

УДК [577.151.6:597.21.5]:591.185.2

**ФЕРМЕНТАТИВНА АКТИВНІСТЬ В ОРГАНАХ ТА ТКАНИНАХ РИБ  
ЗА ДІЇ КОЛИВАНЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ВОДОЙМИ**

*О.С. Потрохов<sup>1</sup>, О.Г. Зінковський<sup>2</sup>, М.В. Причеп<sup>3</sup>, Ю.М. Худіаш<sup>4</sup>*

<sup>1,2,3,4</sup>Інститут гідробіології НАН України, пр. Героїв Сталінграду, 12, Київ-210, 04210, Україна

Останнім часом спостерігаються кліматичні зміни, які призводять до підвищення температури води, відбуваються порушення у тривалості різних сезонів року [4]. Відомо, що температура є одним із лімітуючих абіотичних чинників водного середовища. Її зміна впливає не лише на швидкість протікання хімічних реакцій, але і визначає фізіолого-біохімічний статус організму [3]. Вже незначні коливання температури води протягом доби, сезону року можуть викликати у риб істотні порушення у проходженні метаболічних процесів. У відповідь на коливання температурного режиму води риби формують відповідні компенсаторні механізми, основою яких є зміни активності ферментативних реакцій.

Виходячи з вищезгаданого, метою нашої роботи було вивчення закономірностей адаптації краснопірки, плітки, окуня та йоржа до дії підвищеної температури води за показниками активності ферментів енергетичного обміну.

Дослідження були проведені на Білоцерківській експериментальній гідробіологічній станції Інституту гідробіології НАН України. Риб виловлювали з Середнього Білоцерківського водосховища (контроль) та ставків БЕГС.

Водосховище характеризувалося незначними коливаннями температури води як протягом місяця, так і протягом доби. Температура води не виходила за межі кліматичної норми, а саме протягом червня – 20,5–24,5°C (середня 22,4°C), липня – 20,5–26,5°C (24,1°C). Концентрація розчиненого кисню була на високому рівню, о 4 годині ранку у червні вона знаходилась у межах 7,2–9,5 мг/дм<sup>3</sup>, у липні – 8,2–10,5 мг/дм<sup>3</sup>.

1 ставок характеризувався наступними показниками: температура води – червень – 20,5–28,4°C (середня 25,1°C), липень – 20,2–29,4°C (24,3°C); концентрація розчиненого кисню – червень – 3,4–6,8 мг/дм<sup>3</sup>, липень – 3,0–7,5 мг/дм<sup>3</sup>. У другому ставку – 20,8–29,3°C (26,3°C), 20,5–30,8°C (25,3°C); 3,2–5,4 та 2,7–7,8 мг/дм<sup>3</sup> відповідно. 3 ставок характеризувався наступними показниками: 20,6–29,6°C (26,6°C), 20,7–30,7°C (25,3°C); 3,7–6,3 та 2,4–6,4 мг/дм<sup>3</sup> відповідно. Таким чином у ставках спостерігалися значні коливання температури води протягом місяця та доби, які переважно перевищували кліматичні норми. Середньодобові коливання температури води становили від 0,5 до 2°C. Крім того у ранці у ставках істотно знижувалася концентрація розчиненого кисню.

Всі дослідні водойми наповнювалися водою з р. Рось.

Активність ЛДГ визначали за допомогою стандартного набору реагентів «ЛДГ» (Філісіт-Діагностика, Україна); активність сукценатдегідрогенази – за Вексею [2], активність Na, K-активуємої, Mg-залежної АТФ-ази – за приростом неорганічного фосфору в середовищі інкубації за методом М.Н. Кондрашової та ін. [1].

За результатами досліджень можна стверджувати, що активність ЛДГ в зябрах краснопірки позитивно корелює з концентрацією розчиненого кисню та його коливаннями у червні місяці, коли спостерігалися мінімальні її значення. При достатньому вмісті кисню у липні спостерігалася зворотна кореляція між температурою води та активністю ЛДГ у м'язах та зябрах. ЛДГ задіяна у процесах гліколізу при анаеробному диханні тканин, який при сприятливих умовах протікає на мініальному рівні.

На відміну від краснопірки у плітки більш прослідковується позитивна залежність

між температурою водного середовища та активністю ЛДГ. При чому вона найбільш помітна у зябрових пелюстках, коли в липні при температурі 24,1°C активність ЛДГ менша, ніж при 25,3°C, в 2,0 рази при досить близьких концентраціях розчиненого кисню. Але рівні активності ЛДГ у плітки не досягають її величини у краснопірки. Отже плітка більш пристосована до коливань температури води, які виходять за межі кліматичної норми.

