

Cultivation of Tetraselmis Chui Using NaHCO₃ and Na₂CO₃ as Carbon Sources-Effects of Culture Conditions on the Algal Gro

許建雄、余世宗

E-mail: 9509659@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

The increase of the concentration of carbon dioxide in the atmosphere has been considered as the main cause of global warming. Fixation of CO₂ using photosynthesis by microalgae is a kind of potential approach. The study aims to cultivate Tetraselmis Chui using bicarbonate ion as carbon source which is formed by alkaline absorption. Effects of culture conditions on the growth of Tetraselmis Chui were performed in batch cultures. The main results and conclusion as the following: 1. Effects of the concentrations of sodium bicarbonate on the growth of Tetraselmis Chui. Batch cultivations of Tetraselmis Chui with the concentration of NaHCO₃ in the range from 5 g/L to 80 g/L were conducted with the light intensity of 30000 Lux, in the Walne medium. The results indicated that the highest biomass occurred at 40 g NaHCO₃ / L. 2. Effects of light intensities on the growth of Tetraselmis Chui. Batch cultivations with the light intensities of 7500, 15000 and 30000 Lux were conducted at 20 g/L of sodium bicarbonate, in the Walne medium. The results indicated that the highest biomass occurred at 15000 Lux of light. 3. Effects of initial pH of cultures on the growth of Tetraselmis Chui. Batch cultivations with the pH of 8.20, 9.39, 10.39 and 11.51 were conducted at 20 g/L of sodium bicarbonate, and 7500 Lux of light, in the Walne medium. The results indicated that Tetraselmis Chui grew quickly with pH of 8.2 and 9.39, much slowly with pH of 10.39 and stopped growing with pH of 11.51. Other factors investigated were the concentration of sodium nitrate, the concentration of NaH₂PO₄, the carbon sources, the light / dark period, and the composition of medium.

