

放養密度對史氏鱘成長之影響

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

本試驗探討在不同放養密度下對史氏鱘 (*Acipenser schrencki*) 成長之影響。試驗分兩個階段，第一階段放養密度分別為 10、20、30 及 40 尾/ m^3 (相當於 0.223、0.454、0.663 及 0.896 kg/m^3)，飼育 16 週；第二階段放養密度分別為 4、8、12 及 16 尾/ m^3 (相當於 3.523、6.988、10.458 及 13.938 kg/m^3)，飼育 12 週。成長結果顯示，兩次試驗較高密度組，其平均體重、成長率、餌料轉換率及肥滿度均與較低密度組有顯著差異。當單位水體的生物量達到約 8~10 kg/m^3 時，成長率隨放養密度的增加而相對減少。為提高鱘魚的養殖效益，在養殖過程中宜定期進行篩選，逐步降低放養密度，以達到較快的成長速率。

關鍵詞：史氏鱘、密度、成長

前 言

鱘魚類是世界古老的魚類，從原古白堊紀末就廣泛分佈於北半球 (Grande and Bemis, 1991)，現存的鱘魚類可以說是活化石 (Gardiner, 1984)，已知有 28 種，共分為一目二科六屬。鱘魚肉營養豐富味鮮美，肉厚而無刺，肉質細嫩，除供鮮食外，還可燻製，味道極美，其全身都是寶，利用率可達 99% 以上，鰓、軟骨、皮、鱗、肝、胃、吻均能做出獨具風格的中國名菜 (石等, 2000)。

臺灣地區自 1998 年開放鱘魚進口以後，陸續有業者引進白鱘 (*Acipenser transmontanus*)、俄羅斯鱘 (*A. gueldenstaedti*)、閃光鱘 (*A. stellatus*)、西伯利亞鱘 (*A. baerii*) 及史氏鱘 (*A. schrencki*) 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。

在魚類養殖中，增加放養密度是提高單位水體生產量的有效方法。但在高密度養殖環境下，可能因生物量及溶氧量 (Cech *et al.*, 1984)、養殖水質不良與飼料競爭 (Browne *et al.*, 2003)、魚體

間發生擁擠壓迫 (Fenderson and Carpenter, 1971) 以及魚體生理上產生變化等 (Nokes and Leatherland, 1977) 而減緩成長。但也有一些研究顯示，養殖密度提高反而會增加魚類的成長率 (Jobling, 1985; Wallace *et al.*, 1988)。

瞭解魚類在不同密度的成長，有助於在生產時掌握適當的放養密度。因此，本試驗乃針對目前民間業者放養量最多的史氏鱘，進行養成期間較適密度之探討。

材料與方法

一、試驗魚

以 2 ton 的方型 FRP 桶，於恆溫循環系統進行受精卵孵化工作。孵化後之魚苗先以活的水蚤進行飼育，約一週後逐漸以人工飼料進行馴餌，最後育成平均體長約 20 cm，重約 22 g 之魚苗供試驗。

二、試驗池

選擇室內水泥池 12 口，每池面積約 1 坪，蓄水量 1.5 m^3 ，採流水式，每天換水量約為池水的

*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: l_t_s_1@yahoo.com.tw

Table 1 Results of Amur sturgeon reared at different densities for 16 weeks¹

	Rearing density (fish/m ³)			
	10	20	30	40
Initial length (cm)	20.1±1.7	20.3±1.8	20.3±1.8	20.4±1.5
Final length (cm)	61.6±3.9 ^a	60.7±4.3 ^{ab}	58.3±3.8 ^{bc}	57.4±3.7 ^c
Initial weight (g)	22.3±7.0	22.8±5.7	22.1±6.7	22.4±4.7
Final weight (g)	861.2±169.6 ^a	788.1±168.3 ^a	660.7±138.7 ^b	607.0±129.6 ^b
Weight gain (g)	838.9±74.4 ^a	765.3±56.0 ^a	638.6±41.7 ^b	584.6±64.1 ^b
Percentage weight gain	3720.7±238.5 ^a	3365.2±220.8 ^a	2888.5±218.5 ^b	2608.3±301.7 ^b
Feed conversion rate	1.00±0.04 ^b	1.10±0.04 ^a	1.14±0.06 ^a	1.16±0.05 ^a
Condition factor	3.68±0.02 ^a	3.50±0.02 ^b	3.33±0.08 ^c	3.20±0.06 ^d
Average feed intake (g/fish)	841.8±60.4 ^a	838.6±39.2 ^a	723.8±19.0 ^{ab}	680.1±97.3 ^b
Survival rate (%)	100	100	100	100

