

海鱸室內高密度循環水養殖系統越冬模式之研發

黃丁士*、林金榮、陳其欽、蔡萬生

行政院農業委員會水產試驗所 澎湖海洋生物研究中心

摘要

本中心經由產學合作計畫已成功研發出，海鱸室內高密度循環水養殖系統並建立越冬模式。本循環系統配備有溫度控制器、微粒子處理機、蛋白質除沫機、生物濾床、自動注排水系統、氧氣錐、緊急供氧維生系統及紫外線殺菌燈。

本試驗依成長分成三個階段，在自行研發之海鱸室內高密度循環水養殖系統中，進行不同蓄養密度之越冬試驗。試驗第一階段，將 12,000 尾平均體重為 4.1 g 之海鱸苗，分別放入 6 個 4 噸之 FRP 桶，蓄養密度為 571 尾/噸水；經 15 日培育後，平均體重為 18 ± 1 g，活存率為 92.24%。第二階段，在海鱸室內高密度循環水養殖系統中，做不同蓄養密度的越冬試驗，其蓄養密度依序各為 365、480 及 594 尾/噸水，試驗採三處理二重複，並且每日 3 次投餵市售商用鰻魚浮料。經 45 天培育，三組平均體重依序為 49 ± 2 、 47 ± 2 及 46 ± 3 g，成長率依序為 0.69 ± 0.05 、 0.65 ± 0.01 及 0.62 ± 0.07 g/d。活存率依序為 98.59 ± 0.64 、 98.69 ± 0.25 及 $98.94 \pm 0.15\%$ ，其單位生產量分別為 17.62、22.19 及 26.78 kg/m³。第三階段試驗，其蓄養密度依序各為 143、214 及 286 尾/噸水，試驗處理與前同。在海鱸室內高密度循環水養殖系統培育 30 日後，其平均體重依序各為 114 ± 2 、 111 ± 5 及 107 ± 2 g，成長率依序為 2.18 ± 0.18 、 2.13 ± 0.17 及 2.04 ± 0.03 g/d，三組活存率皆為 100%，其單位水體生產量依序為 16.33、23.70 及 30.46 kg/m³。試驗結果為放養密度愈高，其單位生產量愈高，但成長有降低之趨勢。水溫愈高，海鱸成長愈快。水溫 20℃ 時，海鱸成長幾呈停滯，上升至 22℃ 時，成長稍快，超過 23℃ 以上時，成長最快。2002 年共分六次，經由自行研發之海鱸室內高密度循環水養殖系統，中間育成之中大型海鱸苗，平均體重為 120~320 g，累計 80,000 餘尾，已放養於海上箱網。

關鍵詞：海鱸、高密度循環水養殖系統、越冬、蓄養密度、成長率。

*通訊作者 / 澎湖縣白沙鄉岐頭村 57 號，TEL: (06) 993-1026; FAX: (06) 993-1309; e-mail: tfriphps@ms47.hinet.net.

前言

海鱸 (cobia) 是目前台灣外海箱網養殖的新寵⁽¹⁾, 年產量約 3000 噸, 為我國加入 WTO 後, 能與鮭魚競爭國際市場的魚種之一⁽²⁻⁴⁾。1992 年, 我國領先世界, 在澎湖地區人工繁殖海鱸苗, 並於澎湖、小琉球外海進行箱網養殖成功。如何在澎湖地區建立起海鱸分段養殖技術, 在陸上將種苗培育成為對海流環境有較強抵抗力的幼魚後, 以及冬天低水溫期在陸上利用循環水來生產越冬苗, 再放養於海上箱網, 將是澎湖海鱸產業能否永續發展的重要策略。

如何節約用水量及能源, 研發高密度海鱸中間育成系統, 降低生產成本及克服澎湖地區冬天低水溫期, 海鱸幼魚成長不佳, 此都需靠海鱸室內高密度循環水養殖系統才能達成。冬天在陸上利用循環水來生產越冬苗, 11~12 月進苗, 至翌年 3 月初即可達體重 150 公克, 再放養於海上箱網, 如此海上箱網養殖即可由 18 個月縮短為 10~12 個月, 大幅降低生產成本。由於魚苗体型大, 活存率高, 養至年底即可達上市体型 5~8 公斤。此亦可免除澎湖地區冬天水溫低, 海鱸成長不佳及冬天東北季風大不利出海投餌作業, 和寒流來襲可遭凍死之疑慮。芬蘭的鮭魚養殖在冬季時, 將鮭魚苗集約養殖在溫暖 (10°C) 的孵化池過冬; 到春末初夏, 移至海上箱網養成約 18~24 個月就可出售, 為正常養殖時間的一半⁽⁵⁾。古 (2000) 亦指出低水溫係造成澎湖箱網養殖最大隱憂, 死亡率高達 60%⁽⁴⁾。養殖海域更可利用海鱸收成後低水溫期休養 2~3 個月, 避免養殖場老化及疾病叢生之問題。本試驗擬利用海鱸室內高密度循環水養殖系統來建立越冬模式, 並探討海鱸在室內高密度循環水養殖系統中越冬之密度、水溫、水質條件與成長、活存之關係, 以建立海鱸在室內高密度循環水系統養殖之越冬技術。

