



第四章 文蛤之養殖

李安進¹、陳淑美¹、劉秉忠²、林正輝²、秦宗顯¹

¹國立嘉義大學水生生物科學系、²國立臺灣海洋大學水產養殖學系

一、養殖生態

(一) 溫度

文蛤生長適合水溫範圍在 25–35℃，20℃以下則成長緩慢，在 41℃以上則無法正常潛沙，至 45℃以上則開始死亡。從 2017–2018 年文蛤池水溫及底土表層溫度數據顯示 (表 4-1)，冬季 (11 月至翌年 1 月) 的水溫在 14.5–25.0℃之間，春季 (2–4 月) 的水溫在 14.0–31.8℃之間，夏季 (5–7 月) 的水溫在 29.0–36.3℃之間，秋季 (8–10 月) 的水溫在 23.6–35.0℃之間。而自不同養殖戶文蛤池之調查數據顯示，從 4 月底開始直到 9 月底，水溫持續維持在 30℃以上

(圖 4-1–4-4)，其中夏季水溫高達 36.3℃，土層溫度也隨水溫上升而上升，平均溫差在 0.1–0.4℃之間，值得注意的是 6–8 月文蛤池量測的土層溫度部分高於水中溫度，差值在 0.1–0.9℃之間，最大差異值出現在完全沒有使用水車且池水深度約 50 cm 或以下的文蛤池，其 6 月與 8 月土層溫度分別較水層溫度高 0.9 與 0.3℃。在此高溫環境下，文蛤代謝速率增加，會增加開殼頻率以獲取食物及氧氣，若此時池底成還原態、硫化物或水中氨-氮濃度升高，會阻礙文蛤開殼，導致缺氧因而容易造成文蛤死亡，尤其是體型較大的文蛤。因此，文蛤池設置水車有其必要性，尤其在水溫高於 30℃的高溫期。

表 4-1 2017 年 10 月至 2018 年 10 月間雲林四湖(示範戶 14, 15)與嘉義東石(示範戶 17)，文蛤池水溫及底土表層溫度、pH 及溶氧變化

參數	2017 年			2018 年									
	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
水溫	24.0-31.1	19.0-25.0	16.0-23.7	14.5-22.0	14.0-22.0	21.0-28.0	26.0-31.8	29.5-35.9	29.0-33.0	28.1-36.3	30.2-35.0	23.6-32.3	21.1-29.8
土溫								31.5-35.5	30.0-33.1	28.3-35.8	30.7-34.4	23.4-31.8	21.8-29.5
pH	7.8-8.6	7.7-8.1	7.7-8.5	7.6-8.3	8.1-8.6	7.5-8.6	7.3-8.2	7.4-8.0	7.4-8.3	7.4-8.3	7.4-8.5	7.7-8.8	7.8-8.5
溶氧 1								2.9-7.1	2.5-7.2	3.9-8.0	3.0-11.2	4.4-9.1	6.2-14.3
溶氧 2								2.7-6.6	2.2-6.8	3.6-7.7	2.8-11.0	3.8-9.0	5.9-14.3

溶氧 1、2 分別指水中與底土層之溶氧 (單位：ppm)

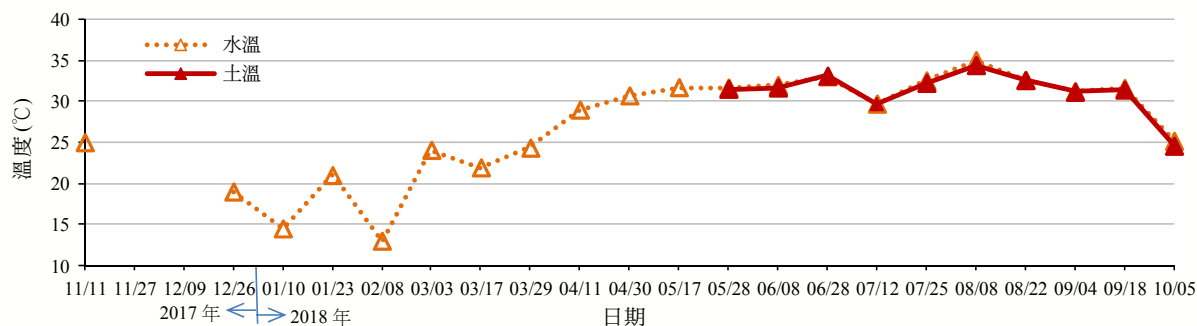


圖 4-1 2017 年 11 月至 2018 年 10 月有水車之文蛤池水溫與土溫變化，6-10 月土溫均較水溫低，差值在 0.1-0.5°C(雲林四湖示範戶 14)

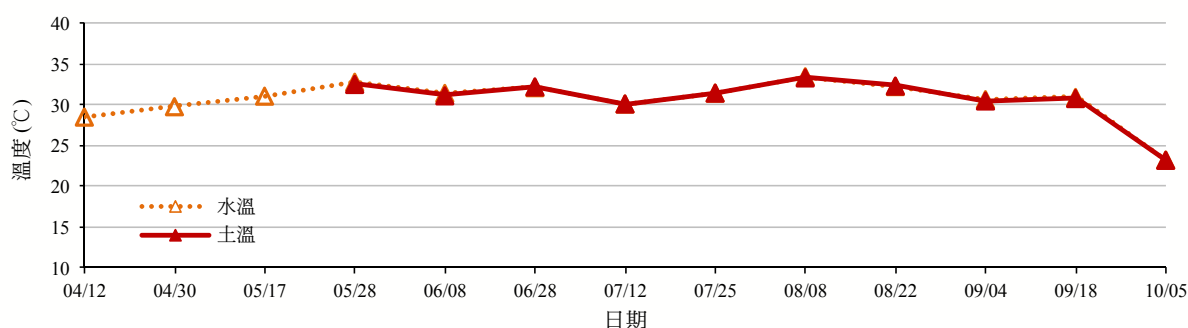


圖 4-2 2018 年 4-10 月有水車之文蛤池水溫與土溫變化，6、8、9 及 10 月土溫均較水溫低，差值在 0.0-0.3°C，7 月底土溫度與水溫相同(雲林四湖示範戶 15)

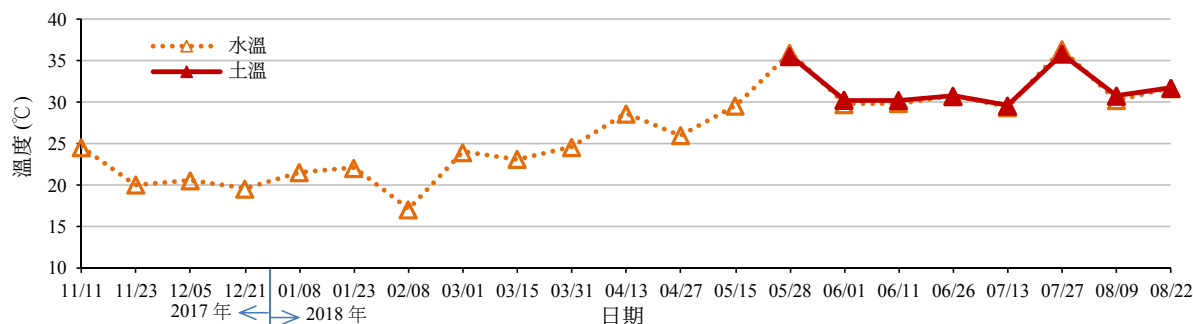


圖 4-3 2017 年 11 月至 2018 年 8 月有水車之文蛤池水溫與土溫變化，6、7、8 月土溫分別較水溫高 0.0-0.5、-0.5-0.2、0.1-0.5°C(嘉義東石示範戶 16)

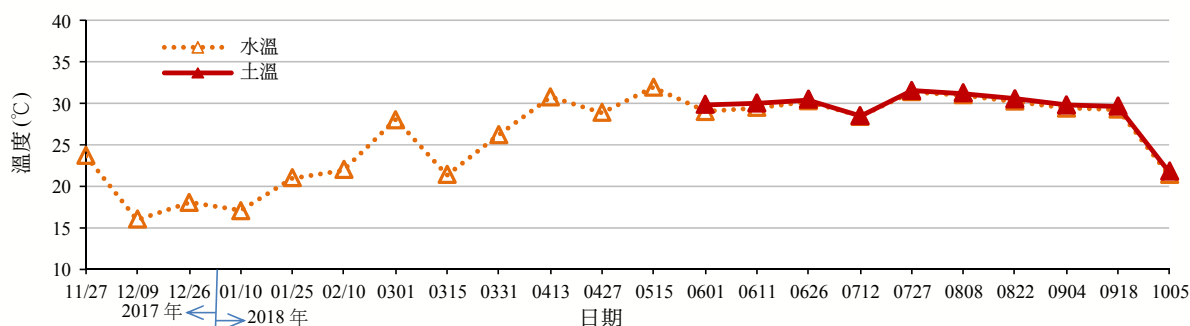


圖 4-4 2017 年 11 月至 2018 年 10 月無水車之文蛤池水溫與土溫變化，6-10 月土溫均明顯高於水溫，6、7、8、9 及 10 月土溫分別較水溫高 0.2-0.9、0.1、0.3、0.40 及 0.40°C(嘉義東石示範戶 17)

(二) 鹽度

適合文蛤成長的鹽度範圍在 16–36 psu，體型較大的文蛤較能適應低的鹽度，文蛤池的鹽度通常維持在 20–25 psu，因此在梅雨季節及夏天颱風季節，應提防豪雨造成池水鹽度過低。

