

水溫對史氏鱘幼魚成長之影響

林天生*·楊順德·劉富光

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

本試驗旨在探討水溫對史氏鱘 (*Acipenser schrenkii*) 幼魚成長與生理代謝的關係。試驗分為 18、23 及 28 °C 三組，每組二重複，利用水容量 2.5 t 之溫控砂石過濾循環式水槽，各放養 25 尾平均體長 37.4 cm，體重 154.8 g 之幼魚，前六週每日投餵量為總體重的 3.5%，後二週改為 3%，採自動投餌，設定每隔 2 h 投餵一次，每天投餌 12 次。試驗進行八週。結果顯示，飼料效率以 23 °C 組的 85.4% 顯著高於 18 °C 組的 71.8% 及 28 °C 組的 59.9%。在 23、18 及 28 °C 下的成長率分別為 286.6%、210.8% 及 156.7%。肥滿度則以 18 °C 組的 3.52 較高，與 23 °C 組的 3.41 無顯著差異，但明顯高於 28 °C 組的 3.18。排氮量測定結果，顯示飼育水溫愈高則排氮率也愈高，23 °C 及 28 °C 組排氮率皆於 4 h 達到高峰，18 °C 組於 5~8 h 達高峰，而後逐漸減少。

關鍵字：史氏鱘幼魚、水溫、成長、排氮率。

前言

鱘魚係由古生代迄今仍然活存的魚種，可說是活化石 (Gardiner, 1984)。Grande and Bemis (1991) 認為鱘魚從白堊紀末就廣泛分佈在北半球，已知有 28 種，共分為一目、二科、六屬，是淡水魚類中體型最大且最長壽者，生命力很強，依生活習性可分為淡水生活，半降海型及降海型，而產卵行為則完全在淡水大河川中進行。鱘魚肉味鮮美，營養價值高，其卵製成魚仔醬，為世界三大珍品之一，自古以來即相當受重視，中國皇室將其附上「皇」字，稱其為皇魚 (吉田, 1995)。

史氏鱘 (*Acipenser schrenckii*) 主要產於中國大陸黑龍江及相通的湖泊，體長可達 290 cm，最重可達 160 kg，屬非洄游性大型淡水底棲性魚類，對環境適應力強，生存水溫為 0~33 °C，為該地區重要經濟及特產魚類之一 (石等, 2000)。

近年來由於鱘魚價格持續低迷，養殖不敷成本，因此民間養鱘場已陸續引進白鱘 (*A. transmontanus*)、俄羅斯鱘 (*A. gueldenstaedti*)、閃光鱘 (*A. stellatus*)、匙吻鱘 (*Polyodon spathula*) 以及史氏鱘等魚苗進行養殖，但因缺乏相關資訊及養殖經驗，導致養殖成果不盡理想。有鑑於此，本試驗場首先針對不同水溫環境對史氏鱘成長影響進行探討，期望能瞭解其較適的生長水溫，以提供業者參考。

材料與方法

一、成長試驗

本試驗使用之史氏鱘，係向民間業者購買即將孵化之受精卵，經自行人工孵化後，在仔魚卵黃囊消失開口攝餌時，以水蚤 (*Daphnia* sp.) 飼育二週後，再以人工配合飼料完全馴餌，培育至平均體長 37.4 cm，體重 154.8 g。試驗水溫分為 18 °C、23 °C 及 28 °C 三組，每組二重複，每一重複放養 25 尾幼魚於 2.0 × 1.7 × 0.8 m 之溫控砂石過濾循環式水槽中，水溫變化範圍為 ± 0.5 °C，pH 值 7.59 ~ 7.74，溶氧量為 5.53 ~ 6.87 ppm。水槽上方

*通訊作者 / 新竹縣竹北市泰和里 111 號; TEL: (03) 5551-190; FAX: (03) 5552-057; E-mail: ch662599@ms22.hinet.net

Table 1 Growth of Amur sturgeon reared at different temperatures for 8 weeks¹

	Rearing temperature		
	18 °C	23 °C	28 °C
Initial length (cm)	37.2 ± 2.3	37.5 ± 2.0	37.4 ± 2.2
Final length (cm)	51.6 ± 2.9 ^b	56.1 ± 2.5 ^a	49.9 ± 2.6 ^c
Initial weight (g)	155.5 ± 35.4	155.4 ± 25.2	153.9 ± 28.3
Final weight (g)	482.2 ± 86.8 ^b	600.6 ± 65.8 ^a	394.9 ± 61.2 ^c
Weight gain (g)	327.0 ± 8.3 ^b	445.2 ± 1.9 ^a	241.1 ± 0.5 ^c
Percent weight gain	210.8 ± 0.5 ^b	286.6 ± 3.1 ^a	156.7 ± 3.8 ^c
Feed efficiency (%)	71.8 ± 0.2 ^b	85.4 ± 0.8 ^a	59.9 ± 3.4 ^c
Condition factor	3.52 ± 0.06 ^a	3.41 ± 0.05 ^a	3.18 ± 0.06 ^b
Average feed intake (g/fish)	455.4 ± 10.7 ^b	521.2 ± 3.0 ^a	389.0 ± 4.0 ^c
Survival rate (%)	100.0	100.0	98.0