材料與方法

一、試驗設備

(一) 海鱸室內高密度循環水養殖系統

系統內容分為兩大部份: 養魚槽及水處理系統; 其中養魚槽之設計在於維持槽中水質均勻混合並予製造水流, 使殘餌、糞便固體物及水面粘液可隨排水排出。水處理設備順序為: 1. 利用微粒子處理機去除固體廢物, 2. 微生物濾槽去除氨氮, 3. 利用蛋白質除沫機去除水溶性有機物及氨氮, 4. 利用溶氧錐提升溶氧, 5. 微電腦溶氧監測及加溫恆定系統, 6. 緊急供氧維生系統, 及 7. 紫外線防止水中病原滋生。

海鱸室內高密度循環水養殖系統組成單元及操作流程圖 (Figs. 1-3), 包括養魚槽 6 具, 藉由回水管, 以重力方式流到微粒子過濾機內去除有機顆粒, 再流到生物濾床之沈澱池, 內置生物濾床, 可有效去除溶於水中的含氮物質, 接著再流入緩衝槽內, 藉由抽水泵浦, 抽進蛋白質除沫機去除水溶性有機物及滴濾槽去除水溶性氨氮及二氧化碳後, 回流至緩衝槽。最後再由抽水浦泵將系統池水抽經氧氣錐增氧後, 部份流經紫外線殺菌燈後, 重回養殖槽。系統配備規格如下: 微粒子處理機, 使用 40 μm 濾網, 過濾水量為每小時 30 噸水以上。沈澱槽 (緩衝槽) 為 FRP 玻璃纖維 300×96×120 cm 四個, 具有特殊 V 型底部構造以利排污, 滴流式生物過濾槽尺寸為 240×96×140 cm 2 組。氧氣錐最大水量為 30 噸水 / 小時; 蛋白質除沫機處理水量 25 噸水 / 小時, 以轉輪旋轉發泡方式利用泡沫分離原理, 去除水溶性有機物質, 另一方面亦可達到充分氧化的效果。水質監控系統可設定控制循環水系統之 pH、DO、水溫。此外, 備有 120 W 紫外線殺菌燈及 3 馬力回流抽水機。

(二) 養魚槽

長 2 m 寬 2 m 高 1 m (底面積 4 m², 試驗時

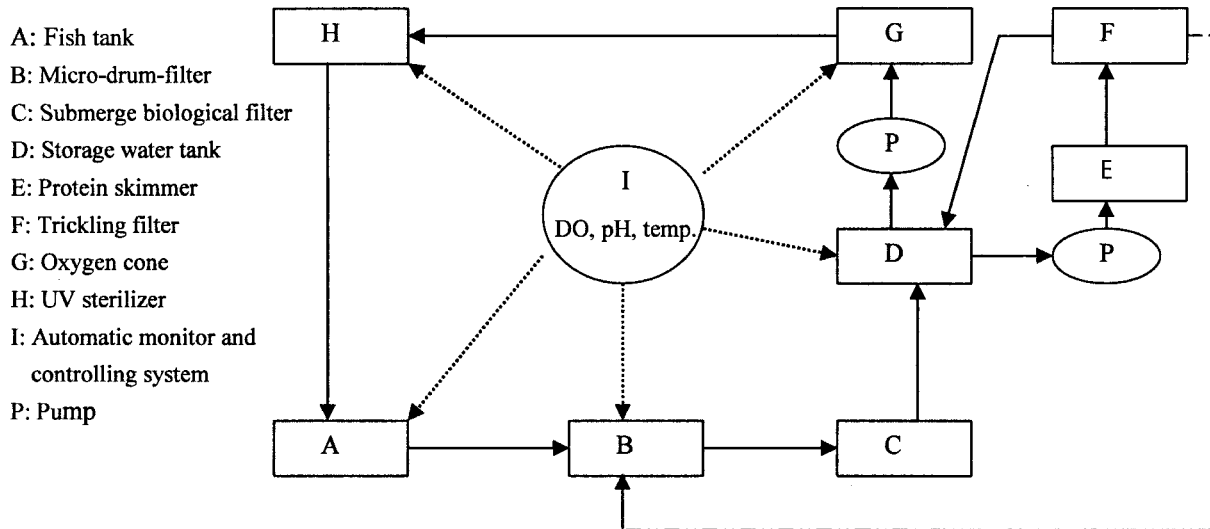


Fig. 1. Schematic diagram of indoor high-density recirculating system of cobia.

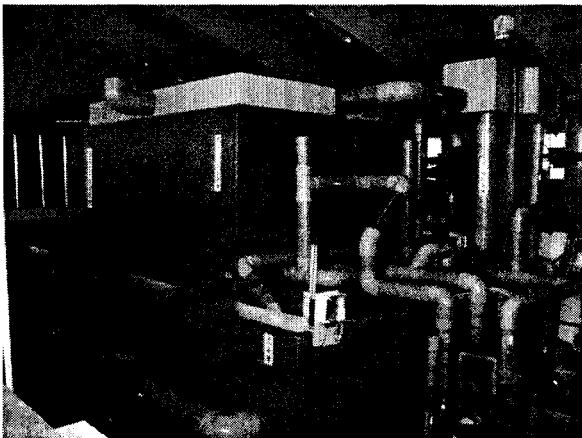


Fig. 2. High-density recirculating system of cobia.

