

臺灣產馬尾藻人工藻床育苗技術開發

研究人員：周立進、江國辰、張至維、張桂祥

執行單位：海洋生態及保育研究中心

合作研究單位：國立海洋生物博物館

國家海洋研究院自行研究報告

中華民國 一一〇年 二 月

臺灣產馬尾藻人工藻床育苗技術開發

研究人員：周立進、江國辰、張至維、張桂祥

執行單位：海洋生態及保育研究中心

合作研究單位：國立海洋生物博物館

國家海洋研究院自行研究報告

中華民國 一一〇年 二 月

目次

第一章 前言.....	- 1 -
第一節 研究緣起與背景.....	- 1 -
第二節 生物學理基礎.....	- 2 -
第三節 研究目的及研究重點.....	- 4 -
第二章 研究方法與步驟.....	- 5 -
第一節 馬尾藻生殖托之採收與觀察.....	- 5 -
一、採集野生藻體.....	- 5 -
二、藻體雌雄生殖托清洗與消毒.....	- 6 -
三、觀察馬尾藻雌雄生殖托與成熟度之辨識.....	- 8 -
第二節 馬尾藻受精卵保存試驗.....	- 9 -
一、馬尾藻受精卵保種方法.....	- 9 -
第三節 建置馬尾藻可移植之材質試驗.....	- 9 -
第四節 陸域水槽養殖馬尾藻生長試驗.....	- 11 -
第五節 馬尾藻種苗培育試驗.....	- 12 -
第六節 資料與統計分析.....	- 14 -
第七節 預期目標.....	- 15 -
一、完成馬尾藻種苗之保種方法.....	- 15 -
二、完成適合馬尾藻種苗之附著基質選擇.....	- 15 -
三、完成陸域水槽養殖馬尾藻床之育苗評估.....	- 15 -
四、完成馬尾藻床移植潮間帶與海域掛養之調查及評估.....	- 15 -
第三章 結果與討論.....	- 15 -
第一節 完成馬尾藻種苗之保種方法.....	- 15 -
一、冬青葉馬尾藻有性生殖與繁衍過程.....	- 15 -
二、馬尾藻種苗 (卵、受精卵及胚胎) 之發育過程.....	- 18 -
第二節 完成適合馬尾藻種苗之附著基質選擇.....	- 20 -
第三節 完成陸域水槽養殖馬尾藻床之育苗評估.....	- 32 -
第四節 完成馬尾藻床移植潮間帶與海域掛養之調查及評估.....	- 33 -
第四章 結論與建議.....	- 36 -
第五章 參考文獻.....	- 37 -
第六章 附件.....	- 41 -

圖次

圖 1. 冬青葉馬尾藻 <i>Sargassum ilicifolium</i> 。	- 4 -
圖 2. 採取大量新鮮藻體。	- 5 -
圖 3. 辨識馬尾藻各器官部位，並檢視雌、雄生殖托形態。	- 6 -
圖 4. 從野外採集成熟的冬青葉馬尾藻，在藻體身上發現扁跳蝦會躲藏在雌性生殖托啃食卵，體色呈黃褐色。	- 7 -
圖 5. 利用透過光學顯微鏡拍攝 (型號：Nikon ECLIPSE Ci) 及影像感應器 (型號：Nikon DS-Fi2) 之應用程式，觀察生殖托表面的附著物是否清除乾淨。	- 7 -
圖 6. 馬尾藻雌性生殖托。	- 8 -
圖 7. 馬尾藻雄性生殖托。	- 8 -
圖 8. 冬青葉馬尾藻受精卵胚胎發育形成發芽體。	- 9 -
圖 9. 空心磚表面積(39 × 19 cm)。	- 10 -
圖 10. 麻繩表面積(40 × 40 cm)。	- 10 -
圖 11. 馬尾藻種苗培育試驗地點(國立海洋生物博物館水族實驗中心)。	- 11 -
圖 12. 採自然光及流水培育兩組基質上的馬尾藻苗。	- 12 -
圖 13. 移植時程於 2020 年 10 月 15 日赴屏東枋山楓港潮間帶。	- 13 -
圖 14. 人工培育的「馬尾藻藻磚」。	- 13 -
圖 15. 「馬尾藻藻磚」上並放置於礫石灘 GPS 座標(GPG：N 22° 11' 05.40" ; E 120° 41' 25.72")，與生長在天然獨立礁石的原生種馬尾藻平行。	- 14 -
圖 16. 採用 SPSS 18.0 套裝軟體(Microsoft)進行單因子變異數分析(單向 ANOVA)馬尾藻授精卵胚胎之生長長度。	- 14 -
圖 17. 冬青葉馬尾藻雄性藻體之葉狀體、氣囊及生殖托外觀形態。	- 16 -
圖 18. 冬青葉馬尾藻雌性藻體之葉狀體、氣囊及生殖托外觀形態。	- 16 -
圖 19. 冬青葉馬尾藻雄性生殖托呈圓柱狀雙叉型(生殖窩槽的具藏精器，精子會從生殖窩孔釋出)。	- 17 -
圖 20. 冬青葉馬尾藻雌性生殖托呈扁平鋸齒狀(橫切面的生殖窩槽的卵，經 12 小時會排出至生殖窩孔表面等待受精)。	- 17 -
圖 21. 冬青葉馬尾藻卵(未受精)行有絲分裂且會有 1、2、4 及 8 個核產生。	- 19 -
圖 22. 冬青葉馬尾藻在 1~24 小時進行減數分裂，授精卵發育成胚胎。	- 19 -
圖 23. 冬青葉馬尾藻以受精的卵會在 0~24 小時進行減數分裂，24 小時內授精卵發育成胚胎並開始長出 1~8 條附著器，48 小時之後形成發芽體。	- 19 -
圖 24. 育苗 56 天，培育馬尾藻苗之陸域養殖槽水溫變化。	- 24 -
圖 25. 育苗 56 天，培育馬尾藻苗之陸域養殖槽光照強度變化。	- 24 -
圖 26. 育苗 56 天，兩組基質對馬尾藻附著之平均密度(株/25 cm ²)。	- 24 -
圖 27. 育苗 56 天，兩組基質對馬尾藻生長之藻苗長度(mm)。	- 25 -
圖 28. 育苗 56 天之馬尾藻種植於空心磚之形態。	- 25 -
圖 29. 育苗 56 天之馬尾藻種植於空心磚之形態。	- 26 -
圖 30. 每七天在陸域養殖槽培育馬尾藻苗之水溫變化	- 26 -

圖 31. 每七天在陸域養殖槽培育馬尾藻苗之光照強度變化。-----	- 26 -
圖 32. 在室內採光區域培育兩組基質之馬尾藻幼生葉狀體密度與長度之影響。-----	- 27 -
圖 33. 育苗 42 天之馬尾藻種植於空心磚之形態。-----	- 27 -
圖 34. 育苗 42 天之馬尾藻種植於麻繩之形態。-----	- 28 -
圖 35. 在室內採光區域採自然水溫培育兩組基質之馬尾藻柄長度之影響。-----	- 28 -
圖 36. 從 109 年 3 月 13 日至 109 年 6 月 5 日育苗馬尾藻種植兩組基質(空心磚與麻繩)之形態。-----	- 29 -
圖 37. 從 109 年 7 月 3 日至 109 年 9 月 25 日育苗馬尾藻種植兩組基質(空心磚與麻繩)之形態。-----	- 30 -
圖 38. 強光照會產生其它大型海藻的競爭-----	- 31 -
圖 39. 低光照會產生其它微矽藻的競爭-----	- 31 -
圖 40. 繁殖冬青葉馬尾藻 <i>Sargassum ilicifolium</i> 的培育槽系統。-----	- 32 -
圖 41. 培育冬青葉馬尾藻的生長最佳基質為空心磚。-----	- 33 -
圖 42. 109 年 10 月 15 日「馬尾藻藻磚」移植至潮間帶生長。-----	- 34 -
圖 43. 109 年 10 月 15 日評估「馬尾藻藻磚」移植後之生長情形。-----	- 34 -
圖 44. 109 年 11 月 26 日赴楓港潮間帶周圍的礫石灘周圍並無發現「馬尾藻藻磚」位置。-----	- 35 -
圖 45. 推測在楓港潮間帶內灣海流很強，使移植的「馬尾藻藻磚」造成翻滾或被掩埋，後續並未發現移植最佳成果。-----	- 35 -

附件

附件 1. (中華民國專利證書 發明第 M 604548 號)-----	- 41 -
附件 2. (中華民國專利證書 發明第 M 604548 號)-----	- 42 -
附件 3. 自由時報(2021 年 1 月 27 日/星期三)A12 生活新聞版-----	- 43 -
附件 4. 參加 110 年臺灣水產學會(110 年 1 月 26 日/星期六)-----	- 44 -
附件 5. 2020 國際海洋資訊第 9 期-----	- 45 -
附件 6. December 2020. Internation Ocean Information 09-----	- 46 -

提要

為建立馬尾藻人工種苗生產及藻床的開發技術，利用有性生殖獲得種苗，並附著在人工基質上，有助於復育海洋棲地的重要角色。冬青葉馬尾藻成熟季節為 3-4 月間，主要在臺灣西南海域發現原生種，採集地點於屏東後灣潮間帶，經人工採收後，攜回實驗室後，開始進行辨識雌雄生殖托之外部形態及內部構造。將馬尾藻雌性生殖托排的卵進行顯微觀察，利用陰乾法刺激藻體釋放雌雄配子，同時排出卵與精子，形成受精卵的過程中，卵具有 1、2、4 及 8 個核存在，在 24 小時內卵與精子結合後受精，8 個核迅速融合成 1 個大核，即為受精卵，並同步收集受精卵作為保種來源，以利後續保種及培育種苗實驗。本試驗開發馬尾藻育苗技術在海洋生物博物館室內水族實驗中心建立產苗、收苗方式，關鍵在於以人工附苗於二種基質(空心磚與麻繩)，放入陸域水槽內開始注新鮮海水培育，結果顯示從受精卵發育至幼生葉狀體需要育苗 7 個月 (3-9 月)，平均溫度(26.14~28.25 °C)，海水鹽度(33±1 psu)，藻苗附在表面上的空心磚生長最佳，同時忍受高溫度 (28.25 °C) 和強光照 (10,000 LUX) 以上，在長期的管理下，順利生長並發育為葉狀體。培育至 10 月份已移至屏東枋山楓港潮間帶進行實海驗證。綜合上述，完成整個研究試驗，經一連串的收集馬尾藻受精卵，在室內人工環境下育苗，使藻苗發育為直立葉狀體，未來能在臺灣西南海域提升復育馬尾藻棲地之參考依據。

關鍵字：冬青葉馬尾藻，授精卵，人工養殖、育苗

第一章 前言

第一節 研究緣起與背景

海洋是生命的起源，也蘊藏著豐富的生物及非生物資源，加上海洋具有調節氣候之功能，因此成為地球上最大的維生系統。然而占地球表面積 70% 的海洋中，「海藻」仍是扮演著重要的基礎生產者角色，除能產生氧氣、製造食物、淨化水質、沉積碳酸鈣（ CaCO_3 ）協助珊瑚造礁外，亦是海洋生物成長、覓食、繁殖、避難的場所。因此海藻對於海洋生態系之平衡與穩定及海洋漁業資源提升等，均具有一定程度的影響力。全球的馬尾藻屬有 539 多種(Guiry et al., 2020)，在熱帶及亞熱帶之沿岸水域中，其群落往往形成熱帶及亞熱帶水域中之海中林。馬尾藻是臺灣海域最常見的藻種之一，其形成的海藻林為重要的海洋生態系。除能形成「聚魚」效益的藻場外，也能夠產生氧氣與製造食物，並能對其他海洋生物造成正面影響，例如提供海洋生物棲息、攝食、庇護等功能。然而海洋生物所排洩出的含氮廢物、殘餌等沉積物，亦可讓藻場充分吸收養分、行光合作用及固定二氧化碳，以達到優化海底環境及增殖漁業資源。此外，人工藻場具有部分人工魚礁之功能，且造價較低於人造的物體，並具有與人工魚礁相同之功能，符合人類與自然得以和諧發展共榮共存，因此海藻床的生長之良窳與否，則進一步影響到漁業資源之豐歉。

保護海洋生態為近年來國際間重視之議題，而栽植馬尾藻床除能改善棲地外，並能利用藻場於生態系中的多面相功能逐漸恢復海洋資源。目前臺灣為減少全球碳排放量，於 2018 年進行臺灣西岸離岸風電場開發可能會影響原有漁場之功能與生物組成，且有可能影響當地之漁業活動及收益。若能建立馬尾藻人工培育技術，除對於未來海洋棲地復育、漁業資源增殖，以及當地鯨豚餌料來源等方面有所助益外，亦對於養殖用餌料、醫藥或食品加工等均有正面之幫助。

第二節 生物學理基礎

冬青葉馬尾藻 *Sargassum ilicifolium* 分類地位為淡色藻門(Ochrophyta)，墨角藻目(Fucales)，馬尾藻科(Sargassaceae)，馬尾藻屬(*Sargassum*) (圖 1)。藻體色澤呈黃褐色，外觀形態呈樹枝狀，藻體生長於附近礁岩上，至水下 1-5 m 深之低潮線，繁殖期在 3-4 月，成熟藻體長度約在 10-30 cm，最長可達約 40 cm，為多年生海藻。冬青葉馬尾藻 *Sargassum ilicifolium* 的生活史只有孢子體階段，而沒有明顯的配子體階段。馬尾藻的繁殖方式分為營養繁殖和有性生殖；一為馬尾藻的附著器具有再生的作用力，能在惡劣或合適的環境條件下可以進行營養繁殖，又可再生出新的幼苗；二則是馬尾藻在生殖季節中會進行卵配生殖 (Oogamy)，可從生殖托的部位產出卵 (未授精卵)。因此馬尾藻物種及形態很難辨識，尤其是性別及生殖托難以辨識，又可分為雄株和雌株，每日常受到潮汐影響，藻體分枝的腋下各別長出成熟的雌雄生殖托，受到刺激後，生殖托的窩孔表面會排放精子和卵，兩者體外授精結合成接合子，形成新的孢子體幼苗 (錢等，2005)。

冬青葉馬尾藻 *Sargassum ilicifolium* 為屏東西南海域本地原生種，生長於低潮帶岩石上或潮池中，其基部會形成類似圓盤狀假根，緊緊地攀附在礁石上，藉以抵抗海水的沖刷，適應底質環境後，葉狀體會緩慢延展，形成匍匐葉狀體，葉狀體形態呈不對稱倒卵形，葉的邊緣為重鋸齒狀，在頂端內凹略成圓形，並與葉狀體垂直。冬青葉馬尾藻 *Sargassum ilicifolium* 在每年 1 月上旬期間，會成長至 8~10 cm，可從柄的生長點來看，每段節間具有分枝含葉狀體具有明顯的劃分，另位於葉狀體腋下則會先開始長出卵形的氣囊構造，且氣囊中空存有空氣，等潮水漲滿時，可藉此產生浮力，幫助整株藻體飄浮於海面上，形成「馬尾藻林」，可於為每年臺灣西南海域潮間帶見到此景觀。

繁殖季節期間，在整株藻體的分支會在葉狀體腋下長出一叢生殖托，雄性生殖托屬圓柱狀雙叉型，長約 7~8 mm，雌性生殖托則較為矮短，長約 4~5 mm，直徑約 0.5~1 mm，呈扁平鋸齒狀。生殖托內部組織的生殖窩槽內卵成熟後，從生殖窩孔排出隔絲，順著排出未授精卵並黏附在生殖托表面，等待受精。受精完之後，在大海裡經由海浪把生殖托表面的受精卵沖刷掉，散佈在整個潮間帶及海域裡附著於礁石上等待生長，藉由天然海域及孕育充足的營養營，使馬尾藻種苗發育成長，因此受精卵為梨形細胞，發育後呈胚孢子體，長度約 110~130 μm ，胚孢子體經過 1 日後下沉後附著在適合的基質上，形成附著器並緊緊的攀附，並穩固的生長，進而形成發芽體並發育為幼苗。由於生長在臺灣西南海域的馬尾藻，隨四季的海溫變化，長時間受到高溫及光線影響，每年 2~3 月份可快速的生長並開始成熟，進而發展成藻林。直到 4~6 月份就會柄及葉狀體開始腐爛，只剩附著器會殘留在潮池的礁石上，等待下一季的

開始，再重新萌芽生長。

研究馬尾藻相關的形態分類、人工繁養殖及組織培養技術，持續不斷的再進行探討 (Lu and Tseng, 2004; 孫等, 2007、周立進, 2009)。尤其研究各種馬尾藻組織部位有葉狀體、柄及附著器，發現附著器是最容易再生的部位(Uchida, 1993; Kiriara et al., 1997; Yoshida et al., 1999)。由隨著馬尾藻原料應用的日益廣泛，其需求量大大增加，許多沿海地區出現過度採集現象，而野生資源遠遠不能滿足其需求，因此從 1986 年至 2019 年研究人員不斷開發興新品種的馬尾藻 (銅藻 *Sargassum horneri*、中國半葉馬尾藻 *Sargassum hemiphyllum* var. *chinense*、厚葉馬尾藻 *Sargassum crassifolium* 及冬青葉馬尾藻 *Sargassum ilicifolium*) 人工繁養殖與育苗技術 (陳忠信, 1986、周立進, 2009、陳俊強, 2014、呂怡璇, 2017、黃怡明, 2018、葉翰揚 2019)。

目前，建立海藻生產種苗方式，直接從野外採集而來的，另一部分的主要來源則是倚靠人工繁養殖技術生產的種苗。人工養殖海藻種苗的培育技術，大多是利用生活史中之受精卵或營養繁殖，如褐藻類的馬尾藻屬 *Sargassum* (Gao and Hua, 1997; Pang et al., 2005; 2005、2006、2008; Hwang et al., 2006、2007; 逢等, 2000、2001; 阮和徐, 2001; 王等, 2006; 詹等人, 2006; 西垣友和等, 2007); 接合孢子，如紅藻類的麒麟菜 *Kappaphycus alvarezii* (Azanza and Aliaza, 1999); 配子，如萱藻 *Scytosiphon lomentaria* (Tatewaki, 1966) 、小海帶 *Petalonia binghamiae* (Brophy and Murray, 1989) 或無性孢子，如龍鬚菜 *Gracilaria parvispora* (Glenn et al., 1996; Glenn et al., 1996) 等為海藻種苗來源。上述說明須在適當的成熟季節，才能透過野外採集或人工繁養殖技術獲得藻苗，相對會受到季節變化導致無法生產種苗，使得藻類種苗來源缺乏。因此，極需要發展出一套能夠開發藻苗生產的方法及保存優質品種，並能同時運用於人工採苗及育苗基礎設備，以符合實際所需 (Wang and Chiang, 1997; Dai et al., 2004; 周, 2008)。

為建立冬青葉馬尾藻 *Sargassum ilicifolium* 完全人工繁養殖技術，需建立一套標準的人工採苗及育苗方法，並試著找出合適的種苗保種環境條件，利用最佳關鍵時機取得馬尾藻胚胎細胞 (孢子體)，期能有效應用於海洋農場與漁業資源之再造，並了解馬尾藻繁養殖的全年生長形態及生殖方式，同時研究採苗、種苗及育苗保存方法及附苗試驗 (附苗基質為空心磚與附苗繩等)，同時評估採苗與育苗技術之可行性，期待未來為建立養殖馬尾藻海洋農場的示範場域及臺灣西南海域復育海藻生態資源之參考依據。



圖 1. 冬青葉馬尾藻 *Sargassum ilicifolium*。

第三節 研究目的及研究重點

本計畫擬選定馬尾藻屬 (Genus *Sargassum*) 之藻種來進行人工種苗培育試驗，並建立馬尾藻保種方法，以及利用不同材質探討馬尾藻附著生長情形。且擬以鄰近臺灣西南近岸之國立屏東海洋生物博物館水族實驗中心作為前期示範培苗與保種中心，期望未來能在臺灣西海岸建置大型海藻種原庫及育苗中心，以作為復育海洋生態之可行性。

第二章 研究方法與步驟

第一節 馬尾藻生殖托之採收與觀察

一、採集野生藻體

2020 年 3-4 月在屏東後灣潮間帶 (GPS : N23°34'10.8" ; E119°33'48.8") , 於最低潮線-100 cm 之區域採取大量新鮮藻體、體色深褐或黑褐色的冬青葉馬尾藻 *Sargassum ilicifolium* 雌雄生殖托 (圖 2) , 以新鮮的海水維持潤濕, 並儘速運送至屏東海洋生物博物館水族實驗中心 (GPS : N23°31'15.85" ; E119°34'23.75") 蓄養 (圖 3) 。將採收的藻體放至長方型 1 噸 FRP 桶 (長 120cm × 寬 120cm × 高 70cm) 內, 以開放式海水蓄養 (每分鐘流量 50 L) , 避免在無流水的環境中, 造成藻體在密閉空間裡釋放多酚而導致死亡, 培育條件為天然海水溫度及自然光照。



