

## ВПЛИВ ЦЕРІЮ НА МОНОКУЛЬТУРУ *MICROCYSTIS AERUGINOSA* (KÜTZING) KÜTZING

Л. ЧЕБАН<sup>1</sup>, Є. ГРУШКІВСЬКИЙ<sup>1</sup>, Н. ЖОЛОБАК<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,  
Кафедра біохімії та біотехнології  
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012  
e-mail: l.cheban@chnu.edu.ua

<sup>2</sup>Інститут мікробіології і вірусології ім.Д.К.Заболотного НАН України  
вул. Академіка Заболотного, 154, м. Київ, 03680

Робота присвячена вивченню впливу церію у вигляді солі та наночасток на культуру грамнегативних токсичних прісноводних ціанобактерій *Microcystis aeruginosa* (Kützinger) Kützinger. *M. aeruginosa* – типовий представник альгофлори помірних широт, здатний продукувати нейро- та гепатотоксини (мікроцистин та ціанопептолін). Слід зазначити, що вид є перспективним продуцентом органічної сировини для різних потреб: отримання енергоносіїв та біодобрив, а також є джерелом нутрієнтів та біологічно активних речовин. Оцінювали вплив нанорозмірного діоксиду церію (НР CeO<sub>2</sub>) та солі CeCl<sub>3</sub> на продукційні показники ціанобактерії. Виявлено значний приріст біомаси у культурі *M. aeruginosa* як відповідь на додавання церію в обох досліджених формах – НР CeO<sub>2</sub> та CeCl<sub>3</sub>, хоча збільшення біомаси виражене по-різному в залежності від застосованих концентрацій (0,001-10 мМ). Високі концентрації солі церію (10 мМ) пригнічували ростову активність тест-об'єкта, тоді як при внесенні аналогічної кількості НР CeO<sub>2</sub> кількість біомаси *M. aeruginosa* була максимальною і на момент завершення експерименту майже шестикратно перевищувала кількість біомаси контрольного зразка. Виявлено, що застосування церію не впливає на вміст хлорофілу *a* у клітинах *M. aeruginosa*, тоді як вміст ліпідів у клітинах досліджуваної ціанобактерії значно збільшується: у 2-2,5 рази при концентраціях 0,01 – 1 мМ, а при 0,001 мМ вміст ліпідів у 4 рази перевищував їх вміст у контрольних зразках. Концентрації 10 – 100 мМ різко (у 8 разів порівняно з кількістю ліпідів контрольного зразка) знижували вміст ліпідів в клітинах *M. aeruginosa*. Застосування НР CeO<sub>2</sub> або CeCl<sub>3</sub> супроводжується зменшенням загальної кількості протеїнів: виявлено майже десятикратне зниження при концентраціях 10-100 мМ; максимальний вміст білку виявлено при 0,0001 мМ НР CeO<sub>2</sub>, однак цей показник у 2,5 рази менший, ніж контрольного зразка. Визначено, що концентрація НР CeO<sub>2</sub> 10 мМ дозволяє суттєво збільшити вихід біомаси *M. aeruginosa*; а застосування концентрації 0,001 мМ супроводжується максимальним збільшенням вмісту ліпідів та збалансованими показниками за вмістом протеїнів та хлорофілу *a*.

**Ключові слова:** церій, ціанобактерія, біомаса, білки, ліпіди, хлорофіл *a*, каротиноїди

**Вступ.** Нанодисперсний діоксид церію по-різному впливає на різні групи біологічних об'єктів. Його вплив на деякі культури досліджений повністю, в той час як на інші – досі залишається не вивченим. Наукові експерименти з використанням даної сполуки потребують значного збільшення виробництва нанопрепаратів, тому справедливим є питання: чи загрожує неконтрольоване вивільнення наночасток, зокрема нанорозмірних сполук церію, навколишньому середовищу? Головними завданнями досліджень є визначення того, чи є наноматеріали більш токсичними, ніж об'ємні форми того самого матеріалу, чи регулюється така токсичність (якщо вона взагалі присутня) розміром частинок, їх стабілізацією, зарядом тощо.

Відомо, що у водному середовищі нанорозмірний діоксид церію (НР CeO<sub>2</sub>) зазнає окисно-відновних модифікацій, формуються полідисперсні агрегати, що призводить до зміни їх каталітичної активності. Однак, на сьогоднішній день,

вплив НР CeO<sub>2</sub> на водні організми вивчений недостатньо.

Серед можливих встановлених ефектів НР CeO<sub>2</sub> відзначають його участь у окисно-відновних процесах у живій клітині (Tsekhmistrenko et al., 2018), фотопротекторну та фотосенсабілізуючу дію (Zholobak et al., 2011). Варто відзначити, що НР CeO<sub>2</sub> захищає клітини еукаріотів від УФ-променів навіть коли його введення відбулося вже після опромінення.

