

УДК 579.811.2/3:546.81

І. В. Кушкевич, асп., **С. О. Гнатуш**, канд. біол. наук, проф.,**С. П. Гудзь**, канд. біол. наук, проф.

Львівського національного університету імені Івана Франка,

кафедра мікробіології

вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005; e-mail: Ivan_Kushkevych@ukr.net

ЗМІНА ДЕЯКИХ ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ *THIOCAPSA ROSEOPERSICINA* ЗА ВПЛИВУ РІЗНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ КАДМІЙ СУЛЬФАТУ

Вивчено ріст фототрофних пурпурових сіркобактерій *Thiocapsa roseopersicina* за впливу різних концентрацій кадмій сульфату. Показано, що внесення солі кадмію у середовище пригнічує ріст бактерій. Визначено швидкість поглинання кисню *T. roseopersicina* при рості у середовищі з кадмієм. Проведено аналіз спектрів поглинання пігментів *T. roseopersicina* за різних концентрацій кадмій сульфату. Визначено якісний та кількісний склад основних фотосинтезувальних пігментів у клітинах за цих умов.

Ключові слова: кадмій, токсичність, поглинання кисню, пурпурові сіркобактерії, бактеріохлорофіли, каротиноїди.

Однією з найважливіших екологічних проблем сучасності є підвищення рівня антропогенного забруднення навколишнього середовища важкими металами, що виявляють токсичну дію на всі живі організми. Вони потрапляють у навколишнє середовище при видобуванні і переробці корисних копалин, разом зі стічними водами металургійних і гальванічних виробництв, із газоаерозольними викидами при експлуатації теплових електростанцій тощо [1]. На відміну від органічних ксенобіотиків, які розкладаються до кінцевих продуктів (вуглекислого газу, води, метану), метали не можуть необоротно перетворитись у нетоксичні сполуки [2]. Внаслідок цього, потрапляючи у довкілля, мігрують і нагромаджуються у харчових ланцюгах. У міру зростання ступеня адаптації мікроорганізмів до важких металів спостерігається їх включення у біологічні процеси [1]. Це призводить до утворення замкнутого кругообігу, аналогічно до такого азоту, сірки, вуглецю, фосфору.

У малих концентраціях окремі метали поводять себе як мікроелементи, необхідні для нормальної життєдіяльності мікроорганізмів [2]. Деякі з останніх здатні використовувати певні сполуки важких металів у нетоксичних концентраціях як кінцевий акцептор електронів. У високих концентраціях важкі метали негативно впливають на структуру та функції природних екосистем, під їх впливом відбувається пригнічення біохімічної діяльності мікроорганізмів, включаючи інгібування активності ферментів [3] тощо.

Процес індустріалізації призвів до підвищення концентрації іонів важких металів у техносфері та біосфері на декілька порядків. Найбільш багатими на важкі метали є стічні води промислових виробництв. Такий «еволюційний тиск» змусив мікроорганізми розвивати «стратегії» стійкості, що призвело до появи у багатьох із них плазмід [4], які визначають стійкість до високих концентрацій сполук металів.

За токсичністю важкі метали розташовуються у такій послідовності: ртуть, срібло, мідь, кадмій, цинк, свинець, хром, нікель, кобальт. Цей порядок може

змінюватися залежно від виду організму і від того, присутні ці елементи в розчині у вигляді вільних іонів, чи входять до складу органічних або неорганічних сполук [1].

Метою нашої роботи було дослідити вплив кадмій сульфату на ріст, швидкість поглинання кисню та склад пігментів пурпурових сіркобактерій *Thiocapsa roseopersicina*.

Матеріали та методи досліджень

У роботі використовували культуру пурпурових фотосинтезувальних сіркобактерій *Thiocapsa roseopersicina*, виділену з водойм Яворівського сіркового родовища [5].

Бактерії вирощували у рідкому середовищі Ван Ніля протягом 10 діб за анаеробних умов при температурі 20–23°C і постійному освітленні лампою розжарювання із використанням червоного світлофільтра. Анаеробних умов досягали, заповнюючи 20 мл пробірки середовищем так, щоб під гумовим корком не залишалося повітря.

Для дослідження впливу на ріст мікроорганізмів різних концентрацій кадмію його вносили у середовище у вигляді кадмій сульфату у концентраціях 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 та 2,5 мМ. Біомасу культури визначали за мутністю суспензії клітин фотоелектроколориметрично, використовуючи КФК-3 ($\lambda = 660$ нм, оптичний шлях 3 мм).

