

## 水溫與餌料對鱸鰻苗之活存、攝餌與成長的影響

林天生\*

行政院農業委員會水產試驗所淡水繁養殖研究中心竹北試驗場

### 摘 要

本試驗旨在探討鱸鰻苗的半致死溫度、適宜的攝餌溫度，以及溫度與餌料對成長率與活存率的影響，以期建立鱸鰻苗培育技術。本試驗在 25 °C 水溫蓄養1天後，以每 1 °C/hr 水溫之速度持續升或降溫，進行鱸鰻苗對高、低溫耐性能力觀察，當水溫升至 36.6 °C 開始有死亡產生，而至 38.2 °C 則全部死亡，當降至 8.3 °C 時即開始有死亡現象，6.8 °C 即全部死亡，其最高與最低半致死溫度分別為 37.1 及 7.6 °C。而鱸鰻苗經由 25 °C 水溫蓄養1天後，每天升或降飼育水溫 1 °C，顯示在 29.2 °C 時其攝餌量達到最高，超過 30.2 °C 後，攝餌量隨水溫增高而下降，34.2 °C 時明顯減少，37.0 °C 時完全不攝餌，其最高攝餌溫度約在 36.0~37.0 °C。在15、20、25 及 30 °C 水溫中，經 6 週飼育後，成長率以水溫 30 °C 組的 713.3% 最高，與 25 °C 組的 573.3% 無顯著差異，但明顯高於 20 及 15 °C 組。飼料轉換率以 25 °C 組較佳，其次是 30、20 及 15 °C 組。投餵四種餌料，經飼育 30 天後，成長率以活絲蚯蚓組的 820.2% 最高，明顯高於膏狀飼料、冷凍絲蚯蚓與鰻魚配合飼料混合、鰻魚配合飼料組。熱帶性鱸鰻苗培育，可採用室內小系統，控制水溫在 25~30 °C，其育成率可高於傳統室外池；而以膏狀飼料飼養已可完全取代初期使用活絲蚯蚓的馴餌方式。

關鍵詞：鱸鰻苗、水溫、攝餌、活存、成長

### 前 言

鱸鰻 (swamp eel, *Anguilla marmorata*) 是鰻魚屬中分佈範圍最廣的種類，屬熱帶種 (石川, 1999)，西起東非馬達加斯加島，東至法屬玻里尼西亞，北起日本，南至南太平洋。鱸鰻與日本鰻 (*A. japonica*) 皆屬產卵洄游，鱸鰻線身體較粗短，尾部中線有一明顯之黑斑 (陳, 1975)，鰻線隨洋流漂送至不特定河口。鱸鰻在臺灣污染較輕微的河川中皆可發現，而以東部、南部的族群較完整 (曾, 1986; 陳與方, 1999)。

臺灣的鰻魚產業萌芽於民國四十年代，在業界與政府的共同努力下，曾經創造年產百億元之佳績，但由於日本鰻苗資源日益減少，價格高漲，使得臺灣傳統的養鰻產業日漸萎縮，養鰻王國已

被中國取代。中國自 2005 年引進東南亞產鱸鰻線約 3000 多萬尾，逐年增加，2008 年引進 2 億尾進行育苗 (樊, 2009)，但尚未建立一套成熟的培育技術。在臺灣，鱸鰻自 1989 年雖然是世界唯一列入保育的國家，但早有業者大量自東南亞輸入鰻線。2009 年 4 月 1 日鱸鰻開始解除保育，成為一新的重要養殖魚種，一般認為其生命力很強，但根據訪查，屬熱帶性的鱸鰻，仿照屬溫帶性的日本鰻在室外土池養殖，育成率只有 20~30%。早期有關世界鰻魚之養殖試驗及生態調查，重點都集中在日本鰻、歐洲鰻 (*A. anguilla*) 及美洲鰻 (*A. rostrata*)。但由於此 3 種之天然鰻線資源明顯大量減少，近年來轉而開發幾種熱帶性品種，而相關的生理生態研究還非常缺乏。為了建立鱸鰻的養殖技術，本試驗首先針對鱸鰻苗培育之適當水溫及初期的適當餌料進行探討。

\*通訊作者 / 新竹縣竹北市泰和里 111 號, TEL: (035) 551190; FAX: (035) 554591; E-mail: l\_t\_s\_1@yahoo.com.tw

### 材料與方法

## 一、最高與最低半致死溫度

### (一) 預備試驗

在恆溫水槽中，放置圓形廣口玻璃缸（容積 15 L），內裝約 10 L 水，試驗採三重複，每缸各放入前一年育成之體長 13.3~14.8 cm，體重 3.10~4.07 g 鱸鰻苗 3 尾，於 25 °C 水溫蓄養 1 天後，以每 1 °C/hr 水溫之速度持續升或降溫（郭，1998），進行高、低溫耐性行為的觀察。

