

Development of Carbon Dioxide Fixation by Microalgae

林淑娟、余世宗

E-mail: 373993@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

People have been using massive fossil fuels since Industrial Revolution which has contributed to increase in CO₂ concentration of the air and enhance greenhouse effect. Microalgae are excellent both in fixing CO₂ and recycling the resources, which are effective in slowing down the greenhouse effect. Moreover, the added value along with microalgae's CO₂ fixation is full of development potentials. This research applies literature analysis, by collecting related information of microalgae, organizing the data and further analyzing it. And it describes about the principle and techniques of microalgae's CO₂ fixation, including breeding of the algal strains which stand for high concentration of CO₂ and high temperature, high density farming, farming conditions and modes of microalgae's CO₂ fixation, as well as the development of photobioreactor, wastewater treatment, adsorption of heavy metal and the production of high value by-products of biomass. First of all, the research discusses about both foreign and domestic research projects focusing on the microalgae's CO₂ fixation and current development; secondly, the research estimates and comments on international carbon-rights and development of carbon-trade; and finally concludes and comments on the techniques of microalgae's CO₂ fixation and future industrial development. Microalgae to fix CO₂, produced by algae contains a lot of useful material. It can be used to produce the high added value of the production of human health food, animal feed or additives, cosmetics, medical drugs, fertilizers, diesel and hydrogen can be produced. Its biggest advantage is that the reduction of CO₂ emissions and bio-energy regeneration, not only economically viable, but also the concept of sustainable development. Microalgae fixing CO₂ discharged from industrial flue gas and coupling wastewater treatment with microalgae growth further strengthen the eligibility of applying microalgae to CO₂ fixation.

Keywords : microalga、 fixation of carbon dioxide、 photobioreactor

Table of Contents

中文摘要	iii
ABSTRACT	iv
誌謝	v
目錄	vi
圖目錄	ix
表目錄	x
第一章 緒論	1
1.1 研究緣起	1
1.2 研究目的與內容	3
第二章 研究流程與方法	4
2.1 研究方法	4
2.2 研究流程	5
第三章 文獻探討	7
3.1 溫室效應	7
3.2 二氧化碳的固定方法	8
3.2.1 物理二氧化碳固定法	8
3.2.2 化學二氧化碳固定法	10
3.2.3 生物二氧化碳固定法	13
3.3 藻類與微藻	16
3.3.1 藻類簡介	16
3.3.2 微藻的應用	17
3.3.3 微藻光合作用	21
3.3.4 微藻生質能源利用	26
3.4 微藻固碳方法研究	27
3.4.1 無機碳利用形式	27
3.4.2 無機碳濃縮機制	29
3.4.3 CO ₂ 濃度影響	31
3.5 微藻培養系統	32
3.6 光反應器的研究	34
3.6.1 開放式光反應器	34
3.6.2 封閉式光反應器	36
第四章 微藻固定二氧化碳技術	44
4.1 藻種的篩選和培養	44
4.1.1 藻種的篩選	44
4.1.2 微藻的高密度光自養培養	49
4.1.3 高效固定二氧化碳微藻的基因工程研究	50
4.2 固定二氧化碳微藻培養系統之相關研究	53
4.2.1 固定二氧化碳微藻的培養條件	53
4.2.2 固定二氧化碳微藻的培養方式	61
4.3 微藻固定二氧化碳的應用現況	67
4.3.1 國際的應用現況	68
4.3.2 台灣的應用現況	74
4.4 微藻固定二氧化碳經濟分析	78
4.4.1 國際碳權與碳交易發展	78
4.4.2 微藻減碳經濟效益	81
4.4.3 微藻固碳副產品價值	84
第五章 結論與展望	86
5.1 結論	86
5.2 展望	87
參考文獻	89