Keywords : carbon dioxide ; inorganic carbon ; microalgae ; Tetraselmis Chui

Table of Contents

封面內頁 簽名頁 授權書	iii 中文摘要	iv 英文摘要	vi 誌謝	vii 目錄
viii 圖目錄	xiii 表目錄	xxii 第一章 前言	1.1 研究緣起	1.2 研究目的與內容 1 第二
章 文獻回顧	2.1 溫室效應	3 2.1.1 溫室氣體種類	3 2.1.2 溫室氣體之產生	5 2.1.3 溫室效應之影響
6 2.2 二氧化碳之處理技術	7 2.2.1 化學溶劑吸收法	8 2.2.2 生物固定法簡介	8 2.2.3 目前各種二氧化碳	處理技術之缺點 11 2.2.4 整合鹼液吸收與光合作用 12 2.3 藻類的介紹 14 2.3.1 周氏扁藻 15 2.4 微藻之
培養方式 17 2.4.1 批次式培養	18 2.4.2 連續式培養	19 2.4.3 自營式培養	20 2.4.4 混營式培養	21 2.4.5 異營式
培養 22 2.5 影響微藻生長因素	23 2.5.1 光源	23 2.5.2 溫度	28 2.5.3 酸鹼值	29 2.5.4 微藻生長與
碳源濃度的關係 32 2.5.5 二氧化碳之供給	33 2.5.6 鹽度對微藻生長之影響	34 2.5.7 氮源對微藻生長的影響	35 2.5.8 磷源對微藻生長的影響	36 第三章 實驗材料及研究方法 3.1 藻種 38 3.2 微藻培養設備 41 3.2.1 BOD瓶靜置批
式培養系統 41 3.2.2 暗雙槽式反應器批式培養系統 42 3.3 實驗藥品 43 3.4 相關實驗設備 45 3.5 分析方法 47 3.5.1 藻體乾重	的測量 47 3.5.2 光學密度換算法 48 3.5.3 周氏扁藻之比生長速率 與產率之計算方式 50 3.5.4 周氏扁藻之碳固定率計算方式	50 3.6 實驗設計 51 3.6.1 微藻生長與鹽度的關係 51 3.6.2 微藻生長與碳酸氫鈉濃度的關係 52 3.6.3 微藻生長與光照強度的關	係 53 3.6.4 相同起始pH值下微藻生長 與光照強度的關係 54 3.6.5 探討氮源濃度對微藻生長的影響 55 3.6.6 探討磷源濃度對	微藻生長的影響 55 3.6.7 探討初始pH值對微藻生長的影響 56 3.6.8 探討不同碳酸鈉濃度對微藻生長的影響 57 3.6.9 培養基
配方濃度減半對微藻生長的影響 59 3.6.10 混合配方之不同混合比例 對微藻生長的影響 60 3.6.11 混合配方之不同碳酸氫鈉	濃度對微藻生長的影響 61 3.6.12 混合配方之打入空氣培養微藻實驗 62 3.6.13 混合配方與韋音配方之不同 光照週期培養微	藻實驗 63 3.6.14 探討不同配方及不同碳源 對微藻生長的影響 64 3.6.15 明暗雙槽式反應器來培養 周氏扁藻的效果 66 第四	章 實驗結果 4.1 不同鹽度實驗，ASN-III配方 67 4.2 不同無機碳濃度實驗，韋音配方 70 4.3 不同光照強度實驗，韋音配方	80 4.4 不同磷源濃度實驗，韋音配方 89 4.5 不同氮源濃度實驗，韋音配方 92 4.6 不同初始pH值實驗，韋音配方 95 4.7 不同
碳酸鈉濃度實驗，韋音配方 98 4.8 不同配方及不同碳源實驗 101 4.9 韋音配方濃度減半實驗 104 4.10 ASN-III配方濃度減半	實驗 107 4.11 不同光照強度實驗，混合配方 A70%+W30% 110 4.12 碳酸氫鈉添加濃度實驗，混合配方 A70%+W30% 113	4.13 光照週期實驗，混合配方A70%+W30% 與韋音配方 117 4.14 混合配方之不同混合比例實驗 121 4.15 打入空氣培養實	驗，混合配方 A70%+W30% 125 4.16 周氏扁藻的概日韻律 128 4.17 光照周期12/12 L/D明暗交替會造成 微藻生質	量波動變化 131 4.18 兩種培養基配方之效果討論 136 第五章 結論與未來發展方向 5.1 結論 138 5.2 未來發展方向 140 參考