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

1.5 倍。每口養殖池池壁上各裝設一台自動投餌機，每三台設一組定時控制器，每 3 小時投餵一次 (8 次 / 天)。

三、放養密度試驗

(一) 第一階段

放養密度分別為 15、30、45 及 60 尾 / 池 (10、20、30 及 40 尾 / m³)，相當於 0.223、0.456、0.663 及 0.896 kg / m³，飼育時間共 16 週。

(二) 第二階段

放養密度分別為 6、12、18 及 24 尾 / 池 (4、8、12 及 16 尾 / m³)，相當於 3.523、6.988、10.458 及 13.938 kg / m³，飼育時間共 12 週。

以上皆採三重覆，飼育期間每 2 週測定一次，測定當日不投餌 (實際投餵天數為 13 天)，每天投餵量以魚體重的 3% 為基準，酌量增減。本次使用進口之鱘魚沉性粒狀飼料，粒徑 5 mm，粗蛋白、脂質、碳水化合物、灰分、纖維、總磷分別為 46、24、10、8、12 及 0.9%。成長情形分別以增重率 (Percentage weight gain)、日成長率 (Specific growth rate)、飼料轉換率 (Feed conversion rate)、活存率 (Survival rate) 及肥滿度 (Condition factor) 表示之：

增重率(%) = (魚體增重) ÷ (魚體初重) × 100

日成長率(%) = [ln(魚體末重) - ln(魚體初重)] ÷ (試驗天數) × 100

飼料轉換率 = (攝取飼料量) ÷ (魚體增重)

活存率(%) = (試驗末尾數) ÷ (試驗初尾數) × 100

肥滿度(%) = (魚體重) ÷ (魚體長)³ × 1000

另，試驗期間定期測定水中溶氧量、pH 值、水溫、氨及亞硝酸。

四、統計分析

試驗數據以單向變異分析 (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 p=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

第一階段試驗經 16 週的飼育結果，如 Table 1 所示，每尾魚的平均總投餵量以放養 10 尾組的 841.8 g 最高，其次為 20 尾組，兩組無明顯差異，但較高於 30 尾組，而 40 尾組則與 10 尾及 20 尾組有顯著差異。平均體重以 10 尾組的 861.2 g 最

高、其次為 20 尾，隨著密度增加，30 尾及 40 尾組體重顯著降低。在飼料轉換率方面，10 尾組為 1.00，較優於 20 尾組的 1.10，兩組間差異並不顯著，但很明顯優於 30 尾組 (1.14) 及 40 尾組 (1.16)。至於肥滿度仍以 10 尾組的 3.68 最高，肥滿度隨著放養密度的提高而下降，各組間產生明顯差異。各組活存率都達 100%。將魚體增重對飼育天數作線性迴歸分析結果如 Table 2 所示，10 尾組的成長係數 (0.0941) 為 40 尾組 (0.0526) 的 1.789 倍。

Table 2 Relationship between body weight W(g) and times T(days) of Amur sturgeon for the first trial

Density (fish/m ³)	Regression equation	R ²
10	$W=0.0941T^2+11.749T+871.92$	0.9998
20	$W=0.0780T^2+11.548T+853.29$	0.9999
30	$W=0.0591T^2+11.732T+856.98$	0.9995
40	$W=0.0526T^2+9.7201T+868.03$	0.9985

