

條紋小鯽 *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868)
人工繁養殖及幼苗發育

Induced Spawning and Larval Development of the
Half-striped Barb *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868)

賴弘智¹ 翁紹儒¹ 張瑞宗¹ 蔡澄崇¹ 施志昀^{2,*}

Hong-Thih Lai¹, Shao-Ju Weng¹, Jui-Tsung Chang¹, Cherng-Chung Tsay¹
and Jhy-Yun Shy^{2,*}

¹ 國立嘉義大學水生生物科學系 嘉義市學府路 300 號

² 國立澎湖科技大學水產養殖學系 澎湖縣馬公市六合路 300 號

¹ Department of Aquatic Biosciences, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan

² Department of Aquaculture, National Penghu University, Penghu, Taiwan

* 通訊作者

* Corresponding author

摘 要

條紋小鯽 *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868) 為台灣西部常見之小型淡水魚類，兼具生態與觀賞之價值，但近年來由於棲地破壞與環境污染等問題，使其族群量日益減少。本實驗藉由人工催熟與自然產卵的方式進行條紋小鯽繁殖試驗，並進行育苗觀察與記錄，以瞭解條紋小鯽之繁殖過程、生殖習性與魚苗成長過程，期望逐步建立條紋小鯽之基礎生物學資料，並應用於自然環境中之復育或人工繁養殖。條紋小鯽大部分將卵產於水生植物根系，魚卵卵徑約 1.2 mm，屬於沈性帶黏性卵，在水溫 26-28 °C 的環境中約 19-22 hr 孵化，初孵化魚苗全長約為 3.5 mm，孵出第 3 天可開始攝食餌料；第 10 天已可清楚觀察到背鰭，臀鰭也開始發育；第 20 天腹鰭開始發育；第 30 天可清楚觀察到鱗片，此時與成魚的外表形態類似。

Abstract

The half-striped Barb *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868) is a small native freshwater fish inhabiting in brooks and small lakes of the western Taiwan. Due to environmental deterioration resulted from water pollution, habitat destruction, and introduction of exotic fishes, its population has been gradually declining and becoming rare or extinct in many parts of its original ranges. We induced spawning of the fish in the laboratory with injecting a mixed solution of grounded carp's pituitary glands and LRH-A, and then, observed its spawning habit and examined its embryonic and larval developments at water temperatures of 26-28 °C. The fertilized eggs had diameters of 1.2 mm in average. They developed to the stages of gastrula at 4-5 HAS (hours after spawning) and of embryos with myotome at 8-9 HAS and with heart beats and otoliths at 10-11 HAS. The larvae were hatched at 19-22 HAS. Newly hatched yolk-sac larvae had total lengths at an average of about 3.5 mm. The larvae started feeding on 3 DAH (days after hatching), and had well developed dorsal and anal fins on 10 DAH, pelvic fins on 20 DAH, and scales on 30 DAH.

關鍵詞：條紋小鯮、人工繁殖、胚胎發育、魚苗發育

Key words: *Puntius semifasciolatus*, induced spawning, embryonic development, larval development

收件日期：96年6月14日

接受日期：97年1月2日

Received: June 14, 2007

Accepted: January 2, 2008

緒 言

條紋小鯮 *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868) 屬鯉形目(Cypriniformes)、鯉科(Cyprinidae)、鯮亞科(Barbinae)，本種成熟個體不論雌雄，在眼眶上半部皆具紅色光澤，因此俗稱紅目魷仔、紅目狗貓仔、花肚或紅目猴(陳及方 1999；陳及張 2005)(圖1A)。

條紋小鯮為台灣原生初級性淡水魚，主要棲息於河川下游緩流處及潭區，田間灌溉溝渠中也常可發現。鰭式及鱗列特徵為背鰭 III，

8；臀鰭 2，5；側線鱗 23-25；背鰭前鱗 8-10；咽喉齒為 5.3.2-2.3.5。體延長而側扁稍高，雄魚體高略低。口小，斜裂，呈馬蹄形，上頷比下頷略長。具有頷鬚 1 對(陳及于 1986；曾 1986, 1990；沈 1993；陳及方 1999；陳及張 2005)。雄魚未成熟前，身體體背呈現青灰色，體側為淡金黃灰色並具數條黑色垂直條紋，雄魚在成熟後，背鰭邊緣與尾鰭會呈現淡橘紅色，體側上半部呈現綠色金屬光澤，腹部兩側則呈現鮮豔的橘紅色；成熟雌魚個體通常較大，體側無色澤。成魚體型約 5-8 cm，游動和