(三) pH 值

文蛤在 pH 5–8 都能正常伸出出入水管，然而在 pH 4 和 pH 9 時，其出入水管伸出的頻率僅為中性的 1/5，在 pH 3 和 pH 10 時，則文蛤雙殼緊閉。

(四) 營養鹽

1. 氨氮

水中的氨氮以氣態氨 (NH_3) 和離子態銨 (NH_4^+) 同時存在，其平衡狀態主要受到水中酸鹼值的影響。在酸性水中主要以離子態銨 (NH_4^+) 存在，在鹼性水中主要以氣態氨 (NH_3) 存在，氣態氨氮較容易進出細胞膜，影響細胞內的代謝途徑，因此毒性較強。文蛤池水氨氮的來源如下：(1)來自引進的海水；(2)底泥有機物經細菌分解而釋放出；(3)來自豎井水；(4)來自外來的添加物，如飼料、發酵液等；(5)池中文蛤死亡所釋放。文蛤池水的氨氮濃度最好維持在 500 $\mu\text{g/L}$ 以下，如超過 500 $\mu\text{g/L}$ 的話，要隨時監測，水中氨氮濃度如隨時間而呈現波浪起伏的話，表示水中生態系還能利用它，對文蛤較不會產生危害作用。如水中氨氮濃度一直超過 500 $\mu\text{g/L}$ ，甚至 1,000 $\mu\text{g/L}$ 的話，就要檢視氨氮的來源，如非前四項來源的話，那就表示池中文蛤發生少量的死亡，建議做換水處理。

2. 亞硝酸氮

氨氮經亞硝酸菌作用轉換成毒性較強的亞硝酸鹽，亞硝酸鹽在有氧情況下呈現不穩定的現象。一般文蛤池為非密集養殖，少量投餌。目前在雲嘉所監測的文蛤養殖池發現亞硝酸鹽大都在 100 $\mu\text{g/L}$ 以下，少數幾次檢測會上升至 200–300 $\mu\text{g/L}$ ，沒有發現文蛤有異常的現象。

3. 硝酸鹽

一般文蛤池的硝酸鹽濃度不會超過 5 $\mu\text{g/L}$ ，因此在此濃度下，硝酸鹽對文蛤是沒有毒性的。硝酸鹽在文蛤池都被用做水中肥度的指標，如硝酸鹽濃度太低代表水中肥度不夠，要投餌了。

4. 磷酸鹽

在麥寮、臺西和口湖一帶的海水中，其磷酸鹽的含量約在 250 $\mu\text{g/L}$ 。磷酸鹽的溶解度不高，易與鈣產生沉澱。文蛤池磷酸鹽的來源：(1)來自引進的海水；(2)底泥有機物經細菌分解而釋放出或僅擾動底泥亦可釋放出大量的磷酸鹽；(3)來自外來的添加物，如文蛤輔助飼料、魚蝦飼料、發酵液等；(4)池中文蛤死亡所釋放。文蛤池磷酸鹽的濃度建議維持在 400 $\mu\text{g/L}$ 以下，如超過 400 $\mu\text{g/L}$ 的話，需隨時監測，水中磷酸鹽濃度如隨時間而呈現波浪起伏的話，表示水中生態系還能利用它，對文蛤較不會產生危害作用。如池水磷酸鹽濃度一直維持在 400 $\mu\text{g/L}$ 以上或持續上升，建議趕快換水。如池水中氨氮和磷酸鹽濃度同時上升的話，應檢視是否有外來的添加物，如無的話，極可能是文蛤死亡的指標。如池水中僅氨氮濃度上升，而磷

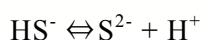
酸鹽濃度不上升的話，氮氮極可能來自外來的添加物，如豎井水或發酵液等。

(五) 葉綠素 a

為了能以肉眼檢視文蛤的活存狀態，一般業者都維持文蛤池透明度在 50–60 cm。影響透明度的因子除了水中微藻的濃度，尚有池中泥沙。一般底泥偏泥質的池子，在強風下易造成底泥表層的泥質揚起而產生濁度，濁度高會影響文蛤伸出出入水管的頻率，在此種情形下，建議換水。水中魚蝦因餌料不足，也會因尋找食物而攪動底泥造成濁度的增加，在此種情形下，建議趕快減少水中魚蝦的數量或酌量施撒魚蝦飼料。依據在文蛤池田間試驗的結果，建議文蛤池水葉綠素 a 的濃度儘可能維持在 30–50 $\mu\text{g/L}$ ，當葉綠素 a 濃度在 30 $\mu\text{g/L}$ 以下時，需要投放補充飼料，如葉綠素 a 濃度超過 60 $\mu\text{g/L}$ 以上且持續 4–5 日，則需要換水以降低藻水濃度。

(六) 硫化氫與底泥氧化還原電位

底泥硫化物的含量：在缺氧的狀態下，底土中的微生物會利用氧以外的物質作為電離子接受者，例如 NO_3^- 、 MnO_4^- 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 SO_4^{2-} 和 CO_2 ，並將其還原成 N_2 、 Mn^{2+} 、 FeH 、 HS^- 和 CH_4 。其中以硫化氫 (H_2S) 對生物體的毒性作用最強。在海洋底層，環境無氧的程度越高，硫化氫濃度的上升就越容易 (Diaz and Rosenberg, 1995)。硫化氫在水中分二段解離：



未解離的硫化氫容易通過細胞膜，因此

對水生生物毒性較強， HS^- 及 S^{2-} 的毒性較弱 (陳，1985)。已知硫化氫對動物的組織有毒害作用，硫化氫的毒性是藉由抑制細胞色素 c 氧化酶 (cytochrome c oxidase) 的活性導致生物體無法進行呼吸作用而死亡 (Smith et al., 1977; Vismann, 1996)。硫化氫對生物體的毒性受到環境以及生物體大小的影響。

1. pH

水中 pH 會影響硫化氫之存在量，pH 7 時硫化氫約佔 60%，pH 6 以下時硫化氫約佔 100%， HS^- 幾乎沒有，而 pH 8 以上時，硫化氫幾乎全解離成 HS^- 或 S^{2-} 。雖然 pH 越高硫化氫的毒性越低，但是 pH 過高會增加氮的毒性，因此，文蛤池的池水 pH 維持在 7.5–8.5 較好。

2. 生物體型大小

在 24°C 下，體型越大，對硫化氫的耐受性越高，活存率越高。將不同大小的菲律賓簾蛤 (*Ruditapes philippinarum*) 暴露於水溫 24°C、低溶氧環境 ($\text{DO} < 0.5 \text{ mg/L}$) 及不同硫化氫濃度 (0.2–52.2 mg/L) 中 24 小時，簾蛤的活存率隨體型越大而增加，D 型幼蟲在硫化氫濃度 $\geq 0.2 \text{ ppm}$ 時，活存率為 0，當殼長 $\geq 0.7 \text{ mm}$ 時，硫化氫濃度 2.6 ppm 下的活存率高達 100% (Kodama et al., 2018)。

3. 溫度

硫化氫的毒性隨水溫升高而增加，完全變態的簾蛤幼生在硫化氫濃度 26.6 ppm 時，24 小時活存率由 20°C 時的 100% 降至 28°C 時的 40%，而殼長 0.7 mm 的稚貝在硫化氫濃度 29.4 ppm 時，24 小時活存率由

20°C時的 100% 降至 28°C時的 20%。此外，在較高溫下（以 20°C 與 28°C 做比較），體型越大的簾蛤對硫化氫的耐受力越低，可能是在池中溶氧降低或硫化氫濃度升高時，貝類會閉殼行無氧呼吸，同時貝類也因閉殼無法攝食而處在飢餓狀況，對體型較大的貝類而言，因需要提供自身所需之能量較小型貝多，因此在上述緊迫環境下其死亡率較高 (Kodama et al., 2018)。Nagasoe et al. (2011) 也指出，菲律賓簾蛤在低溶氧環境下，仍然能有效地伸出或收縮出入水管，但當水中添加硫化氫 (5–30 mg/L) 時，成蛤無法有效的閉殼及將出入水管收入殼中，因此硫化氫對簾蛤可能具有麻痺肌肉的作用。此外，在低溶氧環境下，當菲律賓簾蛤暴露在硫化氫濃度 3.7 mg/L 下，會造成簾蛤纖毛上皮受損以及攝食率顯著下降。因此，在高溫期（尤其夏季），文蛤池須留意底土有機質之蓄

積，避免過多殘餌及控制池水 pH，另外，配合光合菌或硫化菌的使用可有效降低底土硫化物的含量。

4. 氧化還原電位 (oxidation reduction potential, ORP) 與硫化物之關聯

ORP 可作為底質有機物質負載程度的指標，因此 ORP 可以作為評估底土好壞的依據。底土管理依底土 ORP 值可劃分成三個階段，(1)正常養殖期：底土 ORP 值在 -100 mV 以上；(2)底土待改善期：底土 ORP 值在 -100–-200 mV；(3)危險期：底土 ORP 值在 -200 mV 以下。由文蛤池底土 ORP 與硫化物之關係圖顯示，ORP 越低，底土硫化物含量越高，當 ORP 低於 -200 mV 時，硫化物含量在 2–10 ppm 之間 (圖 4-5)。當 ORP 越低時，代表池底有機污染物質越多，而池底也越容易產生低溶氧或無氧的還原狀態。

