

光照強度、微藻濃度及放卵密度對密點少棘胡椒鯛 (*Diagramma pictum*) 受精卵孵化之影響

邱沛盛* · 何信緯 · 黃政軒 · 朱永桐 · 許晉榮

農業部水產試驗所海水養殖研究中心

摘 要

密點少棘胡椒鯛 (*Diagramma pictum*) 廣泛分布於印度-西太平洋地區，是漁業、遊釣和水族貿易的重要物種，有發展水產養殖與增殖放流的潛力。在水產養殖環境中，光照強度、水中微藻的濃度及育苗初始受精卵的投放密度都會影響受精卵孵化及後續魚苗培育的成敗。本研究分別探討密點少棘胡椒鯛受精卵在不同光照強度 (0、1,000、4,500 及 20,000 lux)、微藻濃度 (6.38×10^5 、 1.68×10^6 、 3.35×10^6 及 4.86×10^6 cells/mL) 及放卵密度 (250、500、1,000 及 2,000 粒/L) 條件下，經過 24 hr 的孵化率及孵化後仔魚的畸形率。結果顯示，光照強度提高，剛孵化仔魚畸形率顯著增加，而微藻濃度及放卵密度提高都會導致孵化率降低及畸形率提高。建議密點少棘胡椒鯛育苗時最初的 24 hr 維持環境條件如下：光照強度 0 – 1,000 lux、微藻濃度 6.38×10^5 cells/mL 及放卵密度 250 粒/L，可獲得的孵化率分別為 44 – 54%、78.89% 及 74.48%，孵化後仔魚畸形率分別為 11 – 17%、5.52% 及 15.82%。本研究結果可應用於密點少棘胡椒鯛的受精卵孵化管理，有助於提升後續魚苗生產之存活率。

關鍵詞：密點少棘胡椒鯛、孵化、光照、微藻濃度、放卵密度

前 言

石鱸科 (Haemulidae) 魚類有 21 個屬、136 種 (Nelson, 1994; Fricke *et al.*, 2024)，在世界各地都是重要的漁業資源，如胡椒鯛 (sweetlips)、石鱸或雞魚 (grunts) (Lee, 1985; Chang, 1997)。其中，胡椒鯛同時也是常見的觀賞魚以及休閒垂釣魚種 (Leu *et al.*, 2012; Hauville *et al.*, 2017)。密點少棘胡椒鯛 (Painted sweetlips, *Diagramma pictum*) 廣泛分布於印度-西太平洋地區，從紅海和東非到日本和新喀里多尼亞，是漁業、遊釣和水族貿易中的重要物種 (Randall *et al.*, 1997; Froese and Pauly, 2024)，在國內市場價格約 400 – 500 元/kg。通常棲息在相對封閉的海灣、河口、淺海區域和珊瑚礁區 (Smith and McKay, 1986; Sommer *et al.*, 1996)。稚魚常出現在海草床 (Smith and McKay, 1986)，以底棲無脊椎動物及小魚為食 (Sommer *et al.*, 1996)。近年來，屏

東開始有業者進行種苗生產，屬於剛起步階段，而澎湖縣政府也有進行此種魚類增殖放流的需求。Chiu *et al.* (2025) 已完整描述密點少棘胡椒鯛的自然產卵、初期發育及魚苗首次攝食階段的培育，為此魚種邁向商業化生產奠定基礎。

大部分的經濟性海水魚類均產浮性卵，即產卵後親魚並不會照顧受精卵，而是任由這些受精卵隨著水漂流 (Holt *et al.*, 2017)，因此，環境因素對於受精卵的孵化或孵化後仔魚的生理狀態就有顯著的影響 (Ellis *et al.*, 1997; Downing and Litvak, 2002; Chiu and Leu, 2021; Chiu *et al.*, 2023)。在水產養殖環境中，有許多因素會影響魚苗培育的成敗，如受精卵品質、水中溶氧、微生物因素、打氣擾動、氨氮濃度、光照強度、水中微藻的濃度及育苗初始受精卵的投放密度 (Barnes *et al.*, 2009; Broach *et al.*, 2017; Degidio *et al.*, 2018; Groover *et al.*, 2021; Mueller *et al.*, 2017; Pereira-Davison and Callan, 2018; Sowaske *et al.*, 2023)。

先前許多研究測試海水魚受精卵在不同光照強度下的孵化情形 (Ellis *et al.*, 1997; Cook and Rust, 2002; Watanabe and Feeley, 2004)，發現不同

*通訊作者 / 臺南市七股區三股里海埔 4 號；TEL: (06) 788-0461 轉 219；FAX: (06) 788-1597；E-mail: pschiu@mail.tfrin.gov.tw

的光照強度會影響仔魚孵化、發育、攝食、生長及活存 (Cook and Rust, 2002; Puvanendran and Brown, 2002; Villamizar *et al.*, 2011; Pereira-Davison and Callan, 2018; Groover *et al.*, 2021)，而在上述的研究報告中，光照強度的設定依據不同魚種各有不同範圍，從 0 – 6,500 lux 皆有 (Cook and Rust, 2002; Pereira-Davison and Callan, 2018)。