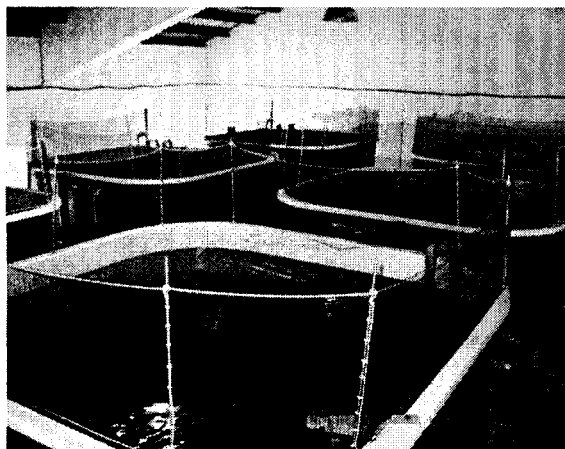


Fig. 3. Cobia culture tank and protective net.

蓄水体積 3.5 m^3 ），方形圓弧角 FRP 水槽，於槽邊底部設有兩支 1.5 吋供水管，分別是循環水及補給水；兩支進水管連接浮子式流量計，以控制進水流量。循環水進水量為每鐘 60~80 公升，補給水視魚體大小及槽內生物量而定。槽中央底部有 3 吋排水管，其外有一垂直插管；其功能為可控制成上下排水之雙重功用。養殖槽邊設有 2 吋回水管，可調整回水高度及流量。

進水管對角槽邊 1/3 水深處，設有溶氧電極一支，可測定溶氧濃度，將信號傳至供氧盤控制器。正常情況下，溶氧不足則起動供氧氣錐，提升養殖槽水中溶氧量，以供養殖生物正常成長所需之氧氣；特殊低溶氧狀況下，則由槽底散氣盤中緊急供應液態純氧到養殖槽，以控制槽內溶氧量不低於 3.5 ppm。系統水溫設定在 19.5°C ，以節約用電量，降低生產成本，水溫低於設定溫度會自動啟動加溫系統，以防止海鱺幼苗遭凍斃之疑慮。

二、試驗方法

(一) 第一階段：進苗前處理及預備試驗

本試驗海鱺苗為南台灣繁殖業者自行繁殖

之魚苗，2002 年 1 月 7 日，由台灣利用活魚輸送車搭台華輪運送至澎湖，其平均體長為 11.41 ± 1.19 cm，平均體重 4.1 ± 1.6 g。

將魚苗分成 6 桶移入室內高密度循環水養殖系統，每桶約 2,000 尾，密度為 571 尾/噸水。幼苗經鏡檢發現，其鰓部染有車輪虫，每一視野計數寄生蟲數在 10~20 個，於是分別在進苗的第 5 日及第 8 日，使用 100 ppm 福馬林藥浴 2 小時後驅除，經 15 日預備試驗穩定培育後，在海鱸室內高密度循環水養殖系統中，施行不同蓄養密度越冬試驗。

(二) 第二階段：小型苗在海鱸室內高密度循環水養殖系統中，做不同蓄養密度越冬試驗

2002 年 1 月 21 日，將預備試驗結束後之魚苗，以 365、480 及 594 尾/噸水等三種不同密度分養，各為三處理 2 重複，每日 7:00、11:30 及 15:30 各投餌一次，餌料為市售鰻魚浮料，其成分為粗蛋白 43%，粗脂肪 3%，粗纖維 3%，灰分 16%，水分 11%，並隨著成長更換不同大小粒徑的飼料。

(三) 第三階段：中型苗在海鱸室內高密度循環水養殖系統中做不同蓄養密度越冬試驗

2002 年 3 月 11 日，第二階段試驗結束後，將海鱸分養，密度各為 143、214 及 286 尾/噸水，三處理 2 重複，投餌方式與前同。

(四) 魚體測量及水質監測

試驗期間每 15 天抽樣測量各桶海鱸型質，每日測量水溫、DO、pH，上、下午兩次，每週 2 次採水，測量氨氮及亞硝酸氮含量，並探討水溫、水質對海鱸越冬成長之影響。

結果與討論

一、前處理及預備試驗

本次進苗 12,848 尾，運輸途中死亡 215 尾，活存率為 98.32%，經 3 天蓄養共死亡 510 尾，海鱸苗運輸 3 天後之活存率為 94.36%。此與古等⁽⁴⁾指出，5 月時從台灣以水車載運海鱸苗到澎湖箱網中放養，由於密度太高，會在進苗後連續 4~5 天內死亡，死亡率高達 10%之結果相似。由於本次密度較低且在冬天，損失較輕微。進苗後第 5 日及第 8 日，2 次使用 100 ppm 福馬林藥浴 2 小時；經鏡檢後，可完全除去由魚塢帶入的車輪虫等寄生虫。

