

箱網短期育肥之黃鰹鮪的成長表現與脂肪量分析

楊清閔^{1*}·余淑楓¹·黃建智¹·翁進興¹·周瑞良²·李彥宏²·吳龍靜¹

¹行政院農業委員會水產試驗所沿近海資源研究中心

²行政院農業委員會水產試驗所東港生技研究中心

摘要

海洋鮪類資源有限，但全球市場對於鮪類的消費需求仍非常強勁，善用捕獲的幼魚發展合理化鮪類外海箱網養殖，為全球矚目的議題。本研究旨在探討箱網短期育肥黃鰹鮪技術，瞭解其成長率、餌料效率及體肌肉粗脂肪含量。結果得知，1 kg 以下之黃鰹鮪幼魚經 12 個月飼育，每個月可增重 0.65 - 0.75 kg，魚體重成長至 9 - 10 kg，尾叉長 80 - 82 cm，尾叉長每日增加 1.24 mm，日比成長率 (SGR) 為 0.66 - 0.80%，飼料效率 (FE) 約 10%。魚體肌肉之粗脂肪，經 1 個月飼育魚體重 2 - 3 kg，其含量為 2.2%，經 7 個月飼育魚體重 5 - 6 kg，其含量達 11.6%，為野生魚 10 倍以上。本研究成果有助於發展黃鰹鮪養殖所需基礎資料，可供爾後商業化箱網養殖經營之效益分析，降低投資風險。善用臺灣周邊海域豐富的黃鰹鮪幼魚資源，發展外海箱網養殖，不僅可提供市場高品質生魚片食材，提高養殖黃鰹鮪的商品行情，且可促進鮪類繁養殖技術開發，有助於鮪類的資源保育。

關鍵詞：黃鰹鮪、箱網養殖、成長率、飼料效率、粗脂肪

前言

依 FAO 統計 2013 年世界所有鮪類漁獲量中黃鰹鮪 (*Thunnus albacares*) 約佔 2/3 (132.7/204.5 萬噸，不含鯷魚) (日本水產廳, 2016a)，是鮪類資源量最多的魚類。包含黃鰹鮪在內的鮪魚生魚片，除了最大的日本市場外，因為和食文化的擴展更增強世界各地對於鮪類的消費需求。但海洋鮪類資源有限，國際組織對鮪魚捕撈配額限制日趨嚴格，部份魚種如黑鮪及大目鮪 (*Thunnus obesus*) 之資源量因過度捕撈而下降，可預測未來保護鮪魚資源及合理化漁業經營的聲浪將持續高漲。臺灣為鮪魚的捕撈大國，實有必要投入更多的鮪類資源研究並發展鮪類繁養殖的技術，以利全球鮪類資源保育，朝向永續漁業邁進。

商業養殖鮪類以高價、魚肉富含脂質的黑鮪，包括太平洋黑鮪 (*Thunnus orientalis*)、大西洋黑鮪

(*Thunnus thynnus*)、南方黑鮪 (*Thunnus maccoyii*) 為主，目前除了日本已發展出太平洋黑鮪的完全養殖技術 (Sawada *et al.*, 2005)，少部分黑鮪幼苗由人工繁殖獲得外，其他如澳洲與地中海諸國的鮪類養殖均依靠野外捕撈幼鮪或成魚進行養殖。一般使用圍網捕撈幼魚 (Miyake *et al.*, 2003)，以船速 1 節低速拖曳至養殖地，然後將活鮪依大小分類移至箱網中飼養。依據圍網船之漁獲量報告，捕撈之活鮪幼魚高達 70 - 86% 提供商業化鮪類養殖 (Ottolenghi, 2008)。ICCAT (2008) 對大西洋黑鮪養殖的分類，「肥育」(fattening) 為短期間 (3 - 7 個月) 蓄養成魚 (> 30 kg/尾)，而「養殖」(farming) 則為長期間 (1 - 2 年) 飼養幼魚 (8 - 30 kg/尾)。經由在箱網中養殖，增加群體生物量，可提高養殖鮪魚的市場價格 (Katavić *et al.*, 2003)。雖然鮪類養殖已被視為是極重要的課題，然而，這種捕撈幼魚養殖的生產體制易造成漁獲量分析與貿易統計的困難 (Ticina *et al.*, 2007)，又圍網船國籍眾多，不僅作業秩序紊亂，出借漁獲配額等情事更時有所聞 (郭譯, 2012)。依日本鮪魚養殖網站 (<http://www.yousyokugyojyou.net/>) 2013 年公布全

*通訊作者 / 高雄市前鎮區漁港北三路 6 號, TEL: (07) 821-8103 ext.222 ; FAX: (07) 821-8205; E-mail: yym1001@gmail.com

球鮪魚養殖情形，至 2011 年世界黑鮪養殖生產量 (除日本外) 為 9,000 - 13,000 mt，主要國家為澳洲、克羅埃西亞、馬爾他及墨西哥。依日本水產廳 (2016b) 資料，日本 2015 年有 94 個經營體共 160 養殖場計 1,432 口箱網進行黑鮪養殖，投入 94.8 萬尾種苗 (天然 40 萬尾、人工 54.8 萬尾)，同年出貨 22.6 萬尾，計 14,726 mt 的養成黑鮪進入市場。