海水魚苗培育時在水中添加微細藻是相當常見的，又稱「綠水養殖」(Planas and Cunha, 1999; Liao *et al.*, 2001; Carton, 2005; Nicolaisen *et al.*, 2014)。在臺灣的海水魚苗培育過程，常使用綠水來穩定水質、滋養餌料生物及減少魚苗的緊迫 (Liao *et al.*, 2001)。許多研究探討水中活體微藻的濃度對魚苗視覺及攝食的影響 (Cobcroft *et al.*, 2001; Degidio *et al.*, 2018)，部分研究使用非活體或經過濃縮處理的微藻營造綠水環境來評估魚苗攝食與活存情況 (Hilder *et al.*, 2017; Sales *et al.*, 2016)，但對受精卵孵化的影響則較少描述。有些業者認為環境中的微藻會影響受精卵的孵化，因此會等到魚苗孵化後才加入「綠水」，也有部分業者會直接將受精卵放到已經培育好的綠水中進行育苗。目前對於使用商業微藻膏來製造「綠水」環境是否影響海水魚苗的受精卵孵化仍不清楚。

在育苗時確定適當的受精卵投放密度，可以提高孵化率及魚苗生理狀態，使得魚苗可順利活存至首次攝食階段 (Broach *et al.*, 2017)。許多研究都證實了放卵密度對孵化的影響，一般來說，在無通氣的情況下，過高的放卵密度都會降低孵化率 (Toledo *et al.*, 2004; Sugama *et al.*, 2004)，但若過度降低放卵密度也可能會減少養殖收益，因此，需要仔細的探討最佳的放卵密度為何，以建立最佳的養殖管理參數。

迄今為止，有關密點少棘胡椒鯛受精卵在不同光照強度、微藻濃度及放卵密度下的孵化情形尚不清楚，因此有必要進行一系列的實驗探討，以期改進其魚苗量產技術。

材料與方法

一、種魚培育及受精卵取得

本研究動物試驗之執行已獲得實驗動物小組的許可 (113-IACUC-01)，實驗用受精卵來自

於自行培育的 22 尾密點少棘胡椒鯛種魚 (體全長約 50 – 70 cm)。全數飼養在室內 50 噸的水泥池中，採用流加水系統養殖，海水交換率每天 100%。水質參數如下：水溫 24.5 – 31.2°C、鹽度 29.0 – 31.0 ppt、溶氧量 (DO) > 5 mg/L、pH 8 – 9。整個實驗期間採用自然光週期 (冬季 11 hr 光照，夏季 13 hr 光照)。種魚每天 09:00 及 16:00 餵食鱸魚浮性飼料，為使種魚獲得更多樣化的營養，每三天補充餵食一次切碎鯖魚肉，每次餵食至種魚飽食不再索餌為止。每天 17:00 放置漂浮性受精卵收集器 (Fig. 1)，並於隔日 09:00 查看收集器並收集受精卵。



Fig. 1 Marine fish pelagic egg collector.

二、孵化率及畸形率測定

本研究各實驗測定孵化率及畸形率的方法都相同。首先將胚體形成期、出現 10–12 肌節的受精卵 (Fig. 2)，轉移到實驗用的 250 mL 燒杯中。

每個燒杯都含有新鮮海水，以靜止、不打氣狀態等待受精卵孵化後計算孵化率 (Broach *et al.*, 2017)及畸形率 (Chiu and Leu, 2021)，計算公式如下：

$$\text{孵化率 (\%)} = \left(\frac{\text{剛孵化的仔魚數量}}{\text{初始受精卵數量}} \right) \times 100$$

$$\text{畸形率 (\%)} = \left(\frac{\text{孵化後畸形的仔魚數量}}{\text{剛孵化的仔魚數}} \right) \times 100$$

畸形仔魚的判定如 Fig. 3，畸形魚苗與正常魚苗相比會有脊索縮短、尾部彎曲情形 (Chiu and Leu, 2021; Tian *et al.*, 2022)。除光照強度、微藻濃度及放卵密度各組不同之外，其他水質參數於實驗前後測量：溫度 26.0 – 26.5°C、鹽度 29.5 – 30.5

ppt、DO > 4 mg/L、pH 7.95 – 8.05、總氨氮 (Total ammonia, TAN) < 0.01 mg/L、NO₂-N < 0.05、NO₃-N < 10 mg/L。溫度、鹽度及 pH 使用多參數水質儀 (XT-131M, JAQUA, Taichung, Taiwan)、DO 以手持式測量儀 (DO30, Twinno Instruments, New Taipei City, Taiwan) 直接於燒杯中進行分析，TAN、NO₂-N 及 NO₃-N 的測定則採 1 mL 水樣，使用分光光度儀 (WaterLink Spin Touch, LaMotte, Chestertown, MD, USA) 分析。



Fig. 2 A fertilized egg with 10-12 somites has formed in the embryo.

