

曝氣策略對石斑魚成長及水質影響

吳育甄¹、林峰右¹、薛欣達²、胡益順¹、陳幸慧²、黃豐哲²、葉信利¹

¹水產試驗所海水繁養殖研究中心、²國立成功大學永續環境科技研究中心

前言

臺灣石斑魚養殖在 2014 年養殖產量 25,312 公噸，產值達新臺幣 83 億元，為臺灣重要的水產養殖物種。然而石斑魚養殖仍有許多潛在風險，以養殖角度而言，需隨時注意觀察魚隻狀況與加強餌飼料投餵管理及疾病防疫等，而養殖池水質變化則是與上述的每個環節都息息相關，且是影響石斑魚養殖成功與否的重要因素。早期的水質管理主要靠漁民長時間累積的經驗，並以肉眼觀察魚隻及水質環境變化，現階段則是不定時進行水質檢測，但這個方式無法立即掌握水質變化，通常在魚隻出現異常時才進行測定及處理，往往已緩不濟急。近年來許多「水質即時監測系統」被開發並應用於養殖池水的監控，可精準掌握各項水質參數，在養殖過程中可即早發現並作及時的處理改善，是為促進養殖產業發展的一大關鍵。隨著科技的日益進步，人工偵測器不斷精進，藉由自動化水質監測應用於石斑魚養殖管理，達到預防勝於治療目標，減少因水質環境不佳引發的病害，大幅減少石斑魚養殖風險損失。

多種水質參數中，溶氧是相當重要的一項，其來源為空氣的擴散、水的攪動及水中藻類行光合作用，提供養殖魚隻呼吸及代謝

之用，同時參與多項水中微生物氧化還原反應，是水質良莠的重要指標。傳統養殖以日照長度、水色變化及魚隻狀況等作為判斷曝氣使用頻率之依據，然而可能因錯誤判斷導致魚隻缺氧或耗費電量等情況。

本研究利用「溶氧即時監控設備」調控石斑養殖池的溶氧，並探討不同的曝氣策略對水質與池魚成長之影響。

材料方法

一、材料

試驗之點帶石斑 (*Epinephelus coioides*) 及鞍帶石斑 (*Epinephelus lanceolatus*) 購自屏東縣林邊鄉石斑魚養殖場，點帶石斑平均體重為 867.4 ± 108.7 g，平均全長為 42.8 ± 1.9 cm；鞍帶石斑平均體重為 832.1 ± 157.6 g，平均全長為 37.7 ± 2.4 cm。魚隻各分兩組蓄養在水深 1 m 之 15.2 噸水八角水泥池中，每組各 50 尾點帶石斑魚及 10 尾鞍帶石斑。試驗期間每兩天餵食一次，每次投餵魚體重 2% 的鯖魚生餌及石斑魚人工沉性飼料，餵食時觀察魚隻攝食狀況，並確保池中沒有殘餌。

二、試驗方法

(一) 曝氣調節設定

以曝氣石於養殖池底部曝氣供氧，曝氣

點分布於養殖池周邊共 16 點，每點之曝氣量為 6 L/min。試驗分為兩組，一為對照組—不調節曝氣，即持續曝氣不間斷；一為試驗組—調節曝氣，設定溶氧上下限進行曝氣開關調節，即時水質監控系統測定溶氧下限設為 4.5 mg/L 時，曝氣即自行啟動；反之，溶氧達到上限 5.5 mg/L 時，曝氣即關閉。試驗組於關閉曝氣的時間即視為節能，於試驗結束後分別計算曝氣開啟時間。

(二) 曝氣調節池水水質監測

試驗期間每日進行水質監測，記錄試驗組及對照組池水中層水深 0.5 m 及底層水深 1 m 處之水溫、酸鹼值、溶氧，同時每日檢測其氨氮 (NH_4^+)、硝酸鹽 (NO_3^-) 與亞硝酸 (NO_2^-)。

(三) 石斑魚生物測定

於試驗開始及結束時測定魚體重、全長，並依記錄計算其活存率、肥滿度、增重百分率。

結果

一、調節曝氣節約時間

本次試驗共計進行 10,080 分鐘，其中試驗組曝氣關閉時間共 6,752 分鐘，平均 475.4 \pm 106.1 分鐘/天，曝氣時間較持續曝氣的對照組減少 66.98%，對照組與試驗組每日曝氣時間如圖 1 所示。

一天當中，試驗組之曝氣較長時間啟動的時間約在 AM 1:00 至 AM 8:00，因從傍晚無日照後，水中藻類無法行光合作用，持續消耗池水中氧氣致溶氧逐漸降低。至凌晨 1 點時，水質監控系統監測到溶氧低於 4.5

mg/L，因而啟動曝氣系統，一直到上午 8 點左右停止。白天時，曝氣開關會零星啟動，作用時間約 4—8 分鐘左右，當溶氧提高至 5.5 mg/L 以上時就會停止。