臺灣周邊海域無法捕獲大量黑鮪幼魚，但擁有豐富的黃鰭鮪幼魚資源。由日本、美國及巴拿馬政府所組成的人工繁殖研究團隊，自 1996 年起，在巴拿馬的 Achotines 試驗室進行黃鰭鮪種魚的培育工作，從內灣海域釣捕黃鰭鮪的幼魚 (體重 2.2 - 6.6 kg) 來蓄養。在 1996 年的 10 月初，種魚池中 44 尾黃鰭鮪種魚開始自然產卵，至次年的 3 月中旬，5 個多月期間產卵 116 次，為世界上首次黃鰭鮪大量成功產卵的例子 (Margulies *et al.*, 2001, 2005, 2007; Wexler *et al.*, 2003)。2015 年 6 月，同一團隊於巴拿馬之海上箱網成功孵化黃鰭鮪稚魚，創下世界上黃鰭鮪人工繁殖成功之首例 (許譯, 2015)，其目標在於提升鮪類資源管理技術與黃鰭鮪能夠完全養殖，且能商業化提供市場，故發展黃鰭鮪養殖乃是受矚目的議題。近年來農業委員會水產試驗所持續進行黃鰭鮪的養殖試驗 (陳與張, 2005)，試驗結果顯示，平均體重 0.67 kg 野生黃鰭鮪幼魚，經養殖半年平均體重可達 3.8 kg，養殖 22 個月可達 19.7 kg。楊等 (2012) 於小琉球海域小型箱網短期蓄養 (約 100 天) 之幼魚，日比成長率 (specific growth rate, SGR) 為 0.43 - 0.62%，增重量 (WG) 為 1 - 1.7 kg，平均換肉係數 (feed conversion ratio, FCR) 為 11.5。尾叉長每日增加 0.71 mm、每月增重 0.49 kg。脂質含量增加 4 - 18 倍。即黃鰭鮪幼魚經適當蓄養肥育，可增加上市魚體的肥滿度與脂肪含量，提昇市場價格。

掌握鮪類在箱網中之成長、餌料效率、肌肉脂質、市場魚價及生產成本為進一步商業化養殖的必要條件，但養殖戶大多無法承受高風險的商業化實驗損失 (Aguado-Giménez and García-García, 2005)。因此，進一步充實在臺灣海域養殖鮪類的相關養殖評估資料，以利鮪類商業化養殖，為刻不容緩工作。此外，養殖黃鰭鮪富含脂質與天然鮪肉質不同，適合生魚片用，因此養殖黃鰭鮪可能會有

新市場 (澤田, 2016)。且在肉質粗脂肪的蓄積方面，黑鮪易集中於腹肉部位，但黃鰭鮪則是表現出全身脂肪蓄積 (升間, 2013)。因此，本研究之目標在於探討短期育肥黃鰭鮪的成長率與其餌料效率，利用短期養殖增加其肌肉粗脂肪蓄積表現，以供爾後商業型箱網養殖經營效益分析，並從發展新黃鰭鮪生魚片市場觀點，有效提高黃鰭鮪商品的市場行情。因此善用臺灣周邊海域豐富的黃鰭鮪幼魚資源，開拓黃鰭鮪外海箱網養殖產業，有相當的發展潛力。

材料與方法

養殖試驗用箱網為可沉式圓框箱網，網框直徑 20 m，網深度 8 m，設置於屏東縣車城鄉海口港附近離岸 2 km 水深約 30 m 處海域。箱網浮框材質採用 HDPE (high density PE)，管徑 250 mm。箱網之袋網網片採用尼龍製黑色無結節方形網目，網線直徑 (D) 為 2.32 ± 0.08 mm，網腳長 (L) 為 33.27 ± 0.98 mm， $D/L=0.07$ 。當颱風來臨前整組箱網沉降至水深 20 - 25 m 處，以避開海面強風強流。

供試魚為水試二號試驗船於 2015 年 7 - 8 月間、2015 年 11 - 12 月、2016 年 6 月間，執行 3 航次採捕所得之幼魚。採用漁具漁法為表層式拖曳釣法，於船尾放置 2 組釣具，主枝繩上無結附重錘，利用小卷假餌靠船速 5 - 6 節拖曳，運用浮魚追餌特性，讓假餌停留至水下 50 - 60 cm。使用無倒鉤之鈎鈎 (太刀 #14)，長 5.4 cm，寬 1.8 cm，刺鉤長 1.8 cm，倒鉤經手工壓扁為無倒鉤，鈎鈎藏於小卷假餌中。釣獲之幼魚利用特製手抄網接運至船上 FRP 桶 (直徑 2.5 m，深 1 m) 中暫養。每航次約採捕 50 - 100 尾活幼魚，運至箱網養殖場，由小船接駁後投入箱網中進行短期飼育。

升間 (2013) 指出，不同時期捕獲群於同箱網混養飼育，因尺寸明顯不同，目視可識別，之後可再依體長區別之。本研究 3 航次時期距 4 - 6 個月，放養之魚群 (Table 1) 分別標示為 3 階段群，Class A、B、C，混養於相同箱網當中。短期育肥期間以冷凍秋刀魚、魷魚、鯖、鱈等不同生餌解凍切片，於每日早晨及下午各投餵 1 次，浪大及颱風箱網沉降期間停止投餵，由飼育員記錄當日投餵餌料量與死亡魚隻數。成長情形分析，以需求試驗時隨

Table 1 Initial size of juvenile yellowfin tuna cultured in a cage

Class*	Collection date	Number	Sampling number	Fork length (cm)		Weight (kg)	
				Average	Range	Average	Range
A	2015/08/13	222	85	35.1 ± 3.0	28.0 - 41.5	0.65 ± 0.2	0.33 - 1.17
B	2015/12/01	56	5	41.6 ± 2.3	37.8 - 43.6	1.29 ± 0.1	1.11 - 1.46
C	2016/06/15	92	6	38.2 ± 5.5	32.3 - 47.0	1.04 ± 0.5	0.60 - 1.86

*A: 2015/08/13 group; B: 2015/12/01 group; C: 2016/06/15 group.

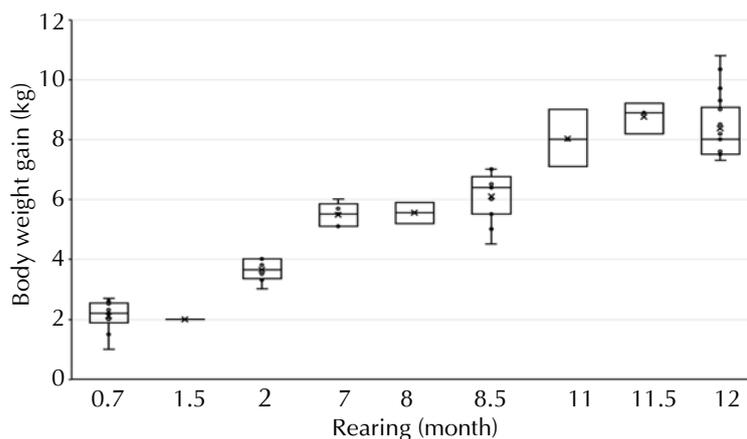


Fig. 1 The rearing months and body weight gain of yellowfin tuna cultured in a cage.

