

擬刺尾鯛之人工繁殖

何源興* · 李沛珊 · 鄭明忠 · 江玉瑛 · 陳文義

行政院農業委員會水產試驗所東部海洋生物研究中心

摘 要

本研究係為因應觀賞魚產業之需求，進行擬刺尾鯛 (*Palette surgeonfish, Paracanthurus hepatus*) 人工繁殖關鍵技術之研發。當飼育水槽水溫高於 25 °C 以上時，擬刺尾鯛即開始出現產卵行為，並持續至秋末水溫下降至 25 °C 以下時，終止產卵。擬刺尾鯛受精卵為浮性的透明卵，平均卵徑為 0.67 ± 0.05 mm (Mean \pm S.D.)，內具單一油球，油球的平均直徑為 0.15 ± 0.05 mm。在水溫 28 ± 1 °C 及鹽度 32 ~ 33 psu 下，受精卵約 18 h 孵化；在鹽度 25 ~ 35 psu 之間，受精卵之孵化率有顯著差異，其中以 30 psu 的 82.5% 最佳。剛孵化之仔魚平均全長為 1.52 ± 0.05 mm；第 3 日仔魚平均全長 2.29 ± 0.12 mm，開始投餵纖毛蟲等原生動物，並添加微藻來穩定水質；第 7 日平均全長 2.58 ± 0.21 mm，此時可投餵小型輪蟲；第 15 日，平均全長 3.32 ± 0.31 mm，仔魚攝食能力增強，可混投小型橈足類，投餵餌料生物時，應注意各種餌料必須重疊使用；第 20 日，仔魚平均全長為 5.18 ± 0.30 mm，可投餵橈足類或豐年蝦；第 24 日開始可以進行流水養殖；第 26 日仔魚平均全長為 6.20 ± 0.94 mm，開始進入稚魚期階段。

關鍵詞：擬刺尾鯛、生殖行為、初期發育、育苗

前 言

擬刺尾鯛 (*Paracanthurus hepatus*) 在分類上屬於刺尾鯛科 (Acanthuridae)、副刺尾魚屬 (*Paracanthurus*) 的魚種；刺尾鯛科分為刺尾鯛亞科 (Acanthurinae) 及鼻魚亞科 (Nasoninae)，全世界共 6 屬約 80 種 (Nelson, 2006)，臺灣目前紀錄有 2 亞科 6 屬 41 種。擬刺尾鯛廣泛分布於印度洋至太平洋海域，西自非洲東岸，東至吉里巴斯之萊恩群島，北起日本南部，南迄澳洲大堡礁及新喀里多尼亞，包含密克羅尼西亞；台灣則分布於南部、綠島及蘭嶼等周邊海域，棲息深度在 2 ~ 40 m 左右，成魚通常會聚集於離海底 1 ~ 2 m 高的水層，稚魚或幼魚則聚集在珊瑚的枝芽附近以浮游動物為食 (台灣魚類資料庫, 2013)。本種由於藍黑

相間的體色相當豔麗，是水族館中相當受歡迎的海水觀賞魚種之一 (沈, 1993)。

擬刺尾鯛屬日行性魚類，夜間以礁穴為躲蔽的休息處所，大部分種類為攝食底藻之草食性魚類，但亦有攝食浮游生物及碎屑的濾食者。針對刺尾鯛科魚類在天然海域產卵已有許多研究，產卵主要出現在接近新月或滿月時，產卵時間發生在黃昏，並以成對或成群方式進行，產卵海域具有強烈的洋流，以利將受精卵輸送到遠處，同時本科魚類之稚魚漂浮期甚長，且型態較一般魚種特殊，藉著長時期的飄送期，使仔魚的地理散佈較廣泛且快速 (Bagnis *et al.*, 1972; Johannes, 1978, 1981)。

相關擬刺尾鯛之人工繁殖，Goda *et al.* (1998) 曾針對擬刺尾鯛產卵時親魚體色變化進行研究；而 Nagano *et al.* (2000) 探討利用海洋纖毛蟲作為擬刺尾鯛仔魚初期餌料及對其活存率之影響；鄭等 (2011) 針對擬刺尾鯛在人為環境下自然產卵、生殖行為、胚胎發育及育苗等進行初步探討，陳 (2012) 進行擬刺尾鯛的自然產卵和初期生活

*通訊作者 / 台東縣成功鎮五權路 22 號; TEL: (089) 850-090 轉 401; FAX: (089) 850-092; E-mail: yshu@mail.tfrin.gov.tw

史之研究，其他研究大多以生物和生態研究為主 (Allen *et al.*, 2003; Mundy, 2005; Randall *et al.*, 1997)。本研究旨在探討擬刺尾鯛生殖習性並確立其繁養殖關鍵技術，以建立生殖行為、胚胎發育及育苗等基礎資料，並了解不同階段仔稚魚最適餌料生物之種類，以作為產業量產擬刺尾鯛種苗之參考。

材料與方法

一、種魚培育

種魚購自坊間水族館，為方便觀察其攝餌及生殖行為，成魚飼養於室內 10 t 圓型 FRP 水槽中，總計 2 池，每池種魚蓄養尾數為 60 尾，每個 FRP 水槽側邊設置 1 處觀察視窗，視窗大小為 60 cm × 60 cm。水溫範圍在 22 ~ 31 °C，鹽度範圍在 29 ~ 33 psu，養殖水槽頂部為玻璃採光罩，夏天時增加蘭花網遮陰，每日交替以自製軟性飼料 (南極蝦肉、鰹魚肉、粉狀飼料及綜合維生素練製後冷凍備用)、石蓴 (夏季以高麗菜替代) 及蝦殼薄片等餵飼 2 次。養殖用水經維生系統循環再利用以穩定水質，此系統包括滴流濾床、珊瑚砂生物過濾、蛋白除沫器及紫外線殺菌燈等，並以 0.5 hp 之抽水機提供循環動力，循環水量為 2.25 t/h，每日更換新水約 100 L，種魚每二週進行除蟲一次，以防止寄生蟲感染。

擬刺尾鯛標本來自進口商或剛購入之種魚因不適而死亡者，立即進行解剖及鏡檢，以了解種魚致死原因，並記錄種魚性別、生殖腺發育情形及測量體重、全長等資料。魚體重與全長之關係，套用指數關係 (power relationship) 並以 Excel 統計軟體估算指數迴歸關係式，以了解擬刺尾鯛雌雄魚全長與體重之關係。

二、產卵與胚胎發育

以電子溫度器分別記錄 100 年 1 月 1 日至 12 月 19 日種魚培育水槽之水溫變化，繁殖季節透過視窗觀察記錄種魚產卵時間、週期及產卵行為，發現種魚開始追尾後於維生系統架設 80

網目之浮游生物網收集受精卵，準備 250 L FRP 桶注入天然海水 (鹽度為 32 ~ 33 psu)，將受精卵置入 32 網目抄網中除去雜質，通過網目之卵粒，利用水瓢帶動水流產生漩渦，慢慢靜置讓死卵沈於底部，受精卵會浮於中、上層，以底部開關排出底部死卵，將受精與未受精卵分別收集稱重，以了解種魚之產卵量及受精率，再將受精卵移至 1800 L FRP 桶中，採流水打氣方式孵化。觀察受精卵時，將受精卵置入 5 L 燒杯中，以吸管吸取受精卵至凹槽玻片上，使用 20 倍投影顯微鏡，測量 30 粒受精卵之卵徑及油球徑。其次利用加熱器將水溫控制於 25、28 及 31 ± 1 °C 下，定時採集受精卵在光學顯微鏡下拍攝受精卵胚胎發育之過程，並記錄時間、水溫與胚胎發育，直至受精卵完全孵化。