食性都偏向水域中下層，多在水中石塊和水中植物間游動，主要以水生植物、水生昆蟲和底棲生物或有機碎屑等為食(陳及張 2005)。

條紋小鯽早期分布範圍在台灣西部各地平原或接近山區的水域中，棲息水域多為水生植物豐富的溪流、水圳與埤塘中。早期條紋小鯽數量相當多，但由於近年來台灣水域環境遭受破壞或污染，造成適合的棲息地銳減，再加上外來種的競爭迫害，使其族群量大幅減少。因此生存在野外水域的條紋小鯽族群日益減少，許多原分布水域已無法再採獲。條紋小鯽除了分類演化與生態上的價值外，其體型適中，飼養容易，且雄魚體色鮮豔，相當適合做為觀賞魚類飼養(張等 2005)，是一具有觀賞性與經濟性潛力的原生魚種。

由於目前對條紋小鯽的研究多僅局限於分類及演化探討(張等 2005)，本研究則著重對其生態或生殖習性的研究，因此進行條紋小鯽人工繁殖、孵化與育苗等實驗，期望能為條紋小鯽的復育及種原保存建立基礎資料。

材料與方法

條紋小鯽採集地點為屏東縣萬巒鄉五溝水(120°37'19.8"E, 22°35'4.4"N)，採集方法使用竿釣與籠具，自 2004 年 1 月至 5 月間，共採集 3 次，計採獲健康種魚約 80-100 尾，採得之種魚置於充氧的活魚袋中，並於 6 hr 內運送回實驗室馴養，種魚馴養於容量為 500l 的玻璃纖維桶中，蓄養水質條件為水溫 26-28 °C，pH 值 6-8，採用自然光照週期。春季採集之條紋小鯽在馴養約 1-2 月後，由外觀可觀察到母魚腹部有顯著之膨脹現象，輕壓雄魚腹部有白色精液流出，此時即開始進行人工繁殖試驗(2004 年 7 月)。

進行人工繁殖試驗時，挑選成熟雌雄種魚各 10 尾，進行 2 劑注射催產後蓄養在 20l 繁殖桶中待產，催產注射前以 250 ppm 的 2-

phenoxyethanol 進行麻醉。注射時間第 1 劑為 12:00 注射，第 2 劑為 18:00 注射。注射液為鯉魚 (*Cyprinus carpio*) 的腦下垂體研磨液和促黃體釋放激素類似物(luteinizing hormone releasing hormone analogue, LRH-A)混合液，平均每尾種魚每次注射劑量為腦下垂體研磨液 10 µg/g，LRH-A 0.2 µg/g，經過第 2 次注射的種魚，隨後移至繁殖桶中待產(劉及何 1992；賴等 2006)。

繁殖桶內放置黑色的隔離網，隔離網內放置注射後種魚，並布置浮水性植物大萍(*Pistia stratiotes*)、石塊與瓦片等產卵基質，以測試本種魚之產卵嗜性。繁殖桶四周用黑布包覆，以防止種魚受到驚嚇。在此條件下同時進行觀察並記錄條紋小鯽的產卵習性。

產卵後將種魚和隔離網移出產卵的繁殖桶，留下受精卵進行卵發育階段之觀察。除以萬能投影機(Topcon, VP-300)測量卵徑之外，同時也記錄胚胎發育之變化。孵化後之魚苗蓄養於室內，水溫保持 26-28 °C，並於 3 日後開始可以攝食時，於日間每日餵食魚苗飼料 5 次，約每隔 3 hr 餵食 1 次。每日取樣 3-5 尾測量全長與體寬，並觀察記錄外表形態的變化。若發育階段外形有顯著變化與特徵形成，則拍照並記錄，並將魚苗標本浸泡於 3.5% 中性福馬林(formalin)中保存。另計算魚卵發育之積溫值(cumulative temperature)(Handeland *et al.* 2004)。

