

УДК 57. 083 184. [582. 261. 1 / 2 + 582. 263]: 594. 124

**ПОКАЗНИКИ АНТИОКСИДАНТНОГО СТАТУСУ У КЛІТИНАХ  
ПРЕДСТАВНИКІВ *CHLOROPHYTA*, *BACILLARIOPHYTA*, *CHRYSOPHYTA*  
ЗА РІЗНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ МІДІ В СЕРЕДОВИЩІ**

**О. Семенова, С. Петров**

*Одеський національний університет імені І.І. Мечникова  
вул. Дворянська, 2, Одеса 65026, Україна*

Антиоксидантні системи у *P. lutheri* та *Ch. vulgaris* функціонують значно інтенсивніше, ніж у *D. salina* та *Th. pseudonana*. Наявність сульфату міді в середовищі призводить до активізації каталази та відповідно до зниження вмісту малонового діальдегіду у *P. lutheri* та *Ch. vulgaris*, що свідчить про високі адаптаційні можливості цих організмів. У *D. salina* та *Th. pseudonana* спостерігаються зворотні ефекти, що свідчить про відсутність достатньо ефективних адаптаційних механізмів у цих представників.

*Ключові слова:* водорості, антиоксидантні системи, адаптація, сульфат міді.

Вплив важких металів на водорості є безумовним фактом [2, 3, 6]. Деякі метали є кофакторами відповідних ферментів [4, 5], а у багатьох випадках призводять до суттєвих порушень у клітинах, викликаючи оксидативний стрес [1, 8, 9]. Мідь займає особливе місце серед інших важких металів, тому що, з одного боку, її солі є відомими токсикантами, а з іншого – вона є кофактором у деяких ферментативних системах [4, 5, 7, 10]. Тому метою даної роботи було визначення дії сульфату міді на деякі показники антиоксидантного стану в клітинах представників *Chlorophyta*, *Bacillariophyta*, *Chrysophyta*.

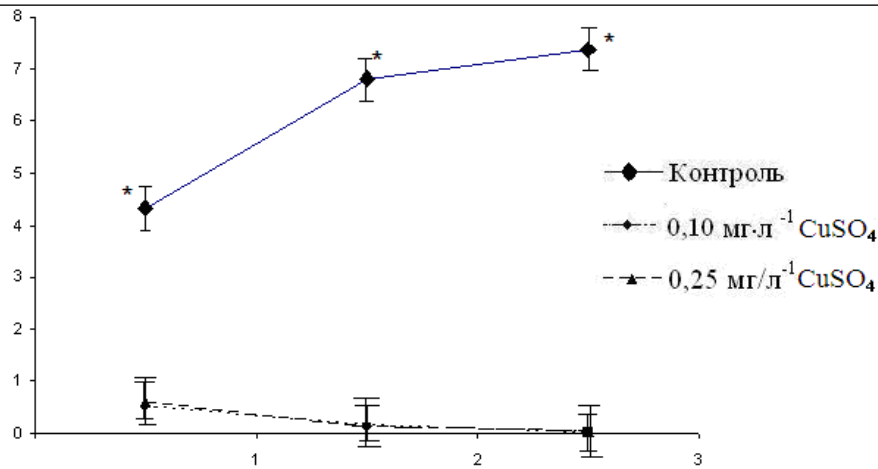
Дослідження проводили на чистих культурах *Dunaliella salina* Teod, *Chlorella vulgaris* Beijer, *Thalassioira pseudonana* (Hustedt) Naise et Heimdal, *Pavlova lutheri* (Droop) Green, які було культивовано в лабораторних умовах у колбах з додаванням таких концентрацій сульфату міді: 0,1 та 0,25 мг · л<sup>-1</sup>.

Як показники антиоксидантної системи клітин було використано рівень перекисного окиснення ліпідів, який оцінювали за утворенням малонового діальдегіду за методом [10]. Також оцінювали активність каталази за методом [7].