三、仔魚形態變化與形質測量

將 50,000 粒受精卵置入 1800 L 之 FRP 室內培育槽，以電子式加溫器溫控制水溫於 28 ± 0.5 °C，鹽度在 32 ~ 33 psu 等條件下孵化。仔魚孵化後 60 h 內開始以纖毛蟲 (ciliate)、輪蟲 (*Brachionus plicatilis*) 作為仔魚之初期餌料，魚苗孵化後均添加微藻於育苗系統中，此外，定期以立體顯微鏡拍攝仔稚魚之鰭部、體態與體色等成長過程之外形變化，並利用生物解剖顯微鏡搭配數位影像測量分析軟體 (NIS-Elements D 2.30, Nikon)，進行全長 (total length, TL)、標準體長 (standard length, SL)、頭長 (head length, HL)、吻長 (snout length, SnL)、眼徑 (eye diameter, ED)、肛門前長 (preanal length, PAL)、體高 (body depth at pectoral-fin, BDP) 等各部位形質測量，測量結束後將標本固定於 95% 酒精中，以利後續研究進行。纖毛蟲及輪蟲投餵期間 (3 ~ 19 天) 仔魚培育採止水式，並以虹吸滴流方式添加擬球藻 (*Nannochloropsis oculata*) 以穩定水質，水中透明度維持在 50 ~ 80 cm，第 15 日開始投餵橈足類 (copepod) 作為仔魚餌料，並開始少量換水。

四、鹽度對胚胎發育之影響

取 2 ~ 8 細胞分裂之受精卵，以塑膠吸管吸

取 30 粒受精卵分別置入鹽度為 2.5、5、10、15、20、25 及 30 psu 之 0.5 L 燒杯中，每一處理組採四重複，水溫為 28 ± 1 °C，光照週期為 11 h 明 / 13 h 暗，各處理組皆不予以打氣，並記錄各組孵化率。

五、統計分析

本實驗數據以 ANOVA-Duncan's multiple range test 進行統計分析，以 $p < 0.05$ 表示各組之平均數在統計上具顯著差異。

結果

一、種魚培育

種魚 (Fig. 1) 飼育於過濾循環系統中，水質清澈良好，在二年培育過程有定期除蟲，種魚並無發生死亡情形，種魚對自製軟性飼料嗜好性較佳，其次為蝦殼薄片及石蓴，石蓴的好處是可以大量垂掛於 FRP 桶槽中，種魚會自行攝食，同時也可以降低水中總氮濃度。成熟之種魚無法依其體色及外型特徵分辨性別，觀察發現在產卵季節 (5 ~ 10 月) 近黃昏時，較大體型的擬刺尾鯛種魚開始出現追尾及驅趕等行為，同時雄魚黑色斑紋部份之體色會很快變為銀灰色，其他雄魚也會有體色變化之情形發生，並加入求偶行列，數量由 2 ~ 7 隻不等，種魚在瞬間的接觸後隨即分開。擬刺尾鯛產卵過程極為激烈，雌雄魚在激烈追逐中，時常會不小心撞擊桶壁而發出聲響，整個產卵過程約可持續 2 ~ 3 h，結束後雄魚體色就會恢復為原本的色彩。

試驗期間取得樣本 53 尾，經過解剖觀察生殖腺以判斷性別，結果樣本中雄魚為 22 尾，雌魚為 14 尾，未成熟魚為 17 尾。雄、雌魚及未成熟魚之平均全長分別為 19.61 ± 1.60 cm (16.8 ~ 22.5 cm)、 15.4 ± 1.16 cm (13.7 ~ 17.0 cm) 及 13.34 ± 1.88 cm (10.0 ~ 15.8 cm)，平均體重分別為 142.52 ± 32.36 g (69.53 ~ 186.30 g)、 69.64 ± 19.94 g (36.48 ~ 102 g) 及 40.07 ± 17.66 g (22.4 ~ 96.55 g)。經統計分析樣本得知雌雄之體重、體長具有顯著差異，雄魚體型大於雌魚，雌魚體型大於未成熟魚 ($p < 0.05$)，如 Table 1 所示。

Figure 2 為合併擬刺尾鯛雄、雌魚及未成熟魚之全長與體重關係，其關係式如下：

$y = 3.1741e^{0.1924x}$, $R^2 = 0.9353$, $n = 53$ 。y：體重，x：全長。

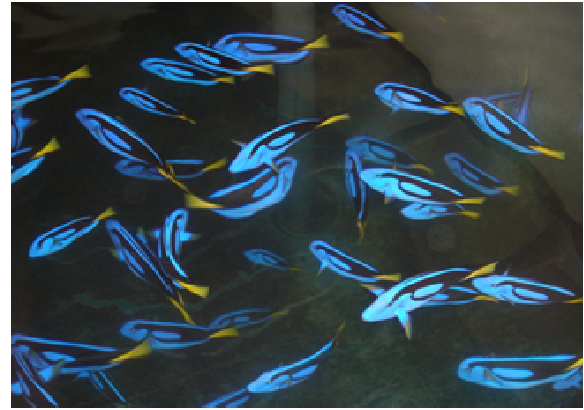


Fig. 1 Broodstock of *Paracanthurus hepatus*.

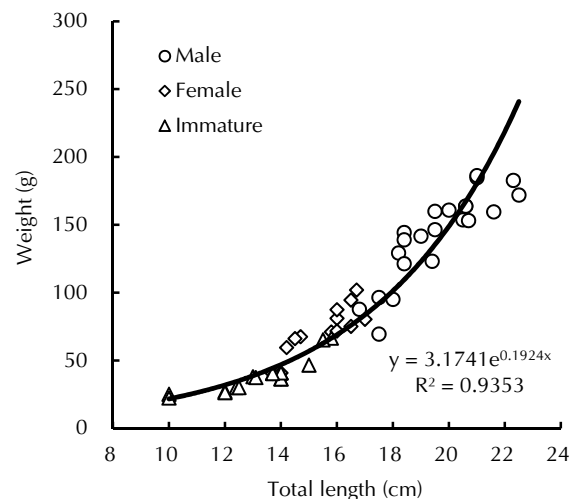


Fig. 2 The relationship between total length (cm) and body weight (g) of female, male, and immature *Paracanthurus hepatus*. x = total length, y = body weight, $n = 53$.

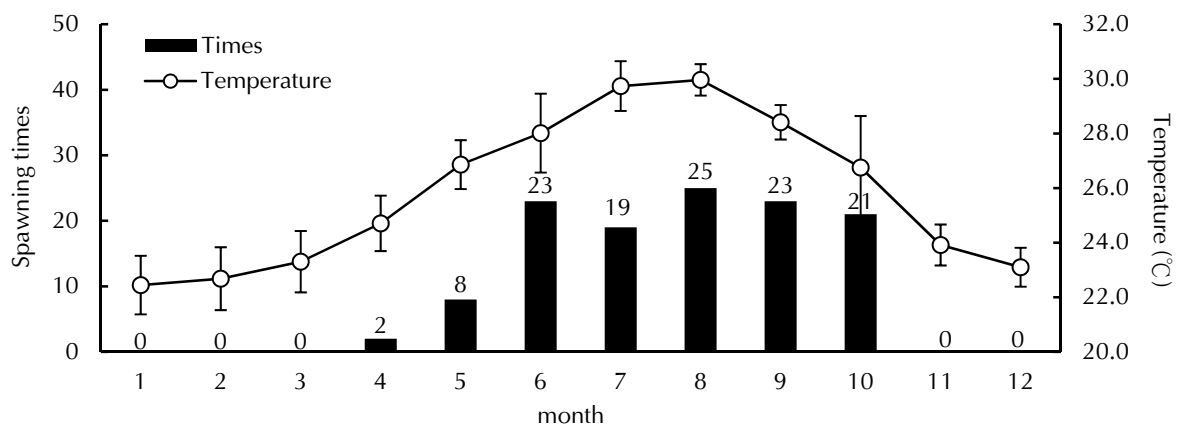
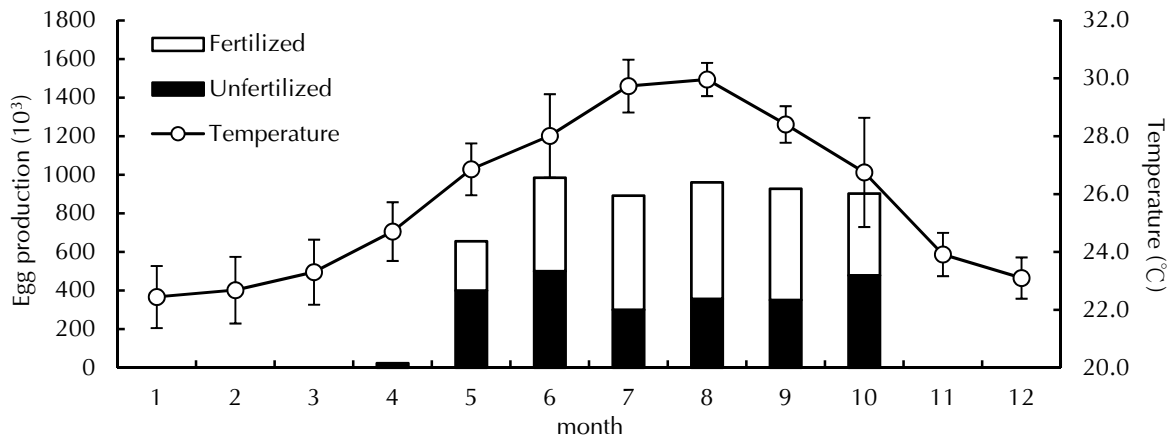
二、產卵與胚胎發育