結 果

一、產卵習性與產卵數

經過催產注射的條紋小鯽種魚，約於第 1 劑後 4 hr 即可觀察到開始追尾，第 2 劑注射後約 6 hr 即發現有產卵現象，但在清晨 6:00 前後才達到產卵高峰。經計數後發現 10 尾雌魚共產下約 150 餘顆卵，產卵位置多數集中於大萍的根系上，由此可知其繁殖嗜性應為嗜植物性。此外，在繁殖桶底部的石塊與瓦片也發現

有部分受精卵，推測應該是未能即時黏附於大萍根系而掉落者。

二、魚卵特徵

條紋小鯽的魚卵為圓形，卵徑約 1.2 mm，為透明的沈性帶黏性卵(圖1B)。黏附於大萍根系上的卵粒多能正常發育，而掉落至底部者，可能因為受到沈積物覆蓋的影響，多有發黴現象而無法孵出。

三、魚卵發育

在次日上午 10:55 採得的大部分受精卵已經進入原腸期，估計此時約為產卵後 4-5 hr (hours after spawning, HAS)，至 8-9 HAS，已可觀察到肌節和眼點，10-11 HAS 可觀察到明顯的心臟跳動，耳石也已經出現，19-22 HAS 魚苗多已孵出(表 1)。其孵化積溫值約為 23 degree-days。

