

斑頭肩鰓鰻 (*Omobranchus fasciolatoceps*) 的人工繁殖及 稚魚直接轉移至不同鹽度之攝食、活存與成長表現

邱沛盛* · 何信緯 · 黃政軒 · 朱永桐 · 葉信利

行政院農業委員會水產試驗所海水繁養殖研究中心

摘 要

斑頭肩鰓鰻 (*Omobranchus fasciolatoceps*) 分布於西北太平洋區，棲息於礁區、河口及近海沿岸，是可以適應半鹹水及淡水環境的觀賞魚。本研究首次描述其人工繁殖以及探討直接轉移至不同鹽度環境 (33、16 及 0 psu) 對稚魚攝食、活存及成長之影響。在人工環境中，於產卵前雄魚會吸引雌魚進入 PVC 管內產卵，當雌魚產卵完畢後，雄魚立即在卵粒上釋放精液，產卵後，雄魚會獨自護卵直至卵粒孵化。受精卵為圓形、透明的黏性卵，卵徑為 0.99 ± 0.01 mm。在水溫 $29.0 - 30.5^\circ\text{C}$ 條件下，歷經 183 hr 孵化，孵化時間積溫 (ATUs) 為 221.1 - 232.5。剛孵化仔魚體全長為 3.20 ± 0.03 mm，當進入稚魚期時，體全長為 11.36 ± 0.48 mm。在 60 天的實驗中，直接轉移至 0 psu 環境的稚魚攝食率 (0.3 - 45.4%) 顯著低於轉移至 33 psu (96.5 - 100.0%) 及 16 psu (88.8 - 99.5%) 的稚魚 ($p < 0.05$)。從實驗第 21 天開始，轉移至 33 psu 之稚魚活存率 (100.0%) 顯著高於轉移至 16 psu (97.5%) 及 0 psu ($77.4 \pm 0.6\%$) 的稚魚。在第 30 天時，轉移至 33 psu 及 16 psu 環境之稚魚體全長、體重、日增重、增重百分比及日成長率均顯著高於轉移至 0 psu 的稚魚 ($p < 0.05$)。本研究結果有助於發展其他廣鹽性觀賞性鰓鰻科魚類的繁養殖及低鹽度馴化技術。

關鍵詞：斑頭肩鰓鰻、人工繁殖、鹽度、成長、活存

前 言

鰓鰻科魚類 (Blenniidae) 目前在全世界共記錄 56 屬 360 種，臺灣記錄 26 屬 68 種 (Shao, 2021)，屬於小型魚類，具有圓鈍的頭部、突出的眼睛與口部，體延長，呈長橢圓形或鰻形，頭部有觸鬚 (tentacles)、皮瓣 (cirri) 或皮突 (crest) (Thresher, 1984; Helfman *et al.*, 2009)。棲息範圍相當廣，從淡水、半鹹水至珊瑚礁區都可以發現其蹤跡，屬於底棲性魚類 (Nelson, 1994; Shao, 2021)。在海水觀賞水族市場中，多被以黏魚 (Blenny) 或鰻虎稱之的鰓鰻科魚類貿易流通量排行前十名，需求量甚高 (Green, 2003; Wabnitz *et al.*, 2003)，惟相關採集除影響野外族群規模外，易容易干擾棲地及其生態。近年來以人工繁殖取代野外採捕來供應觀賞水族

市場需求已逐漸受到重視 (Olivotto *et al.*, 2017; Palmtag, 2017; Chen *et al.*, 2020)，過去已經有許多研究探討鰓鰻科魚類的生殖行為、胚胎、仔稚魚及骨骼發育 (Dotsu and Oota, 1973; Fishelson, 1976; Kim *et al.*, 1992a; Sunobe, 1998; Kawaguchi *et al.*, 1999; Suzuki *et al.*, 2001; Faria *et al.*, 2002, 2005; Suzuki, 2003; Moorhead and Zeng, 2011; Park *et al.*, 2014; Kien and Zeng, 2019)、魚苗培育及其馴餌技術 (Olivotto *et al.*, 2010; Moorhead and Zeng, 2011, 2017)，對於發展鰓鰻科魚類的人工繁殖有相當的助益。

斑頭肩鰓鰻 (*Omobranchus fasciolatoceps*) 分布於西北太平洋區，包括日本及臺灣，棲息於礁區、河口、近海沿岸 (Sunobe, 1998; Froese and Pauly, 2019)。Sunobe (1998) 已經記錄野外斑頭肩鰓鰻及美肩鰓鰻 (*O. elegans*) 的生殖行為。Kawaguchi *et al.* (1999) 將野外採集的受精卵帶回實驗室培育，描述了斑頭肩鰓鰻及斑點肩鰓鰻 (*O. punctatus*) 的仔稚魚形態發育。Dotsu and Oota

*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

(1973) 及 Park *et al.* (2014) 分別在人工環境中完成了雲紋肩鰂鰻 (*O. loxozonus*) 及美肩鰂鰻的繁殖培育。當我們開發一新興物種的人工繁殖技術時，不僅要滿足種魚活存條件，同時必須使人工環境中蓄養的種魚產卵並進一步將魚苗培育至稚魚期或者商品規格才算達成此目標 (Olivotto *et al.*, 2011; Leu *et al.*, 2012)，然而，有關斑頭肩鰂鰻完整的人工繁殖資訊至今仍未付之闕如。

許多文獻探討海水食用魚轉移至低鹽度環境如半鹹水或淡水飼養後的行為、成長表現、攝食情形、活存率、代謝及滲透壓調節等生理指標 (Laiz-Carrión *et al.*, 2005; 沈與陳, 2007; 蔡等, 2007; Mylonas *et al.*, 2009; 王等, 2011; Castillo-Vargasmachuca *et al.*, 2013; Ercan *et al.*, 2015; 房等, 2016; Alcalá-Carrillo *et al.*, 2016)。某些魚種如點帶石斑魚 (*Epinephelus coioides*)、金頭鯛 (*Sparus aurata*)、歐洲海鱸 (*Dicentrarchus labrax*) 及墨西哥笛鯛 (*Lutjanus guttatus*) 被發現以半鹹水飼養會有較佳的成長表現 (Laiz-Carrión *et al.*, 2005; 王等, 2011; Ercan *et al.*, 2015; Alcalá-Carrillo *et al.*, 2016; Islam *et al.*, 2021)，但部分魚種以低鹽度飼養則會導致增重率及活存率降低 (秘魯笛鯛 *Lutjanus peru*, Castillo-Vargasmachuca *et al.*, 2013) 或攝食率降低 (漠斑牙鯨 *Paralichthys lethostigma*, 蔡等, 2007)。

斑頭肩鰂鰻雖然為海水魚，但成魚可進入河口等半鹹水水域 (Breder and Rosen, 1966; Froese and Pauly, 2019)，在觀賞水族市場上也有業者將其以半鹹水或淡水馴化後販售。有關斑頭肩鰂鰻的低鹽度馴化技術、馴化過程之生理反應，至今仍未有任何文獻描述。本研究除了建立人工繁殖技術 (包含生殖行為與胚胎、仔稚魚發育描述) 以外，也探討其稚魚直接轉移至不同鹽度環境對攝食、活存及成長之影響，期望未來可降低斑頭肩鰂鰻野外採捕的壓力，以及提供有關低鹽度馴化技術的基礎資訊。

材料與方法

一、親魚培育

實驗用親魚採集自七股潟湖 (23°07'15.1"N；120°04'40.7"E)，以雌雄 4：3 (共 7 尾，體全長範圍

5 - 8 cm) 飼養於室內玻璃水族缸內，水族缸 (68×42×38 cm，水量 = 100 L) 設有循環過濾槽，包含蛋白除沫機及珊瑚石生物濾床。水溫範圍在 29.0 - 30.5°C、鹽度 25.0 - 35.0 psu、pH 8 - 9、DO > 5 mg/L、NH₃ < 0.05 mg/L。透過透明屋頂自然採光，光週期約為 12 L：12 D (L = light, D = dark)。水族缸內放入 3 個 PVC 水管 (直徑 3 cm、長 10 cm) 作為親魚產卵的巢穴。每日 09:00 投餵濕性人工飼料 (鰻魚配合飼料，幼鰻用，健丞飼料股份有限公司) 至飽食，每日 15:00 抽底吸除殘餌並換水 20%。

二、生殖行為

每日 08:30 - 12:00 及 13:30 - 17:00 放置相機 (OLYMPUS Stylus TG-4, Japan)，以錄影模式拍攝水槽內親魚的行為，並參照 Suzuki *et al.* (2001) 及 Park *et al.* (2014) 的方法，以手繪圖描述親魚的生殖行為。

三、胚胎與仔稚魚發育觀察

胚胎發育觀察始於雌雄親魚開始交配產卵後，此部分實驗觀察起始時間約為 10:00 - 10:10，將受精卵連同 PVC 管取出，使卵粒連同 PVC 管浸泡於海水中輕微打氣製造水流及溶氧，每 5 - 10 min 以蓋玻片輕輕刮下卵粒，再以滴管吸取 5 - 10 粒受精卵於顯微鏡下照相記錄發育情形及孵化時間積溫 [accumulated thermal units, ATUs = days × temperature (°C)]，並以測量軟體 (Image J) 測量卵徑及油球徑。