種魚產卵並未受月週期之影響，產卵時間約在黃昏開始，會持續 2 ~ 3 h。Fig. 3 與 Fig. 4 為擬刺尾鯛產卵次數、產卵量與水溫之關係，在 4 月份月均溫為 24.7 °C，4 月下旬水溫為 25.0 ~ 25.5 °C 時出現種魚首次產卵，總計產卵量約為 4,300 粒，但皆未受精；5 月份月均溫為 26.9 °C，產卵天數為 8 天，共收集受精卵約 255 千粒及

Table 1 The body weight and total length of *Paracanthurus hepatus*

| Items/Sexuality | Male | Female | Immature |
|-----------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Number | 22 | 14 | 17 |
| Weight (g) | | | |
| Mean | 142.52±32.36 ^a | 69.64±19.94 ^b | 40.07±17.66 ^c |
| Max | 186.3 | 102 | 96.55 |
| Min | 69.53 | 36.48 | 22.4 |
| Length (mm) | | | |
| Mean | 19.61±1.60 ^a | 15.4±1.16 ^b | 13.34±1.88 ^c |
| Max | 22.5 | 17 | 15.8 |
| Min | 16.8 | 13.7 | 10 |

Data (mean±S.E.) with different letters represent significant differences among treatments at the same time ($p < 0.05$)

**Fig. 3** The monthly variation of water temperature and spawning duration of *Paracanthurus hepatus*.**Fig. 4** The monthly variation of water temperature and egg production of *Paracanthurus hepatus* in this study.

未受精卵 400 千粒，受精率為 39%；6 月份月均溫為 28 °C，產卵天數為 23 天，共收集受精卵 484 千粒及未受精卵 500 千粒，受精率為 49%；7 月份月均溫為 29.7 °C，產卵天數為 19 天，共收集受精卵 591 千粒及未受精卵 300 千粒，受精率為 66%；8 月份月均溫為 29.9 °C，產卵天

數為 25 天，共收集受精卵 604 千粒及未受精卵 357 千粒，受精率為 63%；9 月份月均溫為 28.4 °C，產卵天數為 23 天，共收集受精卵 576 千粒及未受精卵 351 千粒，受精率為 62%；10 月份月均溫為 26.7 °C，產卵天數為 21 天，共收集受精卵約 424 千粒及未受精卵 479 千粒，受精

Table 2 Embryonic development of *Paracanthurus hepatus* at different rearing temperature

| Development stage | Time elapsed at different water temperature (h:min) | | |
|--|---|--------|--------|
| | 25±1°C | 28±1°C | 31±1°C |
| Fertilized eggs 0.67 ± 0.05 mm ; Oil globule : 0.15 ± 0.05 mm | 00:00* | 00:00 | 00:00 |
| 2-cell stage | 00:20 | 00:10 | 00:10 |
| 4-cell stage | 00:40 | 00:25 | 00:20 |
| 8-cell stage | 01:10 | 00:40 | 00:30 |
| 16-cell stage | 01:45 | 01:00 | 00:50 |
| 32-cell stage | 02:25 | 01:25 | 01:20 |
| 64-cell stage | 04:15 | 01:55 | 01:45 |
| Morula stage | 05:10 | 03:10 | 02:50 |
| Blastula stage | 06:50 | 04:50 | 04:10 |
| 1/2 of yolk was covered with blastodisc | 10:15 | 05:35 | 05:10 |
| Embryo formed ,2/3 of yolk was covered with blastodisc | 12:30 | 06.40 | 06:00 |
| Optic vesicles appeared, 7 somites | 15:20 | 09:50 | 09:00 |
| Optic lens and tail formed, tail freed from yolk sac | 18:30 | 11:20 | 10:20 |
| 4/5 of yolk was surrounded with embryo | 22:30 | 16:00 | 14:40 |
| Hatching, 1.52 ± 0.05 mm in total length | 25:00 | 18:00 | 16:20 |

率為 47%，10 月下旬種魚最後一次產卵水溫為 25.1 °C。根據產卵記錄顯示，擬刺尾鯛產卵季節為 5~10 月，當水溫低於約 25 °C 時，種魚有停止產卵的現象，8 月份產卵天數最多為 25 天，其次是 6 及 8 月份的 23 天；總產卵量以 6 月份之 985 千粒最多，其次是 8 及 9 月份的 961 及 927 千粒；受精率以 7 月份之 66% 最高，其次是 8 及 9 月份的 63 及 62%，根據 5~10 月受精率結果發現，擬刺尾鯛受精率明顯受到水溫影響，較高水溫有較高之受精率。

Table 2 為不同水溫下，擬刺尾鯛受精卵胚胎發育與時間的關係，將受精卵分別置於水溫 25 ± 1 °C、28 ± 1 °C 及 31 ± 1 °C 下，觀察胚胎發育情形，結果胚胎發育至桑實期 (morula stage) 所需時間分別為 5 h 10 min、3 h 10 min 及 2 h 50 min；至胚胎孵化所需時間分別為 25 h、18 h 及 16 h 20 min，根據結果發現擬刺尾鯛孵化所需的時間與水溫成負相關變化。

擬刺尾鯛受精卵為分離、圓球形之浮性透明卵 (Fig. 5A)，受精卵卵徑為 0.67 ± 0.05 mm (Mean ± S.D.)，內含一顆直徑為 0.15 ± 0.05 mm

油球。在水溫 28 ± 1 °C 及鹽度 32~33 psu 下，受精後 10 min 胚胎發育為 2 細胞期 (Fig. 5B)；25 min 為 4 細胞期 (Fig. 5C)；40 min 為 8 細胞期 (Fig. 5D)；1 h 為 16 細胞期 (Fig. 5E)；3 h 10 min 為桑實期 (Fig. 5F)；4 h 50 min 為囊胚期 (Blastula stage；Fig. 5G)；6 h 40 min 為胚體形成，胚囊覆蓋卵黃三分之二 (Fig. 5H)；9 h 50 min 眼胞形成並具 7 體節 (Fig. 5I)；11 h 20 min 後尾部也已形成並與卵黃囊分離胚體開始出現扭動 (Fig. 5J)；16 h 胚體延長並覆蓋卵黃五分之四 (Fig. 5K)；18 h 後仔魚突破卵膜孵化 (Fig. 5L)。

三、仔魚形態形質與餌料序列

擬刺尾鯛仔稚魚形態變化及餌料序列過程如 Fig. 6 及 Fig. 7 所示。剛孵化之仔魚全長為 1.52 ± 0.05 mm (Fig. 6A)，仔魚體呈透明狀，卵黃囊長徑為 0.72 mm，油球徑為 0.18 mm，此時仔魚具卵黃囊懸浮性於中上水層；孵化後第 2 日 (Fig. 6B)，仔魚全長為 2.16 ± 0.18 mm，鰭部呈現透明，口及肛門未開，眼部色素尚未形成，卵黃囊長徑

