

日本銀身鰻稚魚中間育成階段最適日投餵頻度之探討

邱沛盛^{1*} · 陳陽德² · 朱永桐¹ · 曹友忠³ · 劉天和³ · 葉信利¹

¹行政院農業委員會水產試驗所海水繁養殖研究中心

²行政院農業委員會水產試驗所東港生技研究中心

³天和生物股份有限公司

摘 要

日本銀身鰻 (*Argyrosomus japonicas*) 為臺灣重要的經濟性養殖魚種，但其中間育成階段常因缺乏妥善的投餵管理造成體型參差不齊，進而產生殘食行為造成高死亡率。因此，最適日投餵頻度的探討至關重要。本研究以四種日投餵頻度：A 組 (投餵一次/日)、B 組 (投餵二次/日)、C 組 (投餵三次/日) 及 D 組 (投餵四次/日) 飼養日本銀身鰻稚魚 (39.91 – 40.03 mm/ 0.90 – 0.95 g)，每個水槽放入 100 尾稚魚並以商業鰻魚浮性飼料 (粗蛋白含量 44%，粗脂肪含量 12%，每日投餵魚體重 10%) 投餵 30 天，藉由評估稚魚之活存率、殘食率、成長參數及體型差異，找出中間育成階段最適的日投餵頻度。結果顯示 B、C 及 D 組稚魚在實驗結束後活存率分別為 $82.67 \pm 1.20\%$ 、 $87.67 \pm 1.20\%$ 及 $93.33 \pm 1.20\%$ ，顯著 ($p < 0.05$) 大於 A 組 ($66.00 \pm 2.52\%$)，D 組在實驗第 14 天至 30 天時殘食率 ($6.67 \pm 1.20\%$) 均顯著 ($p < 0.05$) 低於 A 組。成長參數方面，C 及 D 組在稚魚體全長、體重、日增重、增重百分比、日成長率及飼料轉換率方面均顯著 ($p < 0.05$) 優於 A 組，但四組在肥滿度上沒有顯著 ($p > 0.05$) 差異。以體全長及體重之變異係數評估體型差異，四種投餵頻度的體全長及體重變異係數均無顯著 ($p > 0.05$) 差異。本研究結果指出，欲獲得日本銀身鰻稚魚較佳的成長表現，以日投餵頻度三次為佳，而欲在整個飼育過程均維持較低的殘食率，則以日投餵四次為佳。

關鍵詞：日本銀身鰻、日投餵頻度、殘食、成長、體型差異

前 言

日本銀身鰻 (*Argyrosomus japonicas*)，又稱日本鮠，中國稱日本白姑魚，屬於大型的石首魚科 (Sciaenidae) 魚類，分布於印度-西太平洋區，西起非洲東部，北至韓國，南至澳洲 (Trewavas, 1977; Kailola *et al.*, 1993; Griffiths and Heemstra, 1995)，臺灣西部、南部、澎湖及小琉球皆有分布 (Shao, 2018)，主要棲息於河川下游、河口區、礁石區、海灘區及深達 150 m 的大陸棚區 (Riede, 2004)，以魚、蝦、蟹及蠕蟲等底棲生物為食 (Shao, 2018)。關於日本銀身鰻的生物學、生活史、攝食生態、年

齡成長及分類學已經有許多研究報告發表 (Griffiths and Hecht, 1995; Griffiths and Heemstra, 1995; Griffiths, 1996, 1997a, b)。

此外，因為石首魚科魚類分布較廣、多產及成長快速，被認為是理想的水產養殖物種 (Silberschneider and Gray, 2008)。日本銀身鰻的養殖在澳洲已經成為重要且具有規模的產業 (Battaglione and Talbot, 1994; Fielder *et al.*, 1999; Gooley *et al.*, 2000)，在臺灣澎湖地區以海上箱網養殖，屬於高經濟價值的養殖魚種。過去的研究證實，親魚藉由性激素注射可誘導產卵 (Thomas and Boyd, 1988; Battaglione and Talbot, 1994)，而其胚胎及仔稚魚形態發育也已經被充分描述 (Steffe and Neira, 1998; Ballagh *et al.*, 2011)。然而，日本銀身鰻從孵化後 18 天開始即出現明顯的殘食行為，直到體全長成長至 80 mm 以上時，此行為才會減緩

*通訊作者 / 臺南市七股區三股里海埔 4 號, TEL : (06)7880461 ext. 219; E-mail: pschui@mail.tfrin.gov.tw

(O'Sullivan and Ryan, 2001)，成為養殖過程中的主要難題。

本所先前試驗發現，體全長約 10 - 20 mm 的魚苗移至室內育成池培育時，即開始觀察到明顯的殘食，造成中間育成階段管理上的困難及重大損失。McCarty *et al.* (1986) 認為以低密度飼養日本銀身鰻可避免殘食行為，但考慮水土資源受限及經濟效益卻難以在產業上實際應用，而 Timmer and Magellan (2011) 則利用不同光照度、不同顏色的光源來避免殘食。另外也有學者認為，適當的投餵頻度及足夠的投餵量可避免養殖過程中的殘食行為，同時有利於降低養殖魚隻體型差異、增加飼料利用率及成長率 (Dwyer *et al.*, 2002; Tucker *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2007)。

養殖魚類的最適投餵頻度隨著種別有很大的差異，同時也受體型及養殖系統影響 (Cho *et al.*, 2003)。有關不同投餵頻度對於成長效應的相關研究在其他經濟性養殖魚種如：赤點石斑 (*Epinephelus akaara*) (Kayano *et al.*, 1993)、虹鱒 (*Oncorhynchus mykiss*) (Ruohonen *et al.*, 1998)、大西洋黃蓋鰈 (*Limanda ferruginea*) (Dwyer *et al.*, 2002)、金鯛 (*Pagrus auratus*) (Tucker *et al.*, 2006)、紅鰭東方魷 (*Takifugu rubripes*) (Kikuchi *et al.*, 2006)、白梭吻鱸 (*Sander lucioperca*) (Wang *et al.*, 2009) 及尖吻鱸 (*Lates calcarifer*) (Biswas *et al.*, 2010) 已有大量成果，然而關於日本銀身鰻稚魚從育苗收成到中間育成階段之最適日投餵頻度及其是否能有效抑制殘食行為的驗證型實驗報告甚少。

本研究目的為探討日本銀身鰻稚魚在不同日投餵頻度下的活存率、殘食率、成長及體型差異，藉由以上參數找出較理想的日投餵頻度，期望能改善中間育成階段稚魚因殘食造成的損失，另一方面提供有利於稚魚成長的飼養管理方式。

材料與方法

一、實驗地點與養殖系統

本研究於海水繁養殖研究中心室內中間育成場進行，實驗進行期間為 2018 年 5 月 31 日至 6 月 29 日。水源為經過砂過濾、電解殺菌及沉澱後的天然海水。實驗水槽為 12 個玻璃纖維米白色圓

