

УДК 62.09: 504.06: 691

ALGAE CULTIVATION FOR BIODIESEL PRODUCTION IN A MODEL POND CONSTRUCTED USING BIOTECHNOLOGICAL PRECIPITATION OF CALCIUM CARBONATE

V. Stabnikov

National University of Food Technologies

Key words:

*Urease-producing
bacteria
Biotechnological
precipitation of calcium
carbonate
Pond
Algae
Biodiesel*

ABSTRACT

Production of biodiesel from cultivated algae is considered as a sustainable way to produce energy. However, algae cultivation in ponds or bioreactors is not economically feasible for large-scale production of biodiesel because of high cost of bioreactors, as well as of the construction of aquaculture ponds with the liners. The ponds constructed using the biotechnological precipitation of calcium carbonate can be used to cultivate green algae *Chlorella sorokiniana*.

Article history:

Received 18.07.2015
Received in revised form
03.08.2015
Accepted 02.09.2015

Corresponding author:

V. Stabnikov
E-mail:
npnuht@ukr.net

ВИРОЩУВАННЯ ВОДОРОСТЕЙ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОДИЗЕЛЮ В МОДЕЛЬНОМУ СТАВКУ, СКОНСТРУЙОВАНОМУ БІОТЕХНОЛОГІЧНИМ ОСАДЖЕННЯМ КАРБОНАТУ КАЛЬЦІЮ

В.П. Стабніков

Національний університет харчових технологій

*Виробництво біодизелю з водоростей є актуальним напрямком розвитку альтернативних джерел енергії. Однак вирощування водоростей у штучних ставках або в біореакторах є економічно недоцільним для масштабного виробництва біодизелю через високу вартість виготовлення, експлуатації біореакторів і конструювання ставків з геомембранами для вирощування аквакультури. Показано можливість використання штучних ставків, сконструйованих за методом біотехнологічного осадження карбонату кальцію, для вирощування зелених водоростей *Chlorella sorokiniana*.*

Ключові слова: уреаза-продукуючі бактерії, біотехнологічне осадження карбонату кальцію, ставок, водорості, біодизель.

Постановка проблеми. Більше 80 % світової потреби в енергії в теперешній час задовольняється за рахунок палива органічного походження (нафти, вугілля, торфу, природного газу), що призводить до виснаження цих енергетичних ресурсів, тому спостерігається зростання інтересу до екологічно чистих і відновлювальних альтернативних джерел енергії. Біопаливо може бути зроблене зі свіжої або використаної рослинної олії чи тваринних жирів, які є нетоксичними, біодеградувальними та відновлювальними.

Найпоширенішим способом отримання біодизелю є переетерифікація рослинної олії й тваринних жирів метиловим спиртом за наявності каталізатора гідроксиду натрію. Біодизель являє собою суміш метилових ефірів жирних кислот і може бути використаний самостійно або в суміші зі звичайним дизельним паливом для автомобілів з дизельними двигунами [1]. Однак виробництво біодизелю з сільськогосподарських культур потребує використання орних земель, підвищення застосування добрив, що призводить до забруднення природних водойм і довкілля в цілому. Виробництво ж біодизелю з цукрової тростини та пальмової олії викликає знищення тропічних лісів. Іншою проблемою виробництва біодизелю є утворення значної кількості лужного гліцеролу та водних відходів, що містять метанол.

Олія з водоростей є екологічно раціональною сировиною для виробництва біодизелю [2]. Виробництво біодизелю з водоростей не викликає зниження об'єму вирощування сільськогосподарських культур, призначених для харчування, та не потребує культивованих земель. Вирощування водоростей проводиться в штучних ставках або в біореакторах [2]. Однак ці способи є економічно недоцільними для масштабного виробництва біодизелю з водоростей через високу вартість виготовлення, експлуатації біореакторів і конструювання ставків з геомембранами для вирощування аквакультури. Потрібні нові технологічні та інженерні рішення, щоб зробити вирощування водоростей економічно доцільним. Таким рішенням може стати використання біотехнологічне осадження карбонату кальцію (БОКК) при конструюванні ставків для вирощування аквакультур [3].

