

ОЦІНКА ВПЛИВУ НАНОАКВАЦИТРАТИВ ЦИНКУ ТА МІДІ НА ДИНАМІКУ РОСТУ МОЛОДІ РИБ *CYPRINUS CARPIO L.*

О.О. Кравченко, асистент

В.І. Максін, доктор хімічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

І.А. Злацький, кандидат біологічних наук

Інститут колоїдної хімії та хімії води НАН України

*Встановлено загальні закономірності впливу наноаквацитратів цинку та міді на показники зміни маси та питомої швидкості росту молоді риб *C. carpio L.* Обґрунтовано доцільність застосування показника питомої швидкості росту в екотоксикологічному моніторингу сполук, отриманих методами нанотехнологій. Дано оцінку можливості використання різних концентрацій наноаквацитратів міді та цинку в практичних цілях.*

Наноаквацитрати, гідроекосистеми, токсичність, риби, питома швидкість росту.

Останнім часом нанотехнології все більше застосовують у галузі біології, медицини, екології. У світі промислово виробляються понад 2000 найменувань наноматеріалів. В Україні перспективними вважаються наноаквацитрати перехідних металів, отримані за допомогою ерозійно-вибухової нанотехнології [11].

Встановлено, що наноаквацитрати міді та цинку мають антибактеріальну та овоцидну дію, повніше засвоюються організмом й активно використовуються у процесах обміну речовин.

Проте механізм дії на біоту залишається недостатньо вивченим і потребує додаткових досліджень [2, 8].

Загальновідомо, що перехідні метали мають подвійну біологічну роль. Наприклад, мідь – важливий елемент життя, що бере участь у багатьох фізіологічних процесах: синтезі гемоглобіну, утворенні кісткової тканини, функціонуванні системи кровотворення і центральної нервової системи, є регулятором рівня цукру та холестерину в крові. Цинк є структурним компонентом біологічних мембран, клітинних рецепторів, протеїнів, входить до складу понад 300 металоензимів. Разом з тим надмірні концентрації зазначених елементів токсично впливають на живі організми [4, 12, 13].

Наприклад, у гідробіонтів за дії високих концентрацій міді істотно знижується ефективність трансформації речовини й енергії, блокуються процеси фотосинтезу, білковий і водневий обміни. Суть токсичного впливу цинку на водні екосистеми полягає у гальмуванні процесів фотосинтезу фітопланктону, що знижує первинну продукцію водойм і підриває кормову базу зоопланктону та риб. Токсичність сполук цинку для риб у багато разів вища, ніж для теплокровних тварин. [5, 7].

Характерною особливістю перехідних і важких металів є відсутність механізмів самоочищення [9]. Отже, з'єднання металів здатні нескінченно довго зберігати токсичність, мігруючи трофічними ланцюгами, відрізняючись цим від вуглеводнів та радіоактивних елементів, яким властивий розпад з часом.

Риби є найзручнішими тест-об'єктами моніторингу гідроекосистем [6]. По-перше, це консументи вищих порядків, тому вони мають найвищу здатність до біоаккумуляції ксенобіотиків. По-друге, риби достатньо довгоживучі організми, відтак зміни популяційних і організменних показників дозволяють реєструвати ефекти та наслідки, обумовлені короткочасними або довготривалими хронічними впливами несприятливих умов навколишнього середовища [3].

Отже, зміни в організмах риб є інтегральним показником екологічної та біологічної безпеки сполук.

Мета досліджень – аналіз впливу різних концентрацій наноаквацитратів міді та цинку на молодь *C. carpio* L. за показниками зміни маси та питомої швидкості росту.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження виконували на базі навчально-науково-виробничої лабораторії рибництва ВП НУБіП України.

Експерименти проводили у 10-літрових акваріумах з органічного скла. Температура води утримувалася в межах 20 ± 1 °С за допомогою терморегуляторів, цілодобова аерація забезпечувалася мікрокомпресорами.

Для досліду відбирали двотижневих однорозмірних особин *C. carpio* L., які добре себе почували і не виявляли ознак стурбованості. Попередньо аклімованих однорозмірних особин поміщали по 10 екз. у кожний акваріум. Піддослідні групи риб утримували в середовищі, утвореному шляхом додавання до води наноаквацитратів міді та цинку в концентраціях, які мали антибактеріальну дію, та одночасно з цим не викликали летальних ефектів (від 0,01 до 0,1 мг/дм³) [10], 2 акваріуми слугували контролем – варіант без препаратів. Умови утримання контрольних груп організмів не відрізнялися від піддослідних.

