

виведення аміаку з організму. Отже, концентрація амонію 15 мгN/л в умовах підвищеної концентрації кальцію у воді не викликала помітного токсичного впливу на цюгорічок коропу.

На підставі вищезазначеного можна зробити висновок про те, що збільшення концентрації кальцію у воді до 150 мг/л підвищує стійкість організму піддослідних риб до токсичної дії сублетальних концентрацій амонію і важких металів. Відносно механізмів впливу кальцію на зниження токсичності цих речовин, то не виключаючи хімічного фактору — можливого активного комплексоутворення і зниження концентрацій розчинних токсичних речовин у воді, припускається і біологічний фактор. В цьому аспекті заслуговує уваги функція іонів кальцію в регуляції проникності кліткових мембран — його високий вміст в водному середовищі блокує надходження катіонів через зяброві мембрани у риб [9]. Це підтверджується даними [8] про те, що підвищення концентрації кальцію у воді викликає зниження швидкості акумуляції важких металів тканинами форелі.

Одним із пояснень ролі кальцію в підвищенні токсикорезистентності організму риб до амонію може служити його здатність активувати фермент глутамінсинтетазу [2,3], яка відповідає за синтез глутаміну, а він в свою чергу зв'язує і виводить із організму накопичений в його тканинах аміак. За аналогією можна припустити, що іони кальцію, активують синтез специфічних білків — металотіонеїнів, які здатні утворювати стійкі сполуки з важкими металами, нейтралізуючи їх токсичний вплив на організм риб.

Можна підкреслити, що підвищений рівень кальцію в водному середовищі (до 200 мг/л) при температурі 20°C в тканинах риб активує реакції трикарбованого циклу [1], які стимулюють окислювальні процеси в клітинах. Така дія є антагоністичною по відношенню до впливу деяких токсичних речовин, пригнічуючи поглинання кисню організмом і стимулюючи анаеробні процеси енергозабезпечення у риб.

ЛІТЕРАТУРА

1. Арсан О. М. Роль Са в регуляції процесів гликолізу і трикарбованого циклу в тканинах карпа при різному температурному режимі водної середовища // Гідробіол. журн. — 1986. — Т. 22, № 5. — С. 71-74.
2. Грубинко В. В. Механізм виведення аміаку у карпа, роль в ньому глутамінсинтетази і її властивості: Автореф. дис... канд. біол. наук. 03.00.04/МГПІ — М., 1988. — 17 с.
3. Грубинко В. В., Явоненко А. Ф., Арсан О. М. Механізм зв'язування екзогенного амонію у карпа // Докл. АН УРСР Б. — 1990. — № 5. — С. 70-72.
4. Лав Р. М. Хімічна біологія риб. — М.: Пищевая пром-сть, 1976. — 349 с.
5. Левицький Д. О. Кальцій і біологічні мембрани. — М.: Высш. шк., 1990. — 124 с.
6. Линник П. Н., Набиванец В. И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. — Л.: Гидрометиздат, 1986. — 270 с.
7. Метелев В. В., Канаев А. И., Дзасохова Н. Г. Водная токсикология. — М.: Колос, 1971. — 171 с.
8. Bredtly R. W., Sprague J. B. The influence of pH, water hardness and alkalinity of zink to rainbow trout (*Salmo gairdneri*) // Can. J. Fish. Sci. — 1985. — № 42. — P. 731-736.
9. Randall D. J., Perry S. F., Heming T. A. Gas transfer and acid-base regulation in salmonids // *Cjvh/Diochem. and Physiol.* — 1982. — В 73, №1. — P. 93-103.

