

楊順德¹，黃德威¹，劉富光¹，廖一久²

¹ 台灣省水產試驗所 竹北分所

² 台灣省水產試驗所

(1995 年 6 月 29 日接受)



水溫對銀鱸 *Bidyanus bidyanus* 稚魚成長之影響

摘要

本試驗探討水溫與銀鱸 *Bidyanus bidyanus* 稚魚之成長及生理代謝的關係。試驗分為 18、23 及 28 °C 三組，每組二重複，利用水容量 2.5 噸之溫控過濾循環式水族箱，各收容 60 尾體重約 4.5 g 之稚魚，每日以任食方法投餵市售人工浮性飼料三次。三個月的成長試驗結果顯示，平均攝餌量和增重率在三個處理組間有顯著差異，以 28 °C 組最高，23 °C 組次之，18 °C 組最低。在飼料效率和肥滿度方面，18 °C 組較 28 °C 組低，而 23 °C 組則介於其間。分析魚體肌肉粗成分發現，28 °C 組的水分含量顯著低於其它兩組，至於脂質和灰分含量則與水分呈相反趨勢。試驗魚對飼料的蛋白質效率、蛋白質蓄積率及脂質蓄積率，均隨水溫的上升而增高，顯示水溫會影響銀鱸稚魚對蛋白質和脂質的生成與利用。每一處理組選取重約 11.0 g 的魚 10 尾，飢餓兩天後任食一餐，以進行排氮量測定，結果得知飼育水溫愈高則排氮率也愈高，水溫影響攝餌量並進而影響其排氮率的高低；另外，排氮率達第一次高峰的時間在餵食後的 4 小時內，第二次達高峰的時間在 28 °C 組為攝食後 12 小時，23 及 18 °C 組則為攝食後 16 小時，顯示飼育水溫會影響銀鱸稚魚排氮速率的快慢。

關鍵字：銀鱸稚魚，水溫，成長，排氮率

水溫是影響魚類生理與生化功能的重要因子，當食物不受限制時，魚類的攝餌及成長通常隨水溫的上升而增加，但當水溫超過某一溫度時，攝餌及成長則會急劇下降⁽¹⁾。水溫控制了魚類的發育、成熟、攝餌、基礎代謝需求、代謝速率、酵素機制及細胞膜功能等等的生理反應⁽²⁾。Shikata et al.⁽³⁾指出，鯉魚 *Cyprinus carpio* 的代謝反應隨著馴養水溫的不同而有所差異，進而影響到魚體對能量物質的蓄積；另一方面，Jobling⁽⁴⁾則認為測定氮及總含氮排泄物所得之數據是為瞭解不同環境因子及營養因子影響魚體蛋白質新陳代謝的重要指標。

銀鱸 *Bidyanus bidyanus* 原產於澳洲東部，具有雜食性、耐寒、成長快速、易於接受人工飼料及高密度放養等優點，而且人工繁殖技術也已建立，因此在澳洲當地被認為是極具發展潛力的養殖魚種⁽⁵⁾。本省養殖業者於 1990 年左右引進此魚種試養。本分所於

1992 年向民間購買 100 尾稚魚，並於 1994 年 4—5 月間分別成功地完成人工繁殖及人為自然產卵試驗⁽⁶⁾，因此種苗量產不成問題。但鑑於本省之銀鱸養殖相關基礎生物學研究並不多，因此，本文先就不同的飼育水溫對銀鱸稚魚成長之影響進行探討，以初步瞭解水溫與銀鱸生理代謝之間的關係。

材料與方法

一、成長試驗

試驗魚係本分所人工繁殖成功者，重約 4.50 g 之銀鱸稚魚。試驗分為 18、23 及 28 °C 三組，每組二重複，每一重複收容 60 尾稚魚於 2.0 m × 1.7 m × 0.8 m 之溫控過濾循環式水族箱中。為使試驗魚適應供試環境，花一週的時間逐漸調整至各供試水溫。水溫變化範圍為 ± 0.5 °C，待供試魚適應環境並回復

楊順德，黃德威，劉富光，廖一久 (1995) 水溫對銀鱸 *Bidyanus bidyanus* 稚魚成長之影響。水產研究, 3(1): 19-30.

正常攝食後一週，才開始進行各項試驗。

試驗進行三個月，供試期間每日以任食方式餵食市售人工浮性飼料三次，每餐餵食 1 小時後撈取殘餌計數；為計算總攝餌量，逢機稱取 1.00 g 的飼料計數，共稱取十次，取其平均數換算殘餌重量。人工飼料之水分、粗蛋白質、脂質以及灰分含量，分別為 8.93、51.05、8.03 及 11.45%。中間測定係每二週於各水箱中逢機取樣 30 尾，測定其體長和體重。測定當日不餵食。

成長情形分別以增重率 (Percent weight gain)、日成長率 (Specific growth rate)、日攝餌率 (Daily ration)、飼料效率 (Feed efficiency)、活存率 (Survival rate) 及肥滿度 (Condition factor) 表示之：

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

$$\text{日成長率}(\%) = [\ln(\text{魚體末重}) - \ln(\text{魚體初重})] \div (\text{試驗天數}) \times 100$$

$$\text{日攝餌率}(\%) = (\text{總攝餌量}) \div [(\text{魚體初重與末重之平均}) \times (\text{試驗天數})] \times 100$$

$$\text{飼料效率}(\%) = (\text{魚體增重}) \div (\text{攝取飼料重}) \times 100$$

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

$$\text{肥滿度} = (\text{魚體重}) \div (\text{魚體長})^3 \times 1000$$

二、排氮試驗

成長試驗結束後，由每一處理組選取重約 11.00 g 的魚 10 尾，先將魚飢餓 48 小時後再任食一餐。餐後 1 小時，使用 2-phenoxyethanol 予以麻醉，再將每尾魚分別移入裝水 2 L 之 10 L 塑膠桶中，並將塑膠桶置於大型水浴槽中以保持恆溫。將魚移入桶中後，24 小時內每隔 4 小時採水 10 ml，以測定總氮濃度。水中之氮濃度係參考 APHA⁽⁷⁾之 Automated phenate method 測定。