文獻 141 附錄一 檢量線圖及線性關係方程式 148 附錄二 製作檢量線詳細數據資料 149 附錄三 將橫座標之單位改成藻體乾				

重 (mg/L) 之檢量線圖 150 附錄四 韋音配方之不同光照強度實驗結果 全部數據比較圖, 生質量表示 151 附錄五 韋音配方之不同光照強度實驗結果 全部數據比較圖, 碳固定率表示 152 附錄六 韋音配方之不同氮源及磷源濃度實驗結果 總圖, 生質量表示 152 附錄七 韋音配方之不同氮源及磷源濃度實驗結果 總圖, 碳固定率表示 153 附錄八 尋找適合高濃度無機碳源環境下生長之 微藻品種的結果 154 圖目錄 圖2-1 周氏扁藻照片 15 圖2-2 水中碳酸體系的各形態分率與pH值之關係 30 圖3-1 BOD瓶靜置批式培養反應器系統 41 圖3-2 明暗雙槽式反應器批式培養系統 42 圖4-1 不同鹽度下周氏扁藻生長曲線 68 圖4-2 不同鹽度下周氏扁藻產率隨時間之變化 68 圖4-3 不同鹽度下周氏扁藻比生長速率隨時間之變化 69 圖4-4 不同鹽度下周氏扁藻碳固定率隨時間之變化 69 圖4-5 不同無機碳濃度下周氏扁藻生長曲線, 光強度, 30000Lux, 培養基: 韋音配方 71 圖4-6 不同無機碳濃度下周氏扁藻產率隨時間之變化, 光強度: 30000Lux, 培養基: 韋音配方 71 圖4-7 不同無機碳濃度下周氏扁藻比生長速率隨時間之變化, 光強度: 30000Lux, 培養基: 韋音配方 72 圖4-8 不同無機碳濃度下周氏扁藻pH值隨時間之變化, 光強度: 30000Lux, 培養基: 韋音配方 72 圖4-9 不同無機碳濃度下周氏扁藻碳固定率隨時間之變化, 光強度: 30000Lux, 培養基: 韋音配方 73 圖4-10 不同無機碳濃度下周氏扁藻生長曲線, 光強度: 7500Lux, 培養基: 韋音配方 74 圖4-11 不同無機碳濃度下周氏扁藻產率隨時間之變化, 光強度: 7500Lux, 培養基: 韋音配方 75 圖4-12 不同無機碳濃度下周氏扁藻比生長速率隨時間之變化, 光強度: 7500Lux, 培養基: 韋音配方 75 圖4-13 不同無機碳濃度下周氏扁藻pH值隨時間之變化, 光強度: 7500Lux, 培養基: 韋音配方 76 圖4-14 不同無機碳濃度下周氏扁藻碳固定率隨時間之變化, 光強度: 7500Lux, 培養基: 韋音配方 76 圖4-15 不同無機碳濃度下周氏扁藻生長曲線, 光強度: 15000Lux, 培養基: 韋音配方 77 圖4-16 不同無機碳濃度下周氏扁藻產率隨時間之變化, 光強度: 15000Lux, 培養基: 韋音配方 78 圖4-17 不同無機碳濃度下周氏扁藻比生長速率隨時間之變化, 光強度: 15000Lux, 培養基: 韋音配方 78 圖4-18 不同無機碳濃度下周氏扁藻pH值隨時間之變化, 光強度: 15000Lux, 培養基: 韋音配方 79 圖4-19 不同無機碳濃度下周氏扁藻碳固定率隨時間之變化, 光強度: 15000Lux, 培養基: 韋音配方 79 圖4-20 不同光照強度下周氏扁藻生長曲線, 碳酸氫鈉濃度: 20g/L, 培養基: 韋音配方 80 圖4-21 不同光照強度下周氏扁藻產率隨時間之變化, 碳酸氫鈉濃度: 20g/L, 培養基: 韋音配方 81 圖4-22 不同光照強度下周氏扁藻比生長速率隨時間之變化, 碳酸氫鈉濃度: 20g/L, 培養基: 韋音配方 81 圖4-23 不同光照強度下周氏扁藻pH值隨時間之變化, 碳酸氫鈉濃度: 20g/L, 培養基: 韋音配方 82 圖4-24 不同光照強度下周氏扁藻碳固定率隨時間之變化, 碳酸氫鈉濃度: 20g/L, 培養基: 韋音配方 82 圖4-25 不同光照強度下周氏扁藻生長曲線, 碳酸氫鈉濃度: 40g/L, 培養基: 韋音配方 83 圖4-26 不同光照強度下周氏扁藻產率隨時間之變化, 碳酸氫鈉濃度: 40g/L, 培養基: 韋音配方 84 圖4-27 不同光照強度下周氏扁比生長速率隨時間之變化, 