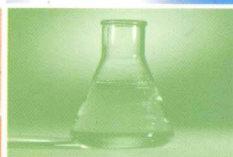


藍菌研究

李炎 編著



藝軒圖書出版社

藍菌研究

李 炎 編著

藝軒圖書出版社

國家圖書館出版品預行編目資料

藍菌研究／李 炎編著. --第一版. --臺北縣

新店市：藝軒，2005[民 94]

面；公分.

含參考書目

ISBN 957-616-838-4 (平裝)

1. 藍綠藻植物

379.66

94013015

本書任何部分之文字或圖片，如未獲得本社書面同意，
不得以任何方式抄襲、節錄及翻印

新聞局出版事業登記證局版台業字第一六八七號

藍菌研究

編著者：李 炎

發行所：藝軒圖書出版社

發行人：彭 賽 蓮

總公司：台北縣新店市寶高路 7 巷 1 號 5 樓

電話：(02) 2918-2288

傳真：(02) 2917-2266

網址：www.yihscient.com.tw

E-mail：yihscient@msl7.hinet.net

總經銷：藝軒圖書文具有限公司

台北市羅斯福路三段 316 巷 3 號

(台大校門對面，捷運新店線公館站)

電話：(02) 2367-6824

傳真：(02) 2365-0346

郵政劃撥：01062928

台中門市

台中市北區五常街 178 號

(健行路 445 號，宏總加州大樓)

電話：(04) 2206-8119

傳真：(04) 2206-8120

大夫書局

高雄市三民區十全一路 107 號

(高雄醫學大學正對面)

電話：(07) 311-8228

本公司常年法律顧問／魏千峰、邱錦添律師

二〇〇五年十月第一版

ISBN 957-616-838-4

※本書如有缺頁、破損或裝訂錯誤，請寄回本公司更換。

讀者訂購諮詢專線：(02) 2367-0122

自序

學習藍菌逾 20 年，發現藍菌對人類的應用價值與日俱增，在石化能源漸趨枯竭之際，藍菌產氫可為生物再生能源，藍菌萃取物在醫藥上的應用益增，藍菌對環境污染物分解的應用，藍菌健康食品的推廣，移民外星球先驅的應用〔產氧、改變星球大氣、早期星際移民食物〕，藍菌固氮機制應用至植物以加速植物生長等，都使我們愈來愈需要對藍菌有更多的瞭解。

因見國內生物相關學門的研究所相繼成立，藍菌有許多值得鑽研的項目，在國外有專設的研究所或研究中心，國內目前尚無，但研究生若有興趣，投入藍菌研究，不失為一條對人類有貢獻的路。而國內尚無藍菌專書，後學才學淺薄只是藉此拋磚引玉，尚祈 專家學者多所指正，感激不盡。

並祝各位讀者身心康健 事事順心

後學 李炎 謹啟

2005/08/25

目次

前 言

p. 1

參考資料..... 6

第 1 章 藍菌概述及分類依據

p. 11

藍菌概述..... 12

藍菌的分類依據..... 16

參考資料..... 20

第 2 章 藍菌的純化與培養保存

p. 23

實驗室培養藍菌的方法 24

藍菌的大量培養法 27

藍菌純菌分離..... 31

藍菌的保存..... 33

參考資料..... 34

第 3 章 藍菌的分類檢索

p. 37

藍菌的簡要分類檢索表 38

參考資料..... 54

第 4 章 藍菌的光合作用

p. 61

藍菌光合作用的機制 62

藍菌 CO₂ 的固定 66

參考資料..... 70

第5章 藍菌的固氮作用

p. 73

藍菌氮的利用	74
藍菌固氮機制	75
固氮基因調控與氮化物及氧對固氮作用的影響	77
異形細胞的形成	83
參考資料	84

第6章 藍菌的遺傳

p. 89

藍菌的基因組	90
藍菌噬菌體	92
藍菌的基因交換現象	93
藍菌 DNA 的萃取	96
參考資料	99

第7章 藍菌的應用

p. 103

食用	104
提取其它化學物質	105
生物肥料	107
廢水處理	108
生產含放射性（或含同位素[isotopes]）化合物	109
做為生態指標	109
產生氫氣	110
其它	116
參考資料	116

第 8 章 藍菌毒素

p. 119

藍菌毒素介紹.....	120
可能產藍菌毒素之菌種	125
藍菌毒素萃取.....	126
毒素毒性測試.....	127
藍菌毒素預防.....	129
參考資料.....	130

