

養殖體型、密度、光照及底質對牙鯧 成長影響之研究

陳玉萍·黃侑勛*·蔡明恆·陳重元·何源興

行政院農業委員會水產試驗所東部海洋生物研究中心

摘 要

牙鯧 (*Paralichthys olivaceus*) 是韓國、日本及中國等地區的重要經濟性養殖魚種。行政院農業委員會水產試驗所東部海洋生物研究中心於 2014 年引進後已成功建立其繁養殖技術，並進一步推廣至現場養殖。然而在不同養成階段，其放養密度、光照等條件等皆會影響成長，因此本研究針對光照、底質條件及不同養成階段之放養密度對牙鯧成長之影響進行探討，以建立最適養殖條件。不同養成階段之飼養密度試驗結果顯示，初始體重 7.86 ± 1.29 g 時，以密度 100 尾/ m^2 組之成長最佳，增重率可達 $599 \pm 7\%$ ；初始體重 106.87 ± 7.32 g 者，放養密度 60 尾/ m^2 者，有最佳增重率 ($100 \pm 8\%$)；初始體重 323.33 ± 16.47 g 及 532.64 ± 8.93 g 時，最適飼養密度則為 20 與 15 尾/ m^2 ，增重率分別達 $59 \pm 9\%$ 與 $24 \pm 6\%$ 。養殖光照試驗結果顯示，以 800 - 1000 lux 組有最佳的增重率 ($309 \pm 2\%$)。底質方面，則以未鋪設細珊瑚砂之空白組成長較佳，其增重率為 $31 \pm 1\%$ ，優於鋪設組。

關鍵詞：牙鯧、飼養密度、光照、底質

前 言

依據聯合國糧農組織於 2020 年所發布之全球漁業及水產養殖概況報告中指出，全球每人平均魚類消費量已創新高為每人每年達 20.5 公斤，且預估未來 10 年仍將持續增加中 (FAO, 2020)。臺灣水產養殖產業發達，但由於地狹人稠、土地取得不易及養殖成本偏高，再加上中國、東南亞各國養殖漁業急起直追，使得國內水產養殖業面臨龐大競爭壓力，因此開發高經濟養殖物種養殖技術及如何利用有效養殖空間創造出最大產值是重要課題。

牙鯧 (*Paralichthys olivaceus*) 又名扁魚、皇帝魚、半邊魚、比目魚，英文名為 olive flounder，是中國、韓國及日本等亞洲國家經濟養殖物種之一 (陳與劉, 2008; Hamidoghli *et al.*, 2020)。原產於溫帶及亞熱帶西太平洋沿岸水域，分布中心主

要在溫帶水域的日本和韓國南部海岸附近，但最南至菲律賓仍可發現蹤跡 (Bai and Lee, 2010)。牙鯧適溫範圍廣，適應水溫由 $5.8 - 28.5^{\circ}\text{C}$ ，最適溫度為 $20 - 25^{\circ}\text{C}$ (Iwata *et al.*, 1994)，屬於底棲性魚類，棲息水深為 10 - 100 m (邵, 2021)。行政院農業委員會水產試驗所東部海洋生物研究中心於 2014 年起自韓國進口牙鯧魚苗開始進行培育，經 3 - 4 年養殖已達成熟體型，並於 106 年開始進行繁殖試驗相關研究，2018 年順利於培育槽中取得受精卵進行仔魚量產培育 (陳等, 2017)。

魚類在養殖過程中，通常可以藉由增加放養密度來提高單位水體體積的生產量，以達到最佳的養殖空間利用及最大收益 (Ellis *et al.*, 2002; Islam *et al.*, 2006)。然而在高密度養殖環境下，可能會因生物量之增加，使得養殖池中溶氧量 (Cech *et al.*, 1984) 及水質發生變化，或是因飼料競爭 (Kabir *et al.*, 2019)、魚體間過於擁擠緊迫 (Fenderson and Carpenter, 1971) 而產生生理變化 (Montero *et al.*, 1999; Di Marco., 2008)，進一步影響成長效率或是導致疾病之產生 (吳與張, 2000; Ashley, 2007)。反之，養殖密度過低恐也會導致魚

* 通訊作者 / 臺東縣成功鎮五權路 22 號，
TEL:(089)514362 轉 111；FAX:(089)514366；E-mail:
yshuang@mail.tfrin.gov.tw

隻不易集中進行攝食及生理激素改變而影響成長效率 (Millán-Cubillo *et al.*, 2016)。在養殖過程中，光照及底質的設置亦會影響魚隻成長 (反田實, 1988; Ottesen *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2013)。因此本研究將評估不同體型和飼養密度以及光照及底質對牙鯿成長之影響，以建立可達最佳成長之最適養殖條件。

材料與方法

本研究共進行三部分實驗，分別為養殖體型及密度、養殖光照及底質對牙鯿成長之影響。在養殖體型及密度實驗中，共使用 4 種體型 (7、100、300 及 550 g) 牙鯿並搭配 5 種密度 (7g 體型密度條件為 100、200、300、400 及 500 隻/m²；100 g 體型密度條件為 30、60、90、120 及 150 隻/m²；300 g 體型密度條件為 20、30、40、50 及 60 隻/m²；550 g 體型密度條件為 10、15、20、25 及 30 隻/m²)。養殖光照實驗中，使用初始體重約 20 g 魚隻進行實驗，設計 1500–2000 lux、800–1000 lux、200–300 lux 及 20–30 lux 等 4 種光照強度。養殖底質方面，使用平均體重約 100 g 魚隻進行實驗，底質條件分為不鋪設底砂及鋪設底砂組。

