

lateral ventricles and the length of the lower right and left horns, anteroposterior dimensions of the lateral ventricles and the length of the III and IV ventricles.

Significant interhemispheric asymmetry with an increased body, width and length of the rear horn of the lateral ventricle in males, increasing of the length of the lower horn of the lateral ventricle on the right side both in male and female, increasing of the anteroposterior size of the left lateral ventricle in men were observed.

It can be assumed that this age structural reorganization of the brain is caused by persistent metabolic changes that occur in the brain during the «aging».

**Conclusions.** Thus, there is a reason to believe that the presented intravital morphometric characteristic of the human brain of elderly persons and the identified on this basis criteria of age brain reorganization may be of great interest to experts in the field of age anatomy, neurophysiology and neurosurgery, and for specialists of MRI-diagnostic can be an anatomical standard of the ventricular system of the brain.

*Keywords: the ventricular system, elderly persons, MRI, males, females, morphometry*

Рекомендує до друку

Надійшла 21.01.2016

В. В. Грубінко

УДК (581.8+581.19)(58.036:582.26)

<sup>1</sup>І. М. НЕЗБРИЦЬКА, <sup>1</sup>А. В. КУРЕЙШЕВИЧ, <sup>2</sup>О. В. ВАСИЛЕНКО, <sup>2</sup>О. І. БОДНАР

<sup>1</sup>Інститут гідробіології НАН України  
пр-т. Героїв Сталінграду, 12, Київ, 04210

<sup>2</sup>Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка  
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

## **ЗМІНИ ДЕЯКИХ ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ У ПРЕДСТАВНИКІВ CHLOROPHYTA ТА CYANOPROKARYOTA ЗА РІЗНИХ ТЕМПЕРАТУР**

Досліджено зміни сухої маси, концентрації хлорофілу *a*, активності сукцинатдегідрогенази (СДГ) та цитохромоксидази у деяких видів Chlorophyta (*Desmodesmus communis*, *Tetraedron caudatum*) та Cyanoprokaryota (*Aphanocapsa planctonica*, *Phormidium autumnale f. uncinata*) за різних температурних режимів – 20, 26, 32 °С. Максимальна величина сухої маси *D. communis* і *T. caudatum* відзначалася за температури 20 °С, а *Aph. planctonica* – 32 °С. За температурних умов, які виходять за межі оптимальних для росту досліджуваних видів водоростей та ціанопрокаріот, вміст хлорофілу *a* у їх сухій масі знижувався. У зелених водоростей за досліджуваних температур суттєвих змін у функціонуванні СДГ не відбувалося. Натомість, у ціанопрокаріот з виходом культур на стаціонарну фазу росту за найвищої температури спостерігалося повне інгібування активності СДГ. Зміни показників активності цитохромоксидази за досліджуваних температурних режимів у представників Chlorophyta та Cyanoprokaryota мали подібний характер і залежали не лише від температури, але і фази росту культур.

*Ключові слова: температура, Chlorophyta, Cyanoprokaryota, суха маса, хлорофіл a, сукцинатдегідрогеназа, цитохромоксидаза*

Температура води є одним із найважливіших екологічних чинників середовища, який впливає на всі без винятку компоненти гідробіоценозу. Навіть незначні коливання температури (в бік зниження чи підвищення) призводять до зміни швидкості метаболічних реакцій та загальної інтенсивності обміну у гідробіонтів [8, 9].

Як відомо, провідна роль у функціонуванні прісноводних екосистем належить мікродоростям, за рахунок фотосинтезу яких створюється фонд органічної речовини, що становить енергетичну основу для всіх наступних етапів продукційного процесу у водоймі [7]. Водоростям властивий широкий діапазон температурної стійкості [9]. Вони здатні існувати в крайніх температурних умовах – як у гарячих джерелах, температура яких близька до точки кипіння води, так і на поверхні льоду та снігу, де температура коливається близько 0 °С [3]. У зв'язку з глобальними кліматичними змінами і, в першу чергу, підвищенням літніх температур, істотний інтерес представляє з'ясування особливостей функціонування мікродоростей в умовах високих температур.

Метою нашої роботи було вивчити динаміку деяких фізіолого-біохімічних показників (суха маса, концентрація хлорофілу *a*, активність ключових ферментів дихального метаболізму – сукцинатдегідрогенази та цитохромоксидази) у представників Chlorophyta та Cyanoprokaryota за різних температурних умов вирощування.