三、分析方法

(一)化學分析

成長試驗結束後，每一水族箱逢機選取 5 尾魚，取背部肌肉予以混合後進行化學分析。飼料及魚體肌肉之水份、粗蛋白質及灰份依 AOAC⁽⁸⁾方法分析，而脂質則以氯仿與甲醇 (2:1, v/v) 萃取之⁽⁹⁾。魚體對飼料蛋白質和脂質的利用效率係以蛋白質效率 (Protein efficiency rate)、蛋白質蓄積率 (Percent protein

retention) 及脂質蓄積率 (Percent lipid retention) 評估：

$$\text{蛋白質效率}(\text{g/g}) = (\text{魚體增重}) \div (\text{蛋白質攝取量})$$

$$\text{蛋白質蓄積率}(\%) = (\text{魚體蓄積蛋白質量}) \div (\text{蛋白質攝取量}) \times 100$$

$$\text{脂質蓄積率}(\%) = (\text{魚體蓄積脂質量}) \div (\text{脂質攝取量}) \times 100$$

(二)統計分析

試驗數據以變異數分析 (One-way ANOVA) 及鄧肯氏多變域測驗⁽¹⁰⁾檢測差異，且均以 SAS 套裝軟體處理，差異顯著水準定在 $\alpha = 0.05$ ；而百分比數據則先予以常態化 (Normalization)⁽¹¹⁾再進行統計分析。

結果

一、成長試驗

經過 12 週的飼育試驗結果如 Table 1 所示，每尾魚的總攝餌量以 28 °C 組的 38.49 g，顯著高於 23 °C 組 (19.86 g) 及 18 °C 組 (7.31 g)，分別約為此二組的兩倍及五倍；而 28 °C 組的成長率 (570.25%) 則約為 23 °C 組 (255.03%) 及 18 °C 組 (80.65%) 的兩倍及七倍。在飼料效率方面，28 及 23 °C 組分別為 67.03 及 62.98%，二組間無顯著差異，但均高於 18 °C 組的 45.26%。肥滿度則以 28 °C 組的 14.27 為最高，與 23 °C 組 (13.37) 無顯著差異，但顯著高於 18 °C 組的 12.58。至於活存率在三個處理組間並無顯著差異。

將魚體增重對飼育天數作線性迴歸分析結果如 Table 2 所示，28 °C 組的成長係數 (0.3166) 高出 18 °C 組 (0.0461) 的近七倍之多。試驗期間的日成長率變化 (Fig. 1) 及日攝餌率變化 (Fig. 2) 均以 28 °C 組最高，23 °C 組次之，18 °C 組最低；並且在試驗期間的前一個月，各組均有較高的日成長率及日攝餌率。

成長試驗結束後，測定各組所有魚的體重及全長 (Fig. 3) 時發現，18、23 及 28 °C 組的體重累積頻度分布超過 90.00% 者，分別為 2.6 — 17.5 g (約佔 96.39%)、5.1 — 40.0 g (約佔 90.70%) 及 10.1 — 60.0 g (約佔 93.01%)；全長累積頻度分布超過 90.00% 者，則分別為 5.1 — 11.0 cm (約佔 92.84%)、6.1 — 13.0 cm (約佔 93.24%) 及 8.1 — 15.0 cm (約佔 91.45%)。

Table 1. Growth of juvenile silver perch fed ad libitum at different rearing temperatures for 12 weeks¹.

	Rearing temperature		
	18 °C	23 °C	28 °C
Initial weight (g)	4.51± 1.86	4.94± 1.65	4.56± 1.49
Final weight (g)	8.14± 4.12	17.53± 10.81	30.55± 14.56
Weight gain (g)	3.63± 1.36 ^c	12.59± 1.63 ^b	25.99± 2.31 ^a
Percent weight gain (%)	80.65± 8.74 ^c	255.03± 3.74 ^b	570.25± 15.12 ^a
Average feed intake (g/fish)	7.31± 1.13 ^c	19.86± 0.46 ^b	38.49± 2.56 ^a
Feed efficiency (%)	45.26± 9.07 ^b	62.98± 0.39 ^a	67.03± 1.73 ^a
Survival rate (%)	93.33± 4.71	98.33± 2.36	95.83± 5.89
Condition factor	12.58± 1.64 ^b	13.37± 1.15 ^{ab}	14.27± 1.16 ^a

¹ Means±SD with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$).

Table 2. Relationship between body weight W (g) and T (days) of juvenile silver perch reared at various temperatures during the experimental period of 12 weeks.