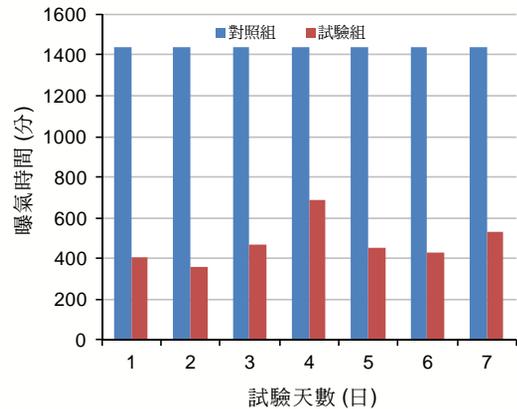


圖 1 對照組與試驗組每日曝氣

二、池水水溫、溶氧、酸鹼值之變化

(一) 水溫變化

試驗期間，池水溫度介於 19.5—23.5°C 之間 (圖 2)，每天日夜溫差 (11:30 AM 及 11:30 PM) 部分，試驗組中層水溫平均差 1.3 \pm 0.4°C，底層 1.1 \pm 0.4°C；對照組中層水溫平均差 1.0 \pm 0.5°C，底層 1.1 \pm 0.5°C。試驗組中、底層水溫差平均 0.52 \pm 0.23°C，對照 0.05 \pm 0.09°C，對照組中層與底層的溫差低於試驗組，推測因對照組持續曝氣攪動池水，使得池水中層及底層溫度趨於一致，然而不管是試驗組或對照組，底層水溫皆高於中層水溫。

(二) 溶氧變化

試驗組及對照組中層與底層溶氧變化如圖 3。試驗組因調節曝氣，其溶氧日變化皆大於對照組，且兩組溶氧日夜變化皆隨著試驗天數的增加而拉大。試驗第 1 及 2 天時，

溶氧日夜變化小於 2.0 mg/L；第 3 天起，溶氧日變化間距加大，到第 5 天，試驗組池水中層及底層溶氧，清晨 6 點為 4.1 mg/L，至傍晚 6 點，分別上升至 10.2 mg/L 及 10.6 mg/L。試驗組因未持續曝氣，因此池中藻類行光合作用所產生的氧氣無法透過曝氣散溢到空氣中，導致水中溶氧量在日間急遽升高，夜間藻類行呼吸作用而使溶氧量下降，日夜變化拉大，但其中層及底層溶氧量，不

論白天或夜晚幾乎都趨於一致。至於對照組，其溶氧量日夜變化較雖然較試驗組小，但其中層溶氧皆高於底層，且隨著試驗時間的增加，溶氧量差距也跟著變大。試驗第 8 天，凌晨 6 點時，對照組之中、底層溶氧差距拉大到 2 mg/L，溶氧量低於 4.4 mg/L 之下限值，即使啟動打氣設備，仍無法於 1 小時內回復至上限值 5.5 mg/L。