### Матеріал і методи досліджень

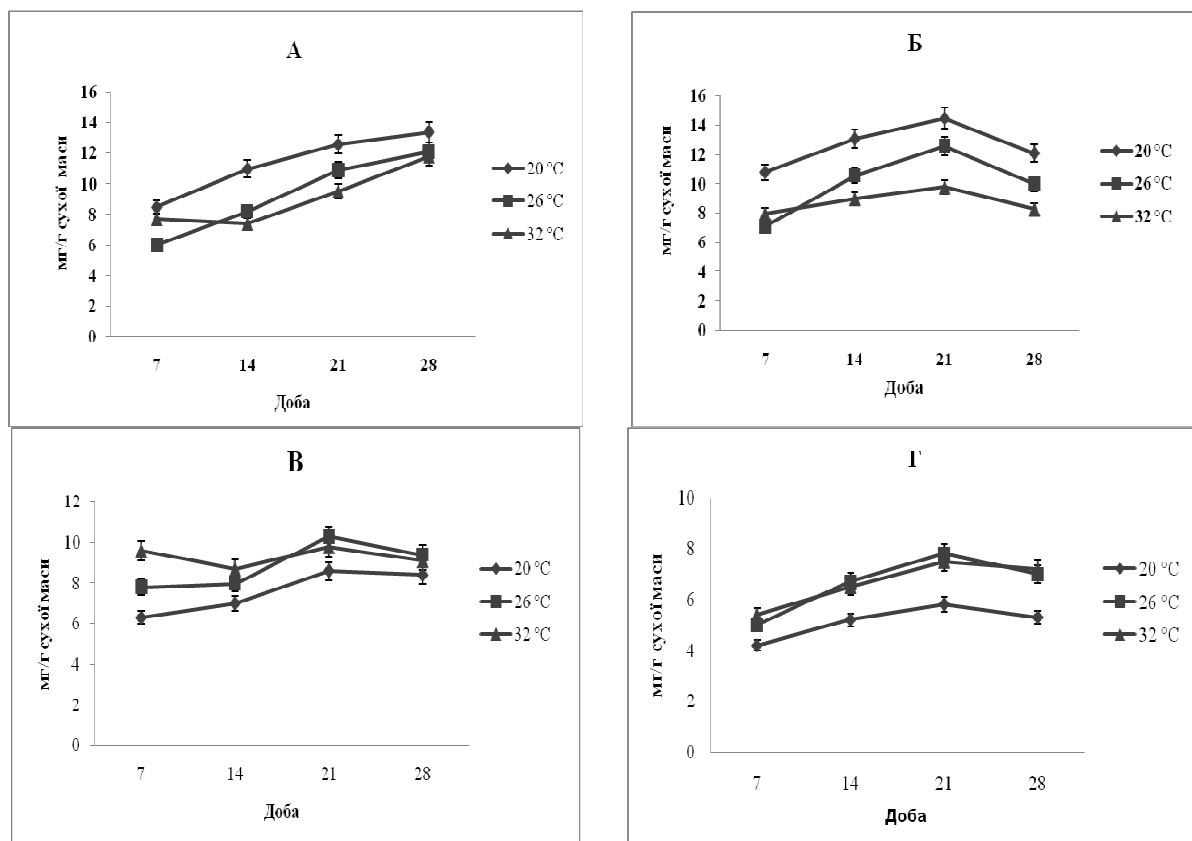
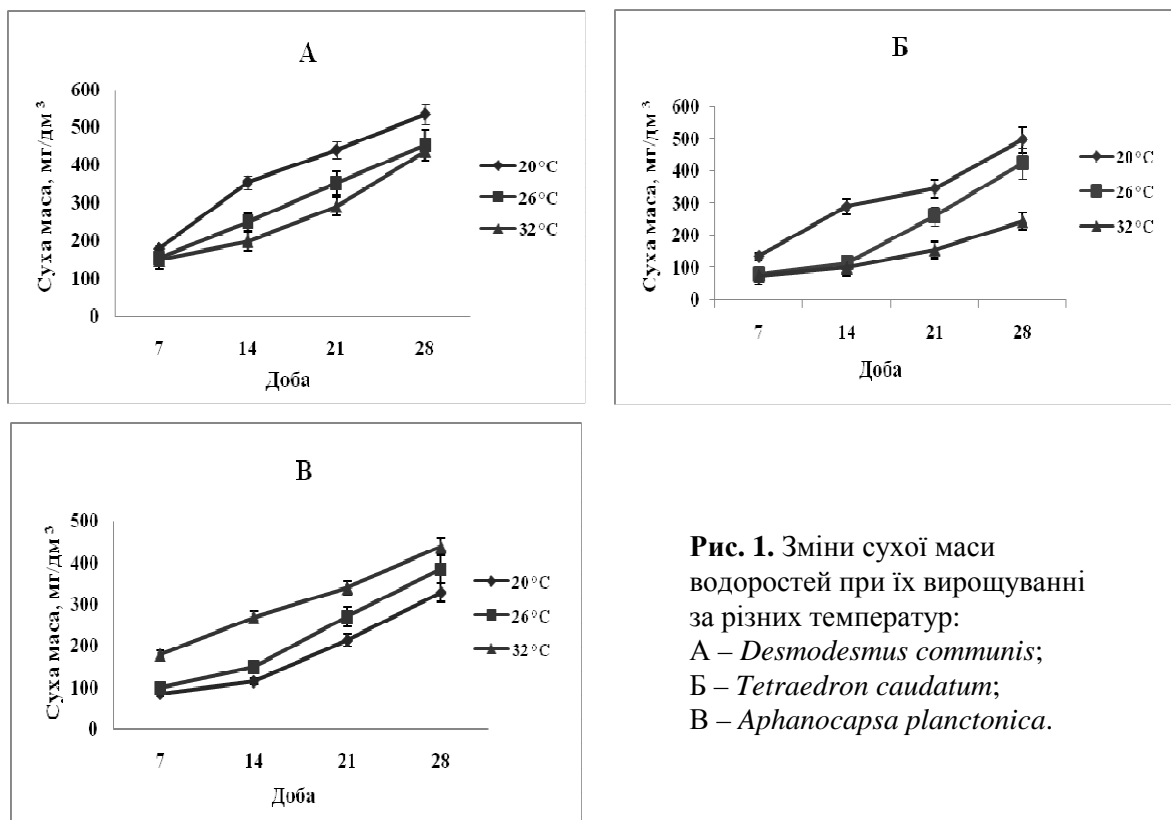
У дослідах використовували культури деяких поширених у водоймах України видів Chlorophyta (*Desmodesmus communis* (E. Hegew.) E. Hegew. HPDP-109; *Tetraedron caudatum* (Corda) Hansg. IBASU-A 277) та Cyanoprokaryota (*Aphanocapsa planctonica* (G.M. Sm.) Komárek et Anagn. (= *Microcystis pulverea* (Wood) Forti emend. Elenkin HPDP-30; *Phormidium autumnale* (C. Agardh) Gomont f. *uncinata* (C. Agardh) N.V. Kondrat. HPDP-36). Водорості вирощували у термостаті на середовищі Фітцджеральда №11 в модифікації Цендера і Горхема [5] за освітленості 3000 лк в різних температурних умовах: 20, 26 та 32 °С (з точністю ±0,5 °С). Тривалість вирощування становила 28 діб. Вміст фотосинтетичних пігментів у досліджуваних водоростей визначали екстрактним спектрофотометричним, суху масу – ваговим методами [5]. Активність сукцинатдегідрогенази встановлювали фероціанатним методом [6]. Активність цитохромоксидази оцінювали відповідно до методики [15]. Вміст білків у біомасі водоростей визначали за методом Лоурі [12].