### (二) 正式試驗

由初步的致死結果，每缸各放入鰻苗 10 尾，採三重複，將試驗水溫由 25 °C，以每 1 °C/hr 之速度分別升到 36.0、36.5、37.0、37.5、38.0 °C 及降到 8.5、8.0、7.5、7.0、6.5 °C 的不同梯度水溫（相差 0.5 °C）後，恆溫觀察 7 天，期間隨時撈起死魚防止水質惡化，然後統計死亡數量，根據 Probit analysis (Finney, 1971) 軟體算出半致死溫度。

## 二、攝餌與溫度關係

在 2 mt FRP 水槽內放置 2 個萬能網編製的小型箱網 (90×60×60 cm<sup>3</sup>)，升溫採用 220 V 加熱控溫，降溫組利用冷卻機進行槽外循環，各箱網內放養體重 8.2~13.6 g 的鱸鰻 200 尾，總重約 2375 g，起始水溫 25 °C，試驗期間每天升或降 1 °C (李等, 2000)，於每天 9:00 投餵幼鰻粒狀浮性飼料，10 分鐘後撈起殘餘飼料計算顆粒數；為計算總攝餌量，逢機稱取 5 g，共稱取 3 次，取其平均顆粒數，然後換算攝餌量，以評估試驗魚之攝食與水溫關係。

## 三、成長試驗

試驗用之鱸鰻線，經膏狀飼料馴餌後，平均體長約 5.27 cm、體重約 0.15 g，分別進行以下二項試驗：

### (一) 不同水溫對鱸鰻苗成長之影響

試驗選用 130 L 橘色方型塑膠桶，內儲水 60 L，少量流水，在各冷房將水溫控制為 15、20、25 及 30 °C，誤差控制在 ±0.5 °C，採二重複，每桶各放養鱸鰻線 300 尾，水槽上方各設置二盞 40 燭光日光燈，照射時間為 6:00 至 18:00，每日投

餵日本進口膏狀飼料二次，以飽食為原則。

### (二) 不同餌料對鱸鰻苗成長影響

選用上述塑膠桶，內儲水 60 L，少量流水。水溫以小型加溫器控制在 30 °C，採二重複，每桶各放養鱸鰻線 150 尾，在室內採自然光照，試驗進行 30 天，每日投餵 2 次，以飽食為原則。分別投餵活絲蚯蚓、上述膏狀飼料、鰻魚配合飼料及冷凍絲蚯蚓與鰻魚配合飼料混合等四種不同餌料，進行成長比較。購回的活絲蚯蚓先以 4 ppm 二氧化氯藥浴 30 分鐘，再以少量流水蓄養，另取部分冷凍供試驗用。鰻魚配合飼料取乾重用適量的水調製成練餌，而混合組是取等量的鰻魚配合飼料與冷凍絲蚯蚓進行調製。成長情形分別以增重率 (percent weight gain)、飼料轉換率 (feed conversion rate)、活存率 (survival rate) 表示之，其計算方式如下：

$$\text{增重率 (\%)} = (\text{魚體增重}) \div (\text{魚體初重}) \times 100$$

$$\text{飼料轉換率 (\%)} = (\text{攝取飼料量}) \div (\text{魚體增重}) \times 100$$

$$\text{活存率 (\%)} = (\text{試驗末尾數}) \div (\text{試驗初尾數}) \times 100$$

## 四、統計分析

以 SPSS (Statistical Products Service and Solutions) 套裝軟體對測量參數進行 One-way ANOVA 分析比較，若有顯著差異時，續以 Scheffer test 作各組間比較 ( $\alpha = 0.05$ )。

## 結 果

### 一、最高與最低半致死溫度

觀察溫度改變對鱸鰻的影響，發現當水溫由 25 °C 升至 35.7 °C 鱸鰻出現側躺，36.2 °C 時急躁游動，36.6 °C 開始有死亡產生，而升至 38.2 °C 則全部死亡。而水溫降至 8.7 °C 幾乎停止游動，8.3 °C 側躺失去平衡，8.0 °C 時開始有死亡產生，6.8 °C 即全部死亡。升至各種溫度梯度，持續 7 天後，其死亡率如 Table 1。36.5 °C 組有 10% 的死亡率，38.0 °C 組死亡率由 37.5 °C 組的 40.0% 明顯升高到 76.7%。8.5 °C 組全部活存，當降至

