

- climate: Reversible and irreversible impacts. J. Plant Physiol. 2016. Vol. 203. P. 84-94.
4. Sun M., Jiang F., Cen B., Wen J., Zhou Y., Wu Z. Respiratory burst oxidase homologue-dependent H₂O₂ and chloroplast H₂O₂ are essential for the maintenance of acquired thermotolerance during recovery after acclimation. Plant, Cell & Environment. 2018. 41, № 10. P. 2373-2389.

УДК: (581.13:582.26):57.014

**СУБСТАНЦІЯ З ХЛОРЕЛИ ЯК ЗАСІБ КОРЕКЦІЇ
АНТИОКСИДАНТНОГО СТАНУ ОРГАНІЗМУ**

**Чвалюк Г.Б., Грубінко В.В., Боднар О. І., Галиняк О.В.,
Волік О. В.**

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: v.grubinko@gmail.com.

Фізіолого-біохімічні механізми значення та впливу селену і йоду водоростевого походження з'ясовані ще не повністю. Недостатньо вивчена токсична дія селену та йоду за його високого вмісту у водоростевій біомасі. Тому, дослідження впливу селену і йоду у різних концентраціях на особливості процесу накопичення та їх внутрішньоклітинного перерозподілу, а також на метаболічні і фізіологічні функції у тварин є актуальним [3].

Сполуки селену здатні регулювати біосинтез поліненасичених жирних кислот та пігментів [10], впливаючи таким чином на фотосинтез та енергетичний обмін. Крім того, Se (IV) є компонентом антиоксидантної системи, оскільки -SeH за рахунок нижчого потенціалу йонізації і меншої енергії зв'язку має вищу електронно-донорну активність, ніж група -SH, тому утворення -SeH більш активне й ефективне, ніж -SH [7, 10].

Основним механізмом біологічної дії селену і йоду є їх участь в антиоксидантних процесах, які захищають організм від небезпечної дії вільних радикалів, та у регуляції і підвищенні біосинтезу поліненасичених жирних кислот, каротиноїдів та пігментів.

Відомо, що ступінь інгібування росту і розвитку

водоростей є вищим за дії селенатів, ніж селенітів, тому водорості у процесах своєї життєдіяльності краще поглинають із середовища сполуки Se(IV) порівняно з Se(VI) [8]. Разом з тим, механізми регуляторного впливу на метаболізм водоростей сполук селену окремо та разом з іншими мікроелементами досліджені недостатньо.

Останнім часом препарати клітини водоростей та екстракти з них широко використовуються для отримання біологічно активних добавок (БАД) і фармацевтичних препаратів [2]. Значний інтерес становлять комплекси селену й інших елементів, що надходять у харчові ланцюги людини і тварин через рослини і відіграють значну роль у метаболізмі, який порушується при їх дефіциті [10].

Об'єктом лабораторного дослідження була альгологічно чиста культура зеленої водорості *Chlorella vulgaris* Beij. Водорість культивували на середовищі Фітцджеральда в модифікації Цендера і Горхема №11, за температури 22–25°C та освітленні лампами денного світла (інтенсивність 2500 лк) протягом 16 годин на добу. В експериментальних умовах у культуральне середовище додавали водний розчин селеніту натрію у розрахунку на кількість йонів Se(IV) - 10,0 мг Se(IV)/дм³, а також водний розчин солей KJ у розрахунку на 10,0 мг J⁻/дм³ [9]. Біомасу клітин відбирали на 14-у добу для вивчення метаболічних показників. Контролем слугувала культура водоростей, яку вирощували у поживному середовищі без додавання селеніту натрію та йодиду калію (в експериментальних кількостях). Для проведення експериментів готували гомогенати у відповідних буферних системах і згодовували щурам-самцям на поїдання. Визначали вміст селену та йоду у водоростевій субстанції [1]. Для визначення загальної кількості вуглеводів у біомасі водоростей, їх осаджували трихлороцтовою кислотою, далі екстрагували розчином 75% етанолу, після чого центрифугували, двічі промивали, осаджували центрифугуванням, висушували до постійної маси та зважували після чого визначали вміст селену і йоду [6]. Для біохімічного дослідження ліпіди екстрагували хлороформ-метаноловою сумішшю у відношенні 2:1 за методом Фолча [5]. Антиокисдантний статус щурів визначали згідно з

рекомендаціями [4].

Досліджено, що за концентрації селеніту натрію та калію йодиду $10,0 \text{ мг/дм}^3$ у середовищі росту водоростей у клітинах хлорели активуються процеси біосинтезу, клітини мають високий адаптивний енергетичний та антиоксидантний потенціал, а також при цьому здатні утворювати селен-йодні комплекси [9].

Досліджуючи дію селеніту натрію окремо та спільно з йодидом на *Ch. vulgaris*, з'ясовано, що за дії селеніту натрію у концентрації $10 \text{ мг Se(IV)/дм}^3$ в активності цитохромоксидази (ЦО) у різний час було відмічено помітні зміни (від 10,0% до 83,0%).

НАДН-ГДГ активність збільшувалася у всіх варіантах за дії селеніту натрію. Так за дії $10,0 \text{ мг Se(IV)/дм}^3$ отримані показники перевищували контрольні значення в 2,3-4,8 рази. Поряд з цим, НАДФН-ГДГ активність за дії селеніту суттєво зменшувалася порівняно з контролем, особливо за концентрації $10,0 \text{ мг j}^-/\text{дм}^3$ – від 38,8% до 65,8%) на 3-ю і 7-у доби експозиції.