形水槽 (直徑 135 cm、高 52 cm，總水量為 500-L)，每個水槽放入一組通氣管連接打氣石 (尺寸 3×1.5 cm)，通氣率為 20 ml min⁻¹，氣泡直徑約為 50 - 80 μm，水槽內不放置任何遮蔽物或供躲藏的岩石，養殖場內以屋頂之透明瓦片自然採光。實驗系統採 24 hr 流水之非密閉循環系統，養殖系統水質隨環境而變動，在實驗期間內，水溫範圍約 30 - 32°C、鹽度範圍 33 - 35 psu、溶氧維持在 5 - 7 mg L⁻¹ 之間、pH 7.9 - 8.5。

二、實驗魚隻

日本銀身鰻的受精卵來自天和生物股份有限公司海上箱網人工養殖的親魚，受精卵在海水繁養殖研究中心田間試驗池培育至孵化後 60 天，收成後移至室內中間育成場培育。實驗前所有魚隻在 2000-L 玻璃纖維水槽蓄養約兩週，每天投餵商業用飼料，製造商為永承飼料股份有限公司，商品名為鰻魚浮性飼料 (粒徑 = 0.8 - 1.0 mm，粗蛋白 44%、粗脂肪 12%、粗灰分 16.5%、水分 11%、粗纖維 2%) 馴餌至所有實驗魚隻均接受人工飼料。篩選出 1,200 尾稚魚，平均體重 0.95 ± 0.05 g、平均體全長 39.86 ± 0.74 mm (mean ± SE, n = 30)，確保實驗初始體型一致，隨後隨機放入實驗水槽，每個實驗水槽各放入 100 尾稚魚。

三、不同日投餵頻度之實驗設計

日投餵頻度實驗進行 30 天，設計四種投餵頻度組，分別為 A 組 (投餵一次/日)、B 組 (投餵二次/日)、C 組 (投餵三次/日) 及 D 組 (投餵四次/日)，各組水槽位置為隨機排列三重複。根據實際投餵觀察，早晨 (07:00 - 09:00) 及下午 (15:00 - 17:00) 時段攝食行為較為活躍，因此配合魚隻攝食行為，A 組設定 08:00 投餵；B 組設定 08:00 及 16:00 投餵；C 組在上述兩時段另增加 11:00 投餵；D 組較 C 組再增加 14:00 投餵，而每次投餵間隔至少大於 1 小時給予消化緩衝時間，前述投餵次數及時間之設計參照 Dwyer *et al.* (2002) 及 Biswas *et al.* (2010) 的方法並稍作調整，詳見 Table 1。每週測量一次水溫、鹽度、溶氧及 pH。稚魚以人工飼料定點定時投餵，確定每次投餵的

飼料皆被攝食完畢，並於每日最後一次餵食結束後 30 min 以虹吸法清除底部髒汙。各組每次投餵量為日投餵總量除以投餵次數，因此各組日投餵總量相等，參照 Lee *et al.* (1996) 之設定，為 10% 魚體總重。

Table 1 Daily feeding frequency and feeding times of different treatments

Treatment	Feeding frequency per day	Feeding time
A	One	08:00
B	Two	08:00 and 16:00
C	Three	08:00, 11:00 and 16:00
D	Four	08:00, 11:00, 14:00 and 16:00

四、活存率及殘食率計算

稚魚活存率計算方式為每日 07:30 計算水槽內活存的魚隻數，並除以初始魚隻數，計算公式如下：

活存率 (%) = (每日活存魚隻數 / 初始魚隻數) × 100

殘食率計算參照 van Damme *et al.* (1989) 及 Leu *et al.* (2018) 的方法，由每日觀測並排除活存率與自然死亡率來計算殘食率，其中自然死亡定義為非因受其他魚隻掠食或攻擊而死亡者，尾鰭、眼睛及體側無受到攻擊之傷口。van Damme *et al.* (1989) 定義魚類殘食死亡模式可分為第一型：獵物被攻擊尾部，第二型：獵物由頭部被殘食者吞食，實驗期間觀測的殘食行為包含上述兩種類型。殘食率的計算公式如下：

殘食率 (%) = 100 - [活存率 (%) + 自然死亡率 (%)]

五、成長情形評估

成長情形評估方式為實驗結束後，每組隨機抽樣 30 尾稚魚測量實驗後體全長 (final total length, mm) 及實驗後體重 (final body weight, g)，

其他成長相關參數分別為日增重 (daily weight gain, DWG, g d⁻¹)、增重百分比 (percentage weight gain, PWG, %)、日成長率 (specific growth rate, SGR, % d⁻¹)、飼料轉換率 (feed conversion ratio, FCR) 及肥滿度 (condition factor, CF, %)，計算公式如下：

日增重 (g d⁻¹) = [魚隻平均末重 (g) - 魚隻平均初重 (g)] / 實驗天數

增重百分比 (%) = [(魚隻平均末重 (g) - 魚隻平均初重 (g)) / 魚隻平均初重 (g)] × 100

日成長率 (% d⁻¹) = [(ln 魚隻平均末重 (g) - ln 魚隻平均初重 (g)) / 實驗天數] × 100

其中飼料轉換率之計算參照 Biswas *et al.* (2010) 之計算方法，以每日投餵之飼料總量視為飼料攝取量，算式如下：

飼料轉換率 = 總飼料攝取量 (g) / 魚隻總增重 (g)

肥滿度 (%) = (魚隻平均體重 / 魚隻平均體長³) × 100

六、體型差異評估

以實驗結束後魚隻全數採收時的體重變異係數 (CV of harvest body weight, CV_{hbw}) 及體全長變異係數 (CV of harvest total length, CV_{htl}) 來評估魚隻體型差異 (size heterogeneity)，計算公式如下：

收穫體重變異係數 = 魚隻末重之標準差 (SD) / 魚隻平均末重 (g)

收穫體全長變異係數 = 魚隻末體全長之標準差 (SD) / 魚隻平均末體全長 (mm)

七、統計分析

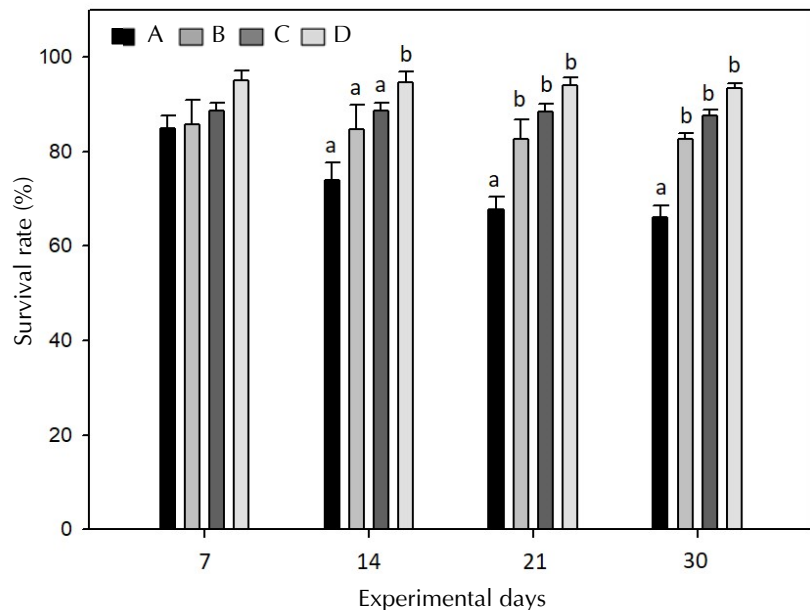
本研究所有的實驗數據以平均值 ± 標準誤 (mean ± SE) 表示，各組間測定的參數以單因子變異數分析 (one-way ANOVA) 分析組間差異，並以 Tukey's HSD test 進行事後檢定，比較實驗組間各參數平均值差異的顯著性，顯著水準設定為 $\alpha = 0.05$ ，統計軟體為 Sigma stat 3.5 版本。