機釣獲少量箱網內鮪魚方式取樣量測尾叉長與體重。採樣進行肉質分析，分別於 2016 年 7 月 6 日 (18 尾)、7 月 27 日 (6 尾)、8 月 12 日 (37 尾) 採樣，依體長與體重判別放養階段。採樣之鮪魚除 2016 年 7 月 6 日 (18 尾) 採用魚體頭部後方中間段 (全魚) 肉，其餘則採取其尾部肉，做粗脂肪含量分析。每一鮪肉取樣檢體約 300 - 500 g，依據食品一般組成分析其粗脂肪 (參考經濟部中央標準局 CNS 5036 N6117，食品中粗脂肪之檢驗方法) 比例，送交水產試驗所東港生技研究中心及檢驗公司檢測之。

短期肥育之鮪魚的成長表現的相關係數依下列方式求得：

肥滿度係數 (K) 依 Ricker (1979) 以下式 (1) 表示：

$$K = 100 \times W / L^3 \dots\dots\dots (1)$$

其中，W 為體重 (g)，L 為鮪尾叉長 (cm)

SGR 依 Ricker (1979) 與 Moyle and Cech (1996)，以下式 (2) 示之：

$$SGR = 100 \times (\log_e W_f - \log_e W_i) / (t_f - t_i) \dots\dots\dots (2)$$

其中，W 與 t 為體重 (g) 與日數，i 為最初 f 為最終的實驗時間。

增重量 (weight gain, WG)，以下式 (3) 表示：

$$WG = W_f - W_i \dots\dots\dots (3)$$

其中，W_i W_f 分別為最初與最終重 (g)。

餌料效率 (feed efficiency, FE)，即飼育期間內魚體增重量所攝取的飼料量百分比，飼料效率愈大，表示飼料效果愈好。

$$FE = (\text{魚體增重量 (g)} / \text{攝餌量 (g)}) \times 100 \dots\dots (4)$$

結 果

一、黃鰭鮪短期肥育之成長表現

在第 1、2 次採樣時 (2016 年 7 月 6 日、7 月 27 日)，分別採樣 18 尾與 6 尾，可明顯看出體重的群級區分，依此直接判斷放養日期，但在第 3 次採樣 39 尾時 (2016 年 8 月 12 日)，由於不易看出體重明顯區別，因此參考前 2 次各群的魚體重及放養數量，判別放養日期。結果由 Table 2 與 Fig. 1 可知，最初放養的 Class A 幼魚於放養時每尾約 0.7 kg，體型較小，飼育 11 - 12 個月後，黃鰭鮪的尾叉長成長至 80 - 82 cm，體重平均達 8 - 9 kg，體重範圍在 7.3 - 10.8 kg 之間，期間魚體增重約 8 kg，即每個月約增重 0.65 - 0.75 kg。Class B

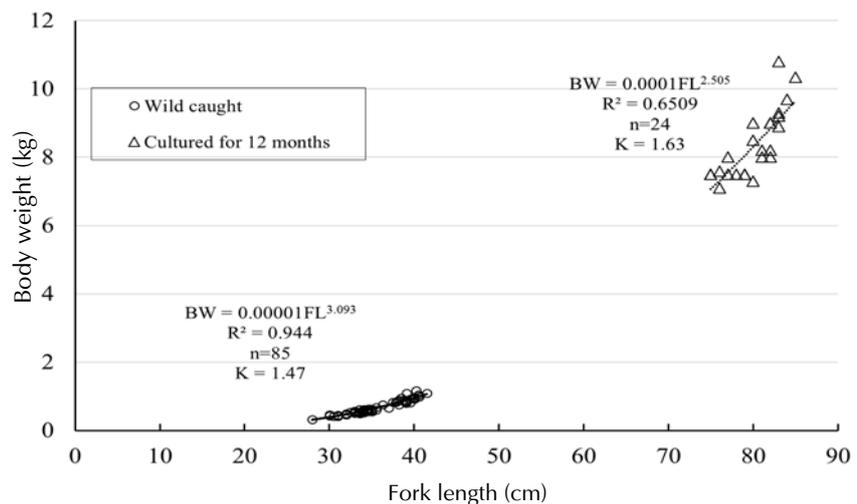
Table 2 The growth performance of yellowfin tuna in a short-term cage culture

Class*	Rearing (Day)	Sample Number	Fork length (cm)			Body weight (kg)			Body weight gain (kg)		
			Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min
A1	328	3	80.0	83.0	81.0	8.8	9.2	8.2	8.1	8.6	7.6
A2	349	3	82.3	83.0	81.0	8.8	9.2	8.2	8.1	8.6	7.6
A3	365	18	79.8	85.0	75.0	8.4	10.8	7.3	7.7	10.2	6.7
B1	218	5	68.8	72.0	66.0	5.5	6.0	5.1	4.2	4.7	3.8
B2	239	2	74.5	78.0	71.0	5.6	5.9	5.2	4.3	4.6	3.9
B3	255	13	72.5	78.0	61.0	6.1	7.0	4.5	4.8	5.7	3.2
C1	21	10	52.0	58.0	41.0	2.1	2.7	1.0	1.1	1.7	0.0
C2	42	1	56.0			2.0			1.0		
C3	58	8	59.8	62.0	57.0	3.6	4.0	3.0	2.6	3.0	2.0

*A: 2015/08/13 group; B: 2015/12/01 group; C: 2016/06/15 group.

1: 2016/07/06 sampling; 2: 2016/07/27 sampling; 3: 2016/08/12 sampling.

Fig. 2 Relationships between weights and fork lengths for wild-caught yellowfin tuna and the same fish cultured in a cage for 12 months, respectively.