Враховуючи метаболічний зв'язок досліджених ензимів, інтенсивне дезамінування глутамату НАДН-ГДГ, очевидно, обумовлене постачанням α -кетоглутарату в цикл Кребса, що підтверджується збільшенням активності СДГ і ЦО. При цьому, відповідно, утворення глутамату НАДФН-ГДГ за дії $10,0 \text{ мг Se(IV)/дм}^3$ збільшувалася на 105,0% (на 3-ю добу) і була в межах контролю на 1-у і 7-у доби. В залежності від тривалості дослідження активність ЦО збільшувалася у 2-3 рази порівняно з контролем.

Зміни активності СДГ за дії селеніту у концентрації $10,0 \text{ мг Se(IV)/дм}^3$: мало місце збільшення активності на 65,0% (на 3-ю добу) та 33,0% (на 7-у добу) порівняно з контролем. Отримані показники перевищували контрольні значення в 2,3-4,8 рази за дії $10,0 \text{ мг j}^-$, а за дії $10,0 \text{ мг Se(IV)/дм}^3$ – у 2,7 рази.

Визначено, що у формуванні антиоксидантного статусу клітин хлорели за дії селеніту окремо так і спільно з йонами йодиду ключову роль відіграє глутатіонпероксидаза (ГПО) за вторинної ролі каталази (КТ) та суттєвого зниження активності супероксиддисмутази (СОД). Поряд із цим, вміст селену значно збільшується у тотальній субстанції за спільної дії селеніту натрію з йодидом калію. Біологічний ефект включення селену до цих сполук може полягати в забезпеченні неензимного шляху

захисту ліпідів за зниження ролі КТ та СОД.

Встановлено, що вміст селену в біомасі та вуглеводах хлорели збільшується лише за спільної дії селеніту з йодидом; білки акумулювали селен у всіх варіантах досліду: за спільної дії селеніту з J^- його вміст збільшився на 39,3% порівняно з контролем. Вміст селену у ліпідах хлорели збільшився в середовищі з селенітом і J^- відповідно на 69,5% щодо контролю. Зростання інтенсивності включення селену до складу ліпідів різних класів відбувається в ряді: ЛФЛ<ТАГ<ДАГ<ФЛ<НЕЖК.

З'ясовано, що селеніт натрію разом йодидом калію зумовили зменшення вмісту 16:0 та збільшення вмісту 18:0 і 18:1 жирних кислот. Переважання вмісту насичених жирних кислот над ненасиченими виявлено за спільної дії селеніту окремо, а за дії селеніту спільно з йодом – ненасичених над насиченими.

Отже, збагачення культури хлорели селенітом та йодидом в цілому сприяє утворенню і накопиченню біосентитичних субстратів у хлорели, збільшення поглинання її клітинами селеніту та йоду, модифікує, насамперед, аантиокисдантний статус експериментальних тварин за двотижневого згодовування та ліпідний обмін.

Список літератури:

1. Дедков Ю. М., Мусатов А. В. Селен: биологическая роль, формы существования и методы определения. Экология промышленного производства. 2004. № 3. С. 19-23.
2. Золотарьова О.К., Шнюкова Є.І., Сиваш О.О., Михайленко Н.Ф. Перспективи використання мікроводоростей у біотехнології. Київ: Альтерпрес, 2008.–234 с.
3. Лукашів О.Я., Боднар О.І., Грубінко В.В. Вплив на метаболічні процеси в організмі селеновмісних біодобавок та перспективи їх використання. Вісник проблем біології і медицини. 2016. Вип. 2, т. 3 (130). С. 30–34.
4. Методы биохимических исследований (липидный и энергетический обмен): Учебное пособие / Под ред. М. И. Прохоровой. Л.: ЛГУ, 1982. – 273 с.
5. Кейтс М. Техника липидологии. Выделение, анализ и идентификация липидов. М.: Мир, 1975. – 322с.

6. Филиппович Ю. Б., Егорова Т. А., Севастьянова Г. А. Практикум по общей биохимии. – М.: Просвещение, 1975. – 318 с.
7. Antioxidant enzyme / Ed. Mohammed Amr El-Missiry. – Rijeka, Croatia: Published by InTech, 2012. – 400 p.
8. Araie H., Shiraiwa Y. Selenium utilization strategy by microalgae: Reviewy. *Molecules*. 2009. Vol. 14. P. 4880–4891.
9. Bodnar O. I., G. B. Vinyarskaya, G. V. Stanislavchuk, V. V. Grubinko. Peculiarities of selenium accumulation and its biological role in algae. *Hydrobiol. Journal*. 2015. Vol. 51, N. 1. P. 63–78.
10. Selenium. *Alternative Medicine Review*. 2003. Vol. 8, N. 1. P. 63–71.

УДК: 628.194:628.11

**BIOCHEMICAL FEATURES OF THE METABOLISM OF
CHLORELLA VULGARIS BEIJ**

Chvaliuk H. V.

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
E-mail: 0986372888g@gmail.com

Chlorella vulgaris Beijer is a specie of unicellular green algae, 2 to 10 μm in diameter, which looks like a microscopic ball. Outside, the cells are covered with a hard double-circuit shell of cellulose nature. The cytoplasm contains one parietal cup-shaped chloroplast. The pyrenoid is usually surrounded by a starch shell. The nucleus is one, but in a living cell without special treatment it is not visible. Reserve substances — starch and colorless oil. Colonies and aggregates does not form. It was first described by M. Bejerink in 1890 from a pond in Delft, Holland [11].

Chlorella uses 25-30% of solar energy, while flowering plants use only 7-13% [11].

On average, dry biomass of *chlorella* contains 10-20% carbohydrates. A significant part of them is starch, although in some members of the genus *Chlorella*, carbohydrates can be represented