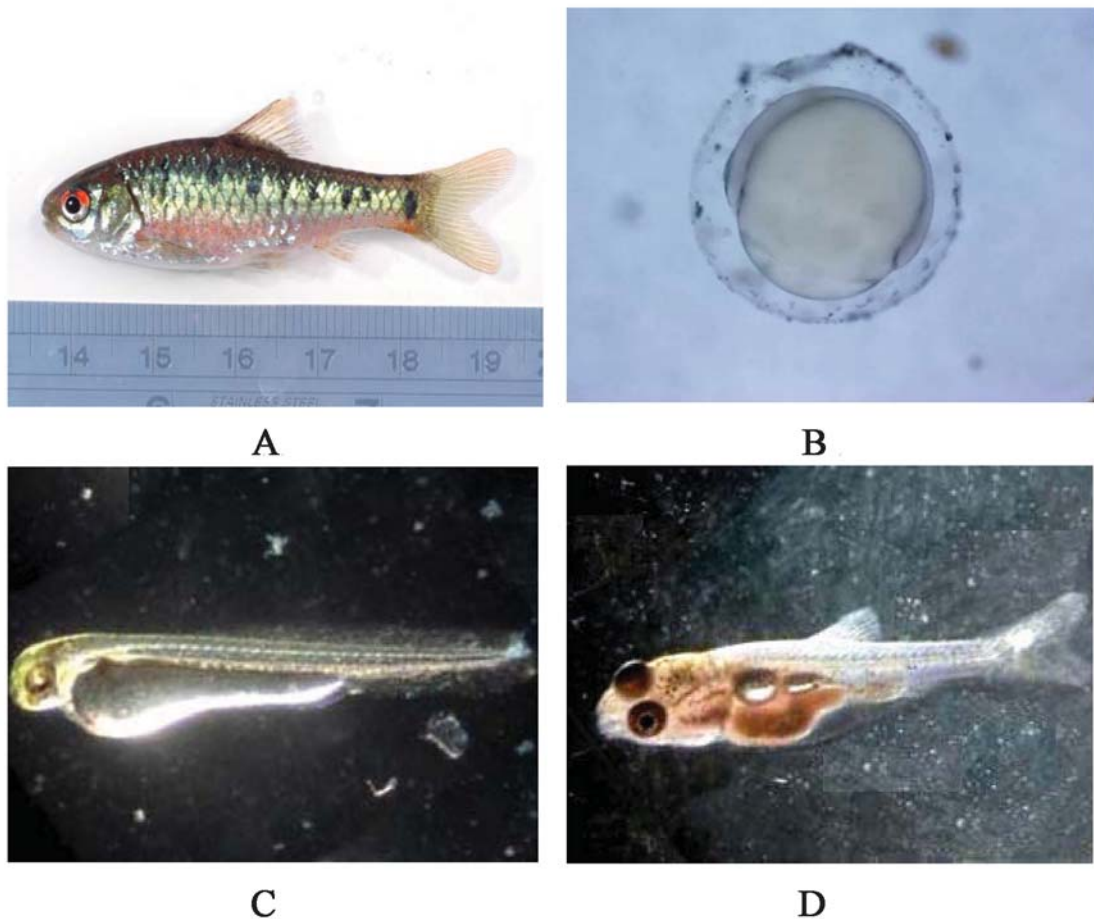


圖 1. 條紋小鯽 *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868) : A, 成熟雄魚 ; B, 受精且開始發育之胚胎 ; C, 剛孵出的魚苗 ; D, 孵出 10 天的魚苗，腹部因進食而膨脹。

Fig. 1. *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868): A, mature male; B, embryo in egg; C, newly hatched larva; D, larva on 10 DAH (days after hatching).

表 1. 條紋小鯽 *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868) 受精卵發育過程Table 1. The embryonic development of *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868)

Hours after spawning (HAS)	Development stages
4-5	Gastrula
8-9	Myotome observable
10-11	Heart beats, otolith observed
19-22	Larvae hatched

四、魚苗孵化與發育

剛孵出的條紋小鯽魚苗長度約 3.5 ± 0.3 mm，卵黃囊相當大，其前端可達頭部(圖 1C)。眼部在頭部前端偏下側，耳石位於卵黃囊上側。剛孵出之魚苗幾乎沒有游泳能力，多靜止黏附於底部、水草與壁上。

孵出後 1 天(Days after hatching, DAH)的魚苗，色素點增多，眼部可轉動，卵黃囊顯著縮小，口部尚未發育完全，囊部前端後縮至頭部耳石位置的後方，已可觀察到鰾出現，胸鰭也開始發育。

2 DAH 的魚苗，色素點持續增加，因而可觀察到體色加深，眼部更大且占頭部大小的比例增加，鰓蓋與鰓已發育，口部已發育成形，但尚未觀察到進食或消化系統進行消化的跡象。卵黃囊較前一天更小，囊部前端已後縮至鰾的下方後部。可清楚觀察到呈袋型的鰾，胸鰭持續成長，且胸鰭後端約可達鰾後端。此階段仍黏附在周邊物體上。

3 DAH 的魚苗卵黃囊已完全吸收，開始游動，且已經可以開始攝食初生魚苗飼料；尾鰭開始發育。

5 DAH 的魚苗可開始捕食水蚤幼生，動作變靈活，尾椎伸長且上彎，尾鰭變得較明顯，鰾發育為兩室，背鰭開始分化。

10 DAH 的魚苗，背鰭已發育完成，臀鰭開始長出，鰾明顯的分裂成兩室(圖 1D)。

13 DAH 的魚苗，尾鰭已發育完成，臀鰭開始形成發育且明顯，腹鰭芽也開始長出。

20 DAH 的魚苗，可見到黑色橫條紋路，臀鰭和腹鰭成形。

30 DAH 的魚苗，已經可觀察到長出的鱗片。

37 DAH 的魚苗，可清楚觀察到魚鱗紋路。

條紋小鯽魚苗發育過程全長與主要特徵如表 2。

討 論

在種魚蓄養期間，可觀察到其食性與繁殖過程等數項特徵，其中在食性方面，經餵食各類餌料的攝食結果比較，發現本魚種的食性為雜食偏肉食。在領域性方面，本魚種即使第二性徵已出現，在蓄養期間，並未發現有明顯領域行為。在種魚性別鑑別上，本魚種主要依靠體色來區別，繁殖期雄魚頭部雖會有追星出現，但並不明顯(陳及張 2005)，尚未成熟的魚體則色澤不明顯，整體而言，雌雄並不容易區分，也造成最小繁殖體型不易判別。此外，本研究中發現，體型小於 4-5 cm 的成魚，在蓄養過程中雖然也可觀察到有婚姻色，但並未觀察到有產卵現象。

在條紋小鯽產卵過程中，亦發現一些產卵習性。如本魚種在產卵時，雌、雄會先追逐後同時靠近水生植物，然後將卵直接產於沈水性水生植物的直立部分或浮水性植物的根系，僅有少部分可能因未能即時黏附於水生植物而沈降於底部，並附著在底部的石塊或其他底質