以室內 500 L 玻璃纖維水槽培育仔稚魚，採自然光照，水溫控制在 29.0 - 30.5°C，鹽度控制在 33.0 - 35.0 psu，pH 8 - 9，桶槽內放置一打氣石增加溶氧 (DO > 5 mg/L)。將黏附有受精卵的產卵介質移入水槽，調整打氣提供水流，進行人工孵化。仔魚孵化後第 1 天 (1 day post hatching, dph) 至 15 dph 投餵輪蟲 (*Brachionus* spp., size = 150 - 250 μm)，密度維持 5 - 10 ind./ml；10 - 50 dph 投餵橈足類 (*Apocyclops royi*, size = 110 - 1,000 μm)，密度維持 3 - 5 ind./ml；20 - 60 dph 投餵濕性人工飼料，每 1,000 ml 水體投餵 2 - 4 g (鰻魚配合飼料，幼鰻用，健丞飼料股份有限公司)。每日採樣 5 - 10 尾魚苗，觀察前先以 MS-222 (Sigma, St Louis, MO,

USA) 20 mg/L 麻醉，再以解剖顯微鏡 (Olympus SZH10) 觀察並拍照記錄，測量體全長 (total length) 及口徑 (gape height) (Shirota, 1970)。觀察完後以 7% 中性福馬林固定 2 天，再置換成 70% 酒精中永久保存，以供日後分析研究用。

四、稚魚直接轉移至不同鹽度環境對攝食、活存及成長之影響

本實驗設定三個不同鹽度的組別：33 psu (海水環境，作為對照組)、16 psu (半鹹水環境) 及 0 psu (淡水環境)。三組實驗過程其他水質參數設定如下：溫度 26.0 - 29.5°C、pH 8 - 9、DO > 5 mg/L、NH₃ < 0.05 mg/L，確保除了鹽度之外，各組其他水質條件相同。挑選本研究繁殖培育的斑頭肩鰓鰻稚魚共 240 尾作為實驗對象，日齡為 250 天、體全長 2.48 - 2.68 cm、體重 0.058 - 0.072 g，以 20 L 氣舉式養殖桶進行 60 天實驗，每個養殖桶放入 20 尾稚魚，三個實驗組別均為四重複。養殖桶內有一中央出水管，桶底有細網，可讓桶內水體藉由連接通氣管而不斷流動，養殖桶製作方法參照 Moorhead (2015)。

實驗開始前，所有魚隻均蓄養在 33 psu 海水環境並使其適應人工濕性飼料 (鰻魚配合飼料，廠牌型號同前)，進行 30 天之穩定蓄養。實驗開始時，由 33 psu 環境將魚隻直接移入 33、16 及 0 psu 環境；為使魚隻適應並保持空腹，24 hr 後才開始投餵飼料。每日於 09:00 投餵一次，每個養殖桶均投餵一團狀 (1 g) 濕性飼料。

根據預先實驗結果，稚魚飼養於 33 psu 海水環境中，當飼料投放時，約在 3 sec 內即有第一尾魚隻靠近並攝食，而 20 尾稚魚全部靠近並攝食飼料的時間最多為 60 sec。記錄飼料投放後 60 sec 內靠近攝食的魚隻數，藉以計算攝食率。計算方法如下：

攝食率 (%) = (60 sec 內靠近飼料並攝食的魚隻數量 / 養殖桶內現存魚隻總數) × 100

每日於投餵後 1 hr 吸除糞便與殘餌、更換水體 30% 並維持實驗所需的鹽度條件，同時計算魚隻數量以換算活存率。

活存率 (%) = (每日養殖桶內現存魚隻數量 / 實驗初始魚隻數量) × 100。

實驗結果以每 10 天之平均值進行不同鹽度組別間的比較分析，同時也記錄每日攝食率與活存率的變化趨勢。

成長表現方面，分別在第 30 及 60 天測量一次體全長 (cm)、體重 (g)，並計算各項成長參數，公式如下：

日增重 (g d⁻¹) = [魚隻平均末重 (g) - 魚隻平均初重 (g)] / 實驗天數

增重百分比 (%) = [(魚隻平均末重 (g) - 魚隻平均初重 (g)) / 魚隻平均初重 (g)] × 100

日成長率 (% d⁻¹) = [(ln 魚隻平均末重 (g) - ln 魚隻平均初重 (g)) / 實驗天數] × 100

肥滿度 (%) = (魚隻平均體重 / 魚隻平均體全長³) × 100。

五、統計分析

所有實驗數據以平均值 ± 標準誤差 (mean ± SE) 表示，攝食率及活存率數據則需先經過角度轉換成常態分布 ($y = \sin^{-1}\sqrt{x}$, 平方根轉換, arcsin square root of frequency) (Snedecor and Cochran, 1967)。實驗結果以單因子變異數分析 (one-way ANOVA) 進行統計分析，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，顯著水準 $\alpha = 0.05$ ，統計軟體為 Sigma stat 3.5 版本。

結 果

一、生殖行為

斑頭肩鰓鰻的生殖行為發生於 08:00 - 13:00 之間。繁殖前，雄魚體色會由淡黃色轉變為淡紫色，頭部條紋顏色變深，此時雄魚會透過不斷來回進出 PVC 管，並快速扭動尾部向雌魚靠近 (Fig. 1A)，雄魚嘗試吸引雌魚一同進入管內產卵，重複數次來回游動的行為後，雌魚會隨雄魚進入管內 (Fig. 1B)；進入管內的雌魚會在 PVC 管上方內側產卵 (Fig. 1C)；當雌魚產下部分卵粒後，雄魚隨即在卵粒上方排精 (Fig. 1D)；雌魚產卵、雄魚排精的動作會重複數次，持續時間約為 10 - 30 min，當雌魚產卵完畢後，雄魚會將雌魚趕出 (Fig. 1E)；

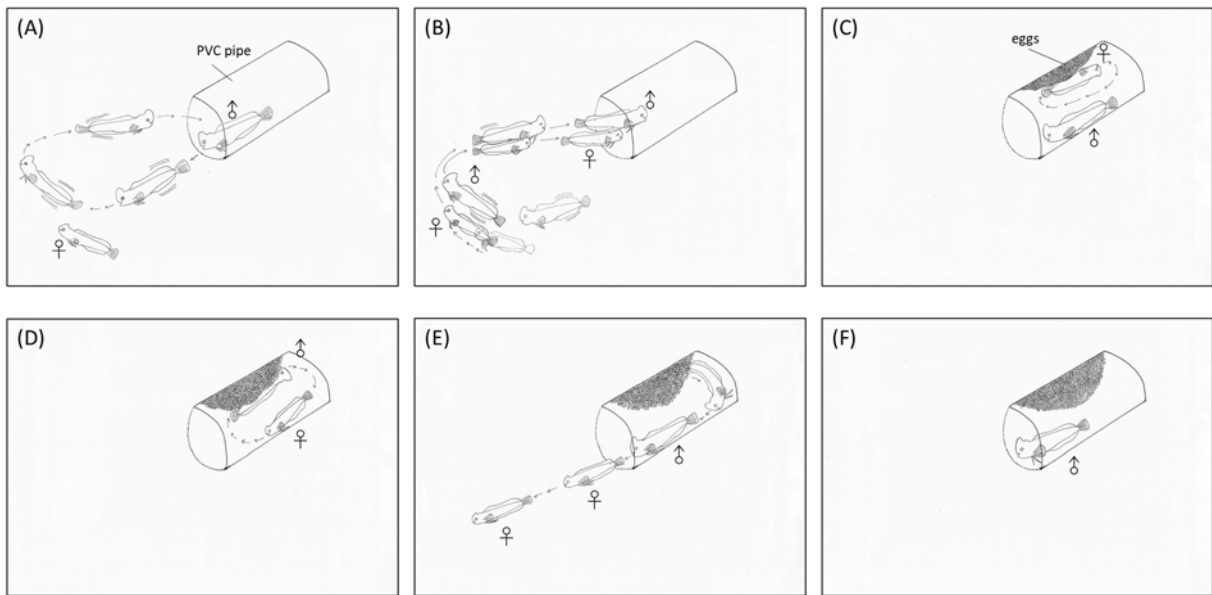


Fig. 1 Reproductive behavior of *Omobranthus fasciolatoceps* in captivity: (A) before spawning, the male approaches the female, frequently swings his tail, and then quickly returns to the PVC pipe; (B) the male attracts the female into the PVC pipe; (C) the female enters and lays eggs on the ceiling of the PVC pipe; (D) the male spreads sperm on the eggs; (E) after spawning, the male drives the female out of the pipe; (F) the male guards and cares for the egg clutches until hatching.

