

УДК 582.26:581.19:581.18

**ОСОБЛИВОСТІ ТРИВАЛОСТІ ФАЗ СТРЕСУ У ЗЕЛЕНИХ
МІКРОВОДОРОСТЕЙ (CHLOROPHYTA) ЗА ДІЇ НИЗЬКОЇ
ТЕМПЕРАТУРИ СЕРЕДОВИЩА**

Красюк Ю. М., Крот Ю. Г., Леонтьєва Т. О.

Інститут гідробіології НАН України,

e-mail: j-kрасyuk@ukr.net; yuriikrot@ukr.net;

leontieva3394@gmail.com

На теперішній час внаслідок зміни клімату створюються несприятливі умови для функціонування прісноводних водоростей, серед яких особливо небезпечними є різкі зниження температури водного середовища. Такі зміни викликають у водоростей стресові реакції, які супроводжуються переналаштуванням метаболічних процесів у їхньому організмі. Для кращого розуміння того як організм водоростей переживає вплив непритаманної їм низької температури, було створено схему тривалості фаз стресу на прикладі мезофільних видів зелених мікроводоростей *Tetradesmus dimorphus* (Turpin) M.J. Wynne та *Desmodesmus brasiliensis* (Bohlin) E. Hegew. Притримуючись концепції Ганса Сельє, термін «стрес» був перенесений у фізіологію рослин, що є загальною неспецифічною реакцією організму на будь-який стресор та поділяється на фази: тривога, адаптація (резистентність) і виснаження [1, 2].

Досліджували особливості тривалості фаз стресу організму культур *Tetradesmus dimorphus* та *Desmodesmus brasiliensis* за умов різкого зниження температурного режиму з подальшим підвищенням температури середовища до оптимального рівня. Для цього визначали активність каталази (КАТ) за методом, який заснований на здатності перекису водню утворювати із солями молібдену стійкий забарвлений комплекс. Це було необхідно для розуміння реакції організму на низьку температуру, яка викликає зміни в метаболічних процесах клітин, що може призводити до певної напруженості захисних ферментів організму, до яких належить КАТ. За впливу температури, яка виходить за межі оптимальної, відбувається підвищення активності КАТ для контролю рівня H_2O_2 в рослинних клітинах. Зміна активності

цього антиоксидантного ферменту дозволяє оцінити фізіологічний стан зелених мікроводоростей у стресових умовах. Також, достатньо інформативним є дослідження таких показників, як чисельність клітин мікроводоростей, що підраховували у п'яти повторностях під світловим мікроскопом Ломо Микмед-2 з використанням камери Горяєва. Проводили визначення розмірних характеристик клітин (довжина і ширина) мікроводоростей проводили за допомогою мікроскопу Axio Imager-2 та програмного забезпечення ZEN 3.0 ($n = 50$). Об'єм клітин визначали стереометричним методом, використовуючи лінійні розміри клітин водоростей.

Водорості *T. dimorphus* та *D. brasiliensis* вирощували (1–9 доба) при низькій температурі середовища $10,0 \pm 1^\circ\text{C}$, а потім повільно підвищували температуру до $18,0 \pm 1^\circ\text{C}$ (16 доба) і на 24-у добу температура становила $28,0 \pm 1^\circ\text{C}$. Інтенсивність освітлення була $47,5$ мкмоль/м²·с, співвідношення світла і темряви – 16 : 8 год. Перемішування культур відбувалося шляхом подачі у культиваційні ємності стислого атмосферного повітря (38 дм³/хв.). Клітинну масу водоростей відфільтровували від культурального середовища за допомогою мембранного фільтра «Синпор» № 4 (діаметр пор $0,85$ мкм) під слабким вакуумом. Відбирали наважки біомаси для визначення активності КАТ.

Спостереження показали, що стрес-реакція організму на стресор – різке зниження температури середовища до $10,0 \pm 1^\circ\text{C}$, відповідав першій фазі адаптивного синдрому водоростей. Зокрема, на 2-у добу спостерігалася незначна активність ферменту КАТ у культур *T. dimorphus* та *D. brasiliensis*, що відповідно становила $0,42$ і $0,77$ мк моль/хв.* мг білку. Також, ця стадія характеризувалась збільшенням розміру клітин обох видів та припиненням їхнього поділу, а також розпадом 4-клітинних ценобіїв *D. brasiliensis* на 2-клітинні. Період резистентності, що є другою фазою адаптивного синдрому, характеризувався зростанням активності антиоксидантного ферменту КАТ. Ймовірно, дія непритаманної для досліджуваних водоростей температури ($10,0 \pm 1^\circ\text{C}$) спричинила збільшення накопичення продуктів розпаду активних форм кисню (АФК). Вже на 9-у добу експозиції у *T. dimorphus* і *D. brasiliensis* активність ферменту зросла відповідно в $4,0$ і $1,7$ рази порівняно з показниками КАТ,