實驗魚隻由東部海洋生物研究中心自行繁殖培育。牙鯿種魚來自於韓國，於東部海洋生物研究中心使用 12 t FRP 桶進行蓄養，採流水式，水溫為 18–22°C，鹽度 33–35 psu，待繁殖季時採溫度調控進行催熟並自然產卵。仔稚魚經培育可穩定攝食人工飼料後，再依據所需體型進行實驗。

一、養殖體型及密度對牙鯿成長之影響

共分為 4 組，1–3 組皆使用 450 L 圓形 FRP 桶 (底面積為 0.785 m²) 進行試驗。

試驗 1 (魚體重約 7g)：試驗魚隻隨機分組 (初始平均體重 7.86±1.29 g、平均體長 9.79±0.77 cm)，放養量分別為 79、157、236、314 及 393 隻，使其密度為 100、200、300、400 及 500 隻/m²，組別為 D100、D200、D300、D400 及 D500。

試驗 2 (魚體重約 100 g)：試驗魚隻隨機分組 (初始平均體重 106.87±7.32 g、平均體長 23.13±1.25 cm)，放養量分別為 24、47、71、94 及 118

隻，使其密度為 30、60、90、120 及 150 隻/m²，組別為 D30、D60、D90、D120 及 D150。

試驗 3 (魚體重約 300 g)：試驗魚隻隨機分組 (初始平均體重 323.33±16.47 g、平均體長 31.60±1.10 cm)，放養量分別為 16、24、31、39 及 47 隻，使其密度為 20、30、40、50 及 60 隻/m²，組別為 D20、D30、D40、D50 及 D60。

試驗 4 (魚體重約 550 g)：使用 8 t 長方形 FRP 桶並利用塑膠隔板進行分格，每格底面積為 1 m² 進行實驗，試驗魚隻隨機分組 (初始平均體重 555.14±47.60 g、平均體長 33.60±1.92 cm)，放養量分別為 10、15、20、25 及 30 隻，使其密度為 10、15、20、25 及 30 隻/m²，組別為 D10、D15、D20、D25 及 D30。

每組採 3 重複，分組後魚隻待穩定後再開始進行實驗，每日投餵市售商用飼料 (粗蛋白質 50%，粗脂質 10%，東立飼料股份有限公司) 兩次，分別為上午 9:00–9:30 及下午 4:00–4:30，投餵至飽食為止。實驗時採流水養殖，養殖水溫為 18±1°C，鹽度範圍為 33–35 psu，溶氧維持在 5–6 ppm 以上，pH 值為 7.9–8.6。每週三定時抽除桶槽底部雜質，以維持水質穩定。試驗共進行 6 週，每 3 週量測體重與體長。

二、養殖光照對牙鯿成長之影響

將供試魚隻 (初始平均體重 20.65±0.28 g、平均體長 11.51±1.30 cm) 隨機分組，共分為 4 組，每組 20 尾，採 3 重複，於試驗桶槽上方架設日光燈並使用蘭花網蓋於 450 L 圓形 FRP 桶上方，使其光照度分別為 1500–2000 lux、800–1000 lux、200–300 lux 與 20–30 lux，每日光照時間為 8:00–17:00。光照度使用照度計 (LX-1128SD, Lutron) 於 FRP 桶上方 5–10 cm 處進行量測。試驗開始後，每日投餵市售商用飼料 (粗蛋白質 50%，粗脂質 10%，東立飼料股份有限公司) 兩次，分別為上午 9:00–9:30 及下午 4:00–4:30，投餵至飽食為止。試驗期間共進行 8 週，每 2 週量測體重與體長。

Table 1 The growth performance of *Paralichthys olivaceus* (initial weight 7.84 – 8.05 g) throughout six weeks using five culture densities (density designs 100 – 500 fish/m²)

Densities	Initial weight (g)	Final weight (g)	Weight gain (%)
D100	7.84 ± 0.90 ^{a*}	54.76 ± 7.12 ^a	599 ± 7 ^a
D200	7.95 ± 1.12 ^a	52.51 ± 4.01 ^a	560 ± 4 ^a
D300	7.65 ± 1.35 ^a	42.62 ± 4.38 ^b	457 ± 1 ^b
D400	8.05 ± 1.04 ^a	38.05 ± 3.63 ^{bc}	373 ± 5 ^{bc}
D500	8.04 ± 1.22 ^a	32.55 ± 3.51 ^c	305 ± 9 ^c

*Columns with different superscript letters differ significantly ($p < 0.05$)

