

在水產養殖場使用光合菌的益處

黃世鈴、楊豐隆、黃麗玲

水產試驗所淡水繁養殖研究中心

前言

光合菌具有葉綠素或類胡蘿蔔素等色素，可以行光合作用合成自身所需的醣類或能量，是自然界的生產者；另可以分解小分子有機酸轉換成自身所需，也是自然環境的分解淨化者。養殖場上常用的光合菌菌株 (*Rhodobacter sphaeroides*, 淡水繁養殖研究中心所分離保存的菌株) 和其它有益的生態菌種「益生菌」，對水生環境和養殖場具有很多益處和效能。例如，它有助於淨化池底和改善水質；添加在飼料中口投給水產生物，會很快的在場道增殖，形成微菌落 (microflora)，具有整腸、促進消化和增加飼料效率的功效。最近的實驗結果顯示，鏈球菌疫苗配合光合菌或其它益生菌口投，可以有效調節魚體免疫力和增強魚體對抗疾病的能力。

本文說明光合菌菌種的分類位置、生理生態需求、與培養基的配製策略，下篇文章將繼續針對光合菌的培養與收成加以說明，包括怎麼培養適當種類的光合菌、怎麼保持菌種活力、長期培養的菌種要怎麼操作才不會導致弱勢化、純種的保存技術和共生菌的應用、如何維持菌種間的平衡及如何能隨手取得 (要多少就可以培養出多少)、環境上和腸道上應用光合菌的技術等。

光合菌的分類

光合菌 (Phototrophic bacteria) 的意思即為有色細菌如綠色和紫色細菌，細菌本身就是自然界的生產者，簡單的說，光合菌可以從日光得到生長的能量，從二氧化碳和有機碳得到自身需要的碳，亦即其可運用光合作用，從二氧化碳或有機碳合成自身所需的醣類或能量。其分類位置如下：

Kindom : Bacteria

Phylum : Proteobacteria (變形菌門)

Class : Alphaproteobacteria (α 變形菌綱)

Order : Rhodospirillales「分成 Acebacteriaceae (異營性細菌，主要為醋酸菌，能量從醋酸轉換而來) 及 Rhodospirillaceae (自營性細菌，主要為紫色非硫菌，能量從光合作用得到)」，Rhodospirillaceae 再依據 Bergey's manual of systematic bacteriology 進一步分類：

Family 1 : Rhodospirillaceae (紫色非硫菌 purple non-sulfur bacteria)

Family 2 : Chromatiaceae (紫色產硫菌 purple sulfur bacteria)

Family 3 : Chlorobiaceae (綠色細菌 green bacteria)

Family 4 : Chlorofleaceae (綠色絲狀嗜高溫光合作用細菌 filamentous, thermophilic, photosynthetic bacteria)

水產養殖池中使用光合菌的好處

以無負擔的方式，在池塘中使用光合菌來淨化池底及水質才是王道，池塘有機會達到無毒而穩定的生態環境，在優良的池塘養殖也可以得到健康而品質優良的養殖物。光合菌可以分解含氮有機物質和去除硫化氫等有毒物質，同時達到淨化環境和除臭的功效。光合菌生長的條件很簡單，只要有足夠的日光和有機碳或無機碳，可以在環境中大量增殖和長久存活，形成生態環境系統的一環，光合菌具有葉綠素 a 和葉綠素 b，利用光合作用將 CO_2 和 H_2O 合成自身所需的醣類(如表)，也可以直接利用分子較小的有機酸如乙酸、丙酸、琥珀酸等，所以在大量培養時也可以直接添加有機酸促進增殖。

定期在養殖池適當的使用生態菌(益生菌)等，去除有機物和含氮廢物，並將分解後的產物提供藻類利用，繁生適當的藻種水色維持優良水質，並且以菌種優勢原則，繁生的生態細菌可以抑制不良微生物或致病微生物的增殖，減少病害發生率和嚴重性。研究證據顯示，在養殖池使用優良的生態菌具有很好的功能，可以達到作水的基本理念「養殖成功的關鍵在於作水」的目標。簡單的說，光合菌主要的功能，包括減少有機物質量、延緩池塘老化的時間、減少病原大量繁生的機會、抑制病原菌增殖、繁殖優良的藻種及水色、淨化用水水質、直接或間接提高池塘溶氧量、促進養殖生物的成長和健康，並能達到減少或不使用化學藥劑的極致目標，所以池塘的管理可以應用養殖管理技術和優良生態菌來達到預期的目的。