Швидкість поглинання кисню сіркобактеріями визначали полярографічно. Величину дифузного струму реєстрували за допомогою полярографічної установки, зібраної на базі закритого електрода Кларка, самописця КСП-4, магнітної мішалки для перемішування суспензії та скляної термостатованої закритої комірки об'ємом 1 мл. Температуру інкубації клітин підтримували на рівні 26°C термостатуючою водяною банею. Напруження кисню у розчині визначали за допомогою електрополярографа у $ng\ O_2$. Зміни напруження кисню під час досліду реєстрували за допомогою самописця КСП-4 на паперовій стрічці, швидкість руху якої була 1800 мм/год.

Поглинання кисню визначали за кутом нахилу кривої поглинання кисню. Швидкість поглинання кисню виражали у $ng\ O_2/хв \cdot мг$ клітин. У комірку почергово вносили 1 мл суспензії культури *T. roseopersicina*, яка вирощена при різних концентраціях кадмій сульфату (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 та 2,5 мМ).

Для визначення якісного та кількісного складу фотосинтезуючих пігментів клітини *T. roseopersicina* центрифугували протягом 30 хв. при 8000 об/хв. Надосадкову рідину зливали, а одержану біомасу наносили на поверхню скла і висушували при температурі 40°C. Висушені клітини руйнували розтиранням із кварцовим піском [6].

Пігменти екстрагували сумішшю етанолу та ацетону (1:1) до повного знебарвлення осаду. Одержані екстракти використовували для реєстрації спектрів поглинання [7, 8].

Хроматографічне розділення пігментів проводили на силуфолових пластинках ("Sorbfil", Росія) у висхідному потоці системи розчинника бензин : ацетон : петролейний ефір : гексан (10:10:3:10) [6]. Стандартними зразками (свідками) були астаксантин із панцира креветок та β -каротин із клітин гриба *Blakeslea trispora*.

Ідентифікацію пігментів проводили за забарвленням на хроматограмах, величинами R_f та максимумами поглинання при різних довжинах хвиль [9, 10].

Спектри поглинання екстрагованих пігментів записували у видимій та ультрафіолетовій ділянках спектра на двопроменевому спектрофотометрі "Specord M-40". Вміст пігментів клітин *T. roseopersicina* розраховували на 1 г сухої маси [6]. Концентрації основних пігментів розраховували за формулою:

$$C = \frac{D}{E \cdot l},$$

де C – концентрація пігменту, г/л; D – оптична густина розчину, E – питомий коефіцієнт екстинкції відповідного пігменту ($E_{\text{кар}} = 271,8$ при 474 нм, $E_{\text{бкл}} = 930,0$ при 770 нм), л · г⁻¹ · см⁻¹; l – товщина поглинаючого шару, см.

Вміст пігментів обчислювали за формулою:

$$A = \frac{C \cdot V \cdot K}{H},$$

де A – кількість пігменту на 1 г сухої ваги клітин (мг/г), C – концентрація пігменту, г/л; V – об'єм екстракту, мл; H – наважка клітин, г; K – відношення об'єму елюату до об'єму розчину, нанесеного на хроматограму.

Для електронномікроскопічних досліджень клітини двічі відмивали дистильованою водою та осаджували центрифугуванням при 10000 об/хв. протягом 15 хв. Клітини фіксували в 1,5%-му водному розчині КМпО₄ упродовж 20 хв при кімнатній температурі. Постфіксацію проводили з використанням 1%-го розчину ОсО₄ у какодилатному буфері протягом 90 хв при 0°C. Фіксовані клітини промивали, обезводнювали в розчинах із зростаючими концентраціями етанолу і оксиду пропілену. Зразки переносили в епоксидну смолу Епон 812. Ультратонкі зрізи отримували на ультрамікротомі УМТП – 6 і контрастували цитратом плумбуму за Рейнольдсом [11].

Перегляд і фотографування зразків проводили на електронних трансмісійних мікроскопах УЕМВ – 100 Б і ПЕМ – 100 за прискорюючої напруги 75 кВ. Кінцеве збільшення на мікрофотографіях – 6000–8000 разів.

Статистичні показники вираховували із експериментальних даних (середнє арифметичне – M ; стандартна похибка середнього арифметичного – m). Для оцінки достовірності різниці між статистичними параметрами альтернативних сукупностей даних обчислювали коефіцієнт Стьюдента [12]. Достовірною вважалася різниця при $P > 0,95$. Статистичне опрацювання результатів проводили, використовуючи програму Origin.

