

1855

從細菌學

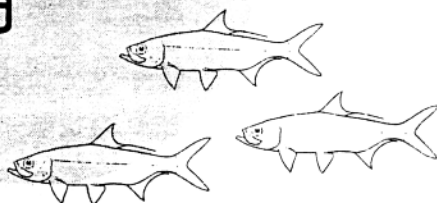
的觀點來談

養殖池中的

硝化作用

-2

●柯清水



三、硝化細菌的基本認知

對硝化作用具重要性之基本微生物群是硝化細菌。所謂硝化細菌乃泛指能將氨 (NH_3) 氧化成亞硝酸鹽 (NO_2^-) 或硝酸鹽 (NO_3^-) 的細菌。雖然有少數異營性微生物，例如某些細菌、真菌亦能進行硝化作用，也可以被稱為硝化細菌，但是一般所指的硝化細菌，如果沒有特別指明，應均指自營性 (autorrophic) 硝化細菌而言。

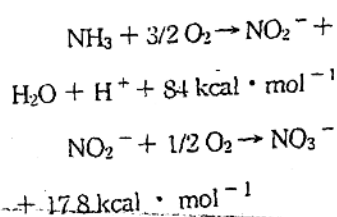
異營性硝化細菌 (如 *Pseudomonas* 及 *Bacillus*) 基本上仍靠分解有機廢物維生，不過在某些情況下，例如缺少有機資源，但有豐富的氨來源，以及在酸性環境下 (自營性硝化細菌無法作用)，則可以改變食性依靠氧化氨來生存。因此這類特別的細菌被稱為兼性異營性細菌 (facultative heterotrophs) 或兼性硝化細菌 (facultative nitrifier)。這類細菌在養殖池中雖然亦可能存在，但對硝化作用並無

多大貢獻 (contribution)，因為養殖池的環境比較適合它進行異營性生活。

自營性硝化細菌 (以下簡稱硝化細菌) 是本專題所要探討的對象。在自然界中共同執行硝化作用的硝化細菌有兩類：第一類是氨氧化細菌 (ammonia-oxidizing bacteria) 或稱亞硝酸菌 (nitrite bacteria)，它能在有氧的條件下，利用新陳代謝的程序將氨 (NH_3) 氧化分解成亞硝酸鹽 (nitrite)，並從中獲得賴

以維生的化學能 (Suzuki et al., 1974)。第二類是亞硝酸氧化細菌 (nitrite-oxidizing bacteria) 或稱硝酸菌 (nitrate bacteria)，它能在類似的條件下，將亞硝酸鹽轉化為硝酸鹽 (nitrate)。

發生在第一階段的硝化作用有時稱為亞硝酸化作用 (nitritation)，第二階段稱為硝酸化作用 (nitration)。兩作用均屬於放熱反應，不過前者所釋放之化學能較後者高約4倍左右。它們的反應式分別如下：



硝化細菌可以生存在含有濕度之土中及水中，此乃因它們需要水溶液環境 (aqueous environment) 方可獲得氧及其他生存資源。空氣中並不適合硝化細菌生存，但硝化細菌的活體或

「休眠體」(註：休眠是否能用於硝化細菌尚有爭議性) 亦可能與濕顆粒物體混在一起，隨風遷移到各地。雖然硝化細菌能在不同的環境生存，但是在自然界中之分佈依營養物質含量之多寡以及環境條件之性質而有所差異，即有些品種較適合生存於土壤中，另一些則較適合生存於水體中。

硝化細菌的家族成員被發現者並不是很多，至目前為止總計有9屬共十餘種，其中亞硝酸菌有5種菌屬如下：亞硝酸單胞菌屬 (Nitrosomonas)、亞硝酸球菌屬 (Nitrosococcus)、亞硝酸螺旋菌屬 (Nitrospira)、亞硝酸葉菌屬 (Nitrosolobus) 及亞硝酸威坡羅菌屬 (Nitrosovibrio) 等，它們在硝化作用中參與第一階段的反應，第二階段的反應則由硝酸菌負責，它們有4種菌屬如下：硝酸菌屬 (Nitrobacter)、硝酸球菌