上。其生殖習性與另外 3 種也被混稱為「牛屎鰾仔」或「紅目鰾仔」的台灣石鰾 (*Tanakia himantegus* Günther 1868)、齊氏石鰾 (*Tanakia chii* Miao 1934) 或高體鰾 (*Rhodeus ocellatus* Kner 1867) 等魚類並不相同，石鰾或鰾等魚類產卵時通常會藉由產卵管將受精卵產於淡水

二枚貝內 (Kawanabe and Mizuno 1989；陳及張 2005)，如水域中沒有二枚貝類，則無法完成其生活史。而本魚種雖不需要二枚貝的共存，但如果因棲地水泥化而缺乏水生植物，本種魚可能也將無法繁衍其後代。此外，本魚種的雌魚產卵時，無產卵管。

表 2. 條紋小鰾 *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868) 魚苗發育過程全長與主要特徵

Table 2. The larval development of *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868)

Days after hatching (DAH)	Total length (mm)	Development stages
0	3.5±0.3	Otolith observed, head occupied mainly by eyes
1	4.2±0.2	Pectoral fin developed
2	4.8±0.3	Gill and mouth developed
3	5.1±0.5	Esophagus observed and starting feeding
5	6.1±0.6	Dorsal fin emerged, swimming bladder developed to two sections
10	7.2±0.3	Dorsal fin well developed, anal fin emerged
13	7.6±0.1	Anal fin well developed and pelvic fins emerged
20	8.9 ± 0.3	Black lines observed
30	10.1 ± 0.3	Scales clearly observable
37	14.3 ± 0.4	Scales well developed

本研究中 10 尾雌魚僅產下 150 餘顆卵，雖無法得知本魚種在自然環境下的個體產卵數，但整體而言，其產卵量似並不多；另外，產卵後的雌魚在蓄養後，發現其生殖腺有再次發育的現象，顯示此魚種應可在同一繁殖季中，進行多次產卵。由此可推測，本魚種在繁

殖季中，以少量多次的產卵策略進行繁衍，這樣的策略，對於族群而言，可分散其幼苗面對天災(如颱風)的風險；對個體而言，不論雌雄，應該都可以使自己的子代，產生有更多樣的遺傳基因組合，增加每一個個體的基因組有延續的機會，進而也維繫族群較高的基因多樣

性。

本魚種的受精卵特徵與一般溪流小型魚類似，為圓形的沈性帶黏性卵。受精卵卵徑約為 1.2 mm，與本地一般原生小型鯉科魚類的卵徑大致相近，例如與其棲息環境和體型大小均相近的台灣副細鯽(*Pararasbora moltrechti* Regan, 1908, 俗稱肉魚)及台灣梅氏鰱(*Metzia formosae* Oshima, 1920, 俗稱尖嘴仔)等魚類，其受精卵卵徑也大約為 1.1-1.2 mm (賴等 2003; 賴等 2006)。

條紋小鯽受精卵孵化積溫值約為 23 degree-days，與另外兩種小型原生溪流魚類比較，台灣副細鯽的受精卵在 26 °C 時，孵化時間大約為 25 hr (賴等 2003)，積溫值約為 27 degree-days，台灣梅氏鰱受精卵於水溫 24-28 °C 的環境中約 23-25 hr 開始孵化(賴等 2006)，積溫值約為 26 degree-days。上述 3 種魚類不論在受精卵卵徑、孵化時間與孵化積溫值等各項因子上，皆相當接近。同屬於台灣溪流魚類，但體型較大的臺灣縱紋鱸(*Candidia barbata* Regan, 1908)在 26 °C 時，受精卵則需約 60 hr 才能孵化(熊 1999)。另外幾種體型較大的鯉科魚類受精卵孵化時間則需要稍長的時間，積溫值也都高於前述 3 種小型魚類，例如鯉魚或鯽魚(*Carrasius auratus*)受精卵在水溫約 25 °C 時，孵化時間約需 1.5-3 日，草魚(*Ctenopharyngodon idellus*)受精卵在水溫達 26 °C，需 24 hr 才能孵出(劉及何 1992; Snik *et al.* 1997)。另有報告指出，在水溫 18-24 °C 時，青魚(*Mylopharyngodon piceus*)、草魚、白鰱(*Hypophthalmichthys molitrix*)與黑鰱(*Aristichthys nobilis*)等大型魚類的受精卵孵化約需 33-34 hr (Chapman and Wang 2006)。推算上述幾種大型魚類的受精卵孵化積溫值約介於 25-75 degree-days 之間，大多高於條紋小鯽的受精卵孵化積溫值結果。推測孵化時間相異的原因，除了環境因素影響之外(Nunn *et al.* 2007)，也有可能因為各種魚種卵徑不同，能提供魚苗發育的營養也各異，因