Результати досліджень та їх обговорення

Вплив різних концентрацій кадмію сульфату на ріст бактерій Thiocapsa roseopersicina

Виділені з водоїм Яворівського сіркового родовища та ідентифіковані як *Thiocapsa roseopersicina* мікроорганізми мають клітини сферичної або овальної форми діаметром 1,0–3,0 мкм. Живуть поодинокі або в агрегатах по 2–4 і більше клітин. Найчастіше клітини оточені слизом, нерухомі, не містять газових вакуолей (рис. 1).

Досліджувані мікроорганізми культивували протягом 10 діб у середовищі Ван Ніля з різними концентраціями кадмію сульфату. Як видно з рис. 2, при вирощуванні *T. roseopersicina* у середовищі Ван Ніля без кадмію (контроль) на восьму добу росту біомаса є максимальною і становить $5,45 \pm 0,02$ г/л.

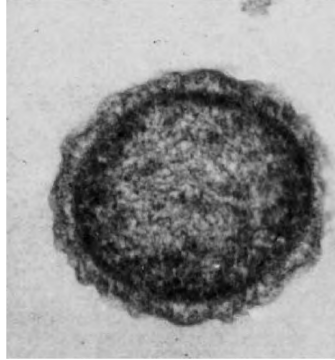


Рис. 1. Ультраструктура клітин *T. roseopersicina*, вирощених у середовищі Ван Ніля

У присутності 0,5 мМ кадмій сульфату на першу добу біомаса становила $1,606 \pm 0,011$ г/л. На другу добу культивування спостерігали значне зростання біомаси. З четвертої доби спостерігали уповільнення ростових процесів і перехід у стаціонарну фазу росту.

При культивуванні *T. roseopersicina* у присутності іонів кадмію в концентраціях від 1 до 2,5 мМ (рис. 2) максимальною в усіх варіантах була біомаса на четверту добу, після якої спостерігали уповільнення росту та перехід культури у стаціонарну фазу. Можливо, у перші дні росту, на першому етапі взаємодії бактерій з розчином солі металу, відбувається фізико-хімічна сорбція (поглинання двозарядного катіону) [13], що не впливає суттєво на ростові процеси. Після проникнення в клітину метал зв'язується з білками цитоплазми і внутрішніми мембранними структурами [14]. Присутність кадмію у клітині забезпечує уповільнення процесів клітинного поділу, транспорту цукрів, порушується проникність клітинної мембрани [13].

Найслабший ріст досліджуваної культури відмітили в присутності 2,5 мМ кадмій сульфату. У перші чотири доби біомаса незначно (порівняно з контролем) зростала. На шосту добу і в наступні спостерігали зменшення приросту біомаси. Можливо, нагромадження кадмію у клітинах призводить до інгібування енергетичних процесів, що має сублетальні для бактерій наслідки. Із рис. 2 видно, що чим вищий вміст кадмію у середовищі, тим виразніший його негативний вплив на біомасу культури.

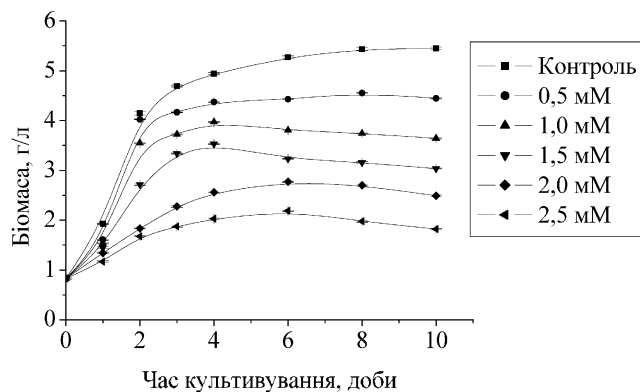


Рис. 2. Ріст *T. roseopersicina* у середовищі Ван Ніля за різних концентрацій кадмій сульфату

Вплив різних концентрацій кадмій сульфату на швидкість поглинання кисню клітинами фотосинтезуючих сіркобактерій *Thiocapsa roseopersicina*

Пурпурові сіркобактерії є строгими анаеробами, чутливими до молекулярного кисню [15]. Проте, відомо, що у природі деякі види цих бактерій залишаються життєздатними після певного періоду аерації, зокрема при обмілнній водойм [16].