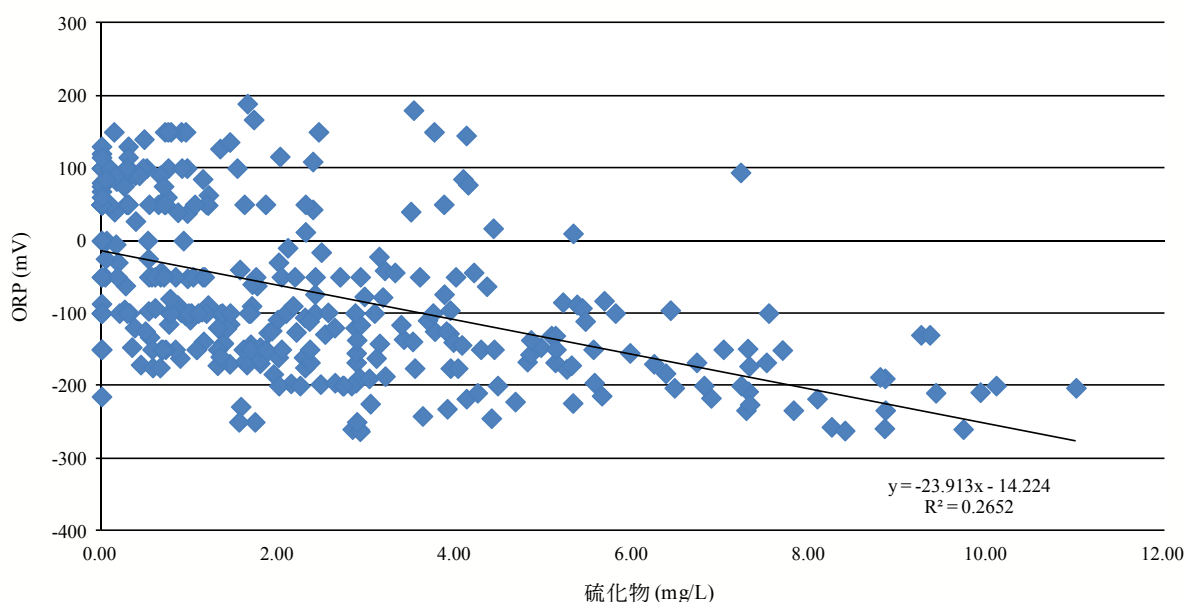


圖 4-5 文蛤池底土 ORP 與硫化物含量之相關性

因此，文蛤放養前的整池工作很重要，要確實清除表層污泥及施灑石灰並翻動土層以清除硫化物，提升放養後文蛤苗之活存率。文蛤養殖過程中，使用水車有其需要性，尤其在夏季高溫環境下，水車的運轉能減緩池底高溫的持續性。另外，定期監測池水 pH，pH 低於 7.5 時，可使用石灰提高 pH，pH 高於 8.5 時，可使用二氧化氯殺藻或以換水的方式減少池中藻類濃度，避免過高的光合作用導致 pH 過高的情況。

5. 底土狀態之評估

底土狀態的評估方法以直接測量養殖池底土 ORP 及 pH 值，ORP 是底質有機物質負載程度的指標，瞭解底土狀態可以馬上進行相關的養殖管理操作。ORP 值的變化反應底土中有機物含量。有機物會因厭氧微生物的分解產生還原物質及酸化，產生硫離子 (S^{2-}) 與亞鐵離 (Fe^{2+}) 造成底土黑變，而使 ORP 值下降。另分析氨、亞硝酸、硫濃度及有機物含量，亦可作為養殖池底土有機物質污染的指標 (Pearson and Stanley,

1979)。當有機物減少時，ORP 值會逐漸上升。

ORP 數值的意義：當池中溶氧耗盡，會產生許多厭氧反應，而在池底形成還原性產物和潛在有毒物質。ORP 值在 200—300 mV 之間時， NO_3^- 會還原成 NO_2^- 、 Mn^{4+} 還原為 Mn^{2+} ；在 100—200 mV 之間時， NO_2^- 還原為 NH_4^+ ；在 50 mV 時 Fe^{3+} 還原為 Fe^{2+} ；在 -150—-250 mV 之間時， SO_4^{2-} 還原為 S^{2-} (H_2S)；在 -250 mV 時， CO_2 則還原為甲烷 (CH_4)。由上述可發現，ORP 值在 -150 mV 以下時，會產生還原性的有毒物質硫化氫或甲烷。

ORP 值的測量：現場直接測量底質 ORP，將白金電極直接插入養殖池底土 2—3 cm 處，經 30—60 秒，數值穩定後即完成測定。

6. ORP 值應用在文蛤養殖的管理 (表 4-2、4-3)

ORP 值在文蛤養殖的管理非常重要，因 ORP 值低於 -200 mV 底土會產生還原性

表 4-2 ORP 數值與氧化還原狀態及化合物氧化還原反應的關係

氧化還原狀態	ORP (mV)	氧化還原反應
氧化態	400—700	$O_2 \rightarrow CO_2$
低還原態	100—400	$NO_3^- \rightarrow NO_2^-$ (200—300 mV)
		$NO_2^- \rightarrow NH_4^+$ (100—200 mV)
還原態	100—-100	$Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$
高還原態	-100—-300	$SO_4^{2-} \rightarrow S^{2-}$ (-150—-250 mV)
		$CO_2 \rightarrow CH_4$ (< -250 mV)

表 4-3 文蛤池底土 ORP 指標

ORP (mV)	底質情況	文蛤狀況
-200 以下	臭土味濃	停止成長、爬出底土、大量死亡
-200—-150	臭土味濃	停止成長、部分死亡
-150—-100	臭土味淡	部分停止成長、零星死亡
-100—-50	臭土味淡	部分停止成長、成長緩慢
-50—0	無臭土味	正常成長
0—100	無臭土味	成長佳

資料來源：提升麥寮鄰近區域漁業養殖技術及漁產品附加價值研究計畫

的有毒物質，會造成臭土味濃，文蛤停止成長、爬出底土、大量死亡；介於 -200—-150 mV 底土會產生還原性的有毒物質，臭土味濃，文蛤停止成長、部分死亡；介於 -150—-100 mV 底土臭土味淡，文蛤部分停止成長、零星死亡；介於 -100—-50 mV 底土臭土味淡，文蛤部分停止成長、成長緩慢；高於 -50 mV 底土無臭土味，文蛤正常成長；養殖池底土管理依 ORP 值可分成三個階段：

(1) 正常養殖期（底土 ORP 值在 -100 mV 以上）的管理：

避免過多的殘餌，以免有機物累積於池底而使 ORP 下降，投餵的飼料必須注意適合文蛤攝食的食物顆粒粒徑為 5—25 μm ，過大或過小的飼料顆粒均無法被文蛤攝食而累積於池底；飼料的投餵量，應視養殖物的狀況而增減，避免殘餌過多，使得底層因缺氧而形成還原態。在此種環境下，厭氧分解的產物如氨、硫化氫、甲烷及有機酸，都會對養殖生物造成危害，尤其與底土相依的

底棲生物，如蝦、蟹及貝類所受的影響最為直接。

(2) 底土待改善期（底土 ORP 值在 -100—-200 mV 以下）的管理：

改善底土 ORP 值達 -150 mV 以上，應避免產生對文蛤有影響的還原性有毒物質 (H_2S 及 CH_4)。增加水車數量或運轉時間，使水與空氣充分接觸，溶入氧氣，提供微生物分解有機物所需的氧氣，並使水中氨、二氧化碳等有害氣體逸出水面。每週定期使用二氧化氯 (1 ppm)、光合菌 (5 ppm)、腐植酸（俗稱黑粉，3 ppm），可以提高底土的 ORP，並減少底土易氧化物 (easily oxidized material, EOM) 及底土需氧量 (sediment oxygen demand, SOD)，使文蛤在優良底土環境下成長，不僅可提升文蛤的成長率也增加文蛤的飼料效率。

(3) 危險期（底土 ORP 值在 -200 mV 以下）的管理：

ORP 在 -250 mV 以下時， CO_2 還原為甲烷，顯示底土被有機物嚴重污染，處於極

度缺氧狀態，應立即進行緊急搶救措施，才能避免文蛤大量死亡。

(七) 底泥硫化物的含量

硫化氫為具有溶解性、臭味很強（臭糞味）、毒性也很強，其對於水生物之影響與水溫，溶氧量與 pH 值有關。水中硫化氫的主要來源，是在水中缺氧、pH 值下降的情況下，因水中的 SO_4^{2-} 還原產生硫化物（ S^{2-} ）加上酸化故造成有毒硫化氫，當文蛤接觸水中溶解性硫化氫後，立刻將殼緊閉，且隨溶解性硫化氫濃度之增高，其閉殼率愈高，且隨溶解性硫化氫濃度之增高文蛤逐漸死亡。文蛤死亡後，蛤肉分解也會產生硫化氫。因此發現文蛤死亡時，最好將死亡的文蛤由池中移除，以免文蛤死後蛤肉分解產生硫化氫，造成毒害。

降低水中的硫化氫濃度方式有：一為增加池水溶氧量，如曝氣打水車，可以氧化硫化氫，降低其毒性。二為撒含鐵較多的紅色土壤，使硫化氫轉變為硫化鐵沉澱而消除其毒性。三為添加石灰提高底質的 pH 值降低酸化，降低硫化氫濃度。