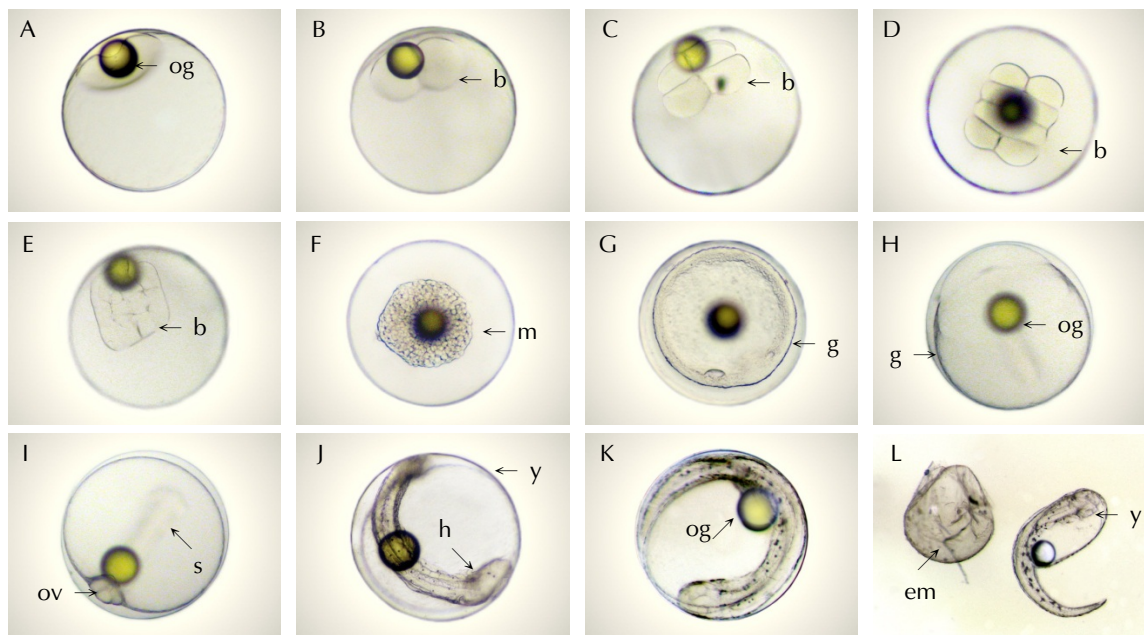


Fig. 5 Embryonic development of *Paracanthurus hepatus* at $28 \pm 1^\circ\text{C}$. A. Fertilized eggs; B. 2-cell stage; C. 4-cell stage; D. 8-cell stage; E. 16-cell stage; F. Morula stage (m); G. Blastula stage (g); H. 2/3 of yolk was covered with blastodisc; I. Optic vesicles appeared (ov), 7 somites (s); J. Optic lens and tail formed, tail freed from yolk sac; K. 4/5 of yolk was surrounded with embryo; L. Newly-hatched larvae; b: blastomeres; em: egg membrane; h: hear; og: oil globule; y: yolk.

約為 0.13 mm；孵化後第 3 日 (Fig. 6C)，仔魚全長為 2.29 ± 0.12 mm，此時卵黃囊已吸收殆盡，可明顯發現開口及腸道已通，觀察仔魚已可開始捕捉纖毛蟲等原生動物，此時必須投餵餌料生物，所以必須特別注意投餵時機；孵化後第 4 日 (Fig. 6D)，仔魚全長為 2.41 ± 0.11 mm，觀察胃內容物均可發現纖毛蟲殘片；孵化後第 5 日 (Fig. 6E)，仔魚全長為 2.42 ± 0.15 mm，此時仔魚活動力強，對外物接近反應靈敏，且開始會在培育槽角落處群聚；孵化後第 6 日 (Fig. 6F)，仔魚全長為 2.47 ± 0.16 mm，此時可適時補充小型輪蟲；孵化後第 7 日 (Fig. 6G)，仔魚全長為 2.58 ± 0.21 mm；孵化後第 8 日 (Fig. 6H) 及第 9 日 (Fig. 6I) 仔魚全長分別為 2.60 ± 0.19 mm 及 2.68 ± 0.19 mm，部份仔魚可發現頭部及體肌節處出現色素沉澱；孵化後第 12 日 (Fig. 6J)，仔魚全長為 2.96 ± 0.22 mm，此時仔魚背鰭及腹鰭第一硬棘開始增厚並出現骨板狀延伸；孵化後第 15 日 (Fig. 6K)，仔魚全長為 3.32 ± 0.31 mm，可發現背鰭第一硬棘延伸出鰭膜，此時可開始投餵小型橈足類；孵化後第 17 日 (Fig. 6L)，仔魚全長可達 3.50 ± 0.28 mm；孵化後第 19 日 (Fig. 6M)，仔魚全長為 $4.86 \pm$

0.39 mm，延伸棘刺出現細小勾刺，魚苗容易纏縛於絲藻中，此時可完全投餵橈足類；孵化後第 20 日 (Fig. 6N)，仔魚全長為 5.18 ± 0.30 mm，尾鰭下尾骨形成並出現軟條，臀鰭第二硬棘骨化並開始延伸，可投餵大型橈足類或豐年蝦；孵化後第 24 天可以開始進行流水養殖，孵化後 26 日 (Fig. 6O)，全長為 6.20 ± 0.94 mm，臀鰭第二硬棘突出且延伸、尾柄出現黑色素細胞擴散、脊索末端上屈及各鰭部分離並獨立。

Figure 8 為各日齡之擬刺尾鯛仔魚各部位的形質變化，第一天全長測得為 1.52 ± 0.05 mm、標準體長 1.13 ± 0.03 mm、頭長 0.45 ± 0.02 mm；眼徑 0.24 ± 0.02 mm、吻長 0.11 ± 0.01 mm；肛門前長 0.95 ± 0.04 mm，體高為 0.50 ± 0.04 mm；第 6 天時，口徑增加，仔魚游泳能力增強，有明顯弓尾攝食動作，可提供輪蟲以供捕食，此時體長與頭長分別為 2.47 ± 0.09 mm 及 1.00 ± 0.12 mm，第 19 天，下尾骨鰭條已開始分化，全長為 4.86 ± 0.39 mm，而體長則為 4.43 ± 0.23 mm；第 26 天，全長為 6.20 ± 0.94 mm，是第 1 天之全長的 4.07 倍。