¹Means±SD sharing the same superscript in the same row are not significantly different ($p > 0.05$)

各設置一盞 40 燭光日光燈，照射時間為 8:00 至 17:00。另外在水槽上方裝設自動投餌機一台，每日設定投餌 12 次，投餌機正下方之水槽底部放置一深度 3 cm、邊長 90 cm 正方形不銹鋼承接盤，作為投餌區，防止飼料掉落水槽底部的石頭縫內。試驗進行八週，飼育期間每二週測定一次，測定當日不餵飼，前六週每天投餵率為魚總體重的 3.5%，隨著成長最後二週投餵率降為 3%。試驗飼料為丹麥進口之鱒魚沉性粒狀飼料，粒徑 5 mm，飼料之粗蛋白、脂質、碳水化合物、灰分、粗纖維、總磷分別為 46、24、15、8、1.2 及 0.9%。成長情形分別以增重率 (percent weight gain)、日成長率 (specific growth rate)、飼料效率 (feed efficiency)、活存率 (survival rate) 及肥滿度 (condition factor) 表示之，其計算方式如下：

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

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

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

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

$$\text{肥滿度 (\%)} = (\text{魚體重}) \div (\text{魚體長})^3 \times 100$$

二、排氮試驗

成長試驗結束後，先將魚餓餓 48 h 後再任食一餐。餐後 1 h，各組隨機選取三尾，將每尾魚分別移入 130 L 方型塑膠桶，內裝 100 L 經完全曝氣的水，塑膠桶是置於大型恆溫室中保持恆溫。將魚移入桶中後，24 h 內，每隔 4 h 採水 10 ml，加入成套試劑，以 Merck SQ200 型分光光度計，設定波長 690 nm 進行總氮濃度測定。

三、統計分析

試驗數據以變異分析 (one-way ANOVA) 及鄧肯氏多變域測試 (Duncan, 1955) 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) (Snedcor, 1967) 再進行統計分析。

結 果

一、成長試驗

試驗經八週的飼育結果，如 Table 1 所示，每尾魚的總攝餌量在 23 °C 組為 521.2 g，高於

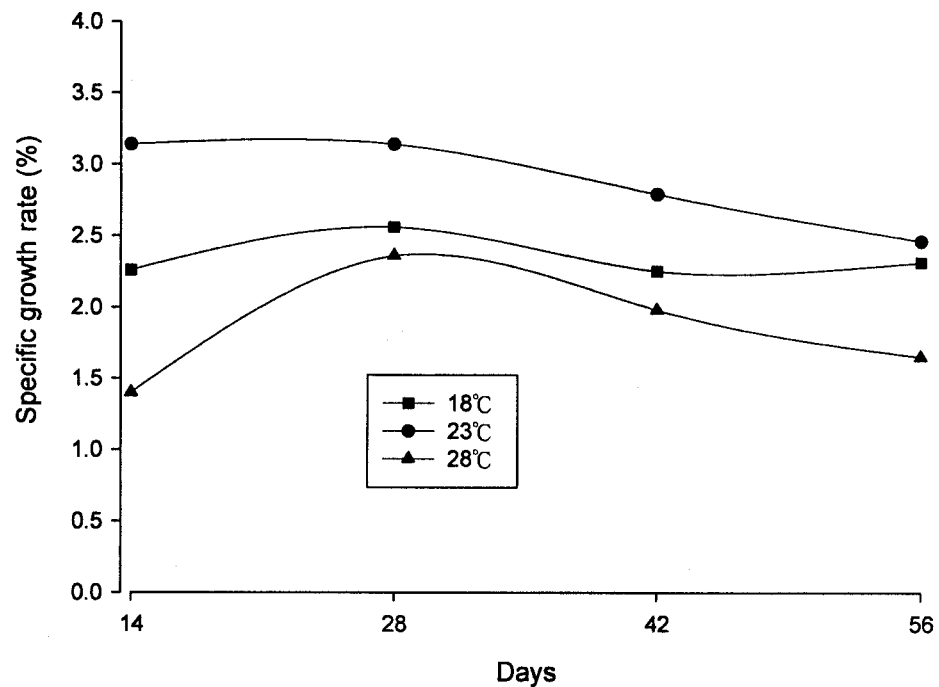


Fig. 1 Specific growth rate of Amur sturgeon reared at different temperatures for 8 weeks.