圖 2. 採取大量新鮮藻體。



圖 3. 辨識馬尾藻各器官部位，並檢視雌、雄生殖托形態。

二、藻體雌雄生殖托清洗與消毒

將野外採回之冬青葉馬尾藻 *Sargassum ilicifolium* 藻成熟生殖托移入室內，先以柔軟刷子去除藻體表面可看見之大型附著物及雜質，再用過濾滅菌海水輕輕沖洗葉狀體數次，隨後，將清洗好之藻體浸泡在 1% 的 Betadine (KI-I₂) 滅菌海水溶液中約 30 秒，以去除藻體表面原生動物，再以滅菌海水重複沖洗數次，減少 Betadine (KI-I₂) 的殘留。最後利用透過光學顯微鏡拍攝 (型號：Nikon ECLIPSE Ci) 及影像感應器 (型號：Nikon DS-Fi2) 之應用程式，觀察生殖托表面的附著物是否清除乾淨。清洗完畢後的雌雄生殖托置於裝有滅菌海水的燒杯 (250 ml) 中備用 (圖 4-5)。

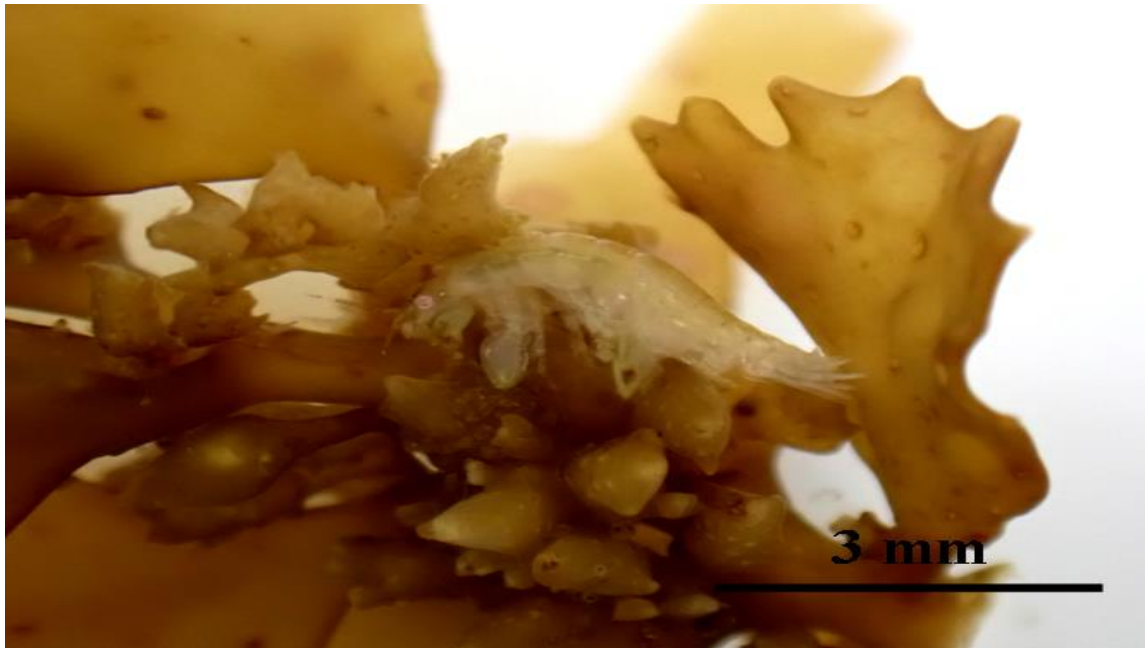


圖 4. 從野外採集成熟的冬青葉馬尾藻，在藻體身上發現扁跳蝦會躲藏在雌性生殖托嗜食卵，體色呈黃褐色。

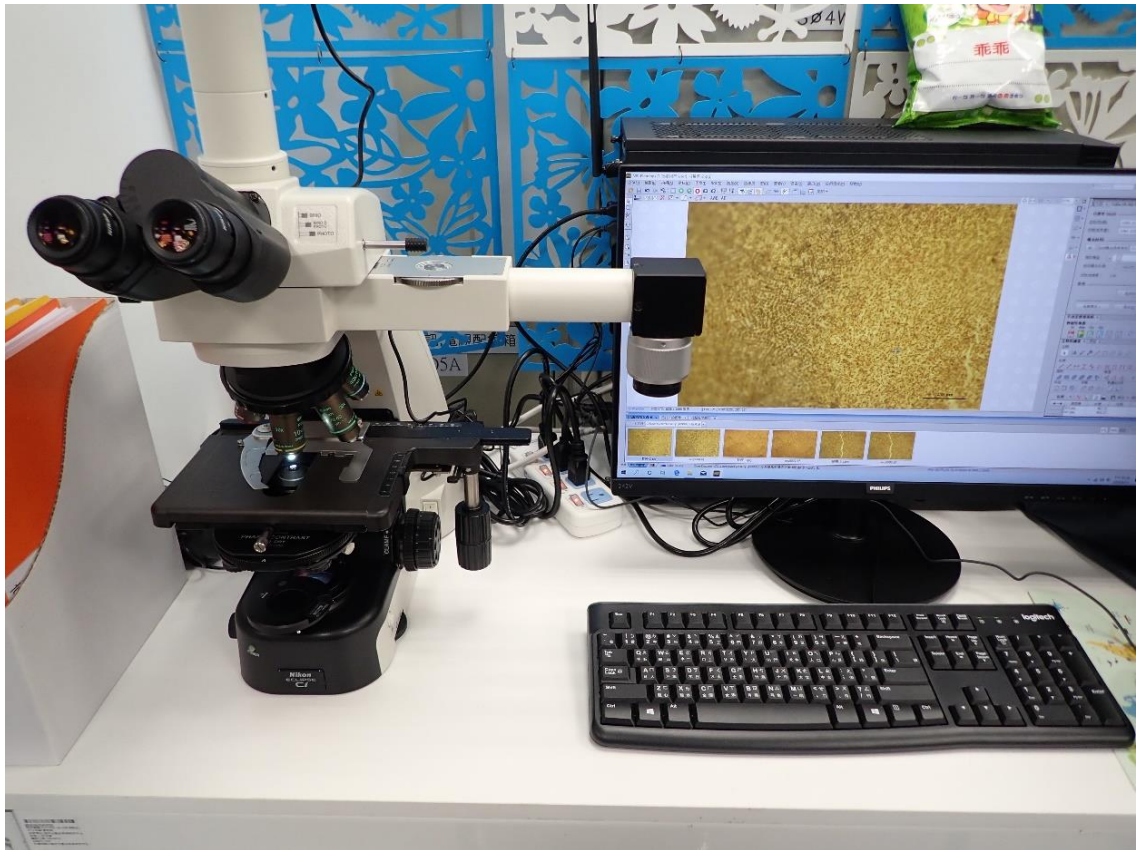


圖 5. 利用透過光學顯微鏡拍攝 (型號：Nikon ECLIPSE Ci) 及影像感應器 (型號：Nikon DS-Fi2) 之應用程式，觀察生殖托表面的附著物是否清除乾淨。

三、觀察馬尾藻雌雄生殖托與成熟度之辨識

隨機採成熟的冬青葉馬尾藻 *Sargassum ilicifolium*，攜回實驗室進行觀察雌雄生殖托成熟度的辨識，利用剪刀剪取葉狀體腋下方之生殖托，將剪下的樣本移入塑膠培養皿 (90 mm×15 mm) 內，並加進 20 ml PES 海水培養基，利用尖嘴鑷子將生殖托固定頂端部位後，用單刃刀片切開生殖托之橫切面，薄度約 0.1-0.2 mm，透過解剖顯微鏡 (型號：Nikon SMZ800N) 下鏡檢及拍攝雌雄生殖巢部位，並拍攝其生殖腔內部構造 (圖 6-7)。再以光學顯微鏡拍攝(型號：Nikon ECLIPSE Ci)拍攝雌雄生殖托表面的釋出卵細胞和精子及受精過程。



圖 6. 馬尾藻雌性生殖托。



圖 7. 馬尾藻雄性生殖托。

第二節 馬尾藻受精卵保存試驗

一、馬尾藻受精卵保種方法

利用燒杯(500 ml)收集已授精的卵，將卵培育至塑膠培養皿 (90 mm×15 mm) 內，加入 40 ml PES 海水培養液，利用透過光學顯微鏡拍攝 (型號：Nikon ECLIPSE Ci) 及影像感應器 (型號：Nikon DS-Fi2) 之應用程式下觀察從雌性生殖托產卵後，在 1-24 小時內觀察卵與授精卵的時間、授精卵的分裂、假根的形成和胚胎(幼孢子體)生長狀況 (圖 9)。

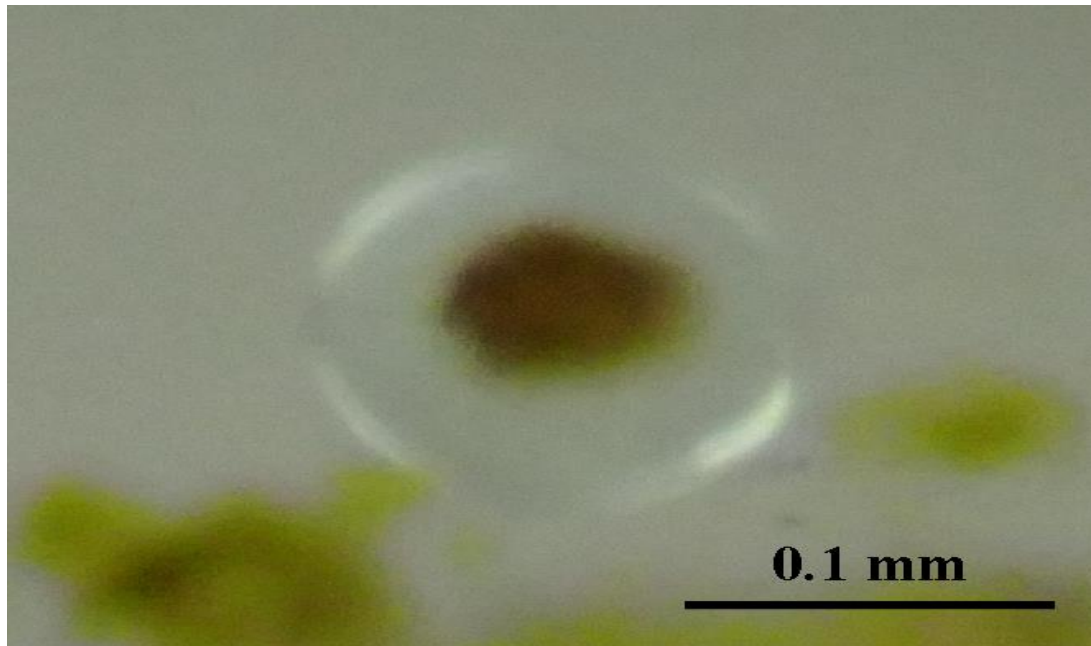


圖 8. 冬青葉馬尾藻受精卵胚胎發育形成發芽體。

第三節 建置馬尾藻可移植之材質試驗

馬尾藻附著材質採用空心磚(長 40cm × 寬 20cm × 高 20cm)及麻繩 (長 25cm × 寬 25cm) ，於屏東海生館水族實驗中心 (GPS：N 23°31'15.85"；E 119°34'23.75") 進行室內養殖採收授精卵與附苗作業 (圖 10-11)。

(一)空心磚

在屏東馬公市的建材行採購人工製成的水泥材質之空心磚 (長 40cm× 寬 20cm× 高 20cm) ，放置在室內採光 1 噸長方型 FRP 桶 (長 120cm × 寬 120cm × 高 70cm) 內。

(二)附苗繩製作

在五金百貨採購之束帶、PVC 管【四分管直徑(16mm)】及棉繩 (直徑 0.6 cm) 。利用人工組合成四角方框型 (長 25 cm×寬 25 cm) 。接著用麻繩以∞字型纏繞 36 次塑膠管方框上，並以束帶固定，全長 18 m，組合成方型附苗繩，放置在室內採光 1 噸方型 FRP 桶 (長 120cm × 寬 120cm × 高 70cm) 內。

(三)馬尾藻附著材質的生長形態

採用自製鐵框(5 cm×5 cm)各放至在二種附苗基質上，利用 Olympus Stylus TG-5 Tough 六防旗艦防水相機拍攝種苗種植密度、葉片數及形態發育。每七天利用電子式游標卡尺(C99M-500173)測量藻苗直徑及柄的長度。



圖 9. 空心磚表面積(39 × 19 cm)。



圖 10. 麻繩表面積(40 × 40 cm)。

第四節 陸域水槽養殖馬尾藻生長試驗

前置處理空心磚 (長 40cm × 寬 20cm × 高 20cm) 及麻繩 (長 45cm × 寬 25cm) 作為附苗基質，將兩組附苗材質各放至 1 噸方型 FRP (長 120cm × 寬 120cm × 高 70cm) 內 (圖 11-12)。採集 20 株成熟冬青葉馬尾藻藻體，取得授精卵含黏液，以海水反覆沖洗去除黏液。將收集的冬青葉馬尾藻授精卵，利用刷子刷附在空心磚、麻棉繩上。二種材質乾燥後具有不同的吸附能力，能讓授精卵快速的附著，且因剛釋出的授精卵含有黏性物質可加強其黏附力。此外生殖托上的隔絲亦能強化授精卵之黏附力，以毛刷沾有授精卵已完成附著在二種基質上，緩慢注水 8 分滿以流水式蓄養 (每分鐘流量 50 L)，採室內透光培育，並以 HOBO 連續溫度及光度計記錄每日的變化。實驗設計馬尾藻從受精卵發育為幼苗為初期階段，每七天利用電子式游標卡尺量測藻苗長度；幼苗發育長成直立葉狀體為中期階段，每十四天利用電子式游標卡尺量測藻苗柄長度並比較二種材質在室內採光與自然水溫培育之生長差異，育苗時程共計 7 個月。

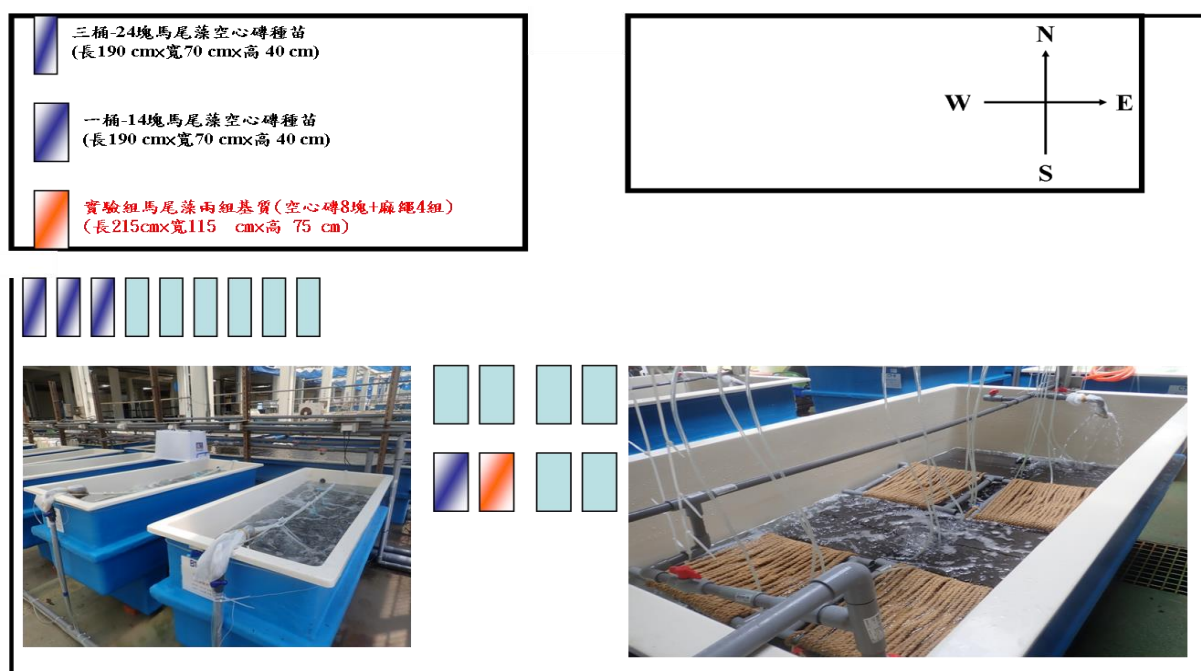


圖 11. 馬尾藻種苗培育試驗地點(國立海洋生物博物館水族實驗中心)。

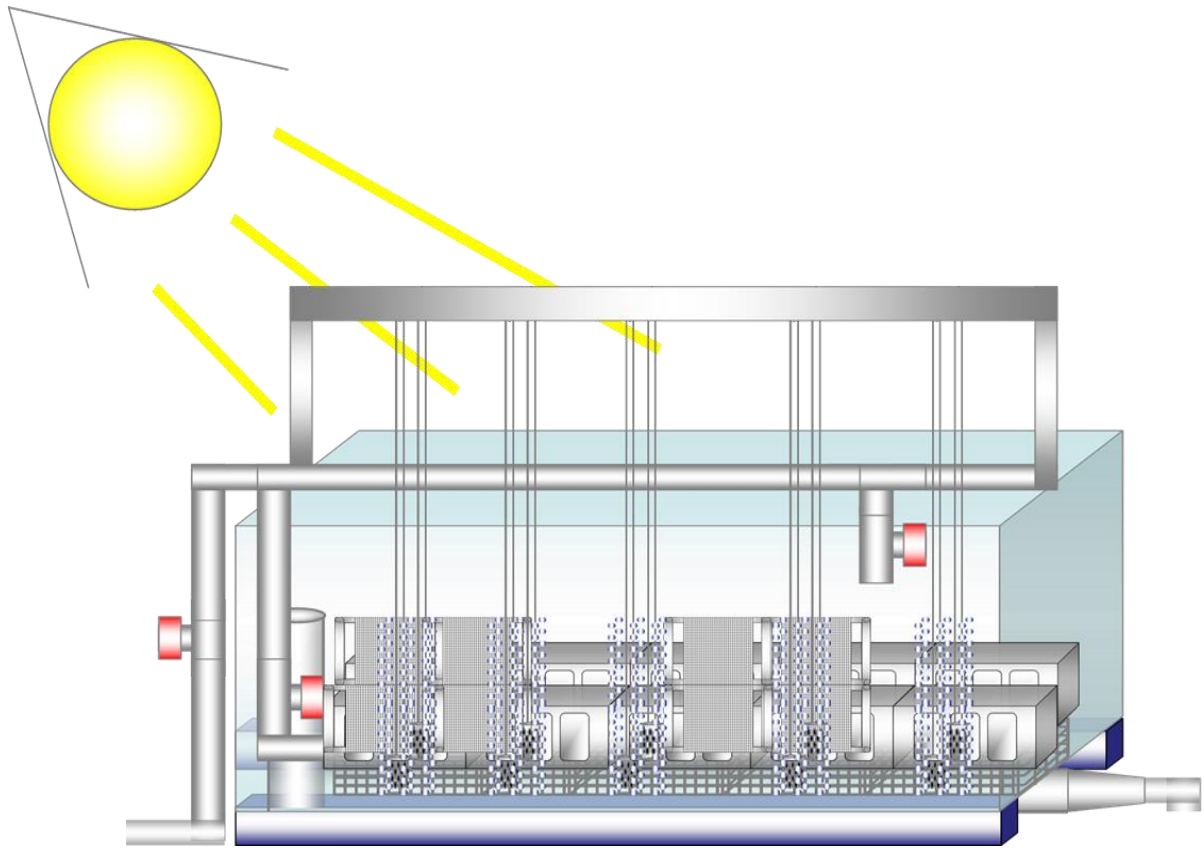


圖 12. 採自然光及流水培育兩組基質上的馬尾藻苗。

第五節 馬尾藻種苗培育試驗

本研究從馬尾藻授精卵育苗成直立葉狀體，目前已培育 7 個月馬尾藻藻苗以空心磚生長最佳，並順利成長成直立葉狀體，已成為「馬尾藻藻磚」可作為人工藻床建制的優良物種來源。移植期程於 2020 年 10 月 15 日赴屏東枋山楓港潮間帶，退潮時間為 13:04，潮差退-38 cm，以人力搬運「馬尾藻藻磚」至潮間帶，以最低潮線為主，同時將 HOBO 水溫及光照記錄器利用尼龍扎線帶固定在「馬尾藻藻磚」上並放置於礫石灘 GPS 座標(GPG：N 22°11'05.40"; E 120°41'25.72")，與生長在天然獨立礁石的原生種馬尾藻平行，離飛沫帶約 500 cm，經現場評估受海浪沖刷後二小時後，「馬尾藻藻磚」不被海浪推動即可，後續每個月以最低潮線勘查「馬尾藻藻磚」並評估生長之可行性（圖 13-15）。