Temperature (°C)	Regression equation	r
18	$W = 0.0461 T + 4.2421$	0.9732
23	$W = 0.1610 T + 4.2027$	0.9741
28	$W = 0.3166 T + 2.3798$	0.9723

二、魚體組成與蛋白質和脂質的利用

飼育 12 週後各試驗組之魚體肌肉粗成份的組成如 Table 3 所示，28 °C 組的水分 (74.12%) 顯著低於 23 °C 組 (75.43%) 及 18 °C 組 (75.41%)；然而脂質及灰分的含量則與水分呈負相關，即 28 °C 組的脂質與灰分分別為 4.42% 與 1.99%，顯著高於 23 °C 組的 3.56% 與 1.72% 或 18 °C 組的 3.45% 與 1.64%。另外，在蛋白質含量方面，則各處理組間無顯著差異。

由各組供試魚對飼料的蛋白質效率 (PER)、蛋白質蓄積率 (PPR) 及脂質蓄積率 (PLR) 的分析結果發現 28 °C 組的 PER、PPR 及 PLR 分別為 1.32 (g/g)、28.28% 及 41.99% 為最高，其次為 23 °C 組的 1.24 (g/g)、26.47% 及 30.48%，而以 18 °C 組的 0.97 (g/g)、21.63% 及 21.57% 為最低，而且 28 °C 組的這三種介值均顯著大於 18 °C 組；但 PPR 值在三組間都顯著不同 (Fig. 4)。

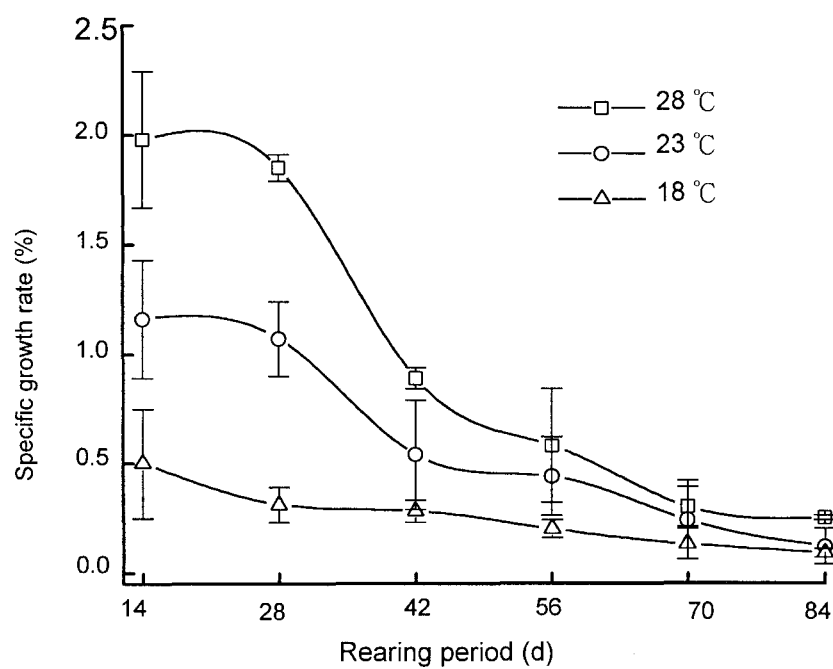


Fig. 1. Specific growth rate of juvenile silver perch reared at different temperatures for 12 weeks.

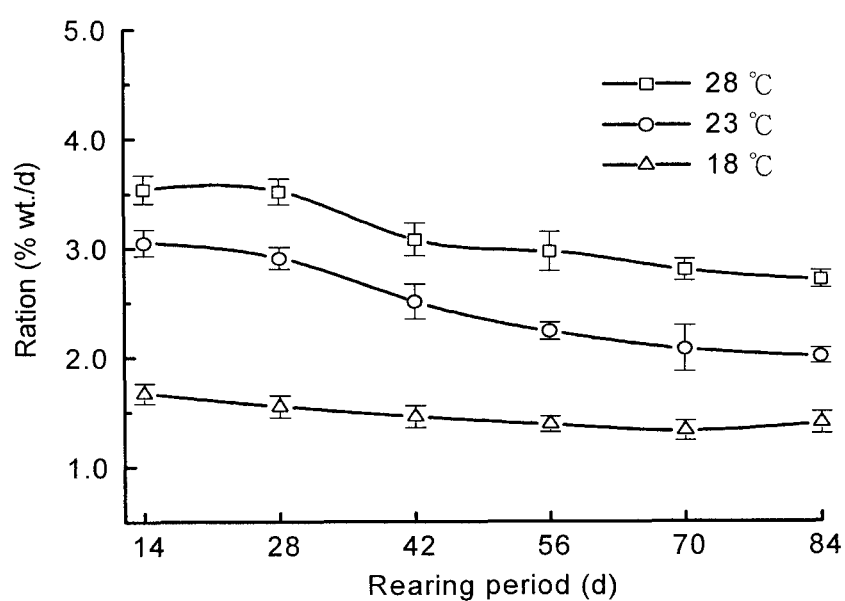


Fig. 2. Daily ration of juvenile silver perch fed ad libitum at different temperatures.

