

大鱗梅氏鰱 *Metzia mesembrina* (Jordan & Evermann,  
1902) 人工繁養殖及幼苗發育

Induced Spawning and Larval Development of the  
Large-scale Lesser Bream *Metzia mesembrina*  
(Jordan & Evermann, 1902)

賴弘智<sup>1</sup> 陳昱翔<sup>1</sup> 林翰揚<sup>1</sup> 潘宏裕<sup>2</sup> 施志昀<sup>3,\*</sup>

Hong-Thih Lai<sup>1</sup>, Yu-Siang Chen<sup>1</sup>, Han-Yang Lin<sup>1</sup>,  
Hung-Yu Pan<sup>2</sup> and Jhy-Yun Shy<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup> 國立嘉義大學水生生物科學系 嘉義市學府路 300 號

<sup>2</sup> 國立嘉義大學應用數學系 嘉義市學府路 300 號

<sup>3</sup> 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

<sup>1</sup>Department of Aquatic Biosciences, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan

<sup>2</sup>Department of Applied Mathematics, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan

<sup>3</sup>Department of Aquaculture, National Penghu University, Penghu, Taiwan

\*通訊作者：jyshy@npu.edu.tw

\*Corresponding author: jyshy@npu.edu.tw

## 摘 要

大鱗梅氏鰱 *Metzia mesembrina* (Jordan & Evermann, 1902)，過去在台灣各地會有不同之採集紀錄，然近數十年來僅在金門地區發現極少量野生族群，因此其復育必須儘快進行。本實驗利用人工催熟與自然產卵方式，進行繁殖與育苗試驗，以瞭解大鱗梅氏鰱之生殖習性、受精卵與魚苗發育過程，期望逐步建立大鱗梅氏鰱之繁殖與幼苗發育的基礎生物學資料，做為基礎生物學資料應用、種原庫建立或自然環境中復育之基礎。大鱗梅氏鰱主要產卵於水生植物或石塊上，魚卵卵徑約 1.3 mm，透明且光滑，沈性且帶黏性，在水溫 22-24°C 的環境中 30-35 hr 孵化，平均積溫值 31.2

degree-days，初孵化魚苗全長約為 3.4 mm，孵出後第 3 天可開始攝食餌料，第 4 天觀察到感覺芽，第 7 天已觀察到背鰭與臀鰭逐漸發育，第 17 天腹鰭開始發育，第 30 天鱗片開始發育，第 36 天可清楚觀察到鱗片，此時幼魚外表形態類似於成魚。

## Abstract

The large-scale lesser bream *Metzia mesembrina* (Jordan & Evermann, 1902) is a small cyprinid fish native to Taiwan. Due to environmental deterioration resulted from water pollution, habitat destruction and introduction of exotic fishes, its population in Taiwan has been extinct. Only a small population still exists in the Kin-Men Island. For the conservation of this endangered fish, we conducted its induced spawning in the laboratory with injection of a mixed solution of grounded pituitary glands from walking catfish (*Clarias* sp.) and LRH-A. We observed its spawning habit and examined its embryonic and larval developments at water temperatures of 22-24°C. Fertilized eggs had an average diameter of 1.3 mm. Larvae were hatched at 30-35 hours after spawning. Newly hatched yolk-sac larvae had total lengths at an average of 3.4 mm. The larvae started feeding on 3 DAH (days after hatching), sensory buds were observable on 4 DAH, and dorsal and anal fins emerged on 7 DAH, pelvic fins on 17 DAH, and scales on 30 DAH. Scales of larvae were clearly observable on 36 DAH and the appearance was similar to adult.