Table 2 Variations in water quality parameters of the experimental site

Parameter	0 day	7th day	14th day	21st day	30th day
Temperature (°C)	31.70 ± 0.73	31.58 ± 0.76	31.75 ± 0.76	31.05 ± 0.82	31.00 ± 0.78
Salinity (psu)	35.60 ± 0.00	34.56 ± 0.03	32.90 ± 0.70	34.33 ± 0.13	35.16 ± 0.33
Dissolved oxygen (mg L ⁻¹)	5.10 ± 0.10	5.20 ± 0.30	5.30 ± 0.30	5.10 ± 0.20	5.30 ± 0.30
pH	8.30 ± 0.11	8.30 ± 0.09	8.30 ± 0.09	8.40 ± 0.08	8.40 ± 0.09

Values are means ± SE of three replicates.

Fig. 1 Effects of different feeding frequencies (A: one, B: two, C: three and D: four times a day) on survival rate of *Argyrosomus japonicus* juveniles reared in 500-L tanks for 30 days. Bars are means of three replicates and error bars stand for SE. Bars sharing at least one common script are not significantly different, whereas other comparisons differ at $p < 0.05$.



結 果

一、水質參數及基本條件

實驗期間的水質參數詳見 Table 2。各組間每次測量之水質參數無顯著差異 ($p > 0.05$)，實驗魚隻在實驗期間也無特定疾病感染。

二、不同日投餵頻度下之活存率及殘食率

日本銀身鰻稚魚活存率分別於實驗開始第 7 天、第 14 天、第 21 天及第 30 天測定，A、B、C 及 D 組魚隻在實驗第 7 天活存率分別為 $85.00 \pm 2.64\%$ 、 $85.67 \pm 5.17\%$ 、 $88.67 \pm 1.67\%$ 及 $95.00 \pm 2.08\%$ ，各組間無顯著差異 ($p > 0.05$)。實驗第 14 天，稚魚在 A、B、C 及 D 組的活存率分別為 $74.00 \pm 3.61\%$ 、 $84.67 \pm 5.17\%$ 、 $88.67 \pm 1.67\%$ 及 $94.66 \pm 2.33\%$ ，D 組活存率顯著 ($p < 0.05$) 高於 A 組，而 A、B 及 C 組間活存率則無顯著差異 ($p >$

0.05)。實驗第 21 天，稚魚在 A、B、C 及 D 組的活存率分別為 $67.67 \pm 2.72\%$ 、 $82.67 \pm 4.17\%$ 、 $88.33 \pm 1.85\%$ 及 $94.00 \pm 1.73\%$ ，B、C 及 D 組間無顯著差異 ($p > 0.05$)，但均顯著 ($p < 0.05$) 高於 A 組，實驗第 30 天，稚魚在 A、B、C 及 D 組的活存率分別為 $66.00 \pm 2.52\%$ 、 $82.67 \pm 1.2\%$ 、 $87.67 \pm 1.20\%$ 及 $93.33 \pm 1.20\%$ ，B、C 及 D 組間無顯著差異 ($p > 0.05$)，但均顯著 ($p < 0.05$) 高於 A 組 (Fig. 1)。

觀察結果顯示，日本銀身鰻稚魚出現兩種類型的殘食行為 (Fig. 2)，而第一型殘食為實驗過程中觀察到的主要模式。A、B、C 及 D 組魚隻在實驗第 7 天殘食率分別為 $14.33 \pm 2.02\%$ 、 $14.33 \pm 5.17\%$ 、 $11.33 \pm 1.67\%$ 及 $6.33 \pm 0.88\%$ ，各組間無顯著差異 ($p > 0.05$)。實驗第 14 天，稚魚在 A、B、C 及 D 組的殘食率分別為 $26.00 \pm 3.61\%$ 、 $15.33 \pm 5.17\%$ 、 $11.33 \pm 1.67\%$ 及 $6.67 \pm 1.20\%$ ，D 組殘食率顯著 ($p < 0.05$) 低於 A、B 及 C 組，而 A、B 及 C 組間殘食率則無顯著差異 ($p > 0.05$)。

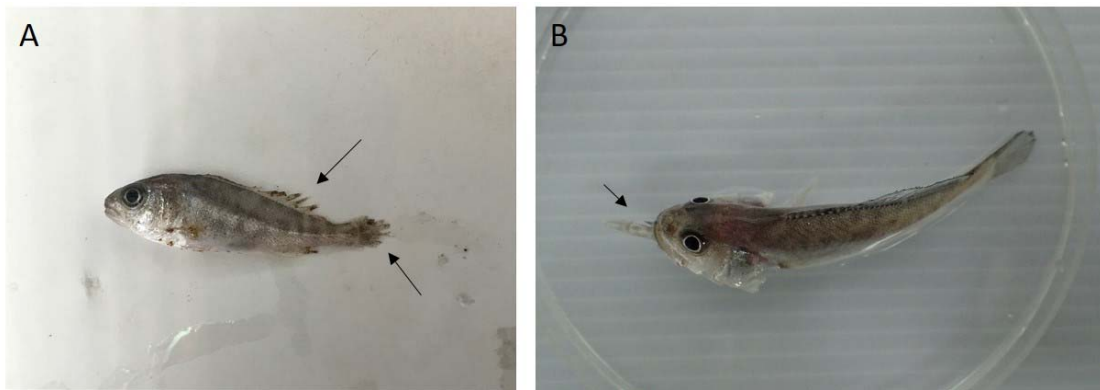


Fig. 2 Two types of cannibalism among *Argyrosomus japonicas* juveniles. A: type I, where the caudal region of the prey has been progressively ingested (arrow sites); B: type II, where the prey was caught head first and ingested completely (arrow site).