18 °C 組的 455.4 g 及 28 °C 組的 389.0 g，分別約為此二組的 1.14 倍及 1.34 倍；而 23 °C 組的成長率為 286.6%，則約為 18 °C 組 (210.8%) 及 28 °C 組 (156.7%) 的 1.36 倍及 1.83 倍。在飼料效率方面，23 °C 組平均為 85.4% (75.5 ~ 97.5%) 明顯高於 18 °C 組的 71.8% (69.1 ~ 78.7%) 及 28 °C 組的 59.9% (44.4 ~ 72.7%)。活存率在 18 及 23 °C 組皆為 100%，只有 28 °C 組有一尾於第七週死亡，活存率為 98%，但三個處理組並無顯著差異。至於肥滿度則以 18 °C 組的 3.52 最高，與 23 °C 組的 3.41 無顯著差異，但顯著高於 28 °C 組的 3.18。將魚體增重對飼育天數作線性迴歸分析結果如 Table 2 所示，23 °C 組的成長係數 0.0243，高於 18 °C 組的 0.0203 及 28 °C 組的 0.0172。

試驗期間的日成長率變化如 Fig. 1 所示，均以 23 °C 組最高 (2.46 ~ 3.14)，18 °C 組次之 (2.25 ~ 2.56)，28 °C 組最低 (1.4 ~ 2.36)。由成長情形顯示 (Figs. 2, 3)，經 2 週的飼育，23 °C 與 28 °C 組之成長差距即明顯增加，飼育結果以 23 °C 組體長平均 56.1 cm 最大，其次是 18 °C 組的 51.6 cm，28 °C 組最小，平均為 49.9 cm。在平均體

Table 2 Relationship between body weight, W (g), and time, T (day), of Amur sturgeon reared at various temperatures during an experimental period of 8 weeks

Temperature (°C)	Regression equation	R ²
18	$W = 155.11e^{0.0203T}$	0.9997
23	$W = 158.59e^{0.0243T}$	0.9981
28	$W = 150.81e^{0.0172T}$	0.9968

重上，23、18 及 28 °C 三組分別為 600.6、482.2 及 394.9 g。試驗結束後，由各組體長及體重的頻率分佈 (Figs. 4, 5) 可發現，18、23 及 28 °C 組的體長累積頻度分佈超過 90% 者，各分別為 48.1 ~ 57.0 cm (佔 92%)、51.0 ~ 60.0 cm (佔 94%) 及 45.0 ~ 52.5 cm (佔 94%)。體重累積頻度分佈超過 90% 者，各分別為 360.1 ~ 600.0 g (佔 96%)、480.1 ~ 720.0 g (佔 98%) 及 320.1 ~ 521.0 g (佔 94%)。

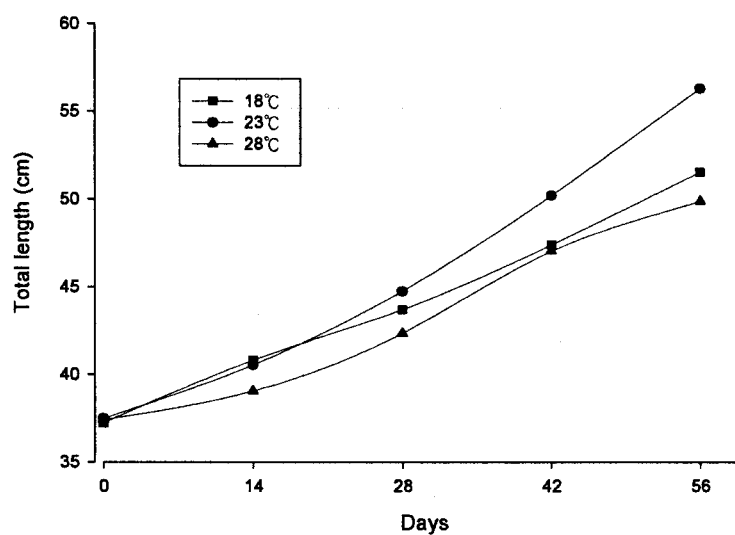


Fig. 2 Growth in total length of Amur sturgeon reared at different temperatures for 8 weeks.