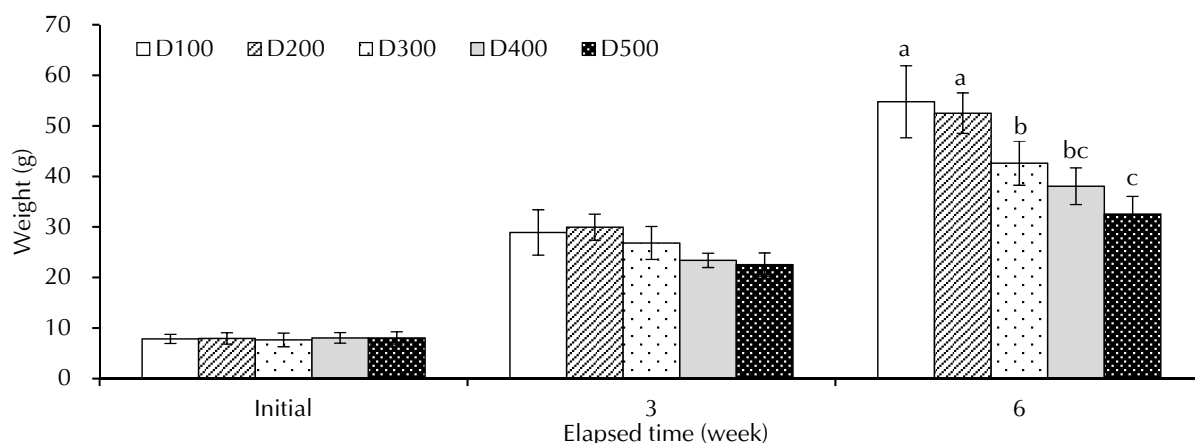


Fig. 1 The body weights (g) of *Paralichthys olivaceus* (initial weight of 7.86 ± 1.29 g) reared at five stocking densities. The different letters in week 6 indicate the significant differences observed among the treatments ($p < 0.05$).

三、養殖底質對牙鯪成長之影響

將牙鯪 (初始平均體重 117.30 ± 2.22 g、平均體長 22.61 ± 0.13 cm) 隨機分組，共分為 2 組，每組 20 尾，採 3 重複，使用 450 L 圓形 FRP 桶分別為未鋪設底砂及鋪設底砂之 FRP 飼養槽。使用細珊瑚砂 (粒徑 0.5 – 1 mm) 作為底砂，使用前先清洗乾淨後鋪設於桶底，使底砂厚度為 3 – 4 cm 左右。試驗開始後每日投餵商用飼料兩次，分別為上午 9:00 – 9:30 及下午 4:00 – 4:30，投餵至飽食為止。試驗共進行 4 週。

四、統計分析

實驗結果以重複之平均值計算，不同處理組間先以單因子變異數檢定 (One-way ANOVA) 分析比較，若不同處理組間之差異達顯著水準 ($p < 0.05$)，再以 Sheffe 法進行組間平均值檢定其差異顯著性。

結 果

一、不同體型與密度對牙鯪成長之影響

試驗 1 牙鯪初始平均體重 7.86 ± 1.29 g，經飼養 6 週後各項成長數據結果如 Table 1 及 Fig. 1 所示。各組平均體重由開始的 7.65 – 8.05 g 增加到實驗結束 32.55 – 54.76 g，增重率為 305 – 599%。統計分析結果顯示，於不同的養殖密度其增重率在各組別間呈現顯著差異 ($p < 0.05$)，以 D100 組有最高增重率 (599 ± 7%)，但與 D200 增重率 560 ± 4% 無顯著差異 ($p > 0.05$)。D300 組與 D400 組無顯著差異，增重率分別為 457 ± 1% 與 373 ± 5% ($p > 0.05$)。D500 組增重率 305 ± 9% 與 D400 組無顯著差異 ($p > 0.05$)。

試驗 2 牙鯪初始平均體重 106.87 ± 7.32 g，經飼養 6 週後各項成長數據結果如 Table 2 及 Fig. 2 所示。各組平均體重由開始的 105.17 – 108.56 g 增加到 176.67 – 214.72 g，增重率為 66 – 100%。統

Table 2 The growth performance of *Paralichthys olivaceus* (initial weight 105.17 – 108.56 g) throughout six weeks using various culture densities (density designs 30 – 150 fish/m²)

Densities	Initial weight (g)	Final weight (g)	Weight gain (%)
D30	105.95 ± 6.76 ^a	195.56 ± 7.12 ^b	85 ± 5 ^b
D60	107.83 ± 8.65 ^a	214.72 ± 8.59 ^a	100 ± 8 ^a
D90	105.17 ± 7.63 ^a	186.67 ± 9.89 ^{bc}	78 ± 4 ^{bc}
D120	108.56 ± 8.44 ^a	185.28 ± 7.18 ^{bc}	71 ± 8 ^{bc}
D150	106.72 ± 7.17 ^a	176.67 ± 12.34 ^c	66 ± 2 ^c

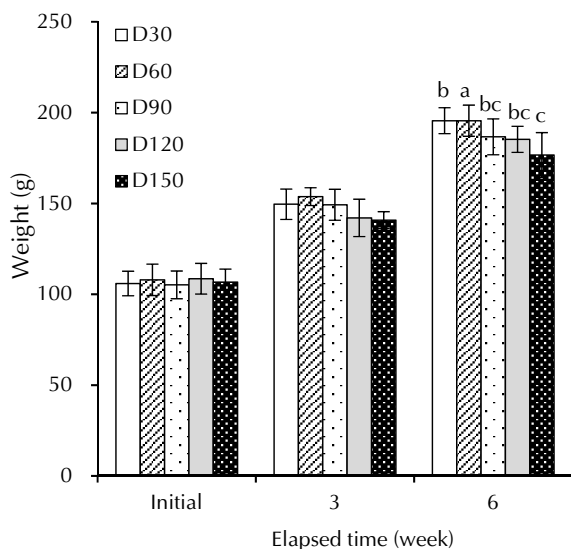
*Columns with different superscript letters differ significantly ($p < 0.05$)