**關鍵詞：**大鱗梅氏鰱、人工繁殖、胚胎發育、魚苗發育

**Key words :** *Metzia mesembrina*, induced spawning, embryonic development, larval development

收件日期：97 年 7 月 25 日

接受日期：98 年 1 月 8 日

Received: July 25, 2008

Accepted: January 8, 2009

## 緒 言

大鱗梅氏鰱 *Metzia mesembrina* (Jordan & Evermann, 1902) 屬鯉形目 (Cypriniformes)、鯉科 (Cyprinidae)、鮎亞科 (Cultrinae)，早期曾發表成不同種名為大鱗細鰱、大鱗麥氏鰱、高木氏黃鰱魚或蘭嶼石鮎，英文為 large-scale lesser bream (Chen and Fang 2002; 陳及張 2005)。

大鱗梅氏鰱屬於初級性淡水魚種，主要棲

息於水色稍混之優養化水域，雜食性，生活於水生植物生長茂盛之淺水區域，以小型生物及有機碎屑為食 (陳及張 2005)。魚體延長略高，頗側扁，呈土黃色，體側在側線上方有 6-7 條細小縱紋，側線完全。成熟魚體無明顯之婚姻色，但雌魚腹部較為膨大，是較易辨識之處 (陳及方 1999; 陳及張 2005) (圖 1A)。

大鱗梅氏鰱過去在台灣本島曾有不同之採集紀錄，但數十年來各地調查未再發現本種

(陳及方 1999; 陳及張 2005), 目前僅在金門地區發現極少量野生族群 (陳及張 2005)。推測是由於台灣本島水域近年來污染狀況較嚴重, 棲地破壞, 加上外來魚種的引進, 使族群銳減, 甚至滅絕。在行政院農業委員會林務局 2008 年對台灣淡水魚類資源與保育的研究中, 已經將大鱗梅氏鰻列入需優先保育的名單中 (曾等 2008)。目前金門的僅存棲地, 也因為開放觀光之故, 造成棲地環境破壞, 僅存的族群數量也急遽減少中。

因此, 大鱗梅氏鰻的生態習性探討與復育實已是需要立刻進行的工作。本研究藉由對大鱗梅氏鰻進行蓄養、人工繁殖、受精卵發育、孵化及育苗等實驗, 探討此魚種的棲息與繁殖習性、魚卵孵化條件與過程、魚苗成長等項目, 期望能為大鱗梅氏鰻生態習性與生殖特性做進一步的瞭解與補充, 建立一完整的種原庫生態資料。

## 材料與方法

本實驗所使用的大鱗梅氏鰻種魚採取自本實驗室蓄養的二齡魚群(採集地為金門縣之金湖鎮), 繁殖實驗時間在 2008 年 2 月, 蓄養的水質條件為 24-27°C, pH 6-8, 每天光照 12 hr。在大鱗梅氏鰻雌魚腹部出現膨大現象, 雄魚體色轉暗後, 即開始進行人工繁殖試驗。

進行人工繁殖試驗時, 挑選成熟種魚 (雄魚 5 隻, 雌魚 9 隻) 共 14 隻, 以 400 ppm 二苯氧基乙醇 (2-phenoxyethanol) 麻醉。麻醉時將種魚放置處理缸中, 逐漸增加麻醉劑含量至水中, 待種魚開始呈現昏暈狀態, 即進行注射催產步驟。

第一針注射時間為該日 13:00, 第二針為 19:00, 注射液為塘虱魚 (*Clarias* sp.) 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  $\mu\text{g/g}$ , LRH-A 為 0.2  $\mu\text{g/g}$ ; 經過第二次注射後的種魚, 隨即放入繁殖桶中待產。

繁殖桶底部放置石塊、瓦片與蕨類植物葉片, 以測試其產卵嗜性。繁殖桶四周以黑布包覆, 避免種魚受外界驚嚇。

產卵後將種魚移出產卵桶, 留下受精卵進行卵發育之觀察, 孵化桶水溫控制在 23°C。除萬能投影機 (Topcon Profile Projector VP-300) 定期觀察測量卵徑外, 同時也拍照並記錄胚胎發育之變化, 並依據所得資料計算魚卵發育之積溫值 (cumulative temperature) (Handeland *et al.* 2004)。

孵化後之魚苗繼續於缸中蓄養, 水溫控制在 24-27°C, pH 6-8, 於 2-3 天後魚苗可攝食時, 則開始於白天投餵魚苗餌料, 以豐年蝦與人工初生魚苗飼料搭配投餵, 每間隔 3 hr 餵食 1 次, 1 天共投餵 5 次, 夜間則停止投餵。