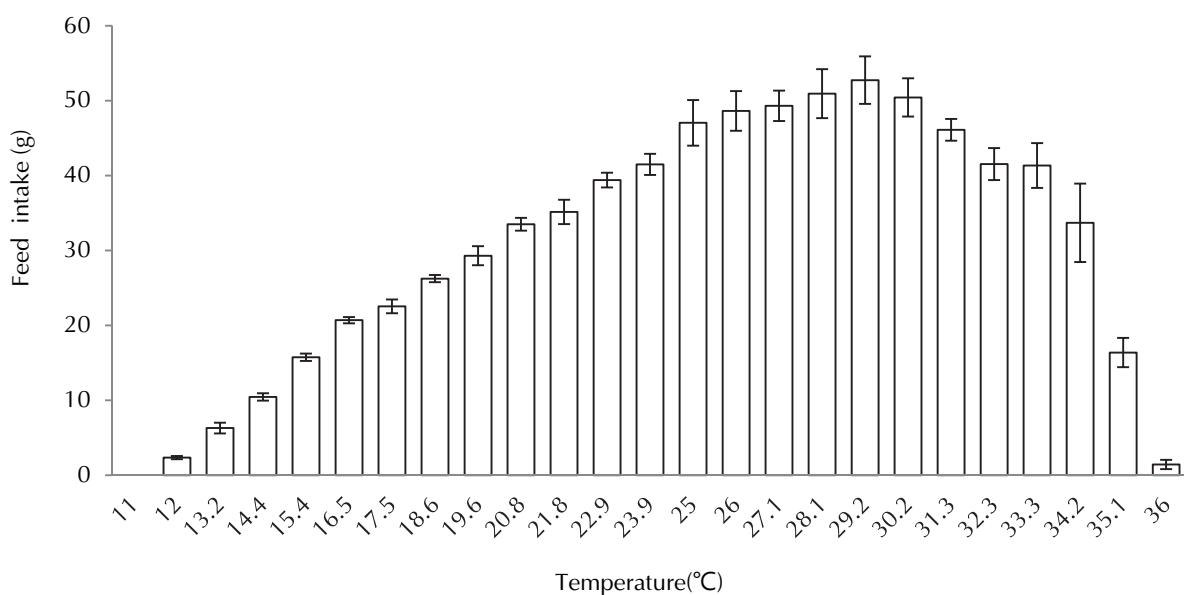


Fig. 1 The daily feed intake of swamp eel elvers at various temperatures.

8.0 °C 時會有 16.7% 死亡，而 7.0 °C 組死亡率由 7.5 °C 組的 33.3% 明顯增至 66.7%，6.5 °C 組全部死亡。經線性迴歸分析，其最高與最低半致死溫度分別為 37.1 °C 及 7.6 °C (Table 2)。

Table 1 Mortality rate (%) of swamp eel elvers reared under various temperatures for 7 days

ascending temperature (°C)	mortality (%)	descending temperature (°C)	mortality (%)
36.0	0	8.5	0
36.5	10.0	8.0	16.7
37.0	26.7	7.5	33.3
37.5	40.0	7.0	66.7
38.0	76.7	6.5	100.0

Table 2 The  $LT_{50}$  values and their 95% confidence limits for swamp eel elvers exposed to high and low temperatures for 7 days

temperature (°C)	$LT_{50}$ (95% confidence limits)
upper	37.06 (36.96 ~ 37.17)
lower	7.58 (7.39 ~ 7.76)

## 二、攝餌強度與溫度

本試驗在每天水溫升 1 °C 的環境中，鱸鰻攝餌量由 25.0 °C 的 47.04 g，隨著水溫的升高，在 29.2 °C 時攝餌量 52.74 g 達到最高，超過 30.2 °C 後，攝餌量隨水溫增高而下降，34.2 °C 時明顯減少，36.0 °C 時攝餌量只有 1.44 g，37.0 °C 時完全不攝餌，其最高攝餌溫度約在 36.0 ~ 37.0 °C。而隨著水溫下降，攝餌量逐漸減少，當水溫由 16.5 °C 降至 15.4 °C，開始明顯減少，12 °C 攝餌量只有 2.35 g，11 °C 則完全不攝餌 (Fig. 1)。

## 三、成長試驗

### (一) 不同水溫對鱸鰻苗成長之影響

試驗選擇四種水溫進行比較，經 6 週飼育結果，如 Table 3 所示，每尾鰻苗的總攝餌量在 30 °C 組為 6.28 g，高於 25 °C 組的 4.96 g、20 °C 組的 4.28 g，且顯著高於 15 °C 組的 1.24 g，分別約為此三組的 1.27 倍、1.47 倍及 5.06 倍。平均體長以 30 °C 組的 9.23 cm 最大，顯著大於 25 °C 組的 8.63 cm，20 °C 組的 8.05 cm 及 15 °C 組的 6.02 cm。在平均體重上，30 °C 組為 1.22 g，顯著大於 25 °C 組的 1.00 g、20 °C 組的 0.78 g 及 15 °C 組的 0.30 g。30 °C 組的成長率為 713.3%，則約為 25 °C 組