Цікавим є вплив церію на прокаріотичні клітини, тут ефект пов'язаний із будовою клітинної стінки бактерій та їх індивідуальною чутливістю до введеного препарату (Zholobak, 2016). Також часто позитивний вплив НР CeO<sub>2</sub> на клітини прокаріот пояснюється хімізмом використаного стабілізатора для синтезу наночасток, наприклад цитратом. В той же час дослідники наголошують, що НР CeO<sub>2</sub> проявляє бактерицидну дію лише в екстремальних концентраціях, які значно

перевищують очікуваний вміст даної речовини в екосистемах (Gottschalk, 2015).

В експериментах, проведених на культурах прісноводного фітопланктону (Röhder et al., 2014; Sendra et al., 2017), відмічено короткочасні впливи на клітини зелених водоростей. Вони проявлялися або в пригніченні росту культур, або пригніченні інтенсивності фотосинтезу. Проте при тривалому вирощуванні водоростей у присутності НР  $\text{CeO}_2$  цей ефект нівелювався. Практично завжди відмічається залежність встановленого ефекту та розміру наночастинок (Dedman et al., 2021): відмічено, що агломерація наночастинок із клітинами водоростей залежить від розміру НР  $\text{CeO}_2$ : малі частинки (3-5 нм) краще агломерують порівняно із великими (10-50 нм).

Зважаючи на відомі факти, цікавою є інформація про вплив НР  $\text{CeO}_2$  на ціанобактерії, оскільки вони мають будову клітинної стінки, характерну для грамнегативних прокариот. Також це фотосинтезуючі організми. Є думки (Bour et al., 2014; Rodea-Palomares et al., 2015), що застосування нанорозмірного церію дозволить регулювати чисельність токсичних ціанобактерій шляхом інгібування їх росту та зменшення виходу фотосинтезу. З іншого боку є дані (Zhao et al., 2020; Okupnik et al., 2015), що нетривала взаємодія НР  $\text{CeO}_2$  з біомасою ціанобактерій викликає збільшення виходу цільового продукту, наприклад ліпідів. Підтвердження будь-якого із описаних ефектів на культурі ціанобактерій *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing має практичне значення.

Мета даної роботи – порівняльне вивчення впливу солі церію та НР  $\text{CeO}_2$  на продукційні показники монокультури *M. aeruginosa* (Kützing) Kützing.

**Матеріали та методи.** Матеріалом для дослідження слугували ціанобактерії *M. aeruginosa*

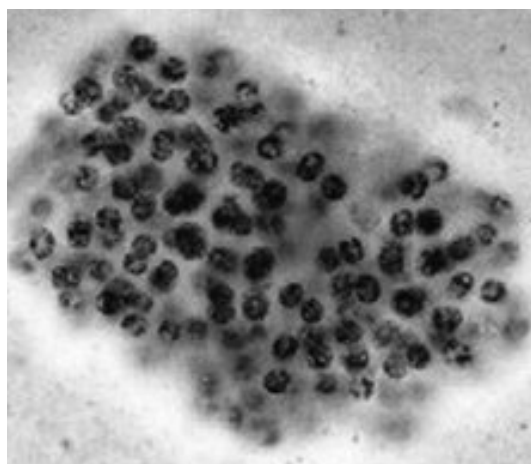


Рис. 1. Мікрофотографія ціанобактерії *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing ([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org))

(Kützing) Kützing, які підтримуються у колекції Інституту біології, хімії та біоресурсів ЧНУ.

*Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing – вид токсичних прісноводних грамнегативних ціанобактерій, типовий представник альгофлори помірних широт, здатний продукувати нейро- та гепатотоксини (мікроцистин та ціанопептолін) (рис. 1.).

Культивування ціанобактерій проводили в стерильних умовах на поживному середовищі Фітцджеральда в модифікації Цендера і Горхема №11. Біомасу *M. aeruginosa* концентрували та очищували від залишків поживного середовища промивкою стерильною дистильованою водою. В роботі використовували сіль церію хлориду ( $\text{CeCl}_3$ , Sigma, США) та препарат цитрат стабілізованого нанорозмірного (1-2 нм) діоксиду церію, (НР  $\text{CeO}_2$ ), синтезований та люб'язно наданий для дослідження к.х.н., с.н.с. Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України О.Б. Щербаківим.

Для отримання оводненої біомаси, виділяли клітини ціанобактерій з культурального середовища методом центрифугування (3000 об/хв, 10 хв). Оводнену біомасу мікрowodоростей гомогенізували з додаванням 0,1 М фосфатного буферу pH 7,4.

До оводнених клітин додавали НР  $\text{CeO}_2$ , або  $\text{CeCl}_3$  у концентраціях 10 мМ, 1 мМ, 0,1 мМ, 0,01 мМ та 0,001 мМ. Також оцінювали вплив самого стабілізатора – цитрату (Sigma, США).

Експозиція тривала 10 діб за температури 20-24°C, при освітленні люмінесцентними лампами (3000 лк) та 16-ти годинному фотоперіоді.

