

法囊藻最適生長條件及成分分析初探

李沛珊、黃君毅、陳玉萍、黃侑勛、謝易叡、陳鏗元、何源興

水產試驗所東部海洋生物研究中心

前言

法囊藻 (圖 1) (*Valonia aegagropila*) 在分類上屬綠藻植物門 (Chlorophyta)、石蓴綱 (Ulvophyceae)、管枝藻目 (Siphonocladales)、法囊藻科 (Valoniaceae) 的法囊藻屬 (*Valonia*)。法囊藻屬廣泛分布於熱帶及亞熱

帶海域，一般生長在低潮線至潮下帶 2 m 深的礁岩上。全世界記錄 10 種，臺灣有 7 種，以南部和東部海域較為常見。

法囊藻藻體呈綠色，由許多圓柱狀多核細胞緊密連接構成，單個細胞直徑約 2.5–4 mm，先端圓，每一個同型細胞之間有單細胞之附著器，而相互緊密連接成高約 2–4



Valonia aegagropila

圖 1 法囊藻的外觀型態

cm，直徑可達 10 cm 以上之枕狀團塊，基部以假根或藻絲附著於物體上，成熟細胞內具有一個大液泡，外層包覆濃厚且較硬的細胞質，含有許多細胞核與網狀葉綠體。法囊藻屬目前已被廣泛應用於跨生物膜離子交換和水勢之研究，例如探討鈉、鉀和氯離子對植物膜電位之影響 (Kazumi et al., 1975)、鉀離子代謝紊亂臨床症狀的理論分析 (赫等, 1988) 及證明植物對元素的吸收有選擇性及濃縮率 (張, 2019) 等，但有關培養、量產技術及有益成分萃取利用之文獻則闕如。本中心有鑑於此，乃針對臺灣東部海域的法囊藻進行種原收集、生長條件確立及成分分析等相關試驗，除希望能提供原料供產官學界使用外，亦可為未來量產技術研發或相關成分應用做準備。

藻種來源

試驗用之法囊藻種原採自臺東縣成功鎮比西里岸部落周邊海域。採集回來後先將藻體清洗乾淨，去除附著其上的原生生物、淤泥及其他雜質，之後置於透明塑膠桶內進行馴化，以適應培養環境，等穩定後開始進行相關試驗。

培養溫度及光照強度對法囊藻成長之影響

於室內植物生長箱中進行試驗，將 0.250 ± 0.003 g 的法囊藻置於 150 ml 的透明三角錐瓶中，每瓶裝 100 ml 的滅菌海水，無打氣，每天輕微搖晃瓶身，避免藻類附著於瓶壁，

光週期為 12 小時光照及 12 小時黑暗，每 1 週換水 1 次，4 週後秤取與記錄末重，每組 3 重複。試驗溫度分為 20 與 25°C，光照強度分為 3,000、6,000 或 10,000 lux，以增重率進行比較。其計算公式為：

增重率 (%) = $\left[\frac{\text{第 28 天法囊藻末重} - \text{第 0 天法囊藻初重}}{\text{第 0 天法囊藻初重}} \right] \times 100\%$ 。

試驗結果顯示，當水溫為 25°C (圖 2) 時，以光照強度 3,000 lux 培養 28 天組有最佳增重率 $213.4 \pm 12.9\%$ ，且明顯優於其他各組。當水溫為 20°C (圖 3) 時，亦是以光照強

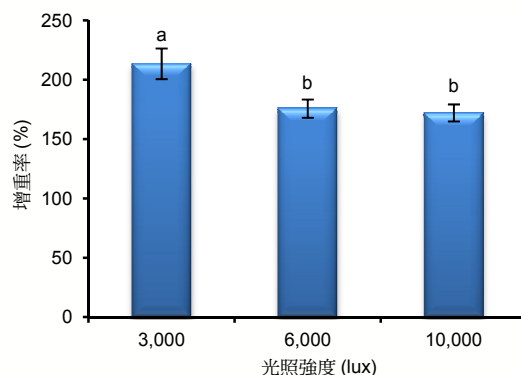


圖 2 在水溫 25°C 下，不同光照強度對法囊藻成長之影響 (不同英文字母代表在 $p \leq 0.05$ 的信賴區間下，各組的統計值達顯著差異)