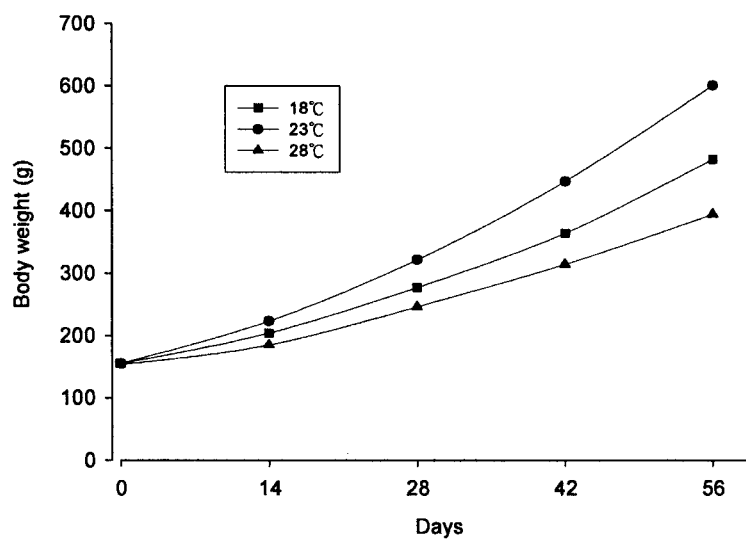


Fig. 3 Growth in body weight of Amur sturgeon reared at different temperatures for 8 weeks.

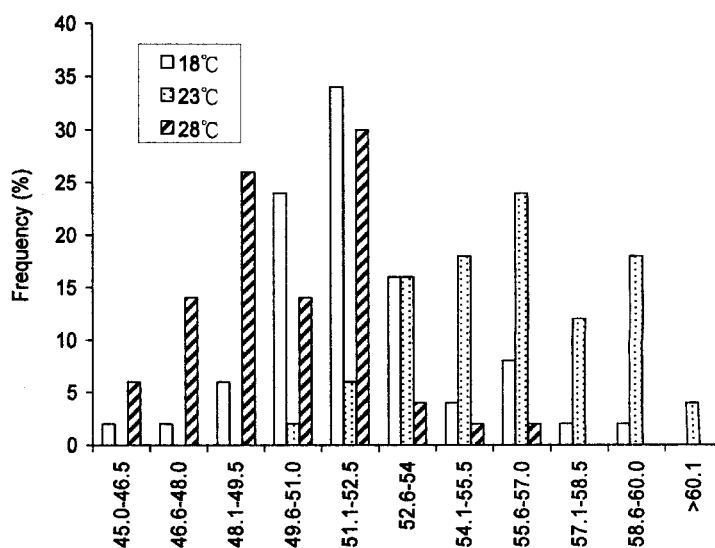


Fig. 4 Frequency distribution of the total length of juvenile Amur sturgeon reared at different temperatures for 8 weeks.

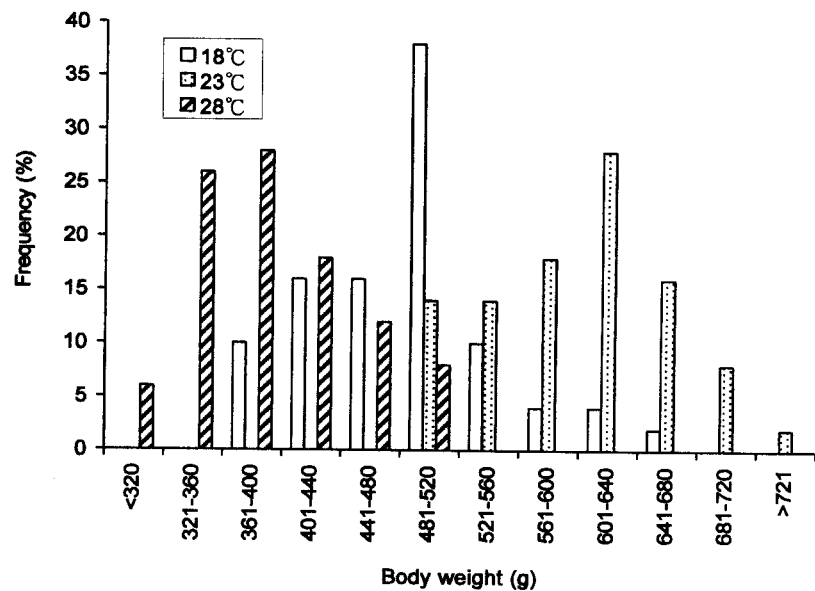


Fig. 5 Frequency distribution of body weight of juvenile Amur sturgeon reared at different temperatures for 8 weeks.