Протягом усього експерименту кожної другої доби аналізували кількість біомаси ціанобактерій за густиною культури з використанням оптичного показника при довжині хвилі 750 нм на CaryWin UV 60 (Agilent, США).



Fig. 1. Photomicrograph of cyanobacteria *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing ([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org))

Для руйнування клітинної стінки використовували ультразвукову ванну «Ultrasonic Cleaner» (Ultrasonic Systems, Китай). Екстраговані компоненти біомаси центрифугували протягом 15 хв при 3000 об/хв. Отриманий після центрифугування супернатант використовували для визначення кількості загального протеїну за методом Лоурі (Lowry et al., 1951).

Осад, який залишився після екстрагування, використовували для екстракції ліпідів та пігментів. Ліпіди екстрагували за методом Фолча та визначали з фосфо-ваніліновим реагентом (Anschau et al., 2017). Для визначення вмісту хлорофілу та каротиноїдів до отриманого осаду додавали 100% ацетон (1:3) і екстрагували протягом 24 год. Розрахунок

концентрації пігментів проводили за значеннями оптичної густини при довжинах хвиль, що відповідають максимумам поглинання хлорофілу *a* (663 нм) та сумарних каротиноїдів (470 нм) за відповідними формулами (Voloshin et al., 2015). Всі дослідження проводили у 4-кратній повторюваності.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили згідно загальноприйнятих методів, за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel.

**Результати та їх обговорення.** В ході дослідження проаналізовано стан культури ціанобактерії *M. aeruginosa*: проведено порівняння кількості біомаси у контрольних зразках та у культурі із внесеним НР  $\text{CeO}_2$  чи солі  $\text{CeCl}_3$  (рис. 2).

