

УДК 577.352.38:577.64

Г.І. ФАЛЬФУШИНСЬКА, Л.Л. ГНАТИШИНА, О.О. ТУРТА, Н.І. БОЙКО,
Ю.В. ГЛУХМАНЮК, О.Б. СТОЛЯРТернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль 46027, Україна

ПОРІВНЯННЯ АДАПТИВНОЇ ЗДАТНОСТІ КАРАСЯ З ДВОХ ВОДОЙМ ДО ДІЇ ПРООКСИДАНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МОЛЕКУЛЯРНИХ БІОМАРКЕРІВ

Для оцінки адаптивної здатності рибу *Carassius auratus gibelio* із двох місцевостей, умовно чистої (З) та забрудненої (Б), піддавали дії солей міді ($0,005$ і $0,05$ мг/дм³ Cu^{2+}) або марганцю ($0,17$ і $1,7$ мг/дм³ Mn^{2+}) протягом 14 діб. Встановлено суттєві відмінності між рибами З- та Б-груп, причому морфологічні показники, низький рівень активності антиоксидантного захисту та високий рівень гетерогенності металотіонеїнів (МТ) у печінці та зябрах в Б-групі свідчать про хронічну токсичність середовища. Дія іонів металів викликала зміни стану системи антиоксидантного захисту, ендокринної активності та властивостей МТ, які відрізняються в залежності від походження риб. У риб Б-групи спостерігається оксидативний стрес, а у риб З-групи – відносно збалансовані зміни системи антиоксидантного захисту.

Ключові слова: мідь, марганець, карась, адаптація, металотіонеїни, антиоксидантний захист, ендокринні розлади

Останнім часом визнано, що оцінка токсичності водного середовища повинна включати не лише хімічний аналіз власне окремих токсикантів як у воді, так і в організмі, але і біомаркери стану стрес-реактивних систем організму [1, 7]. Разом з тим, інколи з'являються труднощі трактування отриманих даних, оскільки не вдається встановити прямого взаємозв'язку між відповіддю біомаркера та дією забруднювача на організм [2, 19]. Це може бути обумовлено впливом факторів середовища, в якому організм існує протягом тривалого часу та виробленою адаптацією до нього. Проте досвід вивчення стрес-реактивних систем тварин в залежності від їх походження (історії популяції) обмежений [8].

До найбільш важливих молекулярних систем відповіді на дію пошкоджуючого чинника належать система антиоксидантного захисту, низькомолекулярні клітинні тіоли – глутатіон та металотіонеїни (МТ) та репродуктивна система [18].

Метою роботи було порівняти відповідь цих систем у риби з чистої та забрудненої місцевості на дію додаткового пошкоджуючого чинника. Як модельні чинники використовували іони міді та марганцю в екологічно реальних концентраціях. Як індикаторний вид обрали срібного карася *Carassius auratus*, який володіє рядом унікальних морфологічних та біохімічних пристосувань в зябрах, що забезпечує йому адаптацію до умов гіпоксії та визначає його високу толерантність до факторів водного оточення [4].

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводились на дорослих особинах карася (*Carassius auratus gibelio*). Екземпляри відбирали траловим методом із двох місцевостей: рибогосподарські ставки в урочище Залізці у верхів'ї ріки Серет (умовно чиста місцевість) та став у нижній течії ріки Нічлава, нижче м. Борщів, у якому не працюють очисні споруди, в районі відносно високої аграрної активності. Рибу адаптували до лабораторних умов протягом 7 діб. Експериментальні умови створювали в басейнах об'ємом 200 л з кількістю риб з розрахунку 1 особина на 40 л води. Вміст кисню у воді підтримували на рівні $7,0$ – $8,0$ мг/дм³, диоксиду вуглецю – $2,2$ – $2,8$ мг/дм³, рН – $7,6$ – $8,0$. Воду відстоювали і змінювали щодобово, поновлюючи у експериментальних групах вміст досліджуваних сполук у воді. Температура води становила близько 18°C . Тварин годували комерційним кормом.

З відібраних з кожної водойми риб формували три групи для вивчення впливу кожного металу – одна контрольна, іншим у воду додавали сіль металу. Вміст міді (Cu^{2+} у складі CuSO_4) складав $0,005 \text{ мг/дм}^3$ та $0,05 \text{ мг/дм}^3$. Вміст марганцю (Mn^{2+} у складі MnCl_2) складав $0,17 \text{ мг/дм}^3$ та $1,7 \text{ мг/дм}^3$. Вміст металу у воді створювали додаванням солі фірми “Реахим” кваліфікації “хч” і контролювали за допомогою атомно-абсорбційної спектроскопії. Досліджувана концентрація металів була близькою, або нижчою, ніж їх середній вміст у прісних водоймах України [12, 13, 15, 20 21]. Інкубація риб у досліджуваних розчинах тривала 14 діб, що вважається оптимальним строком для аклімації.