雌魚離開後，雄魚會獨自護卵直至卵粒孵化 (Fig. 1F)，整個產卵過程中，雄魚僅會與一尾雌魚交配，而卵粒孵化後，仔魚會自行游出 PVC 管。

二、胚胎及仔稚魚發育

斑頭肩鰻的受精卵為圓形、透明的黏性卵，內有單一油球。受精卵卵徑為 0.99 ± 0.01 mm ($0.92 - 1.05$ mm, $n = 30$)、油球徑為 0.26 ± 0.00 mm ($0.23 - 0.27$ mm, $n = 30$)，受精卵黏附於 PVC 管一側具有固著絲。在水溫 $29.0 - 30.5^\circ\text{C}$ 條件下，受精後 3 min，開始第一次分裂，進入 2 細胞期 (Fig. 2A)；受精後 24 min，第二次分裂，進入 4 細胞期 (Fig. 2B)；受精後 2 hr 57 min，進入 32 細胞期 (Fig. 2C)；受精後 4 hr 8 min，進入 64 細胞期 (Fig. 2D)；受精後 5 hr 21 min，卵裂球體積減少，而細胞分裂的數量已經難以計數，進入桑實期 (Fig. 2E)；受精後 6 hr 45 min，進入原腸期，可觀察到胚盤覆蓋卵黃囊面積達 75% (Fig. 2F)；受精後 62 hr 23 min，胚盤覆蓋卵黃囊面積達 90% (Fig. 2G)；受精後 64 hr 25 min，胚體形成並觀察到 3 個肌節 (Fig. 2H)；受精後 66 hr 44 min，出現 6 個肌節 (Fig. 2I)；受精後 71 hr 2 min，出現 19 個肌節 (Fig. 2J)；受精 86 hr 14 min，胸鰭胞形成，尾部與卵黃囊分離、心

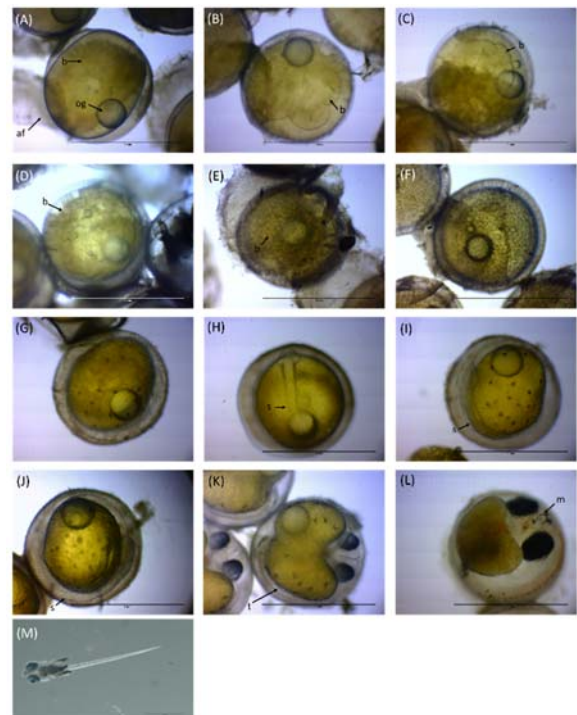


Fig. 2 Embryonic development of *Omobranthus fasciolatoceps* at $29.0-30.5^\circ\text{C}$: (A) 2-cell, af = attachment filaments, b = blastomeres, og = oil globule; (B) 4-cell; (C) 32-cell; (D) 64-cell; (E) morula stage; (F) 75% epiboly completion; (G) 90% epiboly completion; (H) 3-somite stage, s = somite; (I) 6-somite stage; (J) 19-somite stage; (K) pec-fin stage, t = tail; (L) protruding-mouth stage, m = mouth; (M) hatching. Scale bar = 1.0 mm.

跳出現、眼睛已堆積黑色素 (Fig. 2K); 受精後 159 hr 29 min, 此時期吻部向前延伸, 卵黃囊體積減少 (Fig. 2L), 在受精後 183 hr 仔魚全數孵化 (Fig. 2M), 孵化時間積溫為 221.1 - 232.5。若在相同的水溫條件並有雄魚護卵的條件下, 自然孵化時間與人工孵化的時間沒有明顯差異。

在水溫 29.0 - 30.5°C 條件下, 斑頭肩鰓鰻剛孵化仔魚體全長 3.20 ± 0.03 mm ($n = 5$), 肌節數 36 - 38, 體延長, 眼睛已發育、口部開啟但功能尚未完全; 腸道發育完成、肛門已開啟, 可觀察到明顯的胸鰭及胸鰭上的黑色素, 軀幹下方分布 21 - 22 個點狀黑色素, 卵黃囊幾乎消耗殆盡。剛孵化的仔魚已具有活躍的游泳能力, 在水表層快速游動 (Fig. 3A); 孵化後第 2 天, 仔魚體全長 3.47 ± 0.02 mm ($n = 6$), 口部及腸道功能發育完全 (Fig. 3B); 孵化後第 4 天, 仔魚體全長 4.44 ± 0.01 mm ($n = 11$), 上吻端出現棘刺, 前鰓蓋轉角處出現一棘刺 (Fig. 3C); 孵化後第 6 天, 仔魚體全長 5.30 ± 0.02 mm ($n = 7$), 尾下骨已形成, 尾鰭鰭條開始發育 (Fig. 3D); 孵化後第 10 天, 仔魚體全長 5.21 ± 0.32 mm ($n = 10$), 脊索末端開始上屈, 尾鰭鰭條 11 (Fig. 3E); 孵化後第 16 天仔魚, 體全長 7.72 ± 0.03 mm ($n = 5$), 前額突起, 脊索末端上屈完成, 背鰭鰭條 18、臀鰭鰭條 18 - 19、尾鰭鰭條 14 (Fig. 3F); 孵化後第 23 天, 仔魚體全長 9.67 ± 0.30 mm ($n = 8$), 背鰭鰭條 19、臀鰭鰭條 20、尾鰭鰭條 16 (Fig. 3G); 孵化後第 27 天仔魚體全長 10.86 ± 0.38 mm ($n = 13$), 背鰭鰭條數為 V/19, 腹鰭鰭條數為 I/2, 臀鰭鰭條數為 20、尾鰭鰭條數為 18 (Fig. 3H); 孵化後第 32 天, 體全長 11.36 ± 0.48 mm ($n = 15$), 背鰭鰭條數為 XII/19, 腹鰭鰭條數為 I/2, 臀鰭鰭條數為 II/21、尾鰭鰭條數為 18, 各鰭條數與成魚相同, 進入稚魚期 (Fig. 3I); 孵化後第 50 天, 稚魚體全長為 17.95 ± 0.46 mm ($n = 8$), 軀幹上部出現 8-9 個黑色素斑、體側脊椎骨處也出現黑色素條帶, 頭部出現 3 - 4 條黑色素橫帶, 其中 2 條貫穿眼睛, 此時約 50% 的稚魚已結束浮游階段, 沉降至水槽底部 (Fig. 3J); 孵化後第 53 天, 稚魚體全長為 20.55 ± 0.47 mm ($n = 6$), 頭冠開始發育, 體色轉變為淡黃色, 約 80% 的稚魚已沉降至水槽底部 (Fig. 3K); 孵化後第 66 天, 稚魚體全長為 25.11 ± 0.93 mm ($n = 8$), 體色已完全轉變為黃色, 並可觀察到

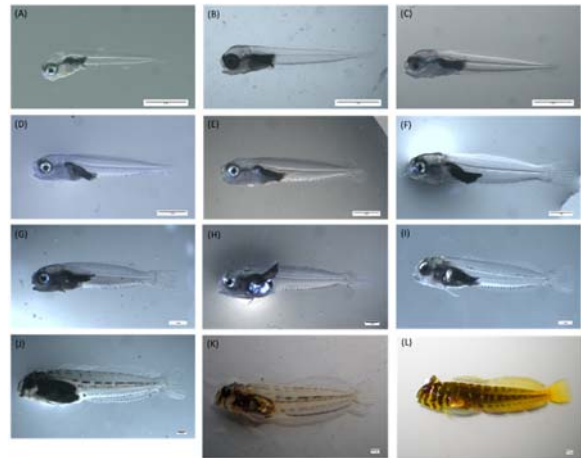


Fig. 3 Larval development of *Omobranchnus fasciolatoceps* at 29.0 - 30.5 °C: (A) newly hatched larvae, 3.20 ± 0.03 mm; (B) 2 day post-hatch (dph), 3.47 ± 0.02 mm; (C) 4 dph, 4.44 ± 0.01 mm; (D) 6 dph, 5.30 ± 0.02 mm; (E) 10 dph, 5.21 ± 0.32 mm; (F) 16 dph, 7.72 ± 0.03 mm; (G) 23 dph, 9.67 ± 0.30 mm; (H) 27 dph, 10.86 ± 0.38 mm; (I) 32 dph, 11.36 ± 0.48 mm; (J) 50 dph, 17.95 ± 0.46 mm; (K) 53 dph, 20.55 ± 0.47 mm; (L) 66 dph, 25.11 ± 0.93 mm. The scale bars of (A) - (L) = 1.0 mm.