БОКК процес каталізується уреаза-продукуючими бактеріями (УПБ) завдяки підвищенню рН та утворюванню карбонату за наявності іонів кальцію [4]:



Процес конструювання такого ставка при використанні уреаза-продукуючих бактерій *Bacillus* sp. VS1 [4] детально описаний у [3].

Метою дослідження є перевірка можливості застосування ставка, сконструйованого БОКК методом, для вирощування водоростей.

Матеріали і методи. У дослідженні був використаний галотолерантний та алкалофільний штам уреаза-продукуючих бактерій *Bacillus* sp. VS1 [5]. Уреаза активність бактеріальної суспензії складала 2,7 мМ сечовини/хв (9,7 г сечовини/л·год). Пісок із середнім розміром частинок 0,42 мм був застосований при конструюванні модельного ставка.

Скануюча електронна мікроскопія поверхні дна ставка була виконана за допомогою мікроскопа Leica Stereoscan 420. Вимірювання коефіцієнта фільтрації проводили визначенням зміни рівня води за певний час. Експериментальна модель ставка заповнювалась 5 л водопровідної води, визначався час, потрібний для зниження рівня води на 25 мм, і розраховувалася швидкість фільтрації води.

Зелені водорості *Chlorella sorokiniana*, які широко застосовуються для виробництва біодизелю, вирощували у модельному ставку на мінеральному середовищі об'ємом 5 л. CO₂ подавалось аерацією зі швидкістю 0,1 л/л·хв. Для компенсації втрат води за рахунок випару кожні 3 доби додавалось 0,5 л водопровідної води. Вирощування проводили при температурі 25 °С та постійному освітленні білим світлом інтенсивністю 30 Вт/м².

Концентрацію суспендованої та прикріпленої біомаси водоростей визначали після фільтрації й висушування при 105 °С до постійної маси. Швидкість росту водоростей визначали за рівнянням:

$$\text{швидкість росту} = (\ln X_t - \ln X_0)/(t - t_0),$$

де X_t та X_0 концентрації біомаси відповідно у час t і t_0 .

Результати і обговорення. Відомо, що втрати води у ставках і резервуарах за рахунок просочування води становить від 40 до 90 % її загальних втрат [6]. Просочування води призводить також до втрат поживних речовин, необхідних для аквакультури, та забруднення ґрунтових вод [7]. Швидкість фільтрації води у модельному ставку становила $3 \cdot 10^{-7}$ м/с. Це може бути порівняно з швидкістю фільтрації води $6,6 \cdot 10^{-7}$ м/с у ставках для аквакультури [7] або $2,1 \cdot 10^{-6}$ м/с у ставках для вирощування креветок [8]. Таким чином, швидкість фільтрації води у модельному ставку не відрізнялася і навіть була нижчою порівняно зі звичайною в ставках аквакультури або рибних ставках.

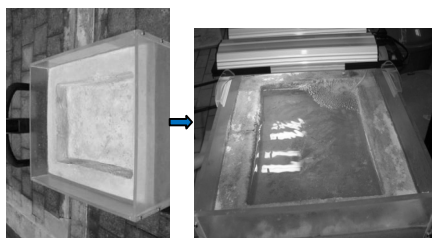


Рис. 1. Вирощування водоростей у модельному ставку, сконструйованому біотехнологічним осадженням карбонату кальцію: (А) модельний ставок; (Б) вирощування водоростей

Водорості *Chlorella sorokiniana* вирощувалися у модельному ставку (рис. 1), який було сконструйовано біотехнологічним осадженням карбонату кальцію, щоб оцінити придатність ставка для інженерії екосистем. Початкова концентрація біомаси водоростей у модельному ставку становила 0,5 г/л і зростала до 1,7 г/л після 7 діб культивування (рис. 2). рН змінювалась протягом вирощування від 6,7 до 7,3. Максимальна продуктивність становила 9,7 г/м²·д, а максимальна швидкість росту водоростей — 0,13 д⁻¹. Це значення дещо нижче, ніж відома з літератури максимальна швидкість автотрофного

росту *Chlorella sorokiniana* 0,22 д⁻¹ [9]. Можливою причиною цього була відсутність додаткової подачі CO₂ у ставок. Поверхня ставка, яка була оброблена уреаза-продукуючими бактеріями для проведення БОКК, була нетоксична для водоростей. Про це свідчить утворення щільної біоплівки водоростей на стінках і дніщі модельного ставка (рис. 3).