放養時體型較大，每尾約 1.3 kg，放養 8 個月約增重 4 - 5 kg，每個月約增重 0.55 - 0.60 kg。Class C 放養時體型為每尾約 1.0 kg，放養 1 - 2 個月可增加 1 - 2.5 kg，每個月約增重 0.6 - 1.6 kg。因放養 1 - 2 個月的計測時間短與放養魚體型差異大，其呈現的每月增重的差異性較大。以 12 個月的放養期間計測，則可確認黃鰭鮪幼魚在箱網的飼育之下，每個月可增重 0.65 - 0.75 kg，魚體可成長至 9 kg。

以樣本數較多的 Class A 之野外採捕的黃鰭鮪幼魚及同批魚放養約 12 個月的養成魚比較其尾叉長與體重關係，如 Fig. 2 所示。野外採捕的黃鰭鮪幼魚經約 12 個月的箱網肥育後，其平均

尾叉長由 35.1 cm 成長至 80.3 cm，估得單尾尾叉長每日增加 1.24 mm，體重由 0.65 kg 成長至 8.44 kg，肥滿度指數 (K) 由 1.47 (1.31 - 1.82) 提升至 1.63 (1.43 - 1.89)，可看得出養殖黃鰭鮪較野生黃鰭鮪肥滿的傾向。短期育肥的黃鰭鮪肥滿度指數，飼養 11 - 12 個月之 K 值約在 1.43 - 1.89 之間；飼養 7 - 8.5 個月之 K 值約在 1.24 - 1.98 之間；飼養 0.7 - 2 個月之 K 值約在 1.13 - 1.79 之間，經箱網育肥後，肥滿度有增加的傾向 (Table 3)。

黃鰭鮪日比成長率 (SGR) 方面 (Table 3)，飼養 11 - 12 個月為 0.66 - 0.80% 之間；飼養 7 - 8.5 個月為 0.49 - 0.71% 之間；飼養 0.7 - 2 個月為 1.56 - 4.54%，即箱網放入的黃鰭鮪幼魚，在前

Table 3 The coefficient of fatness, specific growth rate, and feed efficiency of yellowfin tuna in a short-term cage culture

Class*	Rearing (Day)	Sample number	Coefficient of fatness (K)			Specific growth rate (%/Day)			Feed efficiency (%)		
			Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min
A1	328	3	1.57	1.63	1.45	0.77	0.80	0.73	8.99	10.17	7.85
A2	349	3	1.57	1.61	1.54	0.75	0.76	0.73	9.44	9.95	8.79
A3	365	18	1.65	1.89	1.43	0.70	0.77	0.66	8.46	11.12	7.29
B1	218	5	1.69	1.81	1.47	0.66	0.71	0.63	6.61	7.44	6.01
B2	239	2	1.35	1.45	1.24	0.61	0.64	0.58	6.35	6.88	5.83
B3	255	13	1.60	1.98	1.42	0.61	0.66	0.49	6.65	7.88	4.43
C1	21	10	1.47	1.65	1.13	3.55	4.54	1.74	21.95	30.82	8.54
C2	42	1	1.14			1.56			11.23		
C3	58	8	1.70	1.79	1.62	2.15	2.32	1.83	18.71	21.32	14.11

*A: 2015/08/13 group; B: 2015/12/01 group; C: 2016/06/15 group.

1: 2016/07/06 sampling; 2: 2016/07/27 sampling; 3: 2016/08/12 sampling.

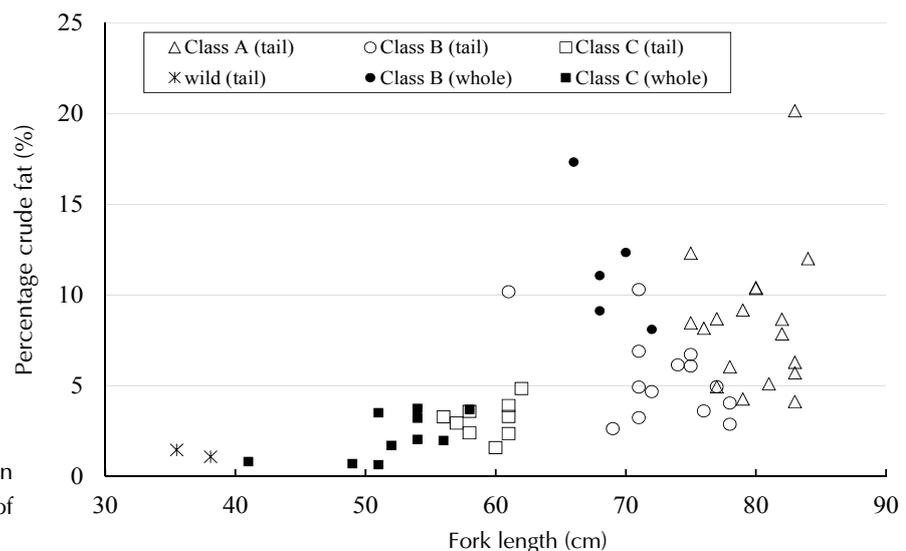


Fig. 3 Relationships between fat content and fork length of yellowfin tuna.

2 個月的成長速度有較快的傾向。而在 FE 方面 (Table 3), 飼養 11 - 12 個月的黃鰹鮪之平均飼料效率約為 8.5 - 9.5% 之間, 最佳可達 11%; 飼養 7 - 8.5 個月的黃鰹鮪之平均飼料效率約為 6.5% 左右, 飼養 0.7 - 2 個月的平均飼料效率為 11 - 22% 之間, 即剛放入箱網的黃鰹鮪幼魚其飼料效益為最佳。即初期放養的幼魚飼料效率較佳, 以穩定飼育 1 年期來看, 飼料效率大約在 10% 左右。

二、經短期肥育後黃鰹鮪的肌肉脂質含量表現

Figure 3 表短期蓄養黃鰹鮪尾叉長與其粗脂肪的關係, 野外採捕的黃鰹鮪幼魚樣本尾叉長 35 - 38 cm, 體重 0.8 kg, 其尾部肌肉的粗脂肪含量為 1.1 - 1.5%。經 0.7 - 2 個月的短期箱網蓄養黃鰹鮪, 尾叉長 55 - 65 cm, 體重 3 - 4 kg, 其尾部肌肉的粗脂肪含量提高至 3.1%。經 9.5 個月的短期箱網蓄養黃鰹鮪, 尾叉長 70 - 80 cm, 體重 5 - 7 kg, 其尾部肌肉的粗脂肪含量提高至 5.7%。而經 12 個月的短期箱網蓄養黃鰹鮪, 尾叉長 75 - 85 cm, 體重 7.5 - 11 kg, 其尾部肌肉的粗脂肪含量提高至 8.5%。在飼育 9.5 個月的群組中, 粗脂肪含量最高

