

行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 100-06-05-01

澎湖青螺及菜園溼地紅樹林栽植之可行性研究(二)
Feasibility of Mangrove plantation at the Chinglo and Caiyan
wetland, Penghu County, Taiwan (2)



委託機關：行政院農業委員會屏東林區管理處

執行機關：國立屏東科技大學

計畫主持人：范貴珠

協同主持人：徐志宏

中華民國 101 年 6 月

行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 100-06-05-01

澎湖青螺及菜園溼地紅樹林栽植之可行性研究(二)
Feasibility of Mangrove plantation at the Chinglo and Caiyan
wetland, Penghu County, Taiwan (2)



委託機關：行政院農業委員會屏東林區管理處

執行機關：國立屏東科技大學

計畫主持人：范貴珠

協同主持人：徐志宏

中華民國 101 年 6 月

目錄

圖目錄-----	IV
表目錄-----	V
摘要-----	VII
壹、前言-----	1
貳、前人研究-----	4
一、紅樹林復育的理由-----	4
二、紅樹林生態系復育之特殊考慮-----	5
三、紅樹林復育技術之選擇-----	8
四、紅樹林苗圃之必要性及闢建方法-----	11
五、臺灣之紅樹林人工栽植及復育概況-----	14
參、試驗區概況-----	27
一、青螺及菜園試驗區地理位置-----	27
二、澎湖自然環境-----	27
三、青螺試驗區概況-----	29
四、菜園試驗區概況-----	34
肆、研究項目-----	37
一、栽植試驗地選定-----	37
二、試驗地環境因子測定-----	39

三、紅樹林苗木培育-----	45
四、青螺濕地紅樹林栽植試驗-----	48
五、菜園濕地紅樹林栽植試驗-----	58
六、青螺濕地真武廟前紅樹林栽植觀察-----	62
伍、結果-----	63
一、試驗地環境因子-----	63
二、青螺濕地紅樹林栽植試驗-----	70
三、菜園濕地紅樹林栽植試驗-----	87
四、青螺濕地真武廟前紅樹林栽植觀察-----	92
陸、討論-----	93
一、試驗地環境因子-----	93
二、青螺濕地紅樹林栽植試驗-----	95
三、菜園濕地紅樹林栽植試驗-----	102
四、菜園濕地五梨跤軟盆苗培育-----	104
柒、結論與建議-----	105
捌、參考文獻-----	108
玖、附錄-----	121
附錄一 澎湖 2001-2011 年氣象資料統計-----	121
附錄二 台灣不同紅樹林樹種之育苗方法及管理作業-----	135

附錄三 胎生苗群狀栽植造林法-----	141
附錄四 紅樹林造林生育地整治技術案例-----	143

圖目錄

圖 1. 紅樹林苗圃規劃簡圖-----	12
圖 2. 澎湖青螺濕地真武廟前 1994 至 2000 年紅樹林栽植示意圖-----	22
圖 3. 澎湖縣青螺國家濕地及菜園地方級濕地位置圖-----	28
圖 4. 青螺魚塭紅樹林栽植試驗區位置圖-----	37
圖 5. 菜園濕地紅樹林栽植試驗區位置圖-----	38
圖 6. 2010 年 8 月青螺魚塭紅樹林栽植試驗示意圖-----	48
圖 7. 2011 年 5 月青螺魚塭紅樹林栽植試驗示意圖-----	52
圖 8. 菜園濕地紅樹林栽植試驗位置圖-----	60