碳酸氫鈉濃度: 40g/L, 培養基: 韋音配方 84 圖4-28 不同光照強度下周氏扁pH值隨時間之變化, 碳酸氫鈉濃度: 40g/L, 培養基: 韋音配方 85 圖4-29 不同光照強度下周氏扁碳固定率隨時間之變化, 碳酸氫鈉濃度: 40g/L, 培養基: 韋音配方 85 圖4-30 不同光照強度下周氏扁藻生長曲線, 碳酸氫鈉濃度: 60g/L, 培養基: 韋音配方 86 圖4-31 不同光照強度下周氏扁藻產率隨時間之變化, 碳酸氫鈉濃度: 60g/L, 培養基: 韋音配方 87 圖4-32 不同光照強度下周氏扁比生長速率隨時間之變化, 碳酸氫鈉濃度: 60g/L, 培養基: 韋音配方 87 圖4-33 不同光照強度下周氏扁pH值隨時間之變化, 碳酸氫鈉濃度: 60g/L, 培養基: 韋音配方 88 圖4-34 不同光照強度下周氏扁碳固定率隨時間之變化, 碳酸氫鈉濃度: 60g/L, 培養基: 韋音配方 88 圖4-35 不同磷源濃度下周氏扁藻生長曲線, 培養基: 韋音配方 89 圖4-36 不同磷源濃度下周氏扁藻產率隨時間之變化, 培養基: 韋音配方 90 圖4-37 不同磷源濃度下周氏扁藻比生長速率隨時間之變化, 培養基: 韋音配方 90 圖4-38 不同磷源濃度下周氏扁藻pH值隨時間之變化, 培養基: 韋音配方 91 圖4-39 不同磷源濃度下周氏扁藻碳固定率隨時間之變化, 培養基: 韋音配方 91 圖4-40 不同氮源濃度下周氏扁藻生長曲線, 培養基: 韋音配方 92 圖4-41 不同氮源濃度下周氏扁藻產率隨時間之變化, 培養基: 韋音配方 93 圖4-42 不同氮源濃度下周氏扁藻比生長速率隨時間之變化, 培養基: 韋音配方 93 圖4-43 不同氮源濃度下周氏扁藻pH值隨時間之變化, 培養基: 韋音配方 94 圖4-44 不同氮源濃度下周氏扁藻碳固定率隨時間之變化, 培養基: 韋音配方 94 圖4-45 不同初始pH值下周氏扁藻生長曲線, 培養基: 韋音配方 95 圖4-46 不同初始pH值下周氏扁藻產率隨時間之變化, 培養基: 韋音配方 96 圖4-47 不同初始pH值下周氏扁藻比生長速率隨時間之變化, 培養基: 韋音配方 96 圖4-48 不同初始pH值下周氏扁藻pH值隨時間之變化, 培養基: 韋音配方 97 圖4-49 不同初始pH值下周氏扁藻碳固定率隨時間之變化, 培養基: 韋音配方 97 圖4-50 不同碳酸鈉濃度下周氏扁藻生長曲線, 培養基: 韋音配方 98 圖4-51 不同碳酸鈉濃度下周氏扁藻產率隨時間之變化, 培養基: 韋音配方 99 圖4-52 不同碳酸鈉濃度下周氏扁藻比生長速率隨時間之變化, 培養基: 韋音配方 99 圖4-53 不同碳酸鈉濃度下周氏扁藻pH值隨時間之變化, 培養基: 韋音配方 100 圖4-54 不同碳酸鈉濃度下周氏扁藻碳固定率隨時間之變化, 培養基: 韋音配方 100 圖4-55 不同配方及不同碳源下周氏扁藻生長曲線 101 圖4-56 不同配方及不同碳源下周氏扁藻產率隨時間之變化 102 圖4-57 不同配方及不同碳源下周氏扁藻比生長速率 隨時間之變化 102 圖4-58 不同配方及不同碳源下周氏扁藻pH值隨時間之變化 103 圖4-59 不同配方及不同碳源下周氏扁藻碳固定率 隨時間之變化 103 圖4-60 韋音配方濃度減半後周氏扁藻生長曲線 104 圖4-61 韋音配方濃度減半後周氏扁藻產率隨時間之變化 105 圖4-62 韋音配方濃度減半後周氏扁藻比生長速率 隨時間之變化 105 圖4-63 韋音配方濃度減半後周氏扁藻pH值隨時間之變化 106 圖4-64 韋音配方濃度減半後周氏扁藻碳固定率 隨時間之變化 106 圖4-65 ASN-III配方濃度減半後周氏扁藻生長曲線 107 圖4-66 ASN-III配方濃度減半後周氏扁藻產率 隨時間之變化 108 圖4-67 ASN-III配方濃度減半後周氏扁藻比生長速率 隨時間之變化 108 圖4-68 ASN-III配方濃度減半後周氏扁藻pH值 隨時間之變化 109 圖4-69 ASN-III配方濃度減半後周氏扁藻碳

固定 隨時間之變化 109 圖4-70 不同光照強度下周氏扁藻生長曲線，培養基：混合配方，碳酸氫鈉濃度：20g/L