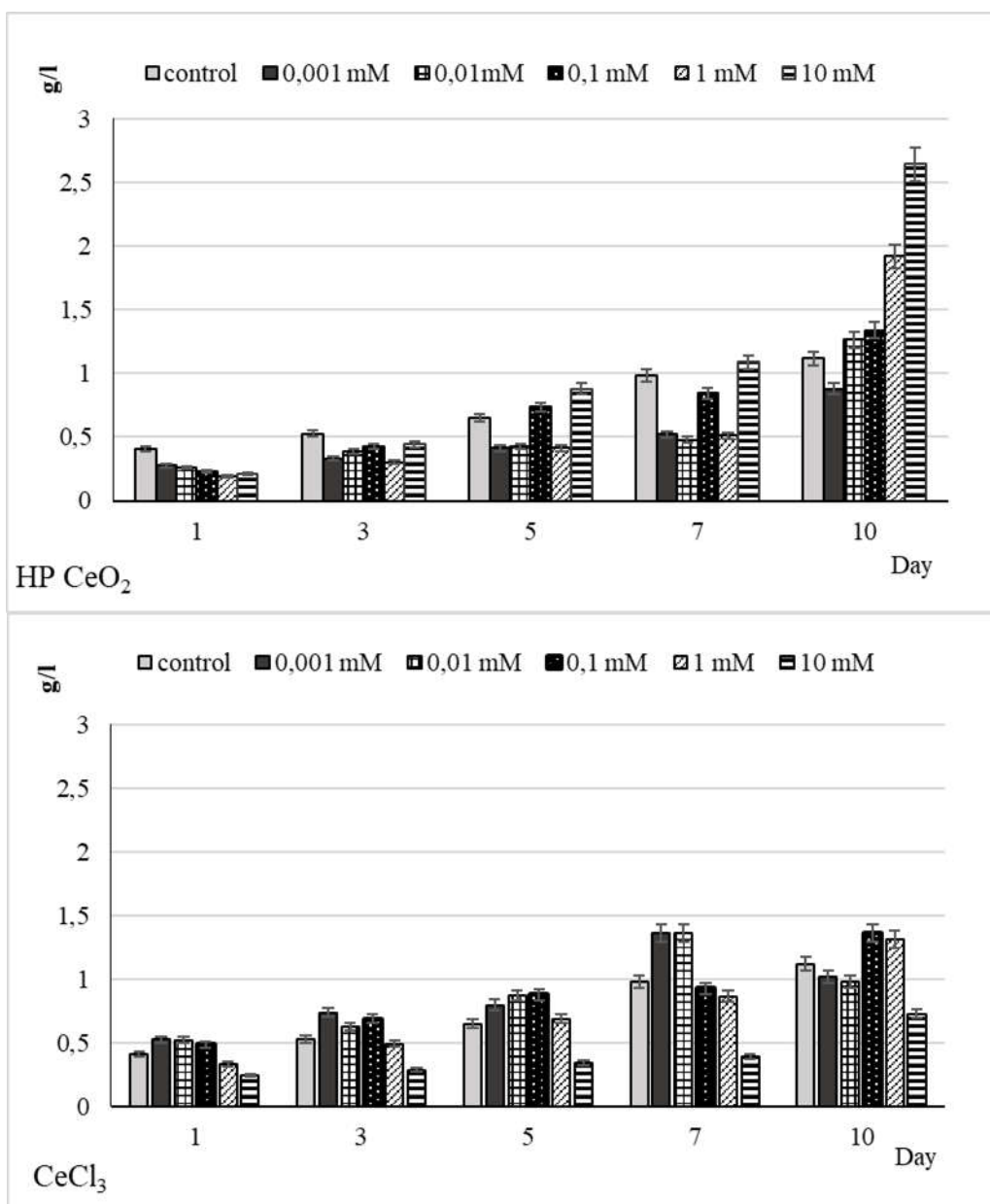


Рис. 2. Кількість біомаси *M. aeruginosa* за дії НР  $\text{CeO}_2$  та солі  $\text{CeCl}_3$

Fig. 2. The amount of biomass of *M. aeruginosa* under the action of HP  $\text{CeO}_2$  and  $\text{CeCl}_3$  salt

Насамперед, слід зазначити, що для НР  $\text{CeO}_2$  показана зміна впливу на ріст *M. aeruginosa* в залежності від тривалості культивування: на 1-3 доби усі досліджені концентрації гальмували приріст біомаси ціанобактерії, на наступні доби прослідковується втрата ріст-інгібуючої активності для певних концентрацій НР  $\text{CeO}_2$  та поява тенденції до стимуляції росту, яка найяскравіше реалізувалась на 10 добу експерименту.

На 10 день експерименту спостерігали значне збільшення біомаси ціанобактерії у всіх зразках, окрім проби, у якій концентрація НР  $\text{CeO}_2$  становила 0,001 мМ (мінімальна досліджена). Так при внесенні НР  $\text{CeO}_2$  у кількості 10 мМ вихід біомаси був максимальним та майже у 2,5 рази перевищував кількість біомаси контрольного зразка. Внесення НР  $\text{CeO}_2$  у концентрації 1 мМ супроводжувалось півторакратним збільшенням біомаси ціанобактерії у порівнянні із контрольним зразком культури. Концентрації НР  $\text{CeO}_2$  0,1 мМ та 0,01 мМ незначним чином збільшували кількість біомаси порівняно з контролем, тоді як при внесенні 0,001 мМ НР  $\text{CeO}_2$  виявлено пригнічення росту *M. aeruginosa*. Отримані результати є дещо несподіваними, оскільки мінімальні досліджені концентрації пригнічують ріст, а максимальні досліджені – стимулюють його. Найімовірніше, що вказаний ефект зумовлений особливостями метаболізму НР  $\text{CeO}_2$ .

Застосування церію в іонній формі (сіль  $\text{CeCl}_3$ ) впливало на кількість біомаси ціанобактерії практично діаметрально протилежними чином: насамперед, характер впливу не відрізнявся в часі та прослідковувалась дозо залежна зміна інтенсивності росту, коли високі концентрації  $\text{CeCl}_3$  пригнічують ріст, а їх зменшення – або не впливає на ріст, або стимулює його. Незначне збільшення біомаси визначене при внесенні  $\text{Ce}^{3+}$  у кількості 1 мМ та 0,1 мМ. У пробі з 0,001 мМ  $\text{Ce}^{3+}$  вихід біомаси майже не відрізнявся від контрольного зразка. У решті зразків виявлене суттєве зменшення кількості біомаси ціанобактерії порівняно з контролем.

Дослідні зразки, що містили цитрат (як стабілізатор наночастинок) у відповідних концентраціях, не впливали на приріст біомаси: незалежно від кількості цитрату, кількісні показники біомаси культури *M. aeruginosa* достовірно не відрізнялась від контрольних значень. Подібні результати отримані і при визначенні продукційних показників ціанобактерії. З огляду на це, результати з використанням цитрату на рисунках не представлені.

Оскільки основну біотехнологічну цінність ціанобактерій становлять синтезовані ними білки та

ліпіди, нами досліджено вплив НР  $\text{CeO}_2$  та  $\text{CeCl}_3$  на вказані показники у складі біомаси (рис. 3).