**Table 3** Growth of swamp eel elvers reared at various temperatures for 6 weeks

	rearing temperature			
	15 °C	20 °C	25 °C	30 °C
initial length (cm)	5.29±0.15	5.27±0.13	5.26±0.10	5.27±0.16
final length (cm)	6.02±0.51 <sup>a</sup>	8.05±1.02 <sup>b</sup>	8.63±1.00 <sup>c</sup>	9.23±0.98 <sup>d</sup>
initial weight (g)	0.15±0.03	0.15±0.04	0.15±0.02	0.15±0.04
final weight (g)	0.30±0.08 <sup>a</sup>	0.78±0.35 <sup>b</sup>	1.00±0.37 <sup>c</sup>	1.22±0.44 <sup>d</sup>
weight gain (g)	0.15±0.03 <sup>a</sup>	0.63±0.01 <sup>b</sup>	0.86±0.04 <sup>bc</sup>	1.07±0.08 <sup>c</sup>
percent weight gain	93.3±3.4 <sup>a</sup>	420.0±9.4 <sup>b</sup>	573.3±28.3 <sup>bc</sup>	713.3±56.5 <sup>c</sup>
average feed intake (g/fish)	1.24±0.05 <sup>a</sup>	4.28±0.91 <sup>ab</sup>	4.96±0.12 <sup>b</sup>	6.28±0.06 <sup>b</sup>
feed conversion rate	8.27±1.92 <sup>b</sup>	6.78±1.29 <sup>ab</sup>	5.81±0.38 <sup>a</sup>	5.89±0.41 <sup>a</sup>
survival rate (%)	57.2±9.5 <sup>a</sup>	68.9±16.8 <sup>a</sup>	86.7±2.2 <sup>b</sup>	89.3±1.1 <sup>b</sup>

Means without a common superscript in the same row are significantly different ( $p \leq 0.05$ )

**Table 4** Growth of swamp eel elvers fed with various diets (30 days)

	rearing diet			
	live wiggler	frozen wiggler and Eel diet	eel diet	paste food
initial weight (g)	0.15±0.01	0.15±0.02	0.15±0.01	0.15±0.01
final weight (g)	1.35±0.46 <sup>c</sup>	0.42±0.23 <sup>a</sup>	0.36±0.20 <sup>a</sup>	0.78±0.26 <sup>b</sup>
initial length (cm)	5.27±0.11	5.26±0.1	5.27±0.13	5.28±0.08
final length (cm)	8.06±0.75 <sup>c</sup>	6.54±0.90 <sup>a</sup>	6.29±0.70 <sup>a</sup>	7.77±0.75 <sup>b</sup>
weight gain (g)	1.23±0.07 <sup>d</sup>	0.27±0.02 <sup>b</sup>	0.20±0.04 <sup>a</sup>	0.63±0.01 <sup>c</sup>
percent weight gain	820.0±47.0 <sup>d</sup>	176.7±14.1 <sup>b</sup>	130.0±23.6 <sup>a</sup>	419.8±9.5 <sup>c</sup>
average feed intake (g/fish)	4.83±0.04 <sup>d</sup>	2.41±0.03 <sup>b</sup>	1.67±0.03 <sup>a</sup>	2.83±0.21 <sup>c</sup>
feed conversion rate	4.12±0.11 <sup>a</sup>	9.25±0.60 <sup>b</sup>	8.71±1.71 <sup>b</sup>	4.49±0.21 <sup>a</sup>
survival rate (%)	78.2±1.6 <sup>a</sup>	78.7±1.9 <sup>a</sup>	77.5±2.1 <sup>a</sup>	82.7±1.9 <sup>a</sup>

Means without a common superscript in the same row are significantly different ( $p \leq 0.05$ )