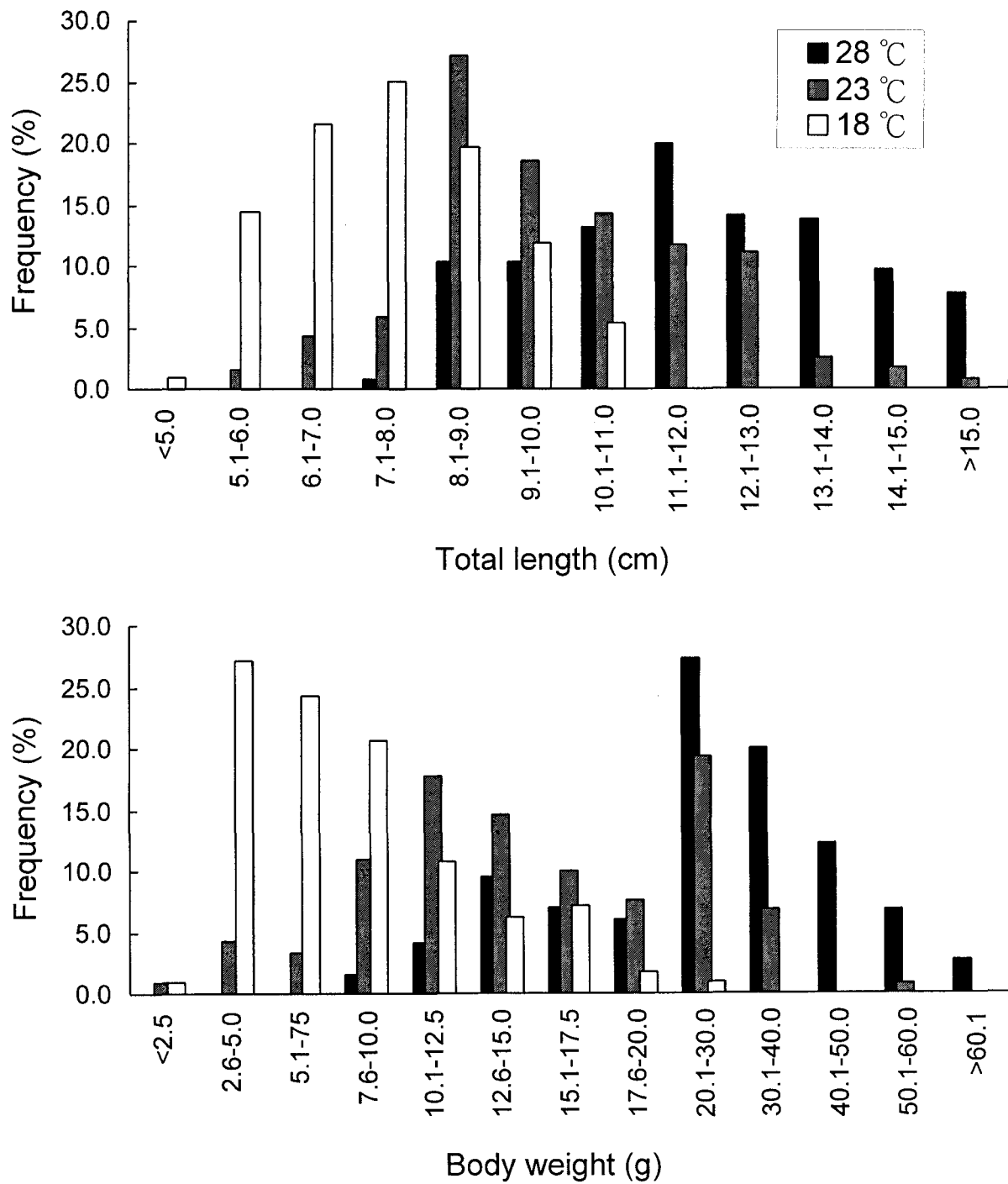


Fig. 3. Frequency distribution of body length and weight of juvenile silver perch reared at different temperatures for 12 weeks.

Table 3. Muscle composition (%) of silver perch reared at various temperatures for 12 weeks¹.

Composition	Initial	Rearing temperature		
		18°C	23°C	28°C
Moisture	74.90± 0.24	75.41± 0.66 ^a	75.43± 0.39 ^a	74.12± 0.21 ^b
Crude protein	18.71± 0.09	19.38± 0.16	19.21± 0.34	19.35± 0.12
Lipid	3.66± 0.33	3.45± 0.22 ^b	3.56± 0.40 ^b	4.42± 0.18 ^a
Ash	2.19± 0.63	1.64± 0.11 ^b	1.72± 0.12 ^b	1.99± 0.05 ^a

¹ Means±SD with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$).

三、排氮試驗

不同水溫處理組在攝食 1 小時後，試驗魚的排氮率在各時段大致以 28 °C 組最高，23 °C 組次之，18 °C 組最低 (Fig. 5)，顯示水溫影響魚類的排氮率至鉅。各組的排氮率在 4 小時即達到最高峰，且以 28 °C 組的 4.78 mg-N/100g fish wt./h 最高，23 °C 組次之約為 28 °C 組的 2/3，而 18 °C 組則約只有 28 °C 組的 2/5 為最低。另外，28 °C 組在第 12 小時有另一高峰，而 23 °C 組及 18 °C 組則在第 16 小時才有另一高峰出現。各處理組的排氮率在第二個高峰出現後即逐漸減低，在第 24 小時，28、23 及 18 °C 組的排氮率分別只剩下 2.22、1.82 及 1.09 mg-N/100g fish wt./h，此時，28 °C 組約為 18 °C 組的兩倍。

討論

銀鱸對水溫的耐受範圍為 2 – 38 °C，但最適成長的水溫範圍仍不清楚，Rowland 則推測應在 23 – 28 °C 之間⁽¹²⁾。經由本試驗的成長結果顯示 (Table 1 及 Table 2)，銀鱸在合適成長水溫範圍內隨著飼育水溫的升高，其攝餌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*^(13,14)、虹鱒⁽¹⁵⁾、黃錫鯛 *Sparus sarba*⁽¹⁶⁾ 及日本江鯽 *Paralichthys olivaceus*⁽¹⁷⁾ 等。另外，一些設定水溫範圍較寬的試驗報告^(1,14,18) 亦指出，魚的成長率隨著水溫的升高而逐漸達到最高，但超過最適水溫範圍的上限時，成長則又