У клітинах *T. roseopersicina*, вирощених за анаеробних умов, виявлена активність каталази і супероксиддисмутази [15, 17]. Ці ферменти відіграють важливу роль у захисті клітин аноксигенних фотосинтезуючих сіркобактерій від токсичних радикалів кисню, які можуть впливати на анаеробні мікроорганізми при раптовому потраплянні їх в аеробні умови [18].

Нами визначено швидкість поглинання кисню культурами сіркобактерій *T. roseopersicina* при наступних концентраціях кадмій сульфату у середовищі: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 мМ. Контроль не містив солі металу. Проби для визначення швидкості поглинання кисню бактеріями *T. roseopersicina* відбирали на другу та третю доби росту. Результати представлені на рис. 3.

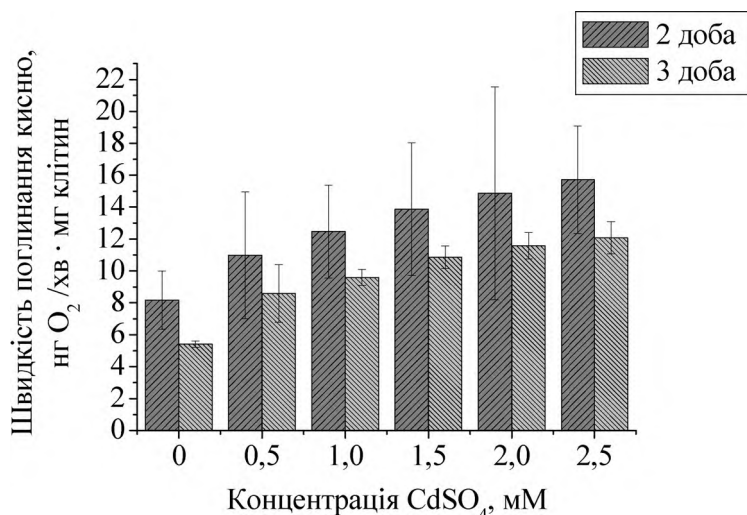


Рис. 3. Швидкість поглинання кисню клітинами бактерій *T. roseopersicina* залежно від концентрацій кадмій сульфату

При культивуванні бактерій без Cd²⁺ (контроль) швидкість поглинання кисню клітинами є найменшою та становить на другу добу $8,17 \pm 1,81$ нг O₂/хв · мг клітин. Присутність у середовищі 0,5 та 1,0 мМ кадмій сульфату призводить до збільшення швидкості поглинання – $11,00 \pm 3,97$ нг O₂/хв · мг клітин та $12,47 \pm 2,92$ нг O₂/хв · мг клітин відповідно. Збільшення концентрації досліджуваної солі до 1,5 мМ пришвидшує процес поглинання кисню сіркобактеріями. Кадмій сульфат у концентрації 2,0 та 2,5 мМ в найбільшій мірі активує здатність бактерій *T. roseopersicina* поглинати кисень. За найвищої концентрації солі кадмію на другу добу росту досліджувані мікроорганізми поглинають кисень зі швидкістю $15,72 \pm 3,37$ нг O₂/хв · мг клітин.

Схожу закономірність спостерігали на третю добу росту, але швидкість поглинання кисню клітинами була меншою. Збільшення концентрації солі металу

призводить до зростання швидкості поглинання кисню клітинами досліджуваних сіркобактерій.

Вплив різних концентрацій кадмій сульфату на пігменти культури *Thiosarsa roseopersicina*

Здатність фототрофних бактерій до фотосинтезу визначається наявністю бактеріохлорофілів [19]. Крім бактеріохлорофілів, усі фототрофні бактерії містять каротиноїди, склад яких у різних видів суттєво відрізняється. Склад і вміст окремих каротиноїдів визначають в основному колір культур пурпурових бактерій, який може бути рожевим, червоним, фіолетовим, жовтим і майже коричневим [16, 20].

Проведено аналіз електронних спектрів поглинання екстрактів клітин пурпурових сіркобактерій *T. roseopersicina*, вирощених у середовищі Ван Ніля з різними концентраціями кадмій сульфату. У розчині екстрагованих пігментів основні максимуми поглинання спостерігали при 350-360, 417-434, 434-443, 471-483, 582-585, 666-668 та 771 нм (рис. 4). Відомо, що максимум поглинання, який простежується в довгохвильовій частині спектра, зумовлений наявністю в клітинах фототрофних бактерій бактеріохлорофілу *a* [21], який є фотосинтетично активним пігментом більшості пурпурових сіркобактерій та існує в кількох формах у тісному контакті з білками та ліпідами мембран хроματοфорів.