(八) 菌相

1. 總生菌數

高密度養殖的文蛤常需投餵大量飼料，但是長期投入大量的餌料會造成許多的殘餌及排泄物，這些有機物堆積後將導致底質惡化，並使底質形成高耗氧還原態，更成細菌孳生及潛伏的溫床。測定養殖池水中的總生菌數使用 Tryptic soybean agar (TSA) 進行 10 倍稀釋法做塗布，置於 37°C 培養箱中培養，隔日觀察並計算菌落數，菌落數以

CFU/ml 為單位（表示 1 ml 中含有多少菌落，CFU 是 Colony-Forming Unit 的縮寫）。數值越高代表池水所含的菌量越高。文蛤死亡情況可分為一般性及季節性，一般性通常為養殖管理不良所造成；季節性則是在農曆 3、6、9 月季節轉換以及夏季高水溫時，當池水中的總生菌數達到 10^5 CFU/ml 以上，就有機會造成文蛤死亡，建議立即消毒降低池中總生菌數。

2. 弧菌數

大多數常見弧菌皆為海水中常在菌，文蛤在濾食時，也會將細菌一同攝入，當養殖池中通常具有一定數量的弧菌數，若是養殖密度過高遇上季節轉換、颱風過後、下大雨、高水溫時弧菌數增加，加上文蛤受到環境緊迫，造成體弱，更加速弧菌大增，增加發病的文蛤死亡。目前在彰化、臺南地區發病死亡的文蛤中，所分離鑑定出具有多種弧菌屬，如溶藻弧菌 (*Vibrio alginolyticus*)、腸炎弧菌 (*V. parahaemolyticus*)、創傷弧菌 (*V. vulnificus*)、哈維氏弧菌 (*V. harveyi*) 等。同時也有分離出其他種類的革蘭氏陰性菌，如親水性產氣單孢菌 (*Aeromonas hydrophila*)。在養殖生物池水中，弧菌數達到 10^4 CFU/ml 以上，就需立即以二氧化氯消毒，降低池水中的弧菌量，減少文蛤因弧菌影響造成死亡的可能。

(九) 藻相

文蛤主要以水中浮游生物及有機質為主，因此維持水中適當的浮游生物，對文蛤的成長尤為重要，若水色好文蛤長得快又健康，若水色不佳文蛤生長慢，也容易發生疾

病，甚至導致死亡，即使活存下來，品質也容易變差，因此水中浮游生物對文蛤養殖來說是非常重要的一環。其中浮游植物（即微藻）更直接影響水體生態環境的變化，而浮游植物也關係著養殖池內文蛤的成長。

養殖池水水質指標也可以用微藻來進行判斷，藻類分布很廣，只要有水的地方幾乎都會有藻類存在，藻類種類的不同習性也會有所差異，有的喜歡乾淨的水質條件，有些喜歡混濁的水域。矽藻類及綠藻類喜歡生長在較乾淨的水域，而藍綠藻及有色鞭毛藻類則比較喜歡生長在污染的水域。

微藻是文蛤的食物來源而且又會影響文蛤的生活環境，微藻的繁生和環境的條件有密切的關係，環境會影響藻類的生長，而藻類的生長也會影響環境的品質，故可藉由藻類水色等來初步判斷水質狀況或被有機物質污染的程度，進而達到文蛤池水的水質管理，促成優良的文蛤養殖。

文蛤池水若出現裸藻 (*Euglena* sp.)、囊裸藻 (*Trachelomonas* sp.)、平裂藻 (*Merismopedia* sp.)、顫藻 (*Oscillatoria* sp.) 及微囊藻類 (*Microcystis* sp.) 等大量繁生，顯示水質優養化，出現頻率高的話，表示需多加留意水質狀況，避免因藻類大量繁生而影響文蛤養殖。

二、放養前準備工作

文蛤放苗前須有完整及確實的整池作業流程 (圖 4-6)，以確保良好的養殖環境條件。

(一) 清淤

清除池底污泥，以確保良好的養殖環境條件。

(二) 曬池

潑撒農業石灰 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) 1,000 kg/公頃 (pH 低於 4.0)，加水 3—5 cm 高，曬池 3 天以上，以推土機翻土均勻，pH 仍低於 7.0 則需重複以上步驟，視氣候曬池 3—5 天。若天氣許可的話，可多曝曬幾天，增加硫化物的揮發。

(三) 消毒

注水 30 cm 深，每公頃使用 200 L 二氧化氯，消毒 1—2 天，再注水至 60 cm，每公頃施撒茶粕 150—200 kg，曝氣 3—5 天。

(四) 其他

1. 改良底質 (若底土有臭糞味)

池塘排乾水後翻土曬池，每公頃添加 1,000 kg 底質改良劑 (腐植酸，俗稱黑粉)，以推土機翻土均勻，處理後排乾水，視天氣間隔 3—5 天重複一次。

2. 活化底土

加水至 10—20 cm 深，水車全開，每公頃添加有效益生菌及光合成細菌各 100 L，加水至 60 cm 深，水車全開，視氣候活化 2—4 天。

3. 作水

每公頃添加 200 kg 有益菌發酵料，水車全開作水色，視氣候處理 7—10 天。

4. 每週保養處理

養殖期間，每週每公頃添加光合成細菌 50 L、有益菌發酵料 50 L/公頃 (看水色，太深不用添加)，如果 NO_2^- 或 NH_3 太高，可以添加黑粉或沸石粉。

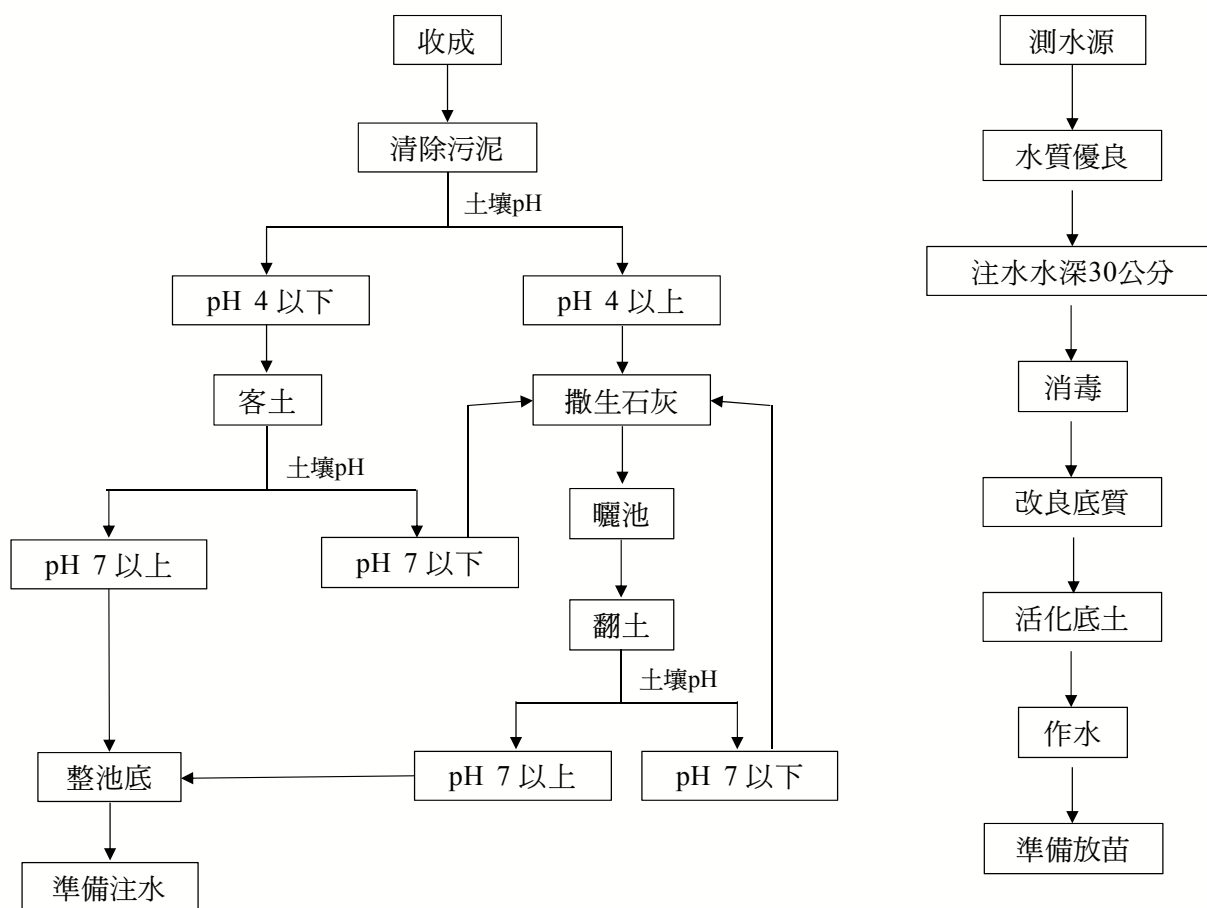


圖 4-6 文蛤放苗前整池作業流程(左：整池；右：作水)

(五) 蛤苗放養

1. 放養時間

本省文蛤種苗生產在 5—10 月之間以夏季為最主要種苗生產旺季，每年於 6—8 月放養，在隔年 4 月前收成，可以避開清明節之危險期。

2. 放養蛤苗規格與密度

一般養成種苗大小以 500 粒/斤 (850 粒/公斤)，放養密度以 80—100 萬粒/公頃較佳。若池塘含沙率較高，可放養較小幼苗 800—1,000 粒/斤，密度 100—120 萬粒/

