

養 培

藻 · 微

猪 飼

雞 飼

鴨 飼

• 南 秉 宋 •



(一) 什麼是微藻？

藻類是水生植物，範圍很廣。大的如海帶，有幾丈長。小的肉眼看不見，要用放大鏡顯微鏡才能看到。沒有根莖葉的區別的單細胞，或幾個細胞相連的藻類，叫做微藻。是浮生類植物的一部分。

微藻中對於浮生動物和較大水生動物如魚蝦生長很有關係的，有微綠藻、藍藻和硅藻。例如魚塢中所長的底生藍藻是虱目魚的必要飼料，硅藻中的 *Skeletonema Costatum* 是飼養草蝦幼苗的必要飼料。綠藻中的小球藻 *Chlorella* 和麥藻 *Scenedesmus* 是微綠藻中現在認為最有培養價值的兩種藻類。

Chlorella 是綠色球形單細胞的微綠藻，要用四百倍以上的顯微鏡，才看得清楚。中文翻譯的名字很亂。有人翻譯成葉綠藻，但在原字中是沒葉的意思。*Chlorella* 是綠的意思，-*le* 是小的意思，叫它小綠藻或小球藻都比較適宜。小綠藻可以說是直譯，小球藻在形態上表示出意義來，都比葉綠藻的意義明顯。

Scenedesmus 是四個、八個或十六個小長圓形或菱形的綠色細胞排在一起的。*Scene* 是幕的意思，*desmus* 是捆束的意思，好像一塊簾幕捆束起來的。因為形態多成菱形，叫它菱藻，這正和小球藻用形狀來分別，所以菱藻的名字已經應用得比較普遍。

藍藻和硅藻我們正開始研究。本篇所討論的是小球藻和菱藻。

(二) 為什麼對微藻發生興趣？

(1) 人口的增加和糧食的增產不配合
日本在第二次世界大戰以前，侵略中國，它的口號就是日本有八千萬人口，擠在島上，糧食不夠，所以要佔領中國的東北。但是還不足，又要華北，引起中日戰爭。最後挑起二次世界大戰。

德國希特勒佔領了法國比利時波蘭等國，也因糧食不夠，要想佔領俄國的黑土產麥區，攻打俄國。最後德國失敗，還是因為歐洲糧食不夠，發生

大饑荒，餓死許多人民和戰俘。
二次大戰結束後，世界各國都在努力增產糧食，聯合國更有一個理想，認為糧食足，才可免除戰爭。但是戰後因為醫藥發達，死亡人數減少，出生人口增加很快，尤其亞洲各國，人口增加最多。因此，現在糧食有餘的祇有美國、加拿大和澳洲，都是人口比較稀少的地區。其他各地有的勉強自給，大多數還要靠輸入。
臺灣的米糖有剩餘，可以輸出。但是蛋白質的糧食和飼料都很缺乏，每年要輸入十幾萬噸的大豆。如照事實需要，再增加大豆輸入十萬噸還是不夠。因為這十幾年來，人口已經增加一倍以上。雖然我們從各方面努力增產大豆花生牛奶肉類和捕魚，增產的還是不夠人口增加的需要。因此，除掉繼續努力上述的各種作物和肉類奶類的增產外，我們還要尋找新的蛋白質含量高的而且生長快的作物。微藻是在這一個大目標下找出來的。

(2) 微藻改善糧食和飼料不夠的可能性
因為微藻在培養條件下，可以控制或促進它的生長，達到我們的要求。根據我們的試驗結果，單位面積的生長量，在現在的任何作物中，沒有一種作物能夠趕得上微藻這樣生長快，而且所含的蛋白質可以達到五〇%以上。

這是科學家追求新食物的一條理想途徑。很不幸的，像美國因為糧食過剩，因此，不論政府或民間，都不再鼓勵科學家從事這一方面進一步的研究。他們在二十年前（一九五五）已經從試驗室做到中間工場研究階段。但是再做大面積生產試驗便擱置了。祇有少數人想到太空旅行的應用上去，做些研究。

其他國家尤其糧食和飼料不夠的國家，雖然有些人在做這方面的研究和試驗，但又限於經費，發展很慢。

(3) 微藻可以改變生活環境
微藻的生長是靠光合作用，利用光能把碳酸氣和水合成碳水化合物，放出氧氣，再由碳水化合物經過酵素轉變成蛋白質和脂肪等。因此，它需要大量的碳酸氣。碳酸氣正是我們呼吸排出的廢氣，也

是烟肉放出的廢氣。假使能在住宅宿舍附近培養微藻，微藻吸收二氧化碳，放出氧氣，微藻生長快，人和家禽家畜得到比較新鮮的空氣。

(三) 微藻的生長和特性

(1) 微藻的光合作用

微藻的生長，主要是靠日光能的光合作用，製造養分生長的。但是在沒有光能時，也像其他沒有綠色素的微生物或動物利用有機物的能源生長。微藻的光合作用，可以分下列幾點敘述：