表目錄

表 1. 紅樹林生態系復育前需考慮的生育地特性-----	5
表 2. 成功復育紅樹林需考慮之因子-----	7
表 3. 紅樹林栽植生育地之鑑定-----	8
表 4. 台灣在 1945-1975 年間之紅樹林栽植計畫-----	14
表 5. 臺灣在 1994-2011 年之紅樹林栽植及復育計畫-----	15
表 6. 澎湖青螺真武廟前紅樹林栽植各樣區土壤狀況、苗木栽植時間及方式-----	23
表 7. 澎湖青螺濕地維管束植物統計表-----	30
表 8. 2012 年 5 月青螺試驗區邊村落戶數及人口數統計-----	32
表 9. 澎湖菜園濕地維管束植物統計表-----	34
表 10. 2012 年 5 月菜園試驗區邊村落戶數及人口數統計-----	35
表 11. 青螺試驗地土壤採樣點 GPS 座標-----	40
表 12. 青螺試驗區各區塊之方位、土壤及周圍環境差異-----	49
表 13. 2011 年 5 月於青螺試驗區補植不同樹種之苗木株數-----	53
表 14. 2011 年 5 月補植五梨跤及欖李苗木之形質參數及苗木品質指數-----	53
表 15. 澎湖 1998 至 2011 年之氣象資料-----	64
表 16. 澎湖 2010 年 1 月至 2012 年 5 月之氣象資料-----	65
表 17. 2011 年中央氣象局有發佈警告之颱風資料-----	66

表 18. 青螺試驗地 2011 年 7 及 9 月之水質參數-----	67
表 19. 青螺試驗地各樣區及區塊底質之主要養分特性-----	68
表 20. 青螺試驗地 2011 年 9 月調查各樣區底質之粒徑分布----	69
表 21. 青螺試驗地栽植在不同樣區之欖李及五梨跂苗木成活 率-----	71
表 22. 青螺試驗地在不同樣區直插五梨跂之苗高及地徑變化-	71
表 23. 青螺試驗地 2011 年 5 月不同樣區補植之欖李及五梨跂 苗木成活率-----	74
表 24. 青螺試驗地 2011 年 5 月不同樣區補植成活苗木之苗高 及地徑-----	75
表 25. 青螺試驗地不同栽植區塊之欖李及直插五梨跂苗木成 活率-----	78
表 26. 青螺試驗地不同栽植區塊直插五梨跂之苗高及地徑變 化-----	79
表 27. 青螺試驗地 2011 年 5 月於不同區塊補植之欖李及五梨 跂苗木成活率-----	80
表 28. 五梨跂直插及 1 年生軟盆苗之抗氧化酵素活性及二苯聯 苦基自由基清除活性比較-----	84
表 29. 菜園及墾丁苗圃培育欖李苗木之抗氧化酵素活性及二 苯聯苦基自由基清除活性比較-----	84
表 30. 菜園試驗地不同位置栽植欖李及直插五梨跂苗木成活 率-----	87
表 31. 菜園試驗地不同栽植位置直插五梨跂之苗高及地徑變 化-----	88

摘要

本研究依據 2009 年執行「青螺濕地復育紅樹林之生長、族群結構及生物量調查」成果報告結果，選擇青螺濕地一廢棄魚塭及菜園濕地堤岸作為紅樹林栽植試驗區，分別以栽植欖李軟盆苗及直插五梨跤胎生苗方式，進行紅樹林耐淹水性及栽植適應性探討；並於菜園濕地海茄荖包圍之岩盤地，設置紅樹林簡易培育區培育五梨跤軟盆苗。本計畫進行 2 年栽植結果可知，青螺試驗地不同樣區水質測點之 pH、溶氧量、電導度、鹽度、溫度及濁度均屬於紅樹林生長適合範圍，但水質總氮及總磷濃度低。本試驗地之磷濃度雖然足夠，但是氮濃度呈現不足現象。不同栽植樣區之砂粒均在 50% 以上，顯示為通氣性佳，但保水與保肥能力較差的環境。青螺試驗地雖為地形緩和且有潮汐之魚塭，然因土壤及環境惡劣，對於栽植紅樹林苗木之成活率及生長均有相當限制，顯示若是在無保護的空曠生育地，以節省經費之傳統紅樹林造林方式有其困難性。由青螺魚塭之栽植適應性試驗結果顯示，除生育環境最惡劣之區塊 5 外，其餘區塊五梨跤無論直插或軟盆苗造林，平均成活率約達 50%，欖李栽植成活率約 40%，已較國外大面積紅樹林栽植之成活率為高，但因本區無淡水注入，且冬季長期低溫之嚴寒及鹽霧危害，因此呈現緩慢生長狀態。菜園濕地目前有土壤之地區已被海茄荖及少數水筆仔完全佔據，其餘地區為水流強勁之堅硬岩盤或藻類密佈之魚塭，目前不宜在此區進行栽植紅樹林工作，但在有海茄荖保護之適當地點，建議可作為紅樹林臨時苗圃之用。