Щотижня особин зважували на торсійних терезах з точністю до 1 мг. Питому швидкість росту розраховували за формулою [1]:

$$g = (\ln m_2 - \ln m_1) / (t_2 - t_1) = \ln (m_2/m_1) / \Delta t, \%$$

де g – питома швидкість росту; m_1 – маса тіла в момент часу t_1 ; m_2 – маса тіла в момент часу t_2 .

Досліди проводили в трьох повторностях. Вірогідною вважали різницю між порівнюваними показниками за $p < 0,05$. Розрахунки та побудову графіків виконували з використанням прикладної програми "Microsoft Excel".

Результати досліджень. На графіках (рис.1, 2) наведено дані щодо динаміки зміни маси тіла риб у часі залежно від концентрації розчинів наноаквацитратів.

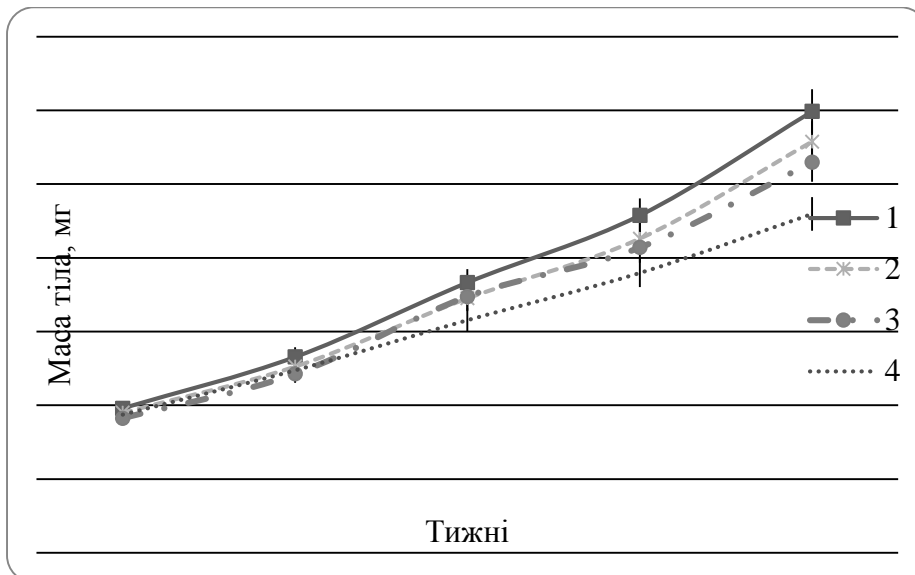


Рис. 1. Вплив різних концентрацій наноаквацитрату міді на ріст молоді *C. carpio*:
1 – контроль; 2 – 0,01 мг/дм³, 3 – 0,05 мг/дм³; 4 – 0,1 мг/дм³

Якщо розглядати кожний графік росту за окремим варіантом концентрації, то суттєвих змін розвитку або набору маси ми не спостерігаємо. В усіх акваріумах риби ростуть поступово з різною швидкістю, щотижня збільшуючи масу тіла.