屬 (Nitrococcus)、硝酸螺旋菌屬 (Nitrospira) 及硝酸史賓菌屬 (Nitrospina) 等 (Watson, 1971; Watson et al., 1986; Meincke et al., 1989)。

所有硝化細菌的家族成員都屬於革蘭氏陰性 (gram-negative)，因此可以透過革蘭氏染色 (stains) 作初步的確認。在細菌型態方面，科學家曾利用各種光學及電子顯微鏡加以觀察並確認大部份的硝化細菌均屬桿菌 (bacillus)，即菌體呈桿狀 (rod)，同時均為單細胞 (individual cell) 細菌。有些品種具有泳動性，另一些則否。能泳動的品種多具有鞭毛 (flagella)，其長度較菌體細胞本身長至數倍以上，柔弱纖細，呈絲狀而附著在細胞上，藉著鞭毛作規則的波浪狀伸縮的推動運動，使菌體能在水中自由泳動。

亞硝酸單胞菌屬的

europaea 品種是一種典型的非泳動性細菌，在一般的土壤中到處可發現它的蹤跡，菌體呈短桿狀 ($0.8 \times 1 \sim 2 \mu m$)，為有關硝化細菌的研究中，最被科學家所熟悉的一種 (Watson, 1971)。其他的亞硝酸單胞菌屬品種通常具有 1~2 根鞭毛可以在水中泳動，主要棲息於淡水或海水的沉積物 (sediments) 上 (Johnstone

and Jones, 1988; Voytek and Ward, 1995)。

一般言之，棲息於水體中的硝化細菌大多具有鞭毛，因此在水中可以自由活動，但也有少數不具活動性的品種通常只能生活在水底直到死亡為止。水體有淡水及海水之分，大部份的亞硝酸菌品種較喜歡生活於淡水中，大部份的硝酸菌品種較喜歡生活於海水中

(Alleman, 1987)。

四、硝化細菌的自營性特性

在細菌分類學 (Taxonomy) 上，硝化細菌先被歸類為自營性細菌 (autotrophic)，後又從自營性細菌中被分類為化學合成自營性細菌 (chemoautotrophs)。這種分類方法

正速利寶

主要成份：有機（鎳）元素、蒜精、Vitamin E、B₁、B₂、B₅、C、蒜素。

正速利寶

特殊功效：

- ▲含有機（鎳）元素，能促進血液循環、細胞的新陳代謝、改善體質，具抗病養生的功能。
- ▲提高禽畜活力，使雞冠鮮紅、羽毛鮮艷光澤、豬肉層體瘦肉紅潤。
- ▲〔蒜精〕能增進賀爾蒙的分泌、增強精蟲活力、提高受精（胎）率。

註冊

正速利寶

商標

Sue Ley Poa

- ▲促進母豬、牛（魚蝦）之正常發情與受胎、增加產仔數。
- ▲促進母豬、牛乳腺之分泌，使奶水充足，提高離乳時窩重。
- ▲〔蒜素〕能整腸健胃、幫助消化、提高飼料換肉（蛋）率，並使糞便乾鬆不臭。
- ▲殺菌力強，可預防飼料發霉所引起之胃腸不適（下痢或潰瘍）。
- ▲氣味芳香持久，為最佳的天然香料，能提高飼料的適口性，增進食慾。
- ▲小豬、魚蝦發育強健、活潑，減少下痢、氣喘病的發生。

員村企業有限公司

TEL: (04) 8292089 • 8292977

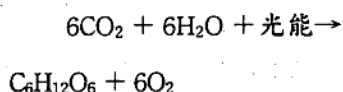
(classification) 當然與它某些生理特性有密切的關係。

首先我們來談什麼是自營性生物？簡單地說，所謂自營性生物就是不需提供有機物為碳源即可生長或繁殖的生物。它們可以在完全為無機物之培養基中生存，因為它們可以利用空氣或水中的二氧化碳或其他碳酸鹽類為碳源。