【關鍵詞】 澎湖、青螺濕地、菜園濕地、紅樹林苗圃。

【Key words】 Peng-Hu, Chingluo Wetland, Caiyuan Wetland, Mangrove nursery.

壹、前言

紅樹林(mangrove)因具特殊之形態與生理特性，不僅可以攔截泥沙及擴大灘地，也有極佳之保安護岸功能，可保護海堤免於沖蝕損害。Costanza *et al.* (1997)對全球生態系統的服務價值進行評價，針對各生態系在氣候調節、水資源更新、水土保持、土壤形成、營養循環、廢物處理、棲息地維持、食品與原料生產、基因庫構成、自然景觀形成等多方面功能的估算與統計，得出紅樹林濕地生態系服務功能價值，在全球 16 種生態系中排名第 4。按貨幣價值計算，每公頃紅樹林每年可以產生高達 9,990 美元的效益，相當於珊瑚礁生態系的 1.64 倍和熱帶森林的 5 倍。而韓維棟等(2000)對中國現存自然分布總面積 13,646 hm^2 紅樹林的生態系統服務價值進行評估，結果指出中國紅樹林總的年生態服務價值為 236,531 萬元，其中生物量價值 8,163 萬元，防浪護岸價值 99,206 萬元，保護土壤價值 115,692 萬元，固定 CO_2 和釋放 O_2 價值 6,706 萬元，動物棲息價值 5,470 萬元，養分類累積價值 1,012 萬元，污染物降解價值和病蟲害價值 282 萬元。

通常沿海地區是風、沙、水、旱、潮等自然災害發生頻率高的地區，尤其是颱風造成的危害最為嚴重。紅樹林作為沿海防護林的第一道屏障，在防災減災中具有不可取代的作用。澎湖地區四面環海，海岸防風林造林綠化已頗有成效，但海岸前線仍無適當樹種栽植成林。本校曾於 1994 年時由農委會補助 1 年經費，在青螺濕地進行紅樹林復育栽植試驗，為台灣近年來最早進行之紅樹林復育研究；目前已成為澎湖最受重視之自然生態解說及賞鳥教育公園，業於 2007 年 12 月被內政部營建署列為國家級濕地。本校於 2009 年執行「青螺濕地復育紅樹林之生長、

族群結構及生物量調查」計畫，已建立此區之栽植過程、濕地之氣候、土壤、水質及 4 種紅樹林栽植 15 年後之適應性等資料，並評估建議「青螺國家級濕地」及「馬公菜園地方級溼地」2 處濕地範圍內，為澎湖沿海地區中較適合栽植紅樹林之地區。