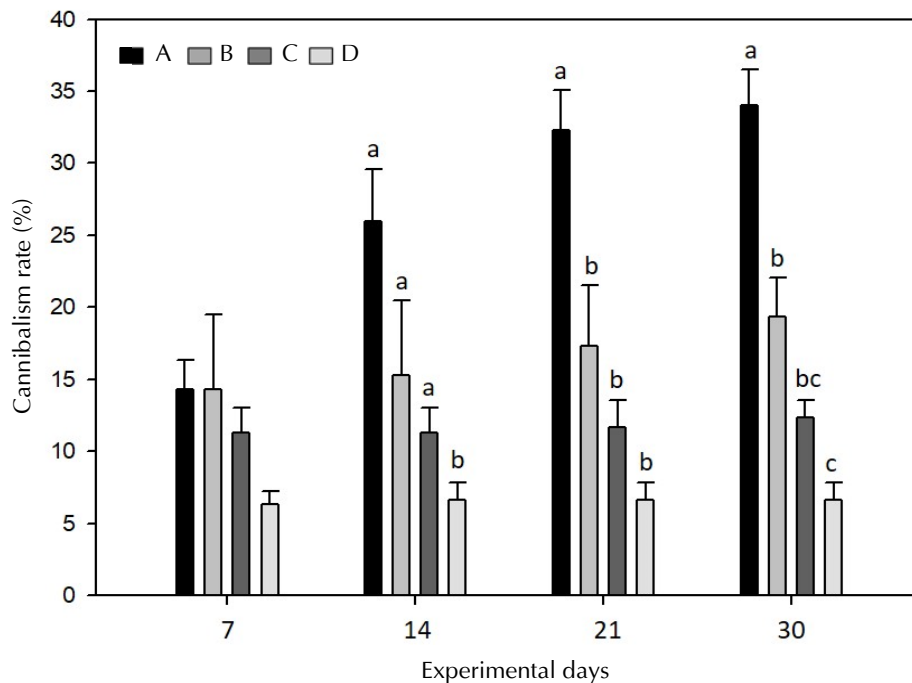


Fig. 3 Effects of different feeding frequencies (A: one, B: two, C: three and D: four times a day) on accumulated cannibalism rate of *Argyrosomus japonicas* juveniles reared in 500-L tanks for 30 days. Cannibalism rate (%) = 100 – (survival rate% + observed mortality%). Bars are means of three replicates and error bars stand for SE. Bars sharing at least one common script are not significantly different, whereas other comparisons differ at $p < 0.05$.

實驗第 21 天，稚魚在 A、B、C 及 D 組的殘食率分別為 $32.33 \pm 2.72\%$ 、 $17.33 \pm 4.17\%$ 、 $11.67 \pm 1.86\%$ 及 $6.67 \pm 1.20\%$ ，B、C 及 D 組殘食率顯著 ($p < 0.05$) 低於 A 組，但 B、C 及 D 組間殘食率無顯著差異 ($p > 0.05$)。實驗第 30 天，稚魚在 A、B、C 及 D 組的殘食率分別為 $34.00 \pm 2.51\%$ 、 $19.33 \pm 2.72\%$ 、 $12.33 \pm 1.20\%$ 及 $6.67 \pm 1.20\%$ ，D 組殘食率顯著 ($p < 0.05$) 低於 B 組及 A 組，但與

C 組間無顯著差異 ($p > 0.05$)，而 B 及 C 組殘食率顯著 ($p < 0.05$) 低於 A 組 (Fig. 3)。

三、不同日投餵頻度下之成長情形

日本銀身鰻稚魚在不同日投餵頻度下的成長情形詳見 Table 3。實驗開始前，A、B、C 及 D 組魚隻體全長分別為 39.68 ± 0.51 mm、 $40.03 \pm$

Table 3 Comparison among treatments for growth parameters of *Argyrosomus japonicas* under different feeding frequencies

Parameters	Treatments			
	A	B	C	D
Initial total length (mm)	39.68 ± 0.51	40.03 ± 0.36	39.15 ± 0.32	38.91 ± 0.57
Final total length (mm)	63.99 ± 3.31 ^a	69.53 ± 1.85 ^a	82.05 ± 3.71 ^b	85.18 ± 1.17 ^b
Initial body weight (g)	0.95 ± 0.02	0.95 ± 0.02	0.90 ± 0.02	0.92 ± 0.05
Final body weight (g)	3.16 ± 0.46 ^a	3.79 ± 0.23 ^a	6.14 ± 0.84 ^b	6.96 ± 0.30 ^b
DWG (g d ⁻¹)	0.07 ± 0.01 ^a	0.09 ± 0.01 ^{ab}	0.17 ± 0.03 ^{bc}	0.20 ± 0.01 ^c
PWG (%)	236.50 ± 59.65 ^a	299.40 ± 25.81 ^{ab}	584.25 ± 107.90 ^{bc}	662.01 ± 74.24 ^c
SGR (% d ⁻¹)	2.50 ± 0.68 ^a	3.45 ± 0.27 ^{ab}	5.42 ± 0.52 ^{bc}	5.98 ± 0.18 ^c
FCR	3.47 ± 0.61 ^a	2.62 ± 0.20 ^{ab}	1.53 ± 0.23 ^b	1.22 ± 0.06 ^b
CF (%)	1.20 ± 0.09	1.12 ± 0.02	1.10 ± 0.02	1.12 ± 0.01

Means sharing at least one common script are not significantly different, whereas other comparisons differ at $p < 0.05$; values are means ± SE of three replicates.

0.36 mm、39.15 ± 0.32 mm 及 38.91 ± 0.57 mm，體重分別為 0.95 ± 0.02 g、0.95 ± 0.02 g、0.90 ± 0.02 g 及 0.92 ± 0.05 g，各組間均無顯著 ($p > 0.05$) 差異。C 及 D 組稚魚實驗結束之體全長分別為 82.05 ± 3.71 mm 及 85.18 ± 1.17 mm；體重分別為 6.14 ± 0.84 g 及 6.96 ± 0.30 g，兩組皆顯著 ($p < 0.05$) 高於 A 及 B 組。不同投餵頻度也影響稚魚之日增重、增重百分比、日成長率及飼料轉換率，D 組稚魚日增重 (0.20 ± 0.01 g d⁻¹) 及增重百分比 (662.01 ± 74.24%) 最佳，兩個參數均顯著 ($p < 0.05$) 高於 A 及 B 組，但與 C 組間無顯著 ($p > 0.05$) 差異，而 C 組日增重 (0.17 ± 0.03 g d⁻¹) 及增重百分比 (584.25 ± 107.90%) 則僅顯著 ($p < 0.05$) 高於 A 組 (0.07 ± 0.01 g d⁻¹ 及 236.50 ± 59.65%)。在日成長率方面 D 組最佳 (5.98 ± 0.18 % d⁻¹)，顯著 ($p < 0.05$) 高於 A 及 B 組，但與 C 組間無顯著 ($p > 0.05$) 差異。C 及 D 組之飼料轉換率 (1.53 ± 0.23 及 1.22 ± 0.06) 顯著 ($p < 0.05$) 優於 A 組 (3.47 ± 0.61)，但 B、C 及 D 組間飼料轉換率無顯著差異 ($p > 0.05$)，而在肥滿度方面，A、B、C 及 D 組分別為 1.20 ± 0.09、1.12 ± 0.02、1.10 ± 0.02 及 1.12 ± 0.01，各組間無顯著差異 ($p > 0.05$)。

四、不同日投餵頻度下之體型差異

實驗結束時將魚隻全數採收，測定體重及體

全長之變異係數，評估魚隻體型差異，A、B、C 及 D 組間稚魚體重變異係數分別為 0.61 ± 0.14、0.51 ± 0.06、0.64 ± 0.09 及 0.30 ± 0.05，各組間無顯著差異 ($p > 0.05$)，而 A、B、C 及 D 組間稚魚體全長變異係數 1.89 ± 0.26、1.76 ± 0.12、1.91 ± 0.03 及 1.37 ± 0.09，各組間同樣無顯著差異 ($p > 0.05$) (Fig. 4)。