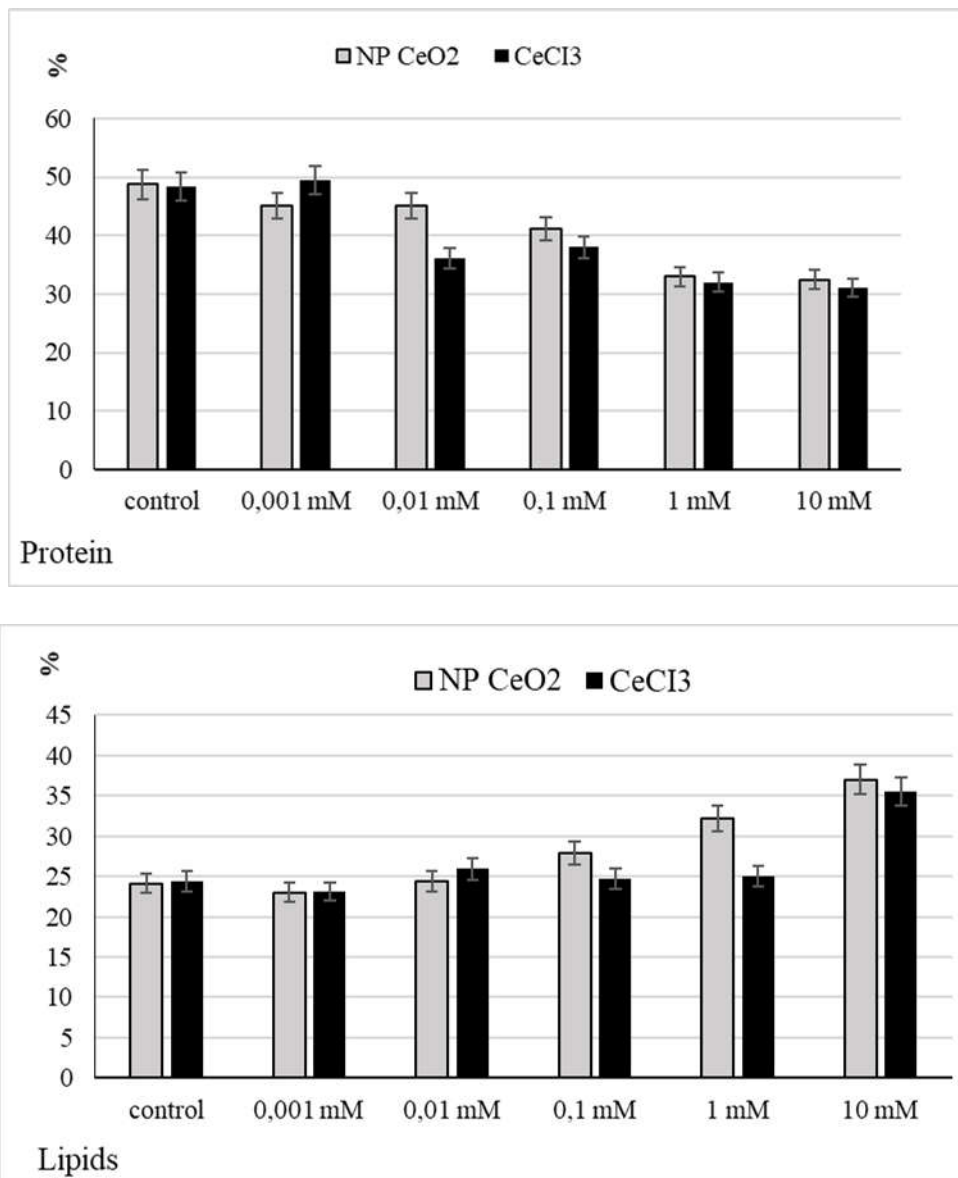
За концентрацій 0,001-0,01 мМ НР  $\text{CeO}_2$  вміст ліпідів істотно не відрізнявся від контролю, тоді як збільшення концентрації супроводжувалось збільшенням відсотку ліпідів у складі біомаси: при внесенні 0,1 мМ НР  $\text{CeO}_2$  кількість ліпідів незначно зростала відносно контрольного зразка, а при додаванні 1 мМ і 10 мМ НР  $\text{CeO}_2$  вміст ліпідів збільшився на 30% і 50% відповідно. Можливою причиною таких результатів є закономірна відповідь клітини на стрес: відомо (Ghafari et al., 2016), що у відповідь на зміну компонентів живильного середовища, клітини *M. aeruginosa* здатні акумулювати значну кількість ліпідів і жирних кислот.

При внесенні  $\text{CeCl}_3$  незначне зменшення загальної кількості ліпідів спостерігалось лише за концентрації 0,001 мМ, а істотний приріст кількості ліпідів відмічено лише при внесенні 10 мМ  $\text{CeCl}_3$ . Як зазначалося вище, варіанти досліду тільки з використанням цитрату не дозволили виявити будь-які достовірні зміни продукційних показників культури *M. aeruginosa*.

Концентраційно залежне зменшення загальної кількості протеїнів визначено в усіх варіантах досліду після внесення НР  $\text{CeO}_2$  або  $\text{CeCl}_3$ . Помітне інгібування накопичення протеїнів спостерігалось при додаванні 1-10 мМ церію у будь-якій формі. Зменшення загального вмісту протеїнів, ймовірно, є відображенням реакції клітин на стресовий вплив, спричинений присутністю високих концентрацій іонів церію у живильному середовищі.

Важливе значення для оцінки продуктивності культури мають показники накопичення фотосинтезуючих пігментів. Нами було досліджено вміст хлорофілу *a* та каротиноїдів у клітинах *M. aeruginosa* на 10 добу культивування (рис. 4).