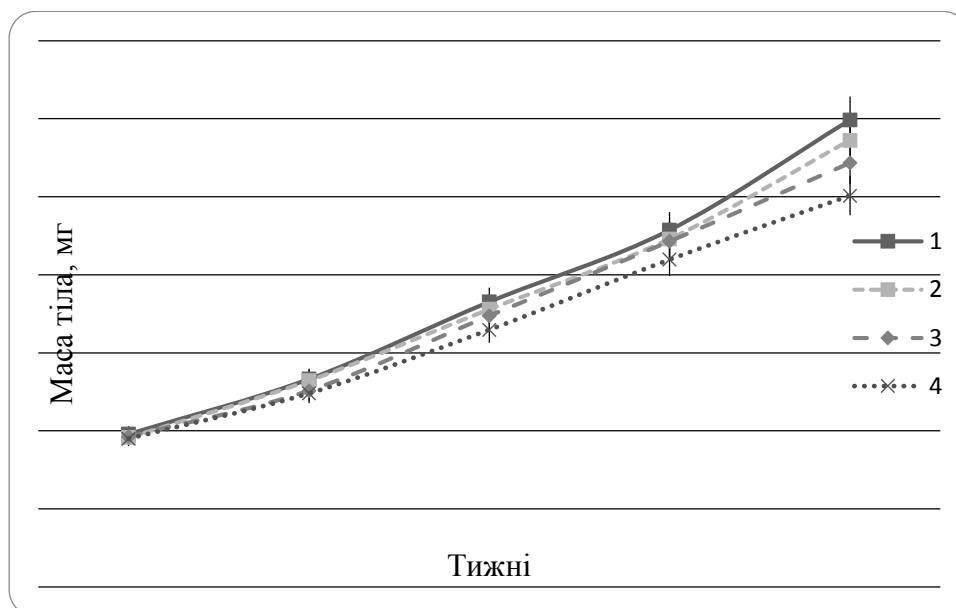


Рис. 2. Вплив різних концентрацій наноаквацитрату цинку на ріст молоді *C. carpio*:
1 – контроль; 2 – 0,01 мг/дм³, 3 – 0,05 мг/дм³; 4 – 0,1 мг/дм³

Динаміка росту молоді риб за дії концентрацій 0,01; 0,05 та 0,1 мг/дм³ наноаквацитратів Cu^{2+} майже не відрізняється від показників маси тіла риб у контрольному акваріумі. Помітні зміни динаміки росту зафіксовані тільки у варіанті з концентрацією наноаквацитратів 0,1 мг/дм³ з четвертого тижня експерименту, хоча до кінця дослідження зберігається тенденція до поступового і рівномірного росту маси тіла риб.

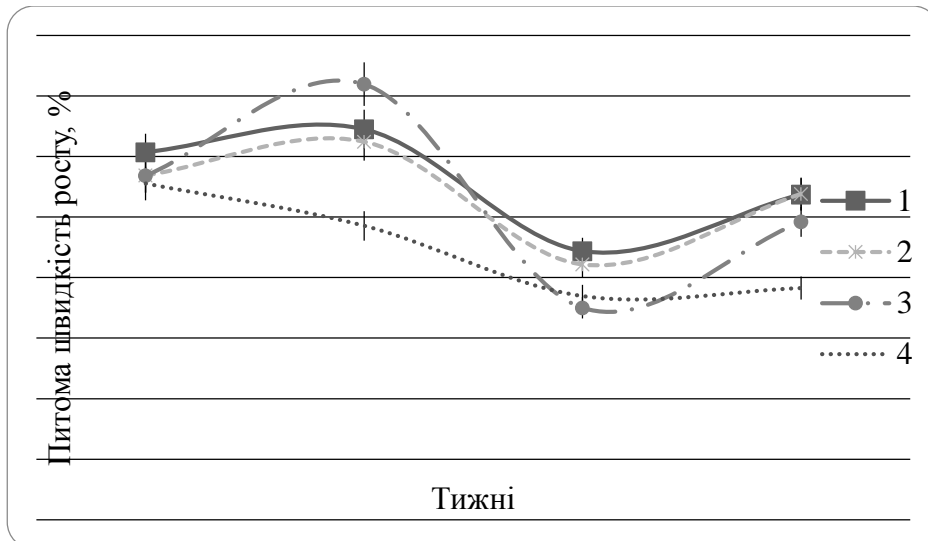
Аналогічні показники були зафіксовані за дії наноаквацитратів цинку. Після третього тижня в усіх піддослідних варіантах маса риб поступово зменшується відносно контролю. У той же час, розглядаючи окремо кожен варіант, відмічено тенденцію до зростання маси тіла.

Оскільки протягом всього досліджується плавна, позитивна динаміка росту риби, порівняно з контролем, визначити токсичність наноаквацитратів за показником зміни маси тіла неможливо.

Таким чином, застосування цього показника можливо лише в окремих випадках, які не впливають на загальну картину токсичності системи у цілому. Тому, доцільніше використовувати ширший спектр характеристик, зокрема показник питомої швидкості росту.

На відміну від графіка зміни маси тіла за дії наноаквацитратів міді, де суттєвих коливань чи відхилень значень показника не зафіксовано, для питомої швидкості росту характерна значна амплітуда флуктуацій (рис. 3).

В акваріумах з концентраціями наноаквацитрату міді 0,01 та 0,05 мг/дм³ та у контролі протягом перших двох тижнів експерименту питома швидкість росту інтенсивно збільшується, на третьому тижні спадає і знову збільшується протягом останнього тижня.



**Рис. 3. Вплив різних концентрацій наноаквацитрату міді на питому швидкість росту молоді *C. carpio*:
1-контроль; 2 – 0,01 мг/дм³, 3 – 0,05 мг/дм³; 4 – 0,1 мг/дм³**

Подібний “коливальний” ефект значень питомої швидкості росту можна пояснити адаптацією до умов нестачі корму. Організми риб компенсували дефіцит харчування зниженням значень питомої швидкості росту. За умови додавання об’єму корму достатнього для нормального функціонування організму, відбувався стрибок в інтенсивності росту.