紅樹林生態系恢復工程的關鍵是宜林地的選擇，必須考慮潮位、進水時間、潮速、海流速度、土壤和海水鹽度(最適在 0.5-2.5%)和種苗特性(不同種類耐浸水能力)等(林鵬，2003)。而潮間帶紅樹林植物幼苗的生長受到許多生物及非生物因素之影響，影響紅樹林苗木成活的因素有立地條件(溫度、潮位、底質、潮水流速、鹽度)、垃圾、藤壺、藻類、入侵種、螃蟹、鼠類、病蟲危害及人為破壞等；已有許多研究針對光照狀況(葉勇等，2001；Clarke and Allaway, 1993；Smith and Lee, 1999；Ye *et al.*, 2001；Ball, 2002)、底質土壤顆粒大小和理化性質(Clarke and Allaway, 1993；Clarke and Myerscough, 1993；Mckee, 1993；Minchinton, 2001；Ye *et al.*, 2001)、潮汐(張喬民等，1997；Clarke and Myerscough, 1993)、鹽度(Clarke and Allaway, 1993；Ball, 1988；2002)、動物取食(Robertson *et al.*, 1990；Mckee, 1995；Farnsworth and Ellison, 1997；Sousa *et al.*, 2003)、繁殖體大小(Rabinowitz, 1978；Sousa *et al.*, 2003；Lin and Stermberg, 1995)、繁殖體傳播方式(Rabinowitz, 1978；Mckee 1995；Clarke and Kerrigan, 2001)以及種間競爭(Clarke and Myerscough, 1993；Mo and Fan, 2001)等因子，對紅樹林植物胚軸或種子發芽及生長之影響進行研究。由於澎湖海岸環境相當惡劣，因此本研究參考國內外紅樹林相關報告，一方面以直插、直播及栽植造林方式，分別於適當季節進行進行五梨跤、海茄苳及欖李之小面積栽植試驗。另一方面，為避免上述人工造林成效不佳，於適當地點設置紅樹林簡易苗圃，用以培育 1-2 年生苗木。短期除可供應本計

畫所需之苗木外，未來或許亦可作為澎湖其他海岸地區之苗木供應來源；最後期能建立適合澎湖地區之紅樹林育苗及栽植模式，可供澎湖其他沿海濕地及魚塭地綠化造林之參考。

貳、前人研究

紅樹林為熱帶至亞熱帶海岸最特殊之濕地生態系，近年來已成為海岸地區氣候變遷影響之重要指標(Linton and Warner 2003)，在熱帶地區之碳素固定(carbon fixation)及碳素吸存(carbon sequestration)方面扮演重要角色(Kristensen *et al.* 2008)。

一、紅樹林復育的理由

綜合學者認為需要復育紅樹林生態系的主要理由包括保育自然生態系及景觀、自然資源之永續生產及保護海岸地區等(Field, 1998; 1999; Kaly and Jones, 1998; Imbert *et al.*, 2000)。紅樹林因特殊的形態特性，不僅可攔截泥沙及擴大灘地，亦可保護海灣不受颶風大浪直接侵襲(Field, 1998; 1999)；例如馬來西亞有 30% 海岸地區受沖蝕的影響，因此利用海堤來保護海岸的農業區；但亦會在海堤與外海間栽種列狀紅樹林，以保護海堤免於沖蝕的損害(Othman, 1994)；尤其在南亞海嘯造成三十幾萬人死傷後，紅樹林保護海岸環境的功能更為世人所重視(Dahdouh-Guebas *et al.*, 2005; Kathiresan and Rajendran 2005)。

國際濕地組織(Wetlands International)、世界自然基金會(World Wildlife Fun.)及世界自然保育聯盟(International Union for Conservation of Nature, IUCN)針對南亞海嘯受影響地區編撰之紅樹林復育指導手冊中指出紅樹林具有生態功能、環境服務、沖蝕屏障、防風屏障、森林產物、減少鹽水侵入內陸等功能，此外紅樹林大面積被破壞、紅樹林在海岸植群中保護海岸、減少海嘯衝擊之效果較混凝土塊有用，因此各國均積極進行紅樹林復育工作。台灣為一四面環海之海島型國家，因此紅樹林復育或栽植對台灣海岸保護具重要之意義。