而造成魚苗在卵內發育時間不同。此外，實驗中也觀察到本魚種受精卵雖然在 1 天內便孵化，但是孵出的魚苗皆黏附在周邊物體上，僅在受驚擾時才進行短距離移動，待第 3 天卵黃囊吸收完畢，且鰾與消化系統發育後，才開始游動攝食，並未觀察到有浮游期階段。因此就生態上而言，有可能是因為條紋小鯽與其他前述小型魚類多有溯溪產卵的習性，而且產卵時間集中在春季與夏季等水位與水流量受雨量影響變化顯著的季節，因此縮短受精卵孵化的時間，可能有助於魚苗在溪流乾涸前進行小規模遷移，進而提升其生存率。

剛孵化的條紋小鯽魚苗全長(TL)約為 3.5±0.3 mm，稍大於台灣副細鯽的 2.6-3.4 mm (賴等 2003)，但小於台灣梅氏鰱的 3.5-4.1 mm (賴等 2006)與同屬溪流魚類的 *Zacco temminckii* 的 4.9-5.3 mm (Sado and Kimura 2002)。3 DAH 的條紋小鯽魚苗(5.1 mm TL)卵黃囊已吸收，且已經開始游動攝食餌料，此發育時間與台灣副細鯽相近(3 DAH, 4.9 mm TL) (賴等 2003)，稍快於台灣梅氏鰱(4 DAH, 4.7 mm TL) (賴等 2006)。另 *Z. temminckii* 則需發育到 8.3 mm TL 時，卵黃囊才會完全吸收 (Sado and Kimura 2002)。發育過程中，1 DAH 的條紋小鯽魚苗即可觀察到鰾開始發育，Snik *et al.* (1997)的報告中也提到鯉魚在約 1.5 DAH 即可觀察到鰾。條紋小鯽魚苗在第 3-10 DAH 之間有成長較為遲緩的現象，在水溫 24 °C 時，鯉魚魚苗在第 2-4 DAH 也會開始有類似現象(Snik *et al.* 1997; Osse and Boogaart 1999)。條紋小鯽魚苗在此時正值魚苗尾鰭、背鰭與臀鰭發育成長的階段，通常在人工育苗的過程中，此階段和魚卵進入原腸期同為魚苗死亡率最高的一個階段。

條紋小鯽魚苗成長全長變化如圖 2，其成長速度經統計分析後所得到的迴歸式為 $Y = 0.243 X + 4.265$ ($R^2 = 0.9474$, $p < 0.05$)，其中 X 為成長天數(days)，Y 為全長(mm)。此成長

速度與另一種台灣小型魚類-台灣梅氏鰻魚苗成長速度無顯著差異($p>0.05$) (賴等 2006), 但若與台灣副細鯽的成長速度(賴等 2003)比較, 由結果可清楚看出, 在孵化後 10 天內, 2 種魚苗的成長速度雖相近, 但經過 10 天之後, 條紋小鯽魚苗的成長速度則逐漸低於台灣副細鯽, 並呈現顯著差異($p\leq 0.05$)。由以上 3 種魚類的魚苗成長結果比較可得知, 即使是體型與棲息環境皆類似的小型魚類, 其成長速度仍會有所差異。