За концентрації 0,1 мг/дм³ суттєвих коливань не було відмічено, спостерігається стабільне зниження питомої швидкості росту протягом експерименту, що свідчить про позитивний токсичний ефект.

За концентрації 0,05 мг/дм³ значних відхилень значень відносно контролю не було зафіксовано, в той же час динаміка питомої швидкості має більшу амплітуду значень протягом всього експерименту, що свідчить про незначний токсичний ефект цієї концентрації.

В акваріумах з концентраціями $0,01 \text{ мг/дм}^3 \text{ Cu}^{2+}$ суттєвих відмінностей від контролю не спостерігалось, зафіксовано найбільшу динаміку зростання показника питомої швидкості росту та найменші коливальні процеси порівняно з іншими концентраціями.

Спостереженнями щодо зміни маси тіла риб за дії наноаквацитратів цинку встановлено відсутність помітних відхилень від контролю протягом всього дослідження. Риби постійно набирали вагу в усьому діапазоні концентрацій (див. рис. 2). Графіки питомої швидкості росту за дії аналогічних концентрацій дають змогу відразу помітити різницю та дати оцінку стосовно токсичної дії (рис 4).

За наявності концентрацій наноаквацитрату цинку – $0,001 \text{ мг/дм}^3$ та контрольному варіанті значення питомої швидкості росту мають коливальний характер, подібний до графіків, отриманих за дії наноаквацитратів міді. Зростання значення досліджуваного показника на другому тижні, а потім зниження протягом третього, як вказано вище, пояснюється пристосуванням організму до умов харчового режиму. Невисока інтенсивність динаміки питомої швидкості росту протягом четвертого тижня експерименту пояснюється тривалістю дослідження та обмеженими об'ємами акваріумів. Тобто, швидке накопичення метаболітів і неможливість їх постійного виведення з обмеженого об'єму призводило до зниження питомої швидкості росту. Помітної динаміки даних за концентрації $0,01 \text{ мг/дм}^3$ відносно контролю не спостерігалось.

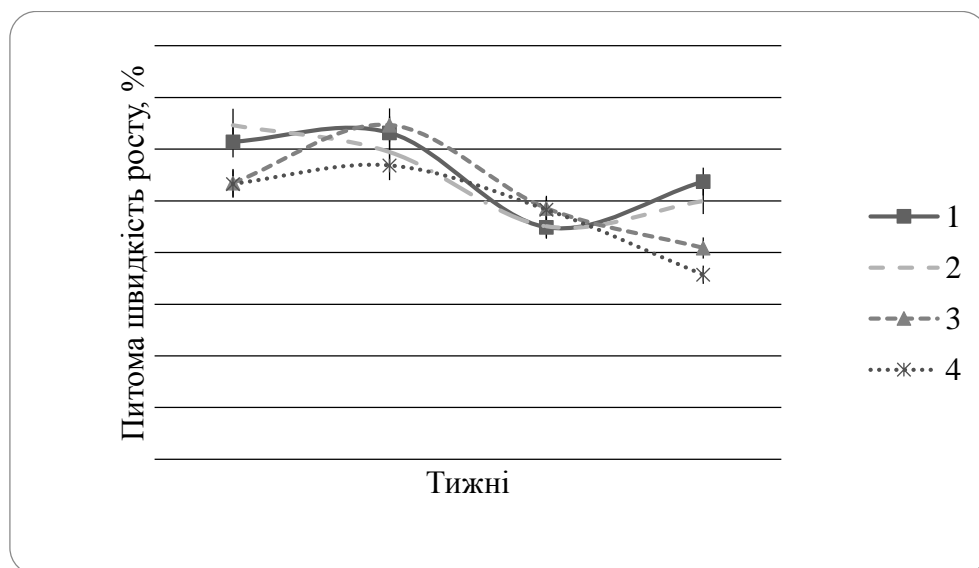


Рис. 4. Вплив різних концентрацій наноаквацитрату цинку на питому швидкість росту молоді *C. carpio*:

1-контроль; 2 – $0,01 \text{ мг/дм}^3$, 3 – $0,05 \text{ мг/дм}^3$; 4 – $0,1 \text{ мг/дм}^3$

Тим часом, спостерігалось різке відхилення значень досліджуваного показника у варіантах з концентраціями $0,05 \text{ мг/дм}^3$ та $0,1 \text{ мг/дм}^3$ в порівнянні з контрольним варіантом. Постійне зниження питомої швидкості росту вказує на наявність додаткових лімітуючих факторів, окрім дефіциту корму. Таким чином, отримані результати свідчать про токсичний ефект наноаквацитрату цинку щодо молоді риб *C. carpio* L. за концентрацій $0,05$ та $0,1 \text{ мг/дм}^3$.