УДК 591. 524. 12

В.Ф. Коваленко, Н.О. Могилевич, О.В. Миролюбова

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

КІЛЬКІСНЕ СПІВВІДНОШЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОБМІНУ РЕЧОВИН — БІОЛОГІЧНИЙ ТЕСТ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ГІДРОБІОНТІВ

Функціональний стан гідробіонтів тісно пов'язаний зі складом і властивостями середовища їх проживання, яке забезпечує нормальний розвиток і функціонування організму як в природних, так і в штучних умовах. Погіршення якості водного середовища викликає негативну дію на життєдіяльність водних організмів, а при незворотності цих процесів призводить до їх загибелі. Тому як біологічний тест необхідно вибрати головні показники життєдіяльності організмів, які в максимальному ступені інтегрують їх спільний функціональний стан. Якщо абсолютні показники обміну речовин свідчать тільки про кількісні параметри протікання цих процесів, то їх співвідношення розкривають якісну характеристику. Для цих цілей можуть бути застосовані співвідношення абсолютних величин пластичного (P, дж) і функціонального (R, дж) обмінів до спільного показника енергії асимільованої їжі (A, дж) — P/A; R/A, а також співвідношення пластичного і функціонального обмінів між собою (P/R).

Абсолютні показники пластичного обміну розраховуються по різниці вмісту спільної енергії в тілі піддослідних тварин до початку (P_0 , дж) і після закінчення (P_1 , дж) експерименту — $P_1 - P_0$. Тривалість дослідів повинна складати не менше 20-40 діб. Для підвищення вірогідності результатів в кожному досліді необхідно використовувати не менше 10 організмів. Досліди проводяться одночасно в трьохкратному повторюванні.

Проведення цих дослідів потребує наявності певної матеріально-технічної бази. Для риб нами застосовувалися кліматичні аквакамери, які дозволяли утримувати піддослідних тварин тривалий час без порушень їх основних процесів життєдіяльності [6]. Вони представляли собою ізольовані 100-літрові акваріуми, виготовлені з органічного скла і упорядковані системою автоматичного управління температурним, газовим і світловим режимами, обладнанням фільтрації і біологічного очищення води. Аквакамери мають блоки первинної водопідготовки (дехлорування і відстоювання водопровідної води), а також додатковим пристроєм дозованої годівлі риб [4] з можливістю реєстрації їх харчової активності. При проведенні експериментів з реєстрацією показників газообміну піддослідних риб разом з водою уміщували в респіраційні камери різного типу [1,2].

Вміст загальної енергії у тілі водяних тварин визначається за допомогою прямого спалювання в калориметрі або розраховується за даними хімічного складу піддослідних гідробіонтів. Відомо [6], що при спалюванні 1 г білку виділяється 18,9 кдж енергії, при згорянні 1 г жиру — 39,0 кдж і такої ж кількості вуглеводів — 17,6 кдж енергії. Достатньо вірогідні результати можна отримати за розрахунком рівня загальної енергії по сухій масі піддослідних організмів (висушування проводять при температурі близько 80°C до установаження постійної маси об'єкту). Для проведення розрахунків приймається, що при згорянні 1 г сухої речовини виділяється 20,95 кдж енергії.

Абсолютні показники функціонального обміну розраховуються за середнім значенням поглинання кисню, який множить на оксикалорійний коефіцієнт (для риб він складає 14,08). Респіраційні камери дозволяють не тільки вимірювати інтенсивність поглинання кисню гідробіонтами, однак й визначати швидкість виділення з організму вуглекислого газу і екскрецію аміаку. За допомогою цих показників розраховуються дихальний і амонійний коефіцієнти, які несуть додаткову інформацію про направленість процесів обміну речовин. Вимірювання інтенсивності поглинання кисню повинно проводитися не менше 3-х разів за час експерименту: на початку, в середині і в кінці досліді, з кількістю вимірювань не менше 10, що дозволяє скоротити можливі помилки і отримати вірогідні результати. При аналізі отриманих даних використовують тільки середні результати всіх вимірів інтенсивності поглинання кисню. Значення функціонального обміну розраховують за формулою: $R = K \cdot V_{O_2} \cdot T$, де R — інтенсивність функціонального обміну, кдж; V_{O_2} — середня інтенсивність поглинання кисню при фіксованій температурі водного середовища, мг/г·год; T — тривалість досліді, доба; величина K — дорівнює перемноженню оксикалорійного коефіцієнту на кількість годин експерименту, кдж·год.