二、紅樹林生態系復育之特殊考慮

近 30 年來世界各國均積極在各受損紅樹林生態系及海岸地區進行復育或栽植工作(Field, 1998; Kaly and Jones, 1998)。Yap (2000)曾指出紅樹林、珊瑚礁及海草等三個海岸生態系中，紅樹林生態系屬於最容易恢復者；若土壤化學、鹽度、沈澱及淹水頻度、淡水注入等環境因子適合，在 2-3 年內即可建立紅樹林植群。Ellison (2000)、Lewis 和 Streever (2000)亦認為復育紅樹林並非特別困難的工作；但由於紅樹林生態系與一般陸生生態系不同，所以在進行復育前應先考慮許多生育地特性(表 1)。各種因子中又以淹水頻度及持續時間等水文特性，為復育計畫成功與否之最重要因子(Field, 1998; Kaly and Jones, 2000; Lewis and Streever, 2000)。

表 1. 紅樹林生態系復育前需考慮的生育地特性 (Field, 1998; Kaly and Jones, 1998; Ellison, 2000)

生育地穩定性(stability of site)	隔離(insulation)
淤積速率(rate of siltation)	暴露於風中與否(exposure to wind)
土壤狀態(nature of soil)	水位的高度(height of the water table)
海浪與潮汐頻度(exposure to waves and tidal currents)	有害生物出現與否(presence of pests)
土壤水鹽度(salinity of the soil water)	繁殖體有效性(availability of propagules)
淹水深度(depth of tidal inundation)	天然更新跡象(signs of natural regeneration)
生育地梯度(gradient of site)	廢棄物出現與否(absence of debris)
淡水的有效性(降雨及逕流)(availability of fresh water)(rain or run-off)	當地社會之合作(cooperation from local communities)

綜合表 1 內容說明紅樹林復育時需注意：

- (一) 紅樹林最適合生長在浪小之海岸線上，並有廣大陸生區域提供豐富的沈澱物。
- (二) 土壤特徵以砂質土、泥濘地或黏質土最佳，而且必須是穩定、無侵蝕及有足夠土壤深度以支撐苗木；但土壤沈澱速度過快，反而會抑制苗木生長。
- (三) 每一地區之微地形為影響紅樹林苗木成活與否之重要因子，幼苗需適度淹水，但不能過深而淹死苗木；因此水文學對復育工作是很重要的，需要控制進入復育區內之水質、水量及時間。
- (四) 應選擇浪小、沖蝕少、風小及激流少，而能有豐富雨量提供大量淡水之環境，並需與鄰近生態系相容之復育區。
- (五) 紅樹林雖為鹽性植物，但苗木在高鹽度環境下即使成活，生長也不佳，因此生育地鹽度不能太高。
- (六) 紅樹林為淺根系植物，而養分為控制紅樹林生長因子之一，所以表土之理化特性較土壤深度為重要。
- (七) 一般很少在栽植地區進行整地工作，若已有其他植群或農耕作物，則必須先行砍除；而且需瞭解栽植目的樹種之耐蔭性，以便決定復育區之上層樹冠結構。
- (八) 極端退化的區域如由養蝦池新變成泥灘地者，這類土壤狀況變動大，常呈酸性，而且土壤毒性增加，因此復育前必須引進潮水及淡水加以沖洗。
- (九) 注意其他動物如螃蟹、齧齒動物及鳥類危害。

近期國際濕地組織等(2005)編撰之紅樹林復育指導手冊中指出，紅樹林復育是否能成功必須考慮許多因子(表 2)，大致項目與前述學者相似，但植物間隔及疏伐、成功之苗圃技術、模擬進行過程及復育經費等為新增之影響因子；其中紅樹林復育需注意之觀念中，最重要的是紅樹林栽植生育地之鑑定(表 3)，應選擇在平靜之海岸及潟湖潮間帶地區，且避免在極端高鹽分之鹽澤及鹽礦平地栽植紅樹林。

表 2. 成功復育紅樹林需考慮之因子 (Wetlands International et al., 2005)