Table 3 The growth performance of *Paralichthys olivaceus* (initial weight 320.00 – 326.94 g) throughout six weeks using various culture densities (density designs 20 – 60 fish/m²)

Densities	Initial weight(g)	Final weight(g)	Weight gain(%)
D20	326.94 ± 23.10 ^a	515.00 ± 41.46 ^a	58 ± 9 ^a
D30	320.00 ± 12.34 ^a	515.00 ± 19.96 ^{ab}	53 ± 4 ^{ab}
D40	325.56 ± 20.46 ^a	467.22 ± 35.24 ^{bc}	44 ± 5 ^{bc}
D50	321.39 ± 9.68 ^a	463.89 ± 16.92 ^{bc}	44 ± 8 ^{bc}
D60	322.78 ± 18.31 ^a	434.44 ± 20.83 ^c	35 ± 5 ^c

*Columns with different superscript letters differ significantly ($p < 0.05$)

計分析結果顯示不同密度之各組別呈現顯著差異 ($p < 0.05$)，D60 組增重率 100 ± 8% 顯著優於其他組別 ($p < 0.05$)。D30 組、D90 與 D120 三組間無顯著差異 ($p > 0.05$)，增重率分別為 85 ± 5%、78 ± 4% 及 71 ± 8%。D150 組其增重率為 66 ± 2% 則與 D90 及 D120 組無顯著差異 ($p > 0.05$)。

**Fig. 2** The body weights (g) of *Paralichthys olivaceus* (initial weight of 106.87 ± 7.32 g) reared at five stocking densities. Different letters in week 6 indicate the significant differences observed among the treatments ($p < 0.05$).

試驗 3 牙鯪初始平均體重 323.33 ± 16.47 g，經飼養 6 週後各項成長數據結果如 Table 3 及 Fig. 3 所示。各組平均體重由開始的 320.00 – 326.94 g 增加到 434.44 – 515.00 g，增重率為 35 – 58%。統計分析結果顯示不同密度之各組別呈現顯著差異 ($p < 0.05$)，以 D20 組增重率 58 ± 9% 最高，但與 D30 組無顯著差異 ($p > 0.05$)。D30、D40 與 D50 三組無顯著差異 ($p > 0.05$)，增重率分別為 53 ± 4%、44 ± 5% 及 44 ± 8%。D60 組增重率為 35 ± 5%，與 D40 及 D50 組無顯著差異 ($p > 0.05$)。

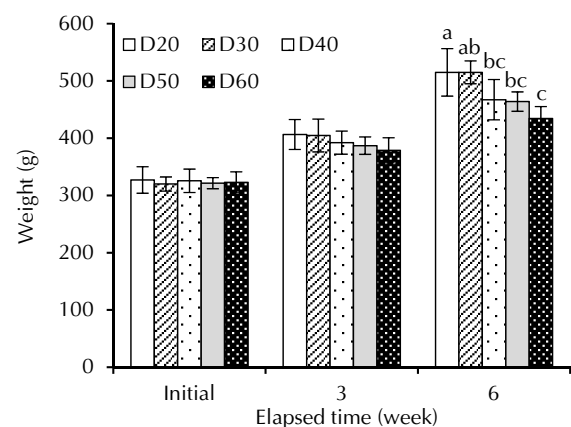
**Fig. 3** The body weights (g) of *Paralichthys olivaceus* (initial weight of 323.33 ± 16.47 g) reared at five stocking densities. The different letters in week 6 indicate the significant differences observed among the treatments ($p < 0.05$).

Table 4 The growth performance of *Paralichthys olivaceus* (initial weight 511.67 – 546.33 g) throughout six weeks using five culture densities (density designs 10 – 30 fish/m²)

Densities	Initial weight (g)	Final weight (g)	Weight gain (%)
D10	532.33 ± 30.25 ^a	654.67 ± 28.37 ^a	21 ± 2 ^{ab}
D15	521.67 ± 25.48 ^a	633.22 ± 24.49 ^{ab}	24 ± 6 ^a
D20	546.33 ± 30.62 ^a	614.00 ± 14.66 ^{bc}	16 ± 3 ^{bc}
D25	511.67 ± 8.33 ^a	618.11 ± 25.43 ^{bc}	17 ± 2 ^{bc}
D30	541.00 ± 32.19 ^a	599.44 ± 16.59 ^c	12 ± 5 ^c

*Columns with different superscript letters differ significantly ($p < 0.05$)

Table 5 The growth performance of *Paralichthys olivaceus* (initial weight 20.25 – 20.88 g) throughout eight weeks using various illumination intensities (luminous designs 20 – 2000 lux)

Illumination (lux)	Initial weight (g)	Final weight (g)	Weight gain (%)
1500 – 2000	20.88 ± 2.87 ^a	72.33 ± 7.90 ^b	246 ± 15 ^b
800 – 1000	20.25 ± 2.16 ^a	82.84 ± 13.33 ^a	309 ± 2 ^a
200 – 300	20.82 ± 2.16 ^a	74.69 ± 13.33 ^b	259 ± 4 ^b
20 – 30	20.67 ± 2.07 ^a	70.56 ± 12.41 ^b	241 ± 1 ^b