魚苗成長記錄部分, 每日逢機取 3-6 尾魚苗測量全長 (total length), 並觀察外表形態的發育, 若有顯著發育變化與特徵形成, 則拍照記錄, 並將魚苗標本浸泡於 95% 乙醇 (ethanol) 中保存。此外, 為了探討大鱗梅氏鰻魚苗的成長模式, 本研究以直線迴歸模式 (linear regression)、成長模式 (growth curve) (Geisser 1980) 與常用的 Gompertz 魚苗成長模式 (Ricker 1979; Britton and Harper 2008) 進行成長模式統計推算與比較。

## 結果

### 一、種魚習性

種魚飼養過程中, 發現種魚雖為雜食性, 但稍偏藻食性, 尤其嗜食絲藻或水棉等較柔軟性的藻類; 此外, 也發現此魚嗜食水生植物嫩芽。成熟種魚, 除雌魚腹部稍膨大, 雄魚體色稍深外, 並未發現其他明顯之性徵。

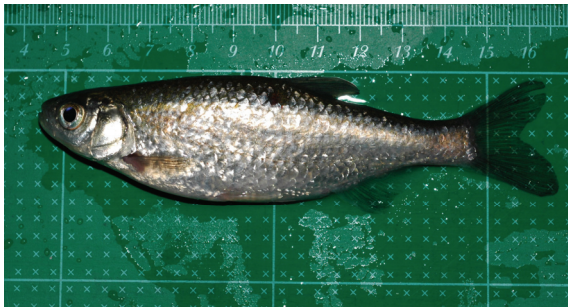
## 二、產卵習性與產卵數

經第二次催產注射完，約 4 hr 後可觀察到追尾的現象，其追尾產卵的動作短暫且不明顯，9 hr 後開始產卵，並於 11 hr 後達到產卵最高峰，經計數後發現共產下 500-600 顆卵。產卵多數集中於底部的蕨類葉片或石塊上，少部分沉落於缸底。附著於蕨類葉片及石塊上的卵粒大多數皆已受精繼續發育，而掉落至缸底

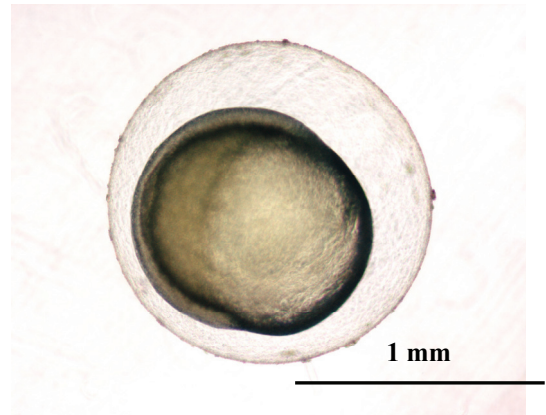
者，多數為未受精卵，呈不透明白濁色，失去黏性，並開始發霉，即使是正常受精卵，也因為被有機物質沉澱覆蓋，造成孵化率降低。