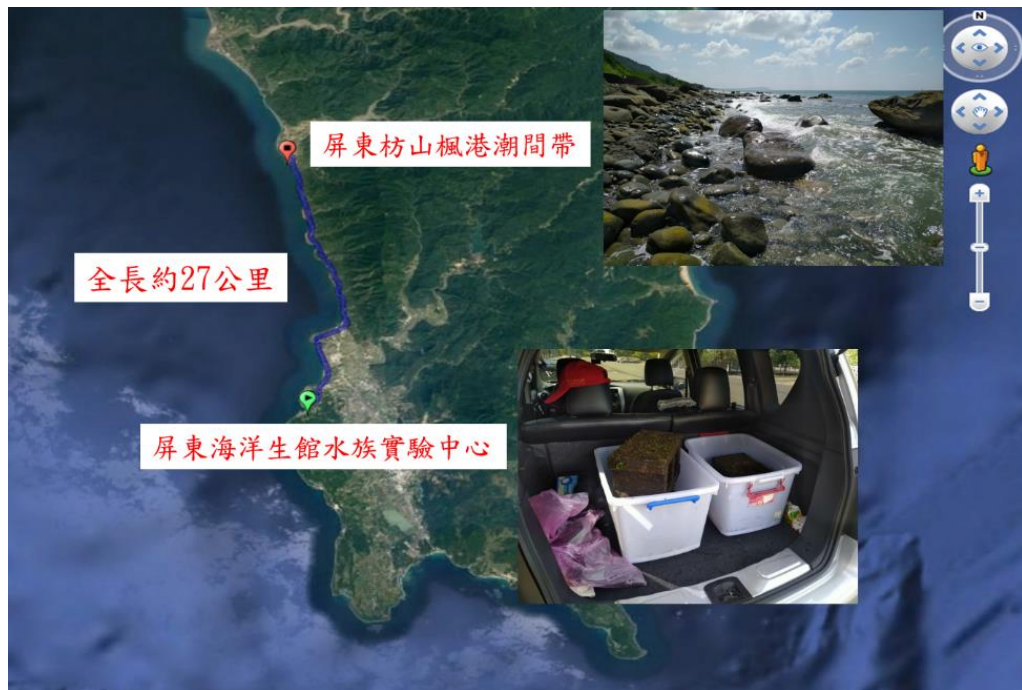


圖 13. 移植時程於 2020 年 10 月 15 日赴屏東枋山楓港潮間帶。



圖 14. 人工培育的「馬尾藻藻磚」。



圖 15.「馬尾藻藻碑」上並放置於礫石灘 GPS 座標(GPG : N 22°11'05.40"; E 120°41'25.72"), 與生長在天然獨立礁石的原生種馬尾藻平行。

第六節 資料與統計分析

資料分析採用 Excel 2018 整理數據、繪製圖形及表格整理，數據以平均值±標準差 (Mean±SD)表示。採用 SPSS 18.0 套裝軟體(Microsoft)進行單因子變異數分析(單向 ANOVA)，分析在各不同培養馬尾藻授精卵發育之條件，設顯著性差異為 $P < 0.05$ (圖 17)。

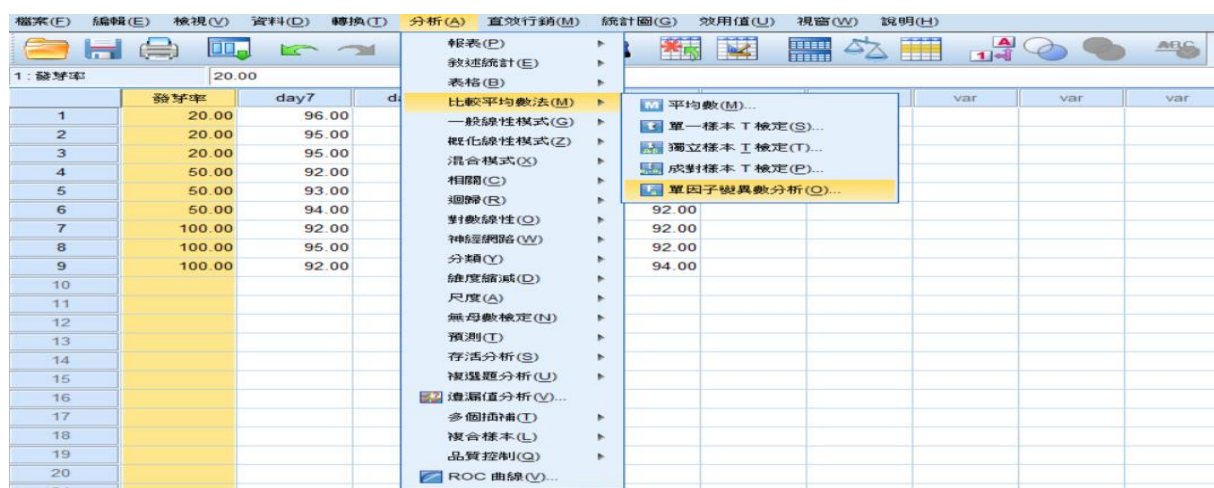


圖 16.採用 SPSS 18.0 套裝軟體(Microsoft)進行單因子變異數分析(單向 ANOVA)馬尾藻授精卵胚胎之生長長度。

第七節 預期目標

- 一、完成馬尾藻種苗之保種方法
- 二、完成適合馬尾藻種苗之附著基質選擇
- 三、完成陸域水槽養殖馬尾藻床之育苗評估
- 四、完成馬尾藻床移植潮間帶與海域掛養之調查及評估

第三章 結果與討論

第一節 完成馬尾藻種苗之保種方法

一、冬青葉馬尾藻有性生殖與繁衍過程

本研究對象為冬青葉馬尾藻，其生殖托成熟季節在 3-4 月份所採得新鮮藻體，由此可知，是採苗亦是育苗的關鍵時刻。經觀察冬青葉馬尾藻生殖托外部形態後，發現雌性生殖托則較為扁平，呈針狀或聚散排列，長約 3~5 mm；雄性生殖托形態為圓柱狀，瘤狀，呈現總狀，長約 6~8 mm（圖 17-18）。雄性生殖托內部構造之生殖槽含有造精器，精子會藉由鞭毛游近生殖孔表面進行受精（圖 19）；雌性生殖托則有 3 個生殖巢，其內各含有 4 個造卵器，其中生殖孔排出隔絲後，卵會不定時釋出至生殖孔表面，等待授精（圖 20）。易等人(1985)所描述墨角藻(*Fucus*)【與馬尾藻同屬於墨角藻目(*Fucales*)】，指出雌性生殖托內部的造卵器產生卵，再由生殖窩孔釋出隔絲，卵會通過黏液層排出至生殖孔表面，與本試驗所研究之冬青馬尾藻雌性生殖托釋放卵的過程相同；Nanba 於 1995 年利用電子顯微鏡觀察銅藻 *Sargassum horneri* 雌性生殖托之結果亦與中國半葉馬尾藻 *Sargassum hemiphyllum* var. *chinense* 型態一致(周，2009)。而雄性生殖托釋放出精子形式則與 Uchida 於 1993 年所描述 *Sargassum horneri* 銅藻的生活史一致。馬尾藻生殖方式皆為體外授精後，授精卵會開始進行分裂萌芽成長。另與研究羊栖菜 *Sargassum fusiforme* (阮積惠與徐禮根，2001、Pang, 2006)及鼠尾藻 *Sargassum thunbergii* (王增福與劉建國，2007、潘金華等人，2007、Zhao, 2008、王飛久等人，2008) 均屬雌雄異體，雌性生殖托都較雄性短小、表面粗糙，授精卵黏掛在生殖托表面呈“掛托分裂”的現象，即由雌性生殖托排放的卵子都會先粘附在生殖托表面等待授精，授精後繼續在雌性生殖托上進行分裂直至長出假根，隨後自然脫落。與本試驗所觀察之馬尾藻雌性生殖托釋放卵後授精，授精卵則掛在生殖托表面，等待授精結果本研究相似。

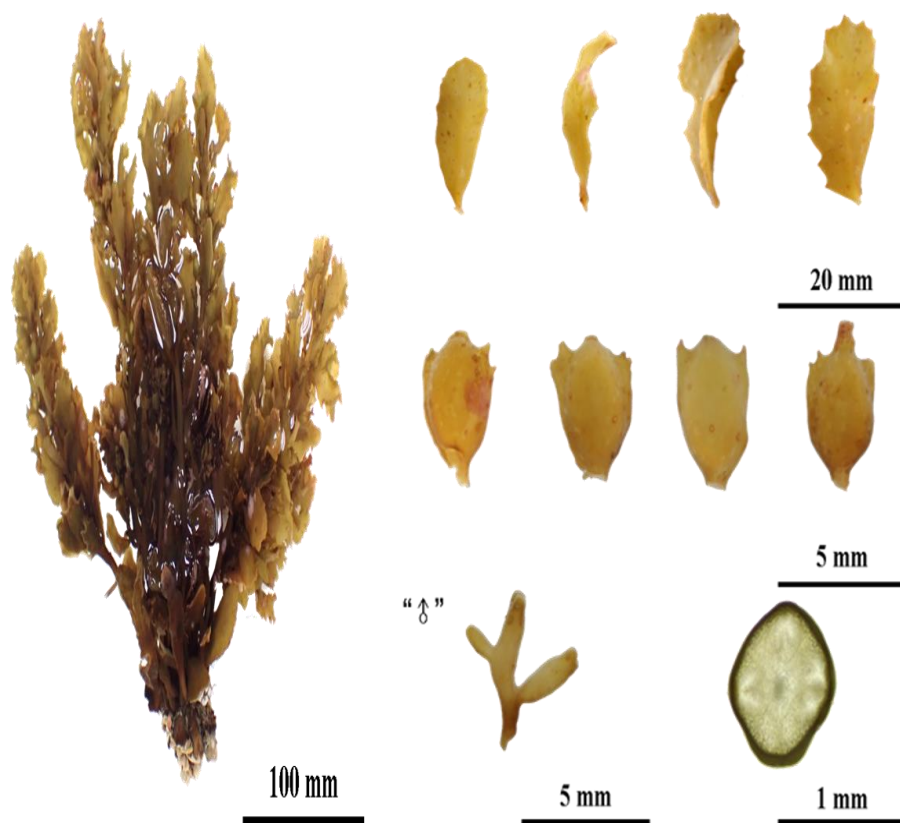


圖 17. 冬青葉馬尾藻雄性藻體之葉狀體、氣囊及生殖托外觀形態。

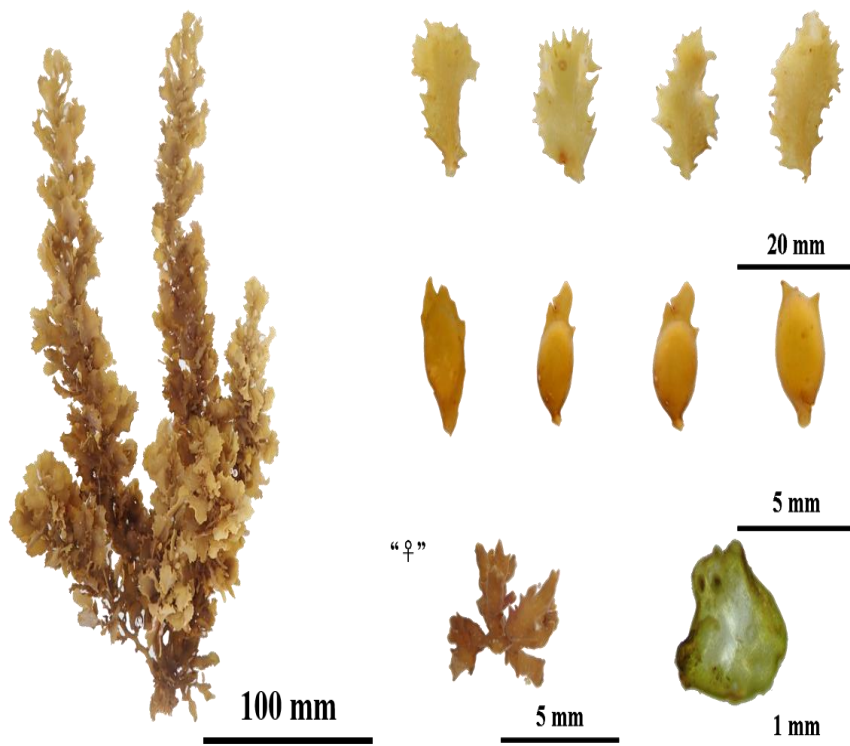


圖 18. 冬青葉馬尾藻雌性藻體之葉狀體、氣囊及生殖托外觀形態。

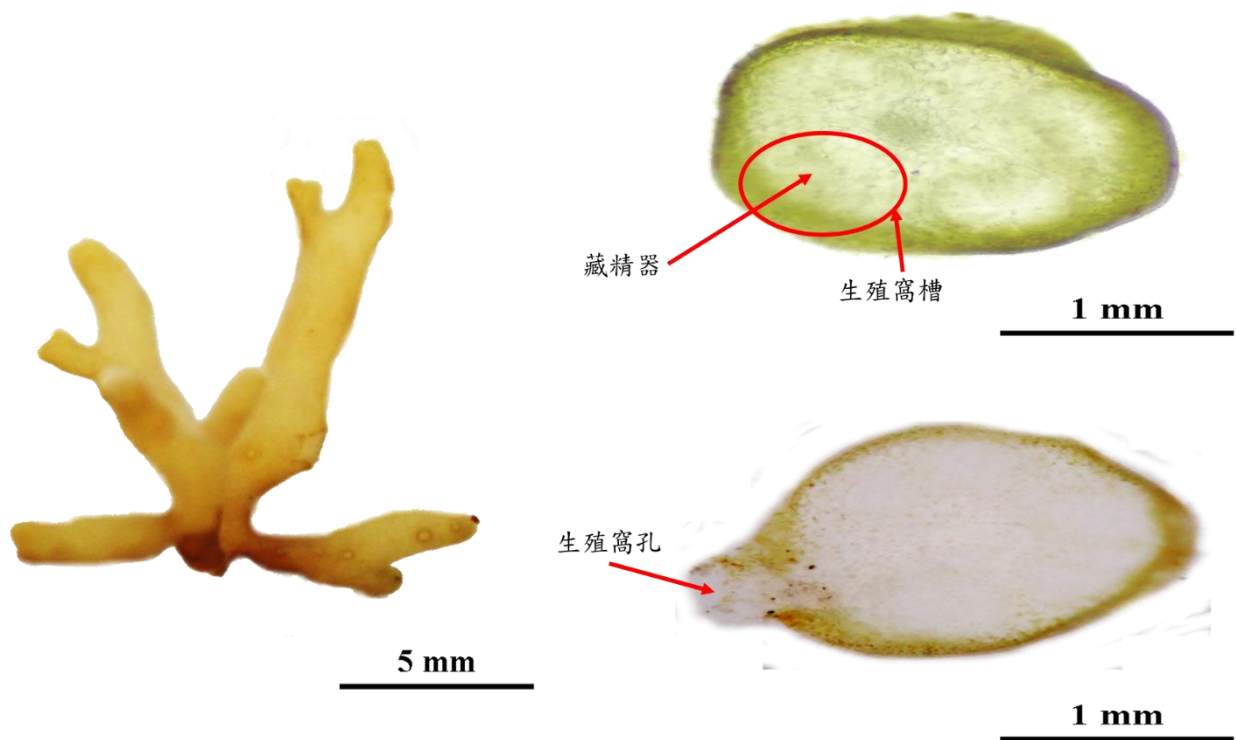


圖 19. 冬青葉馬尾藻雄性生殖托呈圓柱狀雙叉型(生殖窩槽的具藏精器，精子會從生殖窩孔釋出)。

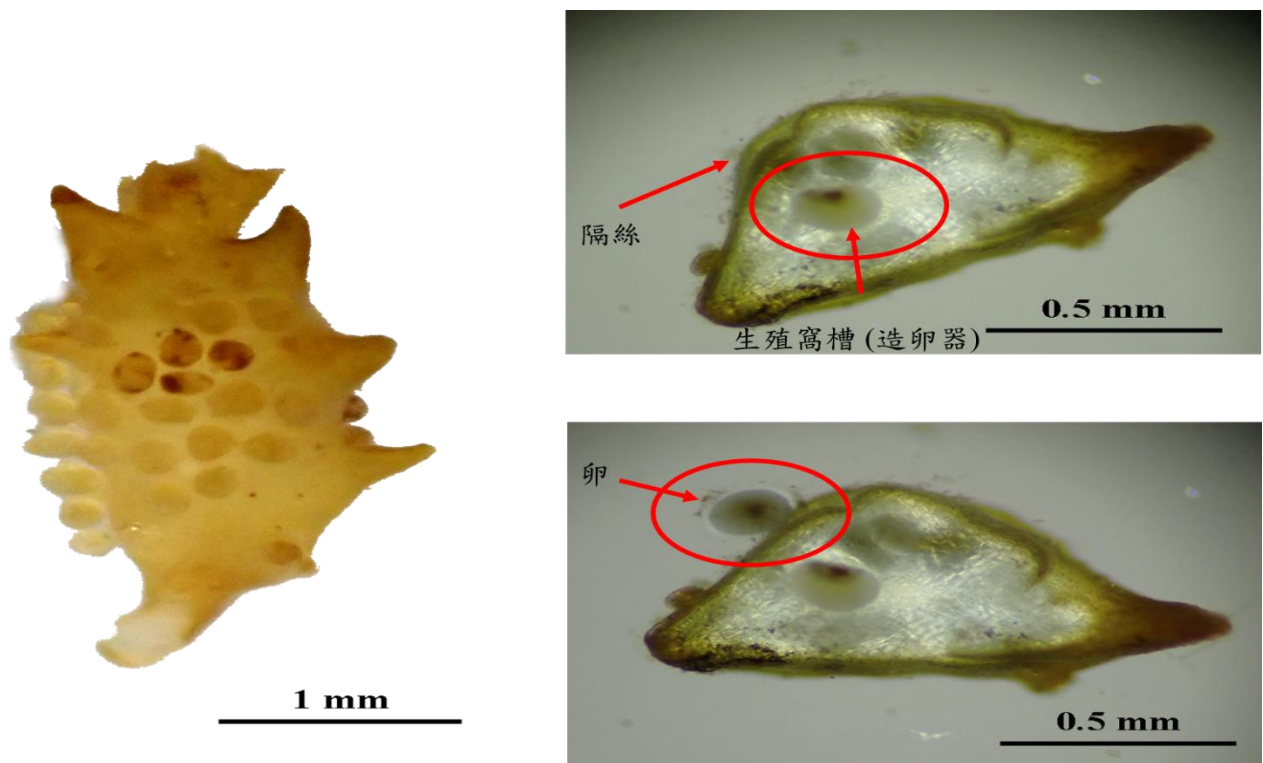


圖 20. 冬青葉馬尾藻雌性生殖托呈扁平鋸齒狀(橫切面的生殖窩槽的卵，經 12 小時會排出至生殖窩孔表面等待受精)。

二、馬尾藻種苗 (卵、受精卵及胚胎) 之發育過程

採收馬尾藻種苗的一開始前，首先辨識雌雄之生殖槽內部結構，後續取得大量的馬尾藻雌性生殖托，再一併同時進行陰乾刺激 1~2 小時，隔日從雌性生殖托的生殖窩孔排出卵並停留在生殖托表面等待授精。在 24 小時內，從雌生殖托窩孔排出卵，並觀察未受精卵，與此同時會有 1、2、4 及 8 個核分裂，卵的長軸平均長度為 $134.81 \pm 15.57 \mu\text{m}$ (圖 21)。在 1~24 小時內授精，授精卵內的多核逐漸融合，核的個數減少但核體積變大，最終在授精卵的中央融合成一個大核，此時授精卵的長軸平均為 $135.59 \pm 8.16 \mu\text{m}$ 。授精卵的 8 核融合結束後，馬上進行第 1 次橫分裂，在授精卵的赤道板處形成一條垂直的分裂溝，之後變成 2 個細胞的胚細胞 (孢子體) (圖 22)。隨後，胚胎在 1~24 小時內開始發育，此時胚胎的長軸平均為 $145.19 \pm 9.37 \mu\text{m}$ ，由一極的近頂端處，進行第 2 次橫分裂，產生一個體積較小的細胞，該小細胞經多次分裂形成假根，稱它為“假根原細胞”，長出假根的這一端為基部，另一端則為頭部。接著，胚胎(孢子體)頂部的細胞首先進行兩次相互垂直的縱裂，產生由 4 個細胞構成的頂端，之後位於假根原細胞上方的那個大細胞進行縱裂。胚胎(孢子體)經過多次縱橫分裂，形成了多細胞的胚胎(幼孢子體)，同時，“假根原細胞”也進行多次分裂，形成一個顏色較深褐色 (圖 23)。授精後約 24 小時，授精卵已發育成具有 4 個假根的多細胞胚胎(幼孢子體)，此時發育的長軸平均為 $152.31 \pm 12.34 \mu\text{m}$ ，隨著假根發芽並繼續分裂伸長，最終長出假根。本試驗觀察授精卵的前二次分裂，通常會垂直於長軸形成橫分裂，在授精卵的一端形成假根原細胞；假根原細胞自行分裂形成假根，其餘部分進行多次橫縱分裂；授精後約 12 小時，發育成為地雷狀具假根芽的多細胞胚胎。假根形成後，先於苗體部分快速伸長，假根細胞多為透明狀，僅末端細胞保留黃褐色的色素體。