降低；由於本試驗所設定的水溫上限與 Rowland⁽¹²⁾ 一致，而 28 °C 是否為銀鱸的最適成長水溫範圍上限，仍有待進一步的研究。

銀鱸的攝餌量隨水溫的升高而增加 (Table 1)，且高水溫的 28 °C 組其成長 (Table 1 及 Table 2) 也較佳。Wurtsbaugh and Davis⁽¹⁵⁾ 指出，在高水溫下，魚類需要較高的能量 (Maintenance energy) 以維持正常生理，若是攝餌量低於維持基本的體能時，將因能量物質補充不足而導致負成長。本試驗是以任食方式投餵飼料，且在較高溫環境下進行，食物因在魚體消化道內消化後排放出體外的時間縮短⁽¹⁹⁾，造成食慾的增進⁽²⁰⁾，而使得三個處理組間之魚體成長及攝餌量具有顯著差異，且以 28 °C 組的攝餌量較其它兩組多。

銀鱸在各階段的日成長率變化與日攝餌率變化頗為一致 (Fig. 1 及 Fig. 2)，雖然這兩種介值均以飼育水溫高者較高，但在試驗一個月之後，各試驗組之日成長率與日攝餌率均呈現明顯下降的趨勢；Elliott 也曾發現⁽²¹⁾，不論以何種投餌率投餵，隨著褐鱒 *Salmo trutta* 的成長，水溫對成長的效應逐漸降低。這可能是魚體生理上對水溫的一種彌補反應 (Compensatory response)⁽²²⁾ 所致，亦即魚的成長過程對水溫存在著適應性 (Adaptation)⁽²³⁾，長期飼育在較高水溫的魚不太可能始終維持在高水平的日攝餌率或日成長率，而是會逐漸下降的，但相對於其他較低的飼育水溫組，28 °C 組的日成長率或日攝餌率仍屬較高者 (Fig. 1 及 Fig. 2)。

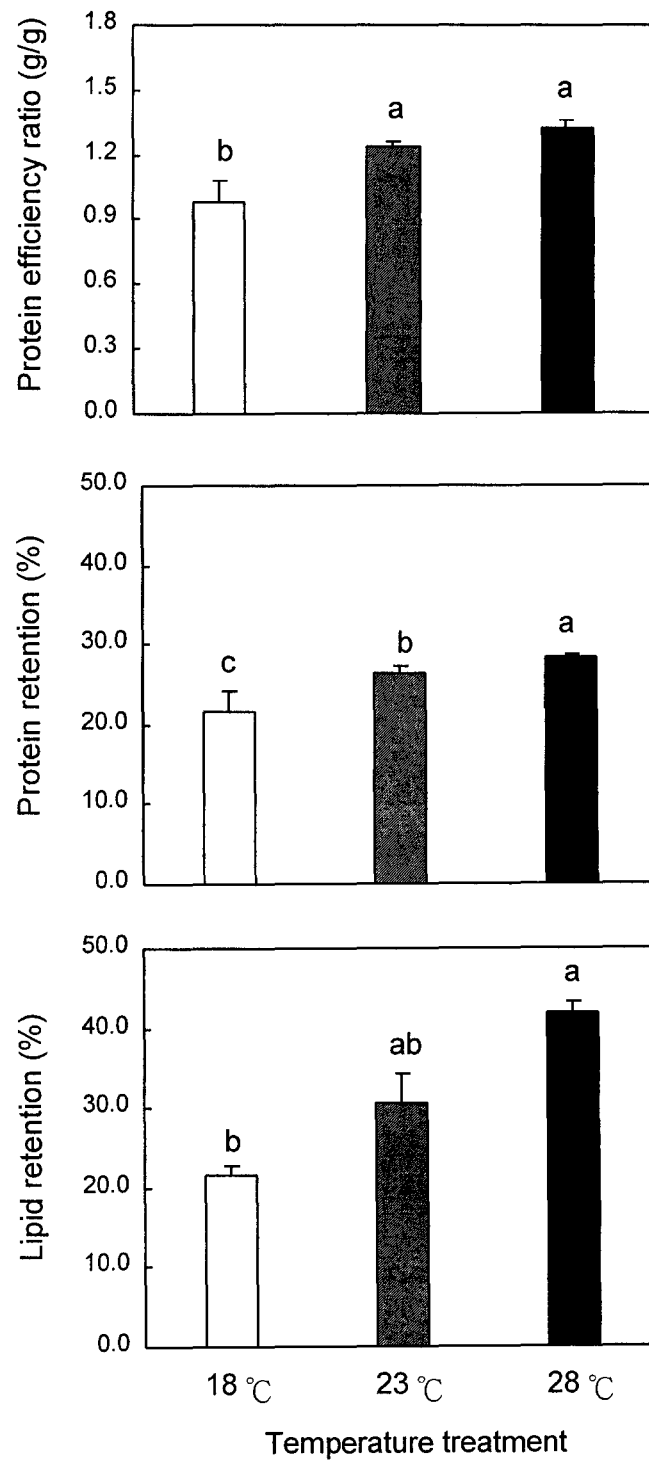


Fig. 4. Protein efficiency ratio, percent protein retention and percent lipid retention of silver perch after 12 weeks rearing at different temperatures. (Bars not sharing the same letter are significantly different, $p < 0.05$).