 110 圖4-71 不同光照強度下周氏扁藻產率隨時間之變化，培養基：混合配方，碳酸氫鈉濃度：20g/L 111 圖4-72 不同光照強度下周氏扁藻比生長速率隨時間之變化，培養基：混合配方，碳酸氫鈉濃度：20g/L 112 圖4-73 不同光照強度下周氏扁藻pH值隨時間之變化，培養基：混合配方，碳酸氫鈉濃度：20g/L 113 圖4-74 不同光照強度下周氏扁藻碳固定率隨時間之變化，培養基：混合配方，碳酸氫鈉濃度：20g/L 114 圖4-75 不同碳酸氫鈉添加濃度下周氏扁藻生長曲線，培養基：混合配方 (A70%+W30%) 115 圖4-76 不同碳酸氫鈉添加濃度下周氏扁藻產率隨時間之變化，培養基：混合配方 (A70%+W30%) 116 圖4-77 不同碳酸氫鈉添加濃度下周氏扁藻比生長速率隨時間之變化，培養基：混合配方 (A70%+W30%) 117 圖4-78 不同碳酸氫鈉添加濃度下周氏扁藻pH值隨時間之變化，培養基：混合配方 (A70%+W30%) 118 圖4-79 不同碳酸氫鈉添加濃度下周氏扁藻碳固定率隨時間之變化，培養基：混合配方 (A70%+W30%) 119 圖4-80 不同光照週期下周氏扁藻生長曲線，培養基：混合配方、韋音配方 120 圖4-81 不同光照週期下周氏扁藻產率隨時間之變化，培養基：混合配方、韋音配方 121 圖4-82 不同光照週期下周氏扁藻比生長速率隨時間之變化，培養基：混合配方、韋音配方 122 圖4-83 不同光照週期下周氏扁藻pH值隨時間之變化，培養基：混合配方、韋音配方 123 圖4-84 不同光照週期下周氏扁藻碳固定率隨時間之變化，培養基：混合配方、韋音配方 124 圖4-85 混合配方之不同混合比例下周氏扁藻生長曲線 125 圖4-86 混合配方之不同混合比例下周氏扁藻產率 隨時間之變化 126 圖4-87 混合配方之不同混合比例下周氏扁藻比生長速率 隨時間之變化 127 圖4-88 混合配方之不同混合比例下周氏扁藻pH值 隨時間之變化 128 圖4-89 混合配方之不同混合比例下周氏扁藻碳固定率 隨時間之變化 129 圖4-90 打入空氣培養周氏扁藻生長曲線，培養基：混合配方 130 圖4-91 打入空氣培養周氏扁藻產率隨時間之變化，培養基：混合配方 131 圖4-92 打入空氣培養周氏扁藻比生長速率隨時間之變化，培養基：混合配方 132 圖4-93 打入空氣培養周氏扁藻pH值隨時間之變化，培養基：混合配方 133 圖4-94 打入空氣培養周氏扁藻碳固定率隨時間之變化，培養基：混合配方 134 圖4-95 概日韻律實驗中pH值約在10.8，變化並不大(溫度則以恆溫冷卻水機固定在25oC) 135 圖4-96 比較周氏扁藻在semi日照與全沒照光的情況下的概日韻律 136 圖4-97 光照周期12/12 L/D造成微藻生質量波動變化之生長曲線 137 圖4-98 光照周期12/12 L/D造成微藻生質量波動變化之產率隨時間變化圖 138 圖4-99 光照周期12/12 L/D造成微藻生質量波動變化之生長速率隨時間變化圖 139 圖4-100 光照周期12/12 L/D造成微藻生質量波動變化之 pH值隨時間變化圖 140 圖4-101 光照周期12/12 L/D造成微藻生質量波動變化之 碳固定率隨時間變化圖 141 圖4-102 光照周期12/12 L/D造成微藻生質量波動變化之 溶氧值隨時間變化圖 142 圖4-103 光照周期12/12 L/D造成微藻生質量波動變化之 溫度隨時間變化圖 143 表目錄 表2-1 主要的溫室氣體種類及性質 4 表2-2 我國能源部門溫室氣體排放趨勢 6 表2-3 化學溶劑吸收法與生物固定法之比較 14 表2-4 微藻培養方式的優缺點 20 表2-5 各種光源之照度 27 表3-1 微藻 *Tetraselmis chui* 的相關資料 38 表3-2 改良後之ASN-III培養基成份(呂誌翼等, 1997) 39 表3-3 Walne 培養基配方(Walne, 1974) 40

REFERENCES

- 山田勝己(1992), 微細藻類之應用, 恆星社厚生閣, 日本東京, pp. 1-31.