假根形成後，幼孢子體具備了附著能力，能獨立生活，可附著於基質。豬野俊平，1947 指出墨角藻科 22 種海藻的卵發育方式歸納成 6 種：即卵囊母細胞經減數分裂可發育成為 8 卵型、4 卵型、縱裂 2 卵型、橫裂 2 卵型、1 核 1 卵型和 8 核 1 卵型，相關研究證實中國半葉馬尾藻 *Sargassum hemiphyllum* var. *chinense*、銅藻 *Sargassum horneri*、洋栖菜 *Hizikia fusiformis*、鼠尾藻 *Sargassum thunbergii* 和瓦氏馬尾藻 *Sargassum vachellianum*，屬於 8 核 1 卵型 (Yan and Zhang, 2014; 阮積惠等，2001、潘金華等，2007、周立進，2009)，本試驗與上述的結果一致。

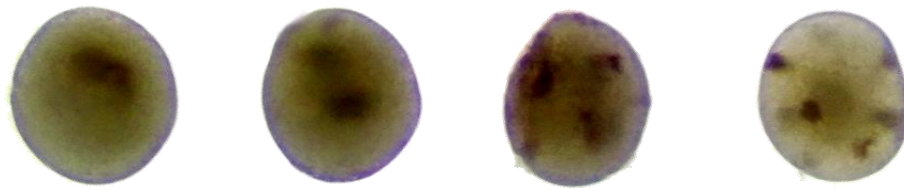


圖 21. 冬青葉馬尾藻卵(未受精)行有絲分裂且會有 1、2、4 及 8 個核產生。

0.1 mm

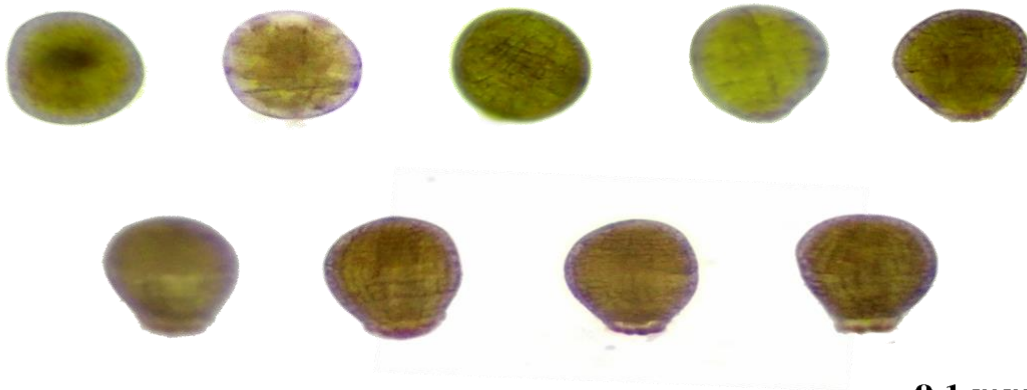


圖 22. 冬青葉馬尾藻在 1~24 小時進行減數分裂，授精卵發育成胚胎。

0.1 mm

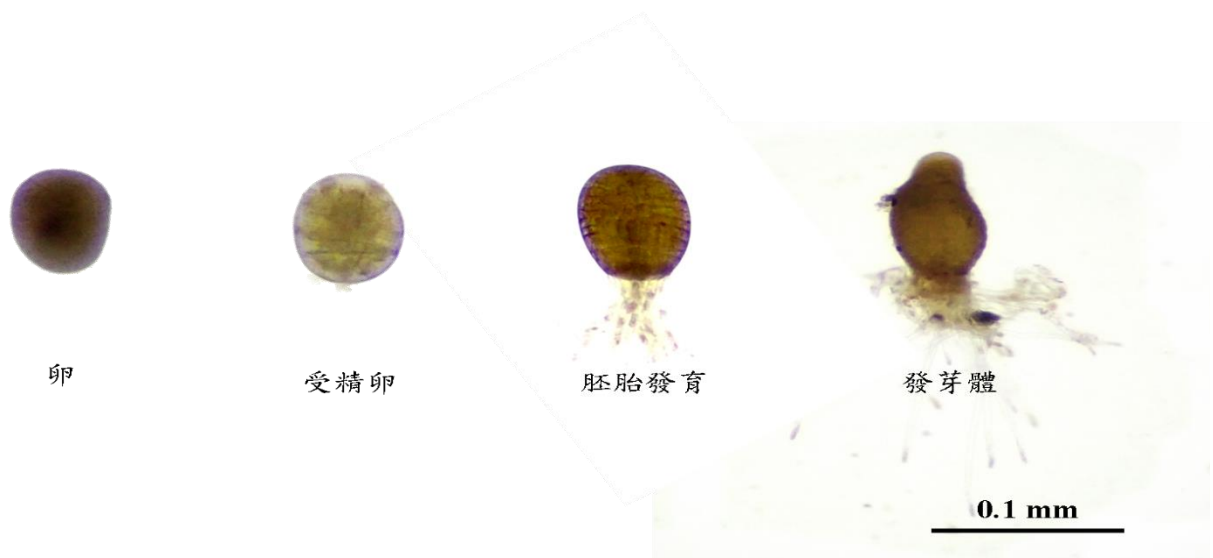


圖 23. 冬青葉馬尾藻以受精的卵會在 0~24 小時進行減數分裂，24 小時內授精卵發育成胚胎並開始長出 1~8 條附著器，48 小時之後形成發芽體。

第二節 完成適合馬尾藻種苗之附著基質選擇

將附苗完全的冬青葉馬尾藻 *Sargassum ilicifolium* 移至戶外進行育苗，2020 年 3 月至 9 月止為培養期。冬青葉馬尾藻 *Sargassum ilicifolium* 授精卵黏附在空心磚與麻繩。第一階段 (2020 年 3 月 13 日至 2020 年 5 月 8 日止，紀錄授精卵發育為發芽體階段) 每月平均記錄水溫及光照強度 (中午 12 點)，並每七天觀察記錄馬尾藻幼苗發育之藻苗密度與葉狀體長度，由結果得知 (圖 24-29)，在 3 月 13 日 (第 0 天) 開始記錄水溫平均 25.63 ± 0.37 °C，光照強度 1144.64 LUX，藻苗種植於二組基質，以馬尾藻種苗密度面積為 (5×5 cm)，空心磚種苗密約有 264.337 ± 49.07 株、麻繩種苗密約 199.33 ± 39.68 株，兩組間有顯著差異 ($P > 0.05$)；藻苗種植於空心磚表面長度達 0.12 ± 0.01 mm，麻繩為 0.12 ± 0.01 mm，兩組間無顯著差異 ($P > 0.05$)。3 月 20 日 (第 7 天)，水溫平均 24.61 ± 0.67 °C，光照強度 2149.76 LUX，馬尾藻藻苗種植於二組基質密度面積為 (5×5 cm)，空心磚種苗密度約有 199.67 ± 15.70 株、麻繩種苗密約 123.00 ± 24.76 株，兩組間有顯著差異 ($P > 0.05$)；藻苗種植於空心磚表面長度達 0.07 ± 0.01 mm，麻繩為 0.08 ± 0.01 mm，兩組間無顯著差異 ($P > 0.05$)。3 月 27 日 (第 14 天)，水溫平均在 25.94 ± 0.58 °C，光照強度 1571.84 LUX，馬尾藻藻苗種植於二組基質密度面積為 (5×5 cm)，空心磚種苗密度約有 153.00 ± 11.53 株、麻繩種苗密約 77.33 ± 23.35 株，兩組間有顯著差異 ($P > 0.05$)；藻苗種植於空心磚表面長度達 1.51 ± 0.03 mm，麻繩為 1.43 ± 0.12 mm，兩組間無顯著差異 ($P > 0.05$)。

4 月 10 日 (第 28 天)，海水溫度 25.93 ± 0.73 °C，光照強度 1131.84 LUX，馬尾藻藻苗種植於二組基質密度面積為 (5×5 cm)，空心磚種苗密度約有 134.67 ± 9.29 株、麻繩種苗密約 69.00 ± 20.67 株，兩組間有顯著差異 ($P > 0.05$)；藻苗種植於空心磚表面長度達 2.94 ± 0.31 mm，麻繩為 2.67 ± 0.11 mm，兩組間無顯著差異 ($P > 0.05$)。4 月 17 日 (第 35 天)，海水溫度稍升高 26.01 ± 0.63 °C，光照強度介於 754.88 LUX，馬尾藻藻苗種植於二組基質密度面積為 (5×5 cm)，空心磚種苗密度約有 93.33 ± 5.51 株、麻繩種苗密約 68.33 ± 16.44 株，兩組間有顯著差異 ($P > 0.05$)；藻苗種植於空心磚表面長度達 3.19 ± 0.08 mm，麻繩為 2.72 ± 0.19 mm，兩組間無顯著差異 ($P > 0.05$)。4 月 24 日 (第 42 天)，海水溫度稍提升約 27.15 ± 0.59 °C，光照強度介於 1793.92 LUX，馬尾藻藻苗種植於二組基質密度面積為 (5×5 cm)，空心磚種苗密度約有 85.67 ± 7.51 株、麻繩種苗密約 50.67 ± 13.65 株，兩組間有顯著差異 ($P > 0.05$)；藻苗種植於空心磚表面長度達 3.32 ± 0.12 mm，麻繩為 3.06 ± 0.27 mm，兩組間無顯著差異 ($P > 0.05$)。

5 月 1 日 (第 49 天)，海水溫度下降至 26.83 ± 0.76 °C，光照強度介於 4604.16 LUX，馬尾藻藻苗種植於二組基質密度面積為 (5×5 cm)，空心磚種苗密度約有 78.33 ± 7.63 株、麻繩種苗密約 43.67 ± 11.93 株，兩組間有顯著差異 ($P > 0.05$)；藻苗種植於空心磚表面長度達 3.49 ± 0.15

mm，麻繩為 3.15 ± 0.11 mm，兩組間無顯著差異($P > 0.05$)。5月8日(第56天)開始記錄水溫平均 28.08 ± 0.63 °C，光照強度 3448.32 LUX，馬尾藻藻苗種植於二組基質密度面積為(5×5 cm)，空心磚種苗密度約有 17.00 ± 3.61 株、麻繩種苗密約 10.33 ± 1.53 株，兩組間有顯著差異($P > 0.05$)；藻苗種植於空心磚表面長度達 2.61 ± 0.13 mm，麻繩為 3.08 ± 0.22 mm，兩組間無顯著差異($P > 0.05$)。

第二階段(2020年5月15日至2020年6月19日止，紀錄發芽體發育為多葉葉狀體階段)在陸域養殖槽兩組培育馬尾幼苗對光照度強弱之影響，並每7天平均記錄水溫，及觀察記錄馬尾藻幼苗發育之藻苗密度與葉狀體長度，以下結果說明如下(圖30-34)：

5月15日(第0天)一開始記錄強光區水溫平均 28.24 ± 0.79 °C，弱光區水溫平均 28.07 ± 0.75 °C；強光區之光照強度 13827.21 ± 12783.94 LUX，弱光區之光照強度 13827.21 ± 12783.94 LUX。馬尾藻幼苗分別培養在強光區與弱光區，分析馬尾藻幼苗生長於二種基質之密度(5×5 cm)結果，強光區的空心磚有 10.67 ± 2.08 株、麻繩有 5.67 ± 3.21 株，弱光區的空心磚有 5.00 ± 2.00 株、麻繩有 2.33 ± 1.53 株，四組間有顯著差異($P > 0.05$)；同時並比較馬尾藻幼苗之長度，強光區的空心磚達 2.57 ± 0.15 mm，麻繩為 2.68 ± 0.30 mm；弱光區的空心磚達 2.35 ± 0.10 mm，麻繩為 2.16 ± 3.12 mm，四組間無顯著差異($P > 0.05$)。5月22日(第7天)記錄強光區水溫平均 28.24 ± 0.46 °C，弱光區水溫平均 28.13 ± 0.38 °C；強光區之光照強度 13827.21 ± 12783.94 LUX，弱光區之光照強度 13827.21 ± 12783.94 LUX。馬尾藻幼苗分別培養在強光區與弱光區，分析馬尾藻幼苗生長於二種基質之密度(5×5 cm)結果，強光區的空心磚有 8.00 ± 1.00 株、麻繩有 4.67 ± 2.52 株，弱光區的空心磚有 2.67 ± 0.58 株、麻繩有 1.33 ± 0.58 株，四組間有顯著差異($P > 0.05$)；同時並比較馬尾藻幼苗之長度，強光區的空心磚達 4.22 ± 0.76 mm，麻繩為 3.38 ± 0.35 mm；弱光區的空心磚達 2.63 ± 0.87 mm，麻繩為 2.27 ± 0.19 mm，四組間無顯著差異($P > 0.05$)。5月29日(第14天)記錄強光區水溫平均 29.27 ± 0.52 °C，弱光區水溫平均 29.16 ± 0.48 °C；強光區之光照強度 13827.21 ± 12783.94 LUX，弱光區之光照強度 13827.21 ± 12783.94 LUX。馬尾藻幼苗分別培養在強光區與弱光區，分析馬尾藻幼苗生長於二種基質之密度(5×5 cm)結果，強光區的空心磚有 7.66 ± 1.15 株、麻繩有 3.00 ± 1.00 株，弱光區的空心磚有 0.00 ± 0.00 株、麻繩有 2.16 ± 3.12 株，四組間有顯著差異($P > 0.05$)；同時並比較馬尾藻幼苗之長度，強光區的空心磚達 0.00 ± 0.00 mm，麻繩為 4.50 ± 0.48 mm；弱光區的空心磚達 0.00 ± 0.00 mm，麻繩為 0.00 ± 0.00 mm，四組間無顯著差異($P > 0.05$)。6月5日(第21天)記錄強光區水溫平均 29.27 ± 0.79 °C，弱光區水溫平均 28.07 ± 0.75 °C；強光區之光照強度 13827.21 ± 12783.94 LUX，弱光區之光照強度 13827.21 ± 12783.94 LUX。馬尾藻幼苗分別培養

在強光區與弱光區，分析馬尾藻幼苗生長於二種基質之密度 (5×5 cm)結果，強光區的空心磚有 7.66 ± 1.15 株、麻繩有 3.00 ± 1.00 株，弱光區的空心磚有 0.00 ± 0.00 株、麻繩有 2.16 ± 3.12 株，四組間有顯著差異($P > 0.05$)；同時並比較馬尾藻幼苗之長度，強光區的空心磚達 6.24 ± 1.21 mm，麻繩為 6.49 ± 0.17 mm；弱光區的空心磚達 0.00 ± 0.00 mm，麻繩為 0.00 ± 0.00 mm，四組間無顯著差異($P > 0.05$)。6月12日(第28天)記錄強光區水溫平均 29.36 ± 0.79 °C，弱光區水溫平均 29.31 ± 0.75 °C；強光區之光照強度 13827.21 ± 12783.94 LUX，弱光區之光照強度 13827.21 ± 12783.94 LUX。馬尾藻幼苗分別培養在強光區與弱光區，分析馬尾藻幼苗生長於二種基質之密度 (5×5 cm)結果，強光區的空心磚有 7.66 ± 1.15 株、麻繩有 3.00 ± 1.00 株，弱光區的空心磚有 0.00 ± 0.00 株、麻繩有 2.16 ± 3.12 株，四組間有顯著差異($P > 0.05$)；同時並比較馬尾藻幼苗之長度，強光區的空心磚達 8.11 ± 0.94 mm，麻繩為 7.47 ± 0.17 mm；弱光區的空心磚達 0.00 ± 0.00 mm，麻繩為 0.00 ± 0.00 mm，四組間無顯著差異($P > 0.05$)。6月19日(第35天)記錄強光區水溫平均 29.72 ± 0.49 °C，弱光區水溫平均 29.87 ± 0.39 °C；強光區之光照強度 13827.21 ± 12783.94 LUX，弱光區之光照強度 13827.21 ± 12783.94 LUX。馬尾藻幼苗分別培養在強光區與弱光區，分析馬尾藻幼苗生長於二種基質之密度 (5×5 cm)結果，強光區的空心磚有 7.66 ± 1.15 株、麻繩有 3.00 ± 1.00 株，弱光區的空心磚有 0.00 ± 0.00 株、麻繩有 2.16 ± 3.12 株，四組間有顯著差異($P > 0.05$)；同時並比較馬尾藻幼苗之長度，強光區的空心磚達 8.44 ± 0.81 mm，麻繩為 8.25 ± 0.99 mm；弱光區的空心磚達 0.00 ± 0.00 mm，麻繩為 0.00 ± 0.00 mm，四組間無顯著差異($P > 0.05$)。

第三階段 (2020年7月3日至2020年9月11日止，紀錄幼生葉狀體發育直立葉狀體階段) 在陸域養殖槽兩組培育以完整發育為馬尾藻幼生葉狀體，並每14天平均記錄水溫及光照強度，及觀察馬尾藻幼生葉狀體柄的生長長度，以下結果說明如下(圖35-37)：

7月3日(第0天)記錄海水溫度為 30.07 ± 0.47 °C，光照強度範圍 15057.92 LUX。觀察馬尾藻幼生葉狀體並記錄空心磚與麻繩之柄長度，各別為 1.10 ± 0.51 mm、 1.40 ± 0.35 mm，二組間無顯著差異($P > 0.05$)。7月17日(第14天)記錄海水溫度為 30.24 ± 0.60 °C，光照強度範圍 17408.00 LUX。觀察馬尾藻幼生葉狀體並記錄空心磚與麻繩之柄長度，各別為 1.10 ± 0.51 mm、 1.40 ± 0.35 mm，二組間無顯著差異($P > 0.05$)。7月31日(第28天)記錄海水溫度為 30.66 ± 0.75 °C，光照強度範圍 16235.52 LUX。觀察馬尾藻幼生葉狀體並記錄空心磚與麻繩之柄長度，各別為 1.10 ± 0.51 mm、 1.40 ± 0.35 mm，二組間無顯著差異($P > 0.05$)。8月14日(第42天)記錄海水溫度為 30.21 ± 0.37 °C，光照強度範圍 4867.84 LUX。觀察馬尾藻幼生葉狀體並記錄空心磚與麻繩之柄長度，各別為 1.10 ± 0.51 mm、 1.40 ± 0.35 mm，二組間無顯著差異($P > 0.05$)。

8 月 28 日 (第 56 天) 記錄海水溫度為 29.50 ± 0.60 °C，光照強度範圍 4844.80 LUX。觀察馬尾藻幼生葉狀體並記錄空心磚與麻繩之柄長度，各別為 1.65 ± 0.11 mm、 1.61 ± 0.11 mm，二組間無顯著差異($P > 0.05$)。9 月 11 日 (第 70 天) 記錄海水溫度為 25.48 ± 1.35 °C，光照強度範圍 58995.92 ± 94974.70 LUX。觀察馬尾藻幼生葉狀體並記錄空心磚與麻繩之柄長度，各別為 1.70 ± 0.13 mm、 1.64 ± 0.07 mm，二組間無顯著差異($P > 0.05$)。9 月 11 日 (第 84 天) 記錄海水溫度為 29.82 ± 0.47 °C，光照強度範圍 14976 LUX。觀察馬尾藻幼生葉狀體並記錄空心磚與麻繩之柄長度，各別為 1.73 ± 0.15 mm、 1.69 ± 0.03 mm，二組間無顯著差異($P > 0.05$)。