Значення асимільованої енергії їжі з достатнім ступенем вірогідності може бути отримане як сума абсолютних показників пластичного і функціонального обмінів ($A = P + R$). Більш вірогідно цей показник розраховується за різницею між енергією використаної їжі і енергією, видаленою з екскрементами [3]. Кількісне співвідношення P/A вказує, яка частина енергії асимільованої їжі використовується на пластичний обмін, на процеси асиміляції і росту біологічної маси. Співвідношення R/A визначає кількість енергії асимільованої їжі, яка використовується на функціональний або енергетичний обмін (рухова активність, робота органів і органел організму тварин). І нарешті, кількісне співвідношення P/R свідчить про те, яка кількість енергії використовується на пластичний обмін відносно величини функціонального обміну і характеризує «економність» життєдіяльності організму.

При застосуванні методу треба виходити з того, що в сприятливих умовах розвитку гідробіонтів значення співвідношення P/A і P/R мають максимальні, а величини R/A мінімальні, однак достатньо стабільні показники. При погіршенні умов в інший бік від сприятливого інтервалу зміни в функціональному стані гідробіонтів добре простежуються за співвідношенням процесів обміну речовин: показники P/A і P/R зменшуються, а R/A збільшується. Відхилення величин досліджених співвідношень від стабільного рівня більше, ніж на 20% вже свідчить про несприятливі умови розвитку організму водяних тварин. Збільшення змін кількісних співвідношень процесів обміну речовин можуть призвести до незворотних явищ в життєдіяльності організмів. При наближенні до такого стану у гідробіонтів починається різке зменшення всіх названих коефіцієнту. В цих умовах значення дихального коефіцієнту у гідробіонтів перевищує одиницю. Це свідчить про те, що енергозабезпечення організму частково здійснюється анаеробним шляхом, який потребує інтенсивних витрат накопичених внутрішніх резервів, в першу чергу, глікогену.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коваленко В. Ф. К методике определения газообмена у водных животных // Гидробиол. журн. — 1986. — Т. 22, № 4. — С. 102-104.
2. Рыжков Л. П. Установка для измерения интенсивности газообмена у водных животных при токсических исследованиях // Методики биологических исследований по водной токсикологии. — М., 1971. — С. 35-40.
3. Рыжков Л. П. Морфологические закономерности и трансформация вещества и энергии в раннем онтогенезе пресноводных лососевых рыб. — Петрозаводск, 1976. — 290с.
4. Романенко В. Д., Фомовский М. А., Крот Ю. Г., Бабенко Ю. В. Установка для регистрации суточной динамики интенсивности питания рыб // Гидробиол. журн. — 1977. — Т. 23, № 4. — С. 119-121.
5. Романенко В. Д., Крот Ю. Г., Сиренко Л. А., Соломатина В. Д. Биотехнология культивирования гидробионтов. — Киев, 1999. — 264 с.
6. Скадовский Н. С. Экологическая физиология водных организмов. — М.: Советская наука, 1955. — 338 с.

УДК [557. 15. 313 + 597. 554 + 577. 5 + 574. 633]

В. О. Коваль, Б. В. Яковенко

Чернігівський державний педагогічний університет імені Т. Г. Шевченка, м. Чернігів