海鱸室內高密度循環水養殖系統之不同密度越冬試驗，第一階段預備試驗，經 15 日飼養其結果如 Table 1 及 Fig. 4 所示。預備試驗結束後平均體重達 18 ± 1 g，為實驗前體重的 4.3 倍，成長率為 0.91 g/d。活存率為 92.24%，死亡原因為運輸過程中受緊迫及跳出養殖槽外而死亡，此階段系統平均每噸水可生產 9.55 kg。水質監測方面：水溫 $21.3 \pm 1.1^\circ\text{C}$ (19.5~23.5)；pH 8.2 ± 0.2 (7.6~8.4)；DO 6.5 ± 1.2 ppm (5.1~8.9)；氨-氮 185 ± 5 ppb (176~192) 及亞硝酸氮 242 ± 21 ppb (215~265) 之間；水質狀況良好，符合海鱸成長所需水質條件。

二、第二階段：小型苗不同蓄養密度越冬試驗

2002 年 1 月 21 日將預備試驗結束後體重 18 ± 1 g 之海鱸分養成三種不同密度試驗，其密度各為 365、480 及 594 尾/噸水；經 45 天海鱸室內高密度循環水養殖系統之越冬養殖試驗後，其結果如 Table 2 及 Fig. 4 所示。總體而言，有密度愈高成長愈差之趨勢，單位生產量有隨密度增加而增加趨勢。實驗結束時三組平均體重，依序各為 49 ± 2 、 47 ± 2 及 46 ± 3 g；在成長率方面三組

Table 1. Results of pre-experiment (culture period=15 days). N = 6

Initial stocking density	
Fish / m ³	571
Average initial body weight (g)	4±2
Average final body weight (g)	18±1
Growth rate (g / d)	0.91
Survival rate (%)	92.24
Productivity (kg / m ³)	9.55
Water temperature (°C)	21.3±1.1 (19.5-23.5)
pH	8.2±0.2 (7.6-8.4)
DO (ppm)	6.5±1.2 (5.1-8.9)
Ammonia-N (ppb)	185±5 (176-192)
Nitrite-N (ppb)	242±21 (215-265)

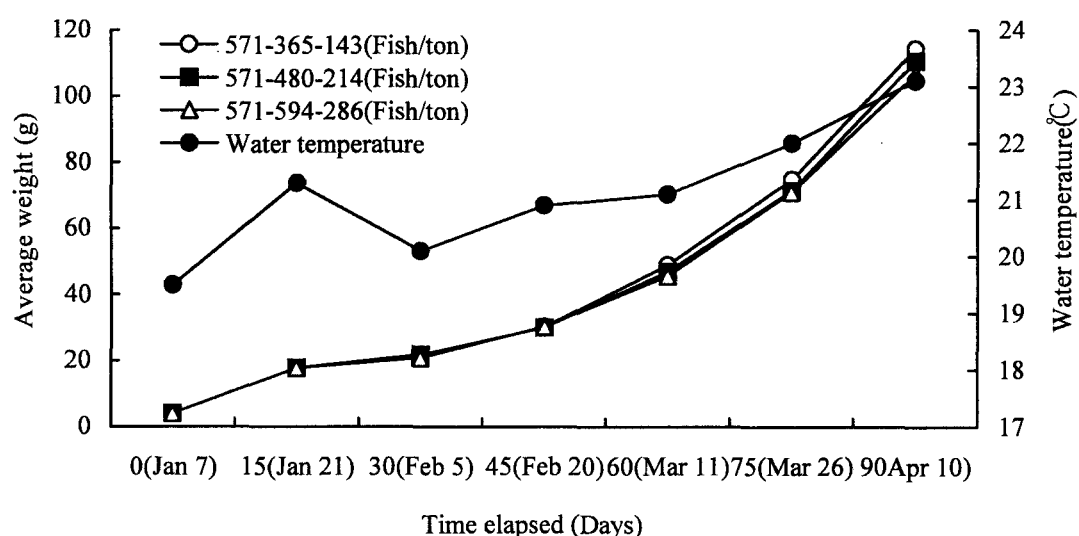


Fig. 4. Average weight and water temperature change in indoor recirculating system of cobia reared under various stocking density for over-wintering experiment.

依序各為 0.69 ± 0.05 、 0.65 ± 0.01 及 0.62 ± 0.07 g/d。活存率三組皆在 98% 以上，顯示此階段養殖過程非常穩定。由於夜間魚苗易驚嚇而跳出養殖槽外而死亡，於是將養殖槽上方加裝防跳網後（如 Fig. 3），已無發生魚苗跳出之情形。防跳網的設計為活動式，可隨操作需要而拆除，其主要功用如下：一方面可增加養殖槽的蓄養空間相對也提升放養密度，另一方面則方便觀察、投餌及分養操作，亦防止幼魚跳出養殖槽外，也相對提高活存率。第二階段的單位水體生產量三組依