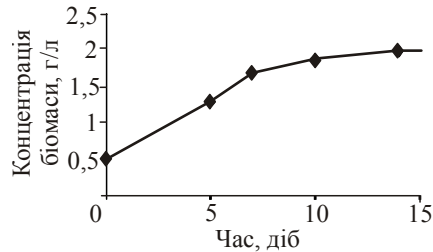


Рис. 2. Ріст зелених водоростей *Chlorella sorokiniana* в модельному ставку

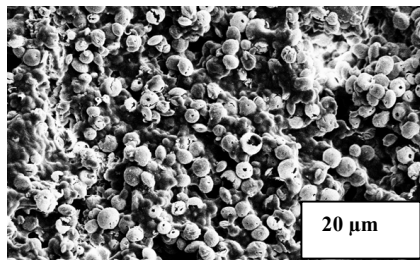


Рис. 3. Біоплівка водоростей на дні ставка

Висновок

Показана можливість використання модельного ставка, сконструйованого біотехнологічним осадженням карбонату кальцію, для вирощування зелених водоростей *Chlorella sorokiniana*. Такі ставки можна застосовувати для вирощування водоростей з метою отримання біодизелю.

Література

1. Marchetti J.M., Miguel V.U., Errazu A.F. Possible methods for biodiesel production // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2007. — V. 11, # 6. — P. 1300—1311.
2. Campbell M.N. Biodiesel: algae as a renewable source for liquid fuel // Guelph Engineering Journal. — 2008. — # 1. — P. 2—7.
3. Chu J., Ivanov V., Stabnikov V., Li B. Microbial method for construction of aquaculture pond in sand // Geotechnique. — 2013. — V. 63, # 10. — P. 871—875.
4. Стабніков В.П. Біотехнологія будівельних процесів і матеріалів // Наукові праці НУХТ. — 2012. — № 47. — С. 29—31.
5. Stabnikov V., Chu J., Ivanov V., Li Y. Halotolerant, alkaliphilic urease-producing bacteria from different climate zones and their application for biocementation of sand // World Journal of Microbiology and Biotechnology. — 2013. — V. 29, # 8. — P. 1453—1460.
6. Shree S.N., Bolte J.P. A water budget model for pond aquaculture // Aquaculture Engineering. — 1998. — V. 18, # 3. — P. 175—188.
7. Teichert-Coddington D.R., Peralta M., Phelps R.P. Seepage reduction in tropical fish ponds using chicken litter // Aquaculture Engineering. — 1989. — V. 8, # 3. — P. 147—154.
8. Weisburd R.S.J., Laws E.A. Free water productivity measurements in leaky mariculture ponds // Aquaculture Engineering. — 1990. — V. 9, # 6. — P. 377—403.

9. Kim S., Park J.E., Cho Y.B., Hwang S.J. Growth rate, organic carbon and nutrient removal rates of *Chlorella sorokiniana* in autotrophic, heterotrophic and mixotrophic conditions // Bioresource Technology. — 2013. — V. 144, # 1. — P. 8—13.

**ВЫРАЩИВАНИЕ ВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
БИОДИЗЕЛЯ В МОДЕЛЬНОМ ПРУДЕ,
СКОНСТРУИРОВАННОМ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ
ОСАЖДЕНИЕМ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ**

В.П. Стабников

Национальный университет пищевых технологий

*Производство биодизеля из водорослей является актуальным направлением развития альтернативных источников энергии. Однако выращивание водорослей в искусственных прудах или биореакторах является экономически нецелесообразным для масштабного производства биодизеля из-за высокой стоимости изготовления, эксплуатации биореакторов и конструирования прудов с геомембранами для выращивания аквакультуры. Показана возможность использования искусственных прудов, сконструированных биотехнологическим способом методом микробно инициированного осаждения карбоната кальция, для выращивания зеленых водорослей *Chlorella sorokiniana*.*

Ключевые слова: *уреаза-продуцирующие бактерии, биотехнологическое осаждение карбоната кальция, пруд, водоросли, биодизель.*