Експерименти на тваринах проводились у відповідності до Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та наукових цілей (Страсбург, 1986), ухвали Першого національного конгресу з біоетики (Київ, 2000) та рішення етичної комісії Тернопільського державного медичного університету (Протокол № 2, 2009). Тварин умертвляли під ефірним наркозом, вимірювали (до мм) і зважували (до мг). Печінку і зябра відокремлювали, осушували фільтрувальним папером і зважували. Визначали гепатосоматичний індекс (ГСІ) як відношення маси печінки до загальної маси тіла тварини, кондиційний індекс зябер (КІЗ) як відношення маси зябер до загальної маси тіла тварини та кондиційний фактор (КФ): загальна маса (г)/загальна довжина³ (см)] $\times 100$.

Всі процедури по відборі і обробці тканин проводили на холоді. Всі реактиви, крім нижче зазначених, були фірми “Реахим” кваліфікації “хч”.

МТ виділяли хроматографічно із термостабільного екстракту тканин карася шляхом іонообмінної хроматографії на ДЕАЕ целюлозі [12]. У середовище виділення додавали 10 мМ 2-меркаптоетанол (“Sigma”) для запобігання окиснення SH-груп та інгібітор протеаз фенілметилсульфонілфторид (0,1 мМ, “Sigma”).

Методи визначення біомаркерів в тканинах карася детально описані у [13, 20]. За результатами визначення супероксиддисмутази (СОД) [КФ 1.15.1.1], каталази (КАТ) [КФ 1.11.1.6], вмісту відновленого (GSH) і окисненого (GSSG) глутатіону, карбонільних похідних білків (КПБ) та утворення супероксид аніон-радикалу ($\text{O}_2^{\cdot-}$) обчислювали індекс антиоксидантного стану [3].

Результати вимірів подані у вигляді $M \pm SD$ для восьми тварин дослідної групи, або для трьох вимірів для хроматографічної фракції. Вірогідність відхилення двох рядів значень обчислювали з використанням *t*-тесту Стьюдента. Для порівняння впливу чинників на біохімічні показники карася використовували дискримінантний аналіз. Порівняльний аналіз біологічних параметрів здійснювали, використовуючи комп’ютерні програми Statistica v 7.0 та Excel для Windows-2000.

Результати досліджень та їх обговорення

У тварин із забрудненої місцевості виявлено ознаки перебування в токсичному середовищі відповідно до вищого ГСІ (гепатотоксичність) та нижчого КІЗ (зменшення респіраторної поверхні зябер) [6], ніж у групі порівняння (табл. 1). Дія металів у риб 3-групи не викликали змін морфологічних показників за одним виключенням, а у тварин Б-групи було виявлено зростання ГСІ та зменшення КІЗ за дії високих концентрацій міді і марганцю.

Таблиця 1

Морфологічні індекси карася за дії іонів міді та марганцю на організм ($M \pm SD$, $n=10$)

Група тварин	Гепатосоматичний індекс		Кондиційний індекс зябер		Кондиційний фактор	
	З	Б	З	Б	З	Б
Контроль	$3,5 \pm 1,2$	$6,3 \pm 1,5^b$	$3,5 \pm 0,6$	$2,8 \pm 0,1^b$	$2,8 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,1$
Cu1	$5,4 \pm 0,8^a$	$6,1 \pm 1,5$	$3,6 \pm 0,4$	$3,3 \pm 0,3$	$2,9 \pm 0,2$	$2,3 \pm 0,3$
Cu2	$3,2 \pm 0,8$	$8,6 \pm 1,3^a$	$3,2 \pm 0,3$	$3,2 \pm 0,3$	$2,6 \pm 0,2$	$2,8 \pm 0,3$
Mn1	$3,9 \pm 0,8$	$8,3 \pm 2,9$	$3,9 \pm 0,5$	$3,2 \pm 0,3$	$3,0 \pm 0,9$	$2,8 \pm 0,4$
Mn2	$4,4 \pm 2,0$	$8,3 \pm 1,1^a$	$4,1 \pm 0,6$	$2,2 \pm 0,3^a$	$1,6 \pm 0,1^a$	$2,8 \pm 0,3$

Примітка. Тут і далі: ^a – зміни порівняно з контролем у кожній групі, ^b – відмінності між контрольними групами тварин 3- та Б-груп, $p < 0,05$

При іонообмінній хроматографії термостабільних білків тканин карася у риб 3-групи було виділено лише одну ізоформа МТ (МТ-1), а в Б-групі – дві (МТ-1 та МТ-2а) (рис. 1) з

виходом при 0,24 – 0,25 М NaCl та 0,31-0,32 М NaCl відповідно. Ідентифікація МТ була здійснена шляхом порівняння з еталонам та за УФ-спектрами фракцій (рис. 2).