序各為 17.62、22.19 及 26.78 kg/m³。此階段雖蓄養不同密度但對彼此間成長及活存率經統計上沒有差異，可將蓄養密度提高，增加單位面積的生產量，降低生產成本。水質監測方面：水溫平均 $20.7 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$ (18.0~22.6)；pH 為 7.7 ± 0.2 (7.4~8.2)；DO 為 6.5 ± 0.9 ppm (4.2~9.1)；氨氮為 216 ± 31 ppb (179~264) 及亞硝酸為 290 ± 61 ppb (192~354)。養殖經營策略為增加其蓄養密度以求得最大單位水體生產量，降低生產成本。

三、第三階段：中型苗不同蓄養密度試驗

2002年3月11日，由於DO不斷降低，加上微粒子過濾機逆洗次數過於頻繁，不得不降低蓄養密度，分養成三種不同蓄養密度依序各為143、214及286尾/噸水，做為第三階段中型苗在循環水系統不同蓄養密度試驗。經30日蓄養後，由於此階段氣溫漸升，水溫也逐漸上升，成長也隨之加快，試驗結果如Table 3及Fig. 4

所示。實驗結束時，平均體重三組各為 114 ± 2 、 111 ± 5 及 107 ± 2 g；而成長率方面三組依序各為 2.18 ± 0.18 、 2.13 ± 0.17 及 2.04 ± 0.03 。活存率方面三組皆為100%，顯示海鱸平均體重超過45g以上對外界環境抵抗力強。而單位水體生產量三組依序各為16.33、23.70及30.46 kg/m³。此階段雖蓄養不同密度，但成長率及活存率在統計上沒有顯著差異，養殖經營策略可將蓄養密度提

Table 2. Results of the 2nd stage indoor recirculating system of cobia reared under various stocking density for over-wintering (culture period = 45 days)

	Initial stocking density (Fish / m ³)		
	365	480	594
Average initial body weight (g)	18±1	18±1	18±1
Average final body weight (g)	49±2	47±2	46±3
Growth rate (g/d)	0.69±0.05	0.65±0.01	0.62±0.07
Survival rate (%)	98.59±0.64	98.69±0.25	98.94±0.15
Productivity (kg/m ³)	17.62	22.19	26.78
Water temperature (°C)	20.7±1.2 (18.0~22.6)		
pH	7.7±0.2 (7.4~8.2)		
DO (ppm)	6.5±0.9 (4.2~9.1)		
Ammonia-N (ppb)	216±31 (179~264)		
Nitrite-N (ppb)	290±61 (192~354)		

Table 3. Results of the 3rd stage indoor recirculating system of cobia reared under various stocking density for over-wintering (culture period = 30 days)

	Initial stocking density (Fish / m ³)		
	143	214	286
Average initial body weight (g)	49±2	47±2	46±3
Average final body weight (g)	114±2	111±5	107±2
Growth rate (g/d)	2.18±0.18	2.13±0.17	2.04±0.03
Survival rate (%)	100	100	100
Productivity (kg/m ³)	16.33	23.70	30.46
Water temperature (°C)	22.5±1.2 (20.2~25.3)		
pH	7.7±0.2 (7.4~8.2)		
DO (ppm)	6.0±1.1 (3.6~7.9)		
Ammonia-N (ppb)	400±241 (129~789)		
Nitrite-N (ppb)	144±42 (98~268)		

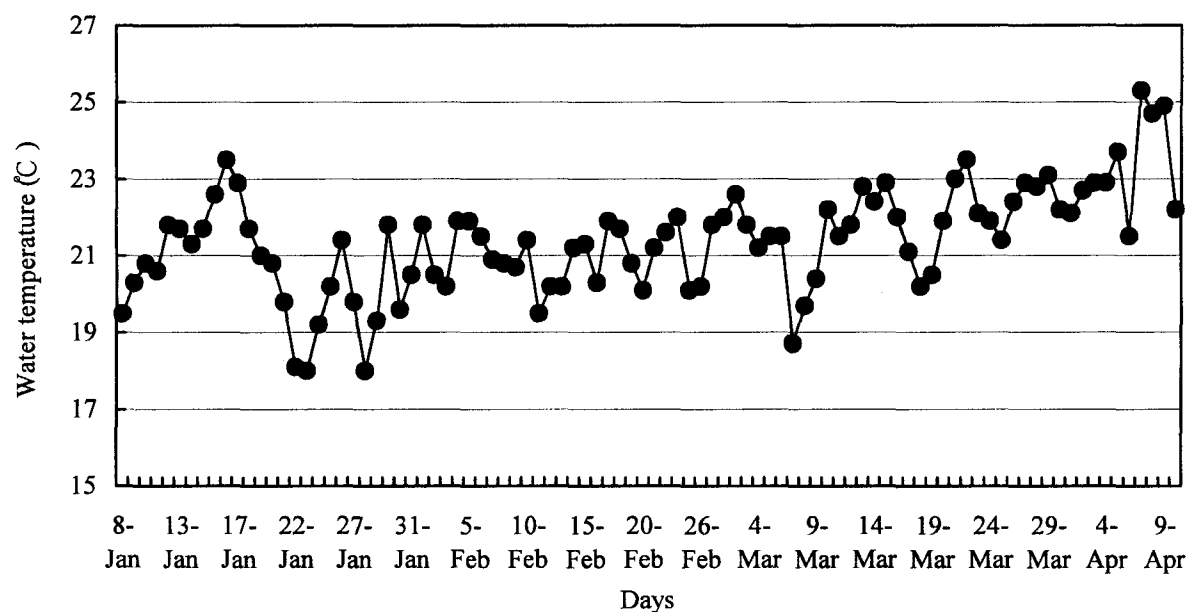


Fig. 5. Daily change of water temperature in recirculating system.