Як видно з рис. 3, під час росту у середовищі зі солями кадмію відбувається зміна спектрів поглинання екстрактів клітин. Спостерігали зміщення спектрів поглинання вправо. Ймовірно, йони важких металів, зокрема Cd^{2+} , викликають зміни конформації молекул пігментів з подальшою їх модифікацією. Отже, збільшення концентрації кадмій сульфату змінює абсорбційні показники культури *T. roseopersicina* в усіх діапазонах спектра.

Хроматографічне розділення компонентів екстрактів клітин дало змогу виявити пігменти, різні за забарвленням та величиною *Rf* (табл. 1). Зазначимо, що на хроматограмах переважали яскраво-зелені, рожево-пурпурові, яскраво-жовті та пурпурові зони. Дослідження спектрів поглинання та хроматографічний розподіл дозволили ідентифікувати пігменти [22] і визначити їх вміст у клітинах бактерій *T. roseopersicina*, вирощених при різних концентраціях кадмій сульфату. Екстракти клітин містили бактеріохлорофіл *a* та каротиноїди спірилоксантин, родопін та лікопін.

Таблиця 1
Хроматографічна характеристика пігментного складу бактерій *T. roseopersicina*

Назва пігменту	Колір пігменту	Спектри поглинання, λ , нм	Значення <i>Rf</i>
Бактеріохлорофіл <i>a</i>	Яскраво-зелений	350-360, 582-585, 666-668, 771	0,17
Спірилоксантин	Рожевий	471-483	0,45
Лікопін	Жовтий	417-434	0,52
Родопін	Яскраво-пурпуровий	434-443	0,86

При рості в контрольному середовищі Ван Ніля вміст бактеріохлорофілу *a* в клітинах бактерії *T. roseopersicina* становив $1,99 \pm 0,01$ мг/г сухої маси клітин

(рис. 5А). У присутності 0,5 мМ солі кадмію кількість даного пігменту зменшилася – $1,76 \pm 0,01$ мг/г сухої маси клітин. При подальшому зростанні концентрації солі до 1,0 та 1,5 мМ вміст бактеріохлорофілу а в клітинах знизився відповідно на 31,02 та 48,24%. За росту в середовищі з 2,0 мМ солі кадмію кількість досліджуваного пігменту зменшилася у 3 рази (рис 5А). При вирощуванні культури *T. roseopersicina* у середовищі з найвищою концентрацією кадмію сульфату (2,5 мМ) кількість бактеріохлорофілу а була найменшою і дорівнювала $0,60 \pm 0,03$ мг/г сухої маси клітин.