的兩尾尾叉長分別是 61 cm 與 71 cm，粗脂肪含量達到 10.2% 與 10.3%，體型並非是群組中最大，但其肌肉質的粗脂肪含量已達到 10%，亦較蓄養 12 個月黃鰹鮪的肌肉粗脂肪含量高。

以蓄養期間別對黃鰹鮪尾部粗脂肪含量的關係比較，野生黃鰹鮪的尾部平均粗脂肪含量為 1.3%，經 2 個月蓄養後尾部平均粗脂肪含量為 3.1%，8 個月後為 4.5%，9.5 個月後為 5.7%，經 12 個月蓄養後尾部平均粗脂肪含量為 8.5%。可確認經箱網短期蓄養，黃鰹鮪肉的粗脂肪含量逐漸增加，每個月約增加 0.5% 以上。但飼育期間愈長，則黃鰹鮪個體間的粗脂肪含量差異增大 (Fig. 4)。

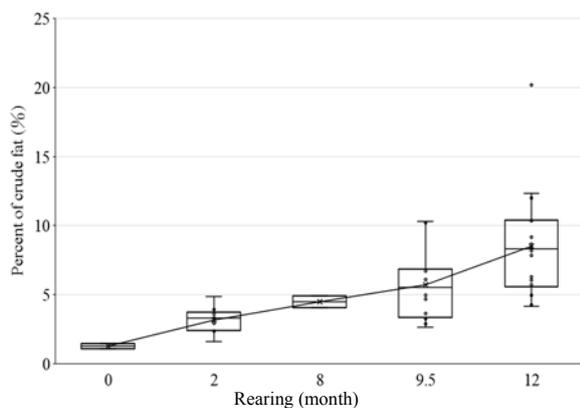


Fig. 4 Relationships between fat content and rearing months of yellowfin tuna.

此外，採樣經 1 個月與 7 個月短期箱網蓄養黃鰹鮪之中間段肌肉 (全魚) 比較，經 1 個月短期箱網蓄養之樣本尾叉長 50 - 60 cm，體重 2 - 3 kg，其中鮪肉中間段肉的平均粗脂肪含量為 2.2%，約為野生樣本的 2 倍。而經 7 個月短期箱網蓄養之樣本尾叉長 65 - 75 cm，體重 5 - 6 kg，其中鮪肉中間段肉的平均粗脂肪含量為 11.6%，為野生樣本的 10 倍以上，且是蓄養期間相近之 9.5 個月的黃鰹鮪尾部肉的 2 倍以上。採樣經 1 個月與 7 個月短期箱網蓄養黃鰹鮪之中間段肉，比較其水分、灰分、粗脂肪、粗蛋白含量，如 Fig. 5 所示。經 1 個月短期箱網蓄養之樣本尾叉長 60 cm 以下個體，水分含量為 71.8 - 79.1%，灰分含量為 1.4 - 1.9%，粗脂肪含量為 0.7 - 3.8%，粗蛋白含量為 21.7 - 26.3%；經 7 個月短期箱網蓄養之樣本尾叉長 65 - 75 cm 個體，水分含量為 62.9 - 68.1%，灰分含量

為 1.4 - 1.6%，粗脂肪含量為 8.1 - 17.3%，粗蛋白含量為 23.0 - 24.6%。可確認經箱網短期蓄養後，黃鰹鮪肉的水分含量減少而粗脂肪含量增加，灰分與粗蛋白含量則不受影響。

討 論

在黃鰹鮪的成長表現方面，Wexler *et al.* (2003) 在水槽中飼育黃鰹鮪，每尾 19 kg 以下個體，每年每尾可增重 9 - 19 kg；19 kg 以上個體，每年每尾可增重 20 - 23 kg。日本在 1999 年試驗箱網黃鰹鮪養成為商品化的資料提到，放養 1 kg 幼魚，經過約 2 年飼育成長至 40 kg，在第 3 次試驗經 1 年半飼育至 25 kg，則每年每尾可增重 16 - 19.5 kg 左右 (東京都島しょ農林水産総合センター, 1999)。在臺灣，陳與張 (2005) 試驗養殖 1 年之魚，體重達 8 - 10 kg。楊等 (2012) 試驗箱網養殖每尾年增重約 6 kg。本研究結果得知每尾年增重 8 - 9 kg。在臺灣的飼育結果相似，但與國外的結果頗有差異。推測其原因可能與環境及餌料有關，因本研究於 2015 年 8 月進行放養後，為避颱隨即將箱網放沉，接連 9 月與 10 月均有颱風而放沉與停止餵餌，2016 年 1 月又有霸王級寒流來襲加上東北季風、落山風強勁，造成數日無法出海投餌，以及寒流使得水溫劇降，2 月到 3 月攝餌量降低外，陸續出現斃死魚計 114 尾。推測上述因素，造成箱網內鮪魚成長較緩，致本研究箱網養殖黃鰹鮪的年增重量僅在 8 - 9 kg。

比較養殖黑鮪與黃鰹鮪的 SGR，Tičina *et al.* (2007) 以平均每尾 6.4 kg 的黑鮪，養殖於箱網中 511 天，成長達平均每尾 28.3 kg，平均 SGR 為 0.291。Carter *et al.* (1998) 以平均每尾 25.62 ± 6.38 kg 的南方黑鮪經 133 天的養殖，SGR 為 0.21 ± 0.082。Aguado-Giménez and García-García (2005) 則分別測定小型 (平均 32 kg) 與大型 (平均 219 kg) 之黑鮪成長率，SGR 分別為 0.29 與 0.06，以小型魚體 SGR 較佳。日本養殖系統開發研究會 (1999) 1996 - 1998 年進行野外釣獲小型黑鮪計 42 批的短期養殖成果，SGR 為 -0.1 - 3.3 之間，飼育日數超過 200 天以上 SGR 在 0.2 - 0.4 之間，超過 100 天以上 SGR 為 0.2 - 1.0 之間。楊等 (2012) 的黃鰹鮪養殖試驗的 SGR 在 0.43 - 0.62。