## 三、魚卵特徵

大鱗梅氏鰱的魚卵為圓形，卵徑約 1.3 mm，為透明的沉性帶黏性卵 (圖 1B)。



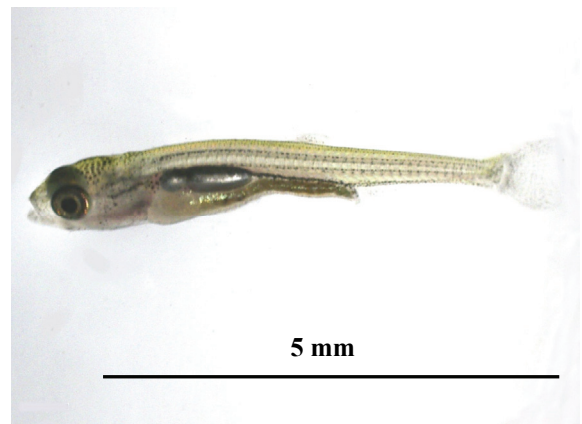
A



B



C



D

**圖 1.** 大鱗梅氏鰱 *Metzia mesembrina*: A, 成熟雌魚; B, 受精且開始發育之胚胎; C, 剛孵出之魚苗; D, 孵出 11 天的魚苗。

**Fig. 1.** *Metzia mesembrina*: A, mature female; B, embryo in egg; C, newly hatched larva; D, larva on 11 DAH.

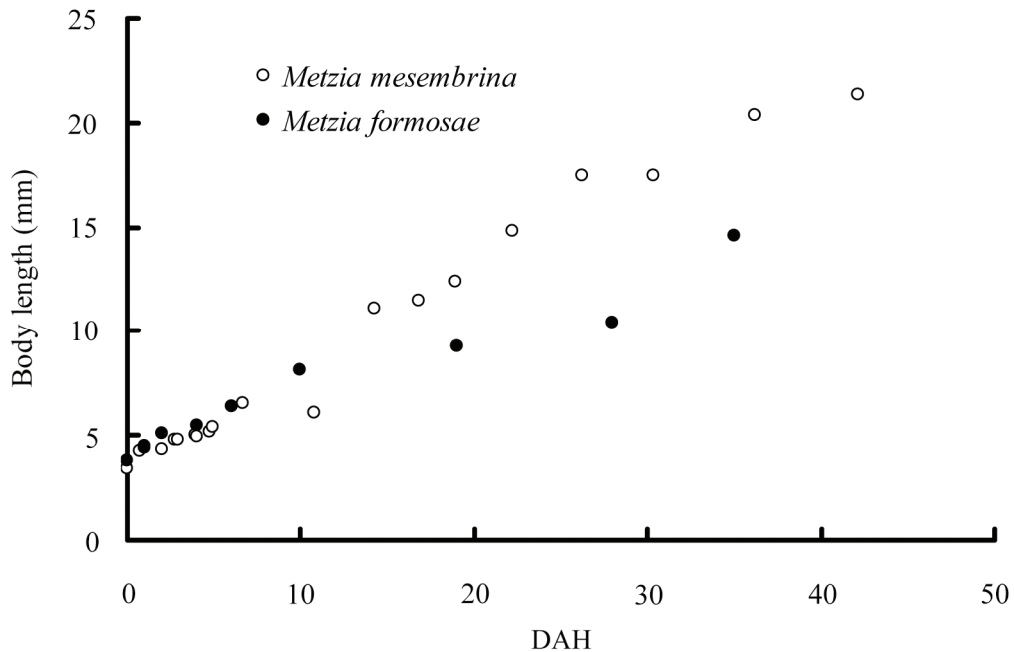


圖2. 大鱗梅氏鰻 (*Metzia mesembrina*) 與台灣梅氏鰻 (*Metzia formosae*) 魚苗成長比較。  
 Fig. 2. A comparison of the larval growth between *Metzia mesembrina* and *Metzia formosae*.

表1. 大鱗梅氏鰻 *Metzia mesembrina* (Jordan & Evermann, 1902) 受精卵發育過程  
 Table 1. The embryonic development of *Metzia mesembrina* (Jordan & Evermann, 1902)

HAS	Development stages
4-5	Morula stage
5-6	Blastula stage
7	Gastrula stage
13	Myotome observable
18	Heart beats, otolith observed
30-35	Larvae hatched

四、魚卵發育

4-5 HAS (hours after spawning) 觀察時，發現大部分受精卵已進入桑椹期。約在 5-6 HAS 進入囊胚期。約在 7 HAS 進入原腸期。

13 HAS 可觀察到肌節。18 HAS 耳石出現並可觀察到心臟跳動。30 HAS 魚苗開始孵出，35 HAS 全部孵出，其孵化積溫值約為 28.8-33.5 degree (°C)-days (表 1)，平均為 31.2 degree-days。

## 五、魚苗孵化與發育

剛孵出的大鱗梅氏鰻魚苗長度約為  $3.4 \pm 0.1$  mm，卵黃囊相當明顯，前端可達頭部，眼部在頭部前端偏下側位置，耳石位於頭後端上部 (圖 1C)。大多數魚苗黏附於缸壁，也有部分魚苗沈落於底部，僅在受到驚擾時，進行微弱且短暫的游動。

孵出後 1 天 (DAH, days after hatching) 的魚苗卵黃囊顯著縮小，頭、背部漸漸出現色素斑，眼部可轉動，且占大部分的頭部，內耳石已清楚可見，口部尚未發育。