試驗期間的日成長率 (SGR) 變化，如 Fig. 1 所示，初期各組的 SGR 值都比較高，隨著魚體逐漸長大後，各組的 SGR 值均逐漸降低。由每 2 週測定結果，計算各組的 SGR 值的結果，發現前 2 週還以最高密度 40 尾組的 5.16% 最高，而後則以 10 尾組較高，但與 20 尾組並無顯著差異。由體長、體重的增加情形發現，第 4 週各組之差異極小，而第 6 週已逐漸產生差距，第 8 週則 10 尾、20 尾組與 30、40 組之成長差距逐漸拉大 (Figs 2 & 3)。結果 10 尾及 20 尾組的成長率分別為 3720.7% 及 3365.2%，二組間無顯著差異、但均明顯高 30 尾組 (2888.5%) 及 40 尾組 (2608.3%)。

第二階段試驗經 12 週飼育結果，如 Table 3 所示，每尾魚的平均總投餌量以放養 4 尾組的 2266.5 g 最高，與 8 尾、12 尾及 16 尾組均有明顯差異，但 12 尾與 16 尾二組之間則沒有顯著差異。平均體重以 4 尾組的 2515.9 g 最高，其次為 8 尾組，二組間差異並不明顯，但均顯著高於 12 尾及 16 尾組。在飼料轉換率方面，4 尾組為 1.39，較

優於 8 尾組的 1.43，兩者沒有顯著差異，但很明顯優於 12 尾組 (1.63) 及 16 尾組 (1.72)。而肥滿度以 4 尾組的 4.20 最高，與 8 尾組的 4.09 無明顯差異，但顯著高於 12 尾及 16 尾的 3.81 及 3.75；各組的活存率也都達 100%。4 尾組的成長係數 (0.0517) 為 16 尾組 (0.0281) 的 1.840 倍 (Table 4)。

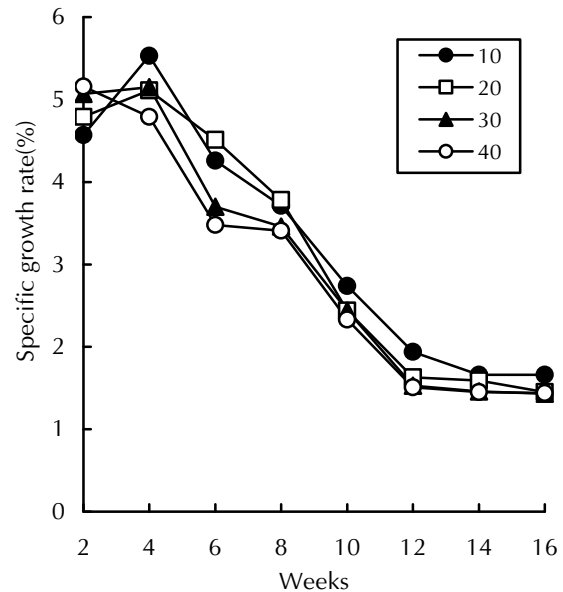


Fig. 1 Specific growth rate of Amur sturgeon reared at different densities for 16 weeks.

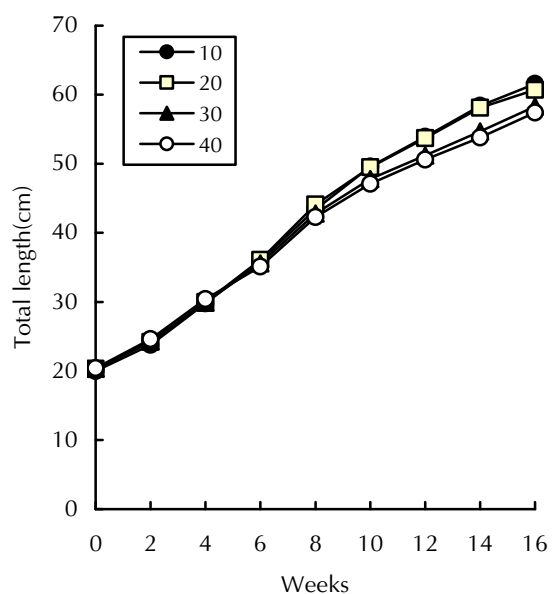


Fig. 2 Growth in total length of Amur sturgeon reared at different densities for 16 weeks.

