

探討以黃雀鯛飼育循環水用於養殖海木耳之效果

賴哲翊、張銀戀、蘇昱彰、邱允志、陳士元、李彥宏、陳紫媖、蘇惠美

水產試驗所東港生技研究中心

前言

海木耳 (*Sarcodia suieae*) 屬於紅藻類，藻體呈現暗紅色或黃綠色，係小琉球當地頗受喜愛的美食之一 (圖 1)，為一種低熱量高膳食纖維食材，且含有鈣、鐵、鎂、鋅、硒等多種礦物質以及人體所必需的胺基酸及脂肪酸，屬於高單價之高經濟藻類，市價 1 台斤約 150 元左右。野外採集海木耳費時費工，通常採集 5 kg 僅能由其中挑選出約 1 kg 可食用之藻體量。因此，以人工方式養殖海木耳以供應及推廣至市場，具有其前瞻性。本中心於 2009 年即開始利用陸上水槽養殖方式，生產石蓴、海葡萄及海木耳等多種海藻。陸上水槽式之優點在於可人為掌控養殖環境，且有增殖率高、產量穩定、採收方便及品質優良等優點，相當適合用於大量生產海木耳。

摩鹿加雀鯛 (*Pomacentrus moluccensis*；以下簡稱為黃雀鯛) 屬於雀鯛科雀鯛屬，外型類似鯛魚，但體型不大 (圖 2)，成年魚體長僅約 9 cm 左右。黃雀鯛係一種海洋暖水性魚類，主要分布於西太平洋，大多棲息於礁池與珊瑚礁區，屬雜食性，以藻類及動物性

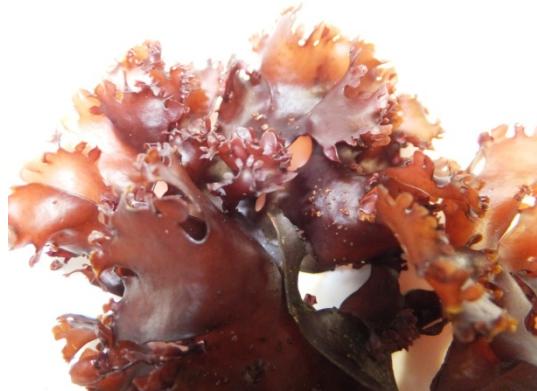


圖 1 海木耳之藻體



圖 2 黃雀鯛是常見的觀賞魚類

浮游生物為攝食，人工養殖環境下亦可投餵人工飼料，飼養相當容易。黃雀鯛外觀可愛

討喜，是頗受喜愛的水族觀賞魚類。黃雀鯛之生殖模式為雌魚將具黏性之卵粒產於堅固之物體表面，使卵黏附於其上，雄魚則負責照顧卵粒，並搗動海水製造水流以提高卵粒附近之海水交換頻率，促進溶氧交換。黃雀鯛目前於本所東部海洋生物研究中心業已繁殖成功，已具備量產之技術。

魚類養殖過程中，投餵飼料或魚類代謝均會將營養鹽釋入水體中，使水中營養鹽濃度上升。將魚類養殖水用於水槽式海木耳養殖，可取其水中營養鹽作為海木耳生長所需，同時亦達到淨化水質之目的。惟最適作為與海木耳整合養殖之魚種及水槽的配比，尚待進一步篩選評估。本試驗以黃雀鯛養殖循環水用於養殖海木耳，比較不同處理對海木耳增殖及循環水水質變化的影響，俾利評估海木耳及黃雀鯛魚藻整合養殖之成效。

材料與方法

一、材料

(一) 循環水系統

本試驗以循環水系統進行海木耳及黃雀鯛之整合養殖，一組循環水系統包含 1 個過濾水槽、2 個海木耳水槽、12 個黃雀鯛水槽（圖 3）。過濾水槽係一水量為 1.8 公噸之長方形水槽，中央置放白棉、珊瑚砂及毛刷等濾材，並於水槽最末端裝設循環水驅動馬達，將過濾水槽內海水分別送至海木耳水槽及黃雀鯛水槽，該馬達馬力達 1 hp，足以使海木耳及黃雀鯛水槽海水達到充分交換之效果。海木耳水槽係一水量為 370 L 之長方型水槽，共有 2 桶，入出水以並聯方式設置，其