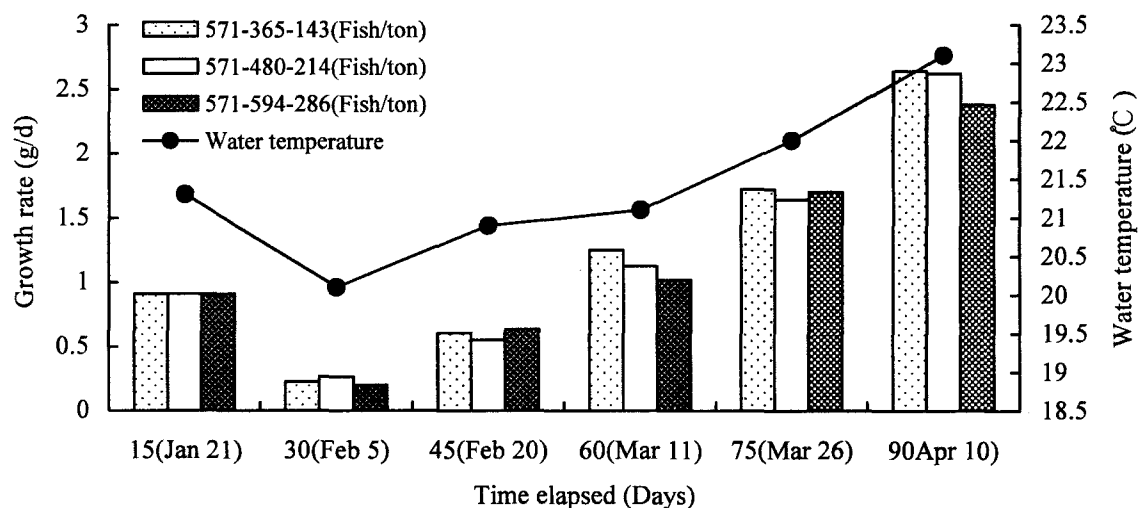


Fig. 6. Variation of growth rate and water temperature change in indoor recirculating system of cobia reared at various stocking density.

高，增加單位面積生產量，降低生產成本。水質監測方面，水溫 22.5 ± 1.2 ($20.2 \sim 25.3^\circ\text{C}$)；pH 值為 7.7 ± 0.2 ($7.4 \sim 8.2$)；DO 為 6.0 ± 1.1 ($3.6 \sim 7.9$)；而氨氮為 400 ± 241 ppb ($129 \sim 789$) 及亞硝酸氮為 144 ± 42 ppb ($98 \sim 268$)。

四、越冬試驗之水溫與成長關係

海鱸室內高密度循環水養殖系統越冬試

驗，系統水溫日變化如 Fig. 5 所示；此次試驗期間共有三波寒流來襲，系統水溫曾有 4 天降至 19.0°C 以下，分別為 1 月 22 日 18.1°C 、1 月 23 日 18°C 、1 月 28 日 18°C 及 3 月 7 日 18.7°C ，試驗期間最高溫出現在 4 月 7 日 25.3°C 。