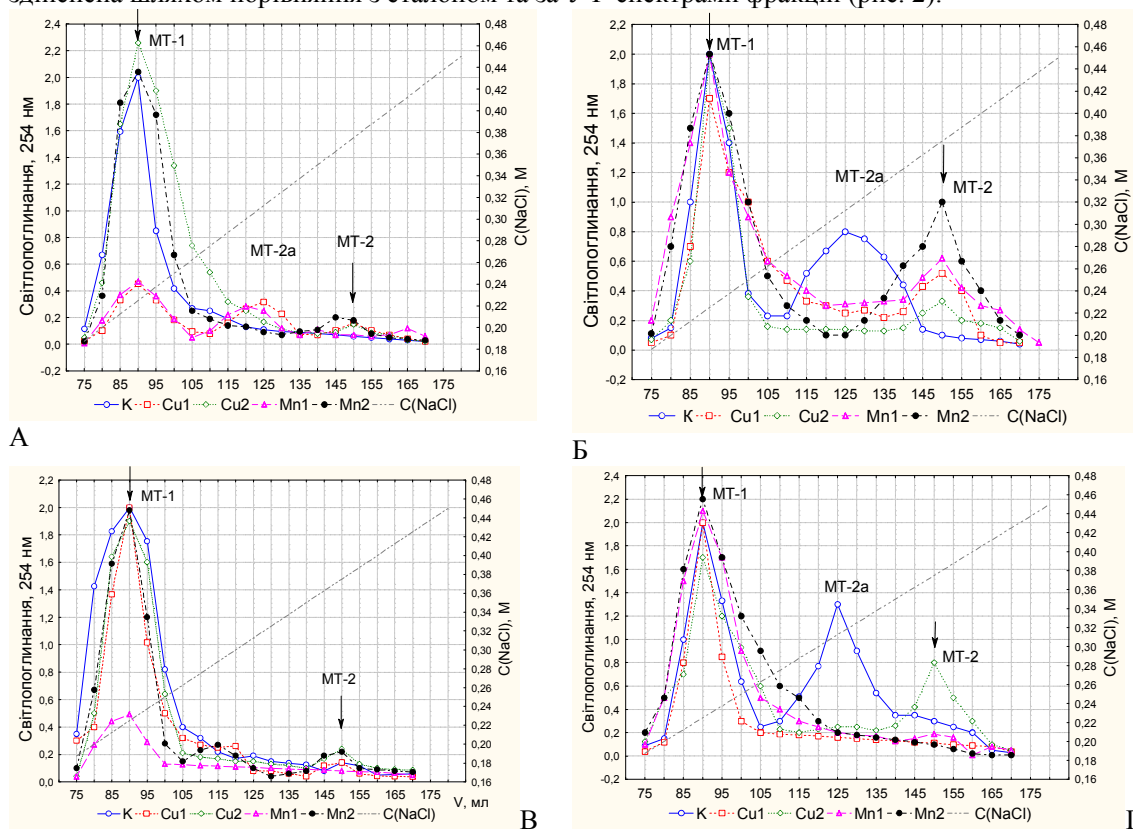


Рис. 1. Профілі елюції термостабільних білків печінки (А, Б) та зябер (В, Г) карася з чистої (А, В) та забрудненої (Б, Г) місцевості, одержаних при іонообмінній хроматографії на ДЕАЕ-целюлозі в лінійному градієнті NaCl в 0,01 М трис-НСІ буфері, рН 8,0