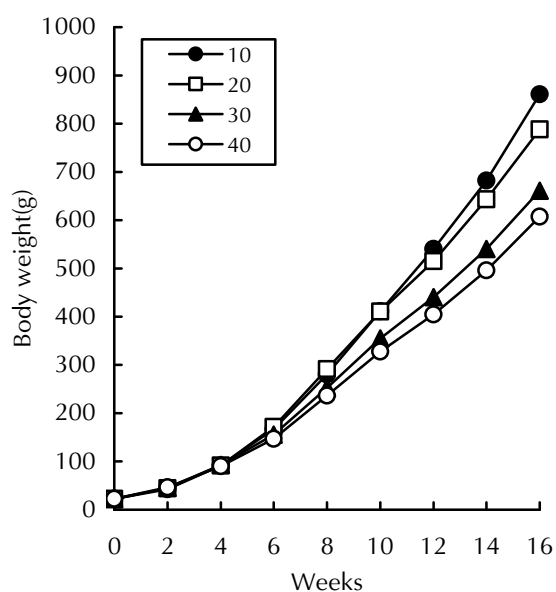
Table 3 Results of Amur sturgeon reared at different densities for 12 weeks¹

	Rearing density (fish/m ³)			
	4	8	12	16
Initial length (cm)	63.8±1.9	63.2±2.0	63.3±1.8	64.0±1.8
Final length (cm)	84.3±1.8 ^a	83.4±1.7 ^a	82.4±1.8 ^b	81.8±2.1 ^b
Initial weight (g)	880.8±79.6	873.5±77.8	871.5±72.3	871.1±75.8
Final weight (g)	2515.9±142.7 ^a	2376.2±158.4 ^a	2127.9±223.6 ^b	2052.4±160.0 ^b
Weight gain (g)	1635.1±70.9 ^a	1524.4±16.4 ^a	1281.6±57.1 ^b	1184.9±88.8 ^b
Percentage weight gain	185.8±6.1 ^a	179.0±0.7 ^a	151.7±5.9 ^b	136.6±9.6 ^c
Feed conversion rate	1.39±0.05 ^b	1.43±0.02 ^b	1.63±0.06 ^a	1.72±0.08 ^a
Condition factor	4.20±0.07 ^a	4.09±0.04 ^a	3.81±0.08 ^b	3.75±0.06 ^b
Average feed intake (g/fish)	2266.5±14.3 ^a	2178.7±13.9 ^b	2087.6±19.4 ^c	2034.2±51.3 ^c
Survival rate (%)	100	100	100	100

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

Table 4 Relationship between body weight W(g) and times T(days) of Amur sturgeon for the second trial

Density (fish/m ³)	Regression equation	R ²
4	$W=0.0517T^2+1.8395T+11.448$	0.9987
8	$W=0.0399T^2+2.5967T+8.031$	0.9975
12	$W=0.0299T^2+2.5435T+10.001$	0.9963
16	$W=0.0281T^2+2.1964T+14.583$	0.9970

**Fig. 3** Growth in body weight of Amur sturgeon reared at different densities for 16 weeks.

試驗期間的日成長率變化，如 Fig. 4 所示，本階段各組的 SGR 值都明顯比第一階段低。前 2 週的 SGR 值以 4 尾及 16 尾組的 1.21 最高，但各組間差異不明顯，而後 4 尾組及 8 尾組則明顯高於 12 尾及 16 尾組。由體長、體重的增加情形發現，第 4 週各組成長已開始產生差異，但並不顯著，而第 6 週差距則明顯增大 (Figs 5 & 6)。而 4 尾組的成長率為 185.8%，則約為 8 尾組 (179.0%)、12 尾組 (151.7%) 及 16 尾組 (136.6%) 的 1.04 倍、1.22 倍及 1.36 倍。