循環水入水係來自於過濾水槽末端，經過海木耳水槽後，利用高低落差再回流至過濾水槽前端，形成一個循環。黃雀鯛水槽係一水量為 340 L 之長方型水槽，同樣以 12 桶並聯之方式設置，其循環水之入水亦來自於過濾水槽末端，經過黃雀鯛水槽後再回流至過濾水槽前端，形成另一個循環。

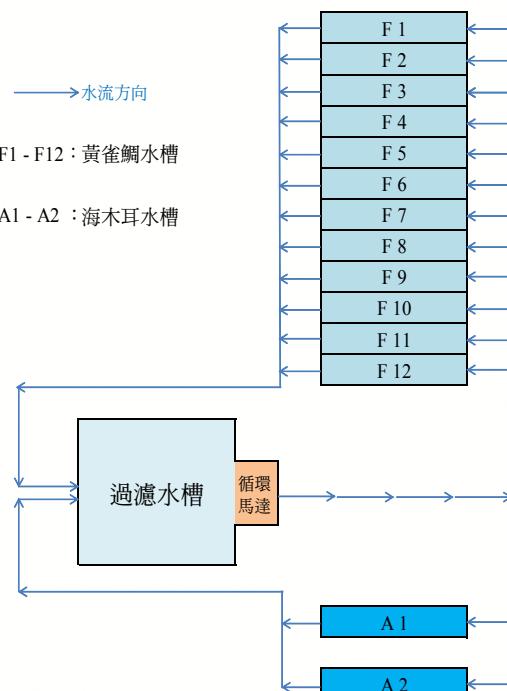


圖 3 本試驗所使用之循環水系統示意圖

(二) 海木耳

來自本中心養殖之健康藻體，經過人工清潔其表面後，移入海木耳水槽進行養殖，初始養殖密度為 1.8 kg/m^2 。

(三) 黃雀鯛

為本所東部海洋生物研究中心所繁殖，每個水槽中放養 175 尾，平均初始體長為 1.9 cm、體重為 0.31 g。

二、方法

本試驗共分為 3 組，第 1 組僅於海木耳水槽養殖海木耳（以下稱「單藻組」），初始每桶水槽分別置入 1.5 kg 之海木耳，2 桶總重合計共 3 kg。黃雀鯛水槽不放養任何生物，但仍維持其循環水流，予以空轉循環並打氣。本組試驗每週為一個期程，連續進行 4 週。每個期程之間以新鮮海水置換 10% 的原循環水，同時將增加之海木耳予以收穫讓養殖密度維持在 1.8 kg/m^2 ，以每個期程始末之海木耳總濕重計算，求得每個期程海木耳之增重率（以下簡稱為週增重率）。為瞭解水質變化及海木耳增長之相關性，第一個養殖期程開始及每個期程換水前後，均取循環水系統之水樣，檢測其總氮（含 NO_3^- , NO_2^- 及 NH_4^+ ）及總磷之含量，計算後求得每個養殖期程水中總氮及磷之變化量。

第 2 組試驗僅於黃雀鯛水槽養殖黃雀鯛（以下稱「單魚組」），每個水槽各放養 175 尾，共計 2,100 尾。海木耳水槽則不放養任何生物，但維持其循環。黃雀鯛之餵食以 1 日兩餐，使其完全飽食且不再索餌為原則，記錄投餵量。養殖期程亦為 1 週，連續進行 4 週，試驗方法與檢測方式同第 1 組。

第 3 組於海木耳水槽及黃雀鯛水槽均有養殖（以下稱「藻魚組」），綜合以上兩組之養殖方式，同樣進行 4 個養殖期程，換水方式、海木耳養殖密度及收穫、餵魚方法、水樣分析與數據處理等，均與前兩組相同。

三、統計分析

「單藻組」及「藻魚組」之海木耳週增重率、三組之總氮及總磷含量之週變化比較，以單因子變異數分析法 (ANOVA) 加以

分析，並以最小顯著差異法 (LSD) 比較總氮量之週變化。「單魚組」及「藻魚組」兩組之間，黃雀鯛的投餵量與水中總氮及總磷含量之週變化關係，以簡單迴歸分析及決定係數表示之。