我們都知道，所有的生活生物均需要某些形式的碳源才能生存。例如，植物必須要利用二氧化碳才能生存，動物雖然不能利用二氧化碳為碳源，但也必須要攝取植物或其他動物中的有機物為碳源才能生存。植物與動物利用碳源最大的不同是，植物所用的碳源是無機碳（ CO_2 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} ），動物所利用的是有機碳（如醣類、脂肪及蛋白質等）。因此植物是一種典型的自營性生物，而動物則是一種典型的非自營性生

物或稱異營性生物。

地球上所有的有機碳都是由無機碳合成而來。植物可以透過生物程序（biological process）把無機碳轉化成有機碳，不過這個生物程序必須耗用能量才能進行。植物所用的能量是光能，為了強調這個能量來源，我們可以把植物稱為光能合成自營生物（photoautotroph），而其合成反應就是我們所熟悉的光合作用，可用下式表示：



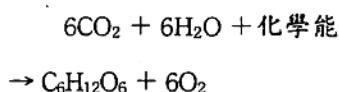
在細菌世界中，細菌對碳源的需求也分成兩大類，一類就如同植物一般是取自無機碳，稱為自營性細菌；另一類就好像動物一樣是取自有機碳，稱為異營性細菌。自營性細菌用於合成有機碳所需要的能量來源共有兩種：即光能及化學能。

有若干種類之細菌細胞中含有類似葉綠素一般的光

合色素，因此亦能進行光合作用把 CO_2 合成 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ，這類細菌就稱為光能合成自營細菌（photoautotroph）。在細菌學上被歸類為光合細菌（phototroph）的一類，它們在自營性細菌中的比例較少，而且多屬於厭氣性細菌（anaerobic bacteria）。

要能成為自營細菌必需具有將無機碳合成有機碳的能力。身為自營性細菌一員的硝化細菌當然也需要有這種本領才行，但它們用於合成有機物的能量不是光能，而是化學能。所以才被歸類為化學合成自營性細菌的一類。

硝化細菌巧妙地運用氨氧化或亞硝酸鹽氧化所獲得的化學能作為合成有機碳的能源，故也可以用於將 CO_2 合成 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 。其反應式如下：



硝化細菌除了像植物一

樣可以進行醣類的合成反應外，它同時也必須要吸收外界的無機營養物質，例如，鐵、錳、磷、鉀、鈣、鎂等無機離子，以用於代謝成為許多它生長所需的複雜化合物，如蛋白質、脂肪及酵素等。因此，對硝化細菌來說，其生化反應程序就如同植物一般的複雜。從營養學的觀點來看，硝化細菌用於生長所要求的營養物質，

其實與植物並無多大的差異。

相較之下，異營性細菌對營養的要求則較為簡單，只要環境中存在有可利用的有機物作為碳源及能量來源，它們就可以不斷地生長及繁衍。由於異營性細菌和有機物之消耗有關，因此參與不少的生物自淨反應，可以以把有機污染的問題透過它們代謝作用加以解決，但它

們消耗蛋白質所排出來的氨卻必須靠硝化細菌來善後。

由此，亦可說明養殖池中若無異營性細菌之淨水作用，魚類早已陷溺於它們自己的排泄物中；異營性細菌所排出之氨若無硝化細菌藉硝化作用加以消除，魚類也必然因氨污染而無法生存。◆

(下期待續)

水產種苗薄片 專業製造

1.高級蝦片

2.黑粒粉

3.幼蝦粉

4.藍藻粉

5.人工懸浮飼料

6.熱帶魚彩色薄片

頂洋興業股份有限公司

830 高雄縣鳳山市澄清路 133-2 號

TEL : (07) 352-6496

FAX : (07) 353-5739