Висновки

За результатами дослідження визначено, що концентрації $0,01 \text{ мг/дм}^3$ наноаквацитратів міді та цинку не чинили токсичної дії на молодь *C. carpio*, Це

свідчить про можливість застосування цих концентрацій у практичних цілях. Установлено, що показник зміни маси тіла риб не може повною мірою відобразити всю дію наноаквацитратів перехідних металів на організми риб, з цією метою доцільніше використовувати у системі екотоксикологічного моніторингу наноматеріалів значення питомої швидкості росту,

Список літератури

1. Биоэнергетика и рост рыб / [под ред. У.Хоара]. – М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1983. – 408 с.
2. Волошина Н. О. Порівняння овоцидної ефективності наночасток деяких металів як дезінвакційних засобів / Н.О.Волошина // Вісник зоології. — 2010. — Т. 44, № 3. – С.271 – 274
3. Гандзюра В.П. Продуктивність біосистем за токсичного забруднення середовища важкими металами / В.П. Гандзюра – К.: ВГЛ “Обрії”, 2002. – 248 с.
4. Дуднік С. В. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування: монографія / С.В. Дуднік, М.Ю. Євтушенко – К.: Вид-во фітосоціологічного центру, 2013 – 295 с.
5. Злацький І. А. Особливості впливу іонів Cu^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} на продукційні показники окремих гідробіонтів та їх популяцій : автореф. дис на здобуття наук.ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.16 “Екологія” / І. А. Злацький . – К., 2012 . – 20 с.
6. Лукьяненко В.И. Общая ихтиотоксикология / Лукьяненко В.И. – М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1983. – 320 с.
7. Мур Дж. В. Тяжелые металлы в природных водах / Дж. В. Мур, С. Рамамурти. – М.: Мир, 1987. – 288 с.
8. Наноматеріали в біології. Основи нановетеринарії / [В. Б. Борисевич, В. Г. Каплуненко, М.В Косінов та ін.]. – К.: ВД “Авіцена”, 2010. – 416 с.
9. Никаноров А. М. Справочник по гидрохимии / А. М. Никаноров – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 390 с.
10. Оценка влияния препаратов на основе наноаквацитратов металлов на выживаемость личинок рыб / О.А. Кравченко, В.И. Максин, Н.И. Вовк, Т.Б. Аретинская // Веснік Гродзенскага дзярж. ун-та імя Янкі Купалы. Серія 5: Эканоміка, Соцыялогія, Біялогія. – 2013. – № 3(161). – С.115 – 119.
11. Пат. України на корисну модель № 29856, МПК (2006): B01J 13/00, B82B 3/00. Спосіб отримання аквахелатів нанометалів «Ерозійно-вибухова нанотехнологія отримання аквахелатів нанометалів» / Косінов М.В., Каплуненко В.Г.; заяв.25.10.2007; опубл. 25.01.2008, Бюл. № 2/2008.
12. Biotic ligand model of the acute toxicity of metals. Application to acute copper toxicity in freshwater fish and Daphnia / Santore R. C., [Di Toro D. M.](#), [Paquin P. R.](#) [and other] // Environmental Toxicology and Chemistry. – 2001. – Vol.20, №10. –pp. 2397-2402.
13. Coleman J. Zinc proteins: enzymes, storage proteins, transcription factors, and replication proteins / Coleman J. // Annual Review of Biochemistry. – 1992. – № 61. – pp. 897—946.

*Установлены общие закономерности влияния наноаквацитратов цинка и меди на изменения массы и удельной скорости роста молоди рыб *S. carpio* L. Обоснована целесообразность применения показателя удельной скорости роста в экотоксикологическом мониторинге соединений, полученных методами нанотехнологий. Дана оценка возможности использования различных концентраций наноаквацитратов меди и цинка в практических целях.*

Наноаквацитраты, гидроэкосистемы, токсичность, рыбы, удельная скорость роста.

The general regularities of zinc and copper nanoaquacitrate influence on the change of mass and growth rate of young C. carpio L has been established. The application of specific growth rate indicator in ecotoxicological monitoring of nanomaterials has been justified. The possibility of nanoaquacitrates usage for practical purposes has been assessed.

Nanoaquacitrate, hydroecosystems, toxicity, fish, specific growth rate.