第 9 章 藍菌生態

p. 133

藍菌與藻類在生存上的競爭	134
藍菌與其它微生物的關係	135
藍菌與土臭味.....	135
藍菌控制.....	135
藍菌樣本採集與保存	136
參考資料.....	138

第 10 章 藍菌食品開發實例

p. 141

開發源起.....	142
材料與方法.....	142
結 果	151
討 論	157
誌 謝	159
參考資料.....	159

■ 結論

p. 161

參考資料 163

前言

目前世界上已知，以光做為全部或部分能源的原核生物（prokaryotes）可分 2 類。1 類是在光合作用過程中，可產生氧氣的（oxygenic），另 1 類是不產生氧氣的（anoxygenic）。會產生氧氣類都具有光合作用系統 I 與 II（photosystems PSI, PSII）統稱為藍細菌（Castenholz 2001）（以下簡稱藍菌）（cyanobacteria）（cyano 源自希臘文 *kyanos*，意為藍色，Castenholz and Waterbury 1989）（以往亦稱為藍綠藻-blue-green algae[Fay 1992]，為免與真核細胞的藻類混淆，藍菌學者乃倡議不再使用藍綠藻，而改用藍菌之名[Stanier and Cohen-Bazire 1977]，我在本書中，亦均採用藍菌一詞）。中又分 2 類：1 類是細胞兼具葉綠素 a（chlorophyll a, chl a），與葉綠素 b（chl b）的綠氧菌（chloroxybacteria），它們通常不具有藻膽體（phycobilisome），也就是通常不具有藻藍素（phycocyanin, PC）、藻紅素（phycoerythrin, PE）（Stolz 1991）、異藻藍素（allophycocyanin, APC）、或藻紅藍素（phycoerythrocyanin, PEC）（Holt and others 1994）。

有關綠氧菌的發現，在 1976 年，Ralph A.Lewin 在墨西哥 Buja California 的潮間帶的噴出口發現一單細胞、原核的生物。他在構造和化學成分上像藍菌，但似高等植物含有葉綠素 a 和 b，而且也缺藻膽素。Lewin 將此圓形單細胞的新生物命名，屬名為 *Prochloron*。1984 年，荷蘭的科學家在荷蘭 Loosdrecht 湖的洞穴裡發現了一絲狀的，且細胞構造和化學成分與 *Prochloron* 相似的原生生物，將之命名，屬名為 *Prochlorothrix*，他也具有葉綠素 a 和 b，且無藻膽素。生物學家因此認為 *Prochloron* 和 *Prochlorothrix* 可能是綠色植物葉綠體的祖先。這兩種新的生物有時被歸在藍菌門（Division Cyanobacteria），有時則被獨立於綠氧菌門（Division Chloroxybacteria）（或稱原綠藻門-Prochlorophyta），其分類特徵介於藍菌和綠藻之間。（參考資料：http://content.edu.tw/junior/bio/tc_wc/textbook/ch10/supply10-2-0.htm。2005/03/23）

另 1 類則只具有 chl a，通常不具 chl b。但是另外具有藻膽體，即都具有藻藍素、與異藻藍素 2 項（Erokhina 1989），而另外藻紅素或藻紅藍素則因不同之藍菌而異，有的有；有的無（Holt and others

1994；Schubert and others 1989；Stolz 1991；Whitton 1992；Wildman and Bowen 1974）。但它們也都具有一些胡蘿蔔素（carotenoids），如 β -胡蘿蔔素，或 γ -胡蘿蔔素，或玉米黃素（zeaxanthin）等類，（Holt and others 1994）。這些輔助色素能將光能吸收轉移至 chl a（鄭，李，等 1991）。但也發現有 1 種單細胞藍菌具 chl d 與 chl a 並有少量藻膽素（phycobilins）的（Castenholz 2001）。

有些藍菌，為了適應，例如在不同深度水中，會因所處環境中光線的綠與紅色光比率不同，而在紅光比率高時，會多產生藻藍素，在綠光比率高時，會多產生藻紅素。此現象被稱為互補色素調適（complementary chromatic adaptation）（Palenik 2001）。