*Columns with different superscript letters differ significantly ($p < 0.05$)

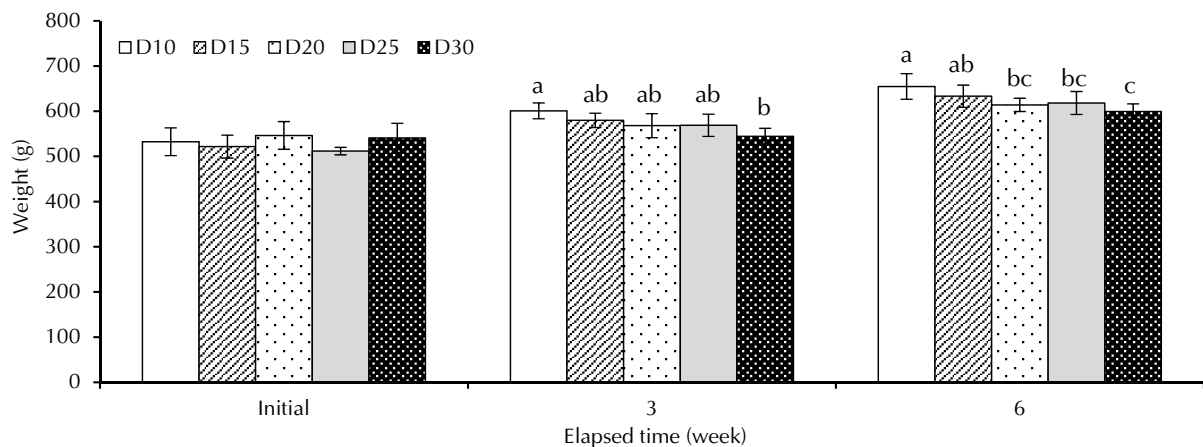


Fig. 4 The body weights (g) of *Paralichthys olivaceus* (initial weight of 532.64 ± 8.93 g) reared at five stocking densities. The different letters in week 3 and 6 indicate the significant differences observed among the treatments ($p < 0.05$).

試驗 4 牙鯪初始平均體重 532.64 ± 8.93 g，經飼養 6 週後各項成長數據結果如 Table 4 及 Fig. 4 所示。各組平均體重由開始的 511.67 – 546.33 g 增加到 599.44 – 654.67 g，增重率為 12 – 24%。統計分析結果顯示不同密度之各組別呈現顯著差異 ($p < 0.05$)，以 D15 組其增重率 24 ± 6% 最佳，但與 D10 組無顯著差異 ($p > 0.05$)。D10、D20 及 D25 三組無顯著差異 ($p > 0.05$)，增重率分別為 21 ± 2%、16 ± 3% 及 17 ± 2%。D30 組增重率為 12 ± 5%，與 D20 及 D25 組無顯著差異 ($p > 0.05$)。

二、養殖光照對牙鯪成長之影響

試驗結果如 Table 5 及 Fig. 5 所示。各組平均體重由開始的 20.25 – 20.88 g 增加到實驗結束的 70.56 – 82.84 g，增重率為 241 – 309%。統計分析結果顯示，於不同的養殖光照下其增重率在各組別間呈現顯著差異，以養殖光照 800 – 1000 lux 有最佳的增重率 (309 ± 2%)，顯著高於其他組別 ($p < 0.05$)。光照 1500 – 2000 lux、200 – 300 lux 及 20 – 30 lux 等三組間則無顯著差異 ($p > 0.05$)，增重率分別為 246 ± 15%、259 ± 4% 及 241 ± 1%。

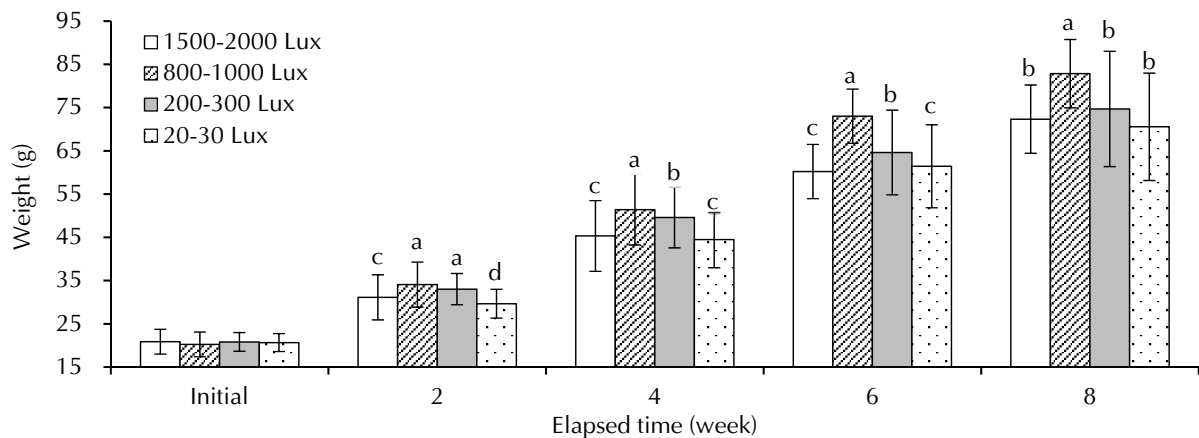


Fig. 5 The body weights (g) of *Paralichthys olivaceus* (initial weight of 20.65 ± 0.28 g) reared under four illumination conditions. The different letter indicate the significant differences observed among the treatments ($p < 0.05$).