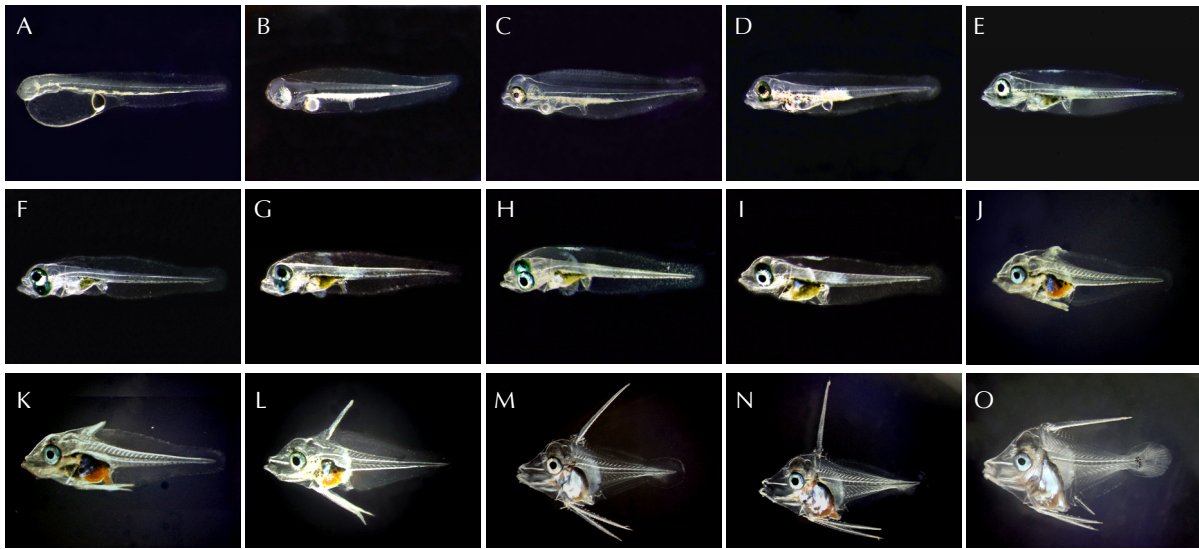


Fig. 6 Morphological changes of *Paracanthurus hepatus* from larval to fry stages. A. Newly-hatched larva 1.52 ± 0.05 mm in TL (total length); B. 2 DPH 2.16 ± 0.18 mm in TL; C. 3 DPH 2.29 ± 0.12 mm in TL; D. 4 DPH 2.41 ± 0.11 mm in TL; E. 5 DPH 2.42 ± 0.15 mm in TL; F. 6 DPH 2.47 ± 0.16 mm in TL; G. 7 DPH 2.58 ± 0.21 mm in TL; H. 8 DPH 2.60 ± 0.19 mm in TL; I. 9 DPH 2.68 ± 0.19 mm in TL; J. 12DPH 2.96 ± 0.22 mm in TL; K. 15 DPH 3.23 ± 0.31 mm in TL; L. 17 DPH 3.50 ± 0.28 mm in TL; M. 19 DPH 4.86 ± 0.39 mm in TL; N. 20 DPH 5.18 ± 0.30 mm in TL; O. 26 DPH 6.20 ± 0.94 mm in TL.

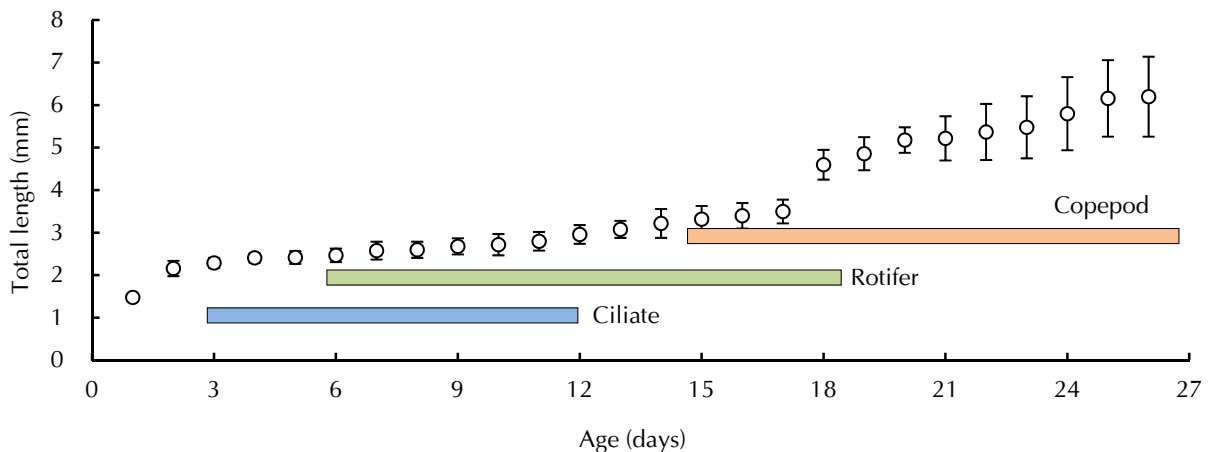


Fig. 7 Feed supply and water management scheme in larval rearing of *Paracanthurus hepatus*.

四、鹽度對胚胎發育之影響

取 2 ~ 8 細胞分裂之受精卵直接移入不同鹽度海水中，結果其孵化率如 Fig. 9 所示。各不同鹽度對胚胎孵化率有顯著差異 ($p < 0.05$)，以 30 psu 處理組之孵化率 (82.5%) 最佳，其次為 35、25 及 20 psu 組，分別為 72.5、67.5 及 55%，15 psu 之孵化率為 12%，而 10 與 5 psu 組之受精卵則未孵化，全數變白死亡。30 psu 組孵化率顯著高於 20 psu 及 15 psu 組，但和 25 psu、35 psu 組間沒有顯著差異。

討論

擬刺尾鯛在水族市場俗稱藍倒吊，是本研究之標的魚種。由於海洋環境變遷及珊瑚礁魚類過度捕捉，藍倒吊之資源已日趨減少，而本種幼魚有躲藏於珊瑚礁的避敵習性，故漁民捕捉時必需破壞珊瑚才得以捕捉 (Kinch, 2004)，常造成珊瑚嚴重的毀損。本研究建立之擬刺尾鯛人工繁殖技術，有助於繁殖幼魚提供市場所需，將可減少漁民對珊瑚礁的破壞。

本研究之擬刺尾鯛飼育於室內 FRP 水槽內，

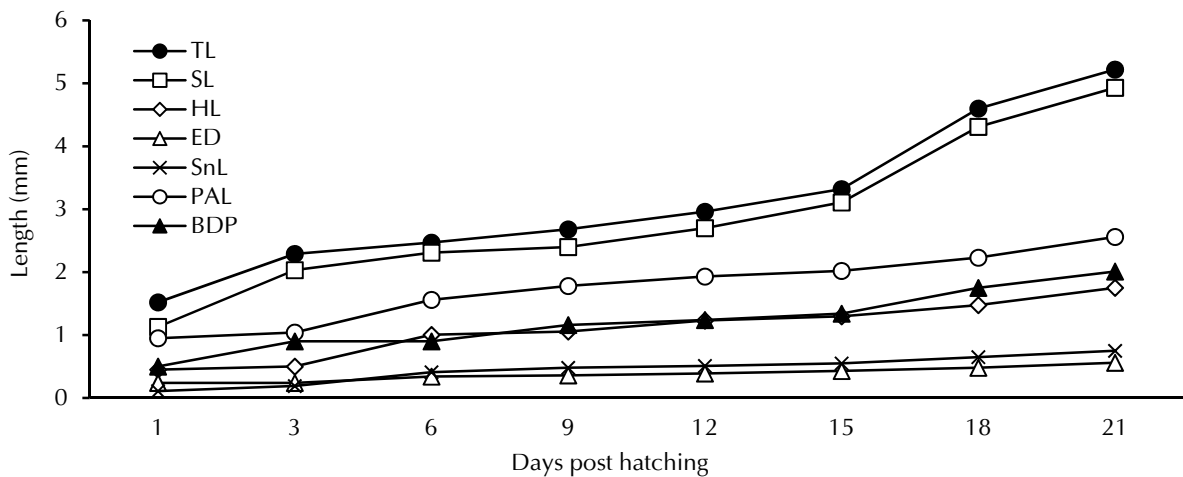


Fig. 8 Morphometric of *Paracanthurus hepatus* larvae. BDP: body depth at pectoral-fin haser; ED: eye diameter; HL: head length; SL: standard length; PAL: predorsal length; SnL: snout length; TL: total length.

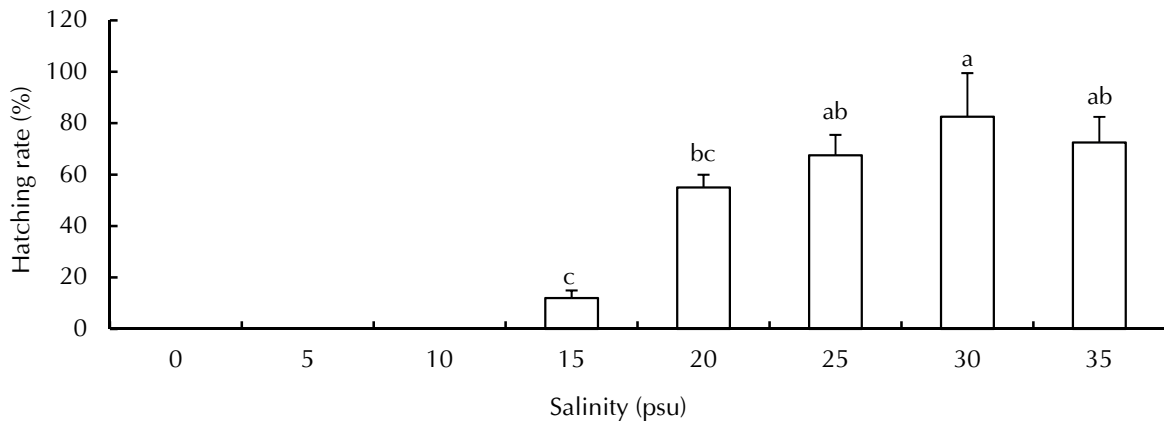


Fig. 9 Hatching rate of *Paracanthurus hepatus* of 2 ~ 8 cell embryos from 32 psu into different salinities. Data (mean \pm S.E.) with different letters represent significant differences among treatments at the same time ($p < 0.05$).