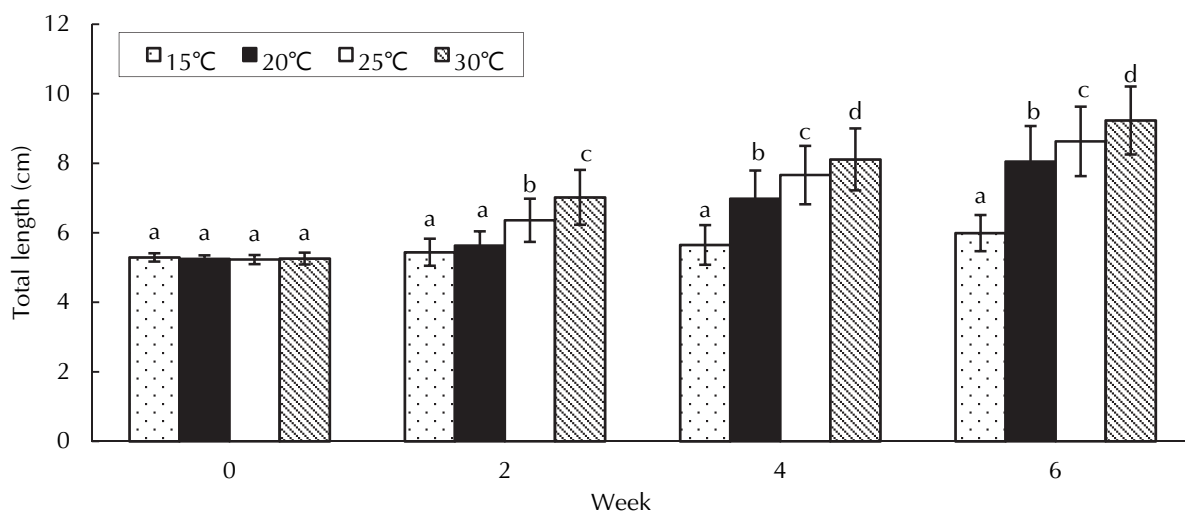
(573.3%)、20 °C 組 (420.0%) 及 15 °C 組 (93.3%) 的 1.24 倍、1.70 倍及 7.65 倍。

在飼料轉換率方面，25 °C 組為 5.81，優於 30 °C 組的 5.89、20 °C 組的 6.78 及 15 °C 組 8.27，各組無顯著差異。活存率在 30 °C 組為 89.3%，高於 25 °C 組的 86.7%，20 °C 組的 68.9% 及 15 °C 組的 57.2%。由成長情形顯示 (Fig. 2, 3)，經 2 週的飼育後，30 °C、25 °C 與 20 °C、15 °C 組之成長即產生明顯差距。

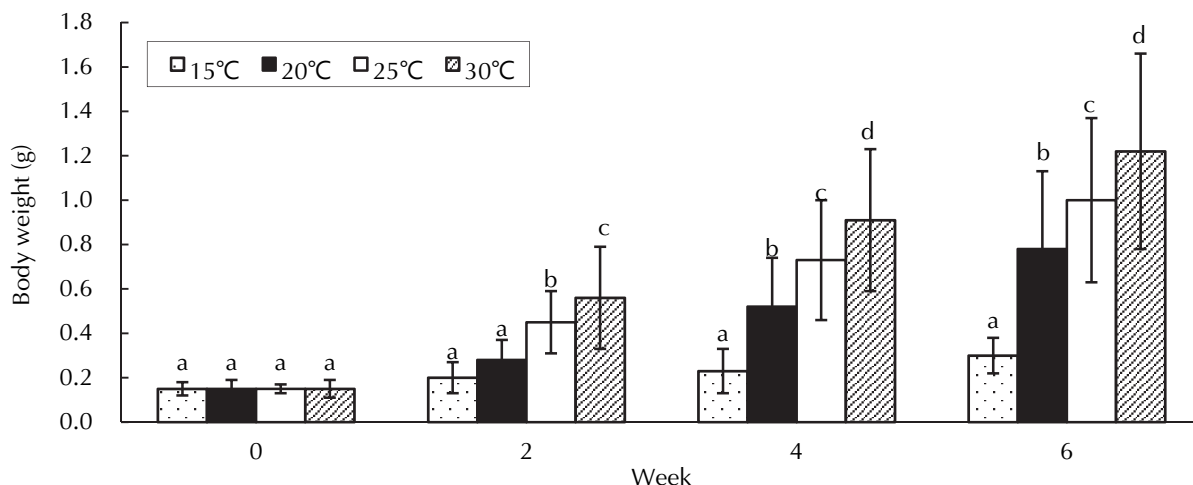
## (二) 不同餌料對鱸鰻苗成長影響

試驗選擇四種餌料進行比較，經 30 天飼育結果，如 Table 4 所示，攝餌量在活絲蚯蚓組為

4.83 g，顯著高於膏狀飼料組的 2.83 g、冷凍絲蚯蚓與鰻魚配合飼料混合組的 2.41 g 及鰻魚配合飼料的 1.67 g，分別約為此三組的 1.71 倍、2.00 倍及 2.89 倍；而活絲蚯蚓組的成長率為 820.0%，則約為膏狀飼料組 (419.8%)、冷凍絲蚯蚓與鰻魚配合飼料混合組 (176.7%)、鰻魚配合飼料組 (130.0%) 的 1.96 倍、4.65 倍及 6.32 倍。在飼料轉換率方面，活絲蚯蚓組平均為 4.12，優於膏狀飼料組的 4.49、鰻魚配合飼料組的 8.71 及冷凍絲蚯蚓與鰻魚配合飼料混合組的 9.25。活存率在膏狀飼料組、冷凍絲蚯蚓與鰻魚配合飼料混合組、活絲蚯蚓組、鰻魚配合飼料組分別為 82.7%、78.7%、78.2% 及 77.5%，四組並無明顯差異。