馬尾藻繁養殖技術，利用有性生殖的方式產生授精卵，初次將種苗種植於兩種基質上，經由人工育苗的作業，從 3-9 月份每週以人力赴屏東國立海洋生物博物館水族實驗中心室，採自然光照及水溫育苗馬尾藻苗，每日每小時光照高低起伏不定，造成其它雜藻競爭 (圖 38-39)，在中間育苗過程，均會有泥沙及其它海藻覆蓋馬尾藻藻苗，因此需不斷地清洗藻苗的附著物，避免與其它大型海藻的競爭，因此從清除雜藻過程中可記錄大型海藻的種類有綠藻類-石蓴、浒苔、腸浒苔、范氏蠕藻、法囊藻、布氏藻、雙叉松藻；褐藻類-棲狀褐茸藻、囊藻；紅藻類-長枝沙菜、貝狀耳殼藻、仙菜藻屬的一種；藍綠藻類-巨大鞘絲藻 (光照強)；微矽藻的種類的有舟形藻的一種、楔形藻的一種、梯楔藻的一種、菱形藻的一種、杆線藻的一種、菱形海線的一種、盒形藻的一種 (光照低)。本試驗利用室內透光及自然水溫所培育馬尾藻幼苗，以該現有的育苗養殖空間，利用冬青葉馬尾藻有性繁殖的受精卵分別附著於兩組基質上，育苗 7 個月之久，培育過程中，藻苗密度有持續下滑，但並不影響生長。持續培育馬尾藻苗可發育為幼生葉狀體的階段，尤其是在 7-9 月育苗期間可忍受高水溫 $30 \sim 32$ °C，僅唯一缺點就光照強弱的變動幅度很大，但仍受限於海水水源的濁度及天氣陰晴不定的影響，導致培育高密度幼生葉狀體的發育過程中，有部分會形成多葉葉狀體，一部分會遮蓋生長較慢的藻苗，導致葉狀體爛葉或者造成生長不一，該目前研究馬尾藻人工種苗及育苗已形成「馬尾藻藻磚」，因此可完成馬尾藻育苗養成技術是具有可行性的。

總之，本研究首次在台灣西南海域原生種馬尾藻利用有性生殖獲得已授精的胚細胞作為種苗來源，並可持續補充或持續利用人工採苗及生產技術，並將種苗完整附著在整面的基質上，後續只要掌握光照與水溫培育條件為最主要的關鍵，對於需要大規模生產種苗及培育技術在於人力管理及維護，未來可進一步探討馬尾藻幼苗在初期發育之參考依據。

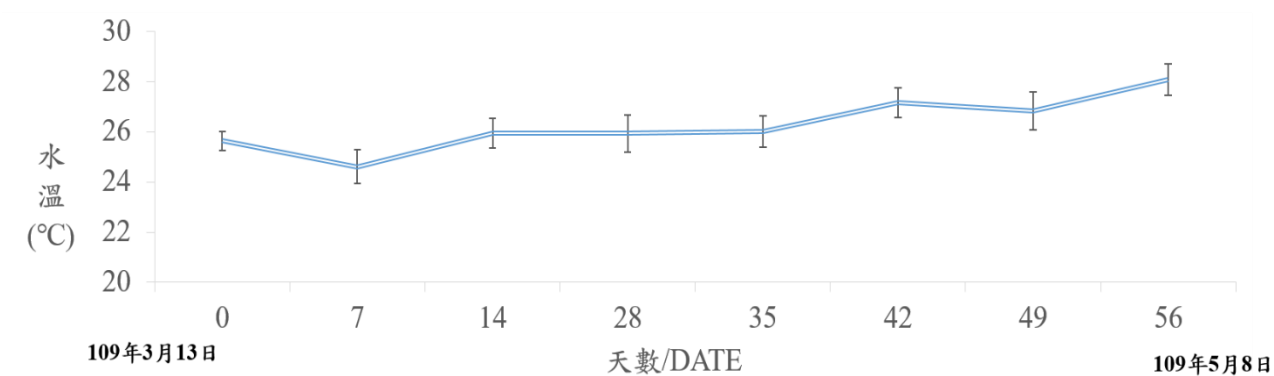


圖 24. 育苗 56 天，培育馬尾藻苗之陸域養殖槽水溫變化。

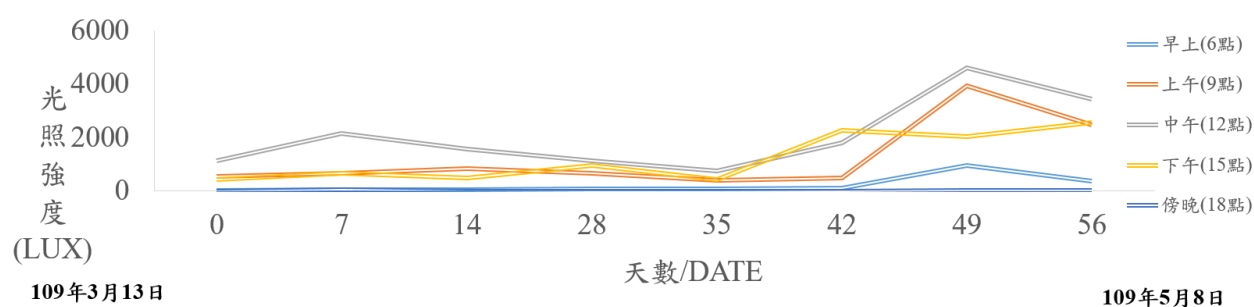


圖 25. 育苗 56 天，培育馬尾藻苗之陸域養殖槽光照強度變化。

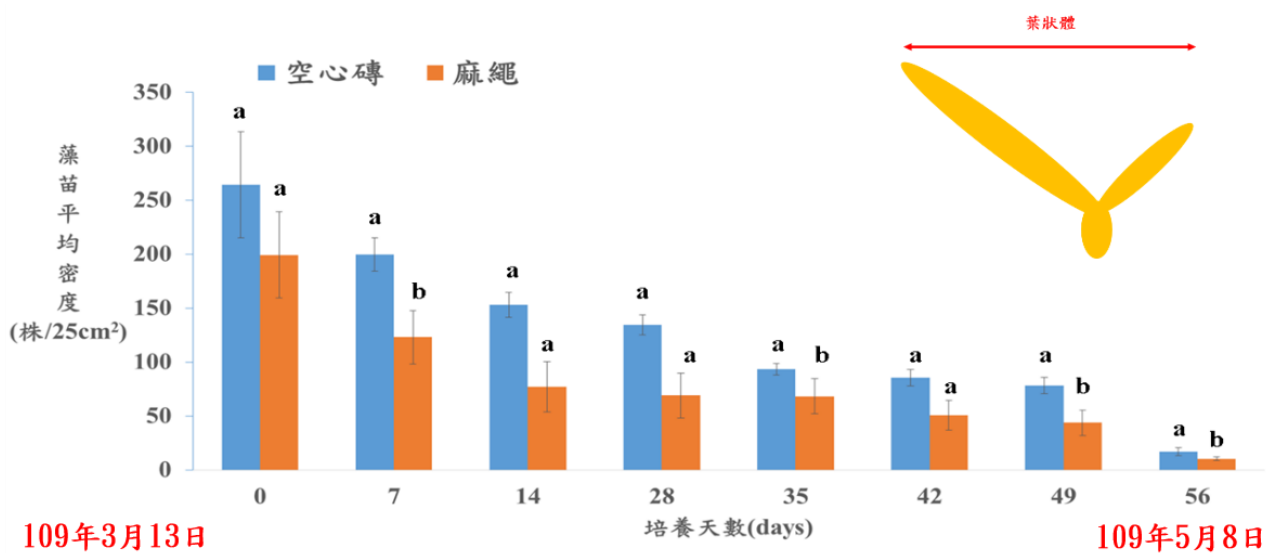
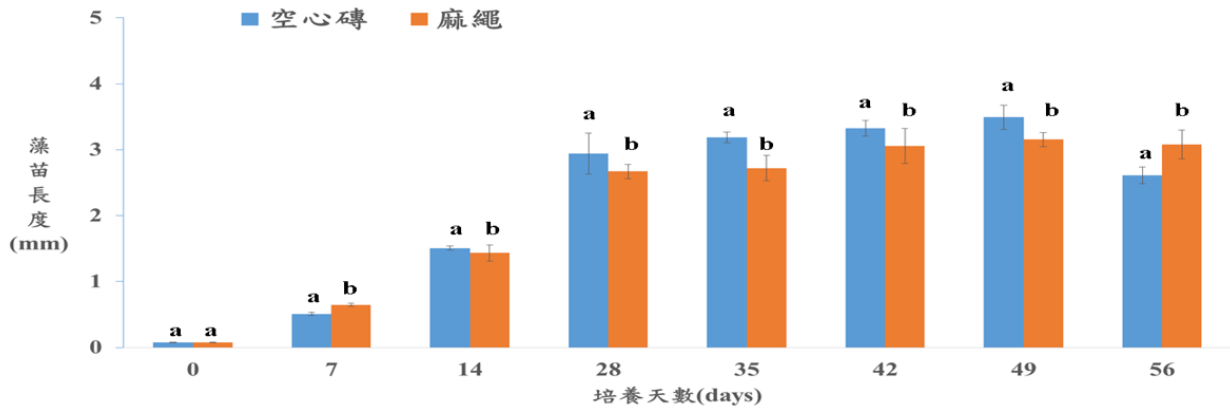