### Результати досліджень та їх обговорення

**1. Динаміка сухої маси водоростей за різних температур.** Згідно з одержаними експериментальними даними, найвища біомаса (за показниками сухої ваги) культур *D. communis* та *T. caudatum* відзначалася за температури 20 °С (рис. 1А та 1Б). Встановлено, що у відповідь на зміну температури культивування з 20 °С до 26 °С та 32 °С ріст обох видів Chlorophyta пригнічувався, особливо *T. caudatum*. За температури 26 °С величина сухої маси цієї мікродорості була нижчою у 1,3-2,5 рази порівняно із зареєстрованою при 20 °С, тоді як за 32 °С – у 1,8-2,9 рази щодо відповідних показників. Натомість, біомаса *D. communis* за температур 26 °С та 32 °С була меншою, ніж при 20 °С лише у 1,2-1,4 та 1,3-1,8 рази відповідно.

Щодо ціанопркаріоти *Aph. planctonica*, то максимальне накопичення її біомаси спостерігалось за 26 °С та 32 °С, а не 20 °С, як у зелених водоростей (рис. 1В). Показано, що в умовах впливу температури 26 °С, порівняно з 20 °С, суха маса *Aph. planctonica* збільшилася у 1,2-1,3 рази. Водночас при 32 °С цей показник був вищим, ніж при 20 °С у 1,3-2,3 рази.

**2. Концентрація хлорофілу *a* у біомасі представників Chlorophyta та Cyanoprokaryota за різних температур.** Встановлено, що динаміка вмісту хлорофілу *a* у зелених водоростей за досліджуваних температур (20, 26 та 32 °С), загалом, відповідає змінам сухої маси. Згідно з одержаними даними, максимальна концентрація відносного вмісту хлорофілу *a* у *D. communis* та *T. caudatum* спостерігалася за температури 20 °С (рис. 2А, 2Б). Це свідчить про те, що функціональна активність фотосинтетичного апарату водоростей за впливу вказаного температурного режиму культурального середовища, порівняно з іншими досліджуваними (26 та 32 °С), була найвищою.



У *D. communis* за температури 26 °С вміст хлорофілу *a* протягом усього періоду досліджень був нижчим у 1,2-1,4 рази, ніж при 20 °С. За температури 32 °С концентрація цього пігменту в біомасі мікроводорості була ще меншою (у 1,3-1,6 рази порівняно із 20 °С).

У *T. caudatum* за температури 26 та 32 °С, протягом усього періоду досліджень, вміст хлорофілу *a* (в розрахунку на суху масу водорості) був меншим ніж при 20 °С у 1,2-1,6 та 1,4-1,8 рази відповідно. Відмічене зниження вмісту хлорофілу *a* у зелених водоростей за впливу підвищених температур може свідчити з одного боку про пригнічення біосинтезу цього пігменту, а з іншого – про прискорення його розпаду.

Встановлено, що у ціанопрокаріот *Aph. planctonica* та *Ph. autumnale* f. *uncinata* спостерігалася протилежна тенденція змін концентрації хлорофілу *a* за досліджуваних температурних режимів, ніж у *D. communis* та *T. caudatum* (див. рис. 2В та 2Г). При 26 °С та 32 °С, порівняно з 20 °С, у біомасі обох представників Суанопрокаруота простежувалося збільшення вмісту основного фотосинтетичного пігменту. Так, у *Aph. planctonica* за 20 °С концентрація хлорофілу *a* була меншою, ніж за 26 та 32 °С у 1,1-1,3 та 1,2-1,5 рази відповідно, а у *Ph. autumnale* f. *uncinata* – у 1,2-1,4 та 1,3-1,4 рази відповідно. Це свідчить про те, що температура 20 °С найменш сприятлива для синтезу хлорофілу *a* у клітинах ціанопрокаріот.