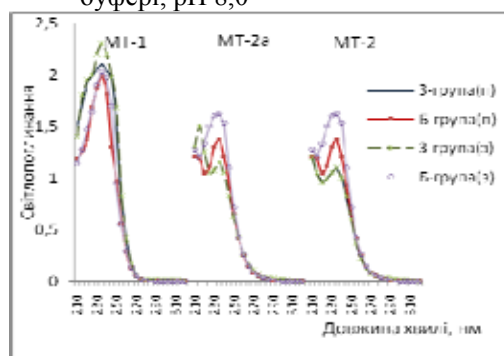
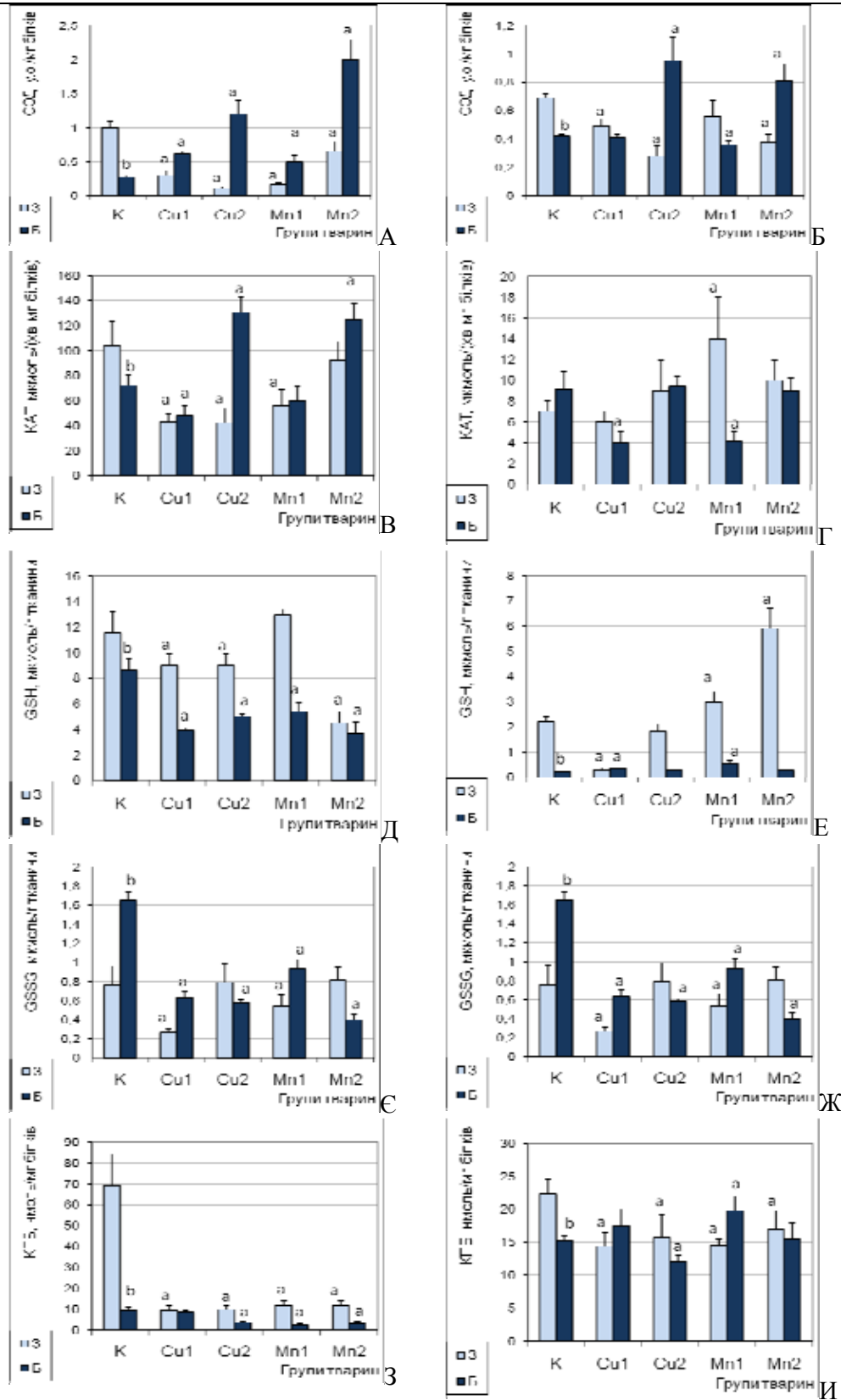


Рис. 2. Типові УФ-спектри хроматографічних форм металотіонеїнів печінки (л) та зябер (з) карася.

Дія важких металів зумовлює у тварин 3-групи появу, а в Б-групі - зміни об'єму виходу мінорної форми МТ-2/2а, особливо у печінці. В 3-групі спостерігається і зменшення об'єму МТ-1 за дії низьких концентрацій іонів міді та марганцю.

Інтактні тварини з досліджуваних популяцій відрізняються між собою за показниками оксидативного стресу (рис. 3). У зябрах та, особливо, печінці риб Б-групи СОД та КАТ активності та вміст GSH нижчі, а вміст GSSG вищий, ніж в 3-групі. Поряд з цим, в Б-групі нижчий і рівень утворення продуктів пероксидації, КПБ та O_2^{*-} , що свідчить про загальне пригнічення системи антиоксидантного захисту.