圖 26. 育苗 56 天，兩組基質對馬尾藻附著之平均密度(株/25 cm²)。



109年3月13日

109年5月8日

圖 27. 育苗 56 天，兩組基質對馬尾藻生長之藻苗長度(mm)。

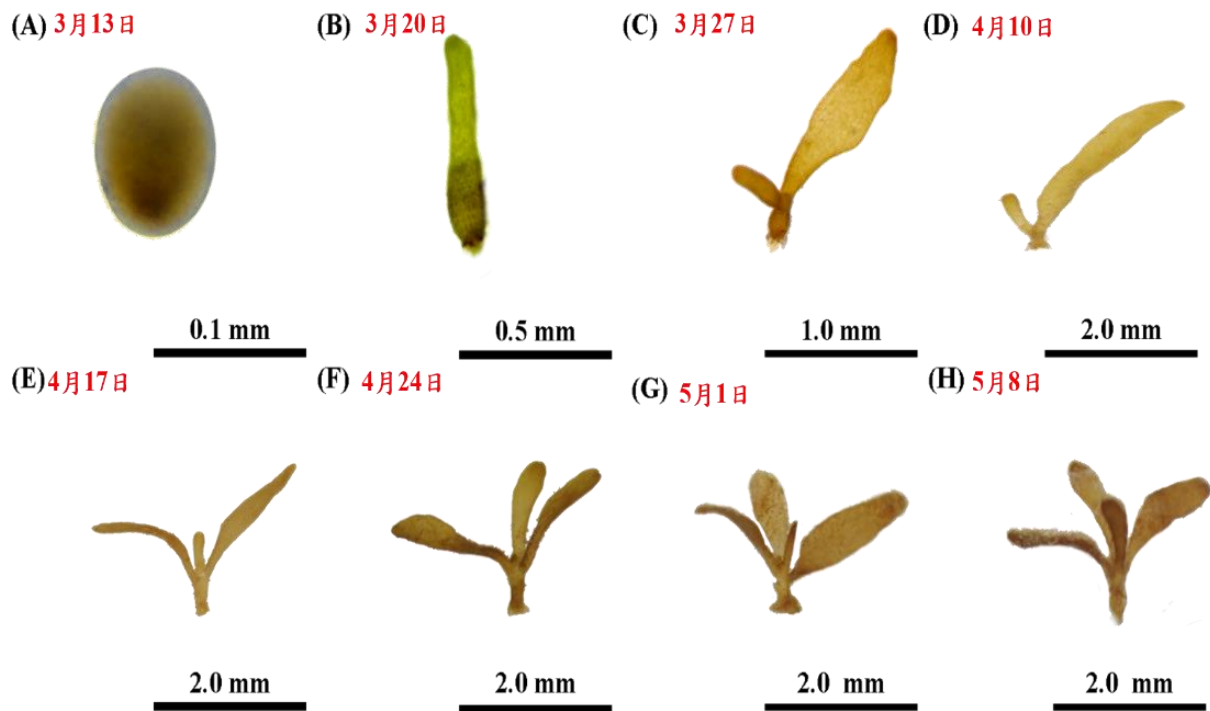


圖 28. 育苗 56 天之馬尾藻種植於空心磚之形態。

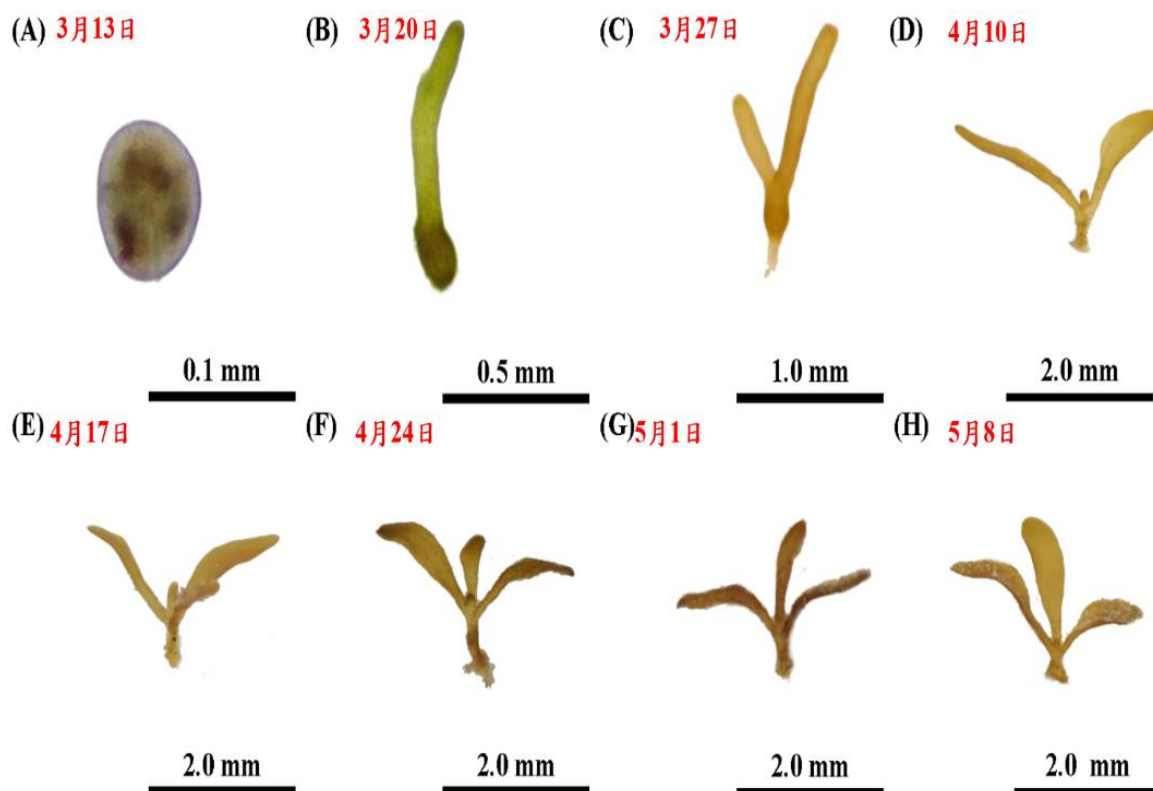


圖 29. 育苗 56 天之馬尾藻種植於空心磚之形態。

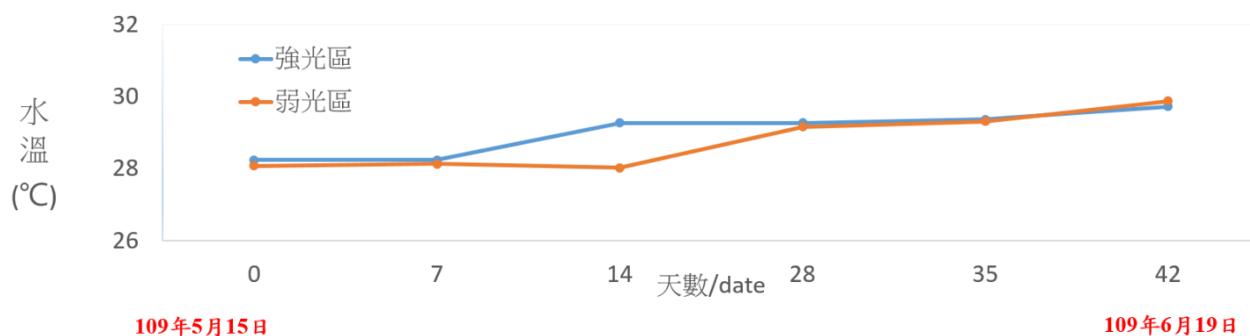


圖 30. 每七天在陸域養殖槽培育馬尾藻苗之水溫變化

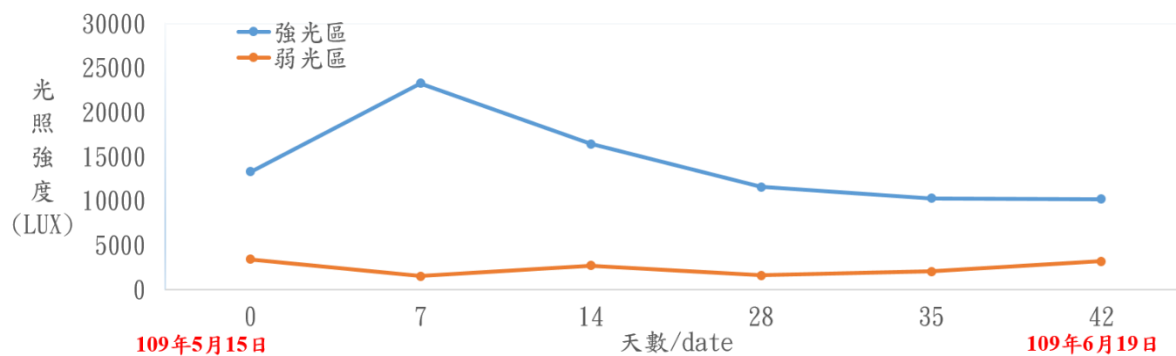


圖 31. 每七天在陸域養殖槽培育馬尾藻苗之光照強度變化。

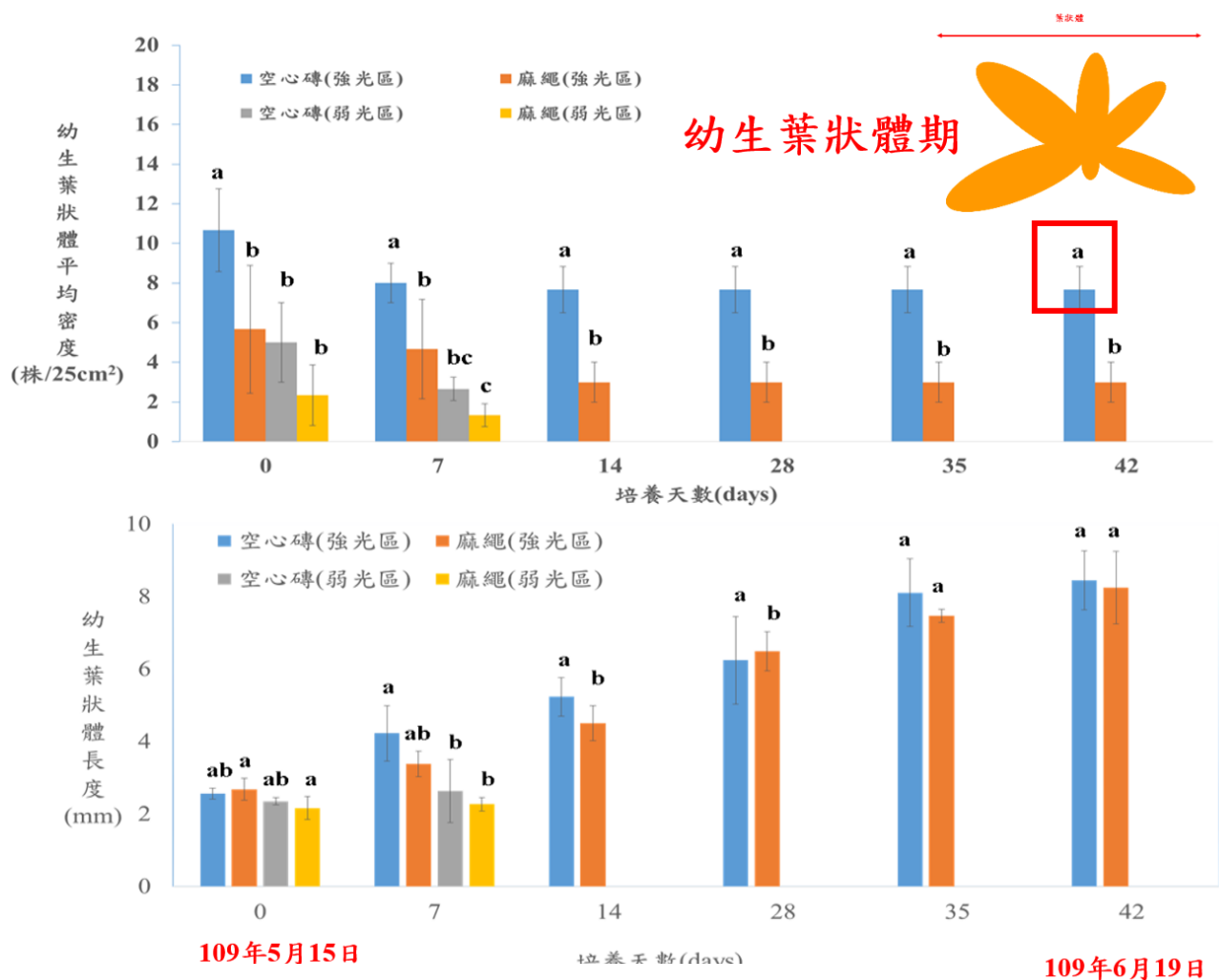


圖 32. 在室內採光區域培育兩組基質之馬尾藻幼生葉狀體密度與長度之影響。

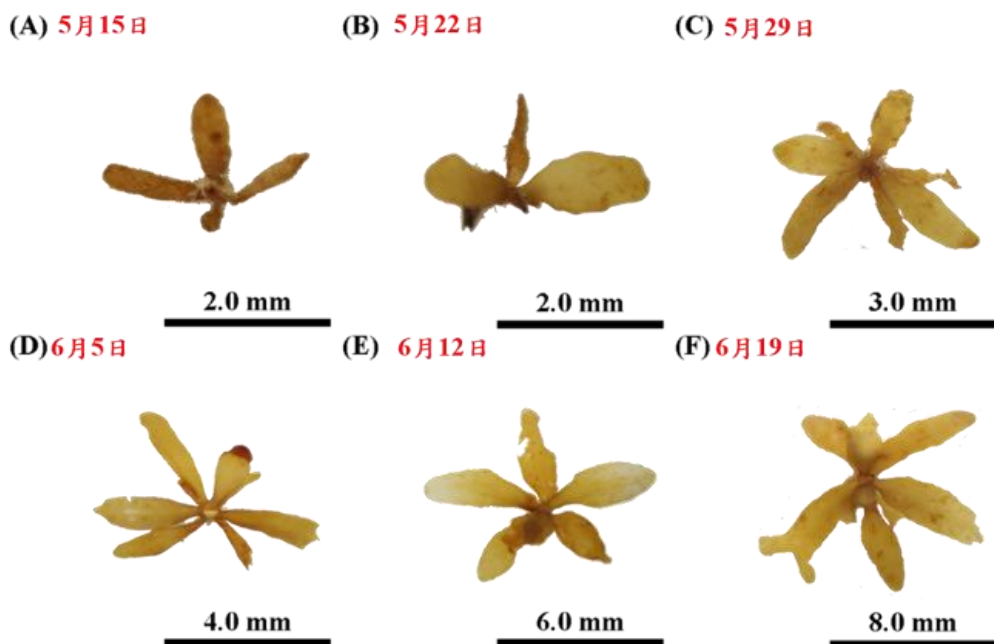


圖 33. 育苗 42 天之馬尾藻種植於空心磚之形態。

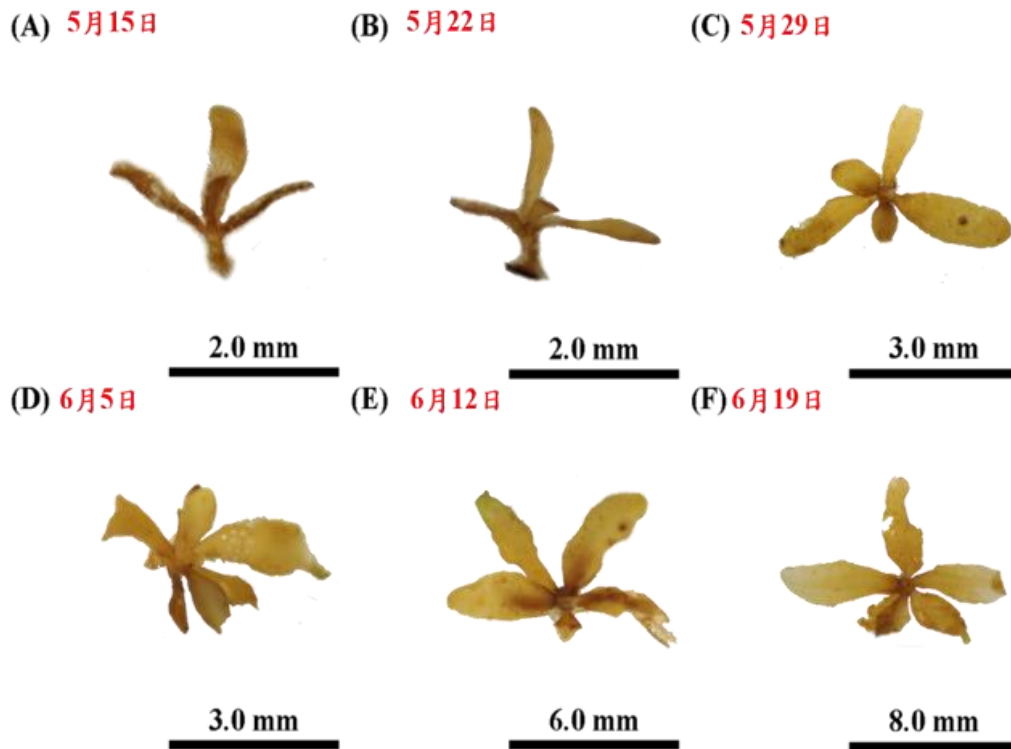
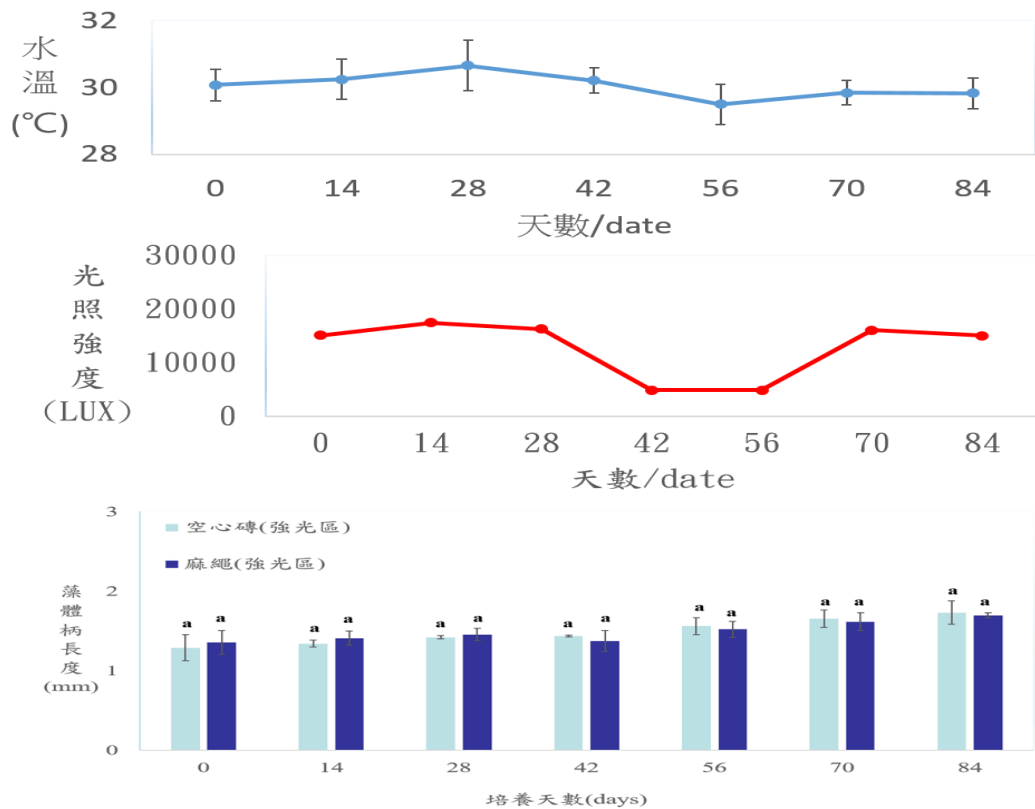


圖 34. 育苗 42 天之馬尾藻種植於麻繩之形態。



109年7月3日

109年9月25日

圖 35.在室內採光區域採自然水溫培育兩組基質之馬尾藻柄長度之影響。

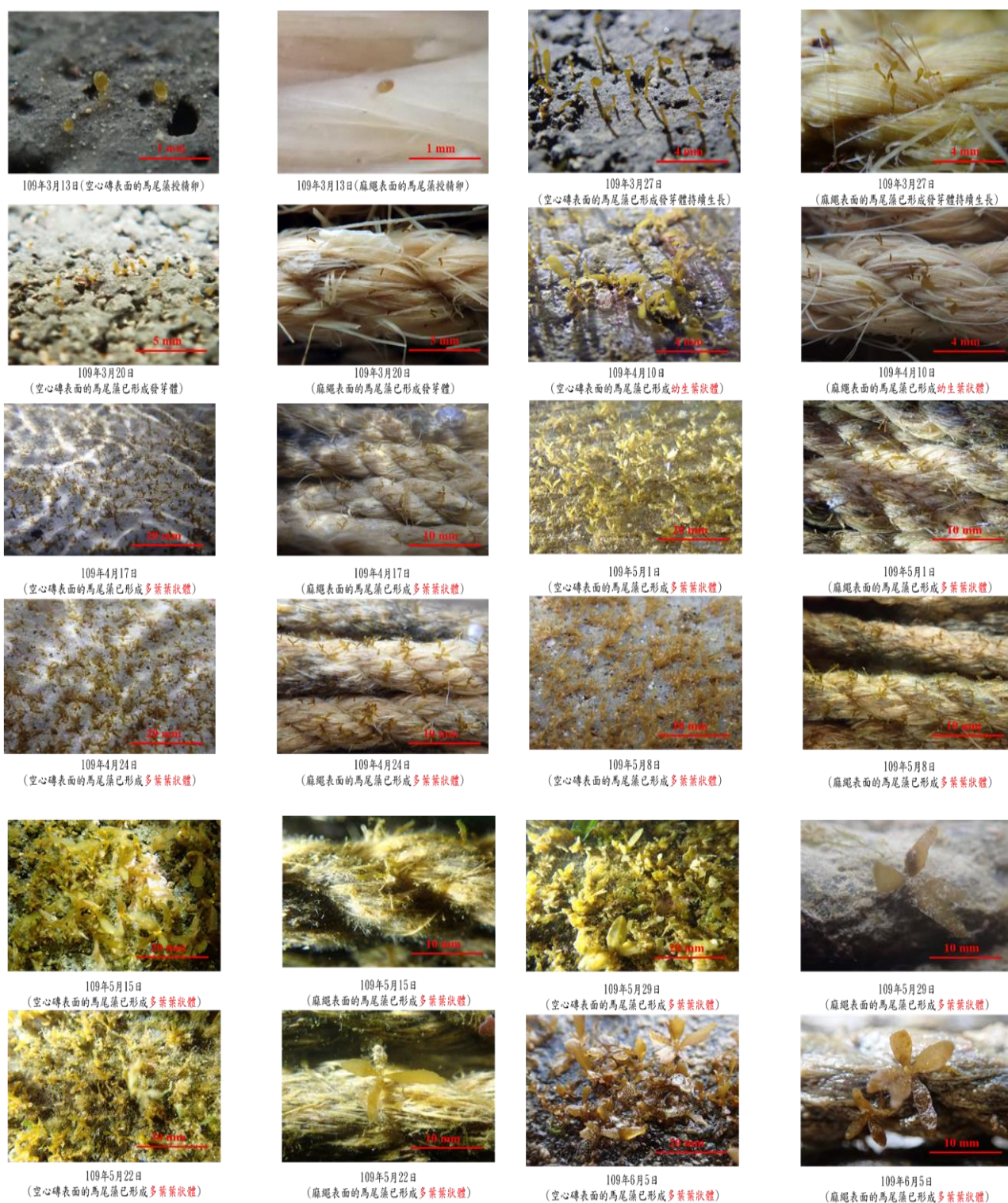


圖 36. 從 109 年 3 月 13 日至 109 年 6 月 5 日育苗馬尾藻種植兩組基質(空心磚與麻繩)之形態。



圖 37. 從 109 年 7 月 3 日至 109 年 9 月 25 日育苗馬尾藻種植兩組基質(空心磚與麻繩)之形態。

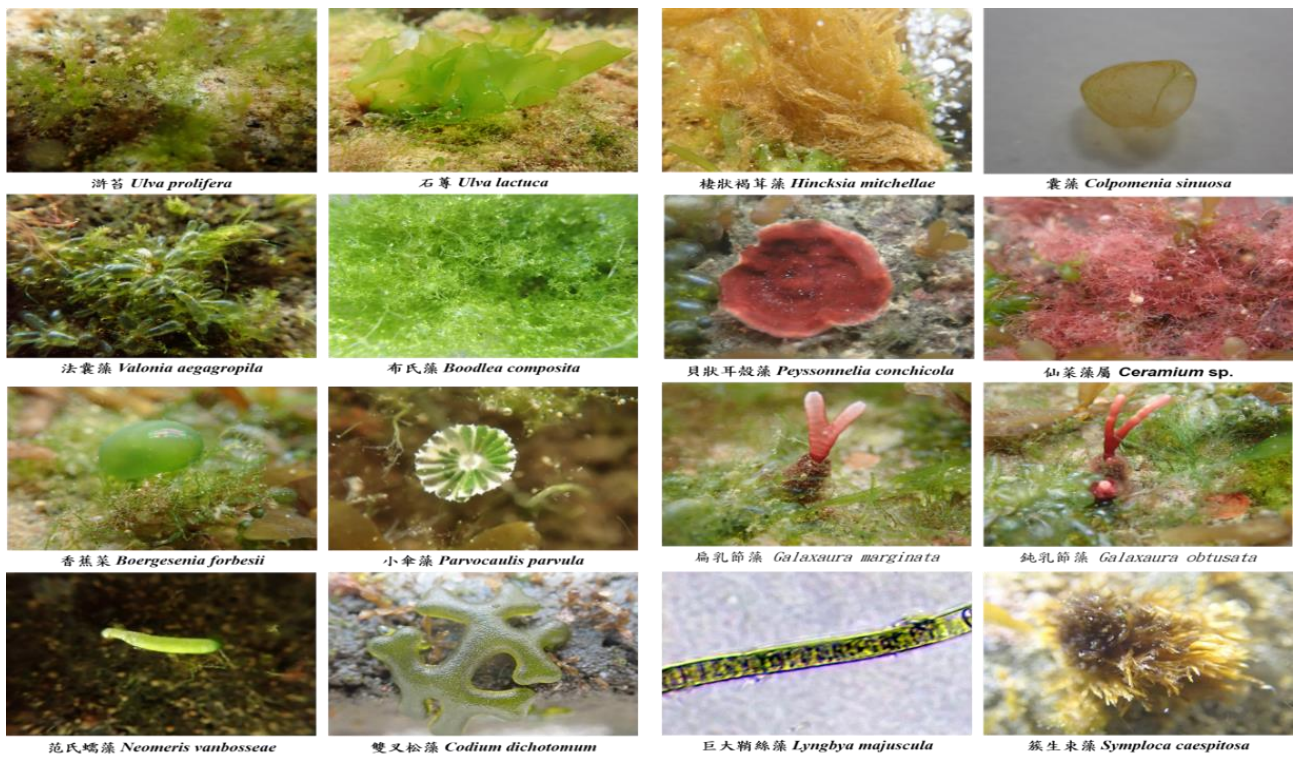


圖 38. 強光照會產生其它大型海藻的競爭

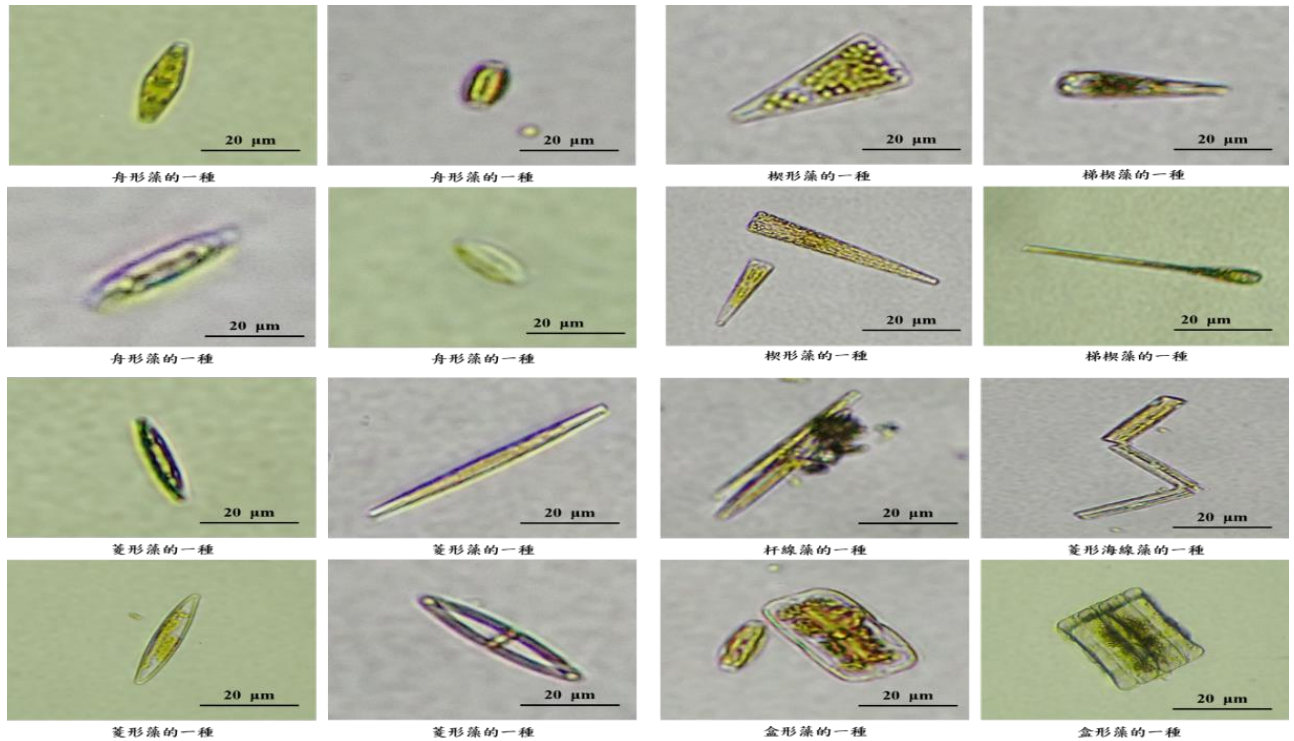


圖 39. 低光照會產生其它微矽藻的競爭

第三節 完成陸域水槽養殖馬尾藻床之育苗評估

冬青葉馬尾藻 *Sargassum ilicifolium* 的繁養殖技術關鍵在於一開始取得種苗，主要於 3 月份取得種苗後附著於兩組基質(空心磚與麻繩)上，每週派專業研究人員至屏東國立海洋生物博物館水族實驗中心室，以人力刷洗並清除寄生在藻苗上的雜藻，在清除雜藻過程中，仍會使藻苗脫落或者受損，因此，在育苗試驗期間要加裝過濾袋，防止水產動物的卵帶入培育桶內，及避免藻食性天敵如扁跳蝦、螺類及海兔的侵入，已減少藻苗被啃食的機會，以利促進藻苗快速的生長。然從受精卵發育為幼生葉狀體至少需培育 6 個月(5-9 月)止，幼生葉狀體發育為直立葉狀體，亦需要一段照顧期程。由於本地原生種的馬尾藻成長研究生活史甚少，必須要持續管理及每週加強清洗藻體附著物，更能夠將馬尾藻苗穩固種植在空心磚與麻繩 (圖 40)。今年初步完成試驗馬尾藻陸域水槽養殖研究，業已順利成功開發馬尾藻人工附苗技術，結果以空心磚對冬青葉馬尾藻生長最佳 (圖 41)，後續將會持續量產本地原生種類的馬尾藻，未來期能拓展臺灣西南海域已達海洋生態棲地復育之需求。