- 王進琦(1986), 基礎微生物學, 藝軒圖書出版社, pp. 217-241.
- 王藝蓉(2003), 以光生化反應器培養微藻生產脂肪酸, 大葉大學食品工程學系研究所碩士論文, 彰化台灣.
- 田宮博、渡邊篤(1965), 藻類實驗法, 南江堂, 日本東京, pp.24-104.
- 呂誌翼、白淑玲、張富龍、陳啟祥(1997), 利用二氧化碳藻類的研究與其應用, 溫室效應與能源開發, 中華生質能源學會, 台北市, pp. 94-108.
- 吳伯堂等(1988), 鈍頂螺旋藻海水馴化的初步研究, 海洋與湖沼, 第19(2)期, pp. 197-200.
- 林良平(1991), 小球藻之混營生長及微藻在生態生產上所扮演的角色, 中華生質能源學會會誌, 第10(3-4)期, pp. 89-98.
- 林安秋(1991), 作物之光合作用, 商務印書局, 台北市, pp. 141-145.
- 林俊成、李國忠、林裕仁(1999), 柳杉人工林碳貯存效果與適應成本研究. 台大實驗林研究報告, 第13期, pp.51-60.
- 馬小康等(1998), 國內CO₂溫室效應現況之研究, 第六章, pp. 1-14.
- 侯萬善、黃雪娟(2004), 工業溫室氣體盤查減量宣導手冊, 經濟部工業局編印.
- 姚南瑜(1987), 藻類生理學, 大連工學院出版社.
- 徐明光(1999), 臺灣的淡水浮游藻, 國立臺灣博物館出版, 台北市.
- 徐淑鳳、劉志芳(1990), 怎樣培養單胞藻飼料生物, 海洋出版社.
- 陳佳杏(1998), 溫度對單細胞藍綠藻生長率的影響與族群大小的季節性變化, 國立海洋大學海洋生物研究所碩士論文.
- 陳旭麗(2002), 小球藻 *Chlorella luteoviridis* 凝集素之分離與純化, 國立臺灣大學農業化學研究所碩士論文.
- 陳重修(2000), 二氧化碳及二氧化硫整合性控制技術之研究, 國立臺灣大學環境工程研究所碩士論文.
- 陳明耀(1997), 生物飼料培養, 水產出版社, 台北, pp.43-125.
- 陳茂松(1992), 二氧化碳回收及其處理技術, 臺電工程月刊, 第527期, pp.54-59.
- 陳俊興(1996), 利用海洋微藻生產 ω -3系列之多元不飽和脂肪酸, 大葉大學食品工程學系研究所碩士論文, 彰化台灣.
- 陳龍英(1990), 物理學(下), 三民書局, pp.29-31.
- 蔣菡(1992), 銅綠微囊藻在水庫中大量繁殖之生態因子的研究, 國立台灣大學植物研究所碩士論文.
- 黃祥瑞(2000), 以光合作用為反應參數之藻類毒性實驗設計, 國立交通大學環境工程研究所碩士論文.
- 許志義、陳澤義、周鳳瑛(1999), 溫室效應與永續發展:21世紀臺灣產業策略, 俊傑書局股份有限公司, 台北市.
- 梅鎮安、孫琦、容壽楡編著(1991), 光合作用, 淑馨出版社、北京大學出版社合作出版.
- 張義宏(2001), 利用本土性小球藻固定二氧化碳之技術開發, 國立台灣大學農業化學研究所博士論文, 台北, 台灣.