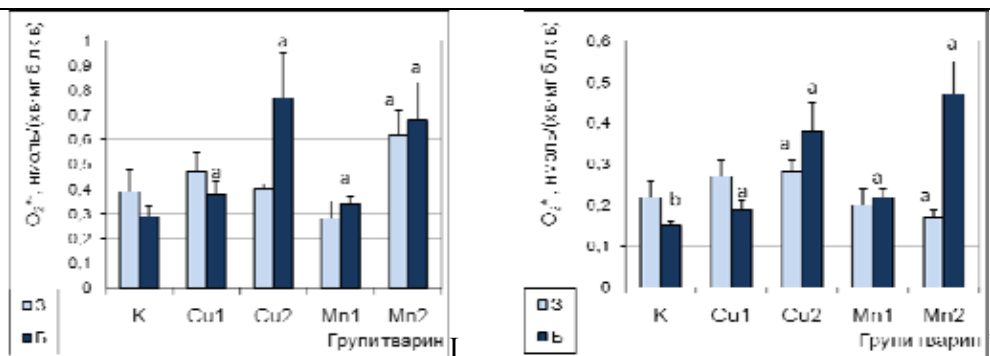


Рис. 3. Біохімічні маркери оксидативного стресу печінки (А, В, Д, Е, З, І) та зябер (Б, Г, Е, Ж, И, Ї) карася із умовно чистої (З) та забрудненої (Б) місцевостей за дії міді та марганцю на організм: А-Б – супероксиддисмутазна активність, В, Г – каталазна активність, Д, Е – рівень відновленого глутатіону, Є, Ж – рівень окисненого глутатіону, З, И – карбонільні похідні білків, І, Ї – утворення супероксиданіону

Дія важких металів викликає зміни стану системи антиоксидантного захисту, які, згідно результатів дискримінантного аналізу, залежать як від походження риб ($F=32,2, p<0,001$), так і від природи діючого чинника ($F=21,1, p<0,001$). Зокрема, у тканинах карася з чистої місцевості активність СОД та КАТ (тільки у печінці) зменшується, а із забрудненої – зростає, особливо за високих концентрацій діючих чинників, або залишається в межах контролю (рис. 3). Вміст GSH та GSSG у печінці карася З-групи зменшується або залишається в межах контролю, а Б-групи – зменшується у всіх випадках. У зябрах тварин З-групи спостерігається зростання частки GSSG за дії низької концентрації міді. Утворення КПБ та O_2^* в тканинах карася З-групи залишається в межах контролю, або навіть зменшується. У тварин Б-групи, навпаки, утворення O_2^* зростає, особливо за дії високих концентрацій металів (рис. 3), що, проте, поєднується із зменшенням рівня КПБ. Слід відзначити, що зміни утворення O_2^* та активності СОД відбуваються узгоджено ($0,66 < r < 0,7, p < 0,01$). Обчислення інтегрального індексу оксидативного стресу свідчить, що в печінці у риб Б-групи дія металів викликає здебільшого оксидативний стрес, а у зябрах пригнічення системи антиоксидантного захисту (рис. 4). Відповідь тварин З-групи має ознаки відносної збалансованості або активації (за дії низької концентрації марганцю у зябрах).

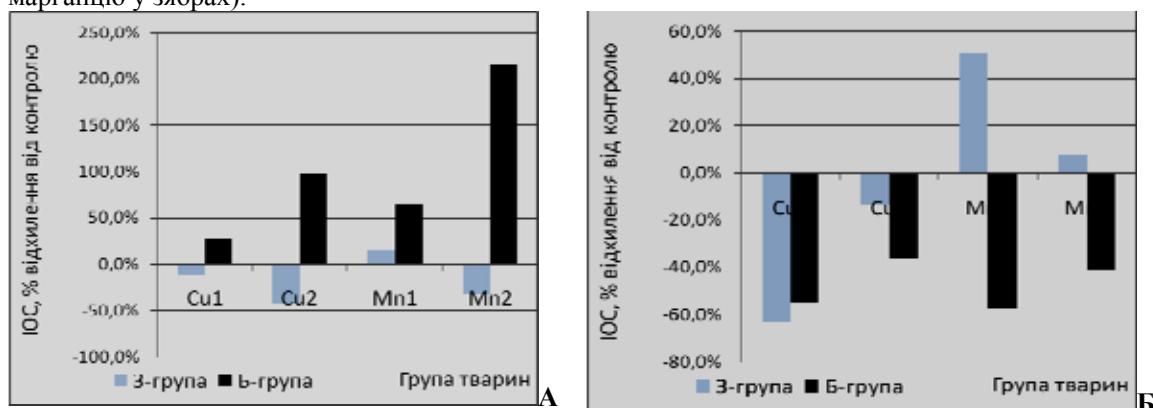


Рис. 4. Індекс антиоксидантного стану печінки (А) та зябер (Б) карася із двох місцевостей за дії міді та марганцю на організм порівняно з контролем

За відносно вищого вмісту вітелогенін-подібних білків (Втг-ПБ) у риб З-групи, спостерігаються відмінності у відповіді вітелогенезу на дію металів. У тварин З-групи відзначено його зростання за дії марганцю (у два рази) та в Б-групі – за дії міді (у п'ять – вісім разів) (рис.5).