Внесення  $\text{CeCl}_3$  до середовища культивування супроводжувалось зменшенням кількості хлорофілу *a* у клітинах *M. aeruginosa*, та спостерігалось у всіх застосованих концентраціях. Присутність НР  $\text{CeO}_2$  у середовищі культивування не проявлялась у зміні концентрації хлорофілу *a* у біомасі за виключенням двох концентрацій НР  $\text{CeO}_2$ : за присутності 0,1 мМ НР  $\text{CeO}_2$  зафіксовано збільшення кількості хлорофілу *a* удвічі, а застосування 0,001 мМ НР  $\text{CeO}_2$  призводило до зменшення кількості хлорофілу *a* у 1,5 рази відносно контрольних значень. Ймовірно, що саме зниження кількості хлорофілу *a* у складі біомаси *M. aeruginosa* і є тим лімітуючим фактором, що (як показано вище, Рис. 2, 10 доба) обмежує її приріст за мінімальної дослідженої концентрації НР  $\text{CeO}_2$ .



**Рис. 3.** Вміст протеїнів та ліпідів у біомасі *M. aeruginosa* за дії НР CeO<sub>2</sub> та солі CeCl<sub>3</sub>

**Fig. 3.** The content of proteins and lipids in the biomass of *M. aeruginosa* under the action of НР CeO<sub>2</sub> and CeCl<sub>3</sub> salt

Присутність церію (НР CeO<sub>2</sub> чи CeCl<sub>3</sub>) у середовищі культивування супроводжувалась статистично значущим зменшенням кількості вмісту каротиноїдів у біомасі. Вказаний ефект показаний для усіх досліджених концентрацій та був максимальним за максимальної концентрації церію. Слід зазначити, що за умови високоефективного росту культури у середовищі з максимальною концентрацією НР CeO<sub>2</sub> різке зниження концентрації каротиноїдів не впливає на її загальну біомасу, якщо концентрація хлорофілу *a* зберігається в межах показників культури, вирощеної у стандартному середовищі. Оскільки відомо, що НР CeO<sub>2</sub> є міметиком антиоксидантних ферментів, можливо, його присутність у культуральному середовищі дозволяє певним чином формувати сприятливі умови для *M. aeruginosa*, що проявляється у сут-

тєвому збільшенні їх біомаси на фоні зниження концентрації каротиноїдів у складі клітин.

Отже, інкубація клітин *M. aeruginosa* у середовищі, що містило різні форми та концентрації церію, дозволила виявити різну направленість їх впливу на ріст та продукційні показники монокультури ціанобактерій. Високі концентрації НР CeO<sub>2</sub> призводять до значного пригнічення загальної кількості білку та фотосинтезуючих пігментів. В той же час вони сприяють істотному приросту біомаси ціанобактерії і помітно збільшують вміст ліпідів у клітинах. Отримані результати дають змогу визначити оптимальну концентрацію НР CeO<sub>2</sub> у середовищі, яка б дозволила збільшити вихід біомаси *M. aeruginosa* і досягти необхідних показників за вмістом відповідних складових: хлорофілу *a*, білків, ліпідів.