які досліджені на першій фазі адаптивного синдрому водоростей. Також, у обох видів зелених мікроводоростей спостерігали збільшення клітин та появу 8-клітинних ценобіїв. Вірогідно, в цей період відбувалася активація метаболічних процесів з посиленням виділенням метаболітів, що і викликало напруженість антиоксидантної системи водоростей. Слід відмітити, що у культури *T. dimorphus* активність ферменту КАТ була значно вищою порівняно з *D. brasiliensis*. Можливо, це пов'язано з більш раннім завершенням формування багатоклітинних ценобіїв (4-а доба), яке супроводжувалось активним накопиченням АФК, що викликало активацію ферменту.

При підвищенні температури до 18 ± 1 °C (9–16 доба) активність КАТ у *T. dimorphus* і *D. brasiliensis* зросла відповідно в 8,8 і 9,0 разів порівняно з початковими показниками, які були досліджені на першій фазі адаптивного синдрому. При цьому спостерігається значно вища активність КАТ (в 2,0 рази) у культурі *D.* порівняно з *T. dimorphus*. Можливо, це пов'язано з формуванням ценобіїв (завершення на 14-у добу), яке потребувало посилення метаболічних процесів, що і активувало роботу антиоксидантної системи.

Слід відмітити, що у *T. dimorphus* і *D. brasiliensis* після завершення періоду резистентності ($28,0 \pm 1$ °C, 24 доба) спостерігалось зниження каталазної активності відповідно в 5,3 і 3,5 разів, порівняно з попередньою точкою визначення (16 доба). Вірогідно, на нашу думку, подальше культивування водоростей у середовищі зі сприятливою температурою ($28,0 \pm 1$ °C) не викликало у них стресового стану і тому активність досліджуваного ферменту антиоксидантного захисту була меншою. Доказом того, що за даних умов вирощування водоростей відсутня фаза виснаження було те, що обидва види мікроводоростей характеризувалися відновленням фізіологічних показників – активним приростом клітин та їхнім здрібненням. При цьому у *T. dimorphus* відмічено збільшення відсотку 2-клітинних ценобіїв, а у *D. brasiliensis* – окремих клітин.

Вплив не притаманній культурам мікроводоростей *T. dimorphus* та *D. brasiliensis* низької температури на їх організм не призвів до стадії виснаження через злагоджену роботу антиоксидантної системи і вчасне реагування на відновлення

фізіологічних показників. Стрессова відповідь у досліджених видів водоростей варіювала залежно від їхніх видових особливостей.

1. Колупаєв Ю. Є. Стресові реакції рослин: молекулярно-клітинний рівень. Харків, 2001. 171 с.
2. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях / Кордюм Е.Л. и др. Киев: Наукова думка, 2003. 277 с.

УДК: 582.261.2

**ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОСТОВИХ
ПРОЦЕСІВ ВОДРОСТЕЙ РІЗНИХ ТАКСОНОМІЧНИХ
ГРУП НА ДІЮ МЕТАЛІВ**

Ракочий А. І., Горин О. І., Боднар О. І.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: bodnar@tnpu.edu.ua

Продуктивність є фундаментальною властивістю живої матерії, яка проявляється на всіх рівнях її організації. Вона виступає інтегративним показником, що відображає загальну функціональну активність організму або системи, з урахуванням усіх компенсаторних та адаптивних механізмів у відповідь на вплив чинників навколишнього середовища. Зниження продуктивності та зсув балансу між продукційними й деструкційними процесами в бік зростання ентропії є типовою реакцією екосистеми на токсичне навантаження [1, 2,3]. Загалом продуктивність визначається як здатність до нарощування біомаси, що базується на кількісному зростанні структурних одиниць біосистеми (чисельності) та інтенсивності утворення органічної речовини через процеси фотосинтезу та біосинтезу [1, 4].

Стійкість водоростевих угруповань у прісноводних екосистемах до зовнішніх чинників часто забезпечується за рахунок структурних змін, зокрема коливань чисельності клітин, яка є однією з ключових характеристик популяційної динаміки [5, 6].