討 論

一、日投餵頻度與活存及殘食之關係

本研究結果顯示，日投餵一次對日本銀身鯧稚魚活存率從實驗第 21 天開始顯著 ($p < 0.05$) 低於其他三組。在 Chua and Teng (1978)、Carlos (1988) 及 Goldan *et al.* (1997) 的研究中顯示，鱸滑石斑 (*Epinephelus tauvina*)、大頭鱧 (*Hypophthalmichthys nobilis*) 及金頭鯛 (*Sparus aurata*) 稚魚活存率與投餵頻度增加存在正面影響。相反的，增加投餵頻度對美洲河鱈 (*Ictalurus punctatus*) (Jarboe and Grant, 1996)、雙背鰭異鰓鱈 (*Heterobranchus bidorsalis*) (Dada *et al.*, 2002) 及印度鯉 (*Catla catla*) (Biswas *et al.*, 2006a) 魚苗之活存率則無顯著影響。低投餵頻度及缺乏妥善管理的投餵方式將導致殘食行為增加 (Folkvord and Otterå, 1993)。本研究中魚隻殘食行為與活存率的關係密切，實

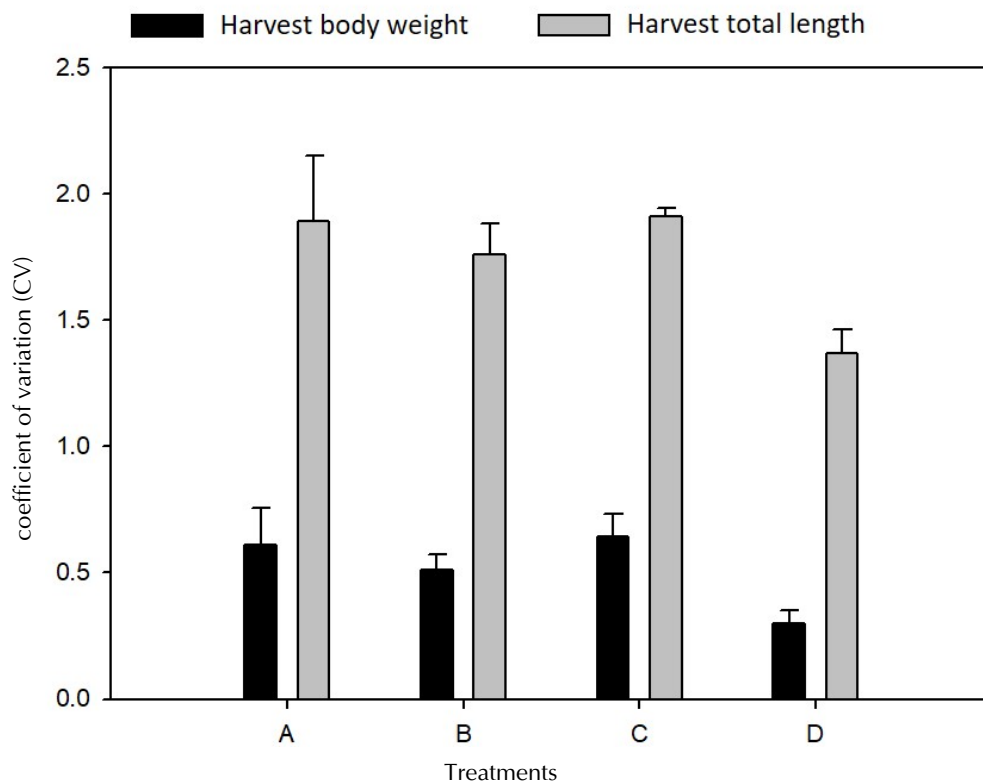


Fig. 4 Comparison of coefficient of variation (harvest body weight and harvest total length) of *Argyrosomus japonicas* juveniles under different feeding frequency treatments. Bars are means of three replicates and error bars stand for SE.

驗過程造成稚魚死亡的原因幾乎全為尾部被攻擊的第一型殘食，少有因病原感染或其他因素造成自然死亡，此次試驗顯示，在日本銀身鰻稚魚的中間育成階段，殘食行為是產量的主要限制因子，然而在 Folkvord and Otteriå (1993) 的研究中，稚魚培育階段的大西洋鱸 (*Gadus morhua*) 其殘食率及自然死亡率均高，而增加投餵頻度對死亡率並沒有明顯的改善。本研究發現增加日投餵頻度至四次，相較於每日投餵一次及兩次，可顯著的減少日本銀身鰻稚魚的殘食率，值得注意的是在實驗進行至第二週時，發現日投餵四次的魚隻殘食率顯著低於投餵三次者，因此若考慮在整個飼育過程均維持相對較低的殘食率，建議日投餵四次為佳 (Fig. 3)，與 Katavić *et al.* (1989) 在歐洲鱸 (*Dicentrarchus labrax*) 稚魚養殖過程中，投餵頻度增加至三次或六次能顯著減少殘食率的結果相似。O'Sullivan and Ryan (2001) 發現日本銀身鰻稚魚成長至體全長 80 mm 以上時，殘食行為會減緩，而本研究經過 30 天的投餵實驗後，日投餵三次 (82.05 ± 3.71 mm) 及四次 (85.18 ± 1.17 mm) 的稚

魚體全長皆超過 80 mm，可渡過殘食行為發生的高峰期。再者，除了增加投餵頻度外，在其他養殖魚種也運用不同方式來降低殘食率，如定期的篩分 (鞍帶石斑 *Epinephelus lanceolatus*) (Hseu *et al.*, 2004)、以適當體型或密度養殖 (點帶石斑 *Epinephelus coioides*) (Hseu, 2002)、調整照度 (日本銀身鰻) (Timmer and Magellan, 2011) 及增加水槽內通氣強度 (尖翅燕魚 *Platax teira*) (Leu *et al.*, 2018) 等。

二、日投餵頻度與成長情形

Reddy and Leatherland (2003) 指出，投餵頻度會影響魚隻成長及增重。本研究發現日投餵三次及四次者在體全長部分顯著高於投餵一次及兩次者，而投餵四次者則在體重增加方面顯著高於日投餵一次的組別，此結果與 Biswas *et al.* (2010) 對尖吻鱸稚魚投餵頻度的研究相似，而金鯛稚魚養殖過程要得到最適成長的投餵頻度則高達一日八次 (Tucker *et al.*, 2006)。日本銀身鰻稚魚在日增重

及增重百分比方面，日投餵四次及投餵三次之間沒有明顯的差異，但均優於投餵一次者，然而尖吻鱸稚魚投餵四次之日增重及增重百分比卻與投餵一次者間沒有顯著差異 (Biswas *et al.*, 2010)。反之，Dwyer *et al.* (2002) 則在對大西洋黃蓋鱒稚魚成長情形的研究中，發現日投餵兩次的成長表現優於日投餵三次及四次者，Salama (2008) 同樣在尖吻鱸投餵實驗中發現，日投餵兩次有較佳的飼料轉換率及消化率。Ballagh *et al.* (2008) 以體型較大 (2.7 ± 0.5 g) 的日本銀身鰻稚魚進行不同投餵間隔的實驗，在實驗進行 30 天後，結果顯示每 6、12 及 24 hr 投餵一次的稚魚在飼料轉換率及肥滿度方面沒有明顯差異，其中每 24 hr 投餵一次者相當於本研究中日投餵頻度一次，但本研究結果則顯示僅投餵一次者的飼料轉換率及肥滿度較其他日投餵四次者差，可能原因為實驗魚隻體型差異 (本研究使用 0.90 - 0.95 g 的稚魚) 及成長階段不同所導致，正如 Biswas *et al.* (2010) 所論，投餵頻度的效果會受到魚隻體型所影響。