ГЛЮКОЗО-6-ФОСФАТАЗНА АКТИВНІСТЬ В ПЕЧІНЦІ ТА БЛИХ М'ЯЗАХ КОРОПА В ПЕРІОД ЗИМОВОГО ГОЛОДУВАННЯ ТА ПІД ВПЛИВОМ ТОКСИКАНТІВ

Зимове голодування — невід'ємна частина життя риб. В цей час рибама необхідно підтримувати рівень глікемії [2], оскільки глюкоза є єдиним енергетичним субстратом для нормальної роботи м'язів і нервової системи. При голодуванні рівень глюкози в крові може бути забезпечений двома процесами: глікогенолізом або глюконеогенезом. Відомо, що запасів глікогену в період зимового голодування в печінці і м'язах риб небагато [3], тому основним процесом, який приводить до синтезу глюкози в цей період — є глюконеогенез. Доведено [1], що риби в період зимового голодування більш схильні до впливу токсикантів. Тому метою даної роботи було дослідити вплив токсикантів в цей період на активність глюкозо-6-фосфатази (К. Ф. 3. 1. 3. 9.) в період зимового голодування під впливом токсикантів.

Дослідження проводились в лабораторних умовах на дворічках коропа лускатого (*Cyprinus carpio* L.). Риб витримали в умовах стандартного газового і гідрохімічного режимів. Інтоксикацію моделювали шляхом внесення у водне середовище солей $MnCl_2$, $CuSO_4$, $PbNO_3$, фенолу та буферної суміші $NH_4OH + NH_4Cl$ у концентраціях, що відповідають 2 рибгосподарським ГДК. Період аклімації становив 14 діб. Активність глюкозо-6-фосфатази (Г-6-Ф-ази) за період зимового голодування визначали тричі: на початку голодування — жовтень, у середині — лютий та в кінці — квітень.

Одержані дані показали, що під час зимового голодування коропа активність Г-6-Ф-ази у цитоплазматичній та мітохондріальній фракціях печінки вища у порівнянні з білими м'язами. Крім того, спостерігається зміна активності даного ферменту в обох фракціях досліджених тканин. Так на початку зимівлі активність мітохондріальної Г-6-Ф-ази вища ($p < 0,05$) у порівнянні з цитоплазматичною ($2,55 \pm 0,44$ мкмоль P_i / мг білка хв. проти $1,66 \pm 0,34$ мкмоль P_i / мг білка хв.). У лютому, навпаки, зростає активність Г-6-Ф-ази в цитоплазматичній фракції ($2,19 \pm 0,14$ мкмоль P_i / мг білка хв. проти $1,84 \pm 0,28$ мкмоль P_i / мг білка хв.). Після закінчення зимового голодування активність досліджуваного ферменту в обох фракціях печінки знижується і стає практично однаковою ($0,94 \pm 0,16$ мкмоль P_i / мг білка хв. проти $0,99 \pm 0,14$ мкмоль P_i / мг білка хв.). Отже, швидкість глюконеогенезу в печінці на початку голодування визначається мітохондріальною Г-6-Ф-ази. В середині цього періоду постачання забезпечується переважно цитоплазматичним ферментом. З початком живлення риб швидкість глюконеогенезу в обох фракціях однакова.

В м'язовій тканині як і в печінці інтенсивний глюконеогенез виявлено в середині зимівлі у цитоплазматичній фракції ($0,29 \pm 0,04$ мкмоль P_i / мг білка хв. проти $0,15 \pm 0,03$ мкмоль P_i / мг білка хв.), і тільки в кінці досліджуваного періоду вагомий вклад в процес утворення глюкози вносять мітохондрії м'язів — $0,17 \pm 0,04$ мкмоль P_i / мг білка хв. проти $0,08 \pm 0,02$ мкмоль P_i / мг білка хв. ($p < 0,05$). Одержані дані підтверджують літературні повідомлення про те, що в період голодування у малоактивних риб глюконеогенез в основному відбувається в печінці.

Для дослідження впливу токсикантів на активність Г-6-Ф-ази була використана цитоплазматична фракція печінки. У лютому місяці спостерігається найвища активність ферменту. Виявлено, що використані токсиканти по різному впливають на активність досліджуваного ферменту. Так, Mn^{2+} та NH_3 в різній мірі викликають збільшення активності Г-6-Ф-ази. Найбільша активність ферменту