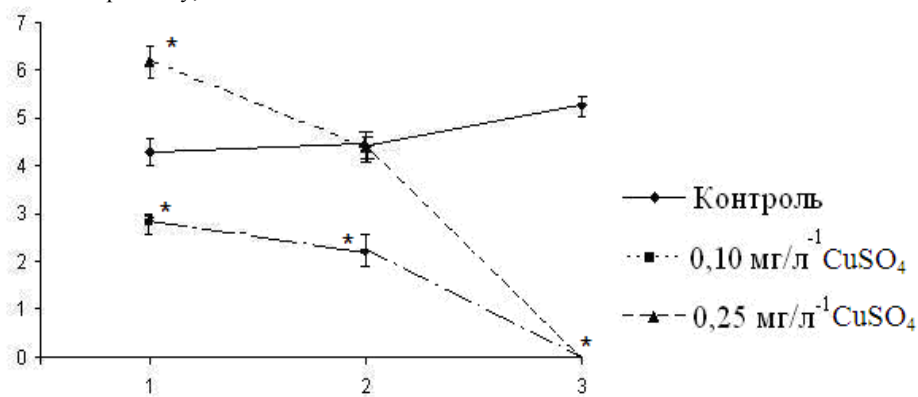
У результаті проведених досліджень (рис. 1–4) встановлено, що всі концентрації сульфату міді упродовж 3–ох діб експерименту знижували активність каталази в клітинах *D. salina* та *Th. pseudonana*. Причому цей ефект у *D. salina* був значно більш виражений, ніж у *Th. pseudonana*. Якщо у *D. salina* всі досліджувані концентрації сульфату міді знижували каталазну активність практично до нуля уже протягом перших 2-х діб експерименту, то у *Th. pseudonana* такий ефект для двох досліджуваних концентрацій спостерігався тільки наприкінці третьої доби.

Зовсім інші результати отримано в дослідах на *P. lutheri* та *Ch. vulgaris*. У клітинах цих водоростей наявність у середовищі сульфату міді призводило до підвищення активності каталази вже на другу добу експерименту. Наприкінці третьої доби експерименту у разі *P. lutheri* зростання активності каталази становило 33–66%, а в експериментах з *Ch. vulgaris* було навіть більш значним – 67–167%.

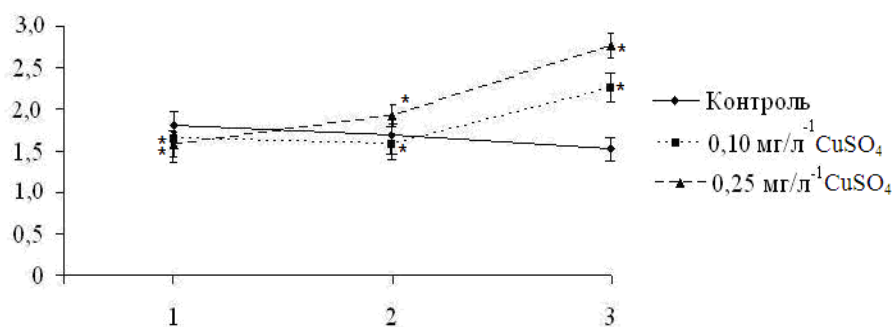
Виходячи з отриманих даних, ми спробували з'ясувати причини різної за спрямуванням реакції каталази на присутність сульфату міді у різних видів водоростей. Для з'ясування цього питання ми вирішили дослідити інший показник антиоксидантної си-

Рис. 1. Активність каталази у клітинах культури водорості *D. salina* за додавання сульфату міді.

**Примітка.** \* – відмінності порівняно з контролем вірогідні за  $p < 0,05$ . По осі ординат – активність каталази, мкмоль пероксиду водню  $\cdot \text{мл}^{-1} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot 10^{-5}$ . По осі абсцис – тривалість експерименту, діб.

Рис. 2. Вплив сульфату міді на активність каталази у клітинах культур водорості *Th. pseudonana*.