REFERENCES

1. 王敏盈、陳伯中、曹恆光，1999，培養藻類於新型光化學生物反應器以進行二氧化碳之固定化。國科會/環保署科技合作研究計畫報告，NSC 88-EPA-Z-005-004。
2. 石信智，2012，國際碳權與碳交易發展，我國海洋生質能源產業發展趨勢學術研討會，基隆海洋大學沛華館。
3. 呂誌翼、周宏農、謝子陽、林燕輝，2005，在光合生物反應器中具環境影響力微藻對二氧化碳利用性之研究，環保署科技合作研究計畫報告EPA-94-U1U1-04-015。
4. 李文哲，2006，以高溫高鹼度環境培養微藻固定模擬吸收塔之吸收液中CO₂之研究，國立成功大學環境工程學系碩士論文。
5. 李澤民、周德珍、方孟德，2008，台灣藻類生物技術與產業發展之契機，海洋新世紀，p110-116，高雄市政府海洋局。
6. 李文峰，2002，以MEA 溶液去除煙道氣中二氧化碳之研究，國立成功大學，環境工程研究所碩士論文。
7. 沈宜蓉，2010，微藻減碳打造綠色世代新紀元，源，第81期，p4-13。
8. 洪志瑞，2007，油質性微藻培養於新型光生化反應器之研究，國立成功大學化學工程學系碩士論文。
9. 唐?、張穎、郭慶祥，2009，微藻制取生物燃料，現代化工，第7期，p12-17。
10. 張惟閔，2005，微藻培養於新型光生化反應器之系統開發，國立清華大學化學工程研究所碩士論文。
11. 陳重修，2000，二氧化碳與二氧化硫整合性控制技術之研究，國立台灣大學環境工程研究所碩士論文。
12. 陳振正、邱俊彥、廖少威、賴文亮，2009，科學發展，438期，p13-17。
13. 黃建科、李元廣，2011，能源微藻規模化培養及光生物反應器研究現狀與發展策略，生物產業技術，第6期，p16-21。

14.黃騰德，2003，以氫氧化鈣再生煙道氣中二氧化碳吸收劑—氨水溶液之研究，國立成功大學環境工程研究所碩士論文。 15.廖述惠、王亞男，2002，樟樹與台灣欒於林下栽植二氧化碳固定效益之研究，中華林學季刊，35(4):p361-373。 16.劉世名、陳靠山、梁世中，2003，PP333用於藻類培養影響異養小球藻的生長及蛋白質含量，生物技術，13(1):p23-25。 17.潘忠政，2001，整合鹼液吸收及光合作用以固定二氧化碳，大葉大學環境工程研究所碩士論文。 18.潘崇良，2010，利用藻類生產生質能源，科學發展，448期，p26-32。 19.蔣禮玲、張亞傑、範曉蕾，2010，不同培養模式對能源微藻生物質產率的影響，可再生能源，28(2):p83-86。 20.蔡宗佑，2003，六種台灣原生闊葉樹種對二氧化碳固定效果之研究，國立嘉義大學林業研究所碩士論文。 21.蔡明達，2009，微藻養殖生產油脂並利用微藻油脂產製生質柴油之研究，國立交通大學生物科技學系碩士論文。 22.談駿嵩、鄭旭翔，2006，「台灣在二氧化碳回收及再利用上之研究現況」，因應東京議定書台灣產業機會及研究方向 - 化石燃燒排放二氧化碳之捕捉儲存與利用技術研討會，台北，p1-19。 23.鄭光成，2012，微藻生質能源:由室內小型生產到室外擴大生產，我國海洋生質能源產業發展趨勢學術研討會，基隆海洋大學沛華館。 24.關壯群，2009，微藻類固碳工程，科學發展，第433期，p6-11。