結果

一、海木耳週增重率之比較

「單藻組」及「藻魚組」之海木耳養殖 4 週後，其各週增重率如圖 4 所示，4 週之平均值為 $27.66 \pm 7.94\%$ 及 $42.61 \pm 5.80\%$ ，經單因子變異數分析，兩組間海木耳週增重率平均值有顯著差異（顯著水準 0.05）。

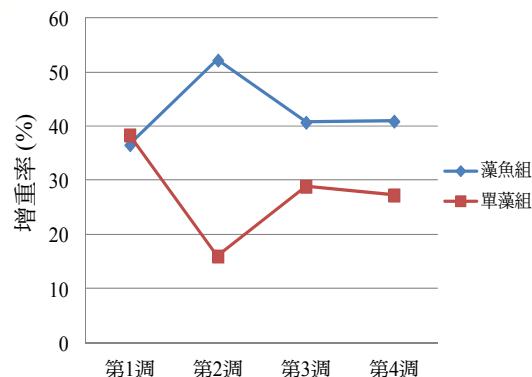


圖 4 「單藻組」及「藻魚組」海木耳之週增重率

二、水中總氮變化量之比較

三組經四個期程養殖後，循環水中總氮變化量如表 1，其 4 週之平均值分別為「單藻組」： $0.29 \pm 0.18 \text{ ppm}$ 、「單魚組」： $1.53 \pm 0.30 \text{ ppm}$ 、「藻魚組」： $0.56 \pm 0.31 \text{ ppm}$ ，經單因子變異數分析及最小顯著差異法分析後，三組試驗水中總氮變化量相互之間，具有非常顯著之差異（顯著水準 0.01）(表 2)。

表 1 各組每週飼料投餵量及總氮、磷變化量

期 程(週)	單 藻 組				單 魚 組				藻 魚 組			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
投餵總量(g)	-	-	-	-	120.5	175.5	128.2	127.3	126.7	159.5	179.1	206.5
總氮變化量(ppm)	-0.488	-0.159	-0.439	-0.070	1.099	1.904	1.690	1.414	0.335	1.050	0.244	0.614
總磷變化量(ppm)	0.022	-0.300	-0.551	-0.002	0.054	0.105	0.012	0.021	-0.110	0.006	0.01	0.008

表 2 水中總氮週變化量最小顯著差異 (LSD) 分析表

單位: ppm

組 別	平 均 值	單 藻 組	藻 魚 組	單 魚 組
單 藻 組	-0.29	—	—	—
藻 魚 組	0.56	0.85**	—	—
單 魚 組	1.53	1.82**	0.97**	—

 $LSD_{0.01} = 0.72$

** 非常顯著差異

三、水中總磷變化量之比較

三組之循環水中總磷變化量如表 1，其 4 週之平均值分別為「單藻組」： 0.21 ± 0.24 ppm、「單魚組」： 0.05 ± 0.04 ppm、「藻魚組」： 0.02 ± 0.05 ppm，經單因子變異數分析，三組之間並無顯著差異（顯著水準 0.05）。

四、投餵量對水中總氮、磷變化量關係

「單魚組」及「藻魚組」經 4 個養殖期程後，將每個期程（週）投餵總量及總氮、磷變化量進行簡單迴歸分析並得到決定係數 (R^2)。兩組試驗之每週投餵總量對總氮變化量以「單魚組」呈現較正相關性 ($R^2 = 0.6433$)，「藻魚組」則呈現不相關性 ($R^2 = 0.0103$) (圖 5)。而每週投餵總量對總磷變化量則「單魚組」及「藻魚組」均呈現正相關性，決定係數分別為「單魚組」 $R^2 = 0.7004$

及「藻魚組」 $R^2 = 0.6809$ (圖 6)。

結語

本試驗利用黃雀鯛循環養殖水所產生之營養鹽用於海木耳養殖，並比較「藻魚組」及「單藻組」之海木耳週增重率，顯示兩者具有顯著差異，以「藻魚組」之增重率為較佳，並以三試驗組之間營養鹽變化量的比較作為補強佐證。該三試驗組之間總氮變化量具有非常顯著差異，以「單魚組」增加最多，「藻魚組」次之，而「單藻組」則呈現下降之情況。綜合以上兩項結果可以推論，海木耳確實會吸收黃雀鯛養殖過程中所排放之氮源，並促進海木耳本身之增殖，且對水中總氮具有相當成效之移除效果。

