P. 497–509. URL: https://doi.org/10.1016/s0021-9258(18)64849-5
3. Nasri F., Heydarnejad S., Nematollahi A. Sublethal Cobalt Toxicity Effects on Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss). *Croatian Journal of Fisheries*. 2019. Vol. 77, no. 4. P. 243–252. URL: https://doi.org/10.2478/cjf-2019-0018
4. Toxicological effects of cobalt on common carp: oxidative stress, ionic imbalance, fatty acid disruption, and gill histopathology / F. Ghribi et al. *Environmental Geochemistry and Health*. 2025. Vol. 47, no. 4. URL: https://doi.org/10.1007/s10653-025-02407-x

УДК 597:574.64:577.112:546.48

ВПЛИВ СУБЛЕТАЛЬНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ КАДМІЮ НА ФРАКЦІЙНИЙ СКЛАД БІЛКІВ ПЛАЗМИ КРОВІ КАРАСЯ ТА ЩУКИ

[1]Петрушка Б. М., [2]Любович О. Є., [1]Хоменчук В. О., [1]Курант В. З.

[1]Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
[2] КНП «Тернопільська обласна клінічна лікарня» Тернопільської обласної ради
E-mail: bodik@tnpu.edu.ua

Важкі метали є домінуючими забруднювачами навколишнього водного середовища через їхню токсичність, стійкість у водних розчинах та здатність до біоакумуляції [2,5]. Збільшення попиту на важкі метали створює тиск на водні екосистеми. Добування багатьох з них може призвести до підвищення їх концентрації та побічних продуктів, що пов'язані з отриманням металів, у ґрунтах та водних об'єктах [3].

Усі важкі метали за їх значенням для біоти можна розділити на есенціальні (біогенні) та неесенціальні (токсичні), при цьому їх біологічна або токсична дія проявляється за дуже низьких концентрацій та є не однаковою для різних видів гідробіонтів. Есенціальні метали, такі як мідь, цинк, хром, нікель, кобальт, молібден, залізо та інші, виконують важливі біологічні функції, а їх дефіцит призводить до порушення функціонування

метаболічних систем водних організмів. Неесенціальні метали, а саме кадмій, ртуть, олово, свинець не мають доведених біологічних функцій, разом з тим збільшення концентрації у воді понад норму як біогенних, так і токсичних металів може призвести до їх підвищеного акумулювання в тканинах і органах гідробіонтів, що в свою чергу обумовлює їх токсичну дію [5].

Кадмій є високотоксичним металом. Він є токсичним щодо гідробіонтів різних трофічних рівнів, зокрема риб [4]. А так як риби є досить чутливими до дії різних полютантів, що знаходяться у воді, тому їх часто використовують у моніторингових дослідженнях для оцінки якості води. Система крові риб, і зокрема білки плазми крові, є досить лабільною хімічною системою, яка відображає стан організму за впливу внутрішніх та зовнішніх чинників.

Саме тому у нашій роботі ми дослідили вплив іонів кадмію на фракційних склад білків плазми крові прісноводних риб – карася та щуки, з метою оцінки стану їх організму та забрудненості води цим металом.

Дослідження було проведено на карасях сріблястих (*Carassius gibelio* Bloch.) і щуках звичайних (*Esox Lucius* L.) середньою масою 200-220 г та 170-200 г відповідно. Вивчали вплив іонів Cd^{2+} у двох сублетальних концентраціях – 0,01 та 0,025 мг/дм^3. Метал вносили у воду 200-літрових акваріумів у вигляді $CdCl_2x2,5H_2O$. З метою зниження впливу на риб їх власних екзометаболітів воду в акваріумах змінювали щодводобово. Період аклімації становив 14 діб. Після зазначеного терміну у риб із серця гепаринізованою голкою відбирали кров для аналізу та після її зсідання центрифугували зразки 20 хвилин при 3000 об/хв. Для виділення білкових фракцій плазми крові використовували прилад для електрофорезу Consort EV 2650 (Великобританія). Розшифрування фореграм проводили на денситометрі цієї ж фірми. Фореграми білків плазми крові риб містили п’ять основних фракцій – альбуміни, α_1, α_2, β та γ-глобуліни. Всі одержані результати піддавали статистичному аналізу з використанням пакету Microsoft Office Excel.

Аналіз отриманих результатів показав, що на альбумін в організмі карася припадає 47,8% білків плазми крові, а у щуки

лише 10,6%. Альбумін відіграє суттєву роль у підтриманні колоїдно-осматичного тиску крові, а також служить для організму важливим джерелом амінокислот [1]. За дії на організм карася підвищених концентрацій кадмію вміст альбуміну в його плазмі крові практично не змінювався за дії 0,01 мг/дм^3 металу і знижувався на 107,8% за впливу 0,025 мг/дм^3 іонів кадмію у воді. В плазмі крові щуки вміст альбуміну знижувався на 32,0% за дії 0,01 мг/дм^3 кадмію і зростав на 14,5% за впливу 0,025 мг/дм^3 іонів кадмію у воді.

Глобуліни плазми крові риб були розділені на α_1, α_2, β та γ-глобуліни. Найбільше білку у складі глобулінів у карася виявлено в β-фракції, а у щуки – в α_1-фракції. За дії іонів кадмію на вміст α_1-глобулінів у карася було виявлено зниження їх вмісту на 68,5% за дії 0,01 мг/дм^3 та повернення до контрольного значення за дії 0,025 мг/дм^3 металу у воді. Щодо щуки, то обидві досліджені концентрації металу призводили до не значного зниження кількості білків цієї фракції (на 3,1% та 4,8% відповідно).

