

無機含氮化合物對文蛤養殖的影響

周昱翰、葉信利

水產試驗所海水繁養殖研究中心



前言

文蛤養殖日常管理大都憑經驗以目測水色來投飼，因此容易超量投餵而不自知。營養鹽和有機殘餌易累積在池底，超過池塘的負載能力時，會破壞池塘的生態系統，底層因缺氧而形成還原態。在此環境下，厭氧分解的產物如氨、硫化氫、甲烷及有機酸，對養殖生物，尤其是與底土相依的底棲生物如蝦、蟹及貝類，受到的影響最為直接。養殖池的無機含氮化合物包括氨態氮、亞硝酸態氮及硝酸態氮。其中氨態氮主要係養殖生物攝食飼料蛋白質後的代謝產物或殘餌經細菌分解而來。氨態氮經由亞硝酸菌 (Nitrosomonas) 氧化為亞硝酸鹽，再由硝化細菌 (Nitrobacter) 氧化為硝酸鹽，此一過程稱為硝化作用。

氨態氮

水中氨態氮以未解離的氨 (NH_3) 和解離的銨 (NH_4^+) 兩種形式存在，其中以 NH_3 對水生動物較具毒性，而 NH_4^+ 除非在相當高的濃度下，否則無害。 NH_3 和 NH_4^+ 在水中存在的比率，與水溫及 pH 值有很大的關係。當 pH 值增加一個單位時，在同溫下， NH_3 的比率增加 10 倍，而溫度上升 10°C 時， NH_3 的比率則會加倍。

一、氨的致毒機制

水生動物代謝作用產生的氨，有三個主要的排泄途徑。一是氨經血液由鰓擴散於水中；二是體內 NH_4^+ 與水中 Na^+ 的交換運輸；三是轉換成無毒的含氮化合物，如尿素。水中高濃度的氨氮對水生動物的影響有下列幾項：

(一) 影響排氨

因為水中有高濃度的氨氮，使得水生動物血液中的氨無法經由鰓擴散於水中，當水生動物感到排氨困難時，第一個反應是減少或中止攝餌，以減少氨的代謝產量，生長也因此減緩。

(二) 改變血液的 pH 值

NH_3 在血液中立即轉變為 NH_4^+ 並放出 OH^- ，使血液的 pH 值上升，嚴重的影響酵素的催化作用及細胞的穩定性。

(三) 影響水生動物的攜氧能力

氨會損害水生動物的鰓組織，減少鰓的表面積，降低氧氣交換的能力，同時也會使造血組織及紅血球產生病變，降低血液的攜氧能力。

(四) 對組織的影響

高濃度的氨氮會引起許多魚種的腎、肝、脾、甲狀腺及造血組織等在組織學上的病變。雖然這些病變的顯著性很難評估，但是可以確定的是，水生動物如果長期暴露在高濃度氨之下，對其存活力必定有所影響。

二、氨對文蛤的影響

以往的研究發現，水中氨氮濃度在 280 ppb 時，會使文蛤幼貝的濾食率降低 50%。而氨氮對海水貝類之 96 小時的 LC_{50} 為 3.3—6.0 ppm。

氨氮管理對策

- (一) 增加溶氧量：可利用曝氣、添加雙氧水或高錳酸鉀等氧化劑及設置水車等方法，減弱氨氮對水生生物的毒性。
- (二) 使用麥飯石、硝化菌等水質改良劑。
- (三) 不要過量投餵，以免因殘餌累積，導致池水及底泥中的有機質過度增加。
- (四) 加強換水。

亞硝酸態氮

氨氮在水中經過亞硝酸菌的硝化作用會轉變為毒性也相當強的亞硝酸態氮，並將血紅素的 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+} ，使血紅素成為不能運送氧氣的氧化血紅素，破壞血液的攜氧能力。此外，亞硝酸態氮對甲殼類血青素中的銅也有相同作用。根據研究報告指出，水中亞硝酸態氮濃度在 280 ppm 時，會使文蛤幼貝的濾食率降低 50%。而亞硝酸態氮對文蛤之 96 小時的 LC_{50} 為 756 ppm。

亞硝酸鹽管理對策

在正常的水域中，亞硝酸鹽的含量通常不會太高。硝化反應係由兩種不同的硝化細菌所進行，須密切配合，才不致使反應的中

間物 NO_2^- 在水中滯留累積。亞硝酸鹽的含量偏高時，可能意味著池底惡變、底泥的有害菌量過高和殘餌過多，會使水產生物罹病，所以最好能每週測試一次，以便確實掌握池底的環境狀態，進而妥善控制。

硝酸態氮

亞硝酸態氮在水中經過硝化菌的硝化作用可轉變為硝酸態氮，其毒性較弱，致毒機制類似亞硝酸態氮。對文蛤的影響，根據研究指出，水中硝酸態氮濃度達 2,500 ppm 時，文蛤幼貝的濾食率會降低 50%。而硝酸態氮對海水貝類之 96 小時的 LC_{50} 為 2,600—3,800 ppm。

影響文蛤池硝化作用的環境因子

- (一) 溶氧是硝化作用中，不可缺少的重要因素。硝化作用要消耗大量氧氣，因此溶氧量不可低於 2 ppm 以下，以 5—8 ppm 最為適當。
- (二) 硝化作用在中性或鹼性環境遠比在酸環境中更能快速進行。又氨濃度比例隨 pH 上升而上升，對硝化速率較有利。此外，pH 值會直接影響硝化酵素的活性，通常最適 pH 值約為 7.5—8.2 之間。
- (三) 溫度的主要作用為催化硝化反應的酵素活性，需視溶氧濃度取得最高效率平衡。一般以 20—30°C 為較佳區間。
- (四) 有機污染會造成腐生菌的大量生長，其與硝化細菌間會發生競爭性的排斥作用。