光合菌的化學反應

紅色硫磺細菌和綠色硫磺細菌的化學反應	
1.	$\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \rightarrow (\text{CH}_2\text{O}) + \text{H}_2\text{O} + 2\text{S}$
2.	$\text{S} + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{CH}_2\text{O}) + \text{H}_2\text{SO}_2 + \text{H}_2 \nearrow$
3.	$2\text{CO}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2(\text{CH}_2\text{O}) + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$
紅色非硫磺細菌的化學反應	
1.	$\text{CO}_2 + 2\text{H}_2 \text{ Acceptor} \rightarrow (\text{CH}_2\text{O}) + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{ Acceptor}$
2.	$\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2 \rightarrow 5(\text{CH}_2\text{O}) + \text{NaHCO}_3$
3.	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{CH}_2\text{O}) + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2 \nearrow$
高等綠色植物和藻類的光合作用	
1.	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{CH}_2\text{O}) + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

光合菌與其它益生菌應用在養殖環境中的效能

現階段的水產養殖理念中，推廣益生菌應用於水產養殖場是重要的一環，有些種類的益生菌可以應用在池塘環境的淨化，有些種類的益生菌可以改善腸道的細菌相(添加在飼料)，有些種類同時具有上述二種功能。本文對於光合菌與其它益生菌應用在養殖環境中的效能，進一步解釋。

一、節能減碳、創造生產力

早期粗放式養殖系統，在池塘中只有投入豆粕或草料等簡單的物質，生產力主要由藻類和有機碎屑與附在上面的微生物所提供，微生物並提供胺基酸、維生素、Q10、各種酵素、和微量元素，可以補充養殖物的營養需求和營養素的平衡，有助於提昇養殖物的健康和增強對疾病的抵抗力，有效提高水產物的產量，是節能減碳和創造生產力的最佳策略。

二、除臭和淨化環境

光合菌與相關種類的益生菌可以分解含

知識櫥窗

氮有機物質，分解死亡的生物屍骸中的胺基酸，具有去除臭味的效用，達到淨化環境的功效，同時也可以去除硫化氫等有毒物質。

三、抑制疾病的發生

實驗證明益生菌會分泌抑制性物質或殺菌素，直接或間接抑制病原菌的增殖，減少疾病的發生；池塘中使用大量光合菌等益生菌，可以與病原菌競爭生長的空間，與病原菌競爭營養鹽、與病原體競爭在細胞的附著位置等方式，直接或間接達到抑制病原菌的生長及增殖。

四、維持及穩定良好的水色水質

在高密度的養殖系統中，池塘的負擔非常重，有機物質的累積量很大，適度在養殖場中使用光合菌或其它益生菌，可以快速分解有機物質，有效減少堆積，雖然不能完全解決有機物質累積的問題，但可以減少有機物質質量，防止池底厭氧性細菌的增殖，和延緩池塘老化的時間；間接增加池塘溶氧量，一方面可以有效防止有機物質在分解過程形成有毒的中間產物，一方面可以將具毒性物質轉換成毒性較低甚至可供再利用營養鹽，例如，氨經由硝化作用轉變為亞硝酸，再轉變為硝酸，可供植物性浮游生物利用。實驗證明，使用益生菌的養殖場，藉由生態系統一連串的反應，確有穩定水質及平衡生態系統的功效。

五、直接或間接增進養殖物成長與健康

養殖場使用光合菌或其它益生菌確有穩定水質及平衡生態系統的功效，在良好藻類水色水質的池塘是水產養殖物最佳的生長環境，沒有壓力的生活條件中養殖物可以達到最佳的生長。此外，在養殖飼料中適當添加

優良的益生菌，經由消化道菌相的優勢性，消化道中存在大量的優良菌相確實可以改善養殖生物消化，對於促進養殖生物的消化與吸收能力有正面效應，效果如同優酪乳，直接或間接幫助養殖生物的健康與成長，增強對疾病的抵抗力和提高活存率，增進養殖物的健康和品質衛生，對於池塘生產力的增加有很大的幫助，並降低成本和增加市場競爭力，對於產業的永續具正面的意義。

六、增加天然餌料生物

國內外試驗報告顯示，利用光合菌來培養培養動物性浮游生物，可提高豐年蝦的活存率，添加的微生物（菌體）可供作原生動物的食物來源外，微生物本身具豐富的營養成分，同時也是養殖生物良好的餌料或營養來源。例如，研究報告指出 *Rhodobacter capsulatus* 含豐富的蛋白質、維生素及胺基酸等組成分，包括含高量甲硫胺酸及豐富維生素 B，添加後可提高仔魚成長率及活存率。



腸球菌、乳酸桿菌、枯草菌、微球菌及光合菌等以藻膠微粒包覆技術包被，再以球形研磨機磨成粉末，添加在飼料中餵食，對水產生物有正面的效果



光合菌，以無機鹽培養基在室外強光下大量培養，成長狀況及採收效果很好