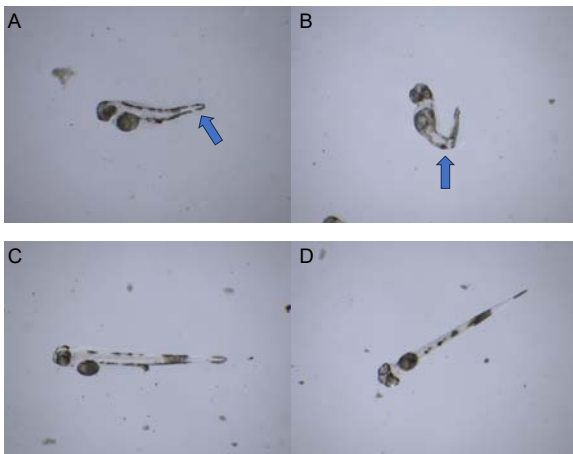


Fig. 3 The deformed larva has a shorter notochord (A, arrow) and a curved tail (B, arrow), while the normal larva has a straight and uncurved notochord (C-D).

三、光照強度對受精卵孵化及畸形之影響

以 T5 燈管之水族燈具 (pro aquarium lamp, ISTA, TZONG YANG, Taiwan) 配合黑色遮光網來設定不同光照強度，分別為 0、1,000、4,500 及 20,000 lux 四組，光照強度 0 – 4,500 lux 組的設計

參考其他珊瑚礁魚類的試驗 (Pereira-Davison and Callan, 2018)，20,000 lux 組為模擬戶外養殖池的光照強度。一般來說，戶外養殖池若沒有特別遮光，光照強度均超過 20,000 lux，而我們所使用的照度計 (LM-81LX, Lutron electronic, Taiwan) 偵測極限閾值即為 20,000 lux。其他水質參數如下：溫度 26.0 – 26.5°C、鹽度 29.5 – 30.5 ppt、DO > 4 mg/L、pH 7.95 – 8.05。實驗開始時每個燒杯放入 30 粒受精卵，每組三重複，燒杯中無打氣。受精卵放入後經過 24 hr (即光照週期 24L : 0D，L=光照，D=黑暗) 計算孵化率及畸形率。

四、微藻濃度對受精卵孵化及畸形之影響

以商業用濃縮微藻膏 (*Chlorella* spp.) (Super Chlorella V12, Chlorella Industry, Japan) 添加於海水中配置不同濃度的綠水環境，根據其中微藻細胞量分為 6.38×10^5 、 1.68×10^6 、 3.35×10^6 及 4.86×10^6 cells/mL 四組，微藻濃度設置參照其他珊瑚礁魚類的試驗 (Degidio *et al.*, 2018; Chen and Zeng, 2021)。實驗中的光照強度依照第三節的實驗結果設定，光照週期為 24L : 0D。其他水質參數如下：溫度 26.0 – 26.5°C、鹽度 29.5 – 30.5 ppt、DO > 4 mg/L、pH 7.95 – 8.05。每個燒杯放入 30 粒受精卵，每組三重複，燒杯中無打氣。受精卵放入後經過 24 hr 計算孵化率及畸形率。

五、放卵密度對受精卵孵化及畸形之影響

設計 250、500、1,000 及 2,000 粒/L 四組，放卵密度的設定參照 Broach *et al.* (2017) 的研究。實驗中的光照強度依照第三節的實驗結果，光照週期為 24L : 0D。微藻添加的濃度依照第四節的實驗結果，每組三重複，燒杯中無打氣。其他水質參數如下：溫度 26.0 – 26.5°C、鹽度 29.5 – 30.5 psu、DO > 4 mg/L、pH 7.95 – 8.05。受精卵放入後經過 24 hr 計算孵化率及畸形率。

六、統計分析

本研究所有數據以平均值 ± 標準誤 (mean ± SEM) 表示。光照強度、微藻濃度及放卵密度實驗結果以單因子變異數分析 (one-way

ANOVA) 進行統計分析，並以 Tukey's honestly significant difference test 進行事後檢定，比較各組間平均值差異的顯著性。所有百分比之數據分析前均經過角度轉換 (arcsine transformation) 為常態分佈，各項分析之顯著水準 $\alpha=0.05$ ，統計繪圖軟體為 GraphPad Prism 9.0.0 (GraphPad Software)。

結 果

一、光照強度對受精卵孵化及畸形之影響

密點少棘胡椒鯛受精卵在光照強度 0、1,000、4,500 及 20,000 lux 暴露下經過 24 hr，孵化率分別為 54.44 ± 7.78 、 44.44 ± 1.11 、 51.11 ± 4.01 及 $41.11 \pm 4.44\%$ ，各組間沒有顯著差異 ($p > 0.05$)。畸形率分別為 11.44 ± 5.72 、 17.40 ± 2.01 、 53.47 ± 8.28 及 53.33 ± 4.24 ，在 4,500 及 20,000 lux 組的畸形率顯著高於 0 及 1,000 lux 組 ($p < 0.05$) (Fig. 4)。

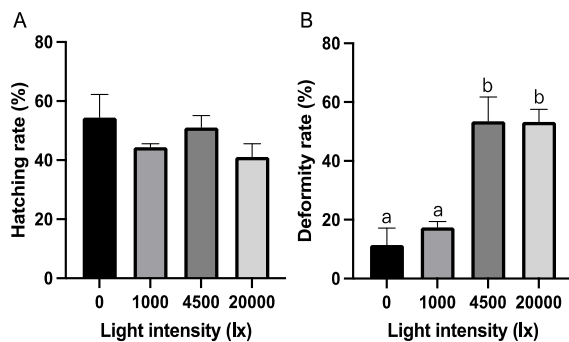


Fig. 4 Effects of light intensity on the (A) hatching rate and (B) deformity rate of painted sweetlips (*Diagramma pictum*) eggs. Different letters in the bar chart indicate significant differences ($p < 0.05$).