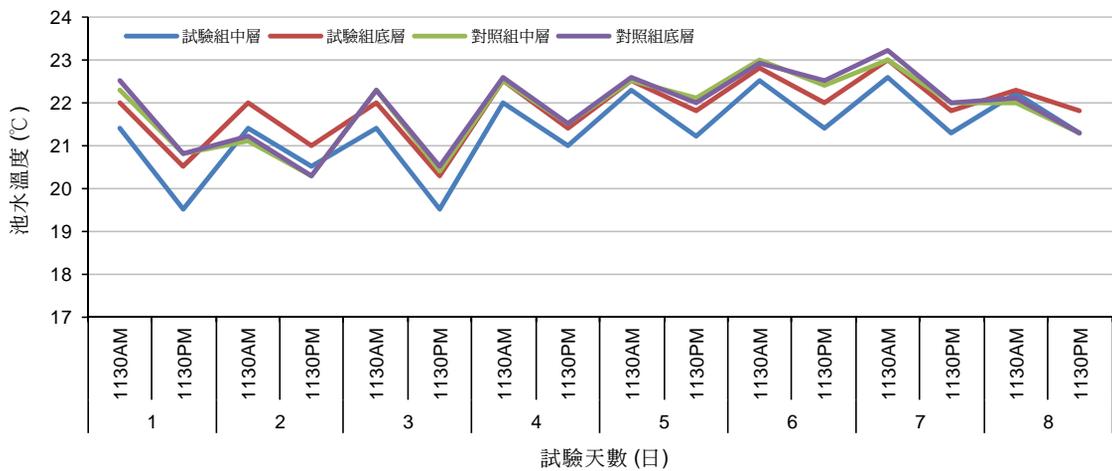


圖 2 試驗期間池水水溫變化情形

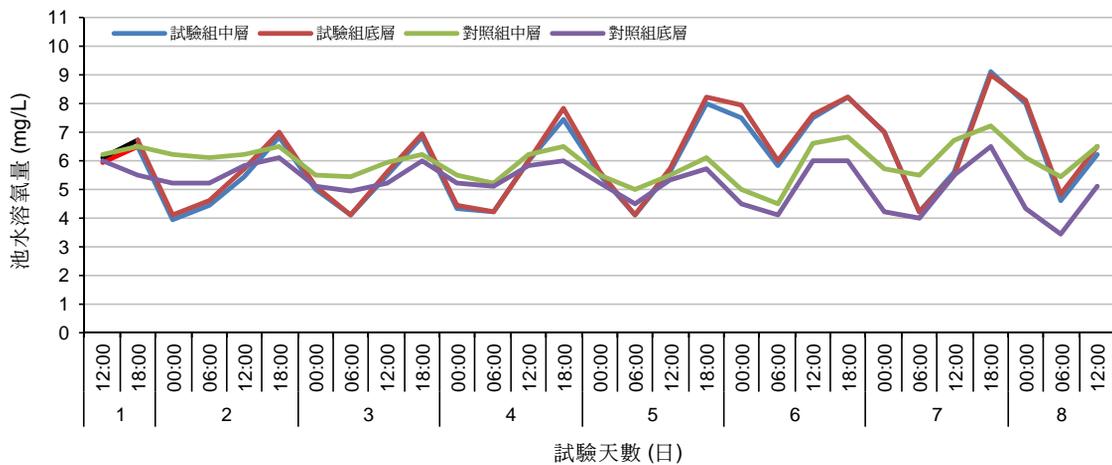


圖 3 試驗期間池水溶氧 (DO) 變化情形

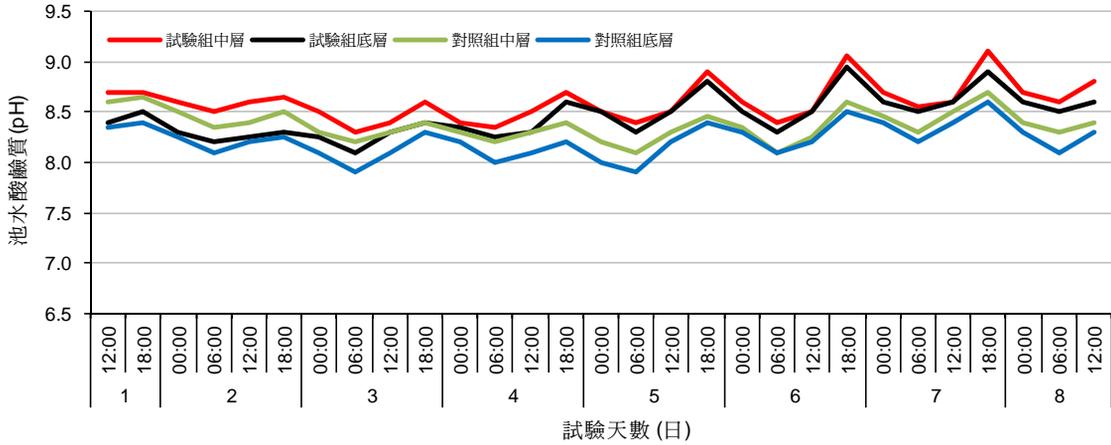


圖 4 試驗期間池水酸鹼質 (pH) 變化情形

(三) 酸鹼值 (pH) 變化

酸鹼值監測結果如圖 4。試驗期間兩組的 pH 值約介於 8-9 間，且試驗組無論中層或底層的 pH 值均較對照組高，日變化呈現晚上下降、白天上升的情形。第 2-3 天，pH 值整體呈現下降，第 4 天起，逐日上升，且日夜變化加大，可能是因為水中藻類數量增加，大量的光合作用結果使得 pH 值逐漸上升。

三、養殖池水水質變化

試驗期間的氨態氮 (NH_3^+-N) 變動如圖 5。試驗組的 NH_3^+-N 平均濃度為 3.35 ± 0.28 ppm，對照組為 3.07 ± 0.50 ppm。試驗第 2 天，兩組的 NH_3^+-N 濃度均小幅上升；第 3 天後，試驗組的變化不大，大都維持在 3.24-3.35 ppm 間，至第 8 天略為上升到 3.99 ppm。對照組則在第 3 天時略為下降，且濃度較試驗組為低；第 8 天時同樣有升高的情形。試驗期間，無論是試驗組或對照組均未檢測到亞硝酸 (NO_2^-)。至於硝酸鹽 (NO_3^-)，兩組皆在試驗第 3 天起逐漸上升，且濃度無明顯差異 (圖 6)。