**Примітка.** \* – відмінності порівняно з контролем вірогідні за  $p < 0,05$ . По осі ординат – активність каталази, мкмоль пероксиду водню  $\cdot \text{мл}^{-1} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot 10^{-5}$ . По осі абсцис – тривалість експерименту, діб.

Рис. 3. Вплив сульфату міді на активність каталази у клітинах культури водорості *P. lutheri*.

**Примітка.** \* – відмінності порівняно з контролем вірогідні за  $p < 0,05$ . По осі ординат – активність каталази, мкмоль пероксиду водню  $\cdot \text{мл}^{-1} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot 10^{-5}$ . По осі абсцис – тривалість експерименту, діб.

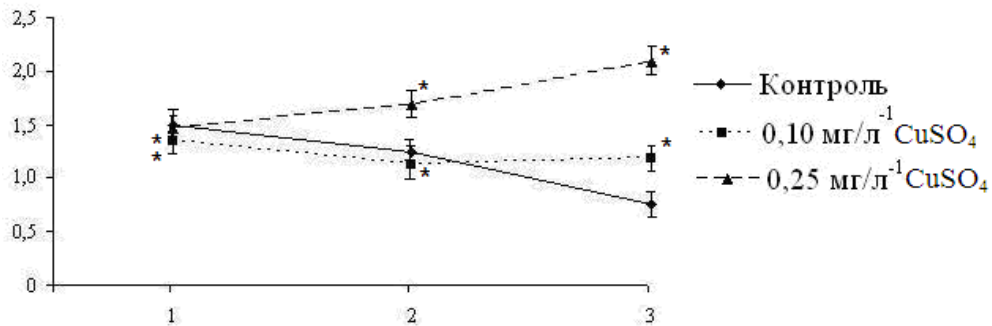


Рис. 4. Вплив сульфату міді на активність каталази у клітинах культури водорості *Ch. vulgaris*.  
**Примітка.** \* – відмінності порівняно з контролем вірогідні за  $p < 0,05$ . По осі ординат – активність каталази,  $\mu\text{моль пероксиду водню} \cdot \text{мл}^{-1} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot 10^{-5}$ . По осі абсцис – тривалість експерименту, діб.

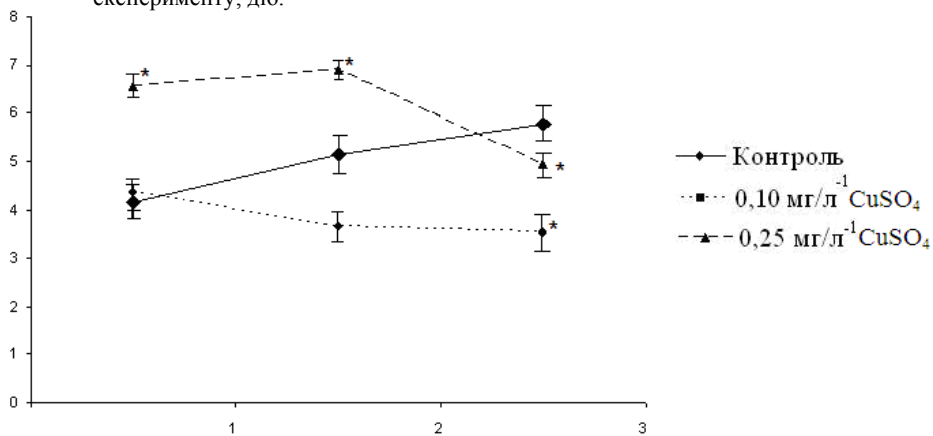


Рис. 5. Вплив сульфату міді на вміст МДА у клітинах культури водорості *D. salina*.

**Примітка.** \* – відмінності порівняно з контролем вірогідні за  $p < 0,05$ . По осі ординат – вміст малонового альдегіду,  $\mu\text{моль} \cdot \text{мл}^{-1} \cdot 10^{-3}$ . По осі абсцис – тривалість експерименту, діб.