二、微藻濃度對受精卵孵化及畸形之影響

密點少棘胡椒鯛受精卵在微藻濃度 6.38×10^5 、 1.68×10^6 、 3.35×10^6 及 4.86×10^6 cells/mL 及光照強度 1,000 lux 條件下經過 24 hr，孵化率分別為 78.89 ± 4.01 、 70.00 ± 7.69 、 70.00 ± 3.33 及 $48.89 \pm 6.75\%$ ，在 6.38×10^5 cells/mL 組的孵化率顯著高於 4.86×10^6 組 ($p < 0.05$)。畸形率分別為 5.52 ± 1.08 、 15.53 ± 5.90 、 12.90 ± 3.57 及 $61.04 \pm 15.50\%$ ，在 4.86×10^6 cells/mL 組的畸形率顯著高於其他各組 ($p < 0.05$) (Fig. 5)。

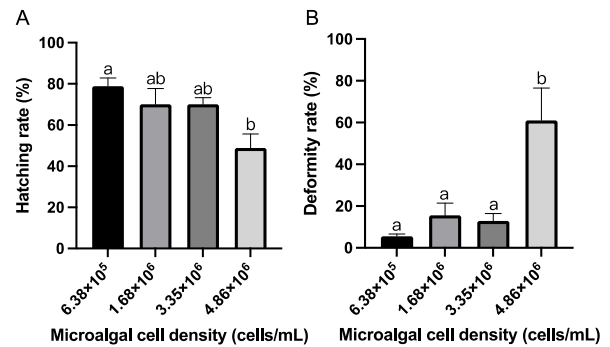


Fig. 5 Effects of commercial microalgae paste cell density on the (A) hatching rate and (B) deformity rate of painted sweetlips (*Diagramma pictum*) eggs. Different letters in the bar chart indicate significant differences ($p < 0.05$).

三、放卵密度對受精卵孵化及畸形之影響

密點少棘胡椒鯛受精卵在放卵密度 250、500、1,000 及 2,000 粒/L、光照強度 1,000 lux 及商業微藻濃度 6.38×10^5 cells/mL 條件下經過 24 hr，孵化率分別為 74.48 ± 4.06 、 46.93 ± 3.07 、 40.80 ± 16.03 及 $25.47 \pm 0.75\%$ ，放卵密度 250、500 及 1,000 粒/L 組的孵化率顯著高於 2,000 粒/L 組 ($p < 0.05$)。畸形率分別為 15.82 ± 3.98 、 77.51 ± 2.81 、 55.43 ± 23.25 及 $57.94 \pm 9.27\%$ ，250 粒/L 組顯著低於 500 粒/L 組 ($p < 0.05$) (Fig. 6)。

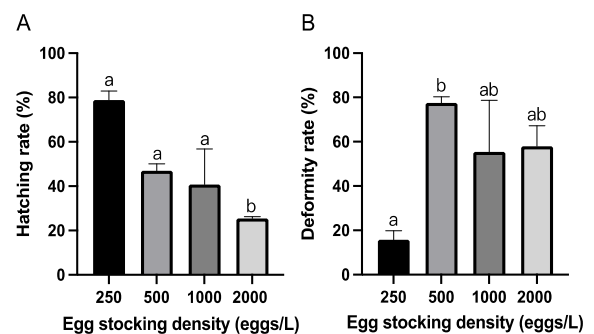


Fig. 6 Effects of egg stocking density on the (A) hatching rate and (B) deformity rate of painted sweetlips (*Diagramma pictum*) eggs. Different letters in the bar chart indicate significant differences ($p < 0.05$).

討 論

本研究首次探討密點少棘胡椒鯛受精卵在不同光照、微藻濃度及放卵密度條件下的孵化情形，可建立此魚種的養殖基礎參數，提供養殖業者參考。實驗結果顯示，受精卵在光照強度 0 – 20,000 lux 的範圍內均可順利孵化，而各組孵化率 (40 – 60%) 沒有顯著差異。同樣的，拿騷石斑魚 (*Nassau grouper, Epinephelus striatus*) 的受精卵在實驗所設定的光照強度條件 (0 – 1,636 lux) 下也都能孵化 (65 – 71%) (Ellis *et al.*, 1997)，而大西洋牙鰾 (summer flounder, *Paralichthys dentatus*) 的孵化率 (64 – 100%) 及孵化後仔魚的脊索長度 (2.87 – 3.24 mm) 在光照強度 0 – 2,000 lux 之間也沒有顯著差異 (Watanabe and Feeley, 2004)。然而，密點少棘胡椒鯛孵化後仔魚的畸形率在較高的光照強度組別 (4,500 及 20,000 lux) 明顯增加，與 Liu *et al.* (1994) 進行狹鱗庸鰈 (*Pacific halibut, Hippoglossus stenolepis*) 的孵化實驗中所觀察到的結果相似，在最高光照強度組別 (15 lux) 的孵化後畸形率 (92%) 高於低光照強度組別 (0 – 5 lux, 24 – 63%)。可以看出對海水魚苗來說，光照強度若持續提高直到超過特定閾值，就會對孵化後的仔魚產生負面影響，這也可以解釋為什麼臺灣的養殖者在戶外育苗時，都會在受精卵孵化前給予一定程度的遮光。Villamizar *et al.* (2011) 認為，魚類早期生活史階段對光照相當敏感是由於缺乏色素以及光感受器未發育完全。在歐洲海鱸 (European seabass, *Dicentrarchus labrax*) 及漠斑牙鰾 (southern flounder, *Paralichthys lethostigma*) 的研究中都已證實過「高光照」是一種環境緊迫因子 (Barahona-Fernandes, 1979; Henne and Watanabe, 2003)。然而，也有少數不同的案例，如長蛇齒單線魚 (lingcod, *Ophiodon elongatus*) 在光照強度 1 lux 的孵化率顯著高於 0 及 530 lux，在 1 lux 條件下畸形率最低 (Cook and Rust, 2002)，顯示在魚卵孵化時對光照強度的需求也存在種間特異性。目前的實驗結果顯示，0 – 1,000 lux 可能較適合密點少棘胡椒鯛受精卵孵化，發生畸形的魚苗也較少，然而 1,000 – 4,500 lux 之間的光照條件在本實驗中沒有設置實驗組，是否也能得到與 0 – 1,000 lux 相近的結果則需要進一步測試。