**Fig. 2** Growth in total length of swamp eel elvers reared at various temperatures for 6 weeks. Means without a common superscript in the same week are significantly different ( $p \leq 0.05$ ).



**Fig. 3** Growth in body weight of swamp eel elvers reared at various temperatures for 6 weeks. Means without a common superscript in the same week are significantly different ( $p \leq 0.05$ ).

## 討 論

鄧 (1977) 指出，日本鰻致死高溫約在 36 ~ 38 °C。Sadler (1979) 提及歐洲鰻在水溫 1 ~ 3 °C 時活力變低，其較適應水溫為 23 °C 或低於 29 °C。本試驗發現當水溫升至 36.2 °C 時鱸鰻開始急躁游動，36.6 °C 有死亡產生，而升至 38.2 °C 則全部死亡，其最高半致死溫度為 37.1 °C。而水溫降至 8.7 °C 幾乎停止游動，8.3 °C 側躺失去平衡，8.0 °C 時開始有死亡發生，6.8 °C 即全部死亡，最低半致死溫度為 7.6 °C。顯示鱸鰻的生存水溫範圍約在 10 ~ 35 °C。同時進行的日本鰻，發現升至 35.7

°C 開始身體捲曲，36.2 °C 有死亡發生；相反的降至 4.0 °C 尚未發生死亡，日本鰻的致死高溫與鱸鰻沒有顯著差別，而日本鰻與歐洲鰻兩種溫帶性品種明顯較熱帶性鱸鰻耐低溫。

汪和吳 (1994) 指出青魚 (*Mylopharyngodon piceus*)、草魚 (*Ctenopharyngodon idellus*)、鯪魚 (*Hypophthalmichthys molitrix*)、鱮魚 (*Aristichthys nobilis*)、鯉魚 (*Cyprinus carpio*)、鰱魚 (*Carassius auratus*) 等重要經濟魚類的最大半致死高溫分別為 39.9、39.4、39.7、39.8、39.3 及 38.6 °C，顯示鱸鰻較上述鯉科魚類不耐高溫。

陳 (1977) 指出鰻魚在水溫 8 °C 以下會冬眠，

13°C 以上開始攝餌。Walsh *et al.* (1983) 指出美洲鰻在水溫低於 10°C 時活力下降，停止餵飼。林等 (2009) 指出寶石鱸於每天升、降 1°C 情形下，寶石鱸 (*Scortum barcoo*) 在 16.5 ~ 37.0°C 範圍內皆有攝餌行為，其較適攝餌水溫為 19 ~ 32°C。由不同水溫攝餌量顯示 (Fig.1)，於每天升降 1°C 情形下，鱸鰻在 12.0 ~ 36.0°C 範圍內皆有攝餌行為，隨著飼育水溫的升高，其攝餌量明顯增加，29.2°C 時攝餌率達到最高，升到 30.2°C 時則呈現下降趨勢，而在水溫低於 16.5°C 或高於 34.2°C 時攝餌量都急劇下降。其最高攝餌溫度約在 36.0 ~ 37.0°C，而最低約在 12.0 ~ 11.0°C，生活較適攝餌水溫應在 16 ~ 34°C，鱸鰻攝餌適溫較寶石鱸範圍廣，但沒明顯差異。

Tzeng *et al.* (1998) 指出美洲鰻線體長及體重的最適成長溫度分別為 28.33 及 29.0°C。成長試驗選擇在 15、20、25 及 30°C 四種恆溫中進行飼育，由成長結果 (Table 3)，顯示鱸鰻在合適成長水溫範圍內，隨著飼育水溫的升高，其攝食量和成長均明顯增加，這在其他魚類亦有此現象，如鯉魚 (*Cyprinus carpio*) (Huisman *et al.*, 1979)、黃錫鯛 (*Sparus sarba*) (Mihelakakis *et al.*, 1994) 及日本江鰈 (*Paralichthys olivaceus*) (Nakahiro *et al.*, 1994) 等。一般，在飽食情況下，飼料轉換率會隨水溫升高而轉好 (Lancaster, 1991; Russell *et al.*, 1996)。劉 (1999) 指出雜交條紋鱸在 18、23 及 28°C 水溫中飼育，其飼料效率以 23°C 組最高，而 28°C 組則稍微低些。本試驗中，25°C 組飼料轉換率較佳為 5.81，其次是 30°C 組的 5.89，20°C 組的 6.78 及 15°C 組的 8.27，此仍顯示在低水溫時鱸鰻對飼料的利用較差，而超過較適水溫時，飼料轉換率又會變差。