Table 6 The effects of the substrate on the growth performance of *Paralichthys olivaceus*

Sediment	Initial weight(g)	Final weight (g)	Weight gain (%)
Blank	118.86 ± 14.87^a	155.41 ± 14.06^a	31 ± 1^a
Coral sand	115.53 ± 15.28^a	132.98 ± 14.34^b	15 ± 2^b

*Columns with different superscript letters differ significantly ($p < 0.05$)

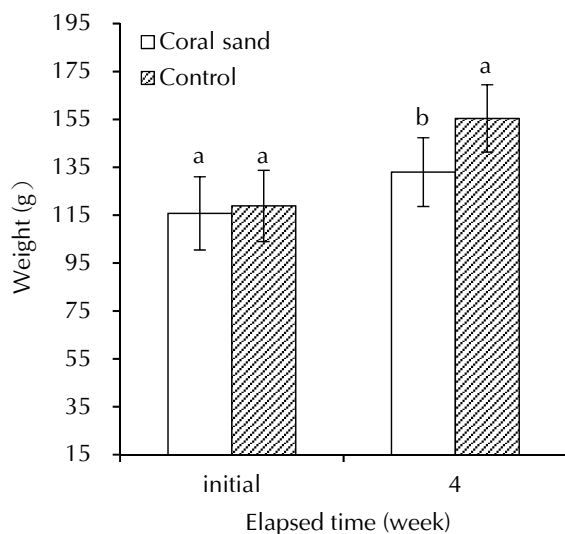


Fig. 6 The body weights (g) of *Paralichthys olivaceus* (initial weight of 117.30 ± 2.22 g) reared at two characteristic bottom types. Letters indicate the significant differences observed among the treatments ($p < 0.05$).

三、養殖底質對牙鯪成長之影響

試驗結果如 Table 6 及 Fig. 6 所示。2 組平均體重由開始的 115.53 - 118.86 g 增加到 132.98 - 155.41 g，增重率為 15 - 31%。統計分析結果顯

示，其增重率在組別間呈現顯著差異 ($p < 0.05$)。未鋪設細珊瑚砂之空白組增重率 $31 \pm 1\%$ 顯著高於鋪設細珊瑚砂組 $15 \pm 2\%$ 。

討 論

牙鯪體型縱扁，屬於底棲性魚類，平時會伏於養殖池底，不同於紡錘型或是側扁型魚類可以有效利用養殖水體，因此養殖密度皆以每平方公尺範圍可以放養隻數或是公斤數計算。陳與劉 (2008) 建議牙鯪體重 10 g 時，放養密度為 200 尾/ m^2 ；85 g 時，放養密度為 50 尾/ m^2 ；320 g 時，放養密度為 30 尾/ m^2 ；460 g 放養密度為 25 尾/ m^2 。Bai and Lee (2010) 指出，不同體型之牙鯪最適放養密度分別為體重 14 g、158 尾/ m^2 ；110 g、61 尾/ m^2 ；260 g、41 尾/ m^2 ；510 g、31 尾/ m^2 。在本研究結果顯示，平均體重 7 g 之牙鯪，以密度 100 尾/ m^2 有最佳成長效率；100 g 時為 60 尾/ m^2 、300 g 為 20 尾/ m^2 ，500 g 時則以密度 15 尾/ m^2 成長效率最佳，低於陳與劉 (2008) 及 Bai and Lee (2010) 之結果，推測原因可能為養殖水溫影響成長 (韓國及中國養殖溫度平均為 16 °C 左右，低於本試驗之平均溫度 19

±1°C)，進一步影響最適放養密度。此結果也與 Goebel *et al.* (2017) 研究 *Coregonus macrophthalmus* 相同，在水溫 14.7°C 其生長速率和飼料轉化率明顯高於 10.5°C，但是隨著養殖密度增加（由 3.75 kg/m³ 增加至 7.5 kg/m³ 及 15 kg/m³）對生長和飼料轉化率有負面影響。另 Schram *et al.* (2006) 使用鱒魚 (*Solea solea*) 進行養殖密度試驗，結果顯示放養密度的增加，個體平均生長速度會降低，與本試驗結果相似。Duan *et al.* (2011) 研究水中不同溶氧與養殖密度對牙鯡成長影響，顯示不論是正常溶氧量 (5.5 ± 0.5) 或是高溶氧量 (14±2)，隨著養殖密度提高其飼料效率下降。本密度研究中也發現密度增加會導致魚體體色變暗，與井口等 (2018) 研究中相同，牙鯡在高密度飼養條件下有眼側皮膚黑色素面積會增加。Fairchild and Howell (2001) 使用美洲擬鱈 (*Pseudopleuronectes americanus*) 於不同密度飼養來研究成長、活存率及攻擊行為，發現隨著密度增加其活存率下降，而成長及攻擊行為則無差異，不過仍建議鱈魚飼養時應依據尺寸分級，以盡量減少魚體因大小差異而具攻擊性。另外，張 (1988) 研究中也指出魚隻放養密度的合理性會直接影響到養殖池之利用效率，因此養殖密度應適當以達養殖池最佳利用。