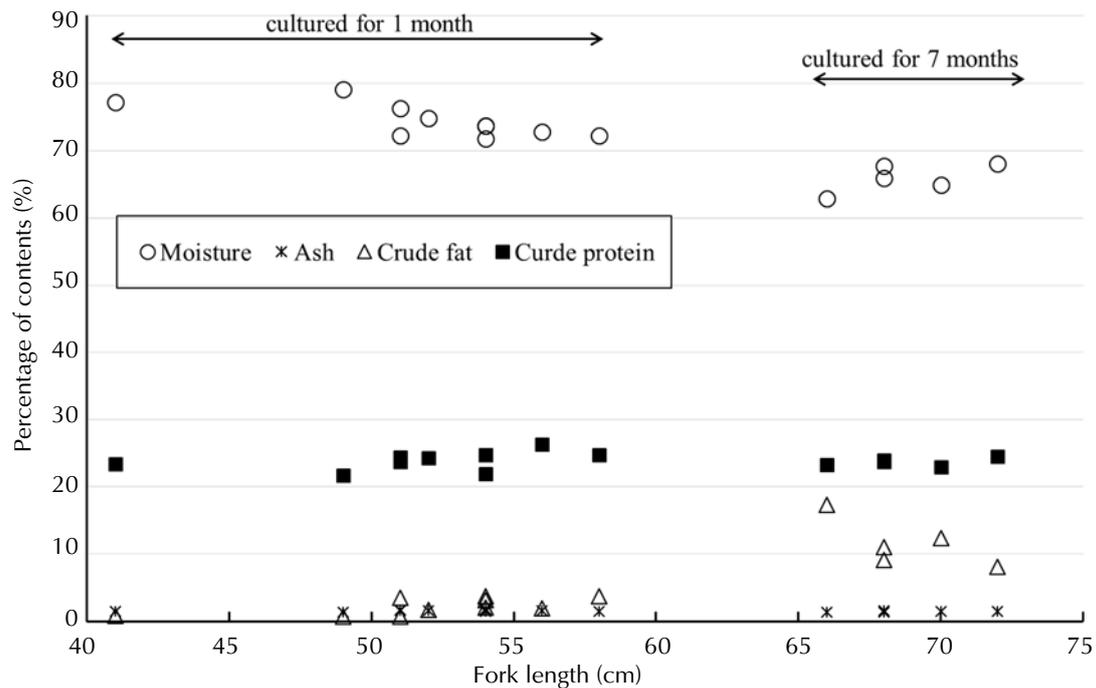


Fig. 5 Meat analysis of yellowfin tuna cultured for 1 and 7 months in the cage.

本研究的飼養 11 - 12 個月 SGR 為 0.66 - 0.80，但放養 0.7 - 2 個月時 SGR 為 1.56 - 4.54 之間。由而可知，黃鰹鮪幼魚放養初期成長速度有較快的傾向，隨飼養時間增加，SGR 逐漸趨緩。升間 (2013) 報告指出，黃鰹鮪初期成長快，可短期內成長，但受水溫及攝餌條件影響。本研究與此結果相同。黃鰹鮪幼魚之由於成長率是高度可變的，因為有很大的程度是取決於各種環境因素的相互作用，如水溫、溶氧、氨量、鹽度、光照、餌料量與種類、以及魚齡 (Moyle and Cech, 1996)。

FE 的數值高表示效果較佳，楊等 (2012) 對黃鰹鮪養殖所得平均飼料效率為 8.81%。但黃鰹鮪的 FE 文獻較少，若以黑鮪養殖對照本研究，Tudela (2002) 估計黑鮪的換肉係數為 20 : 1 (FE = 5%)，Aguado-Giménez and García-García (2005) 則分別測定小型與大型之黑鮪換肉係數分別為 15.3 (FE = 6.54%) 與 24.8 (FE = 4.03%)，小型黑鮪的係數值較佳，Mourente *et al.* (2002) 則測定大型鮪的換肉係數為 40 : 1 (FE = 2.50%)，而小型幼魚可低於 10 : 1 (FE = 10%)。山本 (2012) 提及日本國內黑鮪養殖的換肉係數約 14 (FE = 7.14%)，與墨西哥地區養殖者相差不大，但是日本為 2 年期的幼魚養成型的養殖，而地中海則是幾個月的肥育，

長期養殖的餌料成本負擔較大，澤田 (2005) 提及黑鮪未成魚換肉係數約 10 (FE = 10%)。澤田 (2016) 認為黃鰹鮪的成長與 FE 與黑鮪及南方黑鮪差異不大。本研究以穩定飼育黃鰹鮪 1 年期來看 FE 大約在 10% 左右。飼養幼魚於 2 個月內的平均 FE 為 11 - 22%。綜合上述文獻，鮪類隨成長其 FE 會逐漸趨緩，初期成長快，黃鰹鮪與黑鮪之幼鮪箱網養殖的平均 FE，大致上均在 10% 左右，與本研究相同。

在黃鰹鮪肌肉所含粗脂肪含量方面，依日本食品標準成分表 2015 年版 (日本文部科學省, 2016)，天然黃鰹鮪的肉質分析為水分 74%、粗蛋白 24.3%、粗脂肪 0.4%、灰分 1.3%。而在陸上養殖的黃鰹鮪，依 Wexler *et al.* (2003)，平均尾叉長 109.2 cm 者，水分 67.8%、粗蛋白 20.5%、粗脂肪 10.5%、灰分 1.5%。升間 (2013) 養殖黃鰹鮪的分析，魚體 2 kg 個體以下背肉部分，粗脂肪含量為 0.15 - 7.4%，魚體重 10kg 以上者為 19.6 - 34.1%。魚體重 2 kg 個體以下腹肉部分，粗脂肪含量為 0.06 - 12.2%，體重 10 kg 以上者為 21.8 - 33.7%。楊等 (2012) 測得養殖約 3 個月尾叉長 45 - 52 cm 之約 2 kg 魚，背肉粗脂肪含量為 1.28%，腹肉粗脂肪含量為 3.77%。本研究則是經 7 個月短期箱網蓄