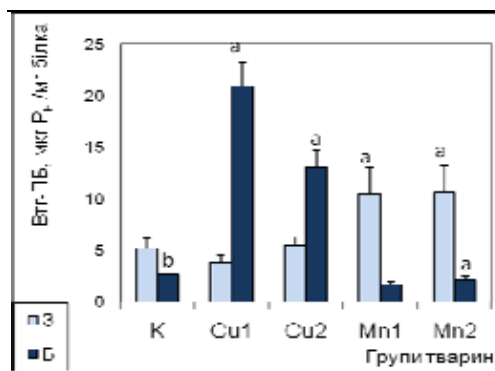


Рис. 5. Вміст вітелогенін-подібних білків плазми крові карася із умовно чистої (З) та забрудненої (Б) місцевостей за дії міді та марганцю на організм

Отже, отримані результати підтверджують попередні висновки про відмінність в умовах існування у двох водоймах, отримані на основі спостережень риби (короп і карась) та двостулкових молюсків упродовж трьох сезонів [12, 13, 15, 20, 21]. Проте лише використання прийому додаткового навантаження дозволило оцінити, наскільки потужний адаптивний потенціал у карася у чистій та хронічно забрудненій водоймах. Як свідчать отримані дані, карась із забрудненої водойми виявився більш чутливим до дії редокс-активних металів, причому продемонстрував значні деструктивні зміни на рівні морфологічних ознак за дії високих концентрацій металу.

Система антиоксидантного захисту карася селективно відображає відмінність на дію пошкоджуючих чинників залежно від вихідних умов існування тварин. Базальне пригнічення цієї системи в Б-групі трансформується у систему швидкого реагування на дію модельного токсиканта за рахунок зростання рівня O_2^* у тканині та послідовної стимуляції СОД та КАТ, тоді як зміни у тварин З-групи відносно збалансовані. Подібні прояви були виявлені і у інших видів риб за дії міді в підпорогових концентраціях [6]. Разом з тим, оцінка отриманих даних дає підстави заключити, що стан риб з обох місцевостей знаходиться у межах адаптивної відповіді, про що, зокрема, свідчить збалансованість системи $СОД-O_2^*$.

Найпоследовніші та однотипні зміни за дії важких металів, не залежні від природи діючого чинника та походження тварин, були характерні для GSH, рівень якого зменшувався, за окремими винятками. Така ж модель відповіді цього поліфункціонального тіолу притаманна й іншим організмам за дії широкого спектру токсикантів як металічної так і органічної природи [7, 18]. При цьому саме GSH є найбільш чутливою мішенню дії міді і марганцю як прооксидантів, в тому числі і у риб [9, 10, 11]. Разом з тим, розбалансування редокс-статусу глутатіону, як ознака токсичності та прооксидантної ситуації в клітині, за рахунок незмінного або й навіть вищого вмісту GSSG спостерігалось лише у зябрах карася, що свідчить про більшу вразливість цієї тканини до прооксидантних чинників.

МТ карася, на відміну від МТ коропа, досліджених раніше [12], виявились чутливим індикатором токсичності середовища завдяки відмінності у ступені гетерогенності, виявленої при хроматографії. Відомо, що такі відмінності можуть пояснюватись різною стабільністю форм, різним складом металів та ступенем модифікації функціональних груп [14, 17].

Як було показано для риб, синтез Zn-вмісного-гліколіпофосфопротеїну вітелогеніну у печінці безпосередньо пов'язаний з метаболізмом металів [16]. Аналіз отриманих результатів із залученням даних про вміст металів [5] показав, що залежність вмісту Вгт-ПБ у плазмі крові карася від вмісту металів у їх печінці описується регресійним рівнянням: $Вгт-ПБ = 13,05 - 0,51 \cdot Cu - 0,26 \cdot Zn^* + 4,04 \cdot Mn^*$, $R^2 = 0,33$, $F = 9,1$. Отже рівень Вгт-ПБ виявився тонким індикатором порушень метаболізму металів, причому дозволив виявити селективність ефекту марганцю та міді на риб з двох популяцій.