2 DAH 的魚苗，卵黃囊持續縮小，色素斑點增多，眼眶並呈現黑色，水晶體逐漸明顯呈現黑圓狀，心臟明顯分區，略可分心室與心房，血球持續增多，流速穩定，尾部鰭條開始發育，口部持續發育。

3 DAH 的魚苗卵黃囊已完全吸收，開始游動覓食，可觀察到明顯的鰓、口部、食道、腸部與胃部，眼部發育完全，鰓與尾鰭出現。

4 DAH 的魚苗，鰓出現，尾鰭持續發育，腹側下緣有感覺芽互生對稱生長，上面有細絲狀毛。

5 DAH 的魚苗胸鰭與鰓部發育完全。

7 DAH 的魚苗，可見背鰭與臀鰭等，頭部有色素斑分布。

11 DAH 的魚苗，觀察到尾鰭、背鰭與臀鰭發育完全，泳鰓發育成兩室 (圖 1D)。

17 DAH 的魚苗，腹鰭開始發育。

22 DAH 的魚苗，腹鰭發育完全，開始進食藻類。

30 DAH 的魚苗，魚鱗開始發育。

36 DAH 的魚鱗發育明顯。

## 六、成長曲線

大鱗梅氏鰻魚苗成長體全長與時間變化如圖 2，TL 代表魚體全長 (total length, mm)、 $t$  為成長天數 (days)，其成長曲線分別配適不同的模式，所得結果如下：

(一)直線迴歸模式：

$$TL = 3.49 + 0.46 \times t$$

其中魚苗的成長速率為 0.46 (mm/day)，其配適直線迴歸模式的 adjusted  $R^2$  值為 0.94。

(二)成長曲線模式：

$$TL = \exp(1.45 + 0.05 \times t)$$

其中魚苗的成長速率為  $0.05 \times \exp(1.31 + 0.05 \times t)$ ，其配適成長曲線模式的 adjusted  $R^2$  值為 0.91。

(三) Gompertz 成長模式 (Ricker 1979)：

$$TL = 3.41 \times \exp[2.07 \times (1 - \exp(-0.053 \times t))] ]$$

其中魚苗的成長速率為  $0.37 \times \exp(-0.53 \times t) \times \exp[2.07 \times (1 - \exp(-0.053 \times t))]$ ，其配適成長曲線模式的 adjusted  $R^2$  值為 0.95。

## 討 論

在大鱗梅氏鰻種魚蓄養期間，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，發現本種魚的食性為雜食偏藻食，且嗜食水棉、絲藻與水生植物嫩芽，此點是與偏肉食性的台灣梅氏鰻 (*Metzia formosae*) (賴等 2006) 有較大的不同之處。在領域性方面，成熟種魚即使已經出現成熟體色，在蓄養期間仍未發現有明顯領域行為。在種魚性別鑑別上，本種魚主要依靠體色與體型來區別，尚未成熟的魚體色澤不明顯，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。其繁殖環境與過程與多數小型生活於緩水區的溪流魚類相似，主要也是需要水生植物或石塊來黏附受精卵，並讓孵化後的仔魚有黏附、躲藏與遮蔽的場所。其受精卵一旦沈落於底部時，便會因為發霉或被沈積物覆蓋而導致孵化率降低。因此在復育環境的規劃上，石塊、挺水植物或沈水植物的設置是不可或缺的要件。

表2. 大鱗梅氏鰱 *Metzia mesembrina* (Jordan & Evermann, 1902) 魚苗發育過程全長與主要特徵  
 Table 2. The larval development of *Metzia mesembrina* (Jordan & Evermann, 1902)

DAH	Total length (mm)	Development stages
0	3.4 ± 0.1	Otolith observed, head with big eyes
1	4.2 ± 0.1	Yolk sac gradually reduced Intestine and stomach observed
3	4.8 ± 0.0	Yolk sac reduced and started feeding Gill appeared Tail fin emerged
4	5.1 ± 0.1	Swimming bladder appeared Sensory buds observed
5	5.4 ± 0.5	Pectoral fin and gill developed
7	5.7 ± 0.2	Dorsal fin and anal fin emerged
11	6. ± 0.9	Tail fin, dorsal fin and anal fin well developed Swimming bladder developed to two sections
17	11.5 ± 1.2	Pelvic fins emerged
22	14.8 ± 1.1	Pelvic fins developed Began to feed on algae
30	17.5 ± 1.6	Scales emerged
36	20.4 ± 5.7	Scales clearly observable