影響紅樹林復育成功之因子	<ul style="list-style-type: none"> ● 土壤穩定度及淹水形式 ● 生育地高程 ● 土壤/水質鹽度及生育地之淡水注入 ● 繁殖體/種子有效性 ● 植物間隔及疏伐 ● 雜草出現 ● 成功之苗圃技術 ● 模擬進行之過程 ● 繁殖體掠奪者出現 ● 復育費用 ● 與當地居民之合作
需注意之觀點	<ul style="list-style-type: none"> ● 鑑定適合紅樹林栽植之生育地(土壤穩定度、淹水區域、高程、污染物範圍) ● 樹種選擇/配置適合生育地土壤及水文狀況之樹種 ● 栽植材料之品質 ● 採取適當之栽植技術 ● 減少掠食者之壓力 ● 撫育措施 ● 當地社區參與提供機械設備及支持復育

表 3. 紅樹林栽植生育地之鑑定 (Wetlands International et al., 2005)

紅樹林發生之區域	所有紅樹林發生在海岸及潟湖避免海浪影響之潮間帶地區，暴露在海浪之海岸地區無法自然生長。
潮間帶之土壤狀況	潮間帶地區雖然為海岸及陸地間之條狀區域，但是土壤狀況因為每日 2 次之漲退潮，因此變化非常大。在極端鹽分情況下，無法形成植群，因此避免在鹽澤(salt marshes)及鹽礦平地(salt flats)栽植紅樹林。
潮間帶之水文狀況	從河流及溪流注入之淡水及雨季之逕流會影響土壤鹽度，而水質鹽分濃度會隨不同區域而有所變化。
植物生長之有效性	潮間帶地區之無機養分主要為河流及溪流所沖刷，因此海岸之紅樹林得到養分多則生長可達最高。若栽植現場遠離河流和溪流，則很少養分可供應植物生長，紅樹林栽植在此區域時，要長至成熟階段則需很長時間。

三、紅樹林復育技術之選擇

世界各地之紅樹林生育地，若潮汐水文正常而無干擾因子，且鄰近林分漂浮於水上的種子或繁殖體具有活性，並未受干擾或阻塞時，在 15-30 年內即可以自我修復(self-repair)或二次演替成功，而成功復育紅樹林的 5 個必要關鍵性步驟如下(Lewis and Streever, 2000)：

- (一) 瞭解生育地上紅樹林樹種之個別樹種生態學(autecology)，尤其是繁殖形式、胎生苗分布及苗木建立方式。
- (二) 需瞭解正常的水文形式，因為可控制目標紅樹林樹種之分布、建立及生長。

- (三) 評估原來紅樹林環境變化，以預防自然之二次演替。
- (四) 在復育計畫中設計適合水文狀態，且儘可能利用自然漂入之繁殖體建造紅樹林。
- (五) 若自然補充方式無法提供足夠量苗木，而且穩定速率或稚樹生長速率無法達到復育計畫目標時，只能經由 1 至 4 步驟決定樹種後，利用栽植繁殖體、採集或培育苗木方式達成。

紅樹林之復育技術可分為天然更新(natural regeneration)及人工更新(artificial regeneration)二種，國外學者建議復育計畫應以天然更新為主，除非證據顯示確實無法復育成功(FAO, 1994; Field, 1998; 1999; Lewis and Streever, 2000)。紅樹林實施天然更新方式時，必須復育區上要有大量種子或胎生苗，每公頃最少要有 2500 株苗木(FAO, 1994)。若缺乏種子或胎生苗、雜草競爭、過多廢棄物及土壤貧瘠或水文動態受干擾地區，則不適合採用天然更新方式。Lewis 和 Streever (2000)亦認為最佳的紅樹林生態系復育方式是將造成損害因子移除，而以自然恢復過程重新建立紅樹林生育地。