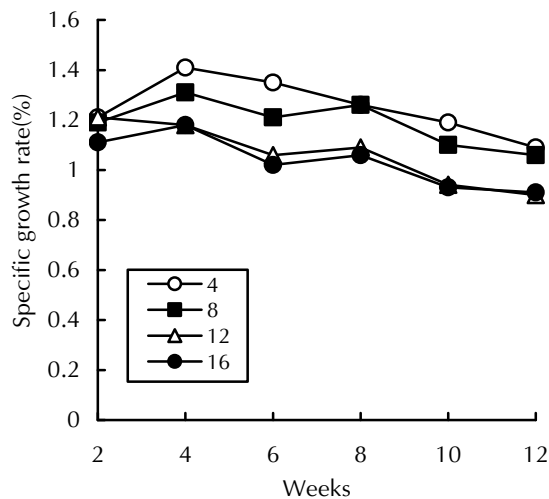
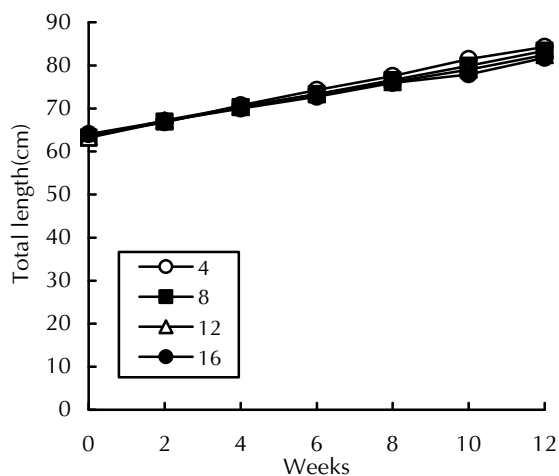
水質測定結果如 Table 5。第一階段各池水溫介於 23.2 ~ 25.4 °C 之間，第二階段介於 22.8 ~ 25.2 °C 之間，溶氧量以低密度的 10 尾及 4 尾組 5.2 ~ 6.8 ppm 及 5.8 ~ 6.4 ppm 較高，隨著放養密度的增加，溶氧量相對減少，pH 值亦有相同趨勢；而亞硝酸則因密度的增加有昇高的現象。

討 論

孫等 (1998) 指出，史氏鱘的生存水溫為 1 ~ 33 °C，適宜生長溫度在 21 °C 左右。石等 (2000) 指出，史氏鱘生長最適水溫為 18 ~ 22 °C，在 13 ~ 26 °C 水溫中均能正常成長。Hung *et al.* (1993) 指出，白鱘較適的飼育水溫為 23 °C (與 20 及 26 °C 相較)。而 Cech *et al.* (1984) 認為 0.5 ~ 0.6 g 的白鱘在 20 與 25 °C 的成長沒有差異。林等 (2004) 在

Table 5 Data of water quality during the experimental period

Rearing density (fish/m ³)	DO (ppm)	pH	Ammonia (ppm)	Nitrite (ppm)
10	5.2~6.8	7.41~7.44	<0.1	0.092~0.143
20	5.0~6.0	7.20~7.32	<0.1	0.099~0.178
30	4.8~5.7	7.17~7.28	<0.1	0.115~0.197
40	4.4~5.0	6.97~7.02	<0.1	0.124~0.213
4	5.8~6.4	7.22~7.30	<0.1	0.105~0.134
8	5.4~5.9	7.09~7.26	<0.1	0.112~0.150
12	5.1~5.7	7.03~7.24	<0.1	0.131~0.164
16	4.8~5.5	7.01~7.13	<0.1	0.139~0.178

**Fig. 4** Specific growth rate of Amur sturgeon reared at different densities for 12 weeks.**Fig. 5** Growth in total length of Amur sturgeon reared at different densities for 12 weeks.

水溫 18、23 及 28 °C 循環系統中飼育史氏鱘，結果 23 °C 組無論在飼料效率、增重率及成長率上均最高。Hung *et al.* (1989) 指出，白鱘於 14 °C 水溫中的建議投餵率為體重的 1.25 ~ 1.5%，18 °C 的最適投餵率為 1.5 ~ 2.0%，飼育於 23 °C 時，投餵量由 2.0% 增至 2.5% 時，體重明顯增加，而在 26 °C 時則必需由 2.5% 提高至 3%，飼料效率才會明顯增加。而林等 (2004) 在水溫對史氏鱘成長影響試驗中，23°C 水溫中投餵體重 3.0 ~ 3.5% 獲得最佳成長效果。本試驗採少量流水，期間引用的地下水溫度約 23.8 ~ 25.2 °C，受氣溫影響，池水溫度介於 22.8 ~ 25.4 °C 之間，其投餵量設定為體重的 3%。