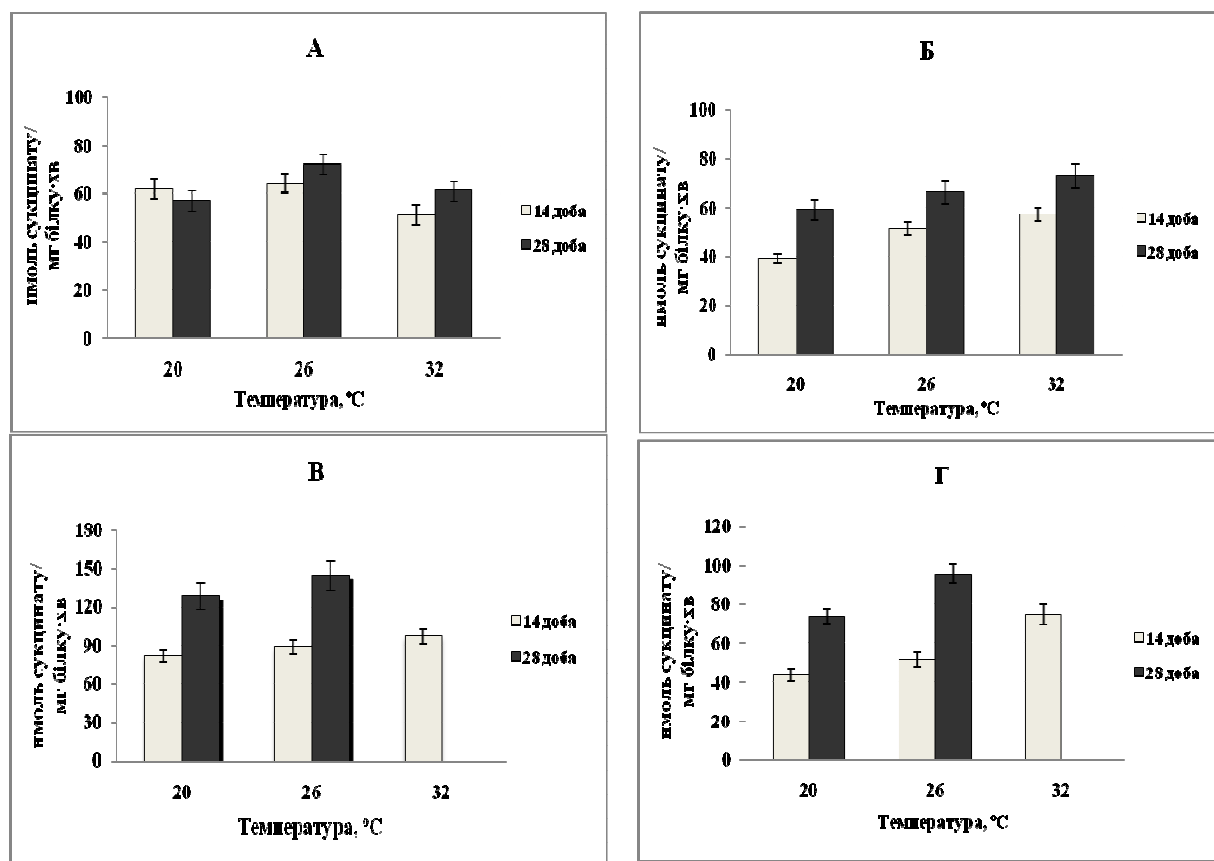
**3. Активність сукцинатдегідрогенази мікроводоростей за різних температур.** Сукцинатдегідрогеназа - один з ключових регуляторних ферментів циклу Кребса, що каталізує оборотну реакцію окиснення бурштинової кислоти до фумарової. В процесі протікання даної реакції утворюється ФАДН<sub>2</sub>, який може використовуватися як джерело енергії для різних процесів. СДГ – компонент не тільки циклу Кребса, але і електронного транспортного ланцюга мітохондрій, тому його регуляція пов'язана з функціонуванням відразу двох ключових процесів [10].

Згідно з одержаними результатами, на 14-у добу культивування *D. communis* за температури 26 °С величина активності СДГ у мікроводорості була практично на рівні зі значеннями цього показника, що відмічалися при 20 °С. Водночас, на 28-у добу за вищої із досліджуваних температур спостерігалася збільшення реакційної здатності ферменту майже на 30 %. Зростання активності СДГ свідчить про активацію сукцинатдегідрогеназної ланки дихального ланцюга, яка відіграє важливу роль в компенсаторному пристосуванні окислювального обміну до несприятливих умов [2, 4].

За температури 32 °С, порівняно з 20 та 26 °С, на експоненціальній фазі росту культури *D. communis* активність СДГ була нижчою. На стаціонарній фазі її росту рівень активності ферменту наближався до зареєстрованого при 20 °С.

Дещо інша картина функціонування СДГ за досліджуваних температур спостерігалася у *T. caudatum*. Проведені експерименти показали, що при 26 °С, порівняно з 20 °С, значення активності ферменту водорості були більшими протягом усього періоду її культивування (рис. 3Б). Встановлено, що за максимальної із досліджуваних температур (32 °С) у *T. caudatum* реакційна здатність СДГ була вищою, як відносно даних, що реєструвалися за 20 °С, так і 26 °С. Підвищення ферментативної активності СДГ свідчить про інтенсифікацію функціонування циклу Кребса, що, очевидно, пов'язано із зростанням енергетичних затрат на підтримання гомеостазу клітин.

Слід відмітити, що величини показників реакційної здатності СДГ у обох зелених водоростей суттєво не відрізнялися за досліджуваних нами температур.



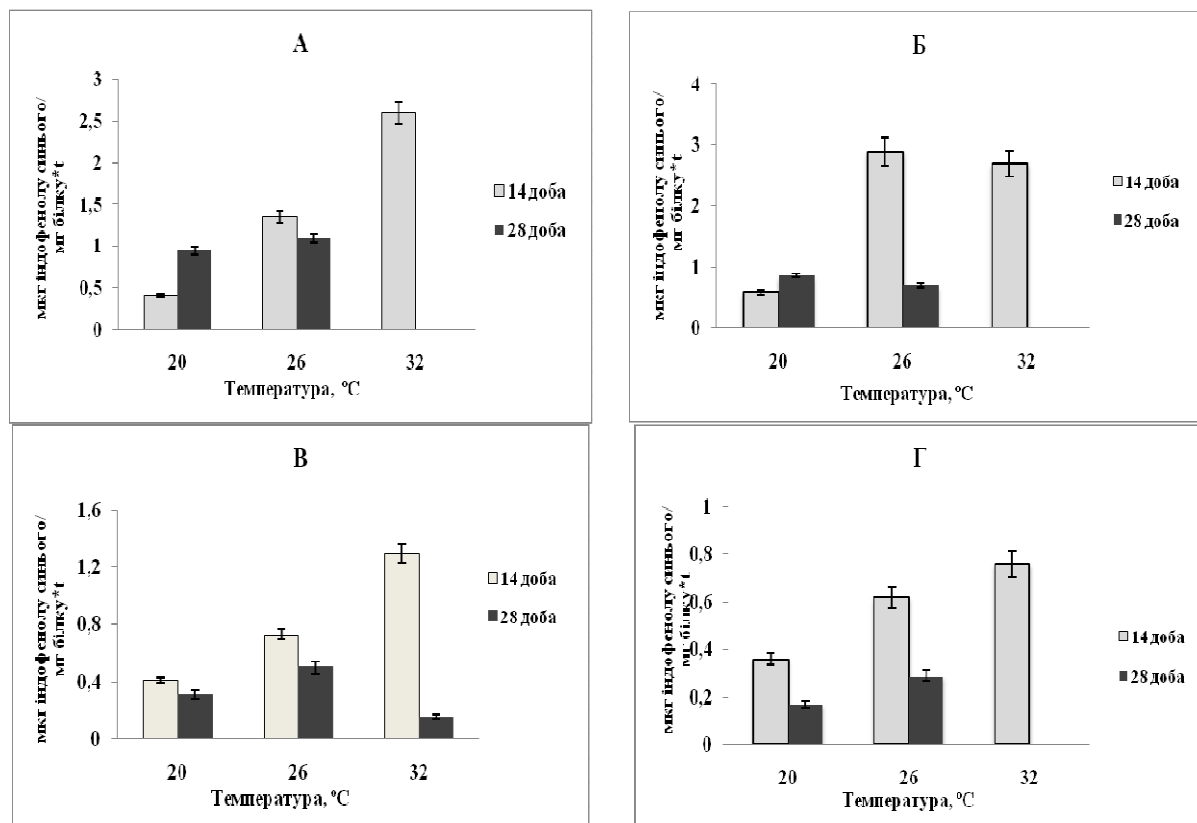
**Рис. 3.** Зміни активності сукцинатдегідрогенази у представників Chlorophyta (*Desmodesmus communis* – А; *Tetraedron caudatum* – Б) та Cyanoprokaryota (*Aphanocapsa planctonica* – В; *Phormidium autumnale f. uncinata* – Г) за різних температур.