Висновки

Виходячи з результатів експерименту, при оцінці токсичності певних пошкоджуючих чинників на організм слід враховувати вихідний рівень адаптивної здатності організму, сформований умовами існування у даній місцевості.

Робота виконувалась за підтримки МОН України в рамках спільних міжнародних науково-технічних проектів № М/256-2008 та Західно-українського біомедичного центру.

1. Арсан О. М. Состояние и перспективы развития водной экотоксикологии / О. М. Арсан // Гидробиологический журнал. – 2007. – Т. 43, № 6. – С. 50–60.
2. Гандзюра В. П. Концепція шкодочинності в екології / В. П. Гандзюра, В. В. Грубінко. – Київ-Тернопіль : Вид-во ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2008. – 144 с.
3. Деклараційний патент на корисну модель № 45298 (UA), МПК (2009): А61К 38/04; В63С 9/00; С12Н 9/00; G01N 33/00. Спосіб інтегральної оцінки біологічної відповіді на стан водного середовища / О. Б. Столяр, Г. І. Фальфушинська, О. В. Міщук. Заявл. 13.02.2009; Опубл. 10.11.2009, Бюл. № 21.
4. Луцзяк В. І. Біохімічні механізми адаптації карасів до аноксії / В. І. Луцзяк // Біологія тварин. – 2004. – Т. 6, №1-2. – С. 35–38.
5. Фальфушинская Г. И. Сравнительное изучение влияния меди и марганца на состав металлов в тканях карася и их металлотионеинах в зависимости от исходных условий существования популяции: адаптация и токсичность / Г. И. Фальфушинская // Вода : Химия и Экология. – 2011. – В печати.
6. Accumulation and histopathological effects of copper in gills and liver of Senegales Sole, *Solea senegalensis* and Toad Fish, *Halobatrachus didactylus* / J. M. Arellano, J. Blasco, J. B. Ortiz [et al.] // Ecotoxicol. Environ. Restor. – 2000. – Vol. 3, № 1. – P. 23–28.
7. Adams M. S. Biomarker/bioindicator response profiles of organisms can help differentiate between sources of anthropogenic stressors in aquatic ecosystems / M. S. Adams // Biomarkers. – 2001. – Vol. 6, № 1. – P. 33–44.
8. Antioxidant defenses in killifish (*Fundulus heteroclitus*) exposed to contaminated sediments and model prooxidants: short term and heritable responses / J. N. Meyer, J. D. Smith, G. W. Winston, R. T. Di Giulio // Aquatic Toxicology. – 2003. – Vol. 65. – P. 377–395.
9. Arabi M. Metal-Ion-Mediated Oxidative Stress in the Gill Homogenate of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Antioxidant Potential of Manganese, Selenium and Albumin / M. Arabi, M. A. Alaeddini // Biol. Trace Elem. Res. – 2005. – Vol. 108. – P. 155–168.
10. Differential toxicity of Mn(2+) and Mn(3+) to rat liver tissues: Oxidative damage, membrane fluidity and histopathological changes / P. Huang, G. Li, C. Chen [et al.] // Exp. Toxicol. Pathol. – 2010. – in press.
11. Exposure to waterborne copper reveals differences in oxidative stress response in three freshwater fish species / M. Eyckmans, N. Celis, N. Horemans [et al.] // Aquat. Toxicol. – 2011. – Vol. 103, № 1-2. – P. 112–120.
12. Falfushynska H. I. Function of metallothioneins in carp *Cyprinus carpio* from two field sites in Western Ukraine / H. I. Falfushynska, O. B. Stolyar // Ecotoxicol. Environ. Saf. – 2009. – Vol. 72. – P. 1425–1432.
13. Falfushynska H. I. Responses of biochemical markers in carp *Cyprinus carpio* from two field sites in Western Ukraine / H. I. Falfushynska, O. B. Stolyar // Ecotoxicol. Environ. Saf. – 2009. – Vol. 72. – P. 729–736.
14. Metallothioneins in terrestrial invertebrates: structural aspects, biological significance and implications for their use as biomarkers / R. Dallinger, B. Berger, C. Gruber [et al.] // Cell Mol. Biol. – 2000. – Vol. 46. – P. 331–346.
15. Multi-biomarkers approach in different organs of *Anodonta cygnea* from the Dnister basin (Ukraine) / H. I. Falfushynska, L. Delahaut, O. B. Stolyar [et al.] // Arch. Environ. Contam. Toxicol. – 2009. – Vol. 57, № 1. – P. 86–95.
16. Olsson P. E. A role of metallothionein in zinc regulation after oestradiol induction of vitellogenin synthesis in rainbow trout, *Salmo gairdneri* / P. E. Olsson, M. Zafarullah, Z. Gedamu // Biochem. J. – 1989. – Vol. 257, № 2. – P. 555–559.
17. Quantification of metallothionein isoforms in fish liver and its implications for biomonitoring / M. Lacorn, A. Lahrssen, N. Rotzoll [et al.] // Environ. Toxicol. Chem. – 2001. – Vol. 20. – P. 140–145.
18. The use of biomarkers in biomonitoring: A 2-tier approach assessing the level of pollutant-induced stress syndrome in sentinel organisms / A. Viarengo, D. Lowe, C. Bolognesi [et al.] // Comp. Biochem. Physiol. – 2007. – Vol. 146C. – P. 281–300.
19. Van der Oost R. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review / R. Van der Oost, J. Beyer, N. P. E. Vermeulen // Environ. Toxicol. Pharmacol. – 2003. – Vol. 13, № 2. – P. 57–149.
20. Variability of responses in the crucian carp *Carassius carassius* from two Ukrainian ponds determined by multi-marker approach / H. Falfushynska, L. Gnatyshyna, C. Priyden [et al.] // Ecotox. Environ. Saf. – 2010. – Vol. 73, № 8. – P. 1896–1906.
21. Vulnerability of biomarkers in the indigenous mollusk *Anodonta cygnea* to spontaneous pollution in a transition country / H. I. Falfushynska, L. L. Gnatyshyna, A. Farkas [et al.] // Chemosphere. – 2010. – Vol. 81, № 10. – P. 1342–1351.