海鱸在室內高密度循環水養殖系統越冬之成長曲線與水溫呈正相關，水溫愈高，生長愈快，由 Fig. 4 可知。1 月 21 日至 2 月 20 日間，

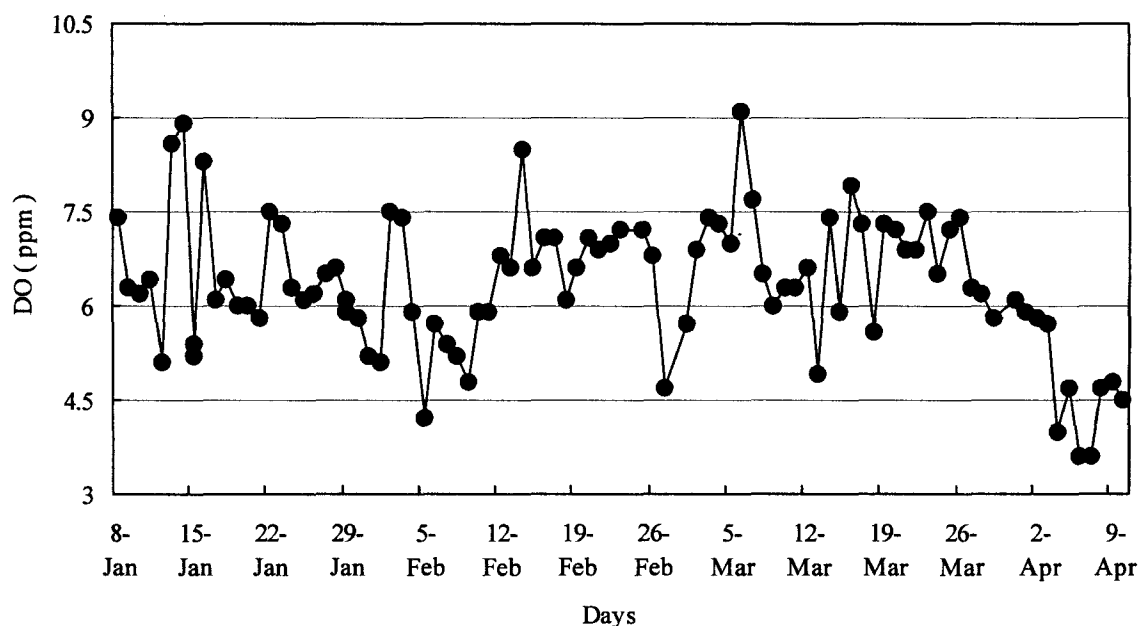


Fig. 7. Daily change of DO in recirculating system for cobia rearing.

由於兩波寒流來襲，平均水溫低於 21°C ，故成長不佳；尤以 1 月 20 日至 2 月 5 日，平均水溫為 20.1°C ，成長幾乎停滯，直至 2 月 20 日後平均水溫上升至 21°C 時，才緩慢成長。3 月 11 日後，平均水溫回升至 22°C ，此期間成長迅速。至試驗末期，3 月 26 日以後，平均水溫達 23°C 以上，成長最為迅速。

海鱺室內高密度循環水養殖系統越冬試驗之成長率及成長曲線亦有相同的結果；如 Fig. 6 所示，於 1 月 21 日至 2 月 5 日，此時平均水溫為 20.1°C ，三組成長率依序各為 0.23、0.27 及 0.20 g/d ；3 月 26 日至 4 月 10 日期間，平均水溫 23.1°C ，三組成長率依序各為 2.64、2.62 及 2.38 g/d ，此是低水溫期成長率的 10 倍以上。由此可知水溫對海鱺的成長影響至鉅，要維持正常成長，水溫應在 22°C 以上，最好能在 23°C 以上，成長最為快速。海鱺抵抗低溫能力差，為典型的熱帶性魚種⁽⁶⁾，翁（2000）指出海鱺冬季成長較慢，在澎湖甚至有將近 3 個月的成長停滯期。水溫 20°C 以下時，攝食量明顯降低， $16\sim 18^{\circ}\text{C}$ 時，活動力減退，成長幾乎停滯。水溫若降至 16°C

時因未攝食，身體變黑，開始死亡⁽³⁾，與本試驗的結果相符。因本試驗在循環水系統中加熱，水溫皆在 18°C 以上，在試驗中無發生凍死之問題。三組間成長率在統計上沒有差異，不受蓄養密度因子而影響，但在後期有隨密度升高而降低之趨勢。

五、越冬試驗之溶氧監測

溶氧方面如 Fig. 7 所示，海鱺室內高密度循環水養殖系統越冬之 DO 介於 $3.6\sim 9.1$ 之間，大部份維持在 $5\sim 7\text{ ppm}$ ，很適合海鱺生長所需氧氣。徐（1997）亦指出不間斷的供應適量氧氣給魚及生物濾床中的硝化菌為維持循環系統所必需，為維持魚類最佳成長，在溫水養殖系統中合適的溶氧濃度至少在 5 ppm 以上⁽⁷⁾。本試驗到後期，由於水溫逐漸上升，海鱺攝餌量多，排泄物多，成長迅速，耗氧量相對高，溶氧常低於 3.5 ppm ，經常啟動液態氧緊急供氧，此時已達系統最大負載量。為了養殖生物之安全及節約液態氧成本，不得不中止海鱺不同蓄養密度試驗。此時魚體平均體重已超過 100 g ，對外界環境及疾病

抵抗力強，非常適合移出至海上箱網養殖；於是將海鱸移至外海箱網養殖。同時將小部份越冬苗蓄養在 2.5 噸 FRP 桶，採流水式養殖，至 2002 年 12 月中旬已達 4~6 kg 上市體型。傳統海鱸在海上箱網養殖，由苗養至上市體型 6~8 kg 約需 18 個月，相對可節省 6 個月在海上箱網養殖期的風險，降低生產成本，提高產業競爭力。