Реакція-відгук обох видів Cyanoprokaryota на вплив різних температур (20, 26 та 32 °C) за зміною активності СДГ була подібною (рис. 3В, 3Г). Встановлено, що у *Aph. planctonica* та *Ph. autumnale f. uncinata* при температурі 20 °C реакційна здатність ферменту була дещо нижчою, ніж при 26 °C, що свідчить про пригнічення окиснення сукцинату. Так, на 14-у добу росту культури *Aph. planctonica* за мінімальної із досліджуваних температур величина активності СДГ була меншою на 10 %, а на 28-у добу – на 13 % щодо значень, що відмічалися за 26 °C. Водночас у *Ph. autumnale f. uncinata* на 14-у та 28-у добу культивування за температури 20 °C, порівняно з 26 °C, реакційна здатність СДГ була нижчою відповідно на 18 та 30 %. Принагідно зазначити, що це узгоджується з результатами наших досліджень щодо найнижчих показників сухої маси та відносного вмісту хлорофілу *a* у ціанопрокаріот за даного температурного режиму культурального середовища.

Згідно з одержаними результатами, в умовах 32 °C у культури *Aph. planctonica* на різних фазах росту зміни активності СДГ були неоднозначними. Якщо на експоненціальній фазі росту за цієї температури, порівняно із іншими досліджуваними, відмічалось зростання реакційної здатності ферменту, то на стаціонарній фазі – різке її зниження. Для культури *Ph. autumnale f. uncinata* встановлено таку ж саму закономірність. Різке падіння активності СДГ на стаціонарній фазі росту ціанопрокаріот, ймовірно, обумовлено змінами в їх енергетичному метаболізмі, в ході яких має місце активація анаеробної гілки енергозабезпечення та пригнічення дихання.

**4. Активність цитохромоксидази мікрободоростей за різних температур.** Цитохромоксидаза (ЦХО) – ключовий фермент клітинного дихання усіх еукаріот та багатьох прокаріот, що каталізує чотирьохелектронне відновлення молекулярного кисню до води [14]. Одержані результати показали, що при зміні температури вирощування з 20 до 26 °C

функціональна активність ЦХО у *D. communis* зросла (рис. 4А). На 14-у добу росту культури за температури 26 °С значення цього показника були більшими у 3,2 рази, ніж при 20 °С, а на 28-у добу – у 1,2 рази. Активування ЦХО за вищої із досліджуваних температур свідчить про інтенсифікацію дихання у мікроводорості. Проте, варто зауважити, що вміст хлорофілу *a* у *D. communis* за 26 °С, порівняно з 20 °С, навпаки, зменшувався. Вважають, що при зниженні функціональної активності фотосинтетичного апарату домінуюче значення за несприятливих умов має метаболічна трансформація різних ланок дихального обміну [1].



**Рис. 4.** Зміни активності цитохромоксидази у представників Chlorophyta (*Desmodesmus communis* – А; *Tetraedron caudatum* – Б) та Cyanoprokaryota (*Aphanocapsa planctonica* – В; *Phormidium autumnale f. uncinata* – Г) за різних температур.

За температури 32 °С у *D. communis* на експоненціальній фазі росту активність ЦХО була помітно вищою, ніж при 20 та 26 °С, а на стаціонарній фазі, навпаки, – нижчою і практично повністю пригнічувалася. Це вказує на те, що за температурних умов, які виходять за межі оптимальних для росту водоростей, відбувається порушення функціонування дихального ланцюга.

Згідно з одержаними даними, у *T. caudatum* при 26 °С, порівняно з 20 °С, на 14-добу величина досліджуваного показника була більшою у 5 разів, проте надалі (на 28-у добу) вона зменшилася у 1,2 рази (див. рис. 4Б). За впливу температури 32 °С у *T. caudatum* динаміка функціонування ЦХО була аналогічною, як у *D. communis*. На експоненціальній фазі росту культури за цієї температури активність ферменту була вищою у 4,6 рази, ніж при 20 °С, тоді як на стаціонарній фазі вона повністю інгібувалася. Однак, як засвідчують результати наших досліджень, сукцинатдегідрогеназа при цьому зберігала високу активність (див. рис. 3Б).