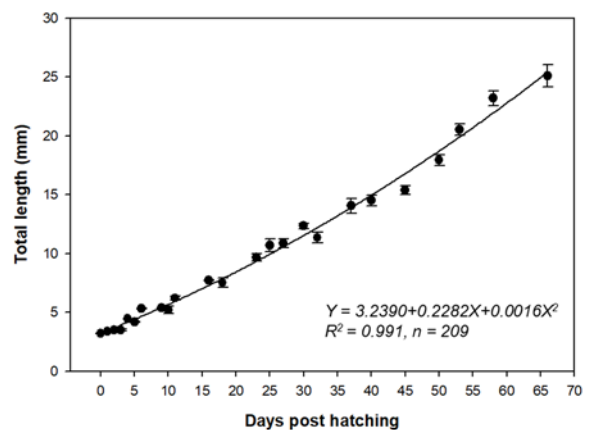


Fig. 4 Development of total length of *Omobranchnus fasciolatoceps* from newly hatched to 66 days post-hatching in culture. All data are expressed as means \pm SE.

體側出現 10 - 12 條棕黑色條紋, 頭冠明顯隆起, 此時所有稚魚均沉降行底棲生活並出現領域性, 體型較大的個體會追趕、追咬體型較小者 (Fig. 3L)。斑頭肩鰓鰻孵化後至第 66 天, 體全長之二次函數迴歸公式為 $Y = 3.2390 + 0.2282X + 0.0016X^2$ ($R^2 = 0.991, n = 209$), 其中 Y 為體全長, X 為孵化後天數 (Fig. 4)。斑頭肩鰓鰻孵化後至第 66 天, 口徑之二次函數迴歸公式為 $Y = 351.13 + 45.47X -$

$0.36X^2$ ($R^2=0.961, n=130$), 其中 Y 為口徑, X 為孵化後天數 (Fig. 5)。

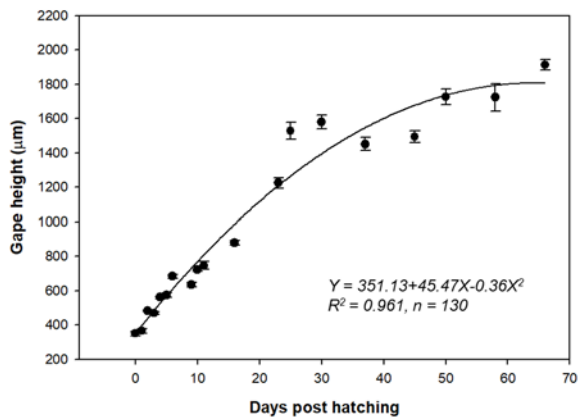


Fig. 5 Development of gape height of *Omobranthus fasciolatoceps* from 0 to 66 days post-hatching in culture. All data are expressed as means \pm SE.

三、稚魚直接轉移至不同鹽度環境對攝食、活存及成長之影響

斑頭肩鰓鰻稚魚直接轉移至 33、16 及 0 psu 環境中 60 天, 每 10 天之平均攝食率詳如 Table 1。實驗開始第 1 - 10 天, 轉移至 33 psu 及 16 psu 環境的稚魚的攝食率分別為 $96.5 \pm 1.9\%$ 及 $88.8 \pm 4.3\%$, 顯著高於轉移至 0 psu 的 $17.1 \pm 3.2\%$; 至第 21 - 30 天, 轉移至 33 psu 及 16 psu 環境的稚魚攝食率仍顯著高於轉移至 0 psu 者, 此時, 在 0 psu 環境的稚魚攝食率降低至 $0.3 \pm 0.2\%$; 至第 31 - 40 天, 0 psu 環境的稚魚攝食率提升至 $32.0 \pm 7.9\%$, 但仍顯著低於轉移至 33 psu ($99.6 \pm 0.3\%$) 及 16 psu ($99.5 \pm 0.2\%$) 者; 實驗從第 41 - 60 天, 在 0 psu 環境的稚魚攝食率仍持續顯著低於在 33 psu 及 16 psu 者。從 Fig. 6A 可看出稚魚轉移至不同鹽度下 60 天的攝食率變化情形, 在 0 psu 環境的稚魚攝食率從 0 至 60 天均低於轉移至 33 及 16 psu 者。

斑頭肩鰓鰻稚魚直接轉移至 33、16 及 0 psu 環境中 60 天, 每 10 天之平均活存率詳如 Table 2。實驗第 1 - 10 天, 轉移至 33 psu 及 16 psu 環境的稚魚活存率均為 100%, 高於 0 psu 的 $99.1 \pm 0.1\%$; 第 21 - 30 天, 在 33 psu 環境的稚魚活存率仍為 100%, 顯著高於轉移至 16 psu 的 $97.5 \pm 0.0\%$ 及 0 psu 的 $77.4 \pm 0.6\%$; 至實驗結束後, 在 33 psu 環境

的稚魚仍維持 100% 的活存率, 顯著高於 16 psu 的 $96.5 \pm 0.2\%$ 及 0 psu 的 $73.5 \pm 0.0\%$ 。從 Fig. 6B 可看出稚魚轉移至不同鹽度下 60 天的活存率變化情形, 轉移至 33 psu 的稚魚在整個實驗過程均無死亡, 而轉移至 0 psu 環境的稚魚從實驗第 4 天開始出現死亡情形, 轉移至 16 psu 者則從實驗第 14 天開始出現死亡。至實驗第 44 - 60 天, 在 0 psu 環境下的稚魚活存率僅剩 73.8%, 而在 33 及 16 psu 環境中稚魚活存率仍 $> 96\%$ 。

斑頭肩鰓鰻稚魚直接轉移至 33、16 及 0 psu 環境中, 30 天及 60 天之成長表現詳如 Table 3。實驗進行至第 30 天時, 轉移至 33 psu 及 16 psu 環境的稚魚體全長、體重、日增重、增重百分比及日成長率均顯著高於轉移至 0 psu 者, 而 33 psu 與 16 psu 兩組間上述各項參數均無顯著差異。實驗進行至第 60 天時, 轉移至 33 psu 及 16 psu 環境的稚魚體全長顯著高於轉移至 0 psu 者, 其餘成長參數各組間無顯著差異。

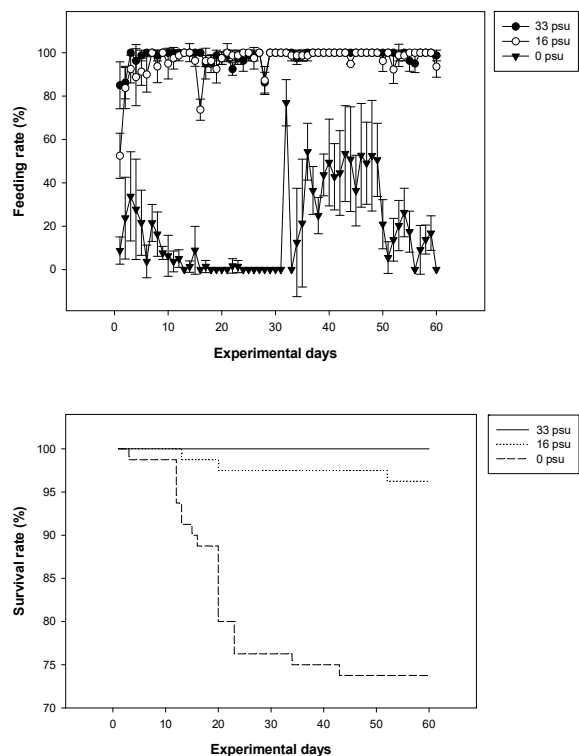


Fig. 6 Daily feeding rate (A) and survival rate (B) change of juvenile *Omobranthus fasciolatoceps* under different salinity levels (33, 16, and 0 psu).

Table 1 Ten-day mean feeding rate (%) of juvenile *Omobranchus fasciolatoceps* under different salinities

| Experimental days | Treatments | | |
|-------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 33 psu (control) | 16 psu | 0 psu |
| 1-10 | 96.5 ± 1.9 ^a | 88.8 ± 4.3 ^a | 17.1 ± 3.2 ^b |
| 11-20 | 98.6 ± 0.6 ^a | 94.8 ± 2.4 ^a | 2.0 ± 0.9 ^b |
| 21-30 | 96.8 ± 1.4 ^a | 98.2 ± 1.3 ^a | 0.3 ± 0.2 ^b |
| 31-40 | 99.6 ± 0.3 ^a | 99.5 ± 0.2 ^a | 32.0 ± 7.9 ^b |
| 41-50 | 100.0 ± 0.0 ^a | 99.1 ± 0.6 ^a | 45.4 ± 3.2 ^b |
| 51-60 | 98.8 ± 0.5 ^a | 98.3 ± 0.9 ^a | 12.2 ± 2.7 ^b |

Means sharing at least one common letter are not significantly different, whereas other comparisons differ at $p < 0.05$; values are means ± SE; N = 10.

