radiation with electric arc atomization.

Analysis of the results showed an increase in the level of cadmium accumulation in all experimental groups. The highest changes were observed during isolated administration of cadmium chloride in the group of influence of cadmium chloride (by 2.7 times higher than the control group) ( $p < 0.001$ ). During combination with metal citrates in the group of combined exposure of cadmium chloride with germanium citrate the level was increased (by 7.5 times compared to the control group ( $p < 0.001$ )).

Indicators of zinc accumulation level in the ovaries were the highest in the group of isolated exposure of cadmium chloride (1.7 times higher than the control group ( $p < 0.001$ )). During combination with metal citrates levels were decreased in all groups compared to the control group ( $p < 0.001$ ).

**Key words:** cadmium chloride, cadmium citrate, germanium citrate, cerium citrate, experiment, polyelement analysis.

*Рецензент – проф. Білаш С. М.  
Стаття надійшла 13.10.2020 року*

DOI 10.29254/2077-4214-2020-4-158-65-69

УДК 631.52:631.532:581.134:547.42

<sup>1</sup>Пристахов А. І., <sup>1</sup>Кулешова Л. Г., <sup>1</sup>Боброва О. М., <sup>2</sup>Зеленянська Н. М.

## ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕТОДА ВАКУУМ-ІНФІЛЬТРАЦІЇ ДЛЯ НАСИЧЕННЯ РІЗНИМИ РОЗЧИНАМИ РОСЛИННИХ ОБ'ЄКТІВ ТРУБЧАСТО-КАПІЛЯРНОЇ СТРУКТУРИ

<sup>1</sup>Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України (м. Харків)

<sup>2</sup>Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова» НААН України (м. Одеса)

anteistal@gmail.com

**Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.** Робота є фрагментом НДР «Розробка теоретично-обґрунтованих підходів до кріоконсервування рослинних об'єктів різного рівня організації» № державної реєстрації 0116U003496.

**Вступ.** В рослинництві заготовля і використання живців різних плодових культур передбачає їх насичення різними середовищами методом вимочування. Така процедура, як правило, необхідна, щоб протримувати живці перед пророщуванням або підвищити вологість до потрібного рівня [1-3]. Оскільки насичення методом вимочування відбувається повільно цей процес може тривати кілька днів в залежності від виду, віку, кількості бруньок, початкової вологості і анатомічних характеристик живців. Однак при тривалому вимочуванні живців зростає ймовірність впливу токсичності розчинів, збільшується ризик гіпоксії бруньок, що призводить до зменшення активності їх проростання аж до загибелі [4,5].

Стандартне насичення живців методом вимочування не дозволяє використовувати середовища з високою токсичністю і в'язкістю, так як у цьому випадку допускається лише невеликий термін експозиції протягом якого середовище не проникне всередину живця. А більш тривалий час вимочування може призводити до загибелі контактуючого з середовищем поверхневого шару клітин живців, у той час як внутрішні шари залишаються ще не насиченими. Тому пасивне насичення середовищем рослинних об'єктів, які мають трубчасто-капілярну структуру, не є ефективним, що обмежує можливості застосування для них різних методичних підходів, де насичення виступає послідовною ланкою в складному біотехнологічному процесі [6,7].

Навесні, під час сокоруху у рослин існує спосіб подачі рідини до надземної частини, що дозволяє підготувати бруньки до активної вегетації, наситити їх природним стимулюючим видоспецифічним розчином, інактивувати продукти окислення, знизити ряд факторів, накопичених у пагонах та у лозі за час зимівлі [8]. Однак ізольовані пагони, заготовлені у вигляді

живців для щеплень, окуліровок і для вирощування кореневласних саджанців позбавлені такої природної процедури.

Вперше, активний спосіб насичення живців плодових культур був запропонований в 1939 році [9]. Пристрій для активного насичення було обладнано камерою, в якій створювались умови зниженого тиску, і резервуаром з повністю зануреними в рідину живцями. Надалі були запропоновані схожі способи активного насичення [10-12]. Однак більш детальне дослідження виявило пошкоджуючу дію даних методів на збереження бруньок. Надалі зазначений метод був рекомендований лише для насичення підщепних частин, а для щепи з бруньками питання так і залишилося відкритим [13].

**Мета дослідження.** Створення ефективного способу активного насичення рослинних об'єктів трубчасто-капілярної структури різними середовищами, який би моделював природний феномен підготовки бруньок до активної вегетації.

**Об'єкт і методи дослідження.** Матеріалом досліджень служили однорічні живці яблуні сорт Білий налив, абрикосу сорт Мелітопольський, винограду сорт Шевченко, зібрані в осінньо-зимовий період перед експериментом. У експериментах були використані живці з відкритими зрізами. Довжина одновузлових живців коливалася в межах 55-70 мм, двовузлових 90-120 мм, тривузлових 140-170 мм. Діаметр живців становив 6 та 9 мм. Кількість живців в кожному експерименті становила 10 шт. Відпрацювання методу здійснювали на розробленій в ІПКіК НАНУ лабораторній вакуум-інфільтраційній установці (рис. 1). Продуктивність даного методу складає не більше 60 одновузлових живців на годину [14].

Методика вакуум-інфільтрації полягає в наступному. Апікальні частини живця фіксували в силіконовому шлангу (рис. 1), який був з'єднаний з градуйованим резервуаром для оцінки обсягу проінфільтрованої рідини. Підготовлену конструкцію опускали вниз по направляючій і поміщали в ємність з розчином з таким розрахунком, щоб під час подачі тиску вся поверхня