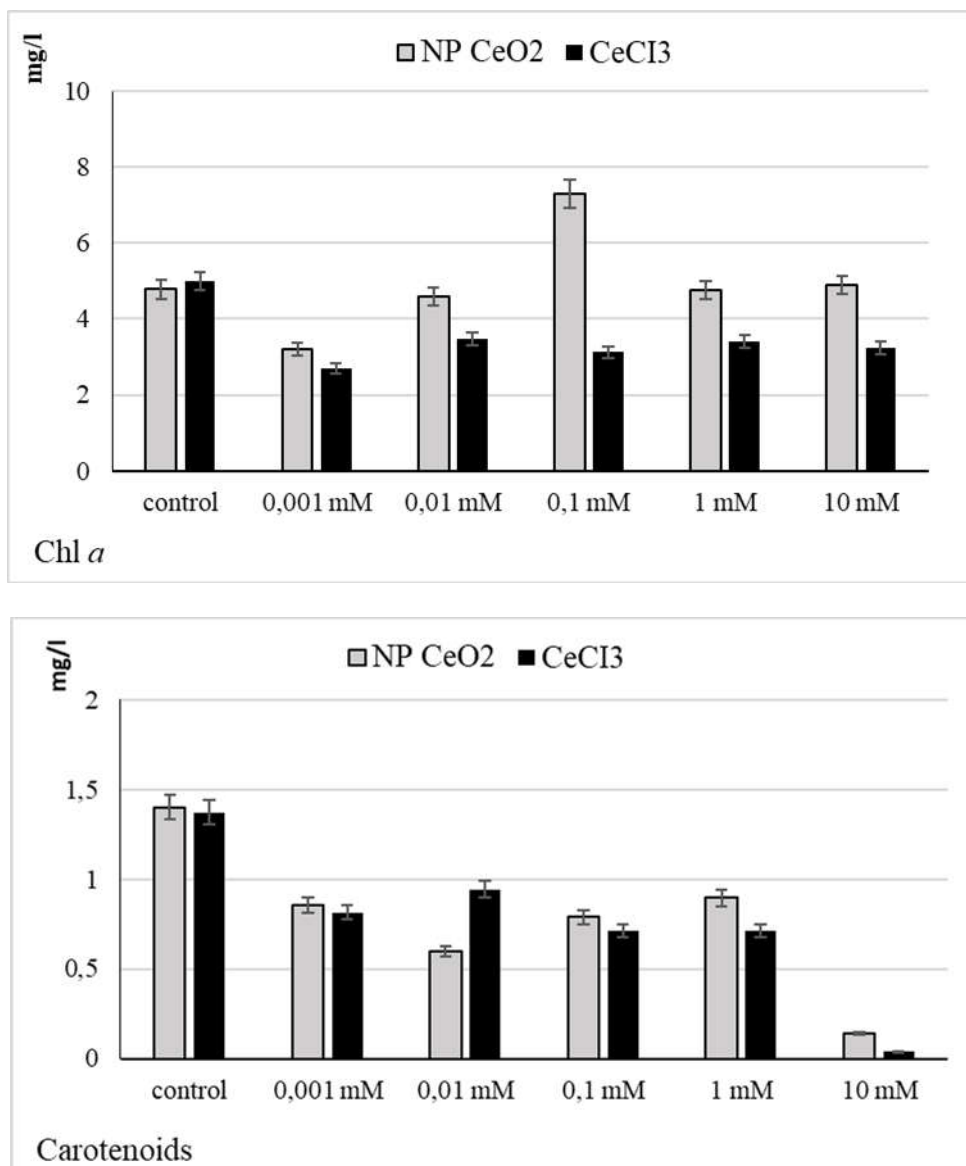


Рис. 4. Вміст пігментів у біомасі *M. aeruginosa* за дії HP CeO<sub>2</sub> та солі CeCl<sub>3</sub>

Fig. 4. The content of pigments in the biomass of *M. aeruginosa* under the action of HP CeO<sub>2</sub> and CeCl<sub>3</sub> salt

**Висновки:**

1. Внесення HP CeO<sub>2</sub> у концентраціях 0,01 мМ – 10 мМ до культурального середовища сприяє збільшенню біомаси культури *M. aeruginosa*. Максимальна кількість біомаси досліджуваної ціанобактерії відмічена при застосуванні HP CeO<sub>2</sub> у кількості 10 мМ.
2. Незалежно від форми церію, його присутність у складі культурального середовища в концентраціях 0,1-10 мМ супроводжується зменшенням загальної кількості білка та каротиноїдів і підвищенням вмісту ліпідів у клітинах *M. aeruginosa*.
3. HP CeO<sub>2</sub> не спричиняє негативного впливу на кількість хлорофілу *a* у *M. aeruginosa*, а внесення 0,1 мМ препарату супроводжується

двократним збільшенням кількості пігменту у складі біомаси.

4. На відміну від HP CeO<sub>2</sub>, присутність у середовищі CeCl<sub>3</sub> у всіх досліджених концентраціях супроводжується зменшенням кількості хлорофілу *a* у клітинах ціанобактерій, що може спрацювати як лімітуючий фактор, що обмежує приріст біомаси.

**Список літератури:**

1. Anschau A. et al. Validation of the sulfo-phosphovanillin (SPV) method for the determination of lipid content in oleaginous microorganisms. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 2017; 34: 19–27.
2. Bour A., Mouchet F., Verneuil L., Evariste L., Silvestre J., Pinelli E., Gauthier L. Toxicity of CeO<sub>2</sub> nanoparticles at different trophic levels – Effects on diatoms, chironomids and amphibians. *Chemosphere*. 2014; 120: 230-236.