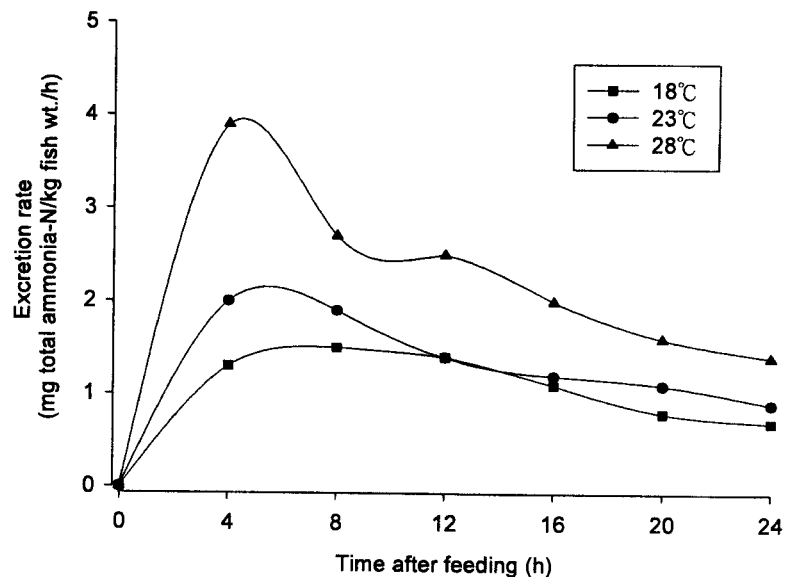


Fig. 6 Effect of temperature on the total ammonia-N excretion rate of Amur sturgeon.

二、排氨試驗

不同水溫處理組在攝食一小時後移至恆溫室，試驗魚的排氨率在各時段大致以 28 °C 組最高，23 °C 組次之，18 °C 組最低 (Fig. 6)。28 °C 及 23 °C 兩組排氨率皆於 4 h 達到高峰，且以 28 °C 組的 3.9 mg T-ammonia-N/Kg/h 最高，23 °C 組次之，約為 28 °C 組的 54%，而後逐漸減少。18 °C 組於 5~8 小時才達高峰，約為 28 °C 組的 41%，顯示水溫影響魚類的排氨率至鉅，經 24 h 後，28、23 及 18 °C 組的排氨率分別降到 1.4、0.9 及 0.7 mg T-ammonia-N/Kg/h。

討 論

李等 (2000) 指出，史氏鱘的生存水溫為 0 ~ 33 °C，攝食水溫為 4 ~ 31 °C。當水溫從 22 °C 逐日上升至 30 °C 時，其在水中游動加快，表現出煩躁不安，呼吸頻率明顯提高；水溫上升至 31 °C 時，仍有攝食行為，32 °C 時則停止攝食。因此人工養殖時，水溫最好保持在 30 °C 以下，以避免因水溫不適應，造成池魚緊迫。另外，孫等 (1998) 指出，史氏鱘的生存水溫為 1 ~ 30 °C，適宜生存溫度在 21 °C 左右。石等 (2000) 指出，史氏鱘生長最

適溫為 18~22 °C；在 13~26 °C 水溫中均能正常成長。Hung *et al.* (1993) 指出白鱖較適的飼育水溫為 23 °C (與 20 及 26 °C 相較)。而 Cech *et al.* (1984) 認為 0.5~0.6 g 的白鱖在 20 與 25 °C 的成長沒有差異，可能是因低生物量及兩種池水都保持很高的溶氧量所導致的結果。本試驗選擇以 23 °C 為基點，上下各增減 5 °C (18 及 28 °C)，經由本試驗的成長結果顯示 (Tables 1, 2)，史氏鱖在 23 °C 組，其餌料效率、增重率及成長係數均最高，分別為 85.4 %、286.6 % 及 0.0243，其次是 18 °C 組，分別為 71.8 %、210.8 % 及 0.0203；而 28 °C 組則最低，各分別為 59.9 %、156.7 % 及 0.0172。Wurtsbaugh and Davis (1977) 指出，虹鱖 (*Salmo gairdneri* Richardson) 在合適成長水溫範圍內，隨著飼育水溫的升高，其攝餌量及成長均明顯增加，在其他魚類亦有類似現象，如鯉魚 (*Cyprinus carpio*) (Huisman *et al.*, 1979; Goolish and Adelman, 1984)、黃鰱 (*Sparus sarba*) (Mihelakakis *et al.*, 1994)、日本江鱖 (*Paralichthys olivaceus*) (Nakahiro *et al.*, 1994) 及雜交條紋鱖 (*Morone saxatilis* × *M. chrysops*) (Liu *et al.*, 1998) 等。但一些設定水溫範圍較寬的試驗報告 (Goolish and Adelman, 1984; Coutant and De Angelis, 1983) 則顯示，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。本試驗設定的 23 °C 尚未達 Cech *et al.* (1984) 所認定的 25 °C (白鱖)，因此 23 °C 是否為史氏鱖的最適成長水溫範圍的上限仍有待進一步的研究。