養之黃鰭鮪尾叉長 65 - 75 cm 個體，平均體重約 5 - 6 kg，其肌肉水分含量為 62.968.1%，灰分含量為 1.4 - 1.6%，粗脂肪含量為 8.1 - 17.3%，粗蛋白含量為 23.0 - 24.6%。但經 1 個月短期箱網蓄養之尾叉長 60 cm 以下個體，體重約 2 - 3 kg，其粗脂肪含量為 0.7 - 3.8%。升間 (2013) 指出，黃鰭鮪的肌肉質分，2 kg 以下個體與天然魚相近，而 2 kg 以上個體的肌肉，特別是在粗脂肪含量，陸上養殖黃鰭鮪可達野生者 2 倍以上。親魚的體成分受到餌料的影響大 (Watanabe *et al.*, 1984)。本研究結果與上述文獻相近，且可確認經箱網短期蓄養 1 個月以上，黃鰭鮪肉的粗脂肪含量逐漸增加，每個月約增加 0.5% 以上。此外，養殖鮪的肌肉隨成長，其水分含量減少，粗脂肪含量逐漸增加 (Nakamura *et al.*, 2007)，本研究亦有此趨勢。

由實驗結果可知，野外採捕之中小型黃鰭鮪經短期圈養肥育，可增加其體重與粗脂肪含量，且口感優於野生釣獲，養成成魚預期可提供新的黃鰭鮪生魚片市場使用，且可讓市場價格提昇。尤其，本研究經 7 個月短期蓄養黃鰭鮪粗脂肪含量為 8.1 - 17.3%，雖不及市販養殖南方黑鮪生魚片之高級皮油 (21.5%，2000 元/kg) 與大腹 (40.0%，3000 元/kg) 的含量，但整體已超過赤身 (0.82%，600 元/kg)、小肚 (6.92%，700 元/kg)、中等皮油 (4%，1000 元/kg) 的含量。此外，國外養殖黃鰭鮪 1 年每尾可最大增重約 20 kg，而本研究的養殖增重量僅是國外的一半，可確認箱網短期育肥黃鰭鮪仍有改善方法需進一步試驗。

有一些研究認為 2 歲齡黃鰭鮪已有 50% 為成熟魚，尾叉長為 92 cm (Schaefer, 1998; 升間, 2013)，即 2 歲齡魚體重約為 20 kg 以上者，可成為產卵種魚。故箱網養殖黃鰭鮪約 1 年半後，即可提供產卵用種魚，有利於黃鰭鮪繁殖試驗與育苗用。

綜合本研究結果與國際有關鮪類養殖研究報告可看出，善用台灣周邊海域豐富的黃鰭鮪幼魚資源，發展商業化黃鰭鮪外海箱網養殖大有可為。其產品可提供市場高品質生魚片食材，有效提高黃鰭鮪的商品行情，減少不符合經濟效益的幼魚利用情形發生。而經由箱網養殖可培育優質種魚，可供人工繁殖，量產種苗，對進一步發展鮪類養殖以及鮪類資源保育都有很大助益。

謝 辭

本研究係農委會 104 - 107 年度政府科技發展計畫政策預算計畫「臺灣沿海藍色經濟成長推動計畫」子計畫「黃鰭鮪箱網養殖生產技術之建構」部分成果。本研究感謝屏東縣政府資助先前的研究計畫，讓此研究得以持續進行。並感謝屏東縣車城鄉海洋箱網養殖業者的協助與記錄。

參考文獻

- 山本尚俊 (2012) マグロ養殖業の歴史的展開と今後の展望. 長崎大学水産学部研究報告, 93: 59-77.
- 升間主計 (2013) クロマグロ・キハダの親魚養成と産卵生態に関する研究. 近畿大学水産研究所報告, 13: 37-236.
- 日本鮪魚養殖網站 (2015) <http://www.yousyokugyojyou.net/>
- 日本文部科學省 (2016) 日本食品標準成分表 2015 年版(七訂), 魚介類. http://www.mext.go.jp/a_menu/syokuhinseibun/1365420.htm
- 日本水產廳 (2016a) かつお・まぐろ類に関する國際情勢について(平成 28 年 1 月). http://www.jfa.maff.go.jp/j/tuna/pdf/tuna_all.pdf.
- 日本水產廳 (2016b) 平成 27 年における国内のクロマグロ養殖実績について(速報値). http://www.jfa.maff.go.jp/j/press/saibai/160330_1.html
- 東京都島しょ農林水産総合センター (1999) キハダマグロ幼魚の養成による商品化の試みについて. 平成 11 年度主要技術成果集. <http://www.ifarc.metro.tokyo.jp/26,317,52,208.html>
- 陳紫嫻, 張賜玲 (2005) 黃鰭鮪養殖技術發展. 農政與農情, 156: 98-102.
- 郭慶老譯 (2012) 黑鮪的資源動態與管理(上). 水試專訊, 39: 38-41.
- 許金漢譯 (2015) 日本率先成功的人工孵化並育成黃鰭鮪種苗. 國際漁業資訊, 276 期. <https://www.ofdc.org.tw/webs/fishinfoDetail.aspx?sn=37294>
- 楊清閔, 翁進興, 賴繼昌, 黃建智, 吳龍靜 (2012) 臺灣南部海域捕獲之黃鰭鮪幼魚的體型組成與箱網短期蓄養後的成長表現. 水產研究, 20(2): 73-82.
- 養殖システム開発研究会 (1999) 平成 11 年度 クロマグロ養殖技術高度化システムの開発に関する報告書. 社団法人マリノフォーラム 21, 61 pp.
- 澤田好史 (2005) クロマグロ. 水産増養殖システム 1. 海水魚 (熊井英水編), 恒星社厚生閣, 東京, 173-204.
- 澤田好史 (2016) パナマで人工ふ化キハダ稚魚・幼魚