「綠水養殖」為海水魚苗培育常用的方法 (Planas and Cunha, 1999; Liao *et al.*, 2001; Carton, 2005; Nicolaisen *et al.*, 2014)，一般都探討魚苗在綠水環境的攝食率及攝食強度 (Carton, 2005; Nicolaisen *et al.*, 2014; Groover *et al.*, 2021)，而探討綠水環境對海水魚卵孵化影響的研究不多，在養殖現場也較容易忽略環境中微藻濃度對魚卵孵化的影響。我們的研究證實密點少棘胡椒鯛受精卵的孵化情形會受到水中微藻濃度的影響，即微藻濃度提高至 4.86×10^6 cells/mL 時，會導致孵化率降低以及孵化後魚苗畸形率顯著的增加。可能原因來自於微藻濃度增加所造成的幾種不同結果，包含水中微生物孳生、濁度提高及魚卵所接受到的光照強度降低等。本研究使用商業用的藻膏來製造微藻環境，因藻膏內的微藻並非活藻，因此藻體可能隨著時間推移沉澱並在燒杯底部腐敗，導致環境中微生物孳生。Oppen-Berntsen *et al.* (1990) 認為，大西洋鮭魚 (Atlantic salmon, *Salmo salar*) 受精卵孵化失敗可能與卵膜被真菌感染有關，而 Barnes *et al.* (2009) 則觀察到柱狀菌 (*Flavobacterium columnare*) 感染受精卵造成虹鱒 (rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*) 孵化失敗。從濁度增加的角度來看，在自然環境中，濁度增加往往伴隨著溶氧量的降低，而溶氧量降低則可能導致魚類在胚胎發育過程中缺氧 (Mueller *et al.*, 2017; Phan *et al.*, 2020)。Del Rio *et al.* (2019) 發現，低溶氧會導致魚類胚胎發育及孵化時間延遲，造成孵化率降低。過去也有許多研究發現，環境濁度提高會導致魚苗畸形率提高 (Griffin *et al.*, 2009; Phan *et al.*, 2019, 2020)，而畸形的樣態通常是脊索彎曲、尾部畸形 (Phan *et al.*, 2022)，與本研究觀察的結果吻合。微藻濃度增加也會使受精卵接受到的光照強度降低 (Groover *et al.*, 2021)，根據光照強度實驗結果，受精卵在低光照如 0 – 1,000 lux 環境下孵化率會提高，然而，在微藻濃度實驗中卻顯示微藻的濃度越高 (導致光照強度越低) 造成孵化率降低及畸形率增高。因此，我們推測在微藻濃度實驗中造成孵化率降低及畸形率增加的主要原因並非光照，而是微生物增生或溶氧降低導致，日後可以透過監測微生物與溶氧量來證實這點。

在放卵密度實驗中發現，放卵密度越高導致密點少棘胡椒鯛受精卵孵化率降低與畸形率增加，

而結果顯示 250 粒/L 為較適合的放卵密度。菱體兔牙鯛 (Pinfish, *Lagodon rhomboides*) 的放卵密度實驗中也發現相似的結果,在水體無打氣的情況下,放卵密度高於 250 粒/L 會導致孵化率降低 (Broach *et al.*, 2017)。點帶石斑魚 (orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides*) 放卵密度 200 – 400 粒/L, 孵化率 (> 70%) 顯著高於 800 – 1600 粒/L (40 – 60%) (Toledo *et al.*, 2004), 駝背鱸 (humpback grouper, *Cromileptes altivelis*) 的放卵密度從 500 粒/L 增加到 3000 粒/L, 孵化率從 77% 下降到 59% (Sugama *et al.*, 2004), 金鰭鋸鰂石鱸 (Pigfish, *Orthopristis chrysoptera*) 放卵密度超過 1000 粒/L, 則從 85 – 90% 降至 70 – 75% (Broach *et al.*, 2017), 可見在一般無流水, 不論打氣或無打氣, 放卵密度增加都會顯著影響孵化率, 如果要增加放卵數量及提升孵化率, 建議需將卵放在具有濾網的容器, 再置放於流通的水中 (Broach *et al.*, 2017)。密點少棘胡椒鯛放卵密度的增加會進一步使孵化後的畸形率增加, 尤其超過 250 粒/L 到 500 粒/L, 增加幅度顯著。金鰭鋸鰂石鱸放卵密度從 250 粒/L 增加 1000 粒/L, 魚苗在發育至首次攝食階段的體長顯著減小 (Broach *et al.*, 2017)。這可能是因為放卵密度的增加導致水體中溶氧降低, 也造成每粒卵所能獲取的溶氧量降低 (Mueller *et al.*, 2017; Del Rio *et al.*, 2019; Phan *et al.*, 2020), 最終會導致發育延遲與魚苗畸形。