① 光源

微藻不僅能够利用日光，燈光也一樣能够利用。在試驗室裏，就是用燈光代替日光的。它和其他綠色植物一樣利用可見光，但對紫外光不能利用，而且比較有害。一般的說：在碳酸氣足夠時，光度越強，生長越快。臺灣中南部日照時間長，下雨時候不多，就是在雨季，也很少整天下雨的。所以在臺灣發展微藻生產，是最理想的地區之一。

② 碳酸氣

光合作用是把碳酸氣跟水在葉綠素中利用光能合成有機物 ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$)。微藻是生在水裏，水是不會缺乏的，但是水裏溶解的碳酸氣是隨溫度變化而不同的。水溫高時，水裏溶解的碳酸氣便很少，不夠微藻利用。如果在空氣裏添加碳酸氣到百分之五至百分之十之間，通到水裏，微藻生長很快。碳酸氣濃度太高，對微藻也有害，就是說，碳酸氣在空氣裏超過百分之十時，微藻生長不好。

微藻需要碳酸氣，要另外添加碳酸氣，在農家是件比較困難的事。因為碳酸氣在水裏溶解度跟水溫成反比，水溫越高，碳酸氣溶解減少，多餘的碳酸氣，又逃到大氣裏，所以在露天培養時，這個方法不很經濟。

③ 葉綠素

葉綠素是植物製造有機物的工廠。碳酸氣和水是原料。光是工廠用煤。沒有葉綠素便不會做出有機物。葉綠素量的多少影響製造量。高等植物祇有

葉裏才有葉綠素，生產有限。微藻整個細胞中就有大塊葉綠體，所以拿單位體積或重量說，微藻製造有機物的能力，遠比高等植物為高。這也是為什麼微藻是有希望的糧食的一個原因。

④ 水溫

過去歐美日本所採用的微藻，多是攝氏二十五度適溫的品種。臺灣南部每年祇有冬天才在二十五度以下，其他時間多在三十至三十五度左右，夏天中午可能達到三十八度以上。因此，他們所選的品種，在本省大半是不適用的。我們經常在選擇適宜的好藻種。現在我們所用的都是在臺南已經培養了五年以上，一直沒有退化的，比較能够適應較寬溫度變化的品種。

⑤ 肥料

微藻跟其他高等綠色植物一樣需要肥料。一般的說，井水裏的微量元素已經足夠，祇需添加氮磷鉀三要素。

我們發現應用自給肥料培養微藻，生長比較更有利。所以推廣微藻培養，建議儘量利用豬糞尿或雞鴨糞做肥料。化學肥料做補充肥料。

⑥ 酸鹼度

微藻生長的最高酸鹼度 (PH) 是在六·〇左右，但在五·九·〇之間都能生長。培養球藻的酸鹼度是在五·六·五。藻藻的範圍比較廣闊，這也是我們選擇藻藻的原因。

(四) 微藻農業化和工業化

(1) 試驗室的工作和大量培養的歷史

微藻生長快速，在五十年前已經被科學家發現，當時認為這種藻類是池塘的雜草，正如我們在田裏看到雜草一樣。二十年前科學家還是拿它做科學的研究，沒有想到如何利用。

十七年前，我國一位植物生理學教授，發表了一篇微生物農場的文章，認為微藻的經濟價值可能高過現有的作物。跟着引起許多學者注意，才把微藻當做未來食物而研究。

一九五三年，美國鋼鐵大王卡尼基研究基金會

出版了一本 *Algal Culture*，是美日德各國學者從實驗室到中間工場生產微藻的集體研究報告。

一九五八年，日本成立微藻研究所，做較大規模的試驗。最後這個研究所，由一家酸牛奶公司接辦。一九六四年，日本小球藻工業會社建立四個直徑三十二公尺的圓形培養池四個，相當於三千二百平方公尺培養面積，生產小球藻。

其他國家大規模試驗或大面積生產的，很少看到報告。

(2) 為什麼過去不能大量生產化？

大量生產，主要是看成本，不論在美國或日本，微藻大量生產的成本估計，都遠比大豆的單價成本為高。這是為什麼美國放棄大量生產或進一步研究的原因。

微藻成本高原因的分析：

① 培養槽的比較

▲密閉式的培養槽

(甲) 設備費用大。

(乙) 冷卻費用大。

(丙) 不容易大面積推廣。

▲開放式的培養槽

(甲) 設備費和冷卻費較省。

(乙) 通進水的碳酸氣又逃回大氣，碳酸氣費用大。

(丙) 雜菌問題嚴重。雜菌由空氣中飛來，最嚴重的雜菌是輪蟲紅筋蟲和其他原生動物，都可在很短時期內把微藻吃光。施用藥劑，藥劑費用可能比所得微藻價還高，不經濟。

② 共同的缺點：

(甲) 回收困難：因為微藻很小，要用高速分離機，才能分出來，而且要馬上乾燥，要不然，很快腐敗。

(乙) 乾燥費用高：乾燥的方法不同，微藻的營養價值高低相差很多，最差的祇有原來的一半，最高的也祇八成。

以上幾點是使微藻成本增加，不能大量生產的原因。
(未完，下期續)