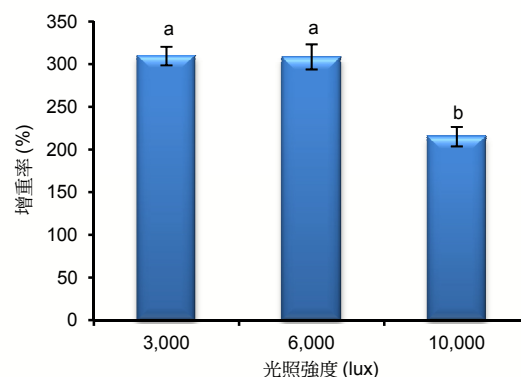


圖 3 在水溫 20°C 下，不同光照強度對法囊藻成長之影響 (不同英文字母代表在 $p \leq 0.05$ 的信賴區間下，各組的統計值達顯著差異)

度 3,000 lux 培養 28 天組之增重率 $309.4 \pm 10.9\%$ 最佳，但和光照強度 6,000 lux 組 ($308.5 \pm 14.7\%$) 並無顯著差異。

培養密度對法囊藻成長之影響

選擇前述增重率最高之 20℃ 及光照強度 3,000 lux 進行 7 種不同培養密度 (0.125、0.25、0.50、1.0、2.0、4.0 或 8.0 g/100ml) 試驗，操作模式與前項相同。由於海藻的生長特性是類似以初始重量倍數成長，而此試驗是進行不同培養密度對法囊藻成長之影響，初始密度差異大，故採用日成長率 (SGR)(%) = $[(\ln W_{\text{末重}} - \ln W_{\text{初重}}) / \text{培養日數}] \times 100\%$ 來評估比較。試驗結果如圖 4 所示，以初始培養密度為 0.25 g/100ml 組有最佳日成長率 ($2.16 \pm 0.05\%$)，但和初始密度 0.5 g/100ml ($2.12 \pm 0.02\%$) 及 1 g/100ml ($2.09 \pm 0.07\%$) 組，並無顯著差異。

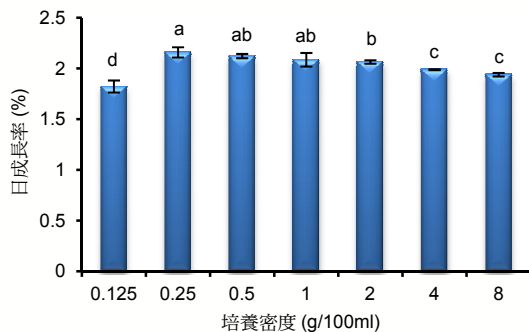


圖 4 在水溫為 20℃ 及光照強度為 3,000 lux 下，不同培養密度對法囊藻成長之影響 (不同英文字母代表在 $p \leq 0.05$ 的信賴區間下，各組的統計值達顯著差異)

培養鹽度對法囊藻成長之影響

選擇前述增重率最高之 20℃，光照強度

3,000 lux 及養殖密度為 0.25 g/100ml 條件下，進行鹽度試驗，試驗鹽度有 0、5、10、15、20、25、30、35 及 40 psu 等 9 種。東部中心種原庫的海水鹽度介於 34–35 psu，低於此鹽度者皆以二次水稀釋到所需鹽度，高於此鹽度則添加 NaCl 來達到所需鹽度。同樣以增重率進行比較。試驗結果顯示，鹽度低於 15 psu 之法囊藻皆無法活存，故僅顯示鹽度 20 psu 以上之結果，以鹽度 35 psu 的增重率較佳，達 $239.2 \pm 3.3\%$ ，且顯著優於其他組 (圖 5)。

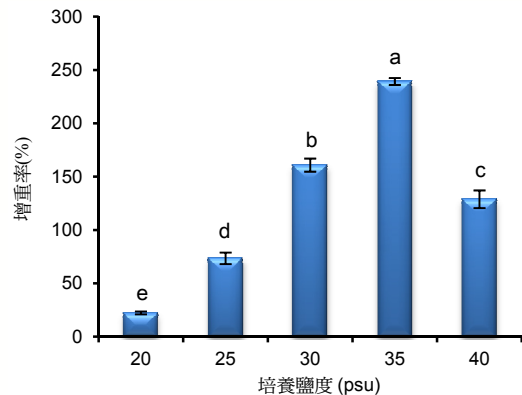


圖 5 在水溫為 20℃、光照強度為 3,000 lux 及培養密度 0.25 g/ml 下，不同培養鹽度對法囊藻成長之影響 (不同英文字母代表在 $p \leq 0.05$ 的信賴區間下，各組的統計值達顯著差異)

營養鹽配方、銨或磷酸鹽濃度對法囊藻成長之影響

本試驗使用 4 種不同營養鹽配方 (純海水、海水 + PES (provasoli enriched seawater)、海水 + MSW-III (modified seawater-III) 或海水 + 花寶 4 號)、4 種銨鹽濃度 (海水 + 0.01、0.1、1 或 10 ppm 銨鹽) 以及 4 種不同的磷酸鹽濃度 (海水 + 0.01、