傳統日本鰻苗育成，初期是以活絲蚯蚓進行馴餌 (郭, 1971; 賴, 2005)，但很容易帶入病源。為探討替代人工餌料之可行性，本試驗選擇四種餌料進行比較，由成長結果顯示 (Table 4) 投餵活絲蚯蚓組其攝食量、增重率均最高，分別為 4.83 g、820.0%，其次為膏狀飼料組，分別為 2.83 g、419.8%，冷凍絲蚯蚓與鰻魚粉料混合組分別為 2.41 g、176.7%，鰻魚配合飼料組最低分別為 1.67 g、130.0%。顯示鱸鰻苗很喜歡攝食絲蚯蚓，而從飼育期間發現，投餵經由 4 ppm 二氧化氯藥浴 30 分後的活絲蚯蚓，水質較清澈，可提供鱸鰻

苗整天攝食，因此其攝餌量明顯較其他組多。活存率以膏狀飼料組的 82.7% 為最高，其次是冷凍絲蚯蚓與鰻魚配合飼料混合組 78.7%、活絲蚯蚓組 78.2%、鰻魚配合飼料 77.5%，四組間沒有顯著差異。而絲蚯蚓經消毒後再餵，短期間內仍有很高的活存率，但長時間是否會爆發疾病感染，則尚待加以研究。飼料轉換率以活絲蚯蚓組的 4.12 較佳，其次是膏狀飼料組的 4.49，兩組沒有明顯差異，但優於冷凍絲蚯蚓與鰻魚配合飼料混合組、鰻魚配合飼料組。投餵膏狀飼料誘引性明顯較其他兩組人工飼料組好，一般在 10 分鐘內就會攝食完畢，且可避免帶入病源；但因其含水率高達 80%，且市售價格尚很高，一般的接受性還很低；而投餵揉成團狀的鰻魚配合飼料，誘引性較差，餌料浸泡水中時間較長，造成大部分飼料溶失在水中，導致飼料轉換率明顯較差，而且較容易污染水質，耗費較多的管理時間。

## 謝 辭

本試驗能順利完成，承本試驗場技工吳偉弘於試驗期間協助觀察與記錄，助理研究員劉于溶協助統計分析，特此申致謝忱。

## 參考文獻

- 石川智士 (1999) オオウナギの集團構造. 海洋月刊, 18: 65-68.
- 李文龍, 石振廣, 王雲山, 朱傳榮 (2000) 三種鱒科魚類臨界水溫試驗. 水產養殖, 5: 3-4.
- 汪錫鈞, 吳定安 (1994) 幾種主要淡水魚類溫度基準值的研究. 水產學報, 18 (2): 93-100.
- 林天生, 楊順德, 劉富光 (2010) 水溫對寶石鱸致死、攝餌及成長之影響. 水產研究, 18 (1): 55-63.
- 郭河 (1971) 鰻苗養成試驗. 臺灣省水產試驗所試驗研究報告, 7-12.
- 郭欽明 (1998) 低溫壓迫對魚類能量代謝生理之研究. 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告, 4 pp.
- 曾晴賢 (1986) 臺灣的淡水魚類. 臺灣省政府教育廳自然科學教育叢書, 183 pp.
- 陳宗雄 (1975) 臺灣產鰻線 *Anguilla japonica* 初步研究. 臺灣省水產試驗所試驗報告, 25: 59-66.
- 陳茂松 (1977) 養鰻時應備之知識-水產養殖要覽. 漁