3. Dedman C. J., Rizk M. I., Christie-Oleza J. A., Davies G.-L. Investigating the impact of cerium oxide nanoparticles upon the ecologically significant marine cyanobacterium *Prochlorococcus*. *Frontiers in Marine Science*. 2021; 8: 1-15.
4. Ghafari M, Rashidi B, Haznedaroglu BZ. Effects of macro and micronutrients on neutral lipid accumulation in oleaginous microalgae. *Biofuels. Biorefinery for fuels and platform chemicals*. 2016; 9 (2): 147-156.
5. Gottschalk F., Lassen C., Kjoelholt J., Christensen F., Nowack B. Modeling flows and concentrations of nine engineered nanomaterials in the Danish environment. *Public Health*. 2015; 12 (5): 5581-5602.
6. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. - 2020. <https://www.algaebase.org>
7. Lowry O. et al. Protein measurement with Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 1951. 193: 265–275
8. Okupnik A., Contardo-Jara V., Pflugmacher S. Potential role of engineered nanoparticles as contaminant carriers in aquatic ecosystems: Estimating sorption processes of the cyanobacterial toxin microcystin-LR by TiO<sub>2</sub> nanoparticles. *Colloids Surf.* 2015; 481: 460–467.
9. Rodea-Palomares I., Boltes K., Fernández-Piñas F., Leganés F, García-Calvo E., Santiago J., Rosal R. Physicochemical Characterization and Ecotoxicological Assessment of CeO<sub>2</sub> Nanoparticles Using Two Aquatic Microorganisms. *Toxicological Sciences*. 2015; 119(1): 135-145.
10. Röhder L.A., Brandt T., Sigg L., Behra R.: Influence of agglomeration of cerium oxide nanoparticles and speciation of cerium(III) on short term effects to the green algae *Chlamydomonas reinhardtii*. *Aquatic Toxicology*. 2014; 152: 121-130.
11. Sendra M., Yeste P.M., Moreno-Garrido I., Gatica J.M., Blasco J. CeO<sub>2</sub> NPs, toxic or protective to phytoplankton? Charge of nanoparticles and cell wall as factors which cause changes in cell complexity. *Science of The Total Environment*. 2017; 590–591: 304-315.
12. Tsekhmistrenko O. et al. Biomimetic and antioxidant activity of nano-crystalline cerium dioxide. *The world of medicine and biology*. 2018; 1: 196–201.
13. Voloshin R.A., Kreslavskii V.D., Zharmukhamedov S.K., Bedbenov V.S., Allakhverdiev S.I. Photoelectrochemical cells based on photosynthetic systems: a review. *Biofuel Research Journal*. 2015; 6: 227-235.
14. Zhao G., Wu D., Cao S., Du W., Yin Y., Guo H.. Effects of CeO<sub>2</sub> Nanoparticles on *Microcystis aeruginosa* Growth and Microcystin Production. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2020; 104: 834-839.
15. Zholobak N. et al. UV-shielding property, photocatalytic activity and photocytotoxicity of ceria colloid solutions. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 2011; 102: 32–38.
16. Zholobak N. On the mechanisms of antibacterial and probiotic effect of colloidal (nano-sized) cerium dioxide. *Bulletin of problems of biology and medicine*. 2016; 2 (1): 9–15.

## INFLUENCE OF CERIUM ON MONOCULTURE *MICROCYSTIS AERUGINOSA* (KÜTZING) KÜTZING

**L. Cheban, Y. Hrushkivskyi, N. Zholobak**

*The work is devoted to the study of the influence of cerium in the form of salt and nanoparticles on the culture of gram-negative toxic freshwater cyanobacteria *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing. *M. aeruginosa* is a typical representative of the algae flora of temperate latitudes, capable of producing neuro- and hepatotoxins (microcystin and cyanopeptolin). It should be noted that the species is a promising producer of organic raw materials for various needs: energy and biofertilizers, as well as a source of nutrients and biologically active substances. The effect of nanosized cerium dioxide (HP CeO<sub>2</sub>) and CeCl<sub>3</sub> salt on the production parameters of cyanobacteria was evaluated. There was a significant increase in biomass in the culture of *M. aeruginosa* in response to the addition of cerium in both studied forms - HP CeO<sub>2</sub> and CeCl<sub>3</sub>, although the increase in biomass is expressed differently depending on the applied concentrations (0.001-10 mM). High concentrations of cerium salt (10 mM) inhibited the growth activity of the test object, whereas when a similar amount of HP CeO<sub>2</sub> was applied, the amount of *M. aeruginosa* biomass was maximum and at the end of the experiment was almost six times the amount of biomass of the control sample. It was found that the use of cerium does not affect the content of chlorophyll a in the cells of *M. aeruginosa*, while the lipid content in the cells of the studied cyanobacteria increases significantly: 2-2.5 times at concentrations of 0.01 - 1 mM, and at 0.001 mM lipid content 4 times higher than their content in control samples. Concentrations of 10 - 100 mM sharply (8 times compared to the number of lipids in the control sample) reduced the lipid content in *M. aeruginosa* cells. The use of HP CeO<sub>2</sub> or CeCl<sub>3</sub> is accompanied by a decrease in the total amount of proteins: revealed almost a tenfold decrease at concentrations of 10-100 mM; the maximum protein content was detected at 0.0001 mM HP CeO<sub>2</sub>, but this figure is 2.5 times less than the control sample. It was determined that the concentration of HP CeO<sub>2</sub> 10 mM can significantly increase the yield of biomass of *M. aeruginosa*; and the use of a concentration of 0.001 mM is accompanied by a maximum increase in lipid content and balanced levels of protein and chlorophyll a.*

*Keywords: cerium, cyanobacteria, biomass, proteins, lipids, chlorophyll a, carotenoids*

*Отримано редколегією 03.03.2021*