魚類養殖密度會與成長產生負相關關係，過去已有一些報導 (Soderberg and Krise, 1986; Papoutsoglou *et al.*, 1987)。但也有一些研究顯示，提高養殖密度反而會增加魚類的成長率 (Jobling, 1985; Wallance *et al.*, 1988)。這二種不同的結果可能與試驗的環境、魚體大小、年齡、魚種不同以及放養數量有關。本試驗結果，養殖密度對史氏鱘的成長有顯著影響，平均體重、成長率、肥滿度及成長係數都以低密度組較高，隨著養殖密度的增加會顯著下降，而飼料轉換率則相對提高。

本試驗第一階段初期密度為每噸水 0.223 ~ 0.896 kg，最初二週日成長率以 40 尾組最高 (Fig. 1)，經四週飼育後各組間成長幾乎無差異 (Fig. 3)，此時 10、20、30 及 40 尾組平均體重各分別為 91.7、91.3、92.6 及 90.1 g，密度為 0.917、1.826、

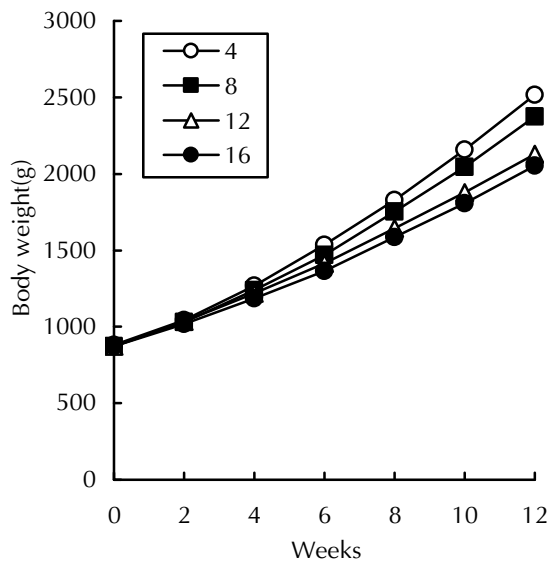


Fig. 6 Growth in body weight of Amur sturgeon reared at different densities for 12 weeks.

2.778、3.604 kg/m³。而六週後較高密度組 (30、40 尾) 成長才與低密度組 (10、20 尾) 逐漸產生差異, 平均體重各分別為 166.6、171.7、148.4 及 135.8 g。第十週 10 尾與 20 尾組平均體重各分別為 411.4 g 與 410.3 g (此時密度為 4.114 kg 與 8.206 kg), 而後 10 尾組之成長才逐漸優於 20 尾組。第二階段在前四週各組之成長亦無顯著差異 (Fig. 6), 而後 4 尾 (生物量為 5.079 kg) 及 8 尾組 (9.918 kg) 成長與 12 尾及 16 尾組之差距明顯拉大。此顯示養殖密度高於一定的門檻時, 才會對成長產生負面的影響, 此結果與 Kawanabe (1969) 的論點一致, 其在香魚 (*Plecoglossus altivalis*) 的試驗中, 也證實養殖密度增高, 成長率亦隨之提高, 直到產生壓迫反應為止。而劉 (1999) 在養殖密度對雜交條紋鱸 (*Morone saxatilis* × *M. chrysops*) 的成長試驗中, 未達壓迫反應前, 亦發現中、高密度組日成長率均較低密度組大。

Mohler *et al.* (2000) 指出美洲鱈 (*A. oxyrinchus*) 幼魚初期密度為每噸水 0.37 ~ 2.22 kg, 經 30 天飼育後對成長並沒有明顯影響, 這可能因為 30 天短期間尚未達單位水體的生物負荷量所致。Jodum *et al.* (2002) 指出平均體重為 368.7 g 的美洲鱈分成每噸水 7.95、11.91、15.93、20.39 及 24.06 kg 五種密度, 在 14.6 °C 飼育七週後, 發現成長率與密度成反比, 飼料轉換率為 1.93 ~ 2.65。本試驗第二階段最初每噸水放養密度分別為