由本研究的數次繁殖實驗中發現, 本魚種的繁殖與育苗技術、產卵習性和多種緩流區的小型溪流魚種相近, 但棲息與繁殖的場所偏好

在多水生植物的水域, 亦即本地原有的沼澤、溝渠、湖泊等環境, 此點是進行棲地復育時須特別注意的地方, 但目前其天然棲地因為人為因素正持續受到破壞, 水質透明度下降、水草難以生長, 導致其自然族群數目一直在減少當中(張等 2005)。此外, 本研究中也發現, 條紋小鯽的繁殖與成長, 雖無特殊環境條件需求, 但若棲地缺乏水生植物等天然隱蔽物, 則會減低受精卵成功孵化的機率或易受到天敵的攻擊, 導致族群補充速度緩慢。因此天然棲地的適度保護營造與隔離(Nagata and Hosoya 1998), 應該是此魚種自然復育成功與否的關鍵。

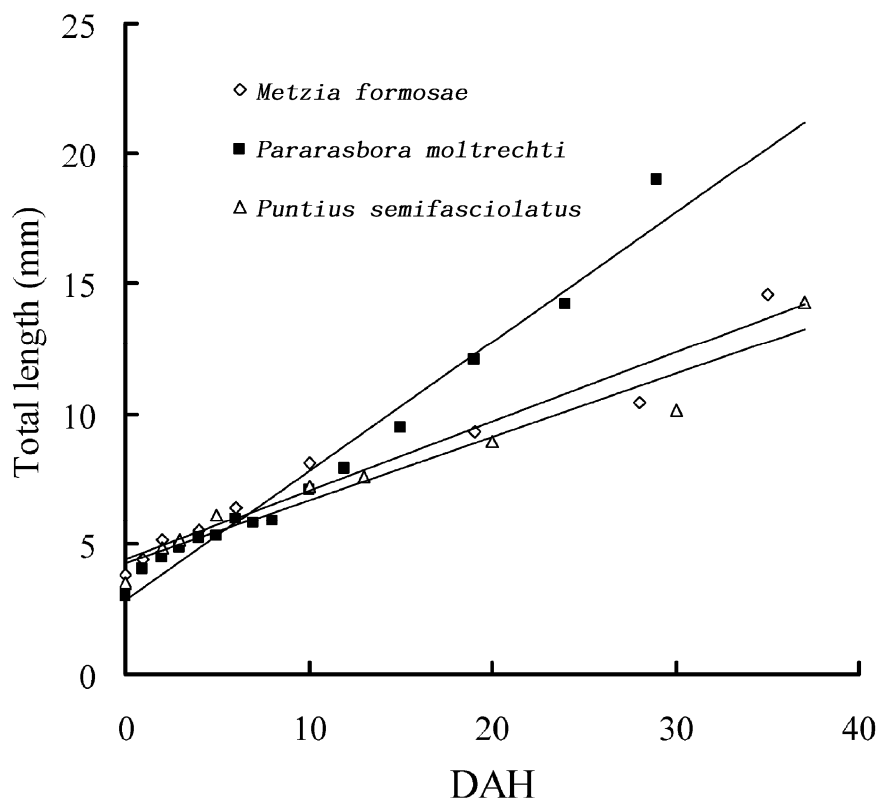


圖 2. 條紋小鯽 *Puntius semifasciolatus* (Günther)、台灣梅氏鰻 *Metzia formosae* (Oshima) 與台灣副細鯽 *Pararasbora moltrechti* Regan 的幼苗成長變化比較(DAH: days after hatching)。

Fig. 2. A comparison in growth of larvae after hatching among *Puntius semifasciolatus* (Günther), *Metzia formosae* (Oshima) and *Pararasbora moltrechti* Regan (DAH: days after hatching).

謝 誌

本研究承蒙行政院農委會漁業署計畫 (92 農科-4.1.5-漁-F1(2)與 93 農科-4.1.1-漁-F1) 經費支持，實驗期間承蒙張詠青先生在採樣與觀察記錄上的協助與寶貴建議，使得本研究順利完成，特此一併致謝。