在自然採光且不控制水溫下，於 5 ~ 10 月產卵，觀察發現當水槽水溫高於 25 °C 以上時，產卵行為隨即展開，並持續至秋末，當水溫下降至 25 °C 以下時隨即終止產卵。Thresher (1984) 觀察到夏威夷綠刺尾鯛 (*Acanthurus triostegus*) 在天然海域之產卵季節在 12 月至隔年 6 月，而加勒比海有些刺尾鯛產卵季節約在 12 月至隔年 4 月。鄭等 (2011) 觀察到擬刺尾鯛產卵期為每年 5 ~ 10 月，而陳 (2012) 將擬刺尾鯛飼育在自然採光及控溫的人為環境下，則觀察到全年皆有間斷性的產卵行為發生。因此推測人工飼育之擬刺尾鯛產卵期為每年 5 ~ 10 月，但如果增加溫控系统則產卵期可能延長。

Robertson (1983) 觀察到擬刺尾鯛在滿月前後出現集體產卵行為，性成熟的種魚以 25 ~ 30

尾群游於珊瑚礁間，在此野生族群中，追尾的雄魚體色明顯較為明亮，但雌魚則出現銀白的色彩，於此繁殖季節中可分辨性別。但於本研究中觀察發現，追尾時出現銀化色彩的擬刺尾鯛皆為體型較大之雄魚，因此本研究與 Robertson 之觀察結果有所不同。Craig (1998) 觀察斑點刺尾鯛 (*A. guttatus*) 及綠刺尾鯛的產卵行為皆發生在黃昏時刻，鄭等 (2011)、陳 (2012) 及本研究結果與之相近，而線紋刺尾鯛 (*A. lineatus*) 之產卵時間則發生在日出前 5 ~ 15 分鐘 (Craig, 1998; Robertson, 1983)，與擬刺尾鯛之產卵時間不同。

本研究發現擬刺尾鯛雄魚平均全長與體重分別為 19.61 ± 1.60 cm 及 142.52 ± 32.36 g，而雌魚平均全長與體重分別為 15.4 ± 1.16 cm 及 69.64 ± 19.94 g，雄魚與雌魚在全長與體重上有顯著差異，

因此推測本種有性轉變之現象，其性徵分化可能屬於由雌魚轉變為雄魚之雌性先熟型 (protogynous hermaphroditism)，產卵類型是屬於分批非同步型，卵巢中含有各種不同發育時期的卵母細胞，這類型魚類在一個延續較長的產卵季節中會多次分批產卵 (施, 1994)，本研究顯示擬刺尾鯛在水溫 25 °C 以上會持續產卵。

擬刺尾鯛仔魚孵化後具有較大的卵黃囊與油球，因為剛孵化的仔魚吻部、眼睛及攝食骨骼皆尚未發育完成，不具有攝食能力，而卵黃囊與油球為其內因性營養的來源，隨著攝食及消化器官的發育，卵黃囊與油球消耗殆盡時，仔魚即開始有攝食行為，轉由外因性攝食以提供仔魚所需能量 (Williams *et al.*, 2004; Olivotto, 2005)。擬刺尾鯛受精卵為分離、圓球形之浮性透明卵，卵徑為 0.67 ± 0.05 mm，內含一顆油球其油球直徑為 0.15 ± 0.05 mm，與同科的綠刺尾鯛之受精卵卵徑 $0.66 \sim 0.70$ mm 及油球徑 0.165 mm 相近，也與斷線刺尻魚 (*Centropyge interruptus*) 之卵徑 $0.68 \sim 0.70$ mm (Hioki *et al.* 1987) 及鏽紅刺尻魚 (*C. ferrugatus*) 之卵徑 $0.67 \sim 0.70$ mm (Hioki *et al.*, 1990) 等珊瑚礁魚類相近，和無齒鰻 (*Gnathanodon speciosus*) 之卵徑 0.91 ± 0.06 mm (何等, 2011)、藍帶荷包魚 (*Chaetodontoplus septentrionalis*) 之卵徑 0.83 ± 0.02 mm (Leu *et al.*, 2010) 及黑斑月蝶魚 (*Genicanthus melanospilos*) 之卵徑 $0.73 \sim 0.75$ mm (Hioki *et al.*, 1982) 等比較則較小，但較疊波蓋刺魚 (*Pomacanthus semicirculatus*) 之卵徑 0.61 ± 0.03 mm (Leu *et al.*, 2009) 略大。

擬刺尾鯛胚胎發育水溫為 24 ~ 32 °C，和一般典型暖水性海水魚類，如藍身石斑 (*Epinephelus tukula*) 為 27 ~ 30 °C (葉, 2003)、點帶石斑 (*E. coioides*) 為 22.1 ~ 31 °C (Kawahara *et al.*, 1997) 及短鰭黃臘鰻 (*Trachinotus ovatus*) 為 24 ~ 25.5 °C (何等, 2005) 等類似。Falk-Petersen (2005) 認為囊胚的發育形成與種間或繁殖水溫有關，較高水溫會加速胚胎發育，也就是水溫愈高胚胎孵化所需的時間愈短 (張, 2003)，在擬刺尾鯛亦有相同之情形，在夏季水溫 31 ± 1 °C 下受精卵孵化所需時間為 16 h 20 min，而在春秋兩季水溫 25 ± 1 °C 下受精卵孵化所需時間為 25 h，故提高孵化水溫之方

式，似乎可以將仔魚孵化時間提前，且不影響仔魚孵化率。黃等 (1986) 在瑪拉巴石斑 (*E. malabaricus*) 也有類似的觀察，在水溫 22.2 ~ 25.6 °C 經 27 h 10 min 孵化，但在 30 °C 則僅需 19 h 30 min 就可孵化。

鄭等 (2011) 觀察擬刺尾鯛在水溫 31 ± 1 °C 下，剛孵化之仔魚全長 1.48 ± 0.10 mm 體呈透明狀；陳等 (2012) 觀察擬刺尾鯛在水溫 28 °C 下剛孵化之仔魚全長最長為 1.55 ± 0.03 mm，隨溫度上升或下降，仔魚體全長則逐漸減小，肌節數目 25 ~ 27 (11 ~ 12 + 14 ~ 15)，單一油球位於卵黃囊後方，肌節下方散佈黑色素胞。研究受精卵在水溫 28 ± 1 °C 下孵化，剛孵化之仔魚全長為 1.52 ± 0.05 mm，肌節下方分佈黑色素胞，與前述研究相近。許多研究顯示，孵化時間會影響孵化仔魚的體型大小 (Peterson *et al.*, 1977; Heming, 1982)，在高水溫下由於孵化時間縮短，仔魚體長會較短且會有較大的油球。