У ряді робіт показано, що за дії стресових температур у рослин відбувається інгібування основного (цитохромного) шляху транспорту електронів і активація альтернативного, пов'язаного із функціонуванням альтернативної оксидази [11, 13, 16]. Блокування (або інгібування) транспорту електронів по цитохромному ланцюгу призводить до інгібування циклу Кребса та активації гліколізу. Альтернативна оксидаза дає можливість продовжувати

функціонувати циклу трикарбонових кислот в умовах, коли цитохромний шлях блокується або обмежується наявністю АДФ [17]. Саме з індукцією альтернативної оксидази, на нашу думку, пов'язане збереження високої активності СДГ у водоростей.

У представників *Synechococcus* за мінімальної температури упродовж усього періоду досліджень простежувалося зменшення активності ЦХО (рис. 4В та 4Г). У *Aph. planctonica* за температури 20 °С, порівняно з 26 °С, реакційна здатність ферменту була нижчою у 1,7-1,9 рази, а у *Ph. autumnale* f. *uncinata* – у 1,7 рази. Слід відмітити, що реакційна здатність СДГ за цих температурних умов була також меншою. Відмічений факт свідчить про уповільнення функціонування дихального ланцюга та циклу Кребса у ціанопрокаріот за найнижчої із досліджуваних температур.

За максимальної температури на 14-у добу культивування у *Aph. planctonica* рівень активності ферменту був вищим, ніж за 20 °С та 26 °С, відповідно, у 3,2 та 1,8 рази, а у *Ph. autumnale* f. *uncinata* – у 2,1 та 1,2 рази, відповідно. На 28-у добу у обох ціанопрокаріот за 32 °С відбувалося інгібування реакційної здатності ЦХО. Це узгоджується з одержаними нами даними щодо змін активності СДГ. Повне інгібування активності ЦХО та СДГ свідчить про пригнічення аеробного дихання. Процеси енергозабезпечення у *Aph. planctonica* та *Ph. autumnale* f. *uncinata* за цих умов відбуваються, очевидно, анаеробним шляхом.

### Висновки

Максимальні величини сухої маси зелених водоростей *D. communis* та *T. caudatum* спостерігалися за температури 20 °С, а мінімальні – 32 °С. Натомість найбільша суха маса ціанопрокаріоти *Aph. planctonica* відзначалася за температури 32 °С, а найменша – при 20 °С.

При підвищенні температури вирощування з 20 °С до 26 °С та 32 °С концентрація основного фотосинтетичного пігменту – хлорофілу *a* у *D. communis* та *T. caudatum* знизилася, а у *Aph. planctonica* та *Ph. autumnale* f. *uncinata*, навпаки, збільшилася. Отже, за температурних умов, які виходять за межі оптимальних для росту водоростей вміст хлорофілу *a* у їх сухій масі знижується. Цей факт важливо враховувати при оцінці біомаси фітопланктону за показниками хлорофілу *a* в практиці гідробіологічних досліджень.

У обох зелених водоростей за температурних режимів 20 °С, 26 °С та 32 °С значних відмінностей у активності СДГ не спостерігалось, що свідчить про відсутність суттєвих змін у функціонуванні циклу трикарбонових кислот. Динаміка показників активності цитохромоксидази за температур 26 та 32 °С, порівняно з 20 °С, у *D. communis* та *T. caudatum* носила фазний характер: якщо на експоненціальній фазі росту культур реакційна здатність ферменту стрімко зростала, то з переходом на стаціонарну фазу росту – або практично не змінилася (при 26 °С), або повністю інгібувалася (при 32 °С).

У представників *Synechococcus* за мінімальної температури (20 °С) показники активності сукцинатдегідрогенази та цитохромоксидази були меншими, ніж за 26 °С. Разом з тим за максимальної температури (32 °С), порівняно з іншими досліджуваними, на 14-у добу росту культур реакційна здатність обох ферментів значно зросла, а на 28-у добу – знизилася, що може свідчити про перебудови в дихальному метаболізмі *Aph. planctonica* та *Ph. autumnale* f. *uncinata* за даних температурних умов.

1. Астафурова Т. П. Взаимосвязь фотосинтеза и дыхания при адаптации растений к условиям гипобарической гипоксии: автореф. дис. на соискание ученой степени докт. биол. наук: спец. 03.00.12 «физиология растений» / Т. П. Астафурова. — С.-Петербург, 1997. — 42 с.
2. Боднар О. І. Адаптивні властивості водоростей за дії іонів металів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.17 «гідробіологія» / О. І. Боднар. — Київ, 2009. — 23 с.
3. Водоросли: Справочник / [под ред. С. П. Вассера]. — Киев: Наук. думка, 1989. — 605 с.
4. Кондрашова М. Н. Взаимодействие процессов переаминирования и окисления карбоновых кислот при разных функциональных состояниях ткани / Н. М. Кондрашова // Биохимия. — 1991. — Т. 56, № 3. — С. 388—404.
5. Методы биохимических исследований: Учеб. пособ. / [под ред. М. И. Прохоровой]. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. — 273 с.
6. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике / [под ред. А. В. Топачевского]. — К.: Наук. думка, 1975. — 247 с.