- 賈有元(2004), 綠藻 *Chlorella pyrenoidosa* NCHU-6之最適異營培養條件暨培養方法之研究, 國立中興大學食品科學系碩士論文.
- 劉志芳、徐淑鳳(1983), 湛江叉鞭藻液中殺滅尖鼻蟲的試驗, 水產科學, 第2期, pp.7-11.
- 葉安晉(1999), 混合醇胺溶液 (MEA/AMP) 去除二氧化碳氣體之填充式吸收塔設

計，第十六屆空氣污染控制技術研討會論文集。30. 葉育材 (1982)，光合作用-植物生產力的生理基礎，國立編譯館，台北市。31. 潘忠政 (2002)，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，彰化縣。32. 蘇惠美 (1999)，餌料生物之培養與利用，台北：臺灣省水產試驗所，pp.27-31。33. 樂嫻竹 (2003)，小球單胞藻內 6-4 光產物辨識蛋白之親和性分離與特性分析，國立臺灣海洋大學生物科技研究所碩士論文。34. 藍大鈞 (2002)，藻類固定二氧化碳與藻體的利用研究，長庚大學化學工程研究所碩士論文，林口，pp.12-16。35. 環保展望週刊第130期。36. 魏建功和高尚德 (1992)。1992年全國藻類學會論文摘要集 37. 魏國彥、許昇雄 (1997)，全球環境變遷導論，教育部環境保護小組 38. Alam, M. G. M., Jahan, N., Thalib, L., Wei, B. & Maekawa, T. (2001), " Effects of environmental factors on the seasonally change of phytoplankton populations in a closed freshwater pond ", Environ. Int., 27, pp. 363-371. 39. BBC News Online (April 13, 2004), " Plan to build emissions scrubber ". 40. Becker, E.W. (1994), " Microalgae: biotechnology and microbiology ", University of Cambridge Press, New York, pp. 293. 41. Berges, J.A., & P.G. Falkowski. (1998), " Physiological stress and cell depth in marine phytoplankton: Induction of proteases in response to nitrogen or light limitation ", Limnology and Oceanography, 43, pp. 129-135. 42. Brown, M. R., Dunstan, G. A., Jeffrey, S. W., Volkman, J. K., Barrett, S. M. & Leroi, J. M. (1993), " The influence of irradiance on the biochemical composition of the prymnesiophyte *Isochrysis* sp. (clone T. Iso) ", J. Phycol., 29, pp. 601-602. 43. Brown, P. (1996), " Global Warming ", Blandford London, pp. 235. 44. Coles, J. F. & Jones, R. C. (2000), " Effects of temperature on photosynthesis-light response and growth of four phytoplankton species isolated from a tidal freshwater river ", J. Phycol., 36, pp. 7-16. 45. Davidson, K., Flynn, K.J. & Cunningham, A. (1992), " Non-steady state ammonium-limited growth of marine phytoflagellate, *Isochrysis galbana* Parke ", The New Phytologist, 122, pp. 433-438. 46. Environment Almanac (1993) pp.314. 47. Eppley, R.W., & Rogers, J.N. (1970), " Inorganic nitrogen assimilation of *Ditylum brightwellii*, a marine plankton diatom ", Journal of Phycology, 6, pp. 344-351. 48. Falkowski, P.G., & Stone, D.P. (1975), " Nitrate uptake in marine phytoplankton: energy sources and the interaction with carbon fixation ", Marine Biology, 32, pp. 77-84. 49. Falkowski, P. G., Sukenik, A. & Herzig, R. (1989), " Nitrogen limitation in *Isochrysis galbana* (Haptophyceae). Relative abundance of chloroplast proteins ", Journal of Phycology, 25, pp. 471-478. 50. Freeman, Chris & Herzog, Howard (2004), " Peat bogs harbour carbon time bomb ", New Scientist, July 7. 51. Fogg G. E. & Thake, Brenda (1987), " Algal Culture and Phytoplankton Ecology ", Chapter 2. 52. Goldman, J. C. & Carpenter, E. J. (1974), " A kinetic approach to the effect of temperature on algal growth ", Limnol. Oceanogr., 19, pp. 756-766. 53. Hans, C. P., M., Hans, B., Udo, M. V. H., Bernd, M. A. K., Luuc, R. M. & Roger, A. B. (1996), " Application of light-emitting diodes in bioreactors: Flashing light effects and energy economy in algal culture (*Chlorella pyrenoidosa*) ", Biotechnology and Bioengineering, 50, pp. 98-107. 