Table 2 Ten-day mean survival rate (%) of juvenile *Omobranchus fasciolatoceps* under different salinities

| Experimental days | Treatments | | |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | 33 psu (control) | 16 psu | 0 psu |
| 1-10 | 100.0 ± 0.0 ^a | 100.0 ± 0.0 ^a | 99.1 ± 0.1 ^b |
| 11-20 | 100.0 ± 0.0 ^a | 99.1 ± 0.2 ^a | 91.8 ± 1.2 ^b |
| 21-30 | 100.0 ± 0.0 ^a | 97.5 ± 0.0 ^b | 77.4 ± 0.6 ^c |
| 31-40 | 100.0 ± 0.0 ^a | 98.0 ± 0.2 ^b | 75.5 ± 0.2 ^c |
| 41-50 | 100.0 ± 0.0 ^a | 97.5 ± 0.0 ^b | 74.1 ± 0.1 ^c |
| 51-60 | 100.0 ± 0.0 ^a | 96.5 ± 0.2 ^b | 73.5 ± 0.0 ^c |

Means sharing at least one common letter are not significantly different, whereas other comparisons differ at $p < 0.05$; values are means ± SE; N = 10.

Table 3 Growth performance of juvenile *Omobranchus fasciolatoceps* under different salinities over 30 and 60 days

| Parameters | Treatments | | |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | 33 psu (control) | 16 psu | 0 psu |
| Initial total length (cm) | 2.57 ± 0.05 | 2.60 ± 0.02 | 2.61 ± 0.02 |
| Initial body weight (g) | 0.069 ± 0.001 | 0.064 ± 0.002 | 0.062 ± 0.001 |
| 30 days | | | |
| Total length (cm) | 2.78 ± 0.02 ^{ab} | 2.87 ± 0.03 ^a | 2.67 ± 0.16 ^b |
| Body weight (g) | 0.199 ± 0.006 ^a | 0.216 ± 0.007 ^a | 0.160 ± 0.004 ^b |
| DWG (g d ⁻¹) | 0.0043 ± 0.0002 ^a | 0.0050 ± 0.0002 ^a | 0.0032 ± 0.0001 ^b |
| PWG (%) | 187.71 ± 16.59 ^a | 238.64 ± 20.42 ^a | 157.38 ± 8.72 ^b |
| SGR (% d ⁻¹) | 3.50 ± 0.18 ^a | 4.04 ± 0.19 ^a | 3.14 ± 0.11 ^b |
| 60 days | | | |
| Total length (cm) | 3.05 ± 0.04 ^a | 3.14 ± 0.03 ^a | 2.81 ± 0.03 ^b |
| Body weight (g) | 0.24 ± 0.02 ^a | 0.25 ± 0.01 ^a | 0.21 ± 0.01 ^a |
| DWG (g d ⁻¹) | 0.0029 ± 0.0003 ^a | 0.0031 ± 0.0002 ^a | 0.0032 ± 0.0001 ^a |
| PWG (%) | 256.30 ± 38.53 ^a | 290.12 ± 23.12 ^a | 242.90 ± 17.31 ^a |
| PWG (% d ⁻¹) | 2.09 ± 0.17 ^a | 2.26 ± 0.10 ^a | 2.04 ± 0.08 ^a |

DWG = daily weight gain; PWG = percentage weight gain; SGR = specific growth rate. Means sharing at least one common letter are not significantly different, whereas other comparisons differ at $p < 0.05$; values are means ± SE (N = 4).

Table 4 Comparison of eggs, larvae, and juveniles of ornamental marine blennies

| Species | Diameter of egg (mm) | Incubation temperature (°C) | Hatching time (hr) | Accumulated thermal units (ATUs) | Total length (TL) at newly hatched (mm) | TL at juvenile (mm) | Reference |
|---------------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------------------|---|---------------------|--------------------------------|
| <i>Ecsenius bicolor</i> | 0.78-0.81 | 28 | 187 | 218.2 | 3.01 | - | Suzuki <i>et al.</i> , 2001 |
| <i>E. midas</i> | 0.68-0.71 | 27 | 158 | 177.7 | 2.88 | - | Suzuki <i>et al.</i> , 2001 |
| <i>Entomacrodus lighti</i> | - | 26.6-28.2 | - | - | - | 13.60-16.70 | Kim <i>et al.</i> , 1992a |
| <i>E. stellifer</i> | 0.84-0.88 | 18.5-23.3 | 130 | 100.2-126.0 | 2.70 | - | Kim and Han, 1989 |
| <i>Lipophrys pholis</i> | 1.21-1.41 | 17 | 384 | 272.0 | 4.73-5.33 | 17-19 | Faria <i>et al.</i> , 2002 |
| <i>L. trigloides</i> | 1.12-1.50 | 21.0-23.0 | 312-336 | 273.0-322.0 | 4.8 | 12.0-14.0 | Faria <i>et al.</i> , 2005 |
| <i>Meiacanthus atrodorsalis</i> | - | 28 | 181 | 211.2 | 3.11 ± 0.15* | 13.32 1.88* | Moorhead and Zeng, 2011 |
| <i>M. grammistes</i> | 1 | 28 | 168 | 196 | 3.0 | - | Olivotto <i>et al.</i> , 2010 |
| | - | 27±1 | 203-207 | 228.3-232.8 | 3.11 ± 0.14* | 7.93 ± 0.56 | Kien and Zeng, 2019 |
| <i>M. nigrolineatus</i> | 1.0 | 24±1 | 192-240 | 192.0-240.0 | 3.7 | 15.3 | Fishelson, 1976 |
| <i>Omobranchus elegans</i> | 1.06 | 25.5-28.5 | 203.6 | 216.3-241.6 | 3.04-3.09 | 21.5-22.2 | Park <i>et al.</i> , 2014 |
| <i>O. fasciolatoceps</i> | - | 25-30 | - | - | 2.87-3.17* | 9.70* | Kawaguchi <i>et al.</i> , 1999 |
| | 0.92-1.05 | 29.0-30.5 | 183 | 221.1-232.5 | 3.20 ± 0.03 | 11.36 ± 0.48 | Present study |
| <i>O. loxozonus</i> | 0.98-1.13 | 26.5-27.7 | 360 | 397.5-415.5 | 3.6-3.8 | 9.0 | Dotsu and Oota, 1973 |
| <i>O. punctatus</i> | - | 25-30 | - | - | 2.52-2.90* | 10.27* | Kawaguchi <i>et al.</i> , 1999 |
| <i>Parablennius yatabei</i> | 0.72-0.80 | 20.0-21.4 | 105 | 87.5-93.5 | 2.71-3.35 | - | Kim <i>et al.</i> , 1992b |
| <i>Scartella cristata</i> | 0.52-0.71 | 22.5-23.0 | 227.5 | 213.2-217.8 | 3.17 ± 0.05 | 6.49-6.83 | Suzuki, 2003 |

*Standard length; - no data

討 論

我們觀察到人工環境中的斑頭肩鰓鰻的生殖行為是由雄魚先發動，透過不斷來回游動，吸引雌魚進入巢穴產卵，黑帶稀棘鰻 (*Meiacanthus grammistes*) 的生殖行為則是由雌魚先發動 (Olivotto *et al.*, 2010)。斑頭肩鰓鰻雄魚來回游動吸引雌魚的行為與 Sunobe (1998) 在野外觀察的結果相似，但他並沒有記錄後續雌魚跟著雄魚進入巢穴產卵的行為。美肩鰓鰻的生殖行為則是由雌魚先發動，主動接近雄魚所在的巢穴，然後雄魚才游出巢穴，同時擺動身體接進雌魚，最後雌雄魚一同進入巢穴，但因為在野外觀察，又產卵巢穴 (二枚貝的殼) 開口較小，所以難以確認雌雄魚進入巢穴後是否成功產卵 (Sunobe, 1998)。Park *et al.* (2014) 則提供較完整的描述，他發現美肩鰓鰻雄魚在產前會先清理巢穴 (二枚貝的殼)，當雌魚進入巢穴時，會將卵產在巢穴內側頂部，雄魚隨後釋放精液完成受精，產卵完畢後，雌魚會離開巢穴，比較特別的是，當仔魚孵化時，是由雄魚用口將仔

魚送出巢穴，而在本研究中斑頭肩鰓鰻雄魚並未參與仔魚孵化及游出 PVC 管的過程。先前的文獻指出，肩鰓鰻屬魚類在繁殖時均有雄魚護卵的行為 (Dotsu and Oota, 1973; Park *et al.*, 2014)，在本研究中也觀察到相同的護卵行為。黑紋稀棘鰻 (*M. nigrolineatus*) 的產卵過程中，同一巢穴會有多尾不同雌魚分批進入巢穴產卵 (Fishelson, 1976)，而金鰓稀棘鰻 (*M. atrodorsalis*) 在繁殖時主要由一尾優勢雄魚與雌魚進行交配，另外會有一些相對弱勢 (subordinate) 的雄魚分批進入同一巢穴使卵粒受精，甚至也會有其他雌魚進入同一巢穴產卵 (Moorhead and Zeng, 2011)，斑頭肩鰓鰻同一批次的產卵過程中，只會各有一尾雌雄親魚進入同一巢穴產卵。

