

УДК 582.26:581.19:581.18

ВМІСТ ВУГЛЕВОДІВ У ЗЕЛЕНИХ МІКРОВОДОРОСТЯХ (CHLOROPHYTA) ПРИ ВИРОЩУВАННІ В ШТУЧНИХ УМОВАХ

Ю.Г. Крот¹, Т.О. Леонтьєва², О.М. Усенко³, Ю.М. Красюк⁴

^{1,2,3,4}Інститут гідробіології НАН України, просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна

Енергетичний обмін зелених мікроводоростей відіграє важливу роль у їх життєдіяльності. Мікроводорості мають здатність виробляти енергетичні субстрати як запасні молекули, до яких відносять загальні білки, ліпіди та вуглеводи [8].

Особливе місце у енергетичному обміні зелених мікроводоростей займають вуглеводи. Вони виконують цілу низку функцій, які потрібні організму для підтримання протікання метаболічних процесів. Так, вуглеводи відіграють важливу роль для водоростей в якості енергетичних субстратів, при катаболізмі яких в процесі дихання звільняється основна кількість енергії, що є необхідною складовою в підтриманні життєдіяльності організму. Вуглеводи входять до складу нуклеїнових кислот, комплексних білків, ліпідів. Слід відмітити, що значну частку клітинних мембран водоростей складають вуглеводи, яким належать механічна, захисна та опорна функції [1, 9]. Вцілому, мікроводорості виробляють вуглеводи для двох основних цілей: вони служать структурним компонентом клітинної стінки та компонентом для внутрішньоклітинного зберігання [6]. Ці компоненти мікроводоростей зустрічаються в різних концентраціях у біомасі і можуть змінюватись залежно від виду та фази росту мікроводоростей [4].

З цього приводу, нами було поставлене завдання – встановити видоспецифічні властивості водоростей *Tetradismus dimorphus* (Turpin) M.J. Wynne та *Desmodesmus brasiliensis* (Bohlin) E. Hegew за дії оптимальних значень температури та поживних речовин, визначивши вміст важливого енергетичного компоненту, вуглеводів, за різної тривалості експозиції.

Водорості вирощували при оптимальному температурному режимі 31,0 °C та 28,0 °C відповідно для *T. dimorphus* та *D. brasiliensis*, інтенсивності освітлення 47,5 мкмоль/м²·с, співвідношення світла і темряви – 16 : 8 год. Вміст у поживному середовищі азоту нітратів та фосфору фосфатів становив відповідно 81,7 мг N/дм³ і 6,9 мг P/дм³ для *D. brasiliensis* та 81,7 мг N/дм³ і 58,7 мг P/дм³ для *T. dimorphus*. Перемішування культур відбувалося шляхом подачі у культивацийні ємності стислого атмосферного повітря (38 дм³/хв.). Тривалість експерименту – 24 доби. Результати дослідження показали, що за оптимальних

умов утримання упродовж першої половини експозиції (1–12 доба) у *T. dimorphus* і *D. brasiliensis* спостерігаються певні зміни у вмісті вуглеводів. Відмічено, що у *T. dimorphus* і *D. brasiliensis* вміст вуглеводів зріс на 11,7 та 4,3 %, відповідно. Вірогідно, в цей період активного росту відбувалося накопичення енергетичних субстратів вуглеводневої природи, серед яких провідну роль відіграє крохмаль [2].

Наприкінці експозиції (24 доба) у *T. dimorphus* і *D. brasiliensis* спостерігається зниження вмісту вуглеводних компонентів на 8,5 і 2,8 %, відповідно. Слід звернути увагу, що така зміна вмісту вуглеводів у обох культур водоростей пов'язана з потребою в енергії, яка була необхідна для інвестицій у метаболізм жирних кислот, що тісно пов'язано з відділенням мембран під час поділу клітин. Вирощування в зоні оптимуму може полегшити перетворення жирних кислот на мембранні ліпіди, які є такими важливими для забезпечення умов високої питомої швидкості росту мікродоростей [5, 7].

Результати наших досліджень показали, що при оптимальному температурному режимі та присутності поживних речовин за період першої половини експозиції (1–12 доба) *T. dimorphus* і *D. brasiliensis* вміст досліджуваного вуглеводного компоненту зростає. Це підтверджується літературними даними, де зазначено, що при активному рості клітини досягають критичного розміру (клітини приблизно удвічі подвоюють свою початкову масу) та подвоюють свій вихідний вміст крохмалю [3].

На другій половині експозиції (12–24 доба) відмічено певне зниження вмісту вуглеводів, що пояснюється енергозатратами водоростей *T. dimorphus* і *D. brasiliensis*. При оптимальних умовах може відбуватися витрачання цього субстрату, як енергетичного компоненту на утворення мембранних ліпідів при високій швидкості росту водоростей.

Досліджено, що у *T. dimorphus* вміст вуглеводних компонентів у процесі росту схильний до значних коливань і максимальна їх кількість достатньо вища, порівняно з *D. brasiliensis*. Вірогідно, вуглеводи приймають участь в забезпеченні потенційної стійкості виду, що і впливає на значне їх накопичення в клітинах *T. dimorphus*.

В цілому, можемо припустити, що виявлені особливості зміни вмісту вуглеводів *T. dimorphus*, а саме: здатність їх клітин до коливань вмісту цього компоненту з достатньо значною амплітудою є видоспецифічністю цього виду, яка дає змогу водоростям більш активно проявляти адаптивні можливості.

Література

1. Кирпенко Н. И., Усенко О. М., Мусий Т. О. Биохимический состав зеленых водорослей на разных стадиях роста. *Гидробиол. журн.* 2015. Т. 51(2). С. 44–50.
2. Accumulation of energy reserves in algae: From cell cycles to biotechnological applications / Vitova M., Bisova K., Kawano Sh., Zachleder V. *Biotechnol. Adv.* 2015.1;33(6Pt2):1204-18. doi: 10.1016/j.biotechadv.2015.04.012.

3. Characterization of Growth and Cell Cycle Events Affected by Light Intensity in the Green Alga *Parachlorella kessleri*: A New Model for Cell Cycle Research / Zachleder V. et al.; *Biomolecules*. 2021. 11(6): 891.
4. González-Fernández C., Ballesteros M. Linking microalgae and cyanobacteria culture conditions and key-enzymes for carbohydrate accumulation. *Biotechnology Advances*. Vol. 30 (6). 2012. 1655–1661.
5. Guschina I. A., Harwood J. L. Algae for Biofuels and Energy: Algae for Biofuels and Energy (pp.17–36). 2013. DOI:10.1007/978-94-007-5479-9_2
6. Improving carbohydrate and starch accumulation in *Chlorella* sp. AE10 by a novel two-stage process with cell dilution / Cheng D. et al.; *Biotechnol Biofuels*. 2017. 10:75. <https://doi.org/10.1186/s13068-017-0753-9>
7. Metabolic Insights Into Infochemicals Induced Colony Formation and Flocculation in *Scenedesmus subspicatus* Unraveled by Quantitative Proteomics / Rocuzzo S. et al.; *Front Microbiol*. 2020. 7:11:792. doi: 10.3389/fmicb.2020.00792
8. Microalgae biorefinery: High value products perspectives / Chew K.W. et al.; *Bioresour. Technol*. Vol. 229. 2017. 53–62.
9. Microalgae-based carbohydrates: A green innovative source of bioenergy / De Carvalho Silvello M. A. et al.; *Bioresour. Technol*. 2022. 344(Pt B):126304. doi: 10.1016/j.biortech.2021.126304.