大鱗梅氏鰱的受精卵卵徑約為 1.3 mm，較同屬梅氏鰱類的台灣梅氏鰱(1.1-1.2 mm) 稍大(賴等 2006)，也大於同為鮪亞科但不同屬的鰲條 (*Hemiculter leucisculus*) (0.54-1.23 mm) 與紅鰭原鮪(*Cultrichthys erythropterus*) (0.7-0.9 mm) (湖北省水生生物研究所魚類研究室 1976)。此外，其卵徑也稍大於數種本地原生小型鯉科魚類的卵徑，例如台灣副細鯽 (*Pararasbora moltrechti*) 以及條紋小鯽 (*Puntius semifasciolatus*) 的 1.1 mm (賴等 2003；賴等 2008a) 與飯島氏銀鮪 (*Squalidus ijimae*) 的 1.2 mm (賴等 2008b) 等。而鯽魚 (*Carassius auratus*) 卵徑範圍則約為 1.4-1.7 mm (Kawanabe and Mizuno 1989；劉及何 1992)，體型中等的鯉魚 (*Cyprinus carpio*)，其

卵徑範圍則約為 1.4-2.5 mm (呂 1996)。體型更大的青魚、草魚、白鰱或黑鰱等魚類卵徑從 1.6-1.7 mm (Pan 1990) 到 4-6 mm (劉及何 1992) 等皆有紀錄。由上述比較可推測得知，鯉科不同種的魚類，體型較大者，其卵徑似也有相對較大之傾向。

本魚種與台灣梅氏鰱的受精卵外型特徵相似，同樣為圓形，表面光滑透明，且具黏性的沉性卵，此與多數鮪亞科魚類的受精卵特性相近 (湖北省水生生物研究所魚類研究室 1976；劉及何 1992)。在孵化結果觀察方面，大鱗梅氏鰱的受精卵於水溫約為 23°C 的環境中，約 30-35 hr 孵化，孵化積溫值為 28.8-33.5 degree-days，平均為 31.2 degree-days，稍高於同屬於鯉科的數種原生小型魚類的受精卵平

均孵化積溫值,如台灣梅氏鰱的 26 degree-days (賴等 2006)、台灣副細鯽的 27 degree-days (賴等 2003),與條紋小鰾的 23 degree-days (賴等 2008a)。但本魚種的受精卵平均孵化積溫值則低於飯島氏銀鰾的 47 degree-days (賴等 2009),也低於同為鮎亞科團頭鰾 (*Megalobrama amblycephala*)的 40.0-50.0 degree-days 與蒙古紅鮎 (*Culter mongolicus mongolicus*) 的 36.7-44.7 degree-days (湖北省水生生物研究所魚類研究室 1976)。飯島氏銀鰾、團頭鰾與蒙古紅鮎等 3 種魚類孵化所需的積溫值明顯較大鱗梅氏鰱高,原因可能是此 3 種魚類的主要棲息地是屬於流量相對穩定的主流水域或湖泊 (賴等 2008b),而大鱗梅氏鰱、台灣副細鯽與條紋小鰾等 3 種魚類的主要棲息地則是水流量變化較大的支流水域,因此可能需要以較短的孵化時間來換取較高的魚苗存活率,因此其孵化積溫值會較低。而台灣梅氏鰱的主棲息地雖然是水量較為穩定的湖泊水域,但因其體型小 (5-7 cm),在生殖策略上可能為了產生較多的後代,因此在有限的孕卵空間下,以較小的卵徑換取較多的卵數,以增加後代存活的機會,而也因為較小的卵徑,因此孵化的時間較短,且孵化積溫值亦較低。