- の海面生簀での飼育に成功 (業界 クロマグロ養殖 資源管理と産地の戦略). 養殖ビジネス, 53(2): 33-36.
- Aguado-Giménez, F. and B. García-García (2005) Growth, food intake and feed conversion rates in captive Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus* Linnaeus, 1758) under fattening conditions. *Aquacul. Res.*, 36: 610-614.
- Carter, C. G., G. S. Seeto, A. Smart, S. Clarke and R. J. Van Barneveld (1998) Correlates of growth in farmed juvenile southern bluefin tuna *Thunnus maccoy* (Castelnau). *Aquaculture*, 161: 107-119.
- ICCAT (2008) Recommendation amending the Recommendation by ICCAT to establish a multiannual recovery plan for bluefin tuna in the eastern Atlantic and Mediterranean. ICCAT, 27 pp.
- Katavič, I., V. Tičina, L. Grubišić and V. Franičević (2003) Tuna farming as a new achievement in mariculture of Croatia. *In* Workshop on Farming, Management and Conservation of Bluefin Tuna (I.K. Oray and F. S. Karakulak eds.), 5-7 April 2003, Istanbul, Turkey. *Tur. Mar. Res. Fond. Publ.*, 13: 10-20.
- Margulies, D., J. B. Wexler, K. T. Bentler, J. M. Suter, S. Masuma, N. Tezuka, K. Teruya, M. Oka, M. Kanematsu and H. Nikaido (2001) Food selection of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, larvae reared in the laboratory. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 22: 951.
- Margulies, D., V. Scholey, S. Hunt and J. Wexler (2005) Achromatic Lab studies diets for larval, juvenile yellowfin tuna. *Global Aquacul. Advocate*, 8(2): 87.
- Margulies, D., J. M. Suter, S. L. Hunt, R. J. Olson, V. P. Scholey, J. B. Wexler and A. Nakazawa (2007) Spawning and early development of captive yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Fish. Bull.*, 105: 249-265.
- Miyake, P. M., J. M. De la Serna, A. Di Natale, A. Farrugia, I. Katavič, N. Miyabe and V. Tičina (2003) General review of bluefin tuna farming in the Mediterranean Area. *ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.*, 55: 114-124.
- Mourente, G., C. Megina and E. Dí'az-Salvago (2002) Lipids in female northern bluefin tuna (*Thunnus thynnus thynnus* L.) during sexual maturation. *Fish Physiol. Biochem.*, 24: 351-363.
- Moyle, P. B. and J. J. Cech (1996) *Fishes: An introduction to ichthyology* (3rd ed.). Prentice Hall, New Jersey, 590 pp.
- Nakamura, Y. N., M. Ando, M. Seoka, K. I. Kawasaki, and Y. Tsukamasa (2007) Changes of proximate and fatty acid compositions of the dorsal and ventral ordinary muscles of the full-cycle cultured Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* with the growth. *Food Chem.*, 103(1): 234-241.
- Ottolenghi, F. (2008) Capture-based aquaculture of bluefin tuna. *FAO Fish. Tech. Paper*, No. 508: 169-182.
- Ricker, W. E. (1979) Growth rates and models. *In* *Fish Physiology* (W. S. Hoar, D. J. Randall, J. R. Brett eds.), Academic Press, New York, 677-743.
- Sawada, Y., T. Okada, S. Miyashita, O. Murata and H. Kumai (2005) Completion of the Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* (Temnich et Schlegel) life cycle. *Aqua. Res.*, 36: 413-421.
- Schaefer, K. M. (1998) Reproductive biology of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the eastern Pacific Ocean. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 21(5): 20.
- Tičina, V., L. Grubišić and I. Katavič (2007) Growth indices of small northern bluefin tuna (*Thunnus thynnus*, L.) in growth-out rearing cages. *Aquaculture*, 269: 538-543.
- Tudela, S. (2002) El engorde de atunes. Capturar, enjaular, engordar y vender. Available in: URL: http://www.icsf.net/jsp/samudra/spanish/issue_32/art2.pdf
- Watanabe, T., S. Ohhashi, A. Itoh, C. Kitajima and S. Fujita (1984). Effect of nutritional composition of diets on chemical components of red sea bream broodstock and eggs produced. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 50(3): 503-515.
- Wexler, J. B., V. P. Scholey, R. J. Olson, D. Margulies, A. Nakazawa and J. M. Suter (2003) Tank culture of yellowfin tuna, *Thunnus albacares* developing a spawning population for research purposes. *Aquaculture*, 220: 327-353.

Growth Performance and Fat Content of the Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) after Short-term Fattening in a Cage

Ching-Min Yang^{1*}, Shwu-Feng Yu¹, Jian-Zhi Huang¹, Jinn-Shing Weng¹, Ruey-Liang Chou², Yan-Horn Lee² and Long-Jing Wu¹

¹Coastal and Offshore Resources Research Center, Fisheries Research Institute

²Tungkang Biotechnology Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

While there are limited tuna resources in the ocean, the global market continues to have a strong demand for tuna. The use of captured juvenile tuna fish to develop offshore cage cultures of tuna has attracted worldwide attention. This study aimed to explore the short-term fattening of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and investigate the growth rate, feed efficiency, and crude fat content of tuna under cage culture. After tuna were cultured in a cage for 12 months, the body weight of a 1-kg juvenile yellowfin tuna reached 9-10 kg, with a 0.65-0.75 kg increase per month. The fork length of the tuna reached 80-82 cm, with a 1.24 mm increment per day. Specific growth rate (SGR) was 0.66%-0.80%, and feed efficiency was around 10%. The crude lipid levels of 2-3 kg yellowfin tuna cultured for one month and 5-6 kg yellowfin tuna cultured for seven months were 2.2% and 11.6%, respectively. The crude lipid levels of the fish cultured for seven months were 10 times higher than those of wild fish. The results of this study will contribute to the development of yellowfin tuna offshore cage cultures in Taiwan, which is achieved through the use of the abundant resources of juvenile yellowfin tunas in the surrounding waters of Taiwan. This will supply markets with high-quality sashimi-grade fish, improve the prices of yellowfin tuna products, and promote the development of yellowfin tuna aquaculture technologies, which will contribute to tuna resource conservation efforts.

Key words: yellowfin tuna, cage culture, growth rate, feed efficiency, crude fat

*Correspondence: Coastal and Offshore Resource Research Center, Fisheries Research Institute, No.6, Yugang N. 3rd Rd., Cianjhen District Kaohsiung 80672, Taiwan. Tel: (07) 8218103 ext.211; E-mail: yym1001@gmail.com