本試驗中 18 °C 組的飼料效率明顯低於 23 °C 組 (Table 1)，此仍顯示低水溫時史氏鱖對飼料的利用率較差，其他魚類，如鯉魚 (Huisman *et al.*, 1979; Goolish and Adelman, 1984)、黃鰱 (Mihelakakis *et al.*, 1994) 及海鱖 (*Dicentrarchus labrax*) (Hidalgo *et al.*, 1987) 等亦有類似情形。而低溫下飼料效率較低的原因，Kaushik (1986) 及 Hidalgo *et al.* (1987) 的報告推測可能是魚類在低溫時代謝率低，導致對能量的利用率低。28 °C 組的飼料效率只有 59.94 %，顯著低於 23 °C 組的 85.44 %。Wurtsbaugh and Davis (1977) 指出，魚類在高水溫需要較高的能量 (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，在養殖過程中有幾種因素會與溫度產生加乘作用而影響成長，其中包

括溶氧量、成長的基本需求量 (Brett, 1979)、投餵量的極限 (Brett and Higgs, 1970; Nimi and Beamish, 1974)。Burggren and Randall (1978) 認為溶氧量的減少，會降低新陳代謝，減少飼料效率，Hung *et al.* (1993) 指出，白鱖在 26 °C 水溫中，其溶氧量 (5.1~5.6 ppm) 明顯低於 23 °C (5.6~5.9 ppm)，可能因此而降低飼料效率。在北美梭子魚 (*Esox lucius*) (Adelman and Smith, 1970)、大嘴鱖 (*Micropterus salmonides*) (Stewart *et al.*, 1967) 及銀鱖 (*Coho salmon*) (Doudoroff and Shurmway, 1967) 等，當溶氧量降至 3~4 ppm 時，也有類似情形。Cech *et al.* (1984) 指出生物量及溶氧量都會影響魚的成長。宋等 (1997) 認為史氏鱖的耗氧率及致死溶氧均高於傳統的養殖家魚，對於溶氧的要求不應低於 6 ppm，溶氧量低於 4 ppm 時，其食慾會大減，因此應合理控制放養密度及溶氧量。本試驗於飼育期間，18、23 及 28 °C 各組的溶氧量分別為 6.21~6.87 ppm、5.95~6.32 ppm 及 5.53~6.02 ppm。23 °C 組在試驗後期溶氧量雖有低於 6 ppm 情形發生，差距幾乎不明顯，但後期的飼料效率 (Table 1) 及日成長率 (Fig. 1)，明顯下降，是否意味著該組已超出單位水體的生物負荷量，則尚待就不同放養密度進行探討。Hung *et al.* (1989) 指出，50~100 g 之白鱖於 14 °C 下的建議投餵率為體重的 1.25~1.5 %，而 250~500 g 在 18 °C 下的最適投餵率為 1.5~2.0 %，飼育於 23 °C 時，投餵率由 2.0 % 增至 2.5 % 時，增重才會明顯，而在 26 °C 時，則必需由 2.5 % 提高至 3.0 %，飼料效率才會明顯增加。肖等 (1998) 表示，中華鱖 (*A. sinensis*) 在 13~15 °C，平均 14.3 °C 水溫中適宜的投餵率為體重 2 %，日生長率高於白鱖，推測可能是因不同種的鱖魚及新陳代謝速率不同所致。本試驗之日成長率以 23 °C 組的 2.46~3.14 最高，其次是 18 °C 組的 2.26~2.56。Kelly and Arnold (1999) 的報告顯示，0.3 g 的美洲鱖 (*A. oxyrinchus*) 在 15、17 及 19 °C 水溫中，各投餵體重的 3、5 及 7 % 的飼料，結果以 19 °C 水溫中投餵 7 % 組，日成長率最好 (6.7/d)；而體重 60 g，分別投餵體重的 0.5、1 及 1.5 %，結果則以 15 °C 投餵 1.5 % 組，日成長率 1.4/d 最好，明顯高於 17 及 19 °C 組。本試驗在 3 種水溫下，鱖魚成長率都隨著投餵率的增加而提高。在飼育期間投餵量為體重的 3.0-3.5 % 時，並未發現 28 °C 組有殘餌現象產生，因此在 28 °C 水

中，史氏鱘之投餵率可能應再提高，才能維持其基本能量需求。

由各組魚體長及體重的頻度分佈 (Figs. 4, 5)，發現 28 °C 組的體長較短而體重也較輕，其體長及體重的頻度分佈較集中，主要分佈在 45.0 ~ 52.5 cm 及 320.1 ~ 520.2 g 之間；18 °C 組的體長及體重的頻度分佈較為廣些，約在 48.1 ~ 57.0 cm 及 360.1 ~ 600.0 g 之間；而 23 °C 組的體長較長，體重較重，分佈在 51.1 ~ 60.0 cm 及 480.1 ~ 720.0 g，但其體長及體重頻度分佈與 18 °C 組無明顯差異。由結果發現 18 及 23 °C 兩組成長較快，雖然體型較大，但個體間的差異也較大。這在雜交條紋鱸的水溫試驗 (Liu *et al.*, 1998) 以及草魚 (*Ctenopharyngodon idellus*) (Kilambi and Robinson, 1979) 的養殖密度試驗中亦有類似情形。