藍菌在淡水，海水中都可找到它們的蹤跡，有的藍菌可生存在 74°C 的溫泉中，有的可生存於寒冷的南極凍原（Castenholz and Waterbury 1989；Whitton 1992），有些甚能抗旱（desiccation resistance）（Billi and others 1998），與耐鹽（HersHKovitz and others 1991）。甚至在有些沙漠中也能找它們，它們利用 1 年中短暫的冬天與春天的雨水而生長，其它時間則呈休止狀態（dormant）（Brock, Madigan, and others 1994），或利用露水（dew）維生（Whitton 1992）。它們也可能是最早由水生演化為陸生的光合作用生物（Winder and others 1989）。化石顯示它們在 25 億年前或可能更早，就已存在（Fay 1992），在前寒武紀（Precambrian，大約 5 億 9 千萬年前）時就已遍佈地球各處，也可能是地球上最早利用水為電子供應者，並產生氧氣的光合作用生物（Brock, Smith, and others 1994；Fay 1992），對早期產生大氣層中的氧與現今產生海水中的氧均相當重要（Whitton 1992）。有些藍菌會產生毒素（toxin），又以神經性毒素（neurotoxins）和肝毒素（hepatotoxins）為主（Castenholz 2001），人畜飲用含此種毒素的藍菌的水，或不慎攝食有毒藍菌，有時會造成腸胃炎（gastroenteritis），痢疾（diarrhea）等症狀，嚴重者甚至會死亡（Brock, Smith, and others 1994；Harada and others 1989；Lehtimaki and others 1997；Shirai, Ohtake, and others 1991；Sivonen, Carmichael, and others 1990；Sivonen,

Namikoshi, and others 1992 ; Utkilen 1992) 。另有的藍菌會引起某些游泳者紅斑丘疹疱性皮膚炎 (erythematous papulovesicular dermatitis) ，或過敏性 (allergic) 皮膚炎 (Utkilen 1992) 。

它們固定 CO_2 ，有些還能固定空氣中的氮，它們固定空氣中的氮的量約占全世界海洋中固定空氣中氮量的 1/4 (Stolz 1991) 。藍菌也是目前所知，世界上自然存在，唯一能行產生氧氣的光合作用，又能固定空氣中氮的生物 (Erokhina 1989) 。有些藍菌可形成有點類似細菌內孢子 (endospore) 的厚垣孢子 (akinete) (它能耐乾燥、冷凍、以及能在缺氧沉澱物中長期存活) (Castenholz and Waterbury 1989; Stolz 1991) 。這也是有些水塘乾枯後，當水再注入，就會有藍菌再生出來的原因 (參考資料：http://www.murraybluegreenalgae.com/detailed_biology.htm) 。還有的細胞會串成纖維狀 (filamentous) ，甚至在串成纖維狀的細胞中，有的還會分化出可專門用來固定空氣中的氮的異形細胞 (heterocyst) (Whitton 1992) (藍菌固定空氣中的氮，並非只有具異形細胞的菌種才行，有些不具異形細胞的菌種，例如；一種黏球藍菌 [*Gleocapsa alpicola*] [有關藍菌的分類命名均請參閱第 3 章]，與有些種的聚球藍菌 [*Synechococcus* strains] 均不形成異形細胞，也可固定空氣中的氮) (Bebout and others 1993 ; Fay 1992; Whitton 1992) 。有的藍菌與某些真菌類 (fungus) ，或綠藻類 (green alga) ，或多種類植物 (包括苔蘚類 [bryophyte]，蕨類 [pteridophyta]) ，等互利共生 (symbiosis) ，提供宿主固定空氣中的氮 (Gantar and others 1991; Gebhardt and Nierzwicki-Bauer 1991; Paulsrud and Lindblad 1998; Rasmussen and Svenning 1998) ，或提供不行光合作用的宿主的光合作用功能，甚至有的單細胞藍菌還被包於宿主細胞內，成為有如葉綠體 (chloroplast) 般的藍胞器 (cyannelle) (Castenholz and Waterbury 1989 ; Stanier and Cohen-Bazire 1977) 。且有些藍菌已被用於食品 (其實它也是地球上食物鏈 [food chain] 的重要基本生產者 [Heinanan and Kuparinen 1991]) ，或工業用途 (Richmond 1992) 。另外紅海 [Red Sea] 就是因一種藍菌，束毛藍菌 ([*Trichodesmium*]) 的大量繁殖，使海水染上一層紅色而得名)

（鄭，李，等 1991）。

而養殖的某些吳郭魚、鯉魚、虱目魚等，有時會發生臭土味，就可能是因魚類感染到魚腥藍菌（*Anabaena viguieri*）、巨孢魚腥藍菌（*Anabaena macrospora*）或小顫藍菌（*Oscillatoria tenuis*）等的緣故（丁及李 1988）。