海木耳對於循環系統水中總磷之吸收，比較三試驗組間總磷變化量之差異尚未達顯著。而比較「單魚組」及「藻魚組」兩組之間投餵黃雀鯛飼料量對總磷變化量之關係，兩組決定係數相若。相對於總氮而言，海木耳存在與否並不明顯影響投餵量對總磷變化之相關性。

謝辭

感謝本所東部海洋生物研究中心支援本試驗所需之黃雀鯛作為試驗材料，以及本中心姚俊伯先生、王淑欣小姐、黃維能先生、王炳翔先生、陳莞菁小姐盡心盡力提供各項協助，使本試驗方得以順利完成。

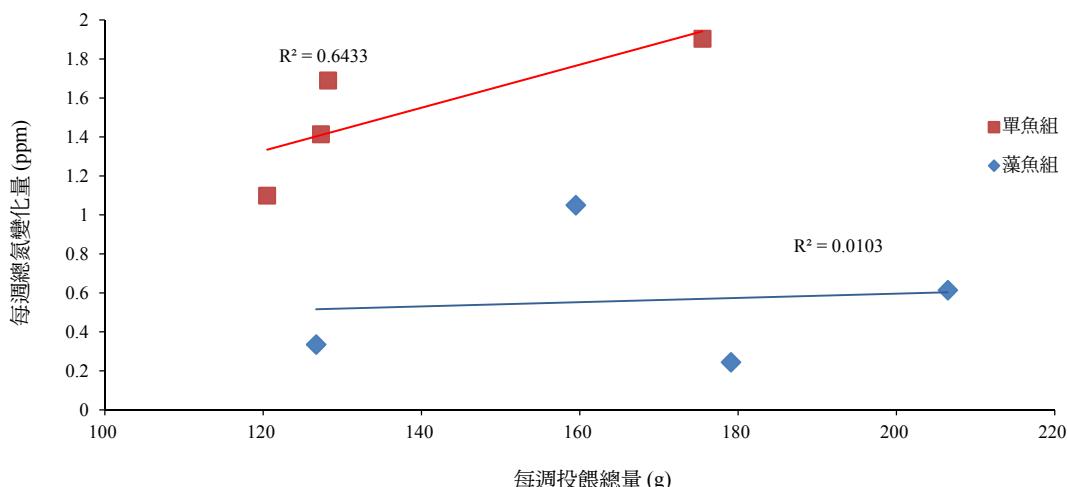


圖 5 「單魚組」及「藻魚組」每週投餵總量對總氮變化量之關係圖

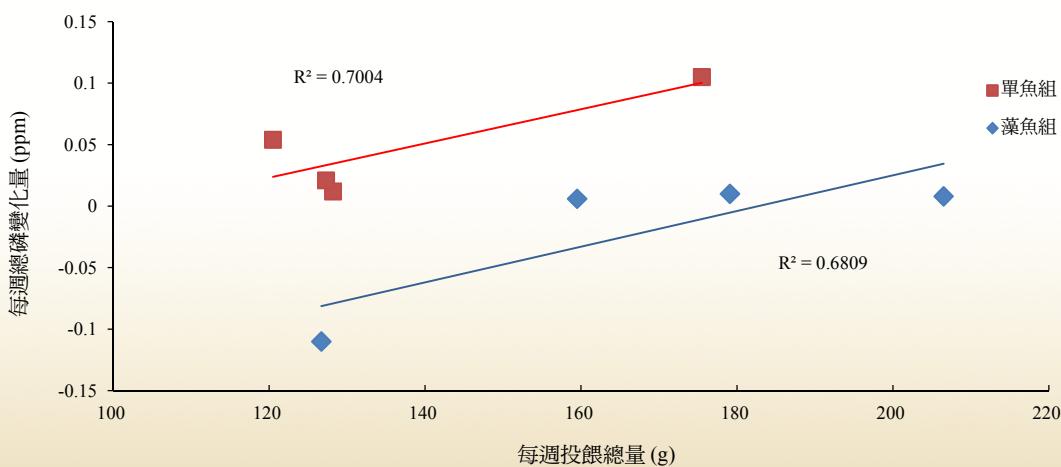


圖 6 「單魚組」及「藻魚組」每週投餵總量對總磷變化量之關係圖