

底土硫化物對養殖文蛤的影響



謝淑秋、王俊堯、林志訓、黃致中、葉信利

水產試驗所海水繁養殖研究中心

前言

文蛤 (*Meretrix lusoria*) 為我國主要的經濟性養殖貝類之一。臺灣文蛤養殖歷史悠久，產區集中在西南沿海 (彰化縣、雲林縣、嘉義縣及臺南市) 一帶。近年來，為了提高收成率，放養密度越來越高，加上極端氣候、底棲環境惡化及病原菌的感染等因素之影響，經常發生大量異常死亡，影響養殖收益。

在高密度養殖之下，隨著養殖時間的增加，養殖池水及底土狀態會有所改變，養殖過程中，諸多的環境因子包括溫度、鹽度、溶氧、氨氮及硫化物等皆會對文蛤的養成產生影響，而底土品質早已被認為是影響水質和水產生物產量的因素之一 (Hussenot and Feuillet-Girard, 1988, 1992; Munsiri et al., 1996)，因此，當管理稍有不慎，即會對文蛤造成不利影響，甚至出現死亡現象。

硫化物

養殖池底硫化物的產生，通常發生在有機物質大量累積，超越了底土負載能力的情況下，過量的有機物在微生物分解過程中消耗大量的氧氣，導致池底呈現低溶氧 ($DO \leq 2$ ml/L) 或無氧的還原狀態，並

在還原條件下產生硫化物。養殖環境中硫化物的形成除了和有機物質有關外，與鹽度、酸鹼度 (pH)、氧化還原電位 (ORP) 及底質化學需氧量 (COD) 間亦存在著一定程度的依存關係。其中，ORP 能反映底土有機物質含量，有研究顯示，ORP 值越低，底土硫化物含量越高，當 ORP 值低於 -200 mV 時，硫化物含量介於 $2-10$ ppm 間 (李等, 2019); 當底土的 ORP 值低於 -250 mV 時，即會發生文蛤死亡現象 (周等, 2013)。另陳等 (2010) 進行了硫化物對文蛤幼貝 (殼長 20.1 ± 0.1 mm) 和成貝 (殼長 44.9 ± 0.6 mm) 的毒性試驗，其 96 小時的半致死濃度分別為 16.2 mg/L 和 138.4 mg/L。

硫化物可分為溶解性硫化物 (未離子化硫化氫 [H_2S]、硫化氫離子 [HS^-] 和硫離子 [S^{2-}]) 及酸揮發性硫化物 (FeS 、 Fe_3S_4 和其他金屬無定形單硫化物)。然而，除了未離子化硫化氫之外，其他對水生生物均未具有嚴重毒性 (Smith et al., 1977; Vismann, 1996)。此外，在氧氣飽和的海水中，硫化氫的半衰期約為 20 分鐘 (Ostlund and Alexander, 1963)，因此，硫化氫在氧飽和 seawater 中影響不大，但當底泥及水體底層開始產生硫化氫，即意味著池底環境已經開始惡化呈缺氧狀態，對底棲生物的生存具有負面影響；有研究指出，雙殼貝類暴露於缺氧或硫化物狀態下仍能活存，但並不



代表可長期生存，因其可能已受到損傷，當有其他致命環境因子（如病原性細菌）出現時，即會引起死亡 (Vaquer-Sunyer and Duarte, 2010; Nagasoe et al., 2011)。

硫化氫是一種無色具腐蛋惡臭味的氣體，主要係在厭氧狀態下，厭氧細菌分解有機硫化物的過程中產生，或經由硫酸鹽還原菌奪取硫酸鹽的氧，進而代謝生成硫化氫。硫化氫屬急性劇毒，會抑制呼吸酶細胞色素 c 氧化酶而引起呼吸紊亂 (Smith et al., 1977)，對水產生物的活存具有強烈的負面影響，但當硫化氫解離成硫化氫離子和硫離子時，毒性則大幅降低，不過硫化氫離子和硫離子在酸性環境中易再轉化為硫化氫，亦為潛在的高危險物質，不容忽視。一般而言，硫化氫的生成量及在水體中所佔比例，與水體溫度、pH、底土有機物質及厭氧細菌等皆存在著直接或間接關係。其中硫化氫、硫化氫離子和硫離子三者間在水體比例關係受 pH 值影響甚大，當水體環境 pH 值越低，硫化氫在水體中所佔比例就會越高 (表 1)；在 pH 9 時，硫化氫在水體中所佔比例僅剩 0.8%，有高達 99% 的硫化物是以硫化氫離子及硫離子形式存在；在 pH 7.0 時，硫化氫之比例提高至 50%；而當酸鹼度降低至 pH 5.0 時，水體中幾乎有 99% 為硫化氫 (謝，1994；吳，2008)。郭等 (1990) 針對不同環境下硫化氫對文蛤的毒性試驗結果指出，硫化氫在鹽度 15–20 psu、pH 7.5–8.5 及水溫 25°C 以上時，對文蛤毒性 LC₅₀ (96 小時) 的累積死亡率最高，且發現硫化氫在不同時間對文蛤的半致死濃度比魚類來

的高。Kodama 等 (2018) 進行菲律賓簾蛤 (*Venerupis philippinarum*) 在早期生活史個體發育階段對硫化氫 (0.2–52.2 mg/L) 的耐受力試驗指出，在水溫 24°C 下，菲律賓簾蛤從幼苗到幼貝 (殼長 0.7 mm) 階段對硫化氫的耐受性逐漸增強，但之後隨著幼貝的成長而減弱；另外在間歇性試驗 (硫化氫暴露 24 小時後，復氧並停止硫化氫暴露 24 小時，接著再次以硫化氫暴露 24 小時) 中發現，經過暫時性復氧並停止硫化氫的暴露，可提高幼貝 (殼長 0.9 mm) 對硫化氫 (2.5 mg/L) 暴露的抵抗能力。

表 1 在不同酸鹼度 (pH) 及水溫 (°C) 情況下，硫化氫在水溶液中所佔硫化物的百分比 (引用自吳，2008)

水溫 酸鹼度	16	18	20	22	24	26	28	30	32
5.0	99.3	99.2	99.2	99.1	99.0	98.9	98.9	98.9	98.9
5.5	97.7	97.4	97.4	97.3	97.1	96.9	96.7	96.5	96.3
6.0	93.2	92.8	92.3	92.0	91.4	90.8	90.3	89.7	89.1
6.5	81.2	80.2	79.2	78.1	77.0	75.8	74.6	73.4	72.1
7.0	57.7	56.2	54.6	53.0	51.4	49.7	48.2	46.0	45.0
7.5	30.1	28.9	27.5	26.3	25.0	23.8	22.7	21.6	20.6
8.0	12.0	11.4	10.7	10.1	9.6	9.0	8.5	8.0	7.6
8.5	4.1	3.9	3.7	3.4	3.2	3.0	2.9	2.7	2.5
9.0	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8

結語

硫化物對於棲息在底土的貝類—文蛤而言，影響甚為直接，底土環境中的硫化物含量過高時，會對底棲生物的生長、代謝、發育及繁殖等造成影響，其雖非在短時間內造成文蛤大量死亡的單一因子，但隨著養殖時間的增加與硫化物的累積，會使死亡風險提高。因此，放養前務必確實執行整池工作，並於養殖過程中加強水質控制和環境管理，才能確保養殖順利成功。

KNOWLEDGE