公頃較恰當。但放養稚貝最好是經在中間育成，長至 200—400 粒/斤較大體型苗，密度 50—60 萬粒/公頃，不但可提高活存率，而且養殖期可縮短 3—5 個月。

3. 中間蓄養重要性

購入 500—1,000 粒/斤稚苗，以面積約 0.1—0.2 公頃小池子進行中間蓄養為宜，並以養魚池藻水及醱酵料（黃豆粉或魚粉經醱酵）投餵 1—2 個月，使稚貝能更適應環境，期間需要淘汰不佳的幼苗，使中間育成長至 200—400 粒/斤較大體型苗。

三、池塘管理注意事項

(一) 水質監測

文蛤池水一般水質參數的收集，如溫度、鹽度、pH 值、總生菌數、弧菌數 (TCBS 菌數)、氨氮、亞硝酸鹽、硝酸鹽、磷酸鹽、底泥 ORP 和葉綠素 a 等。總生菌數如超過 10^4 CFU/ml 時，要觀察池中文蛤的狀況，再決定是否使用抑菌劑如二氧化氯，如超過 10^5 CFU/ml 時，建議以 0.5–1 ppm 二氧化氯作預防性處理。池水中弧菌數如達到 10^4 CFU/ml，建議以 0.5–1 ppm 二氧化氯進行 2–3 次殺菌。當池水的氨氮濃度超過 500 ppb，而且文蛤發生零星死亡時，可以使用氯錠或二氧化氯控制文蛤疫情的發生，或施以沸石粉吸附水中有毒物質，但不要施撒熟石灰，氨氮在鹼性環境下，毒性較強。若硝酸鹽濃度偏低，顯示池水貧脊，需增加投餵量。

底土狀態的監測方法常以 pH 值、ORP、氨、 NO_2^- 及有機物含量等。但測量 ORP 可最快速瞭解養殖池底土狀態，可以馬上進行改善處理。ORP 是底質有機物質負載程度的指標，因為 ORP 的變化，能反應底土中有機物含量，當有機物增加時，會因微生物的分解造成底土溶氧量減少而使 ORP 下降。當有機物減少時，耗氧量下降，ORP 會逐漸上升，因此可作為養殖池底土有機物質污染的指標。因 ORP 在 -200 mV 以下底土會產生還原性的有毒物質臭土味濃，文蛤停止成長、爬出底土、大量死亡；簡單判斷臭土味方法：塑膠袋取含少量水之

底土 100 g，加入 1 ml 鹽酸後均勻混合後聞味道。定期使用二氧化氯 (1 ppm) 消毒後，添加光合菌 (5 ppm) 及腐植酸 (俗稱黑粉，3 ppm)，可以提高底土的 ORP，並減少底土易氧化物，使文蛤在優良底土環境下成長，不僅可提升文蛤的成長率也增加文蛤的飼料效率。

從放養文蛤苗到採收的養殖期間約 8–15 個月，長期養殖所產生的殘餌及排泄物會沉澱堆積於池底。由於有機物的累積，底土缺氧會逐漸發展成還原態，進而產生如氨氮、亞硝酸、硫化物及硫化氫等有毒物質，影響文蛤生長及活存率。通常收穫後之池塘，才會將池水排乾，再用挖土機在池塘四周挖深溝，用抽水機抽取流入深溝中的水後，進行整池工作。養殖期間可透過間捕及輪放時翻攪動底土，將長期養殖所累積的排泄物、硫化物、有機廢物散入至水中，再將髒水排乾後注入新水，除了降低池中環境廢物的含量，也可預防大規模病害的發生。

(二) 益生菌之使用

水產養殖常用的益生菌有改善水質底質、增加營養、改進腸道消化性、競爭環境潛在致病菌等功能。市售的益生菌依使用方式可以大致分成兩類：(1) 添加於飼料中，提升水產養殖生物的消化與免疫機能，如酵母菌，枯草桿菌等；(2) 使用養殖池水中處理水質或底土硫化物，如枯草桿菌、硝化菌、光合菌等。

1. 乳酸菌及醱酵菌

有機肥醱酵料中含有菌種 (酵母粉及乳酸菌) 潑灑於養殖池，當文蛤攝食之後除

了醱酵料中營養外，且含有豐富酵母粉及乳酸菌幫助文蛤消化。

2. 枯草桿菌或硝化菌

枯草桿菌或硝化菌曾應用在養殖池水的處理，具有去除氨氮和亞硝酸鹽很好的效果（陳，1992）。有機物過多造成水質不良，而引起養殖生物死亡。益生菌能分解有機質，使其成為硝酸鹽類，有利於藻類直接吸收應用。也可提供有利於硝化細菌的繁殖環境，更有效率的降低氨氮和亞硝酸鹽，但單一的益生菌種無法有效改善水質及底質，各菌種間不同功能作用，使用複合型益生菌，各取所長，才能發揮最好的效果。使用方法均勻潑灑至全池並開啟水車，用量 3 ppm，每 2—3 週使用一次，至養殖後期視其氨氮和亞硝酸鹽量，可適當提高用量 5 ppm。

3. 光合菌

光合菌主要功能為代謝底層硫化物，避免池底質產生硫化氫，降低池底微生物耗氧的需求，提高底部溶氧，維持良好生態環境並穩定水色，促進生長。使用時需在天氣良好的早晨，均勻潑灑 3 ppm 至全池並開啟水車，每週使用一次。若養殖後期硫化物堆積較多，可增加使用頻率及 5 ppm 用量。

益生菌應用於文蛤池的情形：在養殖期間所使用的益生菌包括水試所提供，自行培養的短小桿菌（*Bacillus pulmilus*）與市售商品。自行培養的短小桿菌定期定量施用於文蛤池，在養殖後期發現 ORP 降至 -150—-200 mV 之間，顯示也會造成硫化物的累積，因此在養殖後期如能搭配能消除硫化物的光合菌，應該會獲得更理想的結果。

文蛤池周期性的使用混合型益生菌（包括光合菌群、硝化菌群、乳酸菌群、酵母菌群、放線菌群、絲狀菌群、枯草桿菌群等 20 多種菌群，總益菌數 2×10^9 CFU/ml 以上）能有效控制水中氨的濃度，但對於水中磷酸鹽的處理效果則不明顯（圖 4-7—4-9）。

光合菌能有效降低文蛤池底土硫化物的含量（圖 4-7、4-8），但是池底有機質過多或池塘嚴重老化且硫化物高於 6 ppm 時，光合菌對底土的改善效果不顯著（圖 4-9），此情況利用打空管配合換水與施用光合菌，可有效移除底土的硫化物。此外，使用益生菌時須注意溶氧量，光合菌或硫化菌等屬於厭氧菌，施用時對水中溶氧量影響不大，然而消化分解蛋白質或氨的益生菌如枯草桿菌與硝化菌等屬於耗氧菌，在使用過程需配合水車曝氣增加溶氧量，避免養殖生物缺氧。另外，也需要注意益生菌的使用要適量，不可過量。

（三）工作魚、混養魚種

文蛤屬於濾食性生物，養殖池水淺，常見池壁及池底較易生長大型藻類如龍鬚菜、絲藻，大型藻類會與微細藻類競爭營養鹽類，導致微細藻類無法增殖，造成食物來源不足，且大量繁生時會覆蓋文蛤而影響成長及活存率；文蛤養殖業者普遍放養虱目魚來清除池中絲藻，龍鬚菜則需以人工方式去除，魚隻混養量不足則無法完全清除絲藻，造成絲藻或海菜在池中繁生，需耗費大量人力去清除。可放養草食性魚類，例如：金錢魚（變身苦）、臭肚魚，抑制池中大型藻類

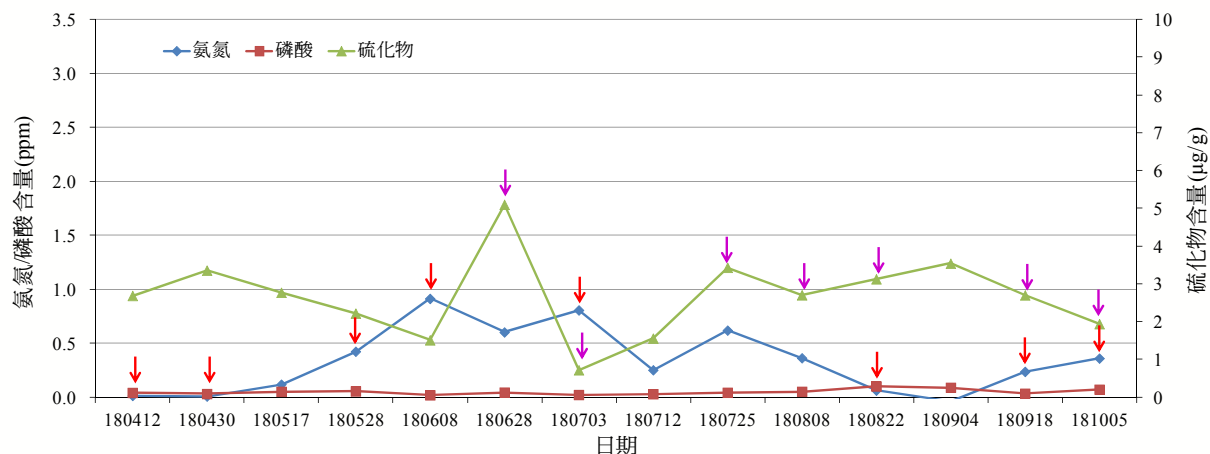


圖 4-7 文蛤池使用益生菌(紅色箭頭-混合型, 紫色箭頭-光合菌)後, 水中氨-氮, 磷酸及硫化物含量之變化情形(雲林四湖示範戶 15)