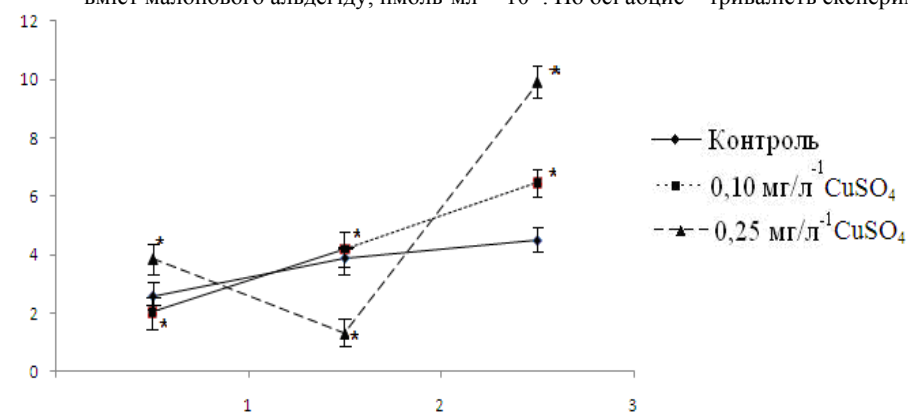


Рис. 6. Вплив сульфату міді на вміст МДА у культурі водорості *Th. pseudonana*.

**Примітка.** \* – відмінності порівняно з контролем вірогідні за  $p < 0,05$ . По осі ординат – вміст малонового альдегіду,  $\mu\text{моль} \cdot \text{мл}^{-1} \cdot 10^{-3}$ . По осі абсцис – тривалість експерименту, діб.

стеми – рівень малонового діальдегіду у клітинах досліджуваних водоростей. Ці дані наведені на рис. 5–8.

Як видно з рис. 5 і 6, рівень малонового діальдегіду у *D. salina* та *Th. pseudonana* істотно збільшувався під впливом сульфату міді упродовж перших двох діб експерименту, тоді як у *P. lutheri* цей показник, навпаки, зменшувався в кілька разів, досягаючи нульових значень упродовж третьої доби. У представників *Ch. vulgaris* аналогічні, але менш істотні зміни спостерігались наприкінці третьої доби експерименту.

Одноклітинні водорості *D. salina* та *Th. pseudonana* можуть слугувати тест-системами для екологічного моніторингу водних екосистем.

Отримані нами дані дають можливість стверджувати, що представники різних систематичних груп одноклітинних водоростей характеризуються різною чутливістю до сульфату міді. Ці відмінності можна пояснити різними причинами.

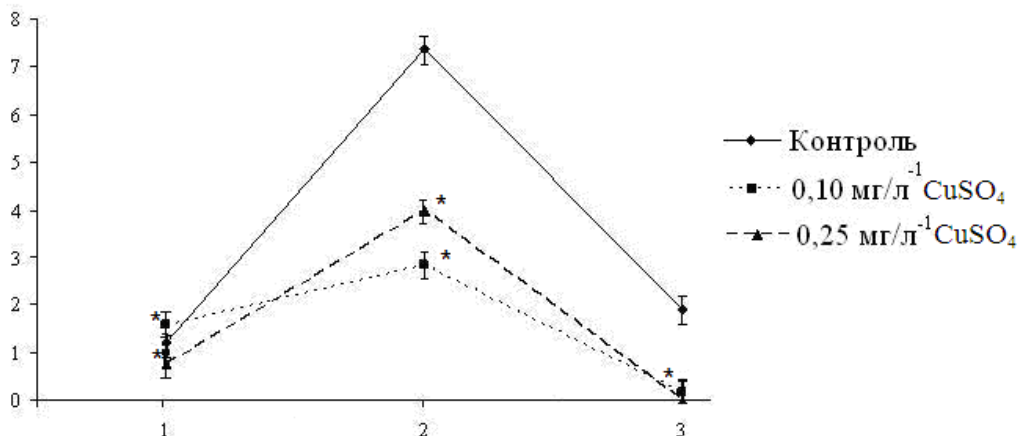


Рис. 7. Вплив сульфату міді на вміст МДА у клітинах культури водорості *P. lutheri*.