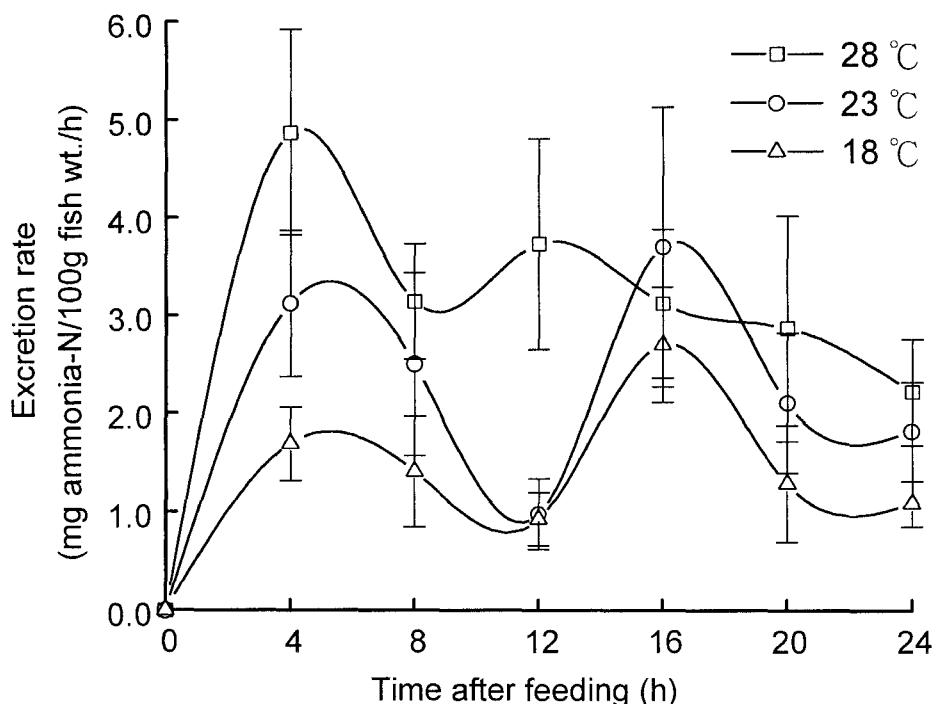


Fig. 5. Effect of temperature on total ammonia-N excretion rate of juvenile silver perch.

本試驗中 18 °C 組的飼料效率顯著低於 23 或 28 °C 組 (Table 1)，此乃顯示低水溫時銀鱸對飼料的利用較差，其他種魚類，如鯉魚^(13,14)、黃錫鯛⁽¹⁶⁾及海鱸 *Dicentrarchus labrax*⁽²⁴⁾等亦有類似情形。經由試驗結果顯示，18 °C 組的 PER、PPR 及 PLR 均低於 23 或 28 °C 組 (Fig. 4)，因此，低溫組之飼料效率較低的原因，可能是魚類在低溫時對能量物質轉換成體質貯存的能力較差所致，Kaushik⁽²⁾及 Hidalgo et al.⁽²⁴⁾的報告中亦有類似的推測。

肥滿度是測定魚體長與體重關係的簡單指標，本試驗中，18 °C 組的肥滿度顯著低於 23 或 28 °C 組，但 23 和 28 °C 組間則無顯著差異 (Table 1)，這種肥滿度隨飼育水溫的升高而略微增加的趨勢與黃錫鯛的試驗結果相似⁽¹⁶⁾，但 Banks et al.⁽²⁵⁾卻不認為水溫對肥滿度有所影響，此不一致的試驗結果可能是由於不同魚種間外部形態或供試魚體大小不同所致。

由各組魚體重及全長的分布頻度 (Fig. 3) 發現，18 °C 組的體重較輕而全長也較短，但其體重及全長的頻度分布較集中，主要分布在 2.6 – 17.5 g 及 5.1 –

11.0 cm 之間；23 °C 組的體重及全長的頻度分布較為廣些，分布在 5.1 – 40.0 g 及 6.1 – 13.0 cm 之間；而 28 °C 組的體重較重而全長較長且其體重及全長的頻度分布最廣，主要分布在 10.1 – 60.0 g 及 8.1 – 15.0 cm 之間。亦即由本試驗結果顯示，成長較快的試驗組雖然魚體體型較大，但個體間的差異也較大，這在草魚 *Ctenopharyngodon idella*⁽²⁶⁾的養殖密度試驗中亦有類似的情形。

水溫對魚體粗成份之組成亦有影響，28 °C 組在飼育 12 週後其脂質與灰分之含量顯著較 23 或 18 °C 組為高，但水分恰與脂質或灰分呈相反的趨勢，亦即其含量顯著地較 23 或 18 °C 組為低。一般而言，在較高溫及過量投餵下，脂質的蓄積作用通常會增加^(13, 27)，此次高溫組 (28 °C) 的肌肉脂質含量亦較其他兩組高。至於灰分的含量也以 28 °C 組較高，這可能與魚類之攝餌量有關。

水溫影響魚類的代謝速率，進而直接影響到魚類的排氮率，由紅鰾 *Pleuronectes platessa*⁽⁴⁾、白眼鱸 *Stizostedion vitreum vitreum*⁽²⁸⁾及日本江鰾⁽²⁹⁾的試驗

結果均顯示，魚類的排氨速率係隨著水溫的升高而增加，而本試驗的結果也有相同的傾向 (Fig. 5)。魚體排泄之氮（主要為氨的型式）的來源包括由基礎代謝而來的內因性氮 (Endogenous nitrogen) 和由食物蛋白質分解而得的外因性氮 (Exogenous nitrogen)⁽³⁰⁾。飼料中的胺基酸經去胺作用 (Deamination) 後，所餘的碳骨架被用來作為能量來源，而去胺後的胺基 (-NH₂) 則以氨 (NH₃ 或 NH₄⁺) 的型式排出體外。通常，經由絕食⁽³¹⁾ 或投餵無氮飼料⁽³²⁾ 所求得之基礎代謝的內因性氮排泄率係隨飼育水溫的升高而增加，而依據 Brett and Zala⁽³¹⁾ 的說法，餐後 24 小時以後的排氨率即已相當接近魚的基礎代謝排氨率，因此，由本試驗在餐後 24 小時的排氨率推測，銀鱸在 28 和 18 °C 之基礎代謝排氨率的近似值相差約兩倍 (Fig. 5)。另一方面，Harris and Probyn⁽³³⁾ 指出，外因性氮的排出不受水溫的影響，只受魚體大小和攝餌量的左右；而本試驗中各處理組在餐後各時段的排氨率均以 28 °C 組為最高，23 °C 組居次，18 °C 組最低，其可能原因為水溫影響魚類攝餌量的多寡，進而影響排氨率的高低。一般而言，高溫組魚的活動性較高，有較高的能量需求⁽²⁸⁾，因而攝餌量會增加，而導致排氨率隨著增高⁽⁴⁾。