牙鯡屬於底棲性魚類，在天然海域中環境較暗。陳與劉 (2008) 指出在養殖過程中一般要求光照要在 1000 lux 以下，與本試驗結果 800 - 1000 lux 以下有最佳成長率相同。另本試驗在低照度下 (20 - 30 lux)，觀察到魚體色較暗。Kim and Shin (2016) 也指出光強度會影響星斑川鱈 (*Platichthys stellatus*) 盲側 (無眼側) 黑色素沉澱，在低光照下魚體色較暗，顯示光照不足可能與色素異常的發展有關。除光照強度，光的種類也會影響成長，高橋等 (2019) 指出比目魚養殖過程中，使用綠光照射有助於成長，其日成長率為 1.14 ± 0.15，高於對照組的 0.67 ± 0.15，而本實驗為使用一般日光燈光源，因此後續可以再持續探討不同光源顏色對魚類成長之影響。魚類需要光照才能正常生長，過高或是過低都會影響成長，因此找到最適培育光照強度將有助於提高成長率。

牙鯡於天然環境中會潛藏於砂中保護自己免受於被捕食之風險，但在人工養殖環境中皆採用

裸底來進行培育。Kang *et al.* (2014) 研究中使用礫石底質與未鋪設底質進行比較，試驗進行共 120 天，研究結果以未鋪設底質每日攝食量較高，然而飼料效率則以鋪設礫石較好；活存率則分別為未鋪設底質 91.8 ± 0.53% 及鋪設礫石 89.5 ± 0.71%，魚隻在無礫石環境可供潛藏引起之慢性壓力，導致魚體需能量克服生理緊迫，而造成高採食量低飼料效率。本試驗結果則是以未鋪設底質的成長率較佳，推測為本試驗僅進行 4 週，若是延長試驗期間則魚隻飼料效率結果可能會與 Kang *et al.* (2014) 研究相似。然而，在牙鯡高密度飼養環境，若是鋪設底質沉入池底之糞便及雜質不易去除，增加養殖管理難度，也可能增加疾病產生。因此養殖過程建議不鋪設底質且加強飼養管理即可有效成長。

謝 辭

本研究經費由行政院農業委員會水產試驗所 108 農科-9.3.3-水-A1 (1) 計畫項下支助。計畫執行期間承蒙東部中心同仁協助，使本研究可順利完成，在此一併致謝。

參考文獻

- 反田實 (1988) 人工生產ヒラメの潜砂能力. 水産増殖, 36(1): 21-25.
- 井口雅陽, 佐藤浩, 余語滋 (2018) 飼育密度の増加に伴うヒラメ稚魚の体色暗化. *Aquaculture Sci.*, 66(1): 33-40.
- 吳樹群, 張海 (2000) 牙鯡養殖的常見疾病及其防治方法. *河北漁業*, 5: 31-32.
- 高橋明義, 清水大輔, 都留久美子, 木藪仁和, 水澤寛太 (2019) 綠色光照射によるホシガレイとヒラメの成長促進. *アクアネット = Aqua net: 産地と消費地をネットする水産情報誌*, 22(4): 20-44.
- 張淑梅 (1988) 牙鯡高密度飼養成功. *科學養魚*, (4): 9.
- 陳四清, 劉東朴 (2008) 鯡鱈. *海水安全優質養殖技術叢書*, 山東科學技術出版社, 中國.
- 陳玉萍, 陳鏗元, 劉恩良, 何源興 (2017) 牙鯡的誘導產卵及幼苗發育. *水産研究*, 25(2): 43-53.
- 邵廣昭 (2021) 臺灣魚類資料庫網路電子版 (<http://fishdb.sinica.edu.tw>)
- Ashley, P. J. (2007) Fish welfare: current issues in aquaculture. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 104 (3-4), 199-235.