**Примітка.** \* – відмінності порівняно з контролем вірогідні за  $p < 0,05$ . По осі ординат – вміст малонового альдегіду,  $\text{нмоль} \cdot \text{мл}^{-1} \cdot 10^3$ . По осі абсцис – тривалість експерименту, діб.

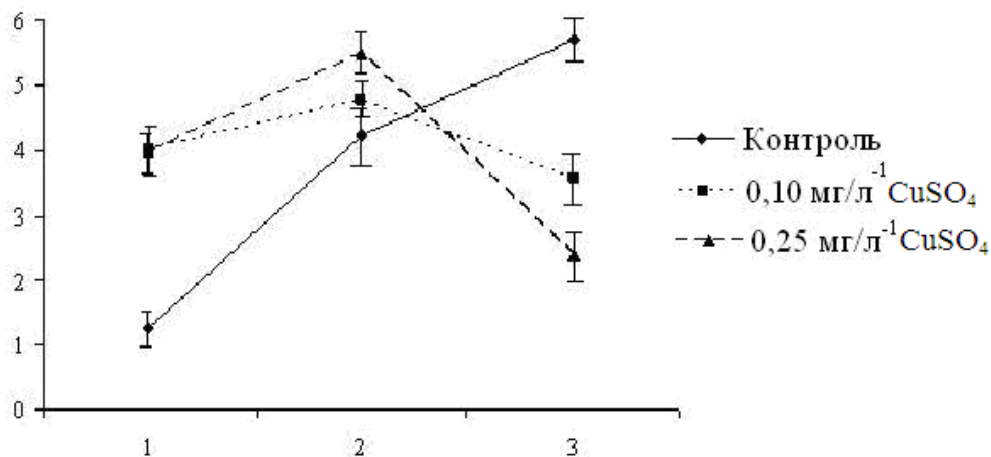


Рис. 8. Вплив сульфату міді на вміст МДА у клітинах культури водорості *Ch. vulgaris*.

**Примітка.** \* – відмінності порівняно з контролем вірогідні за  $p < 0,05$ . По осі ординат – вміст малонового альдегіду,  $\text{нмоль} \cdot \text{мл}^{-1} \cdot 10^3$ . По осі абсцис – тривалість експерименту, діб.

З нашої точки зору, основні фактори, що визначають стійкість одноклітинних водоростей до дії будь-якого токсиканта, у тому числі сульфату міді, зумовлені міцністю ферментів системи захисту від оксидантного стресу.

Оскільки більшість токсичних сполук, які потрапляють в організм, призводять до вираженого тією чи іншою мірою оксидантного стресу, ефективність захисту від нього є вирішальним фактором виживання організму. Важливим показником системи антиоксидантного захисту до іонів міді є каталаза як найпотужніший фермент розщеплення перекисних радикалів серед інших антиоксидантних ферментів. Саме тому її активність може слугувати надійним показником ефективності захисту організму від такого стресу. З іншого боку, рівень малонового діальдегіду в клітинах цілком залежить від інтенсивності патологічних оксидативних процесів. Вивчення цих показників дало нам можливість встановити, що антиоксидантні системи *P. lutheri* та *Ch. vulgaris* є значно більш ефективними, ніж аналогічні системи *D. salina* та *Th. pseudonana*.

*D. salina* та *Th. pseudonana* є дуже чутливими до присутності сульфату міді у воді. Їхні антиоксидантні системи не в змозі впоратися навіть з невеликими концентраціями міді. Про це свідчить різке зниження активності каталази і підвищення вмісту малонового діальдегіду (МДА).

Клітини *P. lutheri* та *Ch. vulgaris* проявляють значно більшу стійкість до присутності міді у воді. Очевидно, їхні антиоксидантні системи працюють значно активніше, ніж у двох попередніх видів, про що свідчить підвищення активності каталази у присутності міді та зниження вмісту МДА за цих умов.