圖 40.繁養殖冬青葉馬尾藻 *Sargassum ilicifolium* 的培育槽系統。

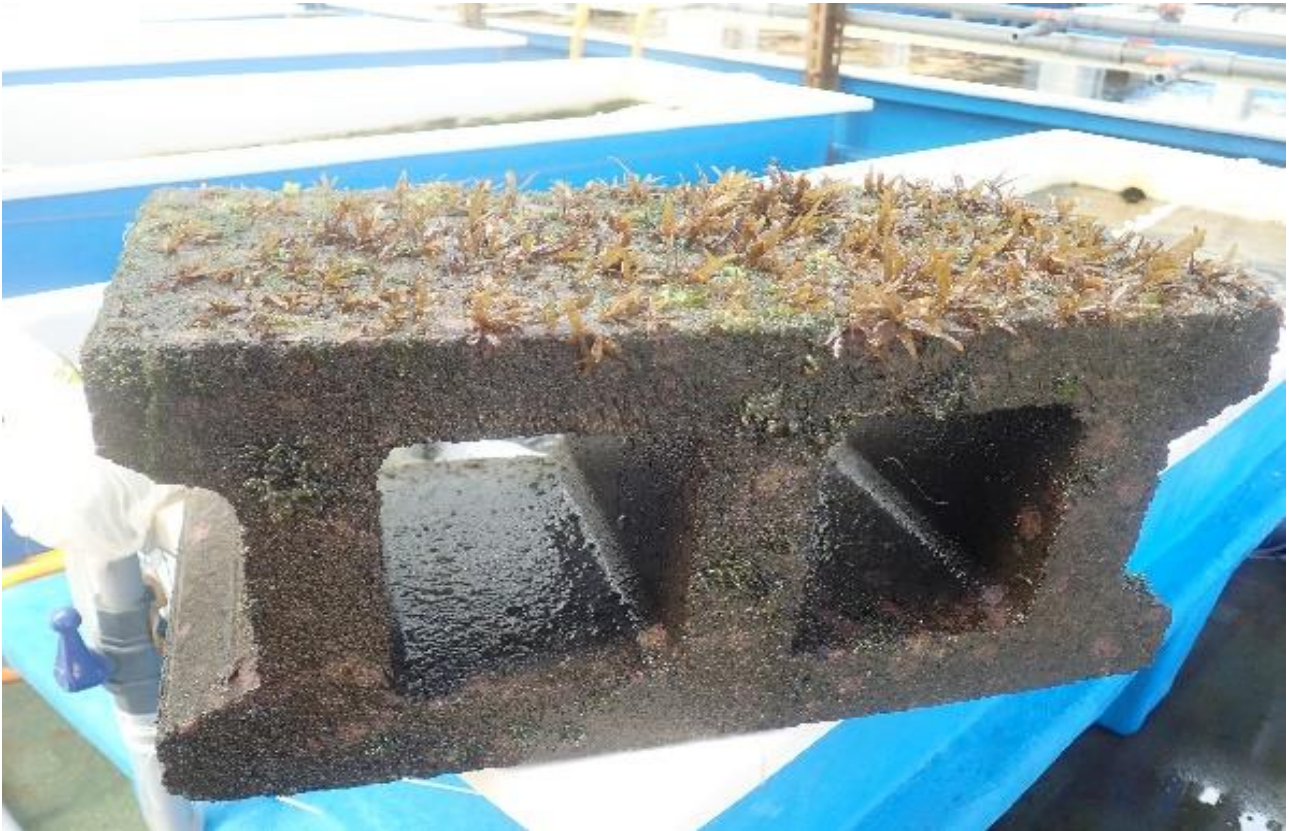


圖 41.培育冬青葉馬尾藻的生長最佳基質為空心磚。

第四節 完成馬尾藻床移植潮間帶與海域掛養之調查及評估

本次試驗在屏東海洋生物博物館水族實驗中心內建立馬尾藻人工產苗及育苗方法，將種苗附著至空心磚表面成「馬尾藻藻磚」，在適當種苗長成直立葉狀體的階段，移至屏東枋山楓港潮間帶，每個月定點觀察「馬尾藻藻磚」並評估生長情形 (圖 42)；在 10 月中旬，經室內採光以人工培育馬尾藻種苗並附著在空心磚上，已形成「馬尾藻藻磚」，等退潮及風浪小的時機點，以人工搬運「馬尾藻藻磚」至臺灣西南海域屏東枋山楓港潮間帶，此地形風浪極大並無適合在海域進行掛養作業。今年首次在枋山楓港潮間帶進行實海驗證，移植日期為 109 年 10 月 15 日，將「馬尾藻藻磚」放置在潮間帶，找尋適合養成區域，利用自然水溫及光照培育，並需能每日受到漲退潮及更換新鮮的海水補充營養鹽，水質亦較為穩定。屏東西南海域外海常有風浪及容易造成水中混濁度高之外，並含懸浮物質直接覆蓋「馬尾藻藻磚」表面，使藻苗生長受限，因此需長期觀測藻磚之生長情形。109 年 11 月 26 日再次去觀察「馬尾藻藻磚」，並無法發現「馬尾藻藻磚」位置，推測可能受到強力海浪的沖蝕，造成人工培育的「馬

尾藻藻磚」翻滾至岸上，同時，海水夾雜泥沙及礫石覆蓋，導致實海驗證需要調整並改進（圖 43-45）。

後續實海驗證，期待未來能連續採苗，透過人工與自然養成至成熟藻體，在適當的時機點取得一定的人工種苗（受精卵），嘗試以人工大規模生產「馬尾藻藻磚」，尋找適合放養的海域棲地環境。本研究初步可建立完全養殖冬青葉馬尾藻 *Sargassum ilicifolium*，未來能提升復育馬尾藻棲地復育之關鍵，以期能復育海洋生態基礎建立。



圖 42. 109 年 10 月 15 日「馬尾藻藻磚」移植至潮間帶生長。



圖 43. 109 年 10 月 15 日評估「馬尾藻藻磚」移植後之生長情形。



圖 44. 109 年 11 月 26 日赴楓港潮間帶周圍的礫石灘周圍並無發現「馬尾藻藻磚」位置。

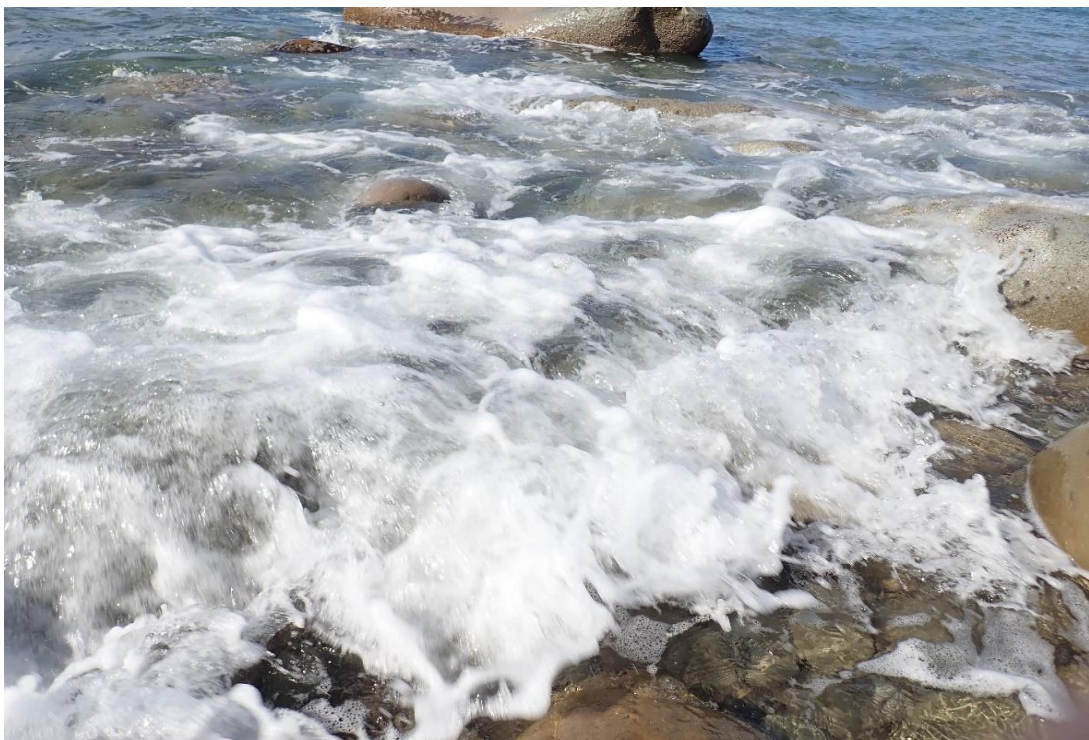


圖 45. 推測在楓港潮間帶內灣海流很強，使移植的「馬尾藻藻磚」造成翻滾或被掩埋，後續並未發現移植最佳成果。

第四章 結論與建議

本年度研究冬青葉馬尾藻生長及繁殖季節、研究溫度與光照對冬青葉馬尾藻胚胎發育和人工育苗的影響，初步得到以下結論：

- 一、冬青葉馬尾藻在屏東後灣潮間帶之繁殖季節是 3~4 月份，5、6 月水溫上升，觀察發現整株藻體已老化衰減，只殘存附著器，等待 11 月水溫降低時，再生成多葉葉狀體。
- 二、本試驗採用空心磚及麻繩當作冬青葉馬尾藻幼苗的附著基質，較為合適的附著基是空心磚。相對，冬青葉馬尾藻種苗附著麻繩上，育苗過久，藻苗不容易完整附著，因此空心磚是最適作為的附著基質。未來擬開發不同模組，作為適合各類型之棲地復育使用。
- 三、為建置陸域水槽養殖馬尾藻床之育苗，利用人工精準採集到足量受精卵，可將種苗準確附著在基質上，並完成小規模生產種苗密度及育苗生長研究。本院已成功經濟部智慧財產局申請發明專利，榮獲「馬尾藻採苗取樣裝置」與「馬尾藻育苗養殖裝置」2 項發明專利的肯定。
- 四、本研究初步在楓港潮間帶進行實海驗證，冬青葉馬尾藻藻磚被強勁海浪打翻後掩埋，未發現後續生長。但因該海域有原生的冬青葉馬尾藻，且無外來種干擾問題。明年仍持續在該海域，尋找更適合的潮間帶作為海洋復育棲地，且後續會持續滾動式修正移植潮間帶與海域掛養方法。

第五章 參考文獻

- 王素娟。1993。海藻生物技術。上海科學技術出版，上海市，第 125-133 頁。
- 王飛久、孫修濤、李鋒。2006。鼠尾藻的有性繁殖過程和幼苗培育技術研究[J]。海洋水產研究，27(5)：1-6。
- 王增福、劉建國。2007。鼠尾藻(*Sargassum thunbergii*)有性生殖過程與育苗[J]。海洋與湖沼，38(5)：453-457。
- 李來好、楊賢慶、吳燕燕。1997。馬尾藻的營養成分分析和營養學評價【J】。青島海洋大學學報，27(3)：320-325。
- 李生堯。2001。羊栖菜生產性育苗技術研究【J】。浙江海洋學院學報(自然科學版)，20(3)：251-255。
- 阮基惠、徐禮根。2001。羊栖菜 *Sargassum fusiforme* Setch 繁殖與發育生物學的初步研究。浙江水產學院學報。28(3)：315-320。
- 弈青、呂芳、吳海一、丁剛、詹冬梅。2019。不同培養條件對銅藻生長和營養組分的影響。漁業科學進展。40(4)：123-130。
- 周立進。2009。中國半葉馬尾藻 *Sargassum hemiphyllum* var. *chinense* 組織及胚胎人工繁養殖技術之研究。國立澎湖科技大學海洋創意產業研究所碩士論文。93 頁。
- 陳忠信。1986。台灣北部馬尾藻群落之結構與功能。國立臺灣大學政治研究所博士論文。
- 陳俊強。2014。厚葉馬尾藻(*Sargassum crassifolium*)種苗培育之建立。國立屏東科技大學水產養殖系碩士論文。
- 呂怡璇。2017。兩種褐藻鹿尾菜與銅藻的組織培養及其保種之研究。國立臺灣海洋大學水產養殖系碩士論文。
- 黃怡明。2018。台灣銅藻之養殖、保種及輻射激效研究。國立臺灣海洋大學水產養殖系博士論文。
- 葉翰揚。2019。冬青葉馬尾藻 (*Sargassum ilicifolium*) 人工育苗技術研究。國立臺灣海洋大學水產養殖系碩士論文。
- 徐姍楠、李禎、何培民。2006。大型海藻在近海水域中的生態修復作用及其發展策略【J】。漁業現代化。(6)：12-14。
- 孫修濤、王飛久、張立敬、王希明、李鋒、劉桂珍、劉勇。2007。鼠尾藻生殖托和氣囊的形態結構觀察。海洋水產研究。28(3)：125-131。
- 孫修濤，王飛久，王義民。2010。基於有性繁殖的鼠尾藻規模化繁育試驗[J]。漁業科學進展，

31(3) : 84-91。

詹冬梅、李美真、丁剛、宋愛環、于波、黃扎娟。2006。鼠尾藻有性繁殖育及人工育苗技術的初步研究。海洋水產研究。27(6) : 55-59。

張爾賢、愈麗君、肖湘。1995。多醣類物質對 O^2 和 OH^- 的清除作用【J】。中國生化藥物雜誌，16(1) : 9-11。

黃淑芳。2000。台灣東北角海藻圖錄。國立台灣博物館出版，臺北市，第 145 頁。

費修綬、肖天、王繼成。2000。羊栖菜生殖托的離體培養的初步研究，海洋科學，24 (3) : 1-3。

逢少軍、費修綬、肖天、王繼成。2001。通過控制卵子和精子的排放實現羊栖菜人工種苗的規模化生產，海洋科學，25(4) : 53-54。

曾呈奎、陸保仁。2000。中國海藻志(第三卷)褐藻門(第二冊)墨角藻目【M】。北京：科學出版社，54-56。

曾建璋、施志昀、徐振豐。2005。澎湖地區潮間帶生物多樣性之生態與物種調查研究計畫(二)，澎湖縣，171 頁。

鄒吉新、李源強、劉雨新。2005。鼠尾藻的生物學特性及筏式養殖技術研究[J]。齊魯漁業，22(3) : 25-29。

錢樹本、劉東豔、孫軍，2005。海藻學。中國海洋大學出版社，586 頁。

西垣友和、道家章生、和田洋藏。2007。立体攪拌方式によるホンダワラの種苗生産。京都府立海洋センター研究報告。第 29 号。第 13-15 頁。

豬野俊平，1947。海藻の發生【M】。東京：日本笠井出版印刷社，67-81。

Azana-Corrales, R., Aliaza, T. T. 1999. *In vitro* carpospores release and germination in *Kappaphycus alvarezii* (Doty) from Tawi-Tawi, Philippines. Bot. Mar., 42: 281-284.

Ang P O. 2007. Phenology of *Sargassum* spp. in Tung Ping Chau Marine Park. Hong Kong SAR China [J]. Developments in Applied Phycology. 1 (8): 403-410.

Brophy, T. C and S. N. Murray. 1989. Field and culture studies of a population of *Endarachne binghamiae* (Phaeophyta) from Southern California. J. Phycol, 25: 6-115.

Chen, Y. C. 2011. The effect of shifts in medium types on the growth and morphology of *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*). Journal of Marine Science and Technology. 19/5: 565-570. (EI)

Cambie, C. R. and Ferguson, R. L. 2003. Potential functional foods in the traditional Maori diet. Mutation Research, 523-524 : 109-117.

Dai, J., Y. Zhen., W. Liu., Z. Bao., B. Han., S. Shen and L. Zhou. 2004. Seedling production using

- enzymatically isolated thallus cells and its application in *Porphyra* cultivation. J. Phycol 512, 129-131.
- Guiry, M.D. and Guiry, G.M. 2019. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway.
- Glenn, E. P., Moore, D., K. Fitzsimmons and C. Azevedo. 1996. Spore culture of the edible red seaweed, *Gracilaria parvispora* (Rhodophyta). Aquaculture, 142: 59-74.
- Glenn, E. P., D. Moore., C. Machado., K. Fitzsimmons and S. Menke. 1996. Atlas of *Gracilaria parvispora* spore culture. National Coastal Resources Institute, Portland, OR.
- Gao, Kunshan and W. Hua. 1997. In situ growth rates of *Sargassum horneri* (Fucales, Phaeophyta). Phyc. Res, 45: 55-57.
- Hwang, E. K., J. M. Baek and C.S. Park. 2007. Assessment of optimal depth and photon irradiance for cultivation of the brown alga, *Sargassum fulvellum* (Turner) C. Agardh. J. appl. Phycol, 19, 787-793.
- Hwang, E. K., C. S. Park and J. M. Baek. 2006. Artificially seed production and cultivation of the edible brown alga, *Sargassum fulvellum* (Turner) C. Agardh: Developing a new species for seaweed cultivation in Korea. J. appl. Phycol, 18:251-257.
- Kirihara, S., Y. Fujikawa and M. Notoya. 1997. Axenic tissue culture of *Sargassum confusum* C. Agardh (Phaeophyta) as a source of seeds for artificial marine forest. Journal of Marine Biotechnology. 5: 142-146.
- Lu, B. R. and C. K. Teng. 2004. Studies on four new species of the malacocarpic *Sargassum* (Sargassaceae, Heterokontophyta) in China. Hydrobiologia. 512: 193-9.
- M.D. Guiry in Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2019. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 14 March 2019.
- Pang, S. J., L. T. Chen., D. G. Zhuang., X. G. Fei and J. Z. Sun. 2005. Cultivation of the brown alga *Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamura: enhanced seeding production in tumbled culture. Aquaculture. 245: 321-329.
- Pang, S. J., Zhuang Z. H., Zhao H. J., and Sun J. Z. 2005. Cultivation of the brown alga *Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamura: stress resistance of artificially raised young seedlings revealed by chlorophyll fluorescence measurement. J. appl. Phycol, 19: 557-565.
- Pang, S. J., S. Q. Gao and Z. S. Jian. 2006. Cultivation of the intertidal brown alga *Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamura: controlled fertilization and early development of seedlings of seedlings in raceway tanks in ambient light and temperature. J. appl. Phycol, 18: 723-731.
- Pang, S. J., T. F. Shan., Z. H. Zhang and J. Z. Sun. 2008. Cultivation of the intertidal brown alga *Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamura: mass production of zygote-derived seedlings under commercial cultivation conditions, a case study experience. Aquaculture Research. 39: 1408-1415.

- Ruperez, P. 2002. Mineral content of edible marine seaweeds. Food Chemistry, 9 : 23-26.
- Sousa, A. P. A, Torres, M. R, Pessoa, C. 2007. In vivo growth-inhibition of Sarcoma 180 tumor by alginates from brown seaweed *Sargassum Vulgare* [J]. Carbohydrate Polymers, 69(1):7-13.
- Tatewaki, M. 1966. Formation of a crustaceous sporophyte with unilocular sporangia in *Scytosiphon lomentaria*. Phycologia. 1: 62-66.
- Uchida T. 1993. The life cycle of *Sargassum horneri* (Phaeophyta) in laboratory culture. Journal of Phycology, 29:231-235.
- Wang, W. L. and Y. M. Chiang. 1997. Economic seaweeds resource of Lu Tao, Taiwan, Proceeding of the symposium on fifth coral reef conference. pp. 253-262.
- Yoshida, G., Uchida T., A. Shogo and T. Toshinobu. 1999. Development of adventive embryos in cauline leaves of *Sargassum macrocarpum* (Fucales, Phaeophyta). Phycol. Rese, 47: 61-61.
- Yan Xing-hong and Jing Zhang, 2014. Embryology of zygote and development of germling in *Sargassum vachellianum* Greville (Fucales, Phaeophyta). Journal of Phycology, 26:577-585.
- Zhao, Z. G., Zhao, F. G., and Yao, G. T., 2008. Early development of germlings of *Sargassum thunbergii* (Fucales , Phaeophyta) under laboratory conditions [J]. Journal of Phycology, 20(5) : 475-481.