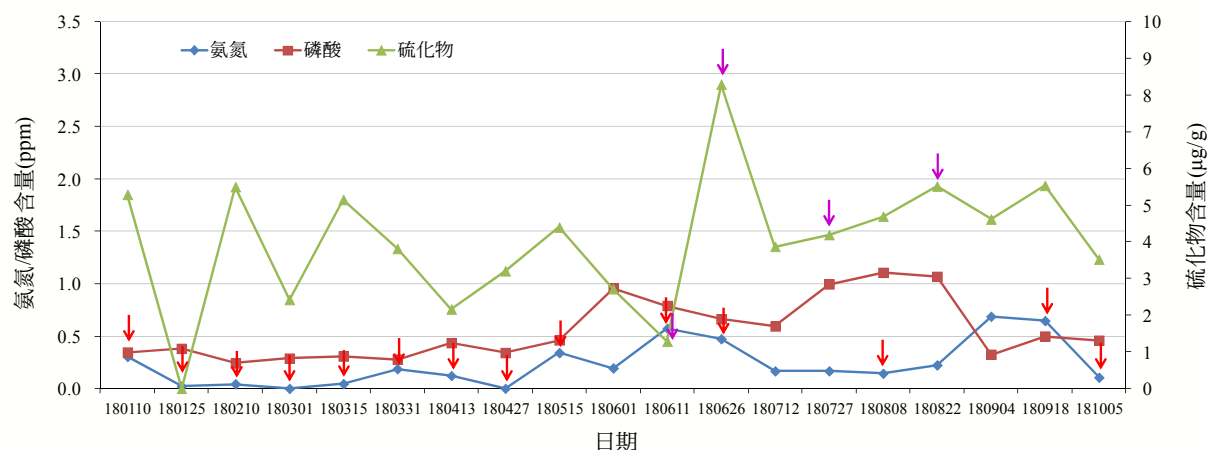


圖 4-8 文蛤池使用益生菌(紅色箭頭-混合型, 紫色箭頭-光合菌)後, 水中氨-氮, 磷酸及硫化物含量之變化情形(嘉義東石示範戶 17)

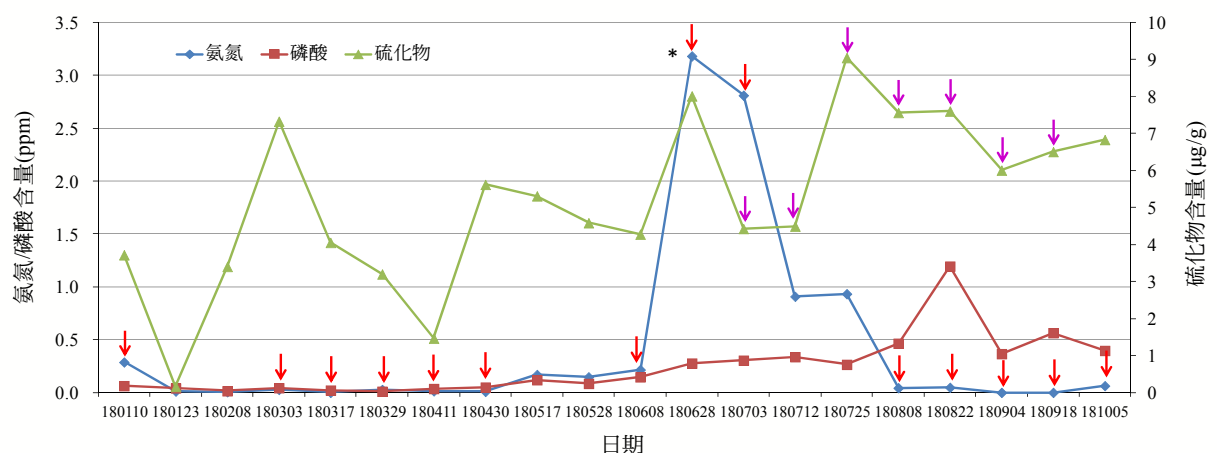


圖 4-9 文蛤池使用益生菌(紅色箭頭-混合型, 紫色箭頭-光合菌)後, 水中氨-氮, 磷酸及硫化物含量之變化情形-範例 3。當池底老化, 有機質過多時, 或硫化物含量高於 6 ppm 時, 定期定量使用光合菌或硫化菌, 還是無法解決池底硫化物過高情形(雲林四湖示範戶 14)

的繁生。若不投餵魚類用飼料，每公頃可放養虱目魚 300—500 尾，臭肚魚苗 1,000—2,000 尾或變身苦 500—1,000 尾。

在水溫低的季節，文蛤池可放養金錢魚、黑鯛及黃錫鯛（枋頭）等耐寒性魚種取代虱目魚作為文蛤池工作魚，須依照文蛤的體型大小，選擇工作魚的體型，避免文蛤被工作魚捕食。

在工作魚的管理上，投餵飼料不要過量或減量，以免工作魚不吃底藻或貽貝。夏季時要減少飼料的投餵量，避免工作魚罹患腸炎（圖 4-10），若出現工作魚死亡時，需先停料 1 星期或減少投餵量，以避免魚隻陸續死亡。用於控制貽貝的黃錫鯛或黑鯛，一般以放養 2—3 寸的魚苗為主，魚體不可太

大，以免文蛤被啃食。白蝦、斑節蝦或草蝦也是業者常混養的物種，用於撿食底藻與控制螺類，在管理上最好減少投餵量或不投餵，並配合施用益生菌，可以減少底土有機物質蓄積，減緩底土硫化物升高。在飼養期間若額外投餵粗魚粉或未經發酵的魚粉，池底有機物會因殘餌及蝦子排泄物之蓄積而增加，加速池底老化，在放養文蛤之前沒有做整池消毒工作的池塘，文蛤養殖過程中即使搭配使用益生菌，由於池底嚴重老化，導致底土硫化物持續維持在 6 ppm 以上，常有文蛤死亡的情況（圖 4-11）。因此，文蛤放養前的整池消毒工作是必要的，且在文蛤養殖期間對於混養物種也要盡量減少投餵，避免有機質蓄積以維持底土良好狀況。



圖 4-10 文蛤池混養魚種-黃錫鯛，夏季罹患腸炎死亡，圖中可見消化系統腫脹，內部充滿水樣液體(箭頭所指處)。經停餵或減量投餵麥片與飼料後，魚隻死亡情況獲改善

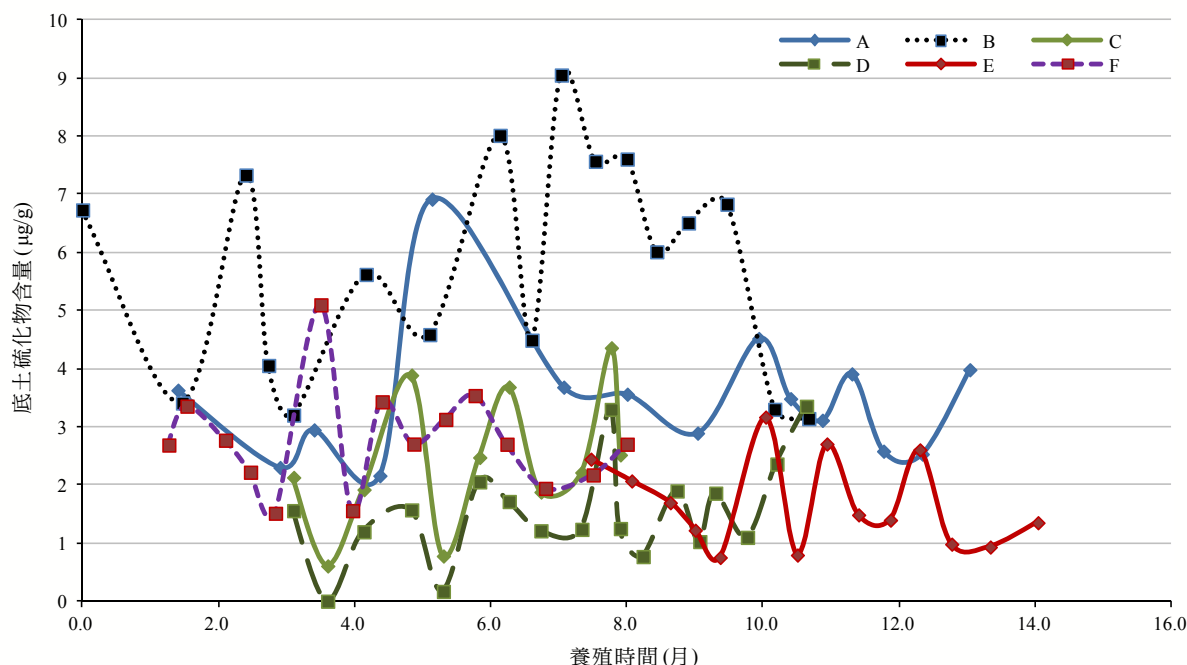


圖 4-11 文蛤池混養白蝦或斑節蝦，在養殖過程中有無投餵魚粉(或粗魚粉)、投餵量及放養前池塘是否有整池，其對底土硫化物含量表現之影響

管理說明 A：有整池混養白蝦+投餵粗魚粉或魚粉+使用益生菌；B：沒有整池混養白蝦+投餵粗魚粉或魚粉+使用益生菌；C：有整池混養白蝦+投餵少量蝦料或發酵魚粉+使用益生菌；D：有整池混養白蝦+投餵少量蝦料或發酵魚粉+使用益生菌；E：有整池混養白蝦+幾乎不投餵蝦料或投餵少量發酵魚粉+使用益生菌；F：有整池混養白蝦+幾乎不投餵蝦料或投餵少量發酵魚粉+使用益生菌