3.523、6.988、10.458 及 13.938 kg, 經 12 週飼育後, 較高密度組成長率亦明顯下降 (Table 2)。四組於第 8 週的飼料轉換率為 1.28 ~ 1.56, 顯示密度約略相同的史氏鱈在較高水溫中, 成長率及飼料效率明顯高於低水溫中的美洲鱈。

Schreck *et al.* (1985) 發現 1 齡的銀大麻哈魚 (*Oncorhynchus kisutch*) 的體型隨放養密度的增加而出現小型化趨勢。鱈魚屬於非群集性魚類, 投餌時不似一般群集性魚類在短時間內會搶食完畢, 由於試驗期間提供了充足的餌料, 並不會引起種內對食餌的強烈競爭。由 Fig. 2 與 Fig. 5, 可發現史氏鱈成長過程中, 體長差異極小, 高密度組並無小型化現象, 但由體重及肥滿度 (Tables 1 & 2) 可發現與密度呈負相關關係, 高密度組之鱈魚顯得較瘦弱。Cech *et al.* (1984) 指出單位水體的生物量及溶氧量都會影響魚的成長。本試驗結果發現日成長率、飼料效率隨著時間而逐漸降低, 與一般的典型成長模式相同—即魚類隨著體型變大, 成長變緩。Burggren and Randall (1978) 認為溶氧量的減少會降低新陳代謝, 降低飼料效率。平岡 (2002a) 指出溶氧量達 4 ppm 以上時, 鱈魚即能滿足生理需求。本試驗溶氧量以低密度的 10 尾及 4 尾組的 5.2 ~ 6.8 ppm 及 5.8 ~ 6.4 ppm 較高, 隨著放養密度的增加溶氧量相對減少, 40 尾及 16 尾組分別為 4.5 ~ 5.0 ppm 及 4.8 ~ 5.5 ppm, 但皆高於 4 ppm 以上, 能滿足其基本需求, 而溶氧量的減少是否會直接降低高密度組的飼料效率, 或是起因於高密度所造成的環境緊迫, 引發生理變化, 導致飼料效率降低, 則尚需就生理變化進行探討。

本試驗結果 (Tables 1 & 3), 各種密度之存活率都達 100%, 不受密度的影響。鱈魚攝餌採吸食方式, 生活中不會有攻擊它魚的行為。在前述 Jodum *et al.* (2002) 的五種密度試驗中美洲鱈存活率為 99.7 ~ 100%。Fajfer *et al.* (1999) 指出湖鱈在 1.35 ~ 3.75 kg/m² 密度飼養五週時, 對存活率無明顯影響。平岡 (2002b) 亦指出, Bester 鱈成魚在每噸水放養密度高達 120 kg 環境中, 也不會因彼此接觸而有體表擦傷現象, 但背部硬骨板的尖端會較平滑。但在超集約系統中幼魚如超過一個月沒篩選, 會因投餌量不足, 其大小體重會相差一倍以上, 導致較小個體攝餌減少, 逐漸變瘦餓死。因此在鱈魚養殖過程中可利用定期篩選的機會逐