有的藍菌常漂浮於水面（海面、湖面、或養殖池面）（有些浮游性藍菌，還可用細胞內氣泡來調節浮力，當日光強時，細胞內氣泡會破裂，減低浮力，以沉至較深水域，防止光氧化作用[photooxidation]。日光弱時，細胞內氣泡又增加，以增浮力，而浮至水面[Fay 1992]）。當它們（例如束毛藍菌[*Trichodesmium thiabouti* 及 *T. hildebrandtii*]大量繁殖時，在海面形成赤潮（red tides）（Molt 1999），使海水發生腥味，俗稱“臭水”（鄭、李、等 1991）。在淡水湖面或養殖池面則生成“水華”（water bloom）（例如；微囊藍菌[*microcystis*]和魚腥藍菌[*Anabaena*]），對經濟水產動物是有害的。（丁及李 1988；鄭、李、等 1991；Gu and Alexander 1993；Sivonen, Kononen, and others 1989）。在高溫、長日照、低水期（low-flow period）、水流速小（slow flowing）、優養化（eutrophication）（尤以磷、氮含量高時）的情形下較易發生（水中含磷量在 0.1mg/liter 即可能使藍菌大量繁生）（參考資料：http://www.murraybluegreenalgae.com/detailed_biology.htm。2005/03/24、<http://www.cas.cn/html/Books/O61BG/b1/2002/4.2%20.htm>。2005/03/23、[http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/toxicyanobact/ch03.html](http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/toxiccyanobact/ch03.html)。2005/03/24），有時也影響海灘遊客的遊興（Molt 1999），因此藍菌不但在學術上，與應用上都值得加以研究。

參考資料

- 丁雲源，李武忠，1988，台灣地區養殖池常見之浮游生物圖鑑，2,4 頁，農業委員會漁業特刊第 14 號，行政院農業委員會。
- 鄭重，李少菁，許振祖，1991，海洋浮游生物學，102-109 頁，水產出版社，基隆。
- Bebout BM, Fitzpatrick MW, Paerl HW, 1993. Identification of the Sources of Energy for Nitrogen Fixation and Physiological Characterization of Nitrogen-Fixing Members of a Marine Microbial Mat Community. *Appl. Environ. Microbiol.* 59: 1495-1503.
- Billi D, Caiola MG, Paolozzi L, Ghelardini P, 1998. A Method for DNA Extraction from the Desert Cyanobacterium *Chroococcidiopsis* and Its Application to Identification of *ftsZ*. *Appl. Environ. Microbiol.* 64: 4053-4056.
- Brock TD, Smith DW, Madigan MT, 1994. *Biology of Microorganisms*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs. p 644-650.
- Brock TD, Madigan MT, Martinko JM, Parker J, 1994. *Biology of Microorganisms*. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs. p 734-737.
- Castenholz RW, 2001. Oxygenic Photosynthetic Bacteria. In: Boone DR, Castenholz RW, editors. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. 2nd edition. Vol. 1: 473-487. Springer. New York.
- Castenholz RW, Waterbury JB, 1989. Oxygenic Photosynthetic Bacteria. In: : Stanley JT, Bryant MP, Pfennig N, Holt JG, editors. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology* 1st edition. Vol.3: 1711-1805. Williams & Wilkins.
- Erokhina LG, 1989. Special Characteristics of Nitrogen-Fixing Cyanobacteria. p 764-770. Plenum Publishing Corporation. Translated from *Fiziologiya Rastenii*. 35(5): 994-1000.
- Fay P, 1992. Oxygen Relations of Nitrogen Fixation in Cyanobacteria. *Microbiol. Rev.* 56(2): 340-373.
- Gantar M, Kerby NW, Rowell P, Obreht Z, 1991. Colonization of Wheat (*Triticum vulgare* L.) by N₂-fixing Cyanobacteria: I. A Survey of Soil Cyanobacterial Isolates Forming Associations With Roots. *New Phytol.* 118: 477-483.

原
书
缺
页

原
书
缺
页

riol. 117(2): 866-881.

Winder BD, Matthijs HCP, Mur LR, 1989. The Role of Water Retaining Substrata on the Photosynthetic Response of Three Drought Tolerant Phototrophic Micro-Organisms Isolated from a Terrestrial Habitat. Arch. Microbiol. 152: 458-462.