У окуня у зябрах активність цього ферменту завжди позитивно залежить від температури оточуючого середовища та негативно – від концентрації розчиненого кисню. У м'язах за дії підвищеної температури та її коливання знижується активність ЛДГ.

Найбільш стійким до зниження концентрації кисню за показником активності ЛДГ виявився йорж.

Відомо, що існує залежність між активністю всіх ферментів та температурою проходження реакцій. Крім того температурна адаптація, в свою чергу, призводить до значних витрат енергетичних ресурсів. На посилення енергообміну вказує зростання активності СДГ, яка задіяна в трикарбонному циклі. Як показали наші дослідження, найнижча активність СДГ (1,77 нмоль сукцената/хв.×мг білка) у зябрах плітки спостерігається у стабільних кисневих та температурних умовах. З підвищенням температури води з її коливаннями активність цього ферменту зростала в 1,7–3,0 рази.

У зябрах окуня найнижча активність СДГ відмічена при коливальному режимі температури в межах норми, у 2,3 рази вище у водосховищі та в 5,5–6,6 разів в найбільш прогрітих водоймах. Тобто окуню потрібна додаткова енергія на пристосування до перевищення температурної норми, і вони досить сприятливо переносять добові коливання температури води в межах кліматичної норми.

Активність СДГ в зябрах краснопірки з підвищенням температурного режиму істотно знижується на 15,3% у червні та в 2,1 рази у липні. Риби цього виду більш широко використовують гліколіз для підтримки енергетичного балансу у несприятливих умовах.

Йорж реагує на підвищення температури води істотним зростанням активності СДГ у зябрових пелюстках та падінням цього показника у м'язах. Але починаючи з липня, активність СДГ знижується у 2,1–3,0 рази у всіх тканинах незалежно від температури оточуючого середовища та вмісту розчиненого кисню у воді. При цьому її рівні в м'язах поступово підвищуються при прогріванні водойми, а в зябрах – знижуються.

Зміна активності ферментних систем також залежить від особливостей біології окремого виду риб та екологічної ніші, яку він займає. Встановлено, що активність АТФази у зябрах та м'язах плітки прямо корелює з температурними умовами водойми та вмістом розчиненого кисню. Але при перевищенні температури 26°C активність цього ферменту починає падати, що свідчить про початок негативних явищ за цих умов.

На відміну від плітки в окуня активність АТФази у м'язах та зябрах знижувалася по мірі зростання температури води вище норми. Тобто в нього дещо інші механізми пристосування до зміни температурного чинника.

Активність АТФази в зябрах краснопірки у більшій мірі залежить від концентрації розчиненого кисню у воді.

У йоржа не залежно від впливу абіотичних чинників активність АТФази завжди знаходиться на високому рівні і становить 12,57–14,05 мкг Р/хв.×мг білка у зябрах та 5,37–7,04 мкг Р/хв.×мг білка у м'язах. Залежності цього показника від температурного та кисневого чинників переважно не спостерігається. Винятком є падіння в 1,4–1,8 разів активності АТФази у м'язовій тканині у червні місяці під впливом підвищеної температури води.

Таким чином, ми спостерігаємо видову специфічність адаптивних процесів на ферментативному рівні. Кожен окремий вид виявляє низку характерних фізіолого-біохімічних реакцій на температурний та кисневий чинники, які потребують помітних енергетичних витрат.

Через зміни активності ферментів енергетичного обміну у різних тканинах

відбувається адаптація риб до нетипових для досліджених видів абіотичних умов.

Найбільш стійкою до дії коливань температури води за межами кліматичної норми та до падіння вмісту розчиненого кисню виявилася плітка.

#### *Література*

1. Кондрашова М.Н. Метод определения неорганического фосфора по спектрам поглощения в ультрафиолете / М.Н. Кондрашова, М.Н. Лесогорова, С.Э. Шноль // Биохимия. – 1965. – Т. 30, вып. 3. – С. 567–572.

2. Методы биохимических исследований (липидный и энергетический обмен). – Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1982. – 272 с.

3. Hochacka P.W. Biochemical adaptation mechanism and process in physiological evolution / P.W. Hochacka, G.N. Somero. – New York, London Oxford University Press US. – 2002. – 466 p.

4. Janauer G.A. Aquatic Vegetation in river floodplains: Climate change effects, river restoration and ecohydrology aspects / G.A. Janauer // Climate Change. Inferences from Paleoclimate and Regional Aspects. – New York : Springer, 2012. — P. 149—156.

УДК 616.216-002-006:616-005.1-08