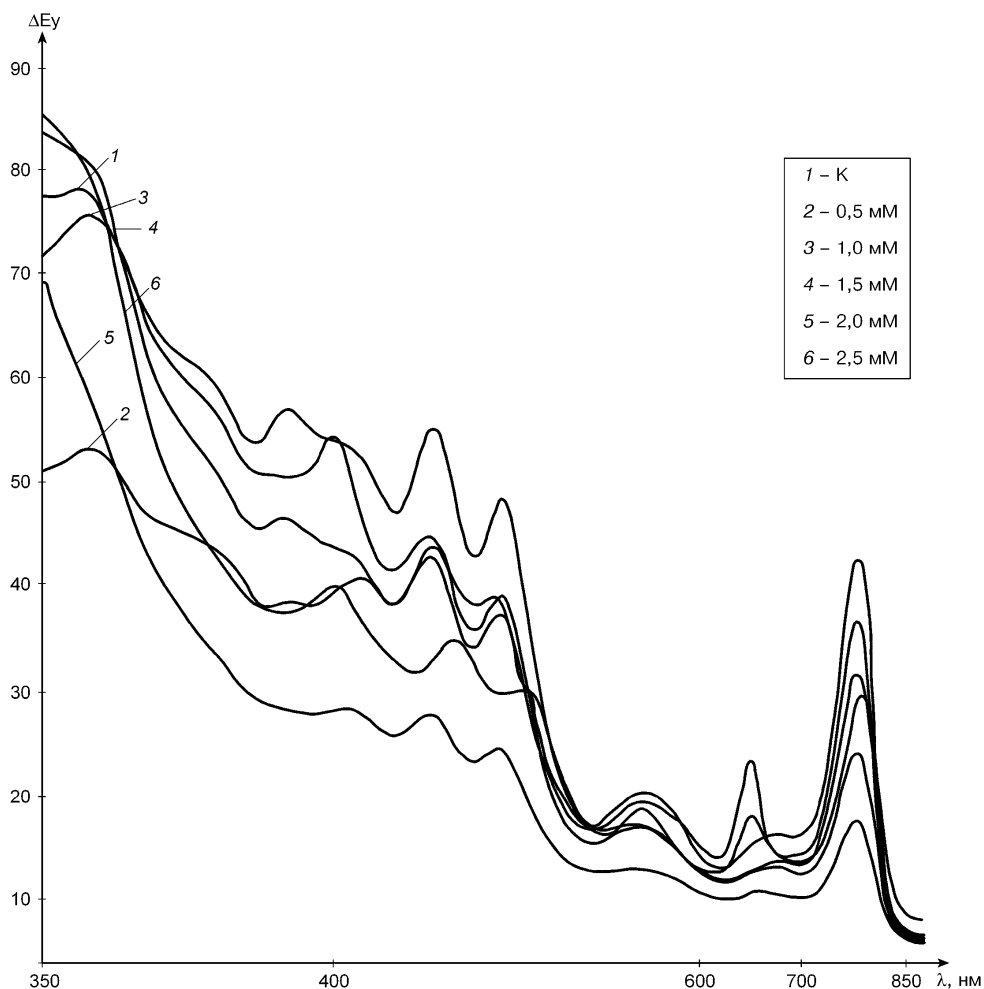


Рис. 4. Спектри поглинання пігментів бактерій *T. roseopersicina*, вирощених за різних концентрацій кадмію сульфату

Вміст каротиноїдів у клітинах в середовищі без Cd^{2+} був таким: спірілоксантину – $6,53 \pm 0,03$ мг/г сухої маси клітин, лікопіну – $2,92 \pm 0,03$ мг/г сухої маси клітин, родопіну – $3,18 \pm 0,02$ мг/г сухої маси клітин (рис. 5). При додаванні 0,5 мМ солі кадмію в середовище спостерігали зменшення кількості даних піг-

ментів. Присутність 1,0 мМ солі в середовищі Ван Ніля призводила до значного спадання кількості спірилоксантину ($3,09 \pm 0,02$ мг/г сухої маси клітин), лікопіну ($1,98 \pm 0,01$ мг/г сухої маси клітин) та родопіну ($1,46 \pm 0,02$ мг/г сухої маси клітин) (рис. 5). При внесенні кадмій сульфату у середовище у концентрації 1,5 мМ спостерігали зниження вмісту каротиноїдів у клітинах бактерій *T. roseopersicina* відповідно на 53,91, 44,18 та 59,43%. За концентрації солі металу 2,0 та 2,5 мМ визначилися найменші кількості спірилоксантину, лікопіну та родопіну.