0.1、1 或 10 ppm 磷酸鹽)，結果如圖 6 所示，培養到 28 天時，以海水 + 1 ppm 鉍鹽培養組之增重率 $235.6 \pm 5.3\%$ 最佳，且明顯優於其餘各組，而海水 + 花寶 4 號組則已明顯死亡。

不同濃度之鉍鹽和磷酸鹽混合對法囊藻成長之影響

本試驗延續前述結果，各選擇增重率較高的鉍鹽和磷酸鹽濃度；換句話說除了添加 1 ppm 鉍鹽外，還額外添加 0、0.01、0.1、1 及 10 ppm 磷酸鹽，以及除了添加 0.1 ppm 的磷酸鹽外，也添加了 0、0.01、0.1 及 10 ppm 鉍鹽，共有 9 種組合。試驗結果顯示，法囊藻培養 28 天後，以海水 + 1 ppm 鉍鹽 + 0.01 ppm 磷酸鹽組有最佳增重率 ($424.40 \pm 8.27\%$)，且明顯優於其他組 (圖 7)。

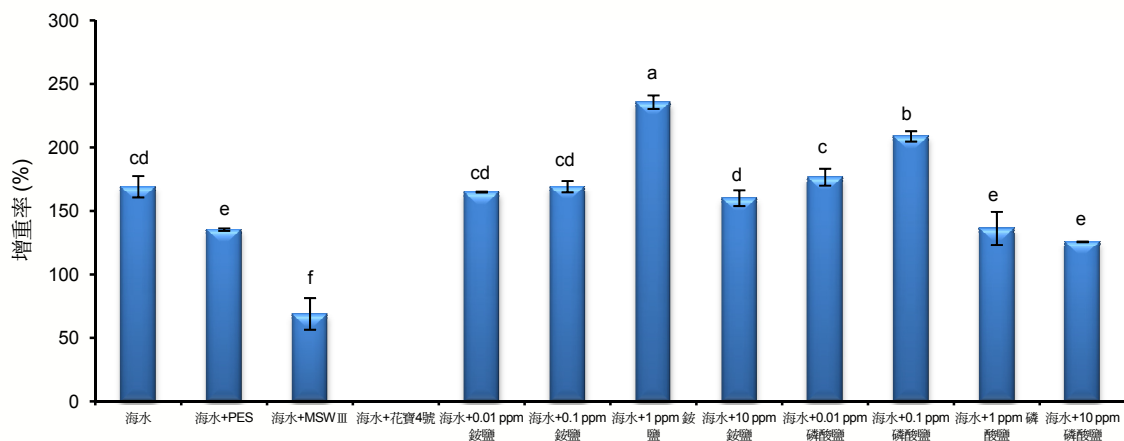


圖 6 在水溫為 20℃、光照強度為 3,000 lux、培養密度 0.25 g/ml 及鹽度為 35 psu 下，不同營養鹽配方、鉍鹽或磷酸鹽濃度對法囊藻成長之影響 (不同英文字母代表在 $p \leq 0.05$ 的信賴區間下，各組的統計值達顯著差異)

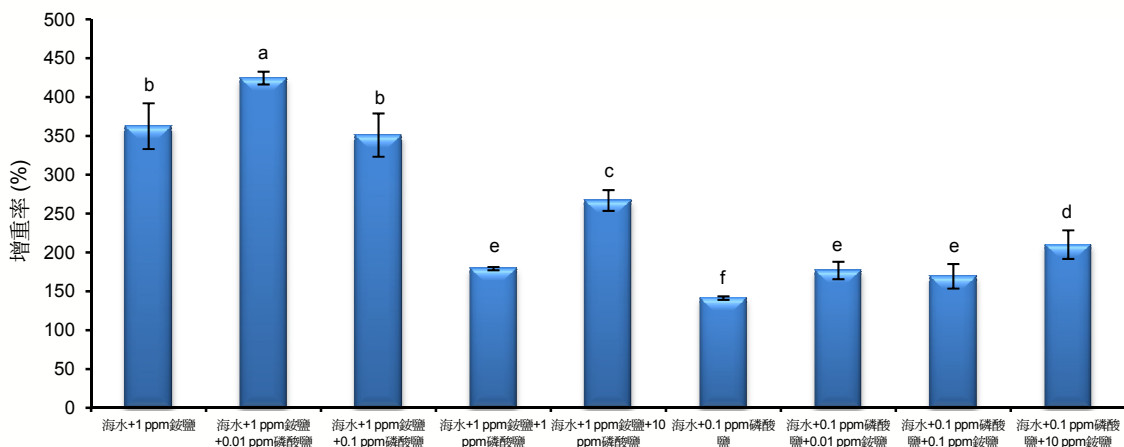


圖 7 在水溫為 20℃、光照強度為 3,000 lux、培養密度 0.25 g/ml 及鹽度為 35 psu 下，不同鉍鹽及磷酸鹽混合濃度對法囊藻成長之影響 (不同英文字母代表在 $p \leq 0.05$ 的信賴區間下，各組的統計值達顯著差異)