(四) 高溫

文蛤屬於廣溫性，水溫 3—39℃ 具有活動力，水溫在 25℃—35℃ 的成長速率較快，水溫低於 20℃ 以下則成長速率漸緩。根據實驗顯示，從 25℃ 開始，每小時增溫 1℃，達到 36℃ 以上，文蛤出現適應不良而無法正常潛沙，水溫高至 40℃ 則開始死亡。由高溫降至低溫，文蛤較能適應，溫度升降速率太快，或反覆變化容易受影響而死亡。在夏季高水溫期，若藻色不足，加上池水過淺，陽光直射池底，池底溫度上升，有機物過高，即成為微生物繁殖良好的地點，細菌會消耗大量氧氣去分解有機物，底土會逐漸成為無氧狀態，且底質高溫，文蛤會有適應

不良的行為。因此於高水溫期應稍微提高池水水位，避免池底水溫及土溫過高影響文蛤活存。

在 7、8 月的下午 2—3 點，文蛤池水溫常高達 33—34℃，放養密度低於 100 萬粒/公頃的文蛤尚可忍受，對於放養密度遠高於 100 萬粒/公頃的文蛤活存確實有威脅。文蛤池面積一般為 1—3 公頃，在無法遮陽的情況下，面對高溫唯有增加水位和造成水流，要進水須等白天漲潮時期，業者通常不會選在夜間漲潮進水。

文蛤養殖的鹽度在 20 psu 左右，而天然海水的鹽度在 30 psu 左右，因此在白天進水時，一次不能進太多海水，否則在溫度

和鹽度的雙重衝擊下，對虛弱的文蛤也會造成威脅。在高溫的夏季，如果鄰近文蛤池在進行豎井整池，文蛤池水位也會受影響而降至 30 cm 以下，甚至更低，對養殖文蛤往往產生致命的影響。

為克服高水溫，業者一般都會提高池塘水位，因此在規劃文蛤池時，可考慮設置蓄水池或裝置抽水馬達抽取池外的海水以提高池塘水位，如果無法設置提高水位的應變措施（譬如承租的魚塭），面對高水溫期唯有降低放養密度，以度過危險的高溫期。

(五) 強降雨

文蛤屬於廣鹽性，正常生長的鹽度 10—45 psu，中部地區文蛤池鹽度一般在 20—25 psu 之間；南部地區文蛤池鹽度在 30—40 psu。池水鹽度從高降至低，文蛤較能夠適應，但也不能長期低於 15 psu。在梅雨及颱風季節時應提防豪雨造成池水鹽度瞬間過低（減少 5—10 psu）而影響文蛤生長及活存。冬天則需防患東北季風的蒸散作用而使池水鹽度升高，因此需每日測量鹽度，以海水或淡水調節池水維持適當的鹽度。在氣象報導有強降雨來臨時，使用農業石灰 100 kg/公頃（10 ppm），提高養殖池 pH 值。

極端天氣造成持續性豪雨的情況越來越多，持續性的豪雨造成部分地區的文蛤養殖業出現延遲性災損。受損的文蛤池大都位在溪流或大排的出海口附近，因持續性的大雨，陸上累積的雨水持續性地往溪流或大排排入大海，阻礙了漲潮海水湧入調節鹽度的窘境，導致文蛤池的鹽度在 8 psu 以下長達 10—14 天。文蛤長期處在低鹽度無法開口

的情況，其體力逐漸衰弱而導致死亡。持續性豪雨對四湖地區文蛤養殖的影響較少，原因之一是海水會出泉滲入文蛤池，鹽度受上層雨水稀釋程度較小。

為改善強降雨的影響，可調整文蛤養殖面積為 0.5—1 公頃，在池中設置數個 500 L 的塑膠桶，收集池中的上層雨水，然後以水管將雨水引至岸邊的水井，再以馬達將雨水抽出，以降低文蛤池水淡化的速度。另一種處理方式，模擬海水滲入池子的作法，在池子的四個角落，在底泥深度 1 m 左右，埋入多隻橫管，平常做豎井的功能，持續大雨時，每週可由此管路打入海水 1 次，以提高底泥中或底層水的鹽度，降低文蛤遭受持續豪雨的威脅。

(六) 疾病防治

近年來氣候變遷，文蛤成長緩慢及季節性或偶發性大量死亡的問題日趨嚴重，造成養成時間拉長及養成率偏低、上市階段成長變緩且蛤肉變少，造成產量下降，收益嚴重縮水。目前臺灣西南沿海養殖文蛤於季節性或偶發性大量死亡發生可能原因有水質不良、養殖密度高、水源受到污染、溫度及鹽度劇烈改變、管理不善、細菌性疾病發生的可能，依照現有的問題推測並非單一的情況，而是綜合的情形混合所造成，環境異常變化加上投餵過量，使得原本環境中即具有潛在的病原菌大量孳生，加上文蛤受緊迫抵抗力降低，更易感染病原菌。文蛤疾病的防治對策主要為確實進行養殖前整池工作、控制養殖密度、平時養殖管理的加強、養殖環境的改善，最重要是 4 月見水溫升高就要定

期 3—4 週以二氧化氯 1 ppm 降低菌量。

(七) 文蛤出現死亡時的因應方法

文蛤潛入沙土中，依沙土鬆硬程度不同，潛入深度就有差異，越鬆軟，潛入就越深，除非受到干擾向更深處潛逃，正常深度只需將出入水管露出土表，以進排水方式，由鰓部濾取水中微細藻類、有機碎屑，攝取食物。當文蛤爬出底土表面，即是文蛤不適應環境的症狀，需要立即處理。

1. 加強水車開動增加水中溶氧，觀察情況。
2. 情況較輕微時，以 1 ppm 二氧化氯處理，隔天添加 5 ppm 光合菌。
3. 情況嚴重時，利用夜間排乾池水，再以淡水清洗後補充海水，維持池水鹽度在 18—20 psu 上下。
4. 若發生空飄現象，則以 1 ppm 二氧化氯連續處理 3 天，隔天再添加 5 ppm 光合菌。
5. 施灑沸石粉或底質改良劑等來改善環境。

(八) 似殼菜蛤及孔雀蛤的防治

當其他貝類數量多時，會與文蛤競爭食物，造成水色變清而影響文蛤的成長，甚至文蛤被孔雀蛤吸附夾擊而影響活存。故在整池時須徹底曬池及清除池壁附著生物，再以 20—25 ppm 茶粕浸泡。進水時防止貝類幼生期（孔雀蛤、牡蠣、藤壺及螺類等幼生浮游期）隨同海水一起流入池中，故進水時以二氧化氯 1—2 ppm 殺貝類浮游期。養殖過程中放養黃錫鯛、黑鯛等鯛科魚類攝食此類附著生物。

四、輔導養殖戶之文蛤養殖近況

(一) 彰化芳苑地區

土質大多為沙質底為主，過去很少翻底土，長年下來底質老化，經輔導養殖戶多數都有進行整池，且建立標準化之整池程序。目前文蛤放苗時間在 9—11 月底之間，放養量及規格分別為 80 萬粒/公頃（400 粒/斤）—200 萬粒/公頃（700 粒/斤）。建議未來放養時間應提前至 6—7 月放養，且放養規格應以 500 粒/斤以上較佳，放養量應以 80—100 萬粒/公頃，經養殖 10 個月可達上市規格 40—50 粒/斤，也可避過每年 5—6 月雨季來之前收成。該區在冬季 12 月至翌年 2 月間因沙質底浮游植物量非常低，故水色非常清澈成長較緩慢，建議引用養魚池水或醱酵料加強改善成長緩慢。

輔導戶實驗池先經底質改良劑、綜合益生菌及光合菌，並以醱酵豆粉做水。養成期間每週使用石灰、綜合益生菌及光合菌，並以醱酵豆粉投餵。經以上處理後實驗池底質中硫化物濃度比對照池低，底土 pH 在 7.5—8.1 之間，ORP 大多數介於 -100—-150 mV，故產生硫化氫比例低，底土也沒有硫磺惡臭異味，未處理過底質呈現黑色，處理過後底質呈現土色（圖 4-12）。處理池養殖之文蛤顏色較淺，未處理池養殖之文蛤顏色較黑（圖 4-13）。

文蛤池水質氨、亞硝酸、化學需氧量皆很低，溶氧量皆在 4—6 ppm 之間，pH 值在 8 上下，整體而言水質指標皆正常。鹽度大

多介於 20–25 psu 之間，除非在 6–8 月間降下大豪雨鹽度瞬間巨降至 10 psu 而造成大量死亡。



圖 4-12 水池未經底質改良劑處理前底質呈現黑色(上)，處理後底質呈現土色(下)



圖 4-13 水池未經底質改良劑處理前文蛤顏色較黑(右)，處理後文蛤顏色較淺(左)