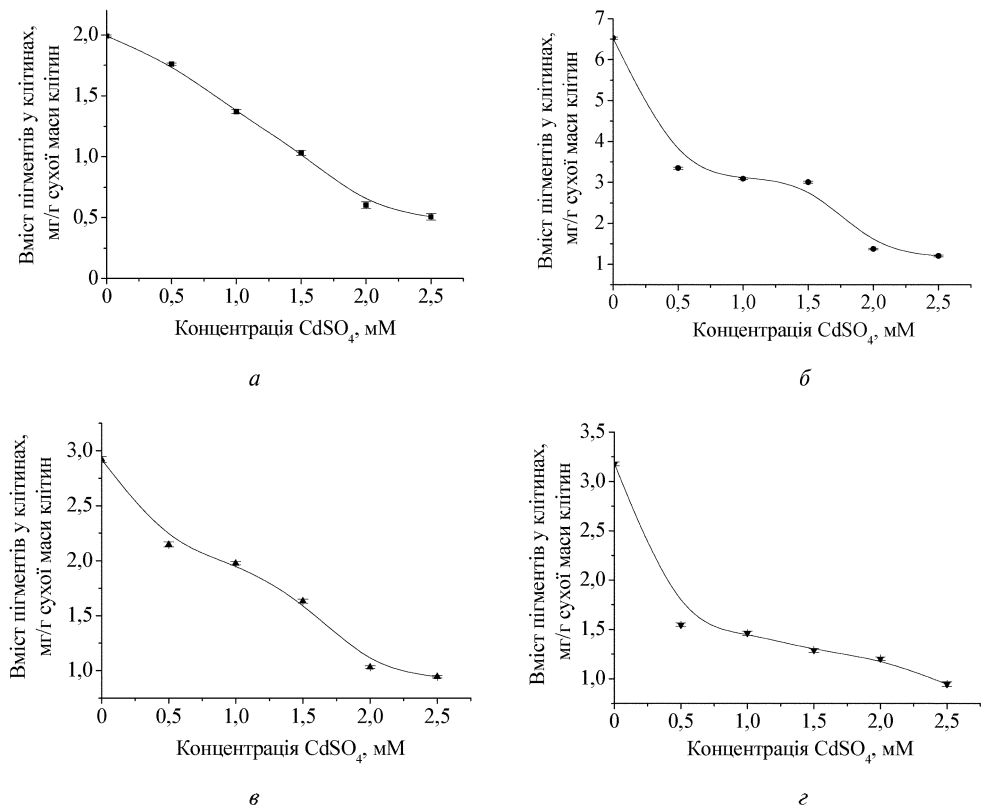


Рис. 5. Вміст пігментів у клітинах бактерій *T. roseopersicina* за різних концентрацій кадмій сульфату: а – бактеріохлорофіл а; б – спірилоксантин; в – лікопін; г – родопін

Очевидно, що процес синтезу пігментів у пурпурових сіркобактерій *T. roseopersicina* є чутливим до впливу солі кадмію. Зі збільшенням концентрації металу відбувається зменшення кількості пігментів у клітинах досліджуваних бактерій.

Висновки

1. Внесення кадмій сульфату в середовище пригнічує ріст пурпурових сіркобактерій *T. roseopersicina*. Збільшення концентрації солі в середовищі з 0,5 до 2,5 мМ зменшує нагромадження біомаси на четверту добу росту у 2,5 рази.

2. Зі збільшенням концентрації кадмій сульфату в середовищі для культивування спостерігали зростання швидкості поглинання кисню клітинами

T. roseopersicina та одночасно зниження в них вмісту бактеріохлорофілу *a*, спірилоксантину, лікопіну, родопіну.

3. Збільшення концентрації солі кадмію в середовищі культивування змінює абсорбційні показники культури *T. roseopersicina* в усіх діапазонах спектра.

Література

1. Таширев А. Б. Теоретические аспекты взаимодействия микроорганизмов с металлами. Микробная аккумуляция металлов, обусловленная их стереохимической аналогией с макроэлементами // Микробиологический журнал. – 1994. – № 6. – С. 89–97.
2. Таширев А. Б. Концепция интегральных механизмов аккумуляции металлов синтрофными микробными ассоциациями // Микробиол. журн. – 1999. – Т. 61, № 5. – С. 78–84.
3. Токсичність і мутагенність важких металів – забруднювачів ґрунту / Г. О. Іутинська, З. В. Петруша, Т. В. Васильєва, О. М. Сопліна // Современные проблемы токсикологии. – 2000. – № 2. – С. 53–56.
4. Структура микробиологического мониторинга почв как составной части биологического мониторинга / Г. А. Иутинская, А. Ф. Антипчук, Е. В. Валагурова, В. Е. Козырицкая, З. В. Петруша // Технические и системные средства экологического мониторинга почв. – 1998. – С. 63–68.
5. Гудзь С. П., Коструба М. Ф., Гнатуш С. О. та ін. Сіркові бактерії Яворівського сіркового родовища та проблеми рекультивації земель // Вісник Одеського університету. Серія Біологія. – 2002. – Вип. 10, № 4. – С. 72–75.
6. Физико-химические методы исследования в органической и биологической химии / Т. Я. Паперно, В. П. Позняков, А. А. Смирнова, Л. М. Элагин. – М.: Просвещение, 1977. – 176 с.
7. Паронян А.Х. Рост фототрофной бактерии *Rhodobacter sphaeroides* и образование ею каротиноидов на минеральной воде “Джермук” // Микробиол. журн. – 2002. – Т. 64, № 2. – С. 28–34.
8. Подопрігора О. І., Полулях О. В., Дацюк М. М. та ін. Одержання високопродуктивних штамів дріжджів *Phaffia rodозута* – продуцентів каротиноїдів // Микробиол. журнал. – 1996. – Т. 58, № 4. – С. 19–24.
9. Frigard et al. Spectrochromatography of photosynthetic pigments as fingerprinting technique for microbial phototrophs // FEMS Microbiol. Ecol. – 1996. – N 20. – P. 69–77.
10. Britton G. General carotenoid methods // Methods in enzymology. Academic press. – 1985. – Vol. 3, Part B. – P. 113–145.
11. Reynolds E. S. The use of lead citrate at high pH as an electronopaque stain in electron microscopy // Journ. Cell Biol. – 1963. – Vol. 17. – P. 208–212.
12. Лакін Г. Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
13. Таширев А. Б., Смирнова Г. Ф. Аккумуляция металлов синтрофными ассоциациями микроорганизмов // Микробиол. журн. – 1999. – Т. 61, № 6. – С. 58–65.
14. Біоіндикація забруднених важкими металами ґрунтів та заходи їх оздоровлення / З. В. Петруша, О. М. Краснобрига, А. Ф. Антипчук, Г. О. Іутинська. – Екологічність продукції АПК: економіка та технологія. – Суми: Козацький вал, 1999. – С. 206–209.
15. Кушкевич І. В. Вплив атмосферного кисню на аноксигенні фототрофні пурпурові сіркобактерії // Матеріали наукової конференції студентів біологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка (21 квітня 2004 р.). – Львів, 2004. – С. 47–51.
16. Кондратьєва Е. Н. Фотосинтезирующие бактерии. – М.: Изд-во. Москов. ун-та, 1989. – С. 82–103.
17. Гоготов И. Н., Зорин Н. А., Кондратьєва Е. Н. Очистка и свойства гидрогеназы фототрофной бактерии *Thiocapsa roseopersicina* // Биохимия. – 1976. – Т. 41. – С. 836.
18. Петушкова Ю. П., Ивановский Р. Н. Дыхание клеток *Thiocapsa roseopersicina* // Микробиология. – 1976. – Вып. 1. – С. 389–395.
19. Blankenship R. E., Madigan M. T., Bauer C. E. Anoxygenic Photosynthetic Bacteria. Advances in Photosynthesis. USA. – 1995. – 1368 p.
20. Пігментний склад фототрофних пурпурових сіркобактерій / Л. Я. Кіт, С. П. Гудзь, С. О. Гнатуш, А. М. Федорович // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. – 2003. – № 34. – С. 32–35.