配合適當的餵食時間及投餵頻度可有效增加成長率及降低飼料轉換率 (Bolliet *et al.*, 2001; Dwyer *et al.*, 2002)。我們的實驗發現日投餵四次相較於日投餵一次有較高的日成長率以及較低的飼料轉換率，投餵時段方面雖無統計分析，但是仍然觀察到日本銀身鰻稚魚在早晨 (08:00) 及下午 (16:00) 的索餌意願及攝食活動力明顯高於其他時段 (10:00 - 14:00)，而大西洋黃蓋鱒則是早晨 (09:00) 的攝食活動力高於下午 (15:00 - 18:00) (Dwyer *et al.*, 2002)，因此日後關於日本銀身鰻稚魚一天當中最佳的投餵時間還需深入探討，以提升養殖效率。另外，關於不同日投餵頻度下魚隻在每次投餵的攝食量與攝食完畢時間之關係，先前的研究並無深入探討 (Dwyer *et al.*, 2002; Ballagh *et al.*, 2008; Biswas *et al.*, 2010)，我們在實驗過程中觀察到日本銀身鰻稚魚日投餵一次者可以在單次投餵時全部攝食完魚體總重 10% 的飼料量，但因為單次攝食較多飼料，導致全數攝食完畢所花費時間較長，約為 10 - 25 min，而後續的攝食活動力也隨著時間延長而降低，日投餵兩次者每次攝食完畢需花費 5 - 7 min，日投餵三次或四次者攝食完畢的時間最短，約為 2 - 4 min。Dwyer *et al.* (2002) 採取每次均投餵至飽食的方式

進行實驗，發現大西洋黃蓋鱒日投餵一次者攝食量相較其他投餵頻度多，攝食活動力也最高 (但成長表現卻不是最佳)，隨著日投餵頻度增加，每次攝食的飼料量也隨之減少，但他並沒有描述每次投餵魚隻攝食完畢的時間。在本研究中日投餵一次的稚魚雖然可以單次攝食完魚體總重 10% 的飼料，但當飼料消化完畢後將面臨相對長時間的飢餓，這可能是造成實驗結果魚隻成長情形較差的原因。Biswas *et al.* (2010) 認為，日投餵僅一次者成長表現較差，可能原因為營養與能量獲取上無法滿足魚體維持體細胞發育的需求，而日投餵三次或四次者則能相對減少稚魚飢餓的時間以適時獲得營養，進而有利於魚隻成長。

三、日投餵頻度與體型差異

降低體型差異以生產統一規格的魚隻是水產養殖過程面臨的重要課題 (Biswas *et al.*, 2010)，而在養殖環境魚群聚集時，體型差異則容易導致殘食，增加整體魚群的死亡率 (Hseu, 2002; Kestemont *et al.*, 2003)。本研究在四種日投餵頻度下經過 30 天，日本銀身鰻稚魚的體全長及體重差異沒有顯著差異，但在實驗過程中觀察到，即便體型相似的稚魚仍有互相追咬的現象，造成高比例的第一型殘食，此現象在投餵時則更加明顯。Dwyer *et al.* (2002) 及 Tucker *et al.* (2006) 均認為最佳的投餵頻度可以減少飼料浪費及體型差異，而 Wang *et al.* (1998) 也觀察到增加投餵頻度可以減少雜交太陽魚 (*Lepomis cyanellus* × *Lepomis microchirus*) 魚苗的體型差異，可能的原因為增加投餵頻度可以讓魚群中較小的個體增加攝食餌料的機會 (Schnaittacher *et al.*, 2005)。雖然在本研究中體重及體全長的變異係數在統計上無顯著差異，但在測量數據上仍顯示出日投餵四次者其體重 (0.30 ± 0.05) 及體長的變異係數 (1.37 ± 0.09) 小於日投餵一次 (CV_{hw} 及 CV_{htl}: 0.61 及 1.89)、兩次 (0.51 及 1.76) 及三次 (0.64 及 1.91) 者。

過去諸多研究顯示，最適的投餵頻度在不同魚種間存在明顯的差異，從日投餵一次至八次者均有，隨著魚種、體型、養殖環境不同而有差異 (Andrews and Page, 1975; Marian *et al.*, 1982; Carlsen *et al.*, 1984; Sampath, 1984; Kiron and

Paulraj, 1990; Tung and Shiau, 1991; Dada *et al.*, 2002; Dwyer *et al.*, 2002; Tucker *et al.*, 2006; Biswas *et al.*, 2006b, 2010), 因此在決定最適投餵頻度上需依照不同物種分別探討, 無法以一概全。本研究結果顯示, 日本銀身鯪稚魚日投餵頻度三次及四次, 在體重、體全長、日增重、增重百分比、日成長率、飼料轉換率及肥滿度間無顯著差異, 但優於日投餵一次及日投餵兩次者。若欲得到最佳成長情形, 以日投餵三次為佳, 但若考慮整個養殖過程均維持較低的殘食率, 則以日投餵四次為佳。

謝 辭

本研究得以順利完成, 蒙海水繁養殖研究中心魚類繁養殖研究室同仁的協助與建議、天和生物股份有限公司提供實驗材料, 以及張丁仁先生在實驗魚隻蕃養及篩選分級上的幫助, 特此致謝。