斑頭肩鰓鰻的受精卵與仔稚魚形質資料可與其他 14 種鰓鰻科魚類互相比較 (Table 4)。受精卵與其他種類相似，均為接近圓形的黏性卵並具有固著盤，與產卵介質黏附的一側會稍微扁平 (Dotsu and Oota, 1973; Fishelson, 1976; Kim and Han, 1989; Kim *et al.*, 1992b; Suzuki *et al.*, 2001;

Faria *et al.*, 2002, 2005; Suzuki, 2003; Olivotto *et al.*, 2010; Park *et al.*, 2014)。Kawaguchi *et al.* (1999) 沒有描述斑頭肩鰷的受精卵形態及孵化時間，本研究記錄斑頭肩鰷的卵徑大小為 0.92 – 1.05 mm，接近美肩鰷 (1.06 mm) (Park *et al.*, 2014)、黑帶稀棘鰷 (1 mm) (Olivotto *et al.*, 2010) 及黑紋稀棘鰷 (1.0 mm) (Fishelson, 1976)，小於雲紋肩鰷 (0.98 – 1.13 mm) (Dotsu and Oota, 1973)、穴棲無眉鰷 (*Lipophrys pholis*) (1.21 – 1.41 mm) (Faria *et al.*, 2002) 及似緋無眉鰷 (*L. trigloides*) (1.21 – 1.41 mm) (Faria *et al.*, 2005)，大於二色無鬚鰷 (*Ecsenius bicolor*) (0.78 – 0.81 mm) (Suzuki *et al.*, 2001)、金黃無鬚鰷 (*E. midas*) (0.68 – 0.71 mm) (Suzuki *et al.*, 2001)、星斑間項鬚鰷 (*Entomacrodus stellifer*) (0.84 – 0.88 mm) (Kim and Han, 1989)、八部副鰷 (*Parablennius yatabei*) (0.72 – 0.80 mm) (Kim *et al.*, 1992b) 及頂鬚鰷 (*Scartella cristata*) (0.52 – 0.71 mm) (Suzuki, 2003)。斑頭肩鰷的受精卵孵化時間積溫為 221.1 – 232.5，與美肩鰷 (216.3 – 241.6) (Park *et al.*, 2014) 相近，但低於雲紋肩鰷 (397.5 – 415.5) (Dotsu and Oota, 1973)。從 Table 4 可得知目前在人工環境中飼養之鰷科魚類的胚胎發育時間積溫範圍在 87.5 – 415.5 之間，這些資訊有助於我們判斷受精卵孵化的時機並及早準備後續的魚苗培育工作。

斑頭肩鰷剛孵化之仔魚體全長為 3.20 ± 0.03 mm，大於美肩鰷 (3.04 – 3.09 mm) (Park *et al.*, 2014)、二色無鬚鰷 (3.01 mm; Suzuki *et al.*, 2001)、金黃無鬚鰷 (2.88 mm) (Suzuki *et al.*, 2001)、星斑間項鬚鰷 (2.70 mm) (Kim and Han, 1989)、黑帶稀棘鰷 (3.0 mm) (Olivotto *et al.*, 2010) 及頂鬚鰷 (3.17 ± 0.05 mm) (Suzuki, 2003)，小於雲紋肩鰷 (3.6 – 3.8 mm) (Dotsu and Oota, 1973)、似緋無眉鰷 (4.8 mm) (Faria *et al.*, 2005)、穴棲無眉鰷 (4.73 – 5.33 mm) (Faria *et al.*, 2002) 及黑紋稀棘鰷 (3.7 mm) (Fishelson, 1976)。斑頭肩鰷剛孵化的仔魚形態與其他肩鰷相似，具有延長的身體、黑色素分布、眼睛已發育完全、具明顯的胸鰭與幾乎消耗殆盡的卵黃囊 (Dotsu and Oota, 1973; Kawaguchi *et al.*, 1999; Park *et al.*, 2014)。似緋無眉鰷、穴棲無眉鰷及金鰭稀棘鰷剛孵化的仔魚口部

已完全分化 (Faria *et al.*, 2002, 2005; Moorhead and Zeng, 2011)，而斑頭肩鰷仔魚則是到孵化後第 2 天口部才完全分化。斑頭肩鰷仔魚約在孵化後第 4 – 6 天時 (體全長 4.44 – 5.30 mm)，前鰓蓋轉角形成一明顯棘刺，與 Kawaguchi *et al.* (1999) 的描述相似 (標準體長約 4.90 mm 時出現)，在其他肩鰷屬的仔魚也能觀察到此特徵，但出現的時間略有不同 (Dotsu and Oota, 1973; Kawaguchi *et al.*, 1999; Park *et al.*, 2014)，此特徵可區分肩鰷屬與間項鬚鰷屬 (Kim and Han, 1989; Kim *et al.*, 1992a)、無眉鰷屬 (Faria *et al.*, 2002, 2005)、稀棘鰷屬 (Fishelson, 1976; Olivotto *et al.*, 2010; Moorhead and Zeng, 2011; Kien and Zeng, 2019)、副鰷屬 (Kim *et al.*, 1992b) 及頂鬚鰷屬 (Suzuki, 2003) 之初期仔魚。

Kendall *et al.* (1984) 指出，當仔魚鰭條數發育至與成魚相同時，進入稚魚期。斑頭肩鰷於孵化後第 32 天各鰭鰭條數發育與成魚相同，進入稚魚期時體全長為 11.36 ± 0.48 mm，大於雲紋肩鰷 (9.0 mm) (Dotsu and Oota, 1973)、小於美肩鰷 (21.5 – 22.2 mm) (Park *et al.*, 2014)，此時期過後，稚魚開始陸續沉降至水槽底部，並開始找尋水槽中的遮蔽物躲藏，此行為特性與其他鰷科魚類相似 (Dotsu and Oota, 1973; Fishelson, 1976; Suzuki, 2003; Moorhead and Zeng, 2011; Kien and Zeng, 2019)。在稚魚培育至孵化後第 66 天時，頭冠開始出現，而從生殖行為的觀察結果發現，雄性親魚的頭冠隆起一般都比雌魚更為明顯，在後續的研究應探討仔魚發育過程中頭冠隆起與性別決定、性成熟之關係。

本研究首次描述斑頭肩鰷在人工環境中由孵化後至第 66 天仔稚魚體全長及口徑發育的二次函數迴歸方程式，斑頭肩鰷仔魚開口口徑為 350.37 ± 14.17 μm ，已可以捕食大小 150 – 250 μm 的輪蟲。金鰭稀棘鰷的開口口徑為 307.3 ± 34.7 μm ，可攝食輪蟲 (*B. rotundiformis*) (Moorhead and Zeng, 2011)，但 Moorhead and Zeng (2011) 沒有描述所使用的輪蟲體型；Kien and Zeng (2019) 記錄黑帶稀棘鰷的開口口徑為 272.42 ± 61.03 μm ，但同樣沒有描述培育仔魚所使用的輪蟲種類及體型，在觀賞性鰷科魚類首次攝食之口徑記錄及探討最適初期餌料種類的研究應持續進行。

先前許多研究探討魚隻從海水環境直接轉移至淡水環境 (0 psu) 的各項生理反應 (沈與陳, 2007; 蔡等, 2007; 孫等, 2008; Maugars *et al.*, 2018)。我們依循此方法將斑頭肩鰓鰻稚魚 (體全長 2.57 - 2.61 cm) 直接從海水環境 (33 psu) 移至半鹹水 (16 psu) 及淡水環境 (0 psu) 飼養 60 天, 此時期之稚魚已擁有黃黑相間具商品價值的體色, 有別於產業界多採集 4 - 6 cm 的野生成魚進行低鹽度馴化, 選擇將小體型稚魚提早馴化則有利與野生成魚進行商品區隔, 並順應水族產業朝精緻化、小型化之發展潮流, 未來則有在小型水族箱中飼養的潛力。我們發現移至 33 psu 環境的稚魚雖然經過撈捕與移動 (handling and transport), 但在開始投餵時, 實驗桶內所有魚隻均於 3 sec 內靠近飼料開始攝食, 並在投餵後 1 hr 可觀察到糞便, 證明魚隻順利攝食並消化。相較之下, 移至 0 psu 環境的稚魚活動力及攝食意願均明顯降低, 飼料投放後已超過 60 sec, 實驗桶內 20 尾稚魚中也只有 1 - 2 尾攝食, 甚至沒有魚隻攝食。移至 0 psu 的稚魚在實驗開始 10 天後平均攝食率降至 17.11%, 30 天後又降至 0.3%, 41 天後雖恢復至 45.39%, 但在第 51 - 60 天時又降至 12.29%, 始終沒有恢復與海水對照組相同的水準, 而在 33 及 16 psu 環境的稚魚平均攝食率在第 11 天後均大於 90% (Table 1)。蔡等 (2007) 將漠斑牙鯻稚魚 (2.0 - 2.4 cm) 從海水直接移至淡水進行馴化實驗, 同樣發現鹽度的急遽降低會使稚魚攝食頻率及攝食量下降, 但稚魚可以在 7 天內逐漸恢復攝食量, 恢復攝食的時間較斑頭肩鰓鰻稚魚短。日後應可持續探討斑頭肩鰓鰻稚魚轉移至淡水環境大於 60 天或更長時間的攝食與適應情形, 以及探討轉移至淡水環境中有關緊迫、滲透壓調節及環境適應之相關生理指標。