本研究採取一次探討一個因子的試驗方法, 探討光照、微藻濃度及放卵密度對密點少棘胡椒鯛魚卵孵化的影響, 然而, 在實際的養殖環境中, 三個因子對受精卵孵化與仔魚畸形的影響可能有強弱之別, 彼此之間也可能存在交互作用, 需要進一步透過多因子的試驗設計及分析才能有更切實的解釋, 但本研究在單因子實驗的結果則有助於日後進行多因子試驗時, 提供各因子水準設定的參考。根據現階段的研究結果, 建議密點少棘胡椒鯛育苗時最初的 24 hr 可維持環境條件如下, 光照強度 0 – 1,000 lux、微藻濃度 6.38×10^5 cells/mL 及放卵密度 250 粒/L, 可獲得相對理想的孵化率與較低之畸形率。

謝 辭

本研究由農業部科技計畫:「陸棚性魚介類增裕技術之建立 (113 農科-6.5.1-水-02)」經費支持, 使本研究得以順利完成, 特此致謝。

參考文獻

- Barahona-Fernandes, M. H. (1979) Some effects of light intensity and photoperiod on the sea bass larvae (*Dicentrarchus labrax*) reared at the Centre Oceanologique de Bretagne. *Aquaculture*, 17: 311-321.
- Barnes, M. E., D. Bergmann, J. Jacobs and M. Gabel (2009) Effect of *Flavobacterium columnare* inoculation, antibiotic treatments and resident bacteria on rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* eyed egg survival and external membrane structure. *J. Fish. Biol.*, 74: 576-590.
- Broach, J. S., C. L. Ohs and M. A. DiMaggio (2017) Effects of egg stocking density on egg hatchability, larval quality and water quality for pinfish, *Lagodon rhomboides*, and pigfish, *Orthopristis chrysoptera*. *Aquac. Res.*, 48: 3589-3605.
- Carton, A. G. (2005) The impact of light intensity and algal-induced turbidity on first-feeding *Seriola lalandi* larvae. *Aquac. Res.*, 36: 1588-1594.
- Chang, S. L. (1997) Studies on the early development and larval rearing of three-banded sweetlips *Plectorhynchus cinctus*. *J. Taiwan Fish. Res.*, 5: 157-165.
- Chen, J. Y. and Zeng, C. (2021) The effects of live prey and greenwater on the early larval rearing of orchid dottyback *Pseudochromis fridmani*. *Aquaculture*, 543: 737008.
- Chiu, P. S. and M. Y. Leu (2021) Captive spawning, early development and larviculture of the dwarf hawkfish, *Cirrhichthys falco* (Randall, 1963) with experimental evaluation of the effects of temperature, salinity and initial prey on hatching success and first feeding. *Aquaculture*, 542: 736866.
- Chiu, P. S., S. W. Ho, C. H. Huang, Y. C. Lee and Y. H. Lin (2023) Captive reproductive behavior, spawning, and early development of white-barred goby *Amblygobius phalaena* (Valenciennes, 1837) and examined larval survival and viability at different water temperatures and salinities. *Fishes*, 8: 364.