1. Гапочка Л. Д., Ваттах М., Дрожина Т. С и др. Популяционные аспекты адаптации гидробионтов к токсическим воздействиям // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16. 1991. № 4. С. 34–41.
2. Дмитриева Ф. Г., Кожанова О. Н., Дронина Н. Л. О роли металлов в жизни клеток водоростей // Альгология. 1999. Т. 9. № 2. С. 42.
3. Камшилов М. М. Буферность живой системы // Общ. биология. 1973. Т. 34. № 2. С. 174–193.
4. Линник П. Н., Набиванец Б. И., Брагинский Л. П. Формы существования, основные закономерности превращения и биологическая роль соединений тяжелых металлов в природных водах // Водн. ресурсы. 1987. № 5. С. 84–86.
5. Пасичная Е. А. Токсичность меди для гидрофитов: аккумуляция, влияние на фотосинтез, дыхание, пигментную систему (обзор) // Гидробиол. журн. 2001. Т. 37. № 3. С. 903–1007.
6. Физиология растительных организмов и роль металлов / Под ред. М.Н. Чернавской. М.: Мир, 1989. 150 с.
7. Фридович И. Биологическая роль супероксиддисмутазы // Свободные радикалы в биологии. М.: Наука, 1979. С. 300–308.
8. Хомяков Т. В., Догадина Т. В., Комаристая В. П. Действие сублетальных доз ионов меди на культуру *Dunaliella viridis* Teod. (Chlorophyta) // Альгология. 1994. Т. 4. № 4. С. 30–36.
9. Хочачка П., Сомер Дж. Биохимическая адаптация. М.: Мир, 1988. С. 586.
10. Mo S., Choi D. S., Robinson J. W. A study of the up take by duckweed of aluminium, copper and lead from aofucuos solution // Journ. Environ. Sci. a Health. 1988. A. 23. N 2. P. 139–156.

**THE ANTIOXIDATIVE SYSTEM STATUS IN THE CELLS OF *CHLOROPHYTA*,  
*BACILLARIOPHYTA*, *CHRYSTOPHYTA* IN THE PRESENCE OF COPPER  
DIFFERENT CONCENTRATIONS**

**O. Semenova, S. Petrov**

*I. I. Mechnikov National University of Odessa  
2, Dvoryanska St., Odessa 65082, Ukraine*

The antioxidative systems functioning in the cells of *P. lutheri* and *Ch. vulgaris* is more essential, then in the cells of *D. salina* and *Th. pseudonana*. The presence of sulfate of copper in an environment results in activation of catalase and accordingly to diminishing of malondialdehyde at *P. lutheri* and *Ch. vulgaris*, that testifies to high adaptation possibilities of these organisms. The reverse effects are observed in the cells of *D. salina* and *Th. pseudonana*, that testifies to absence of adaptation mechanisms for these representatives.

*Key words:* algae, antioxidative systems, adaptation, sulfate of copper.

**ПОКАЗАТЕЛИ АНТИОКСИДАНТНОГО СТАТУСА КЛЕТОК  
ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ *CHLOROPHYTA*, *BACILLARIOPHYTA*, *CHRYSTOPHYTA*  
ПРИ РАЗНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ МЕДИ В СРЕДЕ**

**О. А. Семенова, С. А. Петров**

*Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова  
ул. Дворянская, 2, Одесса 65026, Украина*

Антиоксидантные системы *P. lutheri* и *Ch. vulgaris* функционируют значительно интенсивнее, чем у *D. salina* и *Th. pseudonana*. Наличие сульфата меди в среде приводит к активизации каталазы, и соответственно, к снижению содержания малонового диальдегида у *P. lutheri* и *Ch. vulgaris*, что свидетельствует о высоких адаптационных возможностях этих организмов. У *D. salina* и *Th. pseudonana* наблюдается обратный эффект, что свидетельствует об отсутствии достаточно эффективных адаптационных механизмов у этих представителей.

*Ключевые слова:* водоросли, антиоксидантные системы, адаптация, сульфат меди.

Стаття надійшла до редколегії 30.03.10  
Надійшла після доопрацювання 04.10.10  
Прийнята до друку 06.10.10