水溫影響魚類的代謝速率，進而直接影響到魚類的排氮率，它能夠反映出蛋白質的分解代謝，由紅鰱 (*Pleuronectes platessa*) (Jobling, 1981)、白眼鱈 (*Stizostedion vitreum*) (Forsberg and Summerfelt, 1992)、日本江鰈 (Kikuchi *et al.*, 1995) 及草魚 (周等, 1999) 的試驗結果均顯示，魚類的排氮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. 6)。依據 Brett and Zala (1975) 的說法，魚在攝餌 24 h 以後的排氮率即已相當接近於基礎代謝排氮率。因此本試驗在攝餌後 24 小時的排氮率推測，史氏鱘在 28 °C 和 23 °C、18 °C 之基礎代謝排氮率的近似值相差分別為 1.6 及 2.0 倍。

由 Fig. 6 得知，28 及 23 °C 處理組在攝食後 4 h 內，其排氮率即已達到高峰，而 18 °C 組則於 5 ~ 8 h 才達高峰。Thomas and Piedrahita (1998) 指出，白鱈在 19.2 ~ 22.8 °C 水溫中，於攝食後 2 ~ 6 h 排氮率出現高峰。周等 (1999) 指出，草魚在 20 °C 水溫中，於攝食 5 ~ 8 h 排氮率達到高峰，與本試驗相似。而亦有報告指出，紅大麻哈魚 (*Oncorhynchus nerka*) 則需 4 ~ 4.5 h (Brett and Groves, 1979)，日本江鰈為 6 h (Kikuchi *et al.*, 1992)，此顯示排氮率達到高峰值所需要的時間因魚種而異。

謝辭

本試驗能順利完成，承試驗場同仁於幼苗培育期間鼎力協助，特此表示謝意。

參考文獻

- 石振廣，王雲山，李文龍 (2000) 鱘魚與鱘魚養殖，黑龍江科學技術出版社，8-32。
- 宋蘇祥，劉洪泊，孫大江 (1997) 史氏鱘稚魚的耗氧率和窒息點。中國水產科學，4(5): 100-103。
- 肖慧，文志毫，胡亞平 (1998) 中華鱘幼鱘的適宜投餵率研究。水產科技情報，25(6): 248-253。
- 李文龍，石振廣，王雲山，朱傳榮 (2000) 三種鱘科魚類臨界水溫試驗。水產養殖，95: 3-4。
- 周洪琪，潘兆龍，李世欽，覃志彪 (1999) 攝食和溫度對草魚氨排泄影響的初步研究。上海水產大學學報，8(4): 293-296。
- 孫大江，曲秋芝，馬國庫 (1998) 史氏鱘人工養殖研究現狀與展望。中國水產科學，5(3): 109-111。
- 吉田桂一 (1995) チョウザメの養殖技術。養殖，32(9): 76-79。
- Adelman, I. R. and L. L. Smith (1970) Effect of oxygen on growth and food conversion efficiency of northern pike. Prog. Fish-Cult., 32: 93-96。
- Brett, J. R. (1979) Environmental factors and growth. In Fish Physiology, vol. 8 (W. S. Hoar, D. J. Randall and J. R. Brett, eds.), Academic Press, New York, U.S.A., 599-675。
- Brett, J. R. and T. D. D. Groves (1979) Physiological energetics. In Fish Physiology, vol. 8 (W. S. Hoar, D. J. Randall and J. R. Brett, eds.), Academic Press, New York, U.S.A., 279-352。
- Brett, J. R. and D. A. Higgs (1970) Effect of temperature on the rate of gastric digestion in fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. J. Fish. Res. Bd. Can., 27: 1767-1779。
- 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。
- Burggren, W. W. and D. J. Randall (1978) Oxygen uptake and transport during hypoxic exposure in the sturgeon *Acipenser transmontanus*. Respir. Physiol., 34: 171-183。
- Cech, J. J., Jr., S. J. Mitchell and T. E. Wragg (1984) Comparative growth of juvenile white sturgeon and striped bass: effects of temperature and hypoxia. Estuaries, 7: 12-18。
- Coutant, C. C. and D. L. De Angelis (1983) Comparative temperature-dependent growth rates of largemouth and smallmouth bass fry. Tran. Am.