7. Мухутдинов В. Ф. Продуктивность фитопланктона и гидрохимический режим Юмагузинского водохранилища (р. Белая, Башкортостан) в первые годы его существования: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук: спец. 03.02.10 «гидробиология» / В. Ф. Мухутдинов. — Борок, 2013. — 21 с.
8. Незбрицкая И. Н. Механизмы резистентности водорослей к высоким температурам (обзор) / И. Н. Незбрицкая, А. В. Курейшевич // Гидробиологический журнал. — 2013. — Т. 49, № 6. — С. 37—55.
9. Сафиуллина Л. М. Устойчивость почвенной водоросли *Eustigmatos magnus* (В. Petersen) Hibberd (Eustigmatophyta) к действию высоких температур / Л. М. Сафиуллина // Известия Самарского научного центра РАН. — 2011. — Т. 13, № 5 (2). — С. 212—215.
10. Федорин Д. Н. Световая регуляция функционирования сукцинатдегидрогеназы в листьях растений: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук: спец. 03.00.12 «физиология и биохимия растений» / Д. Н. Федорин. — Воронеж, 2007. — 24 с.
11. Borovik O. A. The relationships among an activity of the alternative pathway respiratory flux, a content of carbohydrates and a frost-resistance of winter wheat / [O. A. Borovik, O. I. Grabelnych, N. A. Koroleva et al.] // J. of Stress Physiol. & Biochem. — 2013. — Vol. 9, N 4. — P. 241—250.
12. Protein measurement with the Folin-Phenol reagent / [O. H. Lowry, N. I. Rosenbroug, A. L. Farr, R. I. Randall] // J. Biol. Chem. — 1951. — Vol. 193, N 1. — P. 265—275.
13. Searle S Y. Respiratory alternative oxidase responds to both low- and high-temperature stress in *Quercus rubra* leaves along an urban-rural gradient in New York / [S. Y. Searle, D. S. Bitterman, S. Thomas et. al.] // Functional Ecology. — 2011. — Vol. 25, N 5. — P. 1007—1017.
14. Soulimane T. Structure and mechanism of the aberrant ba3-cytochrome c oxidase from *Thermus thermophilus* / [T. Soulimane, G. Buse, G. P. Bourenkov et al.] // EMBO J. — 2000. — Vol. 19, N 8. — P. 1766—1776.
15. Straus W. Colometric microdetermination of cytochrome c oxidase / W. Straus // J. Biol. Chem. — 1954. — Vol. 207, N 2. — P. 733.
16. Vanlerberghe G. C. Alternative oxidase: a mitochondrial respiratory pathway to maintain metabolic and signaling homeostasis during abiotic and biotic stress in plants / G. C. Vanlerberghe // Int. J. Mol. Sci. — 2013. — Vol. 14, N 4. — P. 6805—6847.
17. Wagner A. M. Structure and function of the plant alternative oxidase: its putative role in the oxygen defence mechanism / A. M. Wagner, A. L. Moore // Biosci. Rep. — 1997. — Vol. 17, N 3. — P. 319—333.

И. Н. Незбрицкая, А. В. Курейшевич, О. В. Василенко, О. И. Боднар

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка

#### ИЗМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ CHLOROPHYTA И CYANOPROKARYOTA ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Исследованы изменения сухой массы, концентрации хлорофилла *a*, активности сукцинатдегидрогеназы (СДГ) и цитохромоксидазы в некоторых видов Chlorophyta (*Desmodesmus communis*, *Tetraedron caudatum*) и Cyanoprokaryota (*Aphanocapsa planctonica*, *Phormidium autumnale* f. *uncinata*) при разных температурных режимах - 20, 26, 32 °С. Максимальная величина сухой массы *D. communis* и *T. caudatum* отмечалась при температуре 20 °С, а *Aph. planctonica* - 32 °С. При температурных условиях, которые выходят за пределы оптимальных для роста исследуемых видов водорослей и цианопрокариот, содержание хлорофилла *a* в их сухой массе снижалось. В зеленых водорослей при исследуемых температурных условий выращивания существенных изменений в функционировании СДГ не происходило. Зато в цианопрокариот с выходом культур на стационарную фазу роста при высокой температуре наблюдалось полное ингибирование активности СДГ. Изменения показателей активности цитохромоксидазы по исследуемых температурных режимов у представителей Chlorophyta и Cyanoprokaryota имели сходный характер и зависели не только от температуры, но и фазы роста культур.

*Ключевые слова:* температура, Chlorophyta, Cyanoprokaryota, сухая масса, хлорофилл *a*, сукцинатдегидрогеназа, цитохромоксидаза



I. N. Nezbryska, A. V. Kureyshevich, O. V. Vasylenko, O. I. Bodnar

Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine, Ukraine

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

CHANGES OF SOME PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDICES OF CHLOROPHYTA AND CYANOPROKARYOTA REPRESENTATIVES AT DIFFERENT TEMPERATURES

Different temperature regime (20, 26, 32 °C) effect on the changes of dry weight, chlorophyll *a* content and key enzymes of respiratory metabolism activity (succinate dehydrogenase and cytochrome oxidase) in some species of Chlorophyta (*Desmodesmus communis*, *Tetraedron caudatum*) and Cyanoprokaryota (*Aphanocapsa planctonica*, *Phormidium autumnale* f. *uncinata*) was investigated.

With the cultivation temperature of green microalgae *Desmodesmus communis* and *Tetraedron caudatum* increasing from 20 °C to 26 °C and 32 °C, the decrease of dry mass is observed that indicates the inhibition of their growth processes. At the same time the increase of dry weight at temperatures of 26 °C and 32 °C as compared with 20 °C in representatives of Cyanoprokaryota *Aphanocapsa planctonica* was noted. This fact indicates that this species of Cyanoprokaryota is more adapted to existence at higher temperatures than the studied species of Chlorophyta.

In response to the cultivation temperature changing from 20 °C to 26 °C and 32 °C the chlorophyll *a* concentration in dry weight of green algae *Desmodesmus communis* and *Tetraedron caudatum* decreased, and of Cyanoprokaryota representatives - *Aphanocapsa planctonica* and *Phormidium autumnale* f. *uncinata*, conversely, increased. Thus, at temperature conditions that are outside of the optimal for algae growth of species Chlorophyta and Cyanoprokaryota investigated the chlorophyll *a* content in their dry mass decreased. It is important to consider this fact when evaluating phytoplankton biomass by chlorophyll *a* indices in the hydrobiological research practice. Chlorophyll *a* content decrease observed in green algae under the influence of elevated temperature may indicate, on the one hand, the inhibition of pigment biosynthesis, and, on the other hand, the acceleration of its destruction.