- Chiu, P. S., B. H. Yu, Y. H. Tu, Y. T. Chu, C. H. Huang, S. W. Ho, S. H. Lin, S. L. Yeh and M. Y. Leu (2025) Year-round natural spawning, early ontogeny, and larval rearing of the painted sweetlips, *Diagramma pictum* (Thunberg, 1792) in a hatchery: Potential as a new species for mariculture. *Aquaculture*, 594: 741380.
- Cobcroft, J. M., P. M. Pankhurst, P. R. Hart and S. C. Battalene (2001) The effects of light intensity and algae-induced turbidity on feeding behaviour of larval striped trumpeter. *J. Fish. Biol.*, 59: 1181-1197.
- Cook, M. A. and M. B. Rust (2002) The effect of light intensity on development and hatching success of lingcod, *Ophiodon elongatus* (Girard), eggs. *Aquac. Res.*, 33: 217-222.
- Degidio, J. M. L., R. P. Yanong, C. L. Ohs, C. A. Watson, E. J. Cassiano and K. Barden (2018) First feeding parameters of the milletseed butterflyfish *Chaetodon miliaris*. *Aquac. Res.*, 49: 1087-1094.
- Del Rio, A. M., B. E. Davis, N. A. Fangue and A. E. Todgham (2019) Combined effects of warming and hypoxia on early life stage Chinook salmon physiology and development. *Conserv. Physiol.*, 7: coy078.
- Downing, G. and M. K. Litvak (2002) Effects of light intensity, spectral composition and photoperiod on development and hatching of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) embryos. *Aquaculture*, 213: 265-278.
- Ellis, E. P., W. O. Watanabe, S. C. Ellis, J. Ginoza and A. Moriwake (1997) Effects of turbulence, salinity, and light intensity on hatching rate and survival of larval Nassau grouper, *Epinephelus striatus*. *J. Appl. Aquac.*, 7: 33-43.
- Fricke, R., W. N. Eschmeyer and R. van der Laan (2024) Catalog of fishes: genera, species, references. <https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. (accessed 24 May 2024).
- Froese, R. and D. Pauly (2024) FishBase. World Wide Web electronic publication. <https://fishbase.mnhn.fr/photos/ThumbnailsSummary.php?ID=4465> (accessed 24 May 2024).
- Griffin, F. J., E. H. Smith, C. A. Vines, and G. N. Cherr (2009) Impacts of suspended sediments on fertilization, embryonic development, and early larval life stages of the Pacific herring, *Clupea pallasii*. *Biol. Bull.*, 216:175-187.
- Groover, E. M., M. M. Alo, S. W. Ramee, T. N. Lipscomb, J. M. L. Degidio and M. A. DiMaggio (2021) Development of early larviculture protocols for the melanurus wrasse *Halichoeres melanurus*. *Aquaculture*, 530: 735682.
- Hauville, M. R., E. J. Cassiano, K. P. Barden, M. L. Wittenrich and C. A. Watson (2017) Larval development, growth and impact of first feed on the aquaculture of French grunt (*Haemulon flavolineatum*, Desmarest, 1823). *Aquac. Res.*, 48: 5439-5442.
- Henne, J. P. and W. O. Watanabe (2003) Effects of light intensity and salinity on growth, survival, and whole-body osmolality of larval Southern flounder *Paralichthys lethostigma*. *J. World Aquac. Soc.*, 34: 450-465.
- Hilder, P. E., J. M. Cobcroft and S. C. Battaglione (2017) Factors affecting the feeding response of larval southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii* (Castelnau, 1872). *Aquac. Res.*, 48: 2752-2766.
- Holt, G. J., M. Y. Leu, C. K. Callan and B. Erisma (2017) Large angelfish and other pelagic spawners. In *Marine ornamental species aquaculture* (R. Calado, I. Olivotto, M. Planas and G. J. Holt eds.), West Sussex, UK: John Wiley and Sons Ltd., 251-278.
- Lee, S. C. (1985) Fishes of the family Haemulidae (Teleostei: Percoidae) of Taiwan. *Bull. Inst. Zool. Academia Sinica*, 24: 257-272.
- Leu, M. Y., P. J. Meng, K. S. Tew, J. Kuo and C. C. Hung (2012) Spawning and development of larvae and juveniles of the Indian Ocean oriental sweetlips, *Plectorhinchus vittatus* (Linnaeus, 1758), in the Aquarium. *J. World Aquacult. Soc.*, 43: 595-606.
- Liao, I. C., H. M. Su and E. Y. Chang (2001) Techniques in finfish larviculture in Taiwan. *Aquaculture*, 200: 1-31.
- Liu, H. W., R. R. Stickney, W. W. Dickhoff and D. A. McCaughan (1994) Effects of environmental factors on egg development and hatching of Pacific halibut *Hippoglossus stenolepis*. *J. World Aquacult. Soc.*, 25: 317-321.
- Mueller, J. S., T. B. Grabowski, S. K. Brewer, and T. A. Worthington (2017) Effects of temperature, total dissolved solids, and total suspended solids on survival and development rate of larval Arkansas River shiner. *J. Fish Wildl. Manag.*, 8: 79-88.
- Nelson, J. S. (1994) *Fishes of the World* (Third ed.) John Wiley & Sons, Inc., New York, 600 pp.
- Nicolaisen, O., M. Cuny and S. Bolla (2014) Factorial experimental designs as tools to optimize rearing conditions of fish larvae. *Aquaculture*, 422: 253-260.
- Oppen-Berntsen, D. O., A. Bogsnes and B. T. Walther