由 Fig. 5 得知，各處理組在餐後的 4 小時內其排氨率即已達到高峰，部分是由於人為操作的緊迫所造成外，其他魚類，如紅魴魚 *Oncorhynchus nerka*⁽³¹⁾、虹鱒⁽³⁴⁾ 及日本江鰈⁽³⁵⁾ 等也分別在其投餌後的 4.5、4 及 3-6 小時時之排氨速率達到高峰。Jobling⁽⁴⁾ 則認為，在投餵後短短的數小時內排氨率即會達高峰，是飼料蛋白質經過同化作用和去胺作用所造成能量流失的結果，此項說明驗證了魚類在攝食後 4 小時，血液中的氨濃度即有一次高峰⁽³⁶⁾。另外，虹鱒在攝食後 12 小時，血液中的氨也有另一高峰出現⁽³⁶⁾。本試驗中，28 °C 組在 12 小時及 23 與 18 °C 組在 16 小時，均有另一排氨的高峰出現，顯示水溫影響銀鱸排氨速率的快慢。至於一次攝食為何會有兩次的排氨高峰，其可能原因為第一次排氨是由於消化作用的耗能⁽³⁷⁾ 或血液中過高濃度的胺基酸需將部分排出⁽³⁶⁾，而第二次的高峰則是由於消化吸收後無法利用的胺基酸被當作能量利用掉所致。此外，Rychly and Marina⁽³⁷⁾ 亦推測魚類週期性的排氨與魚的活力和耗氧量，甚至日週性荷爾蒙的分泌有關，然而，Ming⁽³⁸⁾ 卻指出，魚體大小、試驗前之絕食程度、容器內魚隻之尾數以

及換水與否等試驗設計上的差異，都可能是導致一次攝食卻有多次排氨高峰出現的原因。

謝辭

本試驗承國立台灣海洋大學水產養殖研究所劉擎華博士提供寶貴意見並惠借儀器設備，以及竹北分所同仁於試驗期間的鼎力協助，在此一併申謝。

參考文獻

1. Brett, J. R. and T. D. D. Groves (1979) Physiological energetics. In Fish Physiology, vol VIII, (W. S. Hoar, D. J. Randall and J. R. Brett eds.). Academic Press, New York, USA, 279-352.
2. Kaushik, S. J. (1986) Environmental effects on feed utilization. Fish Physiol. Biochem., 2: 131-140.
3. Shikata, T., S. Iwanaga and S. Shimeno (1995) Metabolic response of acclimation temperature in carp. Fish. Sci., 61: 512-516.
4. Jobling, M. (1981) Some effects of temperature, feeding and body weight on nitrogenous excretion in young plaice *Pleuronectes platessa* L. J. Fish. Biol., 18: 87-96.
5. Rowland, S. J. (1995) The silver perch, *Bidyanus bidyanus*, and its potential for aquaculture. In Silver Perch Culture, (S. J. Rowland and C. Bryant eds.). Proceedings of Silver Perch Aquaculture Workshops, Grafton and Narrandera, Australia, Apr. 1994, 9-11.
6. 劉富光, 黃家富, 黃德威 (1994) 銀鱸人工繁殖及人為自然產卵試驗. 台灣省水產學會論文發表會, 十二月五—八日, 台北, 109 (摘要)
7. American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation (1995) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed. American Public Health Assoc., Washington, DC, USA, 1100 pp.
8. Association of Official Analytical Chemists (1980) Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 13th ed. Washington, DC, USA, 1018 pp.
9. Folch, J., M. Less and G. H. Sloane-Stanely (1957) A simple method for isolation of total lipids from animal tissue. J. Biol. Chem., 226: 497-509.