It has been established that the activity of respiratory metabolism enzymes (succinate dehydrogenase and cytochrome oxidase) depends on the temperature regime of cultivation, the age and culture species. In both green algae at the studied temperatures (20 °C, 26 °C and 32 °C) there were no considerable differences in the succinate dehydrogenase activity that indicates the absence of significant changes in tricarboxylic acid cycle functioning. The dynamics of cytochrome oxidase activity indices under the influence of culture medium temperature of 26 °C and 32 °C as compared with 20 °C in *Desmodesmus communis* and *Tetraedron caudatum* had a phase character: if the reactivity of the enzyme is rapidly increased in the exponential growth phase (the 14<sup>th</sup> day), then with the culture reaching the stationary phase of growth (the 28<sup>th</sup> day) it remained almost unchanged (at 26 °C) or was completely inhibited (at 32 °C). Significant inhibition of the cytochrome oxidase activity under the influence of maximal temperature indicates a violation of the mitochondrial respiratory chain functioning in representatives of Chlorophyta. The saving of the succinate dehydrogenase high activity in these conditions is probably caused by the alternative pathway of electron transport activation, related with the functioning of alternative oxidase.

The indices of succinate dehydrogenase and cytochrome oxidase activity in representatives of Cyanoprokaryota *Aphanocapsa planctonica* and *Phormidium autumnale* f. *uncinata* were smaller at minimal temperature (20 °C) than at the temperature of 26 °C. This is consistent with the results of our research concerning the lowest dry weight and chlorophyll *a* content in representatives of Cyanoprokaryota at the specified temperature regime of culture medium and it indicates a slowdown of their metabolism.

In conditions of the maximal temperature effect (32 °C) compared with the other investigated on the exponential growth phase of cultures *Aphanocapsa planctonica* and *Phormidium autumnale* f. *uncinata* the reactivity of the both enzymes significantly increased while with culture reaching the stationary phase of growth the reactivity, in contrast, decreased. Cytochrome oxidase and succinate dehydrogenase activities significant decrease with Cyanoprokaryota cultures aging at 32 °C indicates the inhibition of aerobic respiration in them. Obviously the processes of energy supply in

*Aphanocapsa planctonica* and *Phormidium autumnale* f. *uncinata* occur anaerobically under these conditions.

*Keywords:* temperature, Chlorophyta, Cyanoprokaryota, chlorophyll a, succinate dehydrogenase, cytochrome oxidase

Рекомендує до друку

Надійшла 20.01.2016

О. Б. Столяр

УДК 597.551.2+597.552.1:577.152.2:546.723

О. О. РАБЧЕНЮК, В. Я. БИЯК, В. О. ХОМЕНЧУК, В. З. КУРАНТ

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка  
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

## **АКТИВНІСТЬ ТРАНСАМІНАЗ В ОРГАНІЗМІ ПРІСНОВОДНИХ РИБ ЗА ДІЇ ЙОНІВ ЗАЛІЗА**

Стаття присвячена вивченню біологічних закономірностей адаптації риб до дії металів. Досліджено вплив підвищених концентрацій (2 і 5 ГДК) йонів заліза у водному середовищі на активність трансаміназ (аланінамінотрансфераза і аспартатамінотрансфераза) в печінці та сироватці крові коропа *Cyprinus carpio* L. і щуки *Esox Lucius* L.

Показано, що підвищені концентрації йонів заліза в значній мірі модулюють функціональну активність амінотрансфераз в тканинах досліджуваних видів риб. Високий рівень досліджуваного металу у воді призводить до порушення процесів переамінування в організмі риб.

*Ключові слова:* трансамінази, прісноводні риби, печінка, сироватка крові, йони заліза

У процесах метаболізму амінокислот важливу роль відіграють амінотрансферази, ферменти, які беруть участь у процесах біосинтезу і розпаду амінокислот, об'єднанні шляхів вуглеводного, ліпідного та білкового обміну, а також синтезі деяких специфічних сполук, зокрема таких як сечовина та  $\gamma$ -аміномасляна кислота [3].

На певній стадії метаболізму в більшості амінокислот  $\alpha$ -аміногрупа відщеплюється в результаті ферментативної реакції переамінування (трансамінування). При цьому  $\alpha$ -аміногрупа переноситься до  $\alpha$ -вуглецевого атома однієї із трьох кетокислот – пірвіноградної,  $\alpha$ -кетоглутарової або щавелевооцтової, в результаті чого утворюється  $\alpha$ -кетокислота вихідної амінокислоти, а  $\alpha$ -кетокислота перетворюється у відповідну амінокислоту [10].

Реакції переамінування (трансамінування) каталізуються трансаміназами, вони легко оборотні, а їх константи рівноваги близькі до одиниці. Трансамінази широко розповсюджені в тканинах тварин, володіють високою резистентністю до фізичних, хімічних і біологічних впливів, мають високу каталітичну активність. Найбільш активними трансаміназами у людини і тварин, у тому числі й у гідробіонтів, є аланінамінотрансфераза (АлАТ) та аспартатамінотрансфераза (АсАТ). Добре вивчені зазначені ферменти у різних класів хребетних, включно і у риб [6].

Встановлено, що найвищу активність АлАТ і АсАТ проявляють за певної температури і оптимальних значень рН [15]. Оптимум рН для АлАТ і АсАТ зрілих яйцеклітин білого амура лежить в межах 7,5-7,6, а оваріальної рідини від 8,5 до 9,1 [5]. Для АсАТ м'язів та АлАТ печінки коропа оптимальне значення рН =7,5, а для АсАТ печінки виявлено два максимуми активності при рН=6,5 та 8,5 [15]. Окрім температури та величини рН на активність амінотрансфераз впливають деякі низькомолекулярні компоненти, зокрема піридоксаль-5-фосфат – кофермент амінотрансфераз [6]. Регулювати активність амінотрансфераз в яйцеклітинах і зародках риб можна шляхом додавання в інкубаційне середовище деяких