參考文獻

- Andrews, J. W. and J. W. Page (1975) The effects of frequency of feeding on culture of catfish. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 104: 317-321.
- Ballagh, D. A., P. M. Pankhurst and D. S. Fielder (2008) Photoperiod and feeding interval requirements of juvenile mulloway, *Argyrosomus japonicus*. *Aquaculture*, 277: 52-57.
- Ballagh, D. A., P. M. Pankhurst and D. S. Fielder (2011) Embryonic development of mulloway, *Argyrosomus japonicus*, and egg surface disinfection using ozone. *Aquaculture*, 318: 475-478.
- Battaglione, S. C. and B. R. Talbot (1994) Hormone induction and larval rearing of mulloway, *Argyrosomus hololepidotus* (Pisces: Sciaenidae). *Aquaculture*, 126: 73-81.
- Biswas, G., J. K. Jena, S. K. Singh and H. K. Muduli (2006a) Effect of feeding frequency on growth, survival and feed utilization in fingerlings of *Catla catla* (Hamilton), *Labeo rohita* (Hamilton) and *Cirrhinus mrigala* (Hamilton) in outdoor rearing systems. *Aquac. Res.*, 37: 510-514.
- Biswas, G., J. K. Jena, S. K. Singh, P. Patmajhi and H. K. Muduli (2006b) Effect of feeding frequency on growth, survival and feed utilization in *mrigala*, *Cirrhinus mrigala*, and rohu, *Labeo rohita*, during nursery rearing. *Aquaculture*, 254: 211-218.
- Biswas, G., A. R. Thirunavukkarasu, J. K. Sundaray and M. Kailasam (2010) Optimization of feeding frequency of Asian seabass (*Lates calcarifer*) fry reared in net cages under brackishwater environment. *Aquaculture*, 305: 26-31.
- Bolliet, V., M. Azzaydi and T. Boujard (2001) Effect of feeding time on feed intake and growth. In *Food Intake in Fish* (D. Houlihan, T. Boujard and M. Jobling eds.), Blackwell Publishing, Carlton South, Victoria, Australia, 232-249.
- Carlos, M. H. (1988) Growth and survival of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fry fed at different intake levels and feeding frequencies. *Aquaculture*, 68: 267-276.
- Carlsen, B. (1984) Cannibalism among cod fry (*Gadus morhua* L.) in relation to feeding frequency and size difference. Thesis, Sogn og Fjordane DH, 33 pp.
- Cho, S. H., Y. S. Lim, J. H. Lee, J. K. Lee, S. Park and S. M. Lee (2003) Effect of feeding rate and feeding frequency on survival, growth, and body composition of ayu post-larvae *Plecoglossus altivelis*. *J. World Aquac. Soc.*, 34: 85-91.
- Chua, T. E. and S. K. Teng (1978) Effects of feeding frequency on the growth of young estuary grouper, *Epinephelus tauvina* (Forsskal), cultured in floating net-cages. *Aquaculture*, 14: 31-47.
- Dada, A. A., O. A. Fagbenro and E. A. Fasakin (2002) Determination of optimum feeding frequency for *Heterobranchus bidorsalis* fry in outdoor concrete tanks. *J. Aqua. Trop.*, 17: 167-174.
- Dwyer, K., J. A. Brown, C. Parrish and S. P. Lall (2002) Feeding frequency affects food consumption, feeding pattern and growth of juvenile yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*). *Aquaculture*, 213: 279-292.
- Folkvord, A. and H. Otterå (1993) Effects of initial size distribution, day length and feeding frequency on growth, survival, and cannibalism in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture*, 114: 243-260.
- Fielder, D. S., W. J. Bardsley and G. L. Allan (1999) Enhancement of mulloway (*Argyrosomus japonicus*) in intermittently opening lagoons. FRDC Project No. 95, Australia.
- Goldan, O., D. Popper and L. Karplus (1997) Management of size variation in juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata*), I: particle size and frequency of feeding dry and live food. *Aquaculture*, 152: 181-190.

- Gooley, G. J., S. S. De Silva, P. W. Hone, L. J. McKinnon and B. A. Ingram (2000) Cage aquaculture in Australia: a developed country perspective with reference to integrated aquaculture development within inland waters. *In* Cage Aquaculture in Asia (I C. Liao and C. K. Lin eds.), Asian Fisheries Society, Manila and World Aquaculture Society – Southeast Asian Chapter, Bangkok, 21-37.
- Griffiths, M. H. (1996) Life history of the dusky kob *Argyrosomus japonicus* (Sciaenidae) off the east coast of South Africa. *So. Afr. J. Mar. Sci.*, 17: 135-154.
- Griffiths, M. H. (1997a) Feeding ecology of the South African *Argyrosomus japonicus* (Pisces: Sciaenidae), with emphasis on the Eastern Cape surf zone. *So. Afr. J. Mar. Sci.*, 18: 249-264.
- Griffiths, M. H. (1997b) Influence of prey availability on the disturbance of dusky kob *Argyrosomus japonicus* (Sciaenidae) in the Great Fish River Estuary, with notes on the diet of early juveniles from three other estuarine systems. *So. Afr. J. Mar. Sci.*, 18: 137-145.
- Griffiths, M. H. and T. Hecht (1995) Age and growth of South African dusky kob *Argyrosomus japonicus* (Sciaenidae) based on otoliths. *So. Afr. J. Mar. Sci.*, 16: 119-128.
- Griffiths, M. H. and P. C. Heemstra (1995) A contribution to the taxonomy of the marine fish genus *Argyrosomus* (Perciformes: Sciaenidae), with descriptions of two new species from southern Africa. *Ichthyol. Bull. J. L. B. Smith Instit. Ichthyol.*, 65: 1-40.
- Hseu, J. R. (2002) Effects of size difference and stocking density on cannibalism rate of juvenile grouper *Epinephelus coioides*. *Fish. Sci.*, 68: 1384-1386.
- Hseu, J. R., P. P. Hwang and Y. Y. Ting (2004) Morphometric model and laboratory analysis of intracohort cannibalism in giant grouper *Epinephelus lanceolatus* fry. *Fish. Sci.*, 70: 482-486.
- Jarboe, H. H. and W. J. Grant (1996) Effects of feeding time and frequency on growth of channel catfish *Ictalurus punctatus* in closed recirculating raceway systems. *J. World Aquac. Soc.*, 27: 235-239.
- Kailola, P. J., M. J. Williams, R. C. Stewart, R. E. Reichelt, A. McNee and C. Grieve (1993) Australian Fisheries Resources. Bureau of Resource Sciences, Department of Primary Industries and Energy, and the Fisheries Research and Development Corporation. Canberra, Australia.
- Katavić, I., J. Jug-Dujaković and B. Glamuzina (1989) Cannibalism as a factor affecting the survival of intensively cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fingerlings. *Aquaculture*, 77: 135-143.
- Kayano, Y., S. Yao, S. Yamamoto and H. Nakagawa (1993) Effects of feeding frequency on the growth and body constituents of young red-spotted grouper, *Epinephelus akaara*. *Aquaculture*, 110: 271-278.
- Kestemont, P., S. Jourdan, M. Houbart, C. Mélard, M. Paspatis, P. Fontaine, A. Cuvier, M. Kentourid and E. Baras (2003) Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. *Aquaculture*, 227: 333-356.
- Kikuchi, K., N. Iwata, T. Kawabata and T. Yanagawa (2006) Effect of feeding frequency, water temperature, and stocking density on the growth of tiger puffer, *Takifugu rubripes*. *J. World Aquac. Soc.*, 37: 12-20.
- Kiron, V. and R. Paulraj (1990) Feeding frequency and food utilization in the fry of estuarine mullet, *Liza parsia*. *J. Mar. Biol. Assoc. India*, 32: 34-37.
- Lee, P. S., P. C. Southgate and D. S. Fielder (1996) Assessment of two microbound artificial diets for weaning Asian sea bass (*Lates calcarifer*, Bloch). *Asian Fish. Sci.*, 9: 115-120.
- Leu, M. Y., K. Y. Tai, P. J. Meng, C. H. Tang, P. H. Wang and K. S. Tew (2018) Embryonic, larval and juvenile development of the longfin batfish, *Platax teira* (Forsskål, 1775) under controlled conditions with special regard to mitigate cannibalism for larviculture. *Aquaculture*, 493: 204-213.
- Marian, M. P., A. G. Ponniah, R. Pitchairaj and M. Narayanan (1982) Effect of feeding frequency on surfacing activity and growth in air breathing fish, *Heteropneustes fossilis*. *Aquaculture*, 26: 237-244.
- McCarty, C. E., J. G. Geiger, L. N. Sturner, B. A. Gregg and W. P. Rutledge (1986) Marine fish culture in Texas: A model for the future. *In* The Role of Fish Culture in Fishery Management (R. Stroud ed.), American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 249-262.
- O'Sullivan, D. and M. Ryan (2001) Mulloway trials suggest opportunities for brackish water ponds. *Austasia Aquacult.*, April/May: 22-26.
- Reddy, P. K. and J. F. Leatherland (2003) Influences of photoperiod and alternate days of feeding on plasma growth hormone and thyroid hormone levels in juvenile rainbow trout. *J. Fish Biol.*, 63: 197-212.
- Riede, K. (2004) Global register of migratory species: from global to regional scales: final report of the R&D-Projekt 808 05 081. Federal Agency for Nature Conservation.