(二) 臺南三股、七股、安平地區

土質大多為沙壤土為主，過去也很少翻底土，僅在池邊挖深溝抽乾水，長年下來底質老化，經輔導養殖戶多數都有整池之 SOP 操作。目前文蛤放苗時間在 3–6 月底之間，放養量及規格分別為 60 萬粒/公頃 (500 粒/斤) 至 80 萬粒/公頃 (800 粒/斤)。建議放養規格應以 500 粒/斤以上，放養量為 50–60 萬粒/公頃較佳。該區在冬季 12 月至翌年 2 月間因沙壤土浮游植物量較低，故水色較低些，建議引用養魚池水或醱酵料加強成長。

輔導戶實驗池先經底質改良劑、綜合益生菌及光合菌，並以醱酵豆粉做水。養成期間每週使用石灰、綜合益生菌及光合菌，並以醱酵豆粉投餵。經以上處理後實驗池底質中硫化物濃度比對照池低，底土 pH 在 7.5–8.1 之間，ORP 大多數介於 -100– -150 mV，故產生硫化氫比例低，底土也沒有硫磺惡臭異味。

文蛤池水質氨、亞硝酸、化學需氧量皆很低，溶氧量皆在 4–6 ppm 之間，pH 值在 8 上下，整體而言水質指標皆正常。鹽度大多介於 30–50 psu 之間，因為冬季臺南無雨水乾季鹽在 40 psu 以上成長較緩和。除非在 6–8 月間降下大雨，鹽度降至 20–30 psu 之間更適合文蛤快速成長。但今 (107) 年 8 月 23、24 日兩天降下大豪雨淹水鹽度瞬間遽降，沿岸海水淡化而造成 (部分養殖文蛤) 大量死亡。大多數輔導戶收成量都比去年成長很多 (圖 4-14–4-15)。

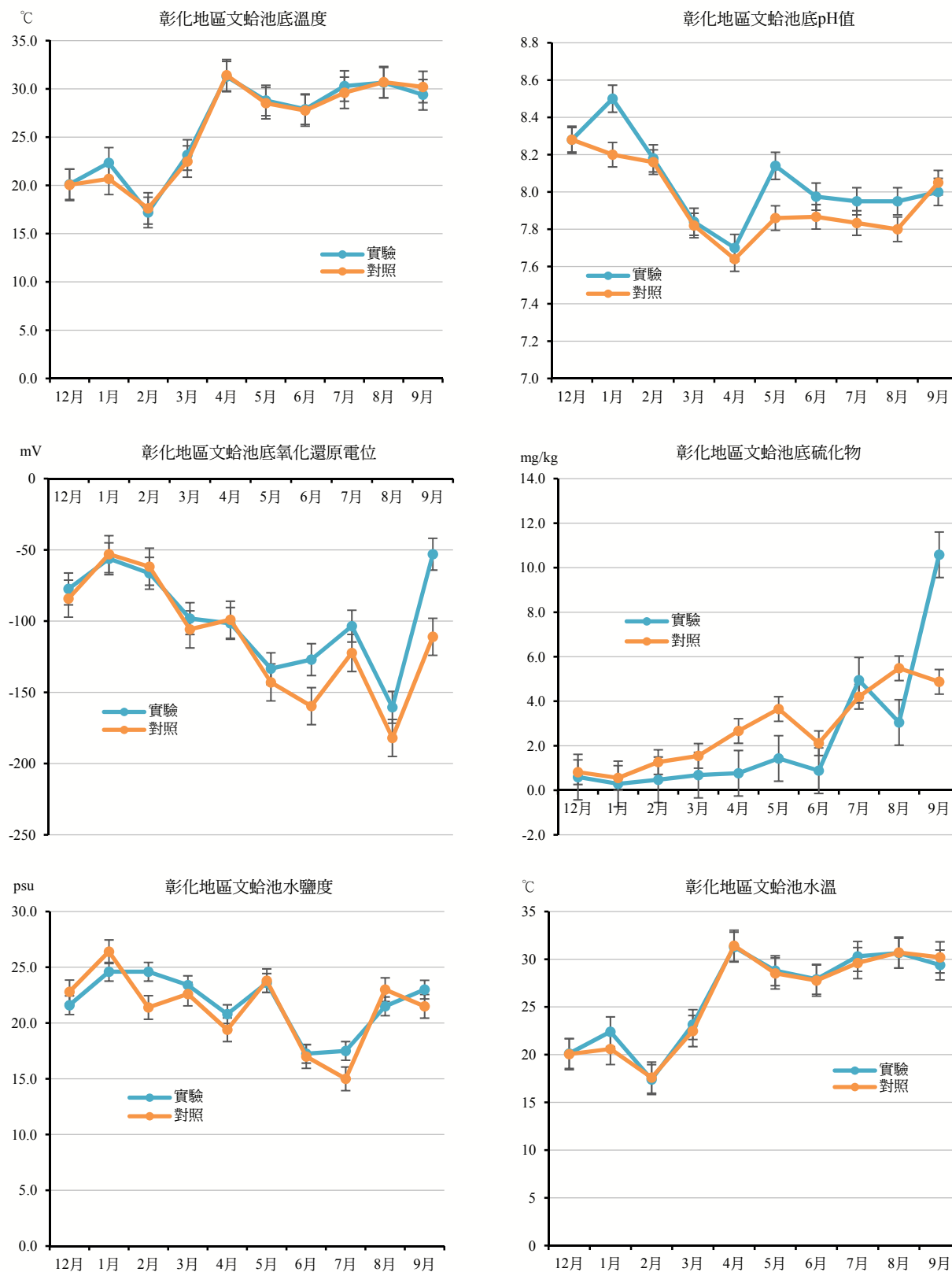


圖 4-14 彰化地區文蛤池底質與水質參數之月份變化

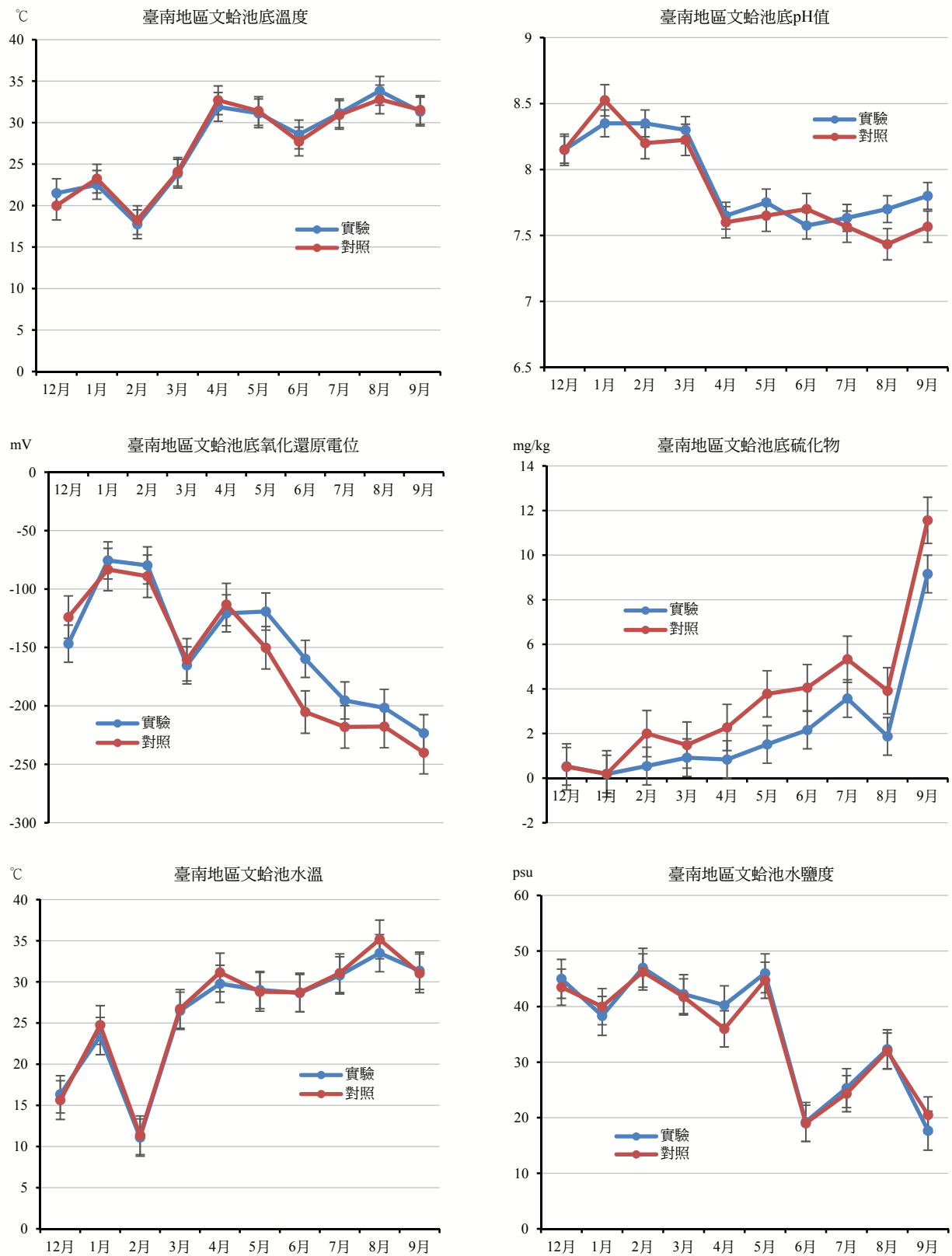


圖 4-15 臺南地區文蛤池底質與水質參數之月份變化