- 牧科學雜誌社編印, 149-151.
- 陳義雄, 方力行 (1999) 臺灣淡水及河口魚類誌. 國立海洋生物博物館籌處, 287 pp.
- 鄧火土 (1977) 鰻病與對策-水產養殖要覽. 漁牧科學雜誌社編印, 307-310.
- 劉富光 (1999) 養殖水溫對雜交條紋鱸 (*Morone saxatilis* × *M. chrysops*) 飼料反應、成長及體成份之影響. 國立臺灣大學動物學研究所博士論文, 168 pp.
- 樊海平 (2009) 我國養殖鰻鱺新品種引進、試養調查分析. 科學養魚, 12: 2-3.
- 賴仲義 (2005) 鰻魚. 臺灣農家要覽, 179-184.
- Finney, D. J. (1971) Probit Analysis (3rd ed.). Cambridge, University Press, New Yorle, 333 pp.
- Huisman, E., A. Klein, J. G. P. Breteler, M. M. Vismans, E. Kanis (1979) Retention of Energy protein, fat and ash in growing carp (*Cyprinus carpio* L.) under different feeding and temperature regimes. In Finfish Nutrition and Fishfeed Technology (J. E. Halver and K. Tiews eds.), Heenemann, Berlin, Vol. I: 175-188.
- Lancaster, J. E. (1991) The feeding ecology of juvenile bass *Dicentrarchus labrax* (L.). Ph.D. thesis, University College of Wales, Swansea.
- Mihelakakis, A., T. Yoshimatsu and C. Kitajima (1994) Effects of environmental temperature of food intake and growth of the silver sea bream, *Sparus sarba* (F. Suisanzoshoku, 43: 491-497.
- Nyman, L. (1972) Some effects of temperature on eel (*Anguilla*) behavior. Institute of Freshwater Research, Drottningholm, Report 52: 91-102.
- Nakahiro, I., K. Kikuchi, H. Honda, M. Kiyono and H. Kurokura (1994) Effects of temperature on the growth of Japanese flounder. Fish. Sci., 60: 527-531.
- Russell, N. R., J. D. Fish, R. J. Wootton (1996) Feeding growth of juvenile sea bass: the effect of ration and temperature on growth rate and efficiency. J. Fish Biol., 49: 206-220.
- Sadler, K. (1979) Effects of temperature on the growth and survival of the European eel, *Anguilla anguilla* L. J. Fish Biol., 15: 499-507.
- Tzeng, W. N., Y. T. Wang and C. H. Wang (1998) Optimal growth temperature of American eel, *Anguilla rostrata* (Le Sueur). J. Fish. Soc. Taiwan, 25 (2): 111-115.
- Vollestad, L. A. (1986) Temperature-dependent activity of brackish water yellow eels, *Anguilla anguilla* L. Aqua. Fish Manag., 17: 201-205.
- Walsh, P. J., G. D. Foster and T. W. Moon (1983) The effects of temperature on the metabolism of the American eel *Anguilla rostrata* (LeSuer): compensation in the summer and torpor in the winter. Physiol. Zool., 56: 532-540.

## Effects of Temperature and Diet on Survival, Feeding, and Growth of Swamp Eel (*Anguilla marmorata*) Elvers

Tain-Sheng Lin\*

Freshwater Aquaculture Research Center, Fisheries Research Institute

### ABSTRACT

In this study, experiments were conducted to investigate the half lethal temperature, suitable feeding temperature, and effects of different temperatures and diets on the growth of swamp eel (*Anguilla marmorata*) elvers.

Swamp eel elvers were reared for one day at 25 °C, then cultivated further as the water temperature was increased or decreased continuously at the rate of 1 °C per hour. As the water temperature rose to 36.6 °C, the elvers started to die, and when it had reached 38.2 °C, all the elvers had died. When the water temperature declined to 8.3 °C, a few elvers died, while all the rest had died by the time it reached 6.8 °C. The upper and lower lethal temperatures were estimated to be 37.1 °C and 7.6 °C, respectively.

In another experiment, after elvers were stocked at 25 °C for one day, the water temperature was increased or decreased for 1 °C per day. The elvers had the highest feeding rate at 29.2 °C. At over 30.2 °C, their feeding rate slowed down, and at 37.0 °C, it had completely stopped.

In the growth trial, 300 swamp eel elvers were reared in four thermo-regulated recirculating tanks at 15, 20, 25, and 30 °C for 6 weeks. The elvers reared at 30 °C had the best growth rate (713.3%). That growth rate was not significantly different from that of the elvers reared at 25 °C, but it was significantly higher than the rates for those reared at 20 °C and 15 °C. The feed conversion ratio of the elvers reared at 25 °C was better than those of the elvers reared at 30, 20, and 15 °C.

A 30-day experiment was also conducted on four kinds of diets for swamp eels. The group cultivated with a living wiggler diet attained the highest percent weight gain (820.2%), which was significantly higher than those of the groups reared, respectively, with paste feed, a frozen wiggler mixed eel diet, and an eel diet.

In conclusion, tropical swamp eel elvers can be cultivated successfully indoors when reared in controlled water temperatures in the range of 25~30 °C and fed with paste feed.

**Key words:** swamp eel (*Anguilla marmorata*), temperature, feeds, survival, growth

---

\*Correspondence: 111 Tai-Ho, Chupei, Hsinchu 302, Taiwan. TEL: (03) 555-1190; FAX: (03) 555-4591; E-mail: l\_t\_s\_1@yahoo.com.tw