第六章 附件

附件 1. (中華民國專利證書 發明第 M 604548 號)



1. 中華民國專利證書 發明第 M 604548 號

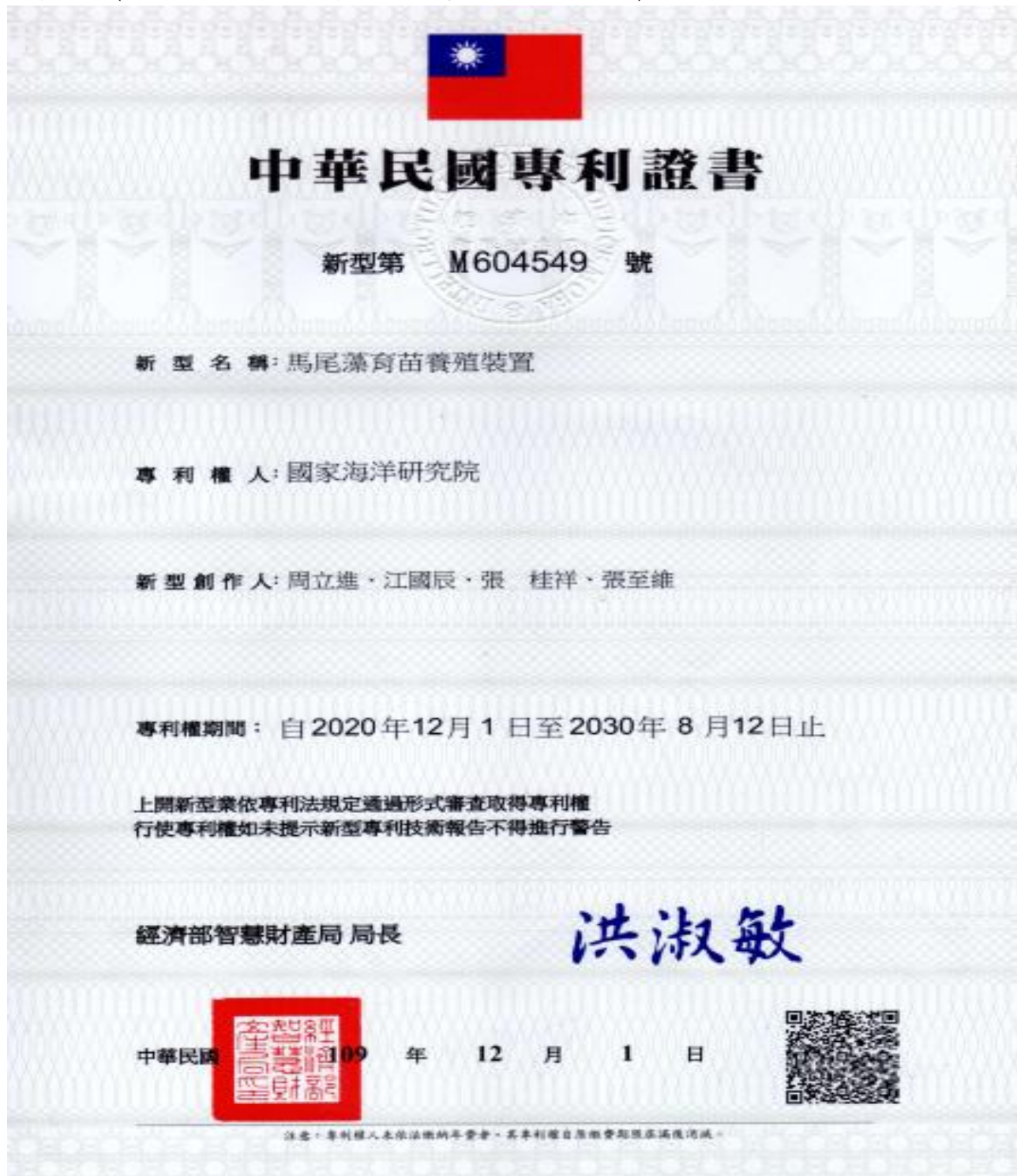
新型名稱：馬尾藻採苗取樣裝置

專利權人：國家海洋研究院

新型創作人：周立進、江國辰、張桂祥、張至維

專利權時間：2020 年 12 月 1 日至 2030 年 8 月 21 日止

附件 2.(中華民國專利證書 發明第 M 604548 號)



The image is a scan of a patent certificate from the Republic of China. At the top center is the national flag. Below it, the title '中華民國專利證書' (Patent Certificate of the Republic of China) is printed in large, bold characters. Underneath the title, the patent number '新型第 M604549 號' (New Model No. M604549) is displayed. The certificate lists the '新型名稱' (New Model Name) as '馬尾藻育苗養殖裝置' (Seaweed Seedling Cultivation Device), the '專利權人' (Patent Holder) as '國家海洋研究院' (National Marine Science Museum), and the '新型創作人' (Inventors) as '周立進、江國辰、張桂祥、張至維' (Zhou Lijin, Jiang Guochen, Zhang Guixiang, Zhang Zhizhi). The '專利權期間' (Patent Term) is specified as '自 2020 年 12 月 1 日至 2030 年 8 月 12 日止' (From December 1, 2020, to August 12, 2030). A disclaimer states that the patent is granted based on formal examination and that no infringement warnings should be issued without a technical report. The certificate is signed by the '經濟部智慧財產局 局長' (Director of the Intellectual Property Bureau) and bears the signature '洪淑敏' (Hong Shumin) in blue ink. A red square seal is placed over the date '中華民國 109 年 12 月 1 日' (December 1, 2020). A QR code is located in the bottom right corner. A small note at the very bottom reads: '注意：專利權人未依法繳納年費者，其專利權自應繳費期限屆滿後消滅。' (Note: If the patent holder fails to pay the annual fee as required by law, the patent right shall be extinguished after the expiration of the payment period.)

中華民國專利證書

新型第 M604549 號

新型名稱：馬尾藻育苗養殖裝置

專利權人：國家海洋研究院

新型創作人：周立進、江國辰、張桂祥、張至維

專利權期間：自 2020 年 12 月 1 日至 2030 年 8 月 12 日止

上開新型業依專利法規定通過形式審查取得專利權
行使專利權如未提示新型專利技術報告不得進行警告

經濟部智慧財產局 局長

洪淑敏

中華民國 109 年 12 月 1 日

注意：專利權人未依法繳納年費者，其專利權自應繳費期限屆滿後消滅。

2.中華民國專利證書 發明第 M 604549 號

新型名稱：馬尾藻育苗養殖裝置

專利權人：國家海洋研究院

新型創作人：周立進、江國辰、張桂祥、張至維

專利權時間：2020 年 12 月 1 日至 2030 年 8 月 21 日止



冬青葉馬尾藻復育在空心磚。(國海院提供)



冬青葉馬尾藻復育在麻繩。(國海院提供)



研究團隊在楓港潮間帶，投放藻磚後拍照記錄。(國海院提供)

人工復育馬尾藻 2裝置獲發明專利

〔記者洪定宏／高雄報導〕國家海洋研究院與國立海洋生物博物館，以藻磚方式，針對食品重要原料的台灣原生種冬青葉馬尾藻，成功完成人工復育，並獲得「馬尾藻採苗取樣裝置」與「馬尾藻育苗繁殖裝置」2項發明專利，有助建立大型棲地復育，開發經濟價值。

國海院攜手海生館 成功達陣

這2項發明的專利權人是國家海洋研究院，新型創作人為國海院助理研究員周立進、副研究員江國辰、研究員張至維，以及海生館生物馴養組副研究員兼主任張桂祥。

國海院院長邱永芳肯定研發團隊努力，相信發明專利能獲得學術界與產業界重視，儘速建立大型棲地，進而提升海膽等海洋生物的棲地利用，擴大海洋產業的經濟價值。

國海院助理研究員周立進表示，全球馬尾藻屬有500多種，主要生長在熱帶及亞熱帶沿岸水域，其群落往往形成海中林，有助其他海洋生物棲息與繁殖，其中冬青葉馬尾藻為台灣原生種，曾出現在屏東縣南塹丁、新北市東北角及澎湖縣的潮間帶。

冬青葉馬尾藻的用途很廣，除了應用於棲地復育外，也可提供人類食用、動物飼料及肥料，深具生態與經濟價值，有必要建立人工復育技術、大量生產。

國海院與海生館合作進行人工復育，選擇屏東楓港的潮間帶，做為人工復育棲地的實驗場域。

空心磚與麻繩當作附苗材質

海生館生物馴養組副研究員兼主任張桂祥指出，研究團隊在恆春半島採集原生種的冬青葉馬尾藻，以空心磚與麻繩當作附苗材質，利用室內採光及天然海水，培育在地種冬青葉馬尾藻。

經過約1年努力，已從自然環境中，精準採集到足量受精卵，同時在實驗室內以人工刺激方式，獲得大量胚細胞，可在人為控制條件下繼續生長，建立連續培養冬青葉馬尾藻苗的育苗技術。

小檔案

冬青葉馬尾藻 繁殖後腐敗等重生

冬青葉馬尾藻又稱重綠葉馬尾藻，為台灣原生種，全長10公分至30公分，通常生長在垂直與水平分布的礁岩地形。每年3月至4月為繁殖期，但4月初藻體開始腐敗，然後只剩根部附著在岩石，等待隔年繁殖受精並重新萌發。

(整理：記者洪定宏)

人工復育馬尾藻 2 裝置獲發明專利

附件 4. 參加 110 年臺灣水產學會(110 年 1 月 26 日/星期六)



臺灣產馬尾藻人工藻床育苗技術開發

周立進^{1,2}、江國辰¹、張桂祥^{3,4}、張至維^{1,3,5}

1. 國家海洋研究院海洋生態及保育研究中心
2. 國立臺灣海洋大學水產養殖系
3. 國立海洋生物博物館
4. 國立東華大學海洋生物研究所
5. 國立中山大學海洋科學系

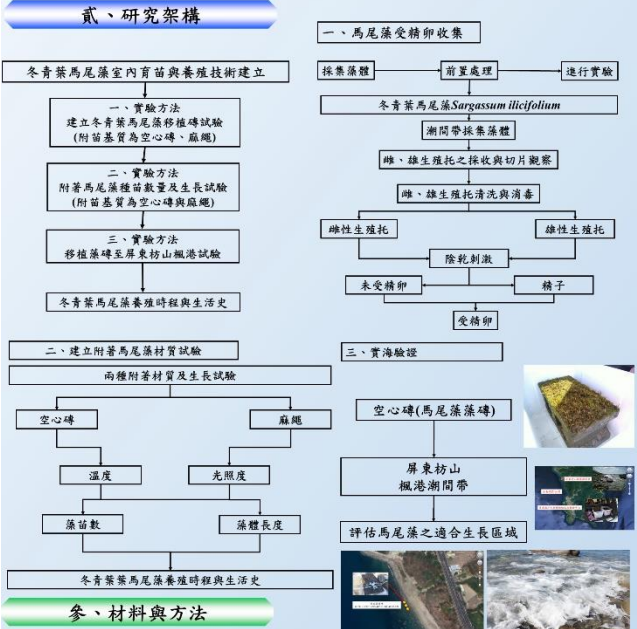
✉: choulc@naor.gov.tw^{1,2}

壹、前言

海洋是生命的起源，也蘊藏著豐富的生物及非生物資源，加上海洋具有調節氣候之功能，因此成為地球上最大的維生系統。然而占地球表面積70%的海洋中，「海藻」仍是扮演著重要的基礎生產者角色，除能產生氧氣、製造食物、淨化水質、沉積碳酸鈣(CaCO₃)協助珊瑚造礁外，亦是海洋生物成長、覓食、繁殖、避難的場所。因此海藻對於海洋生態系之平衡與穩定及海洋漁業資源提升等，均具有一定程度的影響力。全球的馬尾藻屬有539多種(Guiry et al., 2020)，在熱帶及亞熱帶之沿岸水域中，其群落往往形成熱帶及亞熱帶水域中之海中林。馬尾藻是臺灣海域最常見的藻種之一，其形成的海藻林為重要的海洋生態系。除能形成「聚魚」效益的藻場外，也能夠產生氧氣與製造食物，並能對其他海洋生物造成正面影響，例如提供海洋生物棲息、攝食、庇護等功能。然而海洋生物所排洩出的含氮廢物、殘餌等沉積物，亦可讓藻場充分吸收養分、行光合作用及固定二氧化碳，以達到優化海底環境及增進漁業資源。此外，人工藻場具有部分人工魚礁之功能，且造價較低於人造的物體，並具有與人工魚礁相同之功能，符合人類與自然得以和諧發展共榮共存，因此海藻床的生長之良窳與否，則進一步影響到漁業資源之豐歉。

保護海洋生態為近年國際間重視之議題，而栽植馬尾藻床除能改善棲地外，並能利用藻場於生態系中的多面功能逐漸恢復海洋資源。目前臺灣為減少全球碳排放量，於2018年進行臺灣西岸離岸風電場開發可能會影響原有漁場之功能與生物組成，且有可能影響當地之漁業活動及收益。若能建立馬尾藻人工培育技術，除對於未來海洋棲地復育、漁業資源增進，以及當地鯨豚飼料來源等方面有所助益外，亦對於養殖用餌料、醫藥或食品加工等均有正面之幫助。

貳、研究架構



參、材料與方法

一、馬尾藻種來源與形態分類

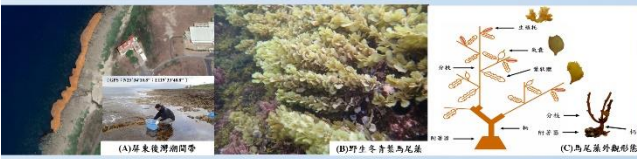


圖1、2019年3-4月在屏東後灣潮間帶採集冬青葉馬尾藻之型態與分類(圖A-C)。

二、馬尾藻雌雄與成熟度之辨識



圖2、清洗冬青葉馬尾藻之成熟雌體(A)，放置於塑膠培養皿(90 mmx15 mm)，加入 PES 海水培養液，以種子將生體固定，用單刀片切開生體托，厚度約0.1-0.2 mm，顯微鏡檢視生體，辨識雌、雄生體(B、C)，並拍攝其生體內部構造。

肆、結果與討論

一、建立冬青葉馬尾藻育苗及開發試驗



圖9、馬尾藻受精卵附著至基質上形成發育體階段(示意圖)

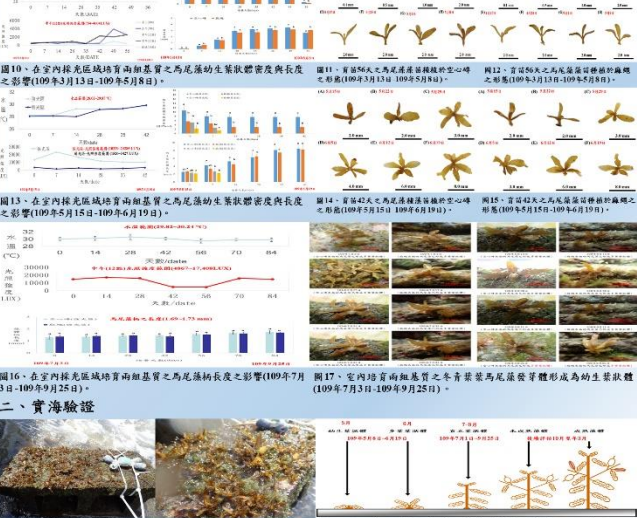


圖10、在室內採光區域培育兩組基質之馬尾藻的生長狀態與長度之影響(109年3月13日-109年5月8日)。

圖11、育苗42天之馬尾藻苗體附著於空心磚之影響(109年3月13日-109年5月8日)。

圖12、育苗42天之馬尾藻苗體附著於麻繩之影響(109年3月13日-109年5月8日)。

圖13、在室內採光區域培育兩組基質之馬尾藻的生長狀態與長度之影響(109年5月15日-109年6月19日)。

圖14、育苗42天之馬尾藻苗體附著於空心磚之影響(109年5月15日-109年6月19日)。

圖15、育苗42天之馬尾藻苗體附著於麻繩之影響(109年5月15日-109年6月19日)。

圖16、在室內採光區域培育兩組基質之馬尾藻的生長狀態與長度之影響(109年7月3日-109年9月25日)。

圖17、在室內培育兩組基質之冬青葉馬尾藻發育體成為的生長狀態(109年7月3日-109年9月25日)。

二、實地驗證

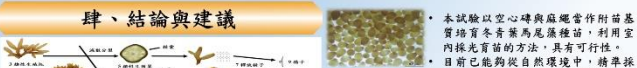


圖18、「馬尾藻」種在潮間帶生長。圖19、評估「馬尾藻」種在潮間帶生長情形。

圖19、馬尾藻的生長狀態與基質、養分供應狀態(示意圖)

肆、結論與建議

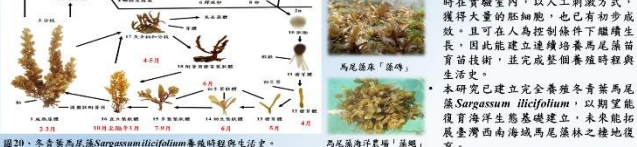


圖20、冬青葉馬尾藻Sargassum ilicifolium養殖時與生活史。

馬尾藻海洋農場「藻」。

- 本試驗以空心磚與麻繩當作附著基質培育冬青葉馬尾藻種苗，利用室內採光育苗的方法，具有可行性。
- 目前已能從自然環境中，精準採集到足量冬青葉馬尾藻受精卵，同時在實驗室內，以人工刺激方式，獲得大量的胚細胞，也有初步成效。且可在人為控制條件下繼續生長，因此能建立連續培養馬尾藻育苗技術，並完成整個養殖時程與生活史。
- 本研究已建立完全養殖冬青葉馬尾藻Sargassum ilicifolium，以期能恢復海洋生態基礎建立，未來能拓展臺灣西南海域馬尾藻林之棲地復育。

周立進、江國辰、張桂祥、張至維 (2021) 臺灣產馬尾藻人工藻床育苗技術開發，臺灣水產學會論文發表研討會，基隆。AP-25。

人工藻場：海洋農場發展新契機

撰文／周立進（國家海洋研究院海洋生態及保育研究中心助理研究員）

江國辰（國家海洋研究院海洋生態及保育研究中心副研究員）

關鍵字／海洋環境、繁殖培育、人工藻場、海洋農場、馬尾藻

近年來，海洋環境因為受到人類活動、棲地破壞、污染、外來種入侵及氣候變遷等問題，而面臨甚大的壓力。且在未經妥善的管理及適當的保護機制下，可能會造成物種瀕臨滅絕，甚至已經滅絕或生態系失衡等問題，進而直接或間接影響人類的存活及發展及生存。所以為了讓生物多樣性得以永續，需要透過一些方式來保護，像是「保育」，「復育」、「永續利用」、「教育」與「研究」等，其中復育包含物種的繁殖培育及棲地回復或改善，而「人工藻場」亦是棲地復育方式中的一項。



圖說／綠蠵龜吃食馬尾藻之狀況

圖片提供／國家海洋研究院海洋生態及保育研究中心

海藻的重要性

海藻一般而言，指的是生長於海洋中的「大型藻類」，它們因內部構造無維管束組織的分化，所以不具有真正的根、莖、葉等器官，主要是藉由類似根的附著器攀附在潮間帶及亞潮帶之礁石上。臺灣目前已記錄生長在海岸的大型藻類種類約有600種，在分類上可分為4類群，分別為藍綠藻門（Cyanophyta）、綠藻門（Chlorophyta）、淡色藻門（Ochromyza）及紅藻門（Rhodophyta）的種類。「海藻」在生態系內扮演著重要的基礎生產者角色，除能產生氧氣、提供食物、淨化水質、沉澱碳酸鈣（ CaCO_3 ）協助珊瑚造礁外，其形成的海藻林可提供給海洋生物，成為棲息、覓食、繁殖，以及庇護的場所。此外，海洋生物所排泄出的含氮廢物、殘餌等沉積物，可讓藻場充分吸收養分，同時能進行光合作用及固定二氧化碳，具達到優化海底環境及增殖漁業資源的功能。



Artificial Algal Forest: A New Opportunity for the Development of Ocean Farming

Li-Chin Chou (Assistant Research Fellow, Marine Ecology and Conservation Research Center, National Academy of Marine Research), Guo-Chen Jiang (Associate Research Fellow, Marine Ecology and Conservation Research Center, National Academy of Marine Research)

Translated by Linguitronics

Keywords: Marine environment, cultivation, artificial algal forest, Ocean farm, Genus *Sargassum*

In recent years, the marine ecosystem has been under great pressure due to issues such as human activities, habitat destruction, pollution, invasive alien species and climate change. Without adequate management and proper protection mechanisms, many species will be on the verge of extinction; some species have already become extinct, and ecosystems are becoming imbalanced. These issues will, directly or indirectly, have an impact on human development and survival. Therefore, if we want to achieve sustainable biodiversity, we need to protect it by implementing a variety of strategies, including conservation, rehabilitation, sustainable use of resource, education and research, etc. Among these, rehabilitation works include the cultivation of species and habitat improvement or restoration. One of the ways to rehabilitate habitats is by introducing artificial algal forest.



Feeding green sea turtles with *Sargassum*
Image by Marine Ecology and
Conservation Research Center,
National Academy of Marine
Research

Importance of Seaweed

In general, seaweed refers to the macroalgae that grow in the ocean. They did not have roots, stems or leaves because their inner structure lacks vascular tissue; therefore, they mainly rely on root-like attachments at the base to help them cling to reef rocks in the intertidal and subtidal zones. Currently, Taiwan have been recorded about 600 macroalgae species on the coast, which can be classified into four groups: Cyanophyta, Chlorophyta, Ochrophyta and Rhodophyta. Seaweeds play a crucial and fundamental role in the ecosystem. They not only produce oxygen, provide food, purify water, and help