漸降低放養尾數，減少因密度所造成的緊迫，避免飼料效率及成長率的下降。

謝 辭

本試驗能順利完成，承本中心同仁吳尊德先生於飼育期間鼎力協助，特此表示謝意。

參考文獻

- 平岡潔 (2002a) 飼育するために適した水槽は何か？養殖, 39(1): 106-107.
- 平岡潔 (2002b) 飼育する時に丈夫な魚って本當？養殖, 39(3): 91-92.
- 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.
- 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.
- 劉富光 (1999) 雜交條紋鱸 (*Morone saxatilis* × *M. chrysops*) 繁養殖之生物學研究. 國立臺灣大學動物學研究所 博士論文, 168 pp.
- 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.
- 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.
- Browne, R. K., M. Pomeroy and A. J. Hamer (2003) High density effects on the growth, development and survival of *Litoria aurea* tadpoles. *Aquaculture*, 205: 109-121.
- Duncan, D. B. (1955) Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11: 1-42.
- Fenderson, O. C. and M. R. Carpenter (1971). Effects of crowding on the behavior of juvenile hatchery and wild landlocked Atlantic salmon (*Salmon salar* L.). *Animal Behavior*, 19: 439-447.
- Fajfer, S., L. Meyers, G. Willman, T. Carpenter and M. J. Hansen (1999) Growth in juvenile lake sturgeon reared in tanks at three densities. *Nor. Am. J. Aquacul.*, 61: 331-335.
- 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. e, 1-121.
- Gardiner, B. G. (1984) Sturgeons as living fossils. *In* Living Fossils (N. Eldredge and S. M. Stanley eds.), New York, Springer-Verlag, 148-152.
- 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. (1985). Physiological and social constraints on growth of fish with special reference to Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *Aquaculture*, 44: 83-90.
- Jodun, W. A., M. J. Millard and J. Mohler (2002) The effect of rearing density on growth, survival, and feed conversion of juvenile Atlantic sturgeon. *Nor. Am. J. Aquacul.*, 64:10-15.
- Kawanabe, H. (1969). The significance of social structure in production of the ayu (*Plecoglossus altivalis*). *In* Symposium on Salmon and Trout in Streams (T. G. Northcote ed.), University of British Columbia, Vancouver, B. C., 243-251.
- Mohler, J. W., K. King, and P. R. Farrell (2000) Growth and survival of first feeding and fingerling Atlantic sturgeons under culture conditions. *Nor. Am. J. Aquacul.*, 62: 174-183.
- Noakes, D. L. G. and J. F. Leatherland (1977) Social dominance and interrenal cell activity in rainbow trout, *Salmon gairdneri* (Pisces, Salmonidae). *Environ. Bio. Fish.*, 2: 131-136.
- Papoutsoglou, S. E., E. Paparaskeva-Papoutsoglou, M. N. Alexis (1987) Effect of density on growth rate and production of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich) over a full rearing period. *Aquaculture*, 66: 9-17.
- Pickering, A. D. and T. G. Pottinger (1987) Poor water quality suppresses the cortisol response of salmon fish to handling and confinement. *J. Fish Biol.*, 30: 363-374.
- Snedecor, G. W. and W. G. Cochran (1967) Statistical methods. Iowa State University Press, Ames, IA, 593 pp.
- Schreck, C. B., R. Patino and C. K. Pring (1985) Effects of rearing density on indices of smoltification and performance of coho salmon *Oncorhynchus kisutch*. *Aquaculture*, 45: 345-358.
- Soderberg, R. W. and W. F. Krise (1986) Effects of rearing density on growth and survival of lake trout. *Prog. Fish-Cult.*, 48: 30-32.
- Wallace, J. C., A. G. Kolbeinsavn and T. G. Reinsnes (1988) The effects of stocking density on early growth in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Aquaculture*, 73: 101-110.

Effect of Stocking Density on Growth of Amur River Sturgeon (*Acipenser schrencki*)

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

Chupei Station, Freshwater Aquaculture Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The experiment was to study the effect of density on the growth of Amur river sturgeon (*Acipenser schrencki*) in two grow-out trials. Fish with average weight around 22 g were reared at the density of 0.223, 0.454, 0.663 and 0.896 kg/m³ water in the first trial for 16 weeks. Fish with average weight between 880 and 871 g were reared at 3.523, 6.988, 10.458 and 13.938 kg/m³ water for 12 weeks. In both trials, the average final weight, growth rate, feed conversion rate and condition factor of fish that were reared at high density were significantly different from those at low density. The effect of density of which the biomass was over 8-10 kg/m³ water, the growth of sturgeon was inversely related to the density, which the higher condition factor was found in fish that was reared at lower density. Results suggested that periodic sieving to reduce stocking density was necessary to enhance the growth of sturgeon.

Key words: Amur sturgeon, *Acipenser schrencki*, density, growth

^{*}Correspondence: 111 Tai-Ho, Chupei, Hsinchu 302, Taiwan. TEL: (03) 5551-190; FAX: (03) 5552-057; E-mail: l_t_s_1@yahoo.com.tw