結論與建議

本系統經過六次分段式養殖試驗，都能成功地安全生產中大型海鱸苗；生產體重 120~320 g 的中大型海鱸苗，累計 80,000 餘尾，活存率均達 90% 以上。海鱸在陸上分段養殖技術已無問題，活存率高達 90% 以上，海鱸室內高密度循環水養殖系統已開發成功並建立越冬技術。海鱸分段養殖所培育之中大型苗，在箱網活存率，由原來不經分段養殖的幼苗，而直接放養於海上箱網的 10% 以下，提高為 50~60%，生產成本亦降低一半。問題在放養於海上箱網，體重 1 kg 以下的海鱸，易感染巴斯德桿菌及白肌蟲（貝尼登吸蟲）。貝尼登吸蟲可用淡水浴去除，而巴斯德桿菌急需研發疫苗。挪威箱網養殖鮭魚，養成率能達 95% 以上，首應歸功於中間育成的成功。鮭魚苗先在陸上中間育成，養至每尾在 100~200 g 時，經過篩選及打預防針後，才移至海中箱網養殖，其養成率幾至全成⁽⁸⁾。建議應與相關學術研究單位共同合作，研發海鱸疫苗；利用本系統已開發之優良特性，做為疫苗操作處理平台，達到海鱸篩選及免疫之目的，並使海鱸在海上箱網養殖之活存率，進一步提高為 80~90%，才能與鮭魚競爭，開創台灣養殖的另一春。

謝辭

本研究之經費係由行政院農業委員會（91 農科-1.1.5-A2）海鱸分段式養殖相關技術之研發

—澎湖地區（II）產學合作計畫項下支助。試驗期間承蒙蘇所長偉成博士、蘇副所長茂森博士及廖前所長一久院士惠賜寶貴意見。本中心同仁及福成海洋科技公司薛政敏董事長、林建成主任及林麗華女士鼎力協助，謹此特申謝忱。

參考文獻

1. Su, M. S., Y. H. Chien and I. C. Liao (2000) Potential of marine cage aquaculture in Taiwan: cobia culture. *In* Cage Aquaculture in Asia: Proceedings of the First International Symposium on Cage Aquaculture in Asia (I. C. Liao and C. K. Lin eds.). Asian Fisheries Society, Manila, and World Aquaculture Society – Southeast Asia Chapter, Bangkok, 97-106.
2. Liao, D. S. (2000) Socioeconomic aspects of cage aquaculture in Taiwan. *In* Cage Aquaculture in Asia: Proceedings of the First International Symposium on Cage Aquaculture in Asia (I. C. Liao and C. K. Lin eds.). Asian Fisheries Society, Manila, and World Aquaculture Society – Southeast Asia Chapter, Bangkok, 207-215.
3. 翁平勝, 曾建璋, 于錫亮 (2000) 臺灣海鱸箱網養殖問題之探討. 海鱸箱網養殖發展研討會, 1-39.
4. 古鎮鈞, 陸知慧, 許慶興, 陳秀男 (2000) 海鱸在澎湖海水箱網養殖現況與疾病調查. FA COA Aquaculture Series No. 1, Reports of Fish Disease Research (XX), 35-45.
5. Ackefors, H., J. V. Huner, and M. Komikoff (1994) Introduction to the General Principles of Aquaculture. Food Products Press, New York.
6. 翁平勝 (2000) 臺灣海鱸箱網養殖現況與問題. 中國水產, 573: 3-20.
7. 徐崇仁 (1997) 自動化超集約循環水養鰻專輯. 台灣省水產試驗所, 養殖漁業生產自動化技術服務團.
8. 余光雄 (2001) 台灣海鱸養殖的現況及未來發展. 水產種苗, 37: 5-8.

Study on Cobia, *Rachycentron canadum*, Over-wintering Using the Indoor High-density Recirculating System

Ting-Shih Huang*, Kim-Jung Lin, Chi-Chin Chen and Wann-Sheng Tsai
Penghu Marine Biology Research Center, Taiwan Fisheries Research Institute

Abstract

This study was carried out in three stages under various stocking density of cobia, *Rachycentron canadum*, in a recirculating system for over-wintering. In the first stage, 12,000 fish averaged 4.1 g were evenly stocked in 6 FRP tanks. Stocking density was 571 fish/m³. After 15 days, rearing average body weight of cobia was 18±1 g and survival rate was 92.24%. In the second stage, the stocking densities were 365, 480 and 594 fish/m³ and the trial was conducted with duplicates for each density. A diet of and commercial formulated eel floating pellets fed three times daily. After 45 days, rearing average body weights were 49±2, 47±2 and 46±3 g, growth rates were 0.69±0.05, 0.65±0.01 and 0.62±0.07 g/d, survival rates were 98.59±0.64, 98.69±0.25 and 98.94±0.15%, and productivities were 17.62, 22.19 and 26.78 kg/m³ respectively. In the third stage the stocking densities were 143, 214 and 286 fish/m³. After 30 days, rearing average body weights were 114±2, 111±5 and 107±2 g, growth rates were 2.18±0.18, 2.13±0.17 and 2.04±0.03 g/d, survival rates were all 100%, and productivities were 16.33, 23.70 and 30.46 kg/m³, respectively. The results showed that higher stocking density increased the productivity, but reduced the growth rate. Also, the higher the water temperature was, the higher the growth rate would be. When water temperature was 20°C, cobia grew very slow. When water temperature was raised to 23°C, the fish grew fast.

Key word: Cobia, High-density recirculating system, Over-wintering, Stocking density, Growth rate.

*Correspondence: Penghu Marine Biology Research Center, Taiwan Fisheries Research Institute, 57 Chi-Tou, Paisha 884, Penghu, Taiwan. E-mail: tfriphps@ms47.hinet.net.