Г.І. Фальфушинська, Л.Л. Гнатюшина, О.О. Турта, Н.І. Бойко, Ю.В. Глухманюк, О.Б. Столяр

Тернопольский национальный педагогический университет им. Владимира Гнатюка, Украина

СРАВНЕНИЕ АДАПТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ КАРАСЯ ИЗ ДВУХ ВОДОЕМОВ К
ДЕЙСТВИЮ ПРООКСИДАНТОВ С ПОМОЩЬЮ МОЛЕКУЛЯРНЫХ БИОМАРКЕРОВ

Для оценки адаптивной способности рыбу *Carassius auratus gibelio* из двух местностей, условно чистой (З) и загрязненной (Б), подвергали воздействию солей меди (0,005 и 0,05 мг/дм³ Cu²⁺) или марганца (0,17 и 1,7 мг/дм³ Mn²⁺) в течение 14 суток. Установлены существенные различия между рыбами З- и Б-групп, причем морфологические показатели, низкий уровень активности антиоксидантной защиты и высокий уровень гетерогенности металлотиионеинов (МТ) в печени и жабрах животных Б-группы свидетельствуют о хронической токсичности среды. Действие ионов металлов вызвало изменения состояния системы антиоксидантной защиты, эндокринной активности и свойств МТ, которые отличаются в зависимости от происхождения рыб. У рыб Б-группы наблюдается оксидативный стресс, а у рыб З-группы – относительно сбалансированные изменения системы антиоксидантной защиты.

Ключевые слова: медь, марганец, карась, адаптация, металлотиионеины, антиоксидантная защита, эндокринные расстройства

H.I. Falfushynska, L.L. Gnatyshyna, O.O. Turta, N.I. Boiko, Yu.V. Gluhmanyuk, O.B. Stoliar
Volodymir Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

COMPARISON OF THE ADAPTIVE ABILITY OF CRUCIAN CARP FROM TWO VICINITIES
TO THE ACTION OF PROOXIDANTS USING MOLECULAR BIOMARKERS

To assess the adaptive ability of the fish *Carassius auratus gibelio* from two areas, reference (Z) and polluted (B), were exposed to copper (0,005 and 0,05 mg/L Cu²⁺) and manganese salts (0,17 and 1,7 mg/L Mn²⁺) for 14 days. The intrinsic differences between fish Z-and B-groups were shown, moreover morphological indices, low level of antioxidant defense system activity and a high level of heterogeneity of metallothioneins (MTs) in liver and gills of the animal from B-group reflected chronic toxicity of the environment. Effect of metal ions caused a change in the state of antioxidant system, the endocrine activity and properties of MTs, which differ depending on the origin of fish. In fish from B-group oxidative stress and in fish from Z-group - balanced changes of the antioxidant defense system was observed.

Keywords: copper, manganese, crucian carp, adaptation, metallothioneins, antioxidant defense, endocrine disruption

Рекомендує до друку

Надійшла 22.02.2011

В.В. Грубінко