54. Harper, D. M. (1992), " Eutrophication of Freshwaters: Principles, Problems and Restoration ", Chapman & Hall. 55. Hopkins, E. F., Wann, F.B. (1926), " Relation of hydrogen-ion concentration to growth of *Chlorella* and to the availability of iron ", Botanical Gazette, 81, pp. 353-376. 56. Houghton, J.T. (1994), " Global Warming ", Cambridge University Press, pp. 251. 57. Ibelings, B. W., Kroon, B. M. A. & Mur, L. R. (1994), " Acclimation of photosystem II in a cyanobacterium and a eukaryotic green alga to high and fluctuating. photosynthetic photon flux densities, simulating light regimes induced by mixing in lakes ", New Phytol., 128, pp. 407-424. 58. Kaplan, D., Cohen, Z. & Abeliovich, A. (1986), " Optimal growth conditions for *Isochrysis galbana* ", Biomass, 9, pp. 37-48. 59. Kratz, W. A. & Myers, J. (1995), " Nutrition and growth of several blue-green algae ", Am. J. Bot., 42, pp. 282-287. 60. McCarthy, J. J., Taylor, W. R. & Taft, J. L. (1977), " Nitrogenous nutrition of the plankton in the Chesapeake Bay. I. Nutrient availability and phytoplankton preferences ", Limnology and Oceanography, 22, pp. 996-1011. 61. Morris, I. (1980), " The Physiological Ecology of Phytoplankton ", Blackwell Scientific Publication, Oxford, pp. 625. 62. Mur, L. R. & Schreurs, H. (1995), " Light as a selective factor in the distribution of phytoplankton species ", Wat. Sci. Tech., 32(4), pp. 25-34. 63. Murphy, P.P., & Lamb, M.F. (1995), " The role of pH measurements in modern oceanic CO₂-system characterizations: precision and thermodynamic consistency ", Deep Sea Research, 42, pp. 403-411. 64. Strickland, J. D. H., Holm-Hansen, O., Eppley, R.W. & Linn, R. J. (1969), " The use of a deep tank in plankton ecology. I. Studies of the growth and composition of phytoplankton crops at low nutrient levels ", Limnology and Oceanography, 14, pp. 23-34. 65. Stryer, L. (1996), " Biochemistry (4th edition) ", W.H. Freeman and Company, New York, p. 795. 66. Theodorou, M.E., Elrif, I.R., Turpin, D.H. & Plaxton, W.C. (1991), " Effects of phosphorus limitation on respiratory metabolism in the green alga *Selenastrum minutum* ", Plant Physiology, 95, pp. 1089-1095. 67. Turpin, D.H. (1991), " Effect of inorganic N availability on algal photosynthesis and carbon metabolism ", Journal of Phycology, 27, pp. 14-20. 68. Tyler, G. & Miller, JR. (2001), " Environmental Science (Sixth Edition) ", Machill. 69. Vanshak, A. (1993), " Microalgae: Laboratory Growth Techniques and the Biotechnology of Biomass Production. In Photosynthesis and Production in a Changing Environment ", D. O. Hall et al., Chapman & Hall, London. 70. Wada, E., & Hattori, A. (1971), " Nitrite metabolism in the euphotic layer of the central North Pacific Ocean ", Limnology and Oceanography, 16, pp. 766-772. 71. Walne, P. R. (1974), " Culture of Bivalve Molluscs. 50 years ' experience at Conwy ", England: Fishing News Ltd., p.173. 72. Wyman, M. & Fay, P. (1986), " Underwater light climate and the growth and pigmentation of planktonic blue-green algae (cyanobacteria) II ", Proc. R. Soc. Lond., B 227, pp. 367-380.