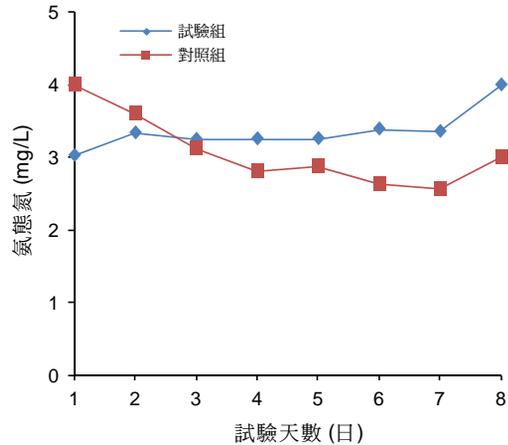


圖 5 試驗期間池水氨態氮 (NH_3^+-N) 變化情形

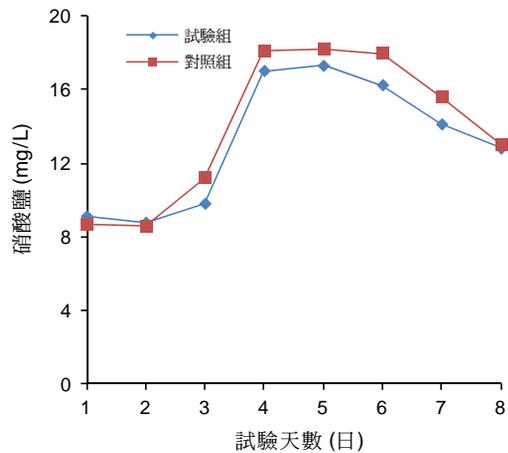


圖 6 試驗期間池水硝酸鹽 (NO_3^-) 變化情形

四、石斑魚成長參數

試驗結束後，比較兩組石斑魚的成長情形(如表)，結果顯示，採取自動調節曝氣策略的試驗組，點帶石斑與鞍帶石斑的增重率分別為 1.92% 及 0.03%，略高於持續曝氣之

對照組的 1.10% 及 0.01%。測定試驗前後魚隻的肥滿度，兩組的點帶石斑皆為 1.7 ± 0.2 ；鞍帶石斑部分，試驗組由試驗前的 2.5 ± 0.4 提高為 2.6 ± 0.3 ，而對照組則皆為 2.4 ± 0.4 。

試驗組及對照組成長情形

魚種	點帶石斑				鞍帶石斑			
	試驗組		對照組		試驗組		對照組	
試驗天數	1	7	1	7	1	14	1	14
全長 (cm)	41.9±1.3	42.0±1.2	43.7±1.8	44.0±1.3	37.7±1.8	37.8±1.9	37.8±3.0	37.9±3.0
體重 (g)	812.9±52.5	828.6±53.1	922.0±121.4	932.2±103.8	824.4±121.8	824.6±123.5	839.7±223.9	839.8±221.9
肥滿度 (%)	1.7±0.2	1.7±0.2	1.7±0.2	1.7±0.2	2.5±0.4	2.6±0.3	2.4±0.4	2.4±0.3
增重百分率 (%)	1.92		1.10		0.03		0.01	

結論

從研究結果看來，雖然調節曝氣之策略會增加設備及操作成本，但的確可有效降低耗能。水質監測數據顯示，在調節曝氣下，池水溶氧量日夜變化拉大，但是中、底層無明顯差異；而採取持續曝氣策略的對照組，其溶氧量日夜變化差距較小，但中層與底層的差距則增加，此結果在養殖管理上是值得注意的，因為溶氧是多種水質變化的重要指標，有機物的分解氧化及水中微生物呼吸都需要氧，池中層及底層水質差異拉大，往往不利於養殖生物生存。試驗期間的池水水色逐漸變深，對應到 pH 值的監測結果，調節曝氣的試驗組的 pH 值呈現逐漸上升現象，推測應是藻類大量繁生，光合作用活躍

所致，也因此拉大了溶氧的日變化。在其他水質影響方面，試驗期間曝氣調節與否，不會導致氨態氮、硝酸鹽及亞硝酸濃度的太大變化，而且對於石斑魚的成長並無顯著影響。綜合整個試驗結果，應用曝氣來進行節能的策略，似乎不適用於石斑魚的長期養殖，因為到第 5 天後，水質及各項條件已漸漸不利於石斑魚的成長。然而，在水土資源有限以及異常氣候威脅加劇的情況下，養殖之限制也愈來愈高，因此除了需要建立完善的水質監測系統外，節能勢必成為產業發展的重要趨勢。本試驗初步結果或不適用於石斑魚養殖，但希望能作為其他養殖生物如觀賞水族及魚菜共生等之參考，使結合即時水質監測系統的節能養殖模式能有更進一步的發展。