一、英文部分 1.Akimoto, M., Yamada, H., Ohtaguchi, K. and Koide, K., 1997, Photoautotrophic cultivation of the green alga *Chlamydomonas reinhardtii* as a method for carbon dioxide fixation and α -linolenic acid production. *J. Am. Oil Chem Soc.*, 74: p181-183. 2.Becker, E.W.,1994, *Microalgae: biotechnology and microbiology*. Cambridge University Press, UK., p1. 3.Beuf, L., Kurano, N. and Mi, Y. S., 1999, Rubisco activase transcript(rca) abundance increases when the marine unicellular green alga *Chlorococcum littorale* is grown under high-CO₂ stress, 41(5):p627-635. 4.Binaghi, L., Borghi, A. D., Lodi, A., Converti, A., and Borghi, M. D., 2003, Batch and Fed-batch Uptake of Carbon Dioxide by *Spirulina platensis*. *Journal of Process Biochemistry*, 38, p1341-1346. 5.Chae, S. R., Hwang, E. J. and Shin, H. S., 2006, Single cell protein production of *Euglena gracilis* and carbon dioxide fixation in an innovative photobioreactor. *Bioresource Technology*, 97(2):p322-329. 6.Chang, E. H., Yang S. S., 2003, Some characteristics of microalgae isolated in taiwan for biofixation of carbon dioxide. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 44: p43 – 52. 7.Jeong, M. L., Gillis, J. M., Hwang, J-Y., 2003, Carbon dioxide mitigation by microalgal photosynthesis. *Bulletin of the Korean Chemical Society*, 24(12) : p1763-1766. 8.Kim, M. K., Park, J. W., Park, C. S., Kim, S. J., Jeune, K.H., Chang, M.U. and Acreman, J., 2007, Enhanced production of *Scenedesmus* spp.(green microalgae)using a new medium containing fermented swine wastewater. *Bioresoaree Technology*.98(11):p2220-2228. 9.Lee, J. S., Kim, D. K., Lee, J. P., Park, S.C., Koh, J.H., Cho, H.S. and Kim, S.W., 2002, Effects of SO₂ and NO on growth of *Chlorella* sp. KR-1. *Bioresour Technol*, 82 : p1-4. 10.Masojidek, J., Koblizek, M., and Torzillo, G., 2004, *Handbook of microalgae culture: biotechnology and applied phycology, photosynthesis in microalgae*, Edited by Amos Richmond, Blackwell Science. U.K. p20-39. 11.Morais, M. G. & Costa, J. A. V., 2007, Biofixation of carbon dioxide by *Spirulina* sp. and *Scenedesmus obliquus* cultivated in a three-stage serial tubular photobioreactor. *Journal of Biotechnol*, 129 : p439-445. 12.Ono, E., Cuello, J. L., 2007, Carbon dioxide mitigation using Thermophilic cyanobacteria. *Biosystems Engineering*, 96(1):p129-134. 13.Pauline, S., Claire, J.C., Elie, D., Arsene, I., 2006, Commercial application of microalgae. *Journal of bioscience and bioengineering*, 101: p87-96. 14.Pires, J.C.M., Alvim-Ferraz, M.C.M., Martins, F.G. and Simoes, M., 2012, Carbon dioxide capture from flue gases using microalgae: Engineering aspects and biorefinery concept, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 : p3043 – 3053. 15.Sobczuk, T. M.,Camacho, F. G., Rubio, F. C., Fernandez, F. G. A. and Grima, E. M., 1999, Carbon Dioxide Uptake Efficiency by Outdoor Microalgal Cultures in Tubular Airlift Photobioreactors, *Biotechnology and Bioengineering*, 67(4) : p465-475. 16.Sung, K. D., Lee, J. S., Shin, C. S. and Park, S. C., 1998, Isolation of a new highly CO₂ tolerant fresh water microalga *Chlorella* sp. KR-1. *Korean J. Chem. Eng.*, 15(4) : p449-450. 17.Wen, Z. Y. , Chen, F., 2003, Heterotrophic production of eicosapentaenoic acid by microalgae. *Biotechnology Advances*, 21 : p273-294. 18.Yeh, J. T. and Pennline H. W., 2001, Study of CO₂ Absorption and Desorption in a Packed Column, *Energy & Fuels*, 15, p274-278. 19.Yun, Y. S., Lee, S. B., Park, J. M., Lee, C. I and Yang, J. W,1997, Carbon dioxide fixation by algal cultivation using wastewater nutrients. *J. Chem. Tech. Biotechnol*, 69 : p451-455. 20.Zhu, M., Zhou, P. P. and Yu, L. J., 2002, Extraction of lipids from *Mortierella alpina* and enrichment of arachidonic acid from the fungal lipids. *Bioresource Technology*, 84: p93-95.