大鱗梅氏鰱魚苗在本研究期間體長增加速率約為 0.47 mm/day,比較大鱗梅氏鰱與台灣梅氏鰱 2 種魚苗的成長速度,雖於初期成長速度相近,但從第 10 天開始,2 種魚苗成長速度則產生顯著差異,從第 10 天開始,大鱗梅氏鰱魚苗成長速度逐漸高過台灣梅氏鰱魚苗,後者魚苗的成長速度僅為 0.23 mm/day。此外,大鱗梅氏鰱魚苗成長速率的結果與直線迴歸模式的成長速率是一致的,但魚苗的成長過程較常用成長模式 (growth curve) 來配適 (Geisser 1980);此處分別比較 3 種不同模式,其中以 (一) 直線迴歸模式或 (三) Gompertz 成長模式的 adjusted  $R^2$  最高。若套用 (二) 成長曲線模式,則 adjusted  $R^2$  會比前

述兩種的成長曲線的 adjusted  $R^2$  稍低一些,但其 residuals 也會比前面兩個模式來得低。因此大鱗梅氏鰱魚苗自孵化至鱗片長出的階段較符合直線迴歸或 Gompertz 等二種成長曲線模式。

本研究發現,大鱗梅氏鰱種魚在飼養過程中,對食物或環境等條件,除雜食偏藻食外,並無特別需求,即使在稍優養化的水環境中亦可生存,在繁殖的環境條件需求上也與一般緩水區的溪流魚類相近,魚苗育成方面則更未表現出需要有特殊的餌料或環境需求,因此此魚種為何會從本島絕跡?真正原因實值得再深入探討。不過推論,棲地破壞可能是造成此魚種數十年來在台灣消失的主因之一,因此未來若需進行大鱗梅氏鰱自然復育或移地復育時,完善棲地環境與水生植物相的建立與維持,應是此魚種復育成功的關鍵因素。

## 謝 誌

本研究感謝張詠青醫生與陳義雄教授在資料提供上的協助,熊文俊教授、張瑞宗、翁紹儒同學於實驗過程中協助飼養、記錄及資料統整,增加本實驗的完整性,在此也一併感謝。

## 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。
- 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。屏東,台灣。
- 陳義雄、張詠青。2005。台灣淡水魚類原色圖鑑 第(一)卷 鯉形目。水產出版社。基隆,台灣。
- 曾晴賢、陳義雄、邵廣昭。2008。淡水魚類資源評估及保育類名錄建立機制之研究。行政院農業委員會林務局保育研究系列

- 96-05 號。台北，台灣。
- 湖北省水生生物研究所魚類研究室。1976。長江魚類。科學出版社。北京，中國。
- 劉健康、何碧梧。1992。中國淡水魚養殖學(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。中華生質能源學會會誌 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。
- 賴弘智、翁紹儒、張瑞宗、蔡澄崇、施志昫。2008a。條紋小鯽 *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868) 人工繁養殖及幼苗發育。特有生物研究 10 (1): 35-44。
- 賴弘智、熊文俊、林翰揚、施志昫。2008b。飯島氏銀魮 *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919) 人工繁養殖及幼苗發育。特有生物研究 11(1): 27-36。
- Britton, J. R. and D. M. Harper. 2008. Juvenile growth of two tilapia species in lakes Naivasha and Baringo, Kenya. Ecology of Freshwater Fish 17(3): 481-488.
- Chen, I. S. and L. S. Fang. 2002. A redefinition of a doubtful cyprinid, *Acheilognathus mesembrinum* Jordan and Evermann, 1902, with replacement in the valid genus, *Metzia* Jordan and Richardson, 1914, a senior synonym of the genus *Rasbora* Oshima, 1920. Journal of the Fisheries Society of Taiwan 29(1): 73-78.
- Geisser, S. 1980. Growth curve analysis. pp. 89-115. In: P. R. Krishnaiah (ed.). Handbook of statistics. North-Holland, Amsterdam, Netherlands.
- 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 (1-4): 513-529.
- Kawanabe, H. and N. Mizuno. 1989. Freshwater Fishes of Japan. Yama-Kei Publishers Co., Tokyo, Japan.
- Pan, J. H. 1990. The Freshwater Fishes of Guangdong Province. Guangdong Science and Technology Press, Guangdong, China.
- Ricker, W. E. 1979. Growth rates and models. pp. 677-744. In: W. S. Hoar, D. J. Randall and J. R. Brett (eds.). Fish physiology vol. III, bioenergetics and growth. Academic Press, London.