移至 33 psu 環境的斑頭肩鰓鰻稚魚在實驗開始至結束時活存率均保持 100%, 沒有任何魚隻死亡。半鹹水組的稚魚至 21 - 30 天時, 平均活存率雖下降至 97.5%, 但仍優於淡水組 (77.4%)。沈與陳 (2007) 分別將大黃魚 (*Larimichthys crocea*) (體全長 10.6 cm) 及黑鯛 (*Acanthopagrus schlegelii*) (體全長 8.6 cm) 從海水移至 10 psu 環境, 結果在 48 hr 後, 活存率分別降至 0% 及 40%。孫等 (2008) 將漠斑牙鯻稚魚 (3.84 - 4.76 cm)

進行 30 天的低鹽度馴化, 移至淡水中的稚魚在第 30 天後活存率由 100% 降至 75%。相反的, 蔡等 (2007) 將漠斑牙鯻稚魚 (2.0 - 2.4 cm) 直接轉移至淡水, 經過 72 hr 後活存率仍有 96.25%, 而 Ercan *et al.* (2015) 將歐洲海鱸稚魚 (體重 5.74 - 5.95 g) 暴露於淡水中, 經過 60 天活存率仍有 99%, 顯示出從海水移至低鹽度或純淡水中的魚隻活存率會受魚種、體型及暴露時間影響。然而, 有關低鹽度暴露對海水鰓鰻科魚類的影響實驗仍相當缺乏, 另將不同體型、不同日齡的斑頭肩鰓鰻進行同樣的鹽度轉移實驗是否會產生不同結果? 值得日後深入探討。

將斑頭肩鰓鰻稚魚從海水移至半鹹水中, 不論經過 30 天或者 60 天, 其體全長、體重、日增重、增重百分比及日成長率都與海水組沒有統計上的顯著差異, 但在數值上高於海水組 (Table 3), 顯示斑頭肩鰓鰻稚魚移至半鹹水環境對稚魚的成長有一定程度的促進作用。某些海水魚移至半鹹水環境時, 經過一段時間的飼養可獲得較佳的成長表現, 例如: 漠斑牙鯻稚魚在鹽度 16 psu 的半鹹水環境飼養 30 天, 體增重優於飼養在 32 psu 者 (孫等, 2008); 點帶石斑魚稚魚在鹽度 12 - 18 psu 的半鹹水飼養 65 天, 其增重率、日成長率及餌料係數均優於飼養於鹽度 30 psu 者 (王等, 2011); 半滑舌鰻 (*Cynoglossus semilaevis*) 飼養在鹽度 10 - 20 psu 條件下體重增長及日成長率均比飼養在鹽度 30 psu 的魚隻高 (房等, 2016); 墨西哥笛鯛同樣在鹽度 15 psu 條件下顯示出比飼養在鹽度 35 psu 條件下更高的日成長率及增重率 (Alcalá-Carrillo *et al.*, 2016); 歐洲海鱸在鹽度 6 - 12 psu 條件下成長表現也顯著高於鹽度 30 psu (Islam *et al.*, 2021)。我們發現從海水轉移至淡水的斑頭肩鰓鰻稚魚經過 30 天的成長表現顯著低於轉移至半鹹水及海水中的魚隻, 但是經過 60 天再次分析各項成長參數時, 除了體全長仍小於半鹹水組及海水組外, 體重、日增重、增重百分比及日成長率與另外兩組無顯著差異 (Table 3)。Herrera *et al.* (2009) 及 Thompson (2019) 指出, 在鹽度較高的環境, 魚類需要耗費更多能量進行生理平衡, 這可能間接降低了魚隻的成長表現。轉移至淡水中的斑頭肩鰓鰻稚魚雖然攝食率低於其他兩組, 但由於稚魚飼養在鹽度相對較低的環境, 用

於平衡滲透壓的能量可被節約，這可能是淡水組稚魚在 60 天後的成長參數與其他兩組沒有差異的原因之一。

結 論

本研究首次記錄人工環境中培育的斑頭肩鰷之自然產卵及初期發育過程。更透過將稚魚直接轉移至不同鹽度環境探討其攝食、活存及成長表現。綜合本研究結果，斑頭肩鰷可成功人工繁殖，而從海水轉移至淡水的稚魚攝食率及活存率均顯著低於轉移至半鹹水及海水者 (Fig. 6)，因此建議在直接轉移馴化至淡水的過程需考量到稚魚可能在馴化的前 30 天成長表現較差，以及在馴化第 10 天後稚魚因活存率逐漸降低所造成的損失。我們的研究結果有助於未來發展鰷科魚類的繁養殖及低鹽度馴化技術，進而減少野外鰷科魚類族群的採捕壓力、促進觀賞水族產業永續發展。

謝 辭

本研究得以順利完成，承蒙國立屏東科技大學水產養殖系實習生蔡竝曜、曾冠傑及張家豪協助收集種魚、國立臺灣海洋大學水產養殖學系實習生劉東霖協助餌料生物培養及仔稚魚培育，與海水繁養殖研究中心同仁在研究過程的各項協助，特此致謝。

參考文獻

王素久, 張海發, 趙俊, 楊宇晴, 楊少森 (2011) 不同鹽度對斜帶石斑魚幼魚生長和生理的影響. 廣東海洋大學學報, 31: 39-44.

孫向軍, 梁擁軍, 蘇建通, 張亮, 馬峻峰, 孫硯勝, 穆祥兆 (2008) 鹽度對漠斑牙鰷幼魚存活、生長及攝食的影響. 水產科學, 27: 516-518.

蔡文超, 柳學週, 馬學坤, 戰文斌, 徐永江 (2007) 漠斑牙鰷仔魚、稚魚和幼魚對低鹽度的耐受力及淡水馴化技術的研究. 漁業科學進展, 28: 31-37.

沈益綠, 陳亞瞿 (2007) 低鹽度馴化對大黃魚和黑鯛存活的影響. 水利漁業, 27: 47-48.

房子恆, 田相利, 董雙林 (2016) 低鹽馴化對半滑舌鰷幼魚生長、滲透生理及糖代謝酶活力影響的研究. 中國海洋大學學報 (自然科學版): 19-27.

Alcalá-Carrillo, M., S. G. Castillo-Vargasmachuca and J. T. Ponce-Palafox (2016) Effects of temperature and salinity on growth and survival of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* juvenile. Lat. Am. J. Aquat. Res., 44: 159-164.

Breder, C. M. and D. E. Rosen (1966) Modes of reproduction in fishes. T.F.H. Publications, Neptune City, New Jersey., U.S.A. 941 pp.

Castillo-Vargasmachuca, S., J. T. Ponce-Palafox, G. Rodríguez-Chávez, J. L. Arredondo-Figueroa, E. Chávez-Ortiz and A. Seidavi (2013) Effects of temperature and salinity on growth and survival of the Pacific red snapper *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) juvenile. Lat. Am. J. Aquat. Res., 41: 1013-1018.

Chen, J. Y., C. Zeng, D. R. Jerry and J. M. Cobcroft (2020) Recent advances of marine ornamental fish larviculture: broodstock reproduction, live prey and feeding regimes, and comparison between demersal and pelagic spawners. Rev. Aquacult., 12: 1518-1541.

Dotsu, Y. and T. Oota (1973) The life history of the blennioid fish, *Omobranchus loxozonus*. Bull. Fac. Fish., Nagasaki Univ., 36: 13-22 (in Japanese).

Ercan, E., N. Agrali and A. S. Tarkan (2015) The effects of salinity, temperature and feed ratio on growth performance of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) in the water obtained through reverse osmosis system and a natural river. Pakistan J. Zool., 47: 625-633.

Faria, C., R. Borges, F. Gil, V. C. Almada and E. J. Gonçalves (2002) Embryonic and larval development of *Lipophrys pholis* (Pisces: Blenniidae). Sci. Mar., 66: 21-26.

Faria, C., F. Gil and V. C. Almada (2005) Ontogenetic development of *Lipophrys trigloides* (Pisces: Blenniidae), with some notes on the spawning behaviour. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 85: 185-188.

Fishelson, L. (1976) Spawning and larval development of the blennid fish, *Meiacanthus nigrolineatus* from the Red Sea. Copeia, 1976: 798-800.

Froese, R. and D. Pauly (2019) FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (12/2019).

Green, E. (2003) International trade in marine aquarium species: using the global marine aquarium database. In Marine Ornamental Species: Collection, Culture and Conservation (J. C. Cato and C. L. Brown, eds.), Iowa State Press, Iowa, U.S.A., 31-47.