培養方式對法囊藻成長之影響

將3顆各0.5 g的法囊藻置於裝有600 ml滅菌海水的1 L燒杯中，以固定、漂浮、漂浮+打氣或固定+打氣等4種方式進行培養，溫度為20℃，光照強度3,000—6,000 lux，光週期為12小時光照及12小時黑暗，每週換水1次，共進行4週。試驗結果如圖8所示，以固定方式有最佳的增重率（ $279.1 \pm 2.5\%$ ），且明顯優於其他組。

法囊藻成分分析

取新鮮法囊藻送臺灣科技檢驗公司 (SGS) 進行成分分析，結果為水分93.6%、灰分3.9%、蛋白質0.7%、脂肪0.2%及碳水化合物1.6%，而反式脂肪、飽和脂肪及糖皆為未檢出。另考量此藻特性，分析了膳食纖維、鉀、鈉及4種重金屬含量（砷、鉛、鎘及汞），檢測結果為膳食纖維16.0 g/kg、鉀10.4 g/kg、鈉7.5 g/kg、砷0.2 mg/kg、鉛0.1 mg/kg、鎘及汞皆未檢出。

結語

綜合上述試驗結果發現，水溫20℃、光照強度3,000—6,000 lux、初始培養密度0.25 g/100ml、鹽度35 psu，在海水中添加1 ppm鉍鹽和0.01 ppm磷酸鹽，並採固定在蘭花網上（不打氣）的方式為法囊藻最適小量培養條件。目前市面上很少看到此藻的蹤跡，僅有發現日本療傷系商品—深海綠精靈（桌上型法囊藻）；而在臺灣海藻資訊網及AlgaeBase雖然都指出此藻可供食用，但因為其中間囊泡皆為水分，因此要大量培養當作糧食是不可行的。另外，在臺灣衛生福利部食品藥物管理署的可供食用使用原料彙整一覽表中並無明列此藻，或許也是此藻雖很早就被研究，但卻無培養及量產相關資料之原因。

法囊藻雖然直接食用的可能性低，但其具低鈉高鉀（鉀含量為香蕉的3倍）等特性，又具水族觀賞功能，未來若能繼續開發此藻的量產技術或其他機能性成分利用研究，或許可以成為海洋中另一種綠寶石。

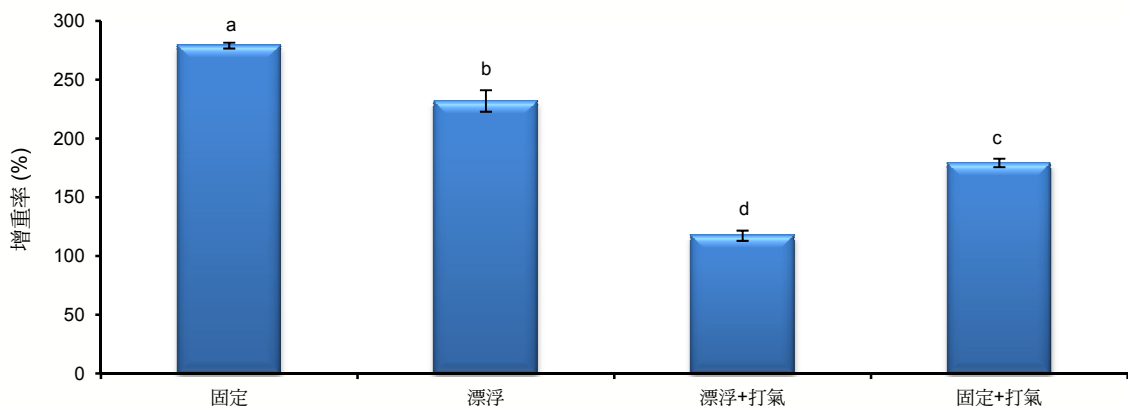


圖8 不同培養方式對法囊藻成長之影響（不同英文字母代表在 $p \leq 0.05$ 的信賴區間下，各組的統計值達顯著差異）