10. Duncan, D. B. (1955) Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, **11**: 1-42.
11. Snedecor, G. W. and W. G. Cochran (1967) Statistical methods. Iowa State University Press, Ames, IA, 593 pp.
12. Rowland, S. J. (1995) Water quality in the intensive pond culture of silver perch. In *Silver Perch Culture*, (S. J. Rowland and C. Bryant eds). Proceedings of Silver Perch Aquaculture Workshops, Grafton and Narrandera, Australia, Apr. 1994, 51-65.
13. Huisman, E. A, J. G. P. Klein Breteler, M. M. Vismans and 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*, Vol. I, (J. E. Halver and K. Tiews eds.), Heenemann, Berlin, 175-188.
14. Goolish, E. M. and I. R. Adelman (1984) Effects of ration size and temperature on the growth of juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, **36**: 27-35.
15. Wurtsbaugh, W. A. and G. E. Davis (1977) Effects of temperature and ration level on the growth and food conversion efficiency of *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish. Biol.*, **11**: 87-98.
16. Mihelakakis, A., T. Yoshimatsu and C. Kitajima (1994) Effects of environmental temperature on food intake and growth of the silver sea bream, *Sparus sarba* (F). *Suisanzoshoku*, **43**: 491-497.
17. 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.
18. Coutant, C. C., D. L. De Angelis (1983) Comparative temperature-dependent growth rates of largemouth and smallmouth bass fry. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **112**: 416-423.
19. Fauconneau, B., G. Choubert, D. Blanc, J. Breque and P. Luquet (1983) Influence of environmental temperature on flow rate of foodstuffs through the gastrointestinal tract of rainbow trout. *Aquaculture*, **34**: 27-39.
20. Hepher, B. (1988) *Nutrition of Pond Fishes*. Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain, 16-63.
21. Elliott, J. M. (1975) The growth rate of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on reduced rations. *J. Anim. Ecol.*, **44**: 823-842.
22. Jobling, M. (1994) *Fish Bioenergetics*. Chapman & Hall Inc., London, UK, 213-230.
23. Hepher, B. (1988) *Nutrition of Pond Fishes*. Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain, 147-174.
24. Hidalgo, F., E. Alliot and H. Thebault (1987) Influence of water temperature on food intake, food efficiency and gross composition of juvenile sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, **64**: 199-207.
25. Banks, J. L., L. G. Fowler and J. W. Elliott (1971) Effects of rearing temperature on growth, body form, and hematology of fall chinook fingerlings. *Prog. Fish-Cult.*, **33**: 20-26.
26. Kilambi, R. V. and W. R. Robinson (1979) Effects of temperature and stocking density on food consumption and growth of grass carp *Ctenopharyngodon idella* Val.. *J. Fish. Biol.*, **15**: 337-342.
27. Pigarelli, S. A., M. M. Thommes and W. Prepejchal (1982) Feeding, growth, and fat deposition by brown trout in constant and fluctuating temperatures. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **111**: 199-209.
28. Forsberg, J. A. and R. C. Summerfelt (1992) Effect of temperature on diel ammonia excretion of fingerling walleye. *Aquaculture*, **102**: 115-126.
29. Kikuchi, K., T. Sato, N. Iwata, I. Sakaguchi and Y. Deguchi (1995) Effects of temperature on nitrogen excretion of Japanese flounder. *Fish. Sci.*, **61**: 604-607.
30. Jobling, M. (1994) *Fish Bioenergetics*. Chapman & Hall Inc., London, UK, 99-119.
31. Brett, J. R. and C. A. Zala (1975) Daily pattern of nitrogen excretion and oxygen consumption of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) under controlled conditions. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **32**: 2479-2486.
32. Watanabe, T. and M. Ohta (1995) Endogenous nitrogen excretion and non-fecal energy losses in carp and rainbow trout. *Fish. Sci.*, **61**: 53-60.
33. Harris, S. A. and T. Probyn (1996) Nitrogen excretion and absorption efficiencies of white steenbars, *Lithognathus lithognathus* Cuvier (Sparidae), under experimental culture conditions. *Aquacult. Res.*, **27**: 43-56.
34. Kaushik, S. J. and C. B. Cowey (1991) Dietary factors

- affecting nitrogen excretion by fish. In Nutrition Strategies and Aquaculture Waste, (C. B. Cowey and C. Y. Cho eds.). Fish Nutrition Research Laboratory, Department of Nutritional Sciences, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, 3-19.
35. Kikuchi, K. (1995) Nitrogen excretion rate of Japanese flounder - A criterion for designing closed recirculating culture systems. *Bamidgeh*, **47**: 112-118.
36. Walton, M. J. and R. P. Wilson (1986) Postprandial changes in plasma and liver free amino acids of rainbow trout fed complete diets containing casein. *Aquaculture*, **51**: 105-115.
37. Rychly, J. and B. A. Marina (1977) The ammonia excretion of trout during a 24-hour period. *Aquaculture*, **11**: 173-178.
38. Ming, F. W. (1985) Ammonia excretion rate as an index for comparing efficiency of dietary protein utilization among rainbow trout (*Salmo gairdneri*) of different strains. *Aquaculture*, **46**: 27-35.

Shuenn-Der Yang ¹, Der-Uei Huang ¹,
Fu-Guang Liu ¹, and I Chiu Liao ²

¹ Chupei Branch, Taiwan Fisheries Research Institute,
111 Tai-Ho, Chupei 302, Taiwan.

² Taiwan Fisheries Research Institute, 199 Hou-lh
Rd., Keelung 202, Taiwan.

(Accepted 29 June 1995)



The Effect of Temperature on Growth of Juvenile Silver Perch *Bidyanus bidyanus*

Abstract

The main purpose of this study was to understand the effects of temperature on the growth and ammonia-N excretion rate (mg ammonia/100 g body weight/h) of juvenile silver perch *Bidyanus bidyanus* reared at 18, 23, and 28°C, respectively, for 12 weeks. The average feed intake/fish and percent weight gain were increased with the elevated temperature, and there was significant difference among treatments. Furthermore, feed efficiency and condition factor of the fish reared at 18°C were remarkably inferior to those reared at 28°C. Muscle moisture of the fish reared at 28°C was significantly lower than those of other treatments, however, lipid and ash contents were observed to have the opposite tendency. On the other hand, protein efficiency, percent protein retention and percent lipid retention increased with the elevation of temperature. It indicated that water temperature affects fish on feed intake, and consequently, the metabolism of protein and lipid.

Ten fish (about 11.0 g) of each treatment were starved for 48 h and then fed to satiation for the study of temperatural effect on ammonia-N excretion rate. The result of ammonia-N excretion rates of fish were higher at the higher temperatures and decreased with lower temperatures. Moreover, ammonia-N excretion of all treatments rose to a sharp peak during the first 4 h after feeding. The second peak of excretion for fish reared at 28 and 23°C (or 18°C) was found at 12 and 16 h after feeding, respectively.

Key words: Juvenile silver perch *Bidyanus bidyanus*, Temperature, Growth, Ammonia-N excretion rate