張與謝 (1997) 研究海水魚仔魚的餌料粒徑大小，認為最好為其開口口徑的三分之一至一半左右為佳，觀察擬刺尾鯛仔魚孵化後第 3 日口徑為 170 ~ 182 μm，因此以體長 90 μm 以下之原生動物投餵較佳，本研究發現，以 300 目浮游生物網過濾分離出如游仆蟲 (*Euplotes* sp.)、草履蟲 (paramoecium) 及寡膜綱 (Oligohymenophorea) 等原生動物，可順利使擬刺尾鯛仔魚過料。Leu *et al.* (2003) 指出，大多數之海水觀賞魚類仔魚相對具有一較小的口部，人工飼育過程中口徑大小決定了可攝食餌料生物種類，Nagano *et al.* (2000) 也觀察到游仆蟲及挺挺蟲 (tintinnid) 作為擬刺尾鯛仔魚之初期餌料，可提高仔魚成功攝食機會及存活率。順利過料之仔魚第 4 日全長可達 2.41 ± 0.11 mm，若無過料則仔魚在第 5 日會開始出現大量死亡，第 6 天仔魚游泳能力漸增，有明顯弓尾攝食動作，可開始提供輪蟲以供攝食，此時體長與頭長分別為 2.47 ± 0.09 mm 及 1.00 ± 0.12 mm，觀察發現此時頭部攝食骨骼發育明顯，何等 (2011) 在無齒鰻仔魚成長過程中也發現頭部及口徑的比例會隨著體高的增高而增大，這樣的形態變化可作為仔魚餌料轉換時機之參考。第 12 天後，仔魚全長為 2.96 ± 0.22 mm，此時仔魚背鰭及腹鰭第一硬棘開始增厚並出現骨板狀延伸，在鮭科魚類

如藍身大石斑 (*E. tukula*; 葉, 2003) 及點帶石斑 (*E. coioides*; Kawahara *et al.*, 1997) 等皆有相似的形態發育, Moser (1981) 指出, 部份海水魚藉由延伸的棘刺在生物學上扮演維持浮力的角色; 兵與葉 (2005) 指出, 延伸的棘刺對於提供仔魚防禦功能具有相當意義。其次, 觀察發現, 背鰭及腹鰭延伸之棘刺有細小勾刺, 此時魚苗容易纏縛於絲藻中, 因此育苗池若有絲藻繁生應儘速移除, 以免仔魚遭受絲藻糾纏而導致窒息死亡。觀察發現, 第 19 日仔魚全長為 4.86 ± 0.39 mm, 下尾骨鰭條已開始逐漸分化, 20 日仔魚漸趨明顯分化的鰭條可用來支撐鰭膜使尾鰭泳動效力增加, 意味著可以捕獲移動較快之大型餌料生物, 故此時開始轉換投餵較大型橈足類。尾鰭是擬刺尾鯛最早出現鰭條之部位, 此與棘頰海葵魚 (*Premnas biaculeatus*) (鄭等, 2012)、白條海葵魚 (*Amphiprion frenatus*) (蘇, 2010)、安邦雀鯛 (*Pomacentrus amboinensis*) (Murphy, 2007) 及鯛科魚類 (Koumoundouros *et al.*, 2001; Sfakianakis *et al.*, 2005) 之發育相同。

將海水魚之受精卵置入不同鹽度下孵化, 其孵化率會隨鹽度下降而降低, 在黃錫鯛 (*Sparus sarba*) (林等, 1988)、花身雞魚 (*Terapon jarbua*) (何與劉, 1991)、藍帶荷包魚 (孫, 2011) 及本研究皆有此現象, 同時鹽度高低亦會影響到孵化時間之長短, 在低鹽度時孵化所需的時間較長, 如嘉鱾魚 (*Pagrus major*) (林等, 1989) 在水溫 21°C 下, 鹽度 30 psu 組較 35 psu 組之孵化時間延長 65 min, 擬刺尾鯛亦有類似的情形。本研究顯示, 擬刺尾鯛受精卵的孵化鹽度為 25~35 psu, 而以 30 psu 之孵化率最高, 鹽度低於 20 psu 時, 仔魚在孵化後有畸形的現象且不久即告死亡。Kucera *et al.* (2002) 認為, 鹽度的變化會影響海水魚受精卵胚胎的發育; Balinsky (1981) 指出, 在生物器官尚未發育完成前, 若讓其生長在不適合的環境下, 容易產生畸形。本研究發現, 在低鹽度下孵化之仔魚亦會有上述情形發生。

謝 辭

本研究之經費係由行政院農業委員會觀賞魚類研究團隊 — 開發觀賞魚產業關鍵技術《100 農

科-10.3.1-水-A8 及 101 農科-11.3.3-水-A4(1)》計畫項下支助, 執行期間承蒙郭所長慶老、劉副所長富光及劉主任秘書燈城惠賜寶貴建議與鼓勵, 東部海洋生物研究中心所有同仁之努力協助, 使本研究能順利完成, 併此表達由衷之謝意。

參考文獻

- 台灣魚類資料庫 (2013) <http://fishdb.sinica.edu.tw>
- 沈世傑 (1993) 台灣魚類誌. 國立台灣大學動物學系, 541 pp.
- 兵宏傑, 葉奕呈 (2005) 棕點石斑 *Epinephelus fuscoguttatus* 仔魚攝餌生態及伸長棘之形態發育. 教育部 94 年度全國技專校院學生專題製作競賽作品集, H.199-204.
- 何源興, 劉燈城 (1991) 花身雞魚之人工繁殖試驗. 台灣省水產試驗所試驗報告, 50: 255-265.
- 何源興, 陳哲明, 陳文義 (2005) 短鰭黃臘鯔的人工誘導產卵及其初期發育. 水產研究, 13(2): 25-32.
- 何源興, 鄭明忠, 陳文義, 張文炳 (2011) 無齒鰻的初期發育及育苗研究. 水產研究, 19(2): 45-54.
- 林金榮, 張仁謀, 涂嘉猷, 劉繼源 (1989) 嘉鱾魚繁殖試驗 - 種魚培育人為環境中自然產卵與卵之孵化試驗. 台灣省水產試驗所試驗報告, 47: 1-20.
- 林金榮, 張仁謀, 劉繼源, 方玉昆, 陳其林, 莊成意, 涂嘉猷 (1988) 黃錫鯛之人為自然產卵及胚胎發育. 台灣省水產試驗所試驗報告, 45: 1-16.
- 施瓊芳 (1994) 生殖. 魚類生理學, 水產出版社, 303-347.
- 孫于璇 (2011) 藍帶荷包魚的仔稚魚發育、微細構造及首次攝餌之研究. 國立東華大學海洋生物多樣性及演化研究所碩士論文, 118 pp.
- 陳貞樺 (2012) 擬刺尾鯛的自然產卵和初期生活史之研究. 國立東華大學海洋生物多樣性及演化研究所碩士論文, 86 pp.
- 黃丁士、林金榮、顏枝麟、劉繼源、陳其林 (1986) 鮭形石斑魚之人工繁殖一種魚催熟、採卵及胚胎的發育. 台灣省水產試驗所試驗報告, 40: 241-258.
- 張賜玲、謝介士 (1997) 金錢魚 *Scatophagus argus* 的初期發育及育苗研究. 水產研究, 5(1): 41-49.
- 張賜玲 (2003) 日本鰻人工繁殖相關基礎面的研究. 國立台灣大學動物學研究所博士論文, 119 pp.
- 葉信利 (2003) 誘導石斑魚性轉變之研究. 國立台灣海洋大學水產養殖研究所博士論文, 194 pp.
- 鄭明忠, 何源興, 江玉瑛, 陳文義 (2011) 擬刺尾鯛之生殖行為及育苗研究. 水試專訊, 34: 10-13.
- 鄭明忠, 江玉瑛, 何源興, 陳文義 (2012) 棘頰海葵魚之初期骨骼發育. 水產研究, 20 (2): 37-48.