21. Overmann J., Garcia-Pichel F. The Phototrophic Way of Life. The Prokaryotes // New York: Springer. – 2000. – P. 134–141.
22. Oelze J. Analysis of Bacteriochlorophylls // Method microbial. – 1985. – №18. – P. 257–284.

И. В. Кушкевич, С. А. Гнатуш, С. П. Гудзь

Львовский национальный университет имени Ивана Франко,
кафедра микробиологии
ул. Грушевского, 4, 79005, г. Львов. E-mail: Ivan_Kushkevych@ukr.net

**ИЗМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
THIOCAPSA ROSEOPERSICINA ПРИ ВЛИЯНИИ РАЗНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ
КАДМИЙ СУЛЬФАТА**

Резюме

Изучено рост фототрофных пурпурных серобактерий *Thiocapsa roseopersicina* при влиянии разных концентраций кадмий сульфата. Показано, что внесение соли кадмия в среду угнетает рост бактерий. Определена скорость поглощения кислорода *T. roseopersicina* при росте в среде с кадмием. Проведен анализ спектров поглощения пигментов *T. roseopersicina* при разных концентрациях кадмий сульфата. Определен качественный и количественный состав фотосинтезирующих пигментов в клетках при этих условиях.

Ключевые слова: кадмий, токсичность, поглощение кислорода, пурпурные серобактерии, бактериохлорофиллы, каротиноиды.

I. V. Kushkevych, S. O. Hnatysh, S. P. Gudzy

Lviv National University after Ivan Franko
4, Hrushevskiyi Str., Lviv, 79005, Ukraine. E-mail: Ivan_Kushkevych@ukr.net

**CHANGES OF SOME PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROPERTIES
OF THIOCAPSA ROSEOPERSICINA UNDER THE INFLUENCE OF DIFFERENT
CADMIUM SULFATE CONCENTRATIONS**

Summary

The growth of phototrophic sulfur bacteria *Thiocapsa roseopersicina* under the influence of different cadmium ions concentrations is investigated. It is shown that the addition of Cd²⁺ to the medium inhibits the growth of bacteria. The velocity of oxygen uptake by *T. roseopersicina* during the growth in medium with cadmium is determined. The analysis of absorption spectra of the pigments of *T. roseopersicina* at different Cd²⁺ concentrations is performed. The qualitative and quantitative composition of the main photosynthetic pigments in the cells at these conditions is determined.

Keywords: cadmium, toxicity, oxygen uptake, purple sulfur bacteria, bacteriochlorophylls, carotenoids.