Зміни у відносному вмісті α_2-глобулінів виявилися більш значними у карася та меншими у щуки. В результаті дії на організм риб обох досліджених концентрацій кадмію ми спостерігали зростання кількості білків цієї фракції як у карася, так і у щуки, за винятком останньої за дії металу в концентрації 0,025 мг/дм^3, де їх вміст дещо знижувався. Особливо цей показник зростав в двічі у карася за дії вищої концентрації досліджуваного металу. До складу α_2-фракції входить макроглобулін, який у нативному стані може приєднувати та транспортувати окремі метали. Саме цим, можливо, можна пояснити значне зростання цієї фракції білків у плазмі крові карася за дії 0,025 мг/дм^3 металу у воді.

Показники вмісту β-глобулінів як у карася, так і у щуки за дії обох досліджених концентрацій іонів кадмію призводили до зростання цієї фракції білків. Більш значне зростання цього показника ми спостерігали у карася за дії 0,025 мг/дм^3 металу у воді (в 1,8 рази). У плазмі крові щуки цей показник зростав лише при 0,01 мг/дм^3 іонів кадмію на 18,7%, і майже не змінювався при 0,025 мг/дм^3 іонів цього металу. До складу β-глобулінів входить трансферин, білок який зв'язує і транспортує іони заліза. Можливо збільшення вмісту цього білку в плазмі крові риб пов'язане із

посиленням кровотворної функції їх організму.

Вміст γ-глобулінів, з якими пов'язують захисні властивості організму, в плазмі крові карася та щуки змінювався по-різному. Так, у карася їх кількість зростала в 1,3 рази за дії 0,01 мг/дм^3 та в 1,9 рази за дії 0,025 мг/дм^3 кадмію у воді. У щуки кількість білків цієї фракції практично не змінювалася при нижчій концентрації металу у воді і дещо зростала при вищій (на 14,4%). Зростання вмісту γ-глобулінів, ймовірно, пов'язано з посиленням в організмі риб процесів імоногенезу, необхідних для адаптації в умовах дії токсиканта.

З усього сказаного слідує, що перспективним напрямком подальших досліджень є вивчення адаптивних реакцій системи крові прісноводних риб як індикатора їхнього фізіологічного стану та інструменту біомоніторингу гідроекосистем, забруднених важкими металами, зокрема кадмієм.

Подальше дослідження адаптивних реакцій гематологічної системи риб та ідентифікація інтегральних гематологічних маркерів, здатних відображати ключові зміни гомеостазу при екстремальних впливах водного середовища, є важливим напрямком для оцінки токсичного забруднення екосистем та здійснення екологічного моніторингу.

Список літератури

5. Cheger S. I. *Trasportnaya funktsiya syvorotochnogo albumina (Transport function of serum albumin).* Bucharest : Publishing House of Romanian Academy of Science, 1975. 183 p.
6. Hama Aziz K. H. Heavy metal pollution in the aquatic environment: efficient and low-cost removal approaches to eliminate their toxicity: a review. *RSC Advances.* 2023. Vol. 13(26). P. 17595–17610. https://doi.org/10.1039/d3ra00723e.
7. Jenkins J. A., Musgrove M., White S. J. O. Outlining potential biomarkers of exposure and effect to critical minerals: nutritionally essential trace elements and the rare earth elements. *Toxics.* 2023. Vol. 11, № 2. P. 188. URL: https://doi.org/10.3390/toxics11020188.
8. Lee J.-W. Review of cadmium bioaccumulation in fish exposed to cadmium. *Toxics.* 2024. Vol. 13, № 1. P. 7–23. URL: https://doi.org/10.3390/toxics13010007.

9. Sfakianakis D. G. Effect of heavy metals on fish larvae deformities: a Review. *Environ. Research.* 2015. Vol. 137. P. 246–255. URL: https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.12.014.

УДК 582.998.16:615

ПОЛИН-ЕСТРАГОН: МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОЦІНКИ АНТИОКСИДАНТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Жмурко М. О., Любинський О. І.

Кам'янець-Подільський національний університет
імені Івана Огієнка
E-mail: lubin.alex@gmail.com

Artemisia dracunculus L. (естрагон) – це багаторічна деревна трав'яниста рослина родини айстрових, що походить з Північної Америки та Євразії. Висота стебла *A. dracunculus* варіюється від 40 до 150 см. Надземні стебла піднімаються від товстих, горизонтальних кореневищ, що ростуть гронами. Листя має довжину 1,2–8,0 см і ширину 1–6 мм. У традиційній медицині A. dracunculus використовується для лікування розладів травної системи. Крім того, його застосовували як місцевий анестетик для полегшення зубного болю, ран і порізів. Водний екстракт рослини використовується в традиційній арабській медицині для лікування безсоння, гінгівіту, діабету та ящура [1].

Найважливішими зареєстрованими групами біологічно активних вторинних метаболітів у *A. dracunculus* є ефірна олія, кумарини, флавоноїди, фенольні кислоти, похідні поліацетилену, флавоноїди, вітаміни та таніни [2].

Останні наукові дослідження показали деякі значні властивості рослини *A. dracunculus*, включаючи антибакте-ріальні, протигрибкові, протипротозойні, антиоксидантні, імуномодулюючі та протипухлинні характеристики [3].

Водночас, *Artemisia dracunculus* – поширена спеція та овоч, що вирощується по всьому Ірану, економічно важливий вид родини айстрових. Активність 12 іранських екстрактів *A. dracunculus* щодо поглинання вільних радикалів оцінювали за допомогою аналізів 1,1-дифеніл-2-пікрилгідразилу (DPPH) та ферум-відновлювальної антиоксидантної сили (FRAP). Загальний