- Helfman, G., B. B. Collette, D. E. Facey and B. W. Bowen (2009) *The diversity of Fishes: Biology, Evolution, and Ecology*. Wiley-Blackwell Publishing, Oxford, UK, 736 pp.
- Herrera, M., L. Vargas-Chacoff, I. Hachero, I. Ruíz-Jarabo, A. Rodiles, J. I. Navas and J. M. Mancera (2009) Osmoregulatory changes in wedge sole (*Dicologlossa cuneata* Moreau, 1881) after acclimation to different environmental salinities. *Aquac. Res.* 40: 762-771.
- Maugars, G., M. C. Manirafasha, E. Grousset, V. Boulo and J. H. Lignot (2018) The effects of acute transfer to freshwater on ion transporters of the pharyngeal cavity in European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Fish Physiol. Biochem.*, 44: 1393-1408.
- Islam, M. J., M. J. Slater, R. Thiele and A. Kunzmann (2021) Influence of extreme ambient cold stress on growth, hematological, antioxidants, and immune responses in European seabass, *Dicentrarchus labrax* acclimatized at different salinities. *Ecol. Indic.*, 122: 107280.
- Kawaguchi, T., H. Kohno, K. Fujita and Y. Taki (1999) Early morphological development of *Omobranchus fasciolatoceps* and *O. punctatus* (Blenniidae: Omobranchini) reared in an aquarium. *Ichthyol. Res.*, 46: 163-170.
- Kendall Jr, A. W., E. H. Ahlstrom and H. G. Moser (1984) Early life history stages of fishes and their characters. *In* *Ontogeny and Systematics of Fishes* (H. G. Moser eds.), Allen Press Inc, Lawrence, U.S.A., 11-22.
- Kien, N. T. and C. Zeng (2019) Reproductive behavior and larval development of the striped blenny *Meiacanthus grammistes*. *Vietnam J. Sci. Technol.*, 19: 183-189.
- Kim, Y. U. and K. H. Han (1989) Egg Development and Morphology of Larval Blennioid Fish, *Istiblennius stellifer* (Jordan et Snyder) Reared in the Laboratory. *Korean J. Ichthyol.*, 1: 9-18 (in Korean).
- Kim, Y. U., K. H. Han and C. B. Kang (1992a) Morphological and Skeletal Development of Larvae and Juveniles of *Entomacrodus stellifer lighti* (Herre). *Korean J. Ichthyol.*, 4: 31-43 (in Korean).
- Kim, Y. U., J. G. Myoung, K. H. Han and C. B. Kang (1992b) Morphology of larvae, egg development and spawning behavior of the blennioid fish, *Pictiblennius yatabei* (Jordan et Snyder). *Korean J. Ichthyol.*, 4: 44-54 (in Korean).
- Laiz-Carrión, R., S. Sangiao-Alvarellos, J. M. Guzmán, M. P. M. del Río, J. L. Soengas and J. M. Mancera (2005) Growth performance of gilthead sea bream *Sparus aurata* in different osmotic conditions: implications for osmoregulation and energy metabolism. *Aquaculture*, 250: 849-861.
- 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 Aquac. Soc.*, 43: 595-606.
- Moorhead, J. A. (2015) Research-scale tank designs for the larval culture of marine ornamental species, with emphasis on fish. *Aquac. Eng.*, 64: 32-41.
- Moorhead, J. A. and C. Zeng (2011) Breeding of the forktail blenny *Meiacanthus atrodorsalis*: broodstock management and larval rearing. *Aquaculture*, 318: 248-252.
- Moorhead, J. A. and C. Zeng (2017) Establishing larval feeding regimens for the Forktail Blenny *Meiacanthus atrodorsalis* (Günther, 1877): effects of Artemia strain, time of prey switch and co-feeding period. *Aquac. Res.*, 48: 4321-4333.
- Mylonas, C. C., M. Pavlidis, N. Papandroulakis, M. M. Zaiss, D. Tsafarakis, I. E. Papadakis and S. Varsamos (2009) Growth performance and osmoregulation in the shi drum (*Umbrina cirrosa*) adapted to different environmental salinities. *Aquaculture*, 287: 203-210.
- Nelson, J. S. (1994) *Fishes of the world*. Third edition. John Wiley & Sons, Inc., New York, U.S.A., 600 pp.
- Olivotto, I., C. C. Piccinetti, M. A. Avella, C. M. Rubio and O. Carnevali (2010) Feeding strategies for striped blenny *Meiacanthus grammistes* larvae. *Aquac. Res.*, 41: e307-e315.
- Olivotto, I., M. Planas, N. Simões, G. J. Holt, M. A. Avella and R. Calado (2011) Advances in breeding and rearing marine ornamentals. *J. World Aquac. Soc.*, 42: 135-166.
- Olivotto, I., G. Chemello, A. Vargas, B. Randazzo, C. C. Piccinetti and O. Carnevali (2017) Marine ornamental species culture: from the past to "Finding Dory". *Gen. Comp. Endocrinol.*, 245: 116-121.
- Palmtag, M. R. (2017) The marine ornamental species trade. *In* *Marine Ornamental Species Aquaculture* (R. Calado, I. Olivotto, P. M. Oliver and J. Holt eds.), John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, 3 *Korean J. Ichthyol.*, 14.
- Park, J. M., K. H., Han, N. R., Kim, S. J., Oh, M. H., Son, K. M., Kim, M. J. Jeon, J. M. Kim, S. H. Park and J. K. Cho (2014) Spawning Behavior and Early Life

- History of the Elegant Blenny, *Omobranchus elegans* (Pisces: Blenniidae). Korean J. Ichthyol., 26: 25-33 (in Korean).
- Shao, K. T. (2021) Taiwan Fish Database. WWW Web electronic publication. <http://fishdb.sinica.edu.tw>.
- Shirota, A. (1970) Studies on the mouth size of fish larvae. Nippon Suisan Gakkaishi, 36: 353-367 (in Japanese).
- Snedecor, G. W. and W. G. Cochran (1967) Statistical methods. Iowa State University Press, U.S.A, 292 pp.
- Sunobe, T. (1998) Notes on the mating system of *Omobranchus elegans* and *O. fasciolatoceps* (Blenniidae) at Maizuru, Japan. Ichthyol. Res., 45: 319-321.
- Suzuki, H. (2003) Reproductive behavior, eggs, larvae and rearing of the Blenny, *Scarsella cristata* in the aquarium. Sci. Rep. Mus. Tokai Univ. 5: 1-10 (in Japanese).
- Suzuki, H., E. Ishida and M. Ohashi (2001) Reproductive behavior, eggs and larvae of Two Blenniid fishes, *Ecsenius bicolor* Day and *E. midas* Starck, in the aquarium. Sci. Rep. Mus. Tokai Univ. 3: 29-42 (in Japanese).
- Thompson, J. S. (2019) Salinity affects growth but not thermal preference of adult mummichogs *Fundulus heteroclitus*. J. Fish Biol. 95: 1107-1115.
- Thresher, R. E. (1984) Reproduction in Reef Fishes. TFH Publications, Neptune, New Jersey, U.S.A. 399 pp.
- Wabnitz, C., M. Taylor, E. Green and T. Razak (2003) From Ocean to Aquarium. UNEP-WCMC, Cambridge, UK, 72 pp.

Artificial Propagation of the Top Hat Blenny (*Omobranchus fasciolatoceps*) and the Influence of Acute Transfer to Different Salinity Conditions on Feeding, Survival, and Growth Performance of Juveniles

Pei-Sheng Chiu*, Shine-Wei Ho, Cheng-Hsuan Huang, Yeong-Torng Chu and Shinn-Lih Yeh
Mariculture Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The top hat blenny, *Omobranchus fasciolatoceps* (Richardson, 1846), is distributed in the northwest Pacific, and inhabits reefs, estuaries, and coastal waters. It is an ornamental fish and is able to acclimate to brackish and fresh water. For the first time, our study evaluated the effects of captive breeding and juvenile acute transfer to different salinities (33, 16, and 0 psu) on feeding, survival, and growth performance of this species. In captivity, before spawning, the male attracted the female into a PVC pipe. The female then entered and laid eggs, and the male spread sperm on the eggs. After spawning, the female left, and the male guarded and cared for the egg clutches until hatching. The fertilized eggs, with a mean diameter of 0.99 ± 0.01 mm, were adhesive, demersal, spherical, and transparent. Embryonic development lasted 183 hr at $29.0 - 30.5$ °C, and the accumulated thermal units were 221.1 - 232.5. Newly hatched larvae (3.20 ± 0.03 mm in total length [TL]) transformed into the juvenile stage completely when TL was 11.36 ± 0.48 mm. Over a period of 60 experimental days, the feeding rate (0.3 - 45.3%) of juveniles acute transferred to freshwater (0 psu) was significantly lower than that of those transferred to 33 psu (96.5 - 100.0%) and 16 psu (88.8 - 99.5%). The survival rate (100.0%) of juveniles acute transferred to 33 psu was significantly higher than that of those transferred to 16 psu (97.5%) and 0 psu ($77.4 \pm 0.6\%$) from 21 days. At 30 days, TL, body weight, daily weight gain, percentage weight gain, and specific growth rate of the juveniles at 33 psu and 16 psu were all significantly higher than at 0 psu. Our results could contribute to the development of captive breeding and low-salinity acclimatization technologies for other euryhaline ornamental blennies.

Key words: *Omobranchus fasciolatoceps*, artificial propagation, salinity, growth performance, survival

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