- Bai, S. C. and S. H. Lee (2010) Culture of olive flounder: Korean perspective. *In* Practical Flatfish Culture and Stock Enhancement (H. V. Daniels and W. O. Watanabe eds), Iowa, Wiley-Blackwell, 156-166.
- Cech, J. J., S. J. Mitchell and T. E. Wragg (1984) Comparative growth of juvenile white sturgeon and striped bass: effects of temperature and hypoxia. *Estuaries*, 7(1), 12-18.
- Duan, Y., X. Dong, X. Zhang and Z. Miao (2011) Effects of dissolved oxygen concentration and stocking density on the growth, energy budget and body composition of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). *Aquacul. Res.*, 42(3): 407-416.
- Di Marco, P., A. Priori, M. G. Finoia, A. Massari, A. Mandich and G. Marino (2008) Physiological responses of European sea bass *Dicentrarchus labrax* to different stocking densities and acute stress challenge. *Aquaculture*, 275(1-4): 319-328.
- Ellis, T., B. North, A. P. Scott, N. R. Bromage, M. Porter and D. Gadd (2002) The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *J. Fish Biol.*, 61(3): 493-531.
- FAO (2020) The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. FAO, Rome, 224 pp.
- Fairchild, E. A. and W. H. Howell (2001). Optimal stocking density for juvenile winter flounder *Pseudopleuronectes americanus*. *J. World Aquacul. Soc.*, 32(3): 300-308.
- Fenderson, O. C. and M. R. Carpenter (1971) Effects of crowding on the behaviour of juvenile hatchery and wild landlocked Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Anim. Behav.*, 19(3): 439-447.
- Goebel, S. E., J. Baer and J. Geist (2017) Effects of temperature and rearing density on growth of juvenile European whitefish (*Coregonus macrophthalmus*) in aquaculture. *Fundam. Appl. Limnol.*, 189(3): 257-266.
- Hamidoghli, A., S. Won, S. Lee, S. Lee, N. W. Farris and S. C. Bai (2020) Nutrition and feeding of olive flounder *Paralichthys olivaceus*: A Review. *Rev. Fish. Sci. Aquac.*, 28(3): 340-357.
- Islam, M. S., M. M. Rahman and M. Tanaka (2006) Stocking density positively influences the yield and farm profitability in cage aquaculture of sutchi catfish, *Pangasius sutchi*. *J. Appl. Ichthyol.*, 22(5): 441-445.
- Iwata N., K. Kikuchi, H. Honda, M. Kiyono, H. Kurokura (1994) Effects of temperature on the growth of Japanese flounder. *Fish Sci.*, 60(5): 527-531.
- Kabir, K. A., M. C. J. Verdegem, J. A. J. Verreth, M. J. Phillips and J. W. Schrama (2019) Effect of dietary protein to energy ratio, stocking density and feeding level on performance of Nile tilapia in pond aquaculture. *Aquaculture*, 511: 634200.
- Kang, D. Y., H. C. Kim, J. I. Myeong and B. H. Min (2014) Effect of the burrowing substratum on the growth and ambicoloration of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus* cultured at high density. *Korean J. Fish. Aqua. Sci.*, 47(4): 406-412.
- Kim, B. H., C. H. Lee, S. W. Hur, S. P. Hur, D. H. Kim, H. L. Suh, S. Y. Kim and Y. D. Lee (2013) Long photoperiod affects gonadal development in olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *Dev. Reprod.*, 17(3): 241.
- Kim, W. J. and Y. K. Shin (2016) Influence of Light Intensity on the Blind-side Hypermelanosis in Starry Flounder *Plathchthys stellatus*. *J. Fish. Mar. Sci. Edu.*, 28(4): 1098-1106.
- Millán-Cubillo, A. F., J. A. Martos-Sitcha, I. Ruiz-Jarabo, S. Cárdenas and J. M. Mancera (2016) Low stocking density negatively affects growth, metabolism and stress pathways in juvenile specimens of meagre (*Argyrosomus regius*, Asso 1801). *Aquaculture*, 451: 87-92.
- Montero, D., M. S. Izquierdo, L. Tort, L. Robaina and J. M. Vergara (1999) High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus aurata*, juveniles. *Fish Physiol. Biochem.*, 20(1): 53-60.
- Ottesen, O. H., E. J. Noga and W. Sandaa (2007) Effect of substrate on progression and healing of skin erosions and epidermal papillomas of Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (L.). *J. Fish Dis.*, 30(1): 43-53.
- Schram, E., J. W. Van der Heul, A. Kamstra and M. C. J. Verdegem (2006) Stocking density-dependent growth of Dover sole (*Solea solea*). *Aquaculture*, 252(2-4): 339-347.

The Effects of the Size, Stocking Density, Illumination and Substrate on the Growth of the Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*)

Yu-Ping Chen, You-Syu Huang*, Ming-Heng Tsai, Chung-Yuan Chen and Yuan-Shing Ho

Eastern Marine Biology Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) is an important economic aquaculture species in Korea, Japan, and China. The Eastern Marine Biology Research Center of Fisheries Research Institute has imported flounder fry, successfully established breeding technology since 2014, and promoted this the private sector for aquaculture. However, during different breeding periods, the breeding density, illumination, and other conditions will affect the growth of *P. olivaceus*. Therefore, this study investigated the effects of the lighting, substrate conditions, and breeding density during different breeding periods on the growth of *P. olivaceus* to establish the most suitable breeding conditions and provide reference applications for the aquaculture industry. The breeding density experiment during different breeding periods was conducted for 6 weeks. The results showed that the initial body weight of the flounder was 7.86 ± 1.29 g when the breeding density was $100/\text{m}^2$, and the weight gain rate of $599 \pm 7\%$ was the best. When the initial body weight was 106.87 ± 7.32 g and the breeding density was $60/\text{m}^2$, the weight gain rate was $100 \pm 8\%$. Additionally, when the initial body weight was 323.33 ± 16.47 g and the breeding density was $20/\text{m}^2$, the weight gain rate of $58 \pm 9\%$ was the best. Moreover, when the initial body weight was 532.64 ± 8.93 g and the breeding density was $15/\text{m}^2$, the weight gain rate of $24 \pm 6\%$ was the best. The results of the illumination experiment showed that the best weight gain rate was $309 \pm 2\%$ under an illumination of 800 to 1000 lux. The results of the aquaculture substrate experiment showed that the weight gain rate of the group without the fine coral sand was $31 \pm 1\%$ better than the group with fine coral sand.

Key words: *Paralichthys olivaceus*, stocking density, illuminance, substrate

*Correspondence: 22 Wu-Chuan Rd., Chengkung, Taitung 961, Taiwan. TEL: (089) 514-362 ext.111; FAX: (089) 514-366; E-mail: yshuang@mail.tfrin.gov.tw