- Fish. Soc., 112: 416-423.
- Doudoroff, P. and D. L. Shumway (1967) Dissolved oxygen criteria for the protection of fish. Am. Fish. Soc. Spec. Publ., 4: 12-19.
- Duncan, D. B. (1955) Multiple-range and multiple F tests. Biometrics, 11: 1-42.
- Forsberg, J. A. and R. C. Summerfelt (1992) Effect of temperature on diel ammonia excretion of fingerling walleye, Aquaculture, 102: 115-126.
- Gardiner, B. G. (1984) Sturgeons as living fossils. In Living Fossils (N. Eldredge and S.M. Stanley, eds.), Springer-Verlag, New York, 148-152.
- 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.
- Grande, L. and W. E. Bemis (1991) Osteology and phylogenetic relationships of fossil and recent paddlefishes (Polyodontidae) with comments on the interrelationships of Acipenseriformes. J. Verteb. Paleontol., 11(Suppl.): 1-121.
- 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.
- 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.
- Hung, S. S. O., P. B. Lutes, F. S. Conte and T. Storebakken (1989) Growth and feed efficiency of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) sub-yearlings at different feeding rates. Aquaculture, 80: 147-153.
- Hung, S. S. O., P. B. Lutes, A. A. Shqueir and F. S. Coute (1993) Effect of feeding rate and water temperature on growth of juvenile white sturgeon *Acipenser transmontanus*. Aquaculture, 115: 297-303.
- 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.
- Kelly, J. L. and D. E. Arnold (1999) Effects of ration and temperature on growth of age-0 Atlantic sturgeon. N. Am. J. Aquacult., 61: 51-57.
- Kaushik, S. J. (1986) Environmental effects on feed utilization. Fish Physiol. Biochem., 2: 131-140.
- 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.
- Kikuchi, K., S. Takeda, H. Honda (1992) Nitrogenous excretion of juvenile and young Japanese flounder. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 58: 2329-2333.
- Kilambi, R. V. and W. R. Robinson (1979) Effects of temperature and stocking density of food consumption and growth of grass carp *Ctenopharyngodon idella* Val. J. Fish. Biol., 15: 337-342.
- Liu, F. G., S. D. Yang and H.C. Chen (1998) Effect of temperature on feed response, growth performance and muscle proximate composition in juvenile hybrid striped bass (*Morone saxatilis* × *M. chrysops*). Bamidgeh, 50(4): 184-194.
- 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.
- 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.
- Nimi, A. J. and F. W. H. Beamish (1974) Bioenergetics and growth of largemouth bass (*Micropterus salmoides*). Can. J. Zool., 52: 447-456.
- Snedecor, G. W. and W. G. Cochran (1967) Statistical methods. Iowa State University Press, Ames, IA, 593 pp.
- Stewart, N. E., D. L. Shumway and P. Doudoroff (1967) Influence of oxygen concentration on the growth of juvenile largemouth bass. J. Fish. Res. Bd. Can., 24: 475-494.
- Thomas, S. L. and R. H. Piedrahita (1998) Apparent ammonia-nitrogen production rates of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) in commercial aquaculture systems. Aquacult. Eng., 17:45-55.
- 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.

Effect of Temperature on Growth of Juvenile Amur Sturgeon (*Acipenser schrenckii*)

Tain-Sheng Lin*, Shuenn-Der Yang and Fu-Guang Liu

Chupei Station, Freshwater Aquaculture Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

Rearing experiments were conducted for 8 weeks to investigate the effect of temperature on the growth and ammonia-N excretion rate (mg ammonia/100 g body weight/h) of Amur sturgeon, *Acipenser schrenckii*, at 3 temperature treatments (18, 23, and 28 °C) with 2 replicates per treatment. Twenty-five juveniles per treatment with an average length of 37.4 cm and an average weight of 154.8 g were stocked in each of 6 thermo-regulated recirculating tanks (2.5 ton/tank). Fish were fed every 2 h with an auto-feeder at a 3.5% daily ration for the first 6-week period and 3% for the last 2 weeks. Average feed intake/fish, weight gain, and feed efficiency of fish reared at 23 °C were significantly higher than those at 18 and 28 °C. After termination of the rearing trial, 3 fish from each treatment group were starved for 48 h and then fed to satiation to determine the ammonia-N excretion rate. The results indicated that the excretion rate was much higher at 28 °C than at the lower temperatures. Moreover, ammonia-N excretion of fish reared at 23 and 28 °C rose to a sharp peak at 4 h after feeding, whereas the peak occurred at 8 h at 18 °C. This showed that temperature greatly influenced the ammonia-N excretion rate of Amur sturgeon.

Key words: Amur sturgeon, *Acipenser schrenckii*, temperature, growth, ammonia-N excretion rate.

*Correspondence: Chupei Station, Freshwater Aquaculture Research Center, Fisheries Research Institute, 111 Tai-Ho, Chupei, Hsinchu 302, Taiwan. TEL: (03) 5551-190; FAX: (03) 5552-057; E-mail: ch662599@ms22.hinet.net