- Ruohonen, K., J. Vielma and D. J. Grove (1998) Effects of feeding frequency on growth and food utilization of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed low-fat herring and dry pellets. *Aquaculture*, 165: 111-121.
- Salama, A. J. (2008) Effects of different feeding frequency on the growth, survival and feed conversion ratio of the Asian sea bass *Lates calcarifer* juveniles reared under hypersaline seawater of the Red Sea. *Aquac. Res.*, 39: 561-567.
- Sampath, K. (1984) Preliminary report on the effects of feeding frequency in *Channa striatus*. *Aquaculture*, 40: 301-306.
- Schnaittacher, G., K. V. William and D. L. Berlinsky (2005) The effects of feeding frequency on growth of juvenile Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L. *Aquac. Res.*, 36: 370-377.
- Shao, K. T. (2018-7-4) Taiwan Fish Database. WWW Web electronic publication. <http://fishdb.sinica.edu.tw>.
- Silberschneider, V. and C. A. Gray (2008) Synopsis of biological, fisheries and aquaculture-related information on mullet *Argyrosomus japonicus* (Pisces: Sciaenidae), with particular reference to Australia. *J. Appl. Ichthyol.*, 24: 7-17.
- Silva, C. R., L. C. Gomes and F. R. Brandao (2007) Effect of feeding rate and frequency on tambaqui (*Colossoma macropomum*) growth, production and feeding costs during the first growth phase in cages. *Aquaculture*, 264: 135-139.
- Steffe, A. S. and F. J. Neira (1998) Sciaenidae: Croakers and drums. *In* Larvae of Temperate Australian Fishes (F. J. Neira, A. G. Miskiewicz and T. Trnski eds.), Univ. Western Australia Press, Nedlands, Western Australia, 278-283.
- Thomas, P. and N. Boyd (1988) Induced spawning of spotted seatrout, red drum and orangemouth corvina (Family: Sciaenidae) with luteinizing hormone-releasing hormone analog injection. *Contrib. Mar. Sci.*, 30: 43-48.
- Timmer, R. and K. Magellan (2011) The effects of light intensity and color on aggressive interactions in the dusky kob, *Argyrosomus japonicus*. *Isr. J. Aquacult. Bamid.*, 63: 1-9.
- Trewavas, E. (1977) The sciaenid fishes (croakers or drums) of the Indo-West Pacific. *Trans. Zool. Soc. London*, 33: 253-541.
- Tucker, B. J., M. A. Booth, G. L. Allan, D. Booth and D. Fielder (2006) Effects of photoperiod and feeding frequency on performance of newly weaned Australian snapper *Pagrus auratus*. *Aquaculture*, 258: 514-520.
- Tung, P. and S. Shiau (1991) Effects of meal frequency on growth performance of hybrid tilapia, *Oreochromis nitoticus* x *O. aureus*, fed different carbohydrate diets. *Aquaculture*, 92: 343-350.
- van Damme, P., S. Appelbaum and T. Hecht (1989) Sibling cannibalism in Koi carp, *Cyprinus carpio* L., larvae and juveniles reared under controlled conditions. *J. Fish Biol.*, 34: 855-863.
- Wang, N., R. S. Hayward and D. B. Noltie (1998) Effect of feeding frequency on food consumption, growth, size variation, and feeding pattern of age-0 hybrid sunfish. *Aquaculture*, 165: 261-265.
- Wang, N., X. Xu and P. Kestemont (2009) Effect of temperature and feeding frequency on growth performances, feed efficiency and body composition of pikeperch juveniles (*Sander lucioperca*). *Aquaculture*, 289: 70-73.

Evaluation of Optimal Daily Feeding Frequency in Nursery Period of Juvenile Mulloway, *Argyrosomus japonicas*

Pei-Sheng Chiu^{1*}, Yang-Der Chen², Yeong-Torng Chu¹, You-Chung Tsao³,
Tien-Ho Liu³ and Shinn-Lih Yeh¹

¹Mariculture Research Center, Fisheries Research Institute

²Tungkang Biotechnology Research Center, Fisheries Research Institute

³Tan Hou Ocean Development Co. Ltd.

ABSTRACT

The mulloway, *Argyrosomus japonicas*, is one of the economical aquaculture species in Taiwan. However, poor feeding management of the species has led to a high degree of size heterogeneity, and consequently, cannibalism and highly mortality in the nursery period. Four feeding frequencies of one (A), two (B), three (C) and four (D) times per day were evaluated as treatments in triplicate during a 30-day growing study. Hatchery-produced weaned juveniles (39.91–40.03 mm/ 0.90–0.95 g size) stocked at a rate of 100 per tank were fed a commercial diet containing 44% crude protein and 12% crude fat at 10% of the biomass daily during the experimental period. The survival, cannibalism rate, growth parameters and coefficient of variation (CV) of body weight and total length were tested. The results showed that after 30 days, the survival rates for treatments B, C and D were $82.67 \pm 1.20\%$, $87.67 \pm 1.20\%$ and $93.33 \pm 1.20\%$, respectively. All of those rates were significantly ($p < 0.05$) higher than that for treatment A ($66.00 \pm 2.52\%$). The cannibalism rate ($6.67 \pm 1.20\%$) for treatment D was significantly ($p < 0.05$) lower than that for treatment A from 14 to 30 days. The growth parameters, including fish body weight, total length, daily weight gain, percentage weight gain, specific growth rate and feed conversion ratio, for treatments C and D were significantly ($p < 0.05$) better than those for treatment A. There was no significant ($p > 0.05$) difference among the four treatments in the condition factors. The CV of body weight and total length were not significantly ($p > 0.05$) different among the four treatments. Overall, the results from this study indicate that in order to maximize growth performance, the juvenile mulloway should be fed three times per day, whereas in the aim is to maintain a lower cannibalism rate during the entire nursery period, the juvenile should be fed four times per day.

Key words: *Argyrosomus japonicas*, daily feeding frequency, cannibalism, growth, size heterogeneity

*Correspondence: 4, Haipu, Sangu, Qigu Dist., Tainan, Taiwan. TEL: (06) 788-0461 ext. 219; Fax: (06) 788-1597; E-mail: pschiu@mail.tfrin.gov.tw