- 蘇奕彰 (2010) 眼斑海葵魚初期骨骼發育以及鹽度與餌料對其存活及生長之影響. 國立東華大學海洋生物多樣性及演化研究所碩士論文.
- Allen, G. R. and M. Adrim (2003) Coral reef fishes of Indonesia. *Zool. Stud.*, 42(1):1-72.
- Bagnis, R., P. Mazellier, J. Bennett and E. Christian (1972) Fish of Polynesia. Les Editions du Pacifique, Papeete, Tahiti, 368 pp.
- Balinsky, B. L. (1981) An introduction to embryology. Saunders College Publishing, Tokyo, 768 pp.
- Craig, P. C. (1998) Temporal spawning patterns of several surgeonfishes and wrasses in American Samoa. *Pac. Sci.*, 52: 35-39.
- Falk-Petersen, I. B. (2005) Comparative organ differentiation during early life stages of marine fish. *Fish & Shellfish Immunol.*, 19: 397-412.
- Goda, M. and R. Fujii (1998) The blue coloration of the common surgeonfish, *Paracanthurus hepatus* - II. Color revelation and color changes. *Zool. Sci.*, 15: 323-333.
- Heming, T. A. (1982) Effects of temperature on utilization of yolk by Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) eggs and alevins. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39(1): 184-190.
- Hioki, S., K. Suzuki and Y. Tanaka (1982) Spawning behavior egg and larval development, and sex succession of the hermaphroditic pomacanthine, *Genicanthus melanospilos* in the aquarium. *J. Fac. Mar. Sci. Technol. Tokai Univ.*, 15: 359-366.
- Hioki, S. and K. Suzuki (1987) Reproduction and early development of the angelfish, *Centropyge interruptus*, in an aquarium. *J. Fac. Mar. Sci. Technol. Tokai Univ.*, 24: 133-140.
- Hioki, S., K. Suzuki and Y. Tanaka (1990) Development of eggs and larvae in the angelfish, *Genicanthus melanospilos*. *Jap. J. Ichthyol.*, 37: 34-38.
- Johannes, R. E. (1978) Reproductive strategies of coastal marine fishes in the tropics. *Environ. Biol. of Fish.*, 3: 84-85.
- Johannes, R. E. (1981) Words of the Lagoon. Univ. Calif. Press, Los Angeles, Calif., 320 pp.
- Kawahara, S., A. J. Shams, A. A. Al-Bosta, M. H. Mansor and A. A. Al-Baqqal (1997) Effects of incubation and spawning water temperature, and salinity on egg development of the orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides*, Serranidae. *Asian Fish. Sci.*, 9: 239-250.
- Kinch, J. (2004) The Marine Aquarium Trade in the Western Province, the *Solomons Islands*. A Report prepared for the Marine Aquarium Council and the Foundation of the Peoples of the South Pacific-International, Suva, Fiji.
- Koumoundouros, G., P. Divanach and M. Kentouri (2001) Osteological development of *Dentex dentex* (Osteichthyes: Sparidae): dorsal, anal, paired fins and squamation. *Mar. Bio.*, 138: 399-406.
- Kucera, C. J., C. K. Faulk and G. J. Holt (2002) The effect of parental acclimation to spawning salinity on the survival of larval *Cynoscion nebulosus*. *J. Fish Biol.*, 61: 726-738.
- Leu, M. Y., C. H. Liou, W. H. Wang, S. D. Yang and P. J. Meng (2009) Natural spawning, early development and first feeding of the semicircle angelfish [*Pomacanthus semicirculatus* (Cuvier, 1831)] in captivity. *Aquacult. Res.*, 40: 1019-1030.
- Leu, M. Y., I. H. Chen and L. S. Fang (2003) Natural spawning and rearing of mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*, larvae in captivity. *Israeli J. Aquacult.- Bamidgeh.*, 55: 22-30.
- Leu, M. Y., P. J. Huang, C. S. Tew, K. S. Kuo and C. H. Liou (2010) Spawning behavior, early development and first feeding of the bluestriped angelfish [*Chaetodontoplus septentrionalis* (Temminck & Schlegel, 1844)] in captivity. *Aquacult. Res.*, 41: 39-52.
- Mundy, B. C. (2005) Checklist of the fishes of the Hawaiian Archipelago. *Bishop Mus. Bull. Zool.*, (6): 1-704.
- Murphy, B. F., J. M. Leis and K. D. Kavanagh (2007) Larval development of the ambon damselfish *Pomacentrus amboinensis*, with a summary of pomacentrid development. *J. Fish Biol.*, 71: 569-584.
- Moser, H. G. (1981) Morphological and functional aspects of marine fish larvae. In: Lasker R (ed) Marine fish larvae: morphology, ecology and relation to fisheries, Washington Sea Grant Program, 89-131.
- Nagano, N., Y. Iwatsuki, T. Kamiyama and H. Nakata (2000) Effects of marine ciliates on survivability of the first-feeding larval surgeonfish, *Paracanthurus hepatus*: laboratory rearing experiments. *Hydrobiologia*, 432: 149-157.
- Nelson, J. S. (2006) Fishes of the World, 4th edn. John Wiley and Sons, Inc., New York, NY, USA, 601 pp.
- Olivotto, I., A. Zenobi, A. Rollo, B. Migliarini, M. Avella and O. Carnevali (2005) Breeding, rearing and feeding studies in the cleaner goby *Gobiosoma evelynae*. *Aquaculture*, 250: 175-182.

- Peterson, R. H., H. C. E. Spinney, A. Sreedharan (1977) Development of Atlantic salmon (*Salmo salar*) eggs and alevins under varied temperature regimes. J. Fish. Res. Bd. Can., 34(1): 31-43.
- Randall, J. E., H. Ida, K. Kato, R. L. Pyle and J. L. Earle (1997) Annotated checklist of inshore fishes of the Ogasawara Islands. Nat. Sci. Mus. Monogr., (11): 1-74.
- Robertson, D. K. (1983) On the spawning behavior and spawning cycles of eight surgeonfishes. (Acanthuridae) from the Indo-Pacific. Environ. Biol. of Fish., 9: 192-223.
- Sfakianakis, D. G., C. K. Doxa, S. Kouttouki, G. Koumoundouros, E. Maingot, P. Divanach and M. Kentouri (2005) Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777). Aquaculture, 250: 36-46.
- Thresher, R. E. (1984) Reproduction in Reef Fishes. TFH Publicaton. Neptune. NJ. USA, 273-279.
- Williams, K., N. Papanikos, R. P. Phelps and J. D. Shardo (2004) Development, growth and yolk utilization of hatchery-reared red snapper *Lutjanus campechanus* larvae. Mar. Ecol. Prog. Ser., 275: 231-239.

Artificial Propagation of Palette Surgeonfish (*Paracanthurus hepatus*)

Yuan-Shing Ho*, Pei-Shan Lee, Ming-Jong Cheng, Yu-Ying Jiang and Wen-Yie Chen

Eastern Marine Biology Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

This study aimed to establish the artificial propagation techniques of palette surgeonfish (*Paracanthurus hepatus*). Their spawning behavior occurred while the water temperature was continuously above 25°C and terminated when the temperature dropped below 25°C. Furthermore, their fertilized eggs are buoyant and semi-transparent. The pelagic eggs had an average diameter of 0.67 ± 0.05 mm (Mean \pm SD). They contained a single oil globule which was 0.15 ± 0.05 mm in diameter. The fertilized eggs hatched at 18 h after fertilization (Temp. = $28 \pm 1^\circ\text{C}$; sal. = 32 - 33 psu). Hatching rates of fertilized eggs varied significantly according to changes in salinities. The highest rate (82.5%) was at 30 psu. The newly hatched larvae were 1.52 ± 0.05 mm in total length. Starting at the third day post-hatching (DPH), larvae (2.29 ± 0.12 mm) received the first feeding with ciliate. Microalgae (*Nannochloropsis oculata*) were added to stabilize the water quality. The 7 DPH fry were 2.58 ± 0.21 mm in total length and were fed with rotifers (*Brachionus plicatilis*). The 15 DPH fry were 3.32 ± 0.31 mm in total length and the small copepod were used as feeds. Since then the feeding capacity of larvae increased and the supply of different feeds should be applied simultaneously. The 20 DPH fry were 5.18 ± 0.30 mm in total length and could be fed with copepod and artemia. The 24 DPH can start to rear under running water. The 26 DPH fry were 6.20 ± 0.94 mm in total length and began to enter the juvenile stage.

Key words: *Paracanthurus hepatus*, spawning behavior, embryo development, larval rearing

*Correspondence: Eastern Marine Biology Research Center, Fisheries Research Institute, 22 Wu-Chuan Rd., Chengkung, Taitung 961, Taiwan. TEL: (089) 850-090 ext. 401; FAX: (089) 850-092; E-mail: yshu@mail.tfrin.gov.tw