引用文獻

- 呂迅。1996。鯉魚精養高產技術問答。科學普及出版社。北京，中國。
- 沈世傑。1993。台灣魚類誌。國立台灣大學動物學系。
- 張家豪、邵奕達、高孝偉。2005。重新再認定-史尼氏小鯽。自然保育季刊 50: 59-65。
- 陳兼善、于名振。1986。台灣脊椎動物誌(上冊)。台灣商務印書館。
- 陳義雄、方力行。1999。台灣淡水及河口魚類誌。國立海洋生物博物館籌備處。
- 陳義雄、張詠青。2005。台灣淡水魚類原色圖鑑。水產出版社。
- 曾晴賢。1986。台灣淡水魚類。台灣省政府教育廳。
- 曾晴賢。1990。台灣淡水魚(I)。台灣野生動物資源調查-淡水魚資源調查手冊(3)。行政院農業委員會。
- 熊文俊。1999。台灣馬口魚(*Zacco barbata*)之繁殖研究。國立台灣大學博士論文。
- 劉建康、何碧梧。1992。中國淡水魚類養殖學(第三版)。科學出版社。北京，中國。
- 賴弘智、王俊仁、吳純宏、施志昫。2003。台灣副細鯽 (*Pararasbora moltrechti* Regan) 之人工繁殖研究。生質能源 22: 123-128。
- 賴弘智、張瑞宗、施志昫。2006。台灣細鯽 *Rasbora formosae* (Oshima, 1920) 之人工繁殖及幼苗發育研究。特有生物研究 8 (2): 23-39。
- 潘炯華(編)。1990。廣東淡水魚類誌。廣東科技出版社。廣東，中國。
- Chapman, D. C. and N. Wang. (eds.). 2006. Early Development of Four Cyprinids Native to the Yangtze River, China. US Geological Survey, Reston, Virginia, USA.
- Günther, A. 1868. Catalogue of the Fishes in the British Museum. Vol. 7. London.
- Handeland, S. O., E. Wilkinson, B. Sveinsbo, S. D. McCormick and S. O. Stefansson. 2004. Temperature influence on the development and loss of seawater tolerance in two fast-growing strains of Atlantic salmon. Aquaculture 233: 513-529.
- Kawanabe, H. and N. Mizuno. 1989. Freshwater Fishes of Japan. Yama-Kei Publishers Co., Tokyo, Japan.
- Kner, R. 1867. Fische. Reise der österreichischen Fregatte "Novara" um die Erde in den Jahren 1857-1859, unter den Befehlen des Commodore B. von Wüllerstorff-Urbain. Wien. Zool. Theil. Fische Novara Exped., pp. 275-433.
- Miao, C. P. 1934. Notes on the freshwater fishes of the southern part of Kiangsu, I. Chinkiang. Contribution from the Biological Laboratory of the Science Society of China. pp. 111-244.
- Nagata, Y. and K. Hosoya. (eds.). 1998. Circumstances in endangered Japanese freshwater fishes and their protection. Midori Shobo Co. Ltd., Tokyo, Japan.
- Nunn, A. D., J. P. Harvey, J. R. Britton, P. A. Frear and I. G. Cowx. 2007. Fish, climate and the Gulf Stream: The influence of abiotic factors on the recruitment success of cyprinid fishes in lowland rivers. Freshwater Biology 52: 1576-1586.
- Oshima, M. 1920. Notes on freshwater fishes of Formosa, with descriptions of new genera

- and species. Proceedings Academy of Natural Science of Philadelphia. pp. 120-135.
- Osse, J. W. M. and J. G. M. Boogaart. 1999. Dynamic morphology of fish larvae, structural implications of friction forces in swimming, feeding and ventilation. *Journal of Fish Biology* 55: 156-174.
- Regan, C. T. 1908. Descriptions of new freshwater fishes from China and Japan. *Annals and Magazine of Natural History*. pp. 149-153.
- Richardson, J. 1846. Report on the Ichthyology of the seas of China and Japan. Report of the British Association for the Advancement of Science for 1845. pp. 187-320.
- Sado, T. and S. Kimura. 2002. Descriptive morphology of the eggs, larvae, and juveniles of two cyprinid fishes belonging to the *Zacco temminckii* species' group. *Ichthyological Research* 49: 245-252.
- Snik, G. M. J., J. G. M. Boogaart and J. W. M. Osse. 1997. Larval growth patterns in *Cyprinus carpio* and *Clarias gariepinus* with attention to the finfold. *Journal of Fish Biology* 50: 1339-1352.