- (1990) The effects of hypoxia, alkalinity and neurochemicals on hatching of Atlantic salmon eggs. *Aquaculture*, 86: 417-430.
- Pereira-Davison, E. and C. K. Callan (2018) Effects of photoperiod, light intensity, turbidity and prey density on feed incidence and survival in first feeding yellow tang (*Zebrasoma flavescens*)(Bennett). *Aquac. Res.*, 49: 890-899.
- Planas, M. and I. Cunha (1999) Larviculture of marine fish: problems and perspectives. *Aquaculture*, 177: 171-190.
- Phan, T. C. T., A. V. Manuel, N. Tsutsui and T. Yoshimatsu (2019) Impact of short-term salinity and turbidity stress on the early developmental stages of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck and Schlegel, 1846). *Asian Fish. Sci.*, 32: 93-103.
- Phan, T. C. T., A. V. Manuel, N. Tsutsui and T. Yoshimatsu (2020) Impacts of short-term salinity and turbidity stress on the embryonic stage of red sea bream *Pagrus major*. *Fish. Sci.*, 86: 119-125.
- Phan, T. C. T., A. V. Manuel, N. Tsutsui and T. Yoshimatsu (2022) Effects of salinity and turbidity on development of bamboo sole (*Heteromycteris japonicus*). *Fish. Bull.*, 120: 268-276.
- Puvanendran, V. and J. A. Brown (2002) Foraging, growth and survival of Atlantic cod larvae reared in different light intensities and photoperiods. *Aquaculture*, 214: 131-151.
- Randall, J. E., G. R. Allen and R. C. Steene (1997) Fishes of the Great Barrier Reef and Coral Sea. University of Hawaii Press, Honolulu, Hawaii, 594 pp.
- Sales, R., R. C. S. Mélo, R. M. de Moraes Junior, R. C. S. da Silva, R. O. Cavalli, D. M. D. A. F. Navarro and L. P. de Souza Santos (2016) Production and use of a flocculated paste of *Nannochloropsis oculata* for rearing newborn seahorse *Hippocampus reidi*. *Algal Res.*, 17: 142-149.
- Smith, M. M. and R. J. McKay (1986) Family No. 179. Haemulidae. In *Smiths' Sea Fishes* (M. M. Smith and P. C. Heemstra eds.), Springer-Verlag, Berlin, Germany, 564-571.
- Sommer, C., W. Schneider and J. M. Poutiers (1996) FAO species identification field guide for fishery purposes. The living marine resources of Somalia. FAO, Rome. 376 p.
- Sowaske, G., C. A. Murray, S. W. Hutchins, T. N. Lipscomb and M. A. DiMaggio (2023) Evaluation of larviculture protocols for the Pacific blue tang (*Paracanthurus hepatus*). *Aquaculture*, 565: 739116.
- Sugama, K., S. I. Trijoko and K. Maha Setiawati (2004) Environmental factors affecting embryonic development and hatching of humpback grouper (*Cromileptes altivelis*) Larvae. In *Advances in Grouper Aquaculture* (M. A. Rimmer, S. McBride and K. C. Williams eds.), Australian Centre for Internet Agricultural Research. ACIAR, Canberra, 17-20.
- Tian, S., K. Zhou, Y. Liao, Y. Tang, Q. Liu, R. Zhang, L. Shou and J. Zeng (2022) Effects of temperature shock on the survival of different life stages of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) by simulated power plant cooling water. *Front. Mar. Sci.*, 9: 1037137.
- Toledo, J. D., N. B. Caberoy and G. F. Qunitio (2004) Environmental factors affecting embryonic development, hatching and survival of early stage larvae of the grouper (*Epinephelus coioides*). In *Advances in Grouper Aquaculture* (M. A. Rimmer, S. McBride and K. C. Williams eds.), Australian Centre for Internet Agricultural Research. ACIAR, Canberra, 10-16.
- Villamizar, N., B. Blanco-Vives, H. Migaud, A. Davie, S. Carboni and F. J. Sanchez-Vazquez (2011) Effects of light during early larval development of some aquacultured teleosts: A review. *Aquaculture*, 315: 86-94.
- Watanabe, W. O. and M. W. Feeley (2004) Light intensity effects on embryos, prolarvae, and first-feeding stage larvae of the summer flounder, *Paralichthys dentatus*. *J. Appl. Aquac.*, 14: 179-200.

Effects of Light Intensity, Microalgae Concentration and Stocking Density on Hatching of Fertilized Eggs of Spotted Sweetlips (*Diagramma pictum*)

Pei-Sheng Chiu*, Shine-Wei Ho, Cheng-Hsuan Huang, Yeong-Torng Chu and Jinn-Rong Hseu

Mariculture Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The painted sweetlips (*Diagramma pictum*), widely distributed in the Indo-West Pacific region, is an important species for fisheries, fish stocking, and the aquarium trade, and has potential for aquaculture development and stock enhancement. In aquaculture environments, light intensity, microalgae concentration in water, and the initial stocking density of fertilized eggs affect the hatching success and subsequent larval rearing outcomes. This study investigates the hatching rate and deformity rate of larvae after 24 hours under varying light intensities (0, 1,000, 4,500, and 20,000 lux), microalgae concentration (6.38×10^5 , 1.68×10^6 , 3.35×10^6 and 4.86×10^6 cells/mL), and egg stocking densities (250, 500, 1,000, and 2,000 eggs/L). Results show that increased light intensity significantly increases larval deformity rates, while higher microalgae concentration and egg stocking densities lead to reduced hatching rates and increased deformity rates. We recommend that the following environmental conditions should be maintained during the initial 24 hours of *D. pictum* larval rearing: light intensity at 0-1,000 lux, microalgae concentration at 6.38×10^5 cells/mL, and egg stocking density at 250 eggs/L. Under these conditions, the respective hatching rates are 44-54, 78.89 and 74.48%, and the respective larval deformity rates are 11-17, 5.52 and 15.82%. The results of this study can be applied to the hatching management of fertilized eggs in *D. pictum* and contribute to improving the survival rate of subsequent larval production.

Key words: *Diagramma pictum*, hatching, light intensity, microalgae concentration, egg stocking density

*Correspondence: 4, Haipu, Sangu, Qigu Dist., Tainan, Taiwan. TEL: (06)7880461 ext. 219; E-mail: pschiu@mail.tfrin.gov.tw