當自然恢復機制不適合時始需栽植紅樹林，但亦須重新建立適當水文狀況後才實行。紅樹林人工更新方式即利用種子、胎生苗或幼苗栽植於無法天然更新之區域，其優點為：

1. 能控制苗木之組成及分布。
2. 通常能使用改良之苗木為栽植材料。
3. 對於困難或有害物干擾多的地區較容易恢復。

人工更新方法主要包括：

1. 以野外挖取之苗木移植在新地區。

2. 收集成熟種子或胎生苗直接栽植在該地區，費用較為便宜。
3. 在苗圃培育苗木或小樹，然後移植到該地區。

綜合 FAO(1994)、Field (1998)、Ellison (2000)、Imbert 等(2000)及 Lewis 和 Streever (2000)文獻結果，當紅樹林必須採用人工栽植方式時，應注意下列事項：

1. 一般最常栽植的是紅茄苳屬(*Rhizophora*)紅樹林，直接以成熟繁殖體插入土壤中可加速紅樹林建立，不需在苗圃事先培育；但此技術不適用小粒及需先脫去種皮而在土壤中長根者，例如海茄苳屬(*Avicennia*)及假紅樹屬(*Laguncularia*)等樹種。
2. 紅樹林苗木商業價格以佛羅里達州為例，每株約\$1 美元，1 年生苗木每株\$2 美元。一般栽植距離為 1 m(每公頃 10,000 株)，由於苗木死亡率高，而天然紅樹林密度約每公頃 1,000 株，故初期至少應有 50% 成活率，未來才不致林相稀疏。
3. 栽植較大苗木並不會提早樹冠鬱閉，而且大苗木價格較 1 年生苗木貴約 10 倍。
4. 雖然終年均為適合栽植季節，但仍以春季栽植為佳，有些地區則是雨季(7-8 月)最佳，因為可避免乾燥及根系生長最快。而且此期間剛成熟的新鮮繁殖體最大，苗木會有最佳成活率與生長勢。
5. 通常小區塊內混植多種紅樹林樹種之復育成功機會最大，除可避免有害生物危害外，並可建造永續性紅樹林生態系。

四、紅樹林苗圃之必要性及闢建方法

每種樹種之開花、結實及胎生苗成熟季節不同，與栽植區之栽植季節無法配合；例如海茄苳在 9-10 月成熟，但並非適合之栽植季節，因此第 1 年培育第 2 年栽植所需苗木，以避免無法配合造林季節之問題；此外，萌芽胎生苗會散發吸引螃蟹之氣味，常導致直插造林胎生苗受損而成活率降低。而紅樹林苗圃之優點是苗木在移植前，已長時間在高鹽分相似環境下生長 8-9 個月，苗木建立相當完整根系，因此在復育區之栽植成活率可高達 90% 左右。

通常若要大規模育苗則需選擇適當地點開闢紅樹林苗圃，目前僅有台南縣政府在七股開闢一小型的紅樹林苗圃，可為各單位闢建苗圃時之示範區。紅樹林苗圃與一般林業苗圃不同，需注意下列條件：

- (一) 選擇潮間帶上部或中部之緩坡地，能避開大潮淹水之遮蔽者，並在苗圃周圍建立小堤岸以避開潮水。潮水引入及流出之溝渠需適度挖掘，使自然的淹水能順暢(圖 1)。
- (二) 紅樹林屬於陽性樹種，苗圃以陽光充足之環境較適合，忌於庇蔭處培育。
- (三) 紅樹林苗木對於培育介質之選擇性不高，但以肥沃之壤土或砂質壤土為佳。
- (四) 紅樹林樹種因裸根苗移植死亡率高，故以培育容器苗為主。
- (五) 潮間帶苗圃可引進天然之潮水灌溉，否則需設立馬達以人工引水澆灌。最好以含鹽分 0.8~1.5% 的鹽水培育，苗木會有最佳的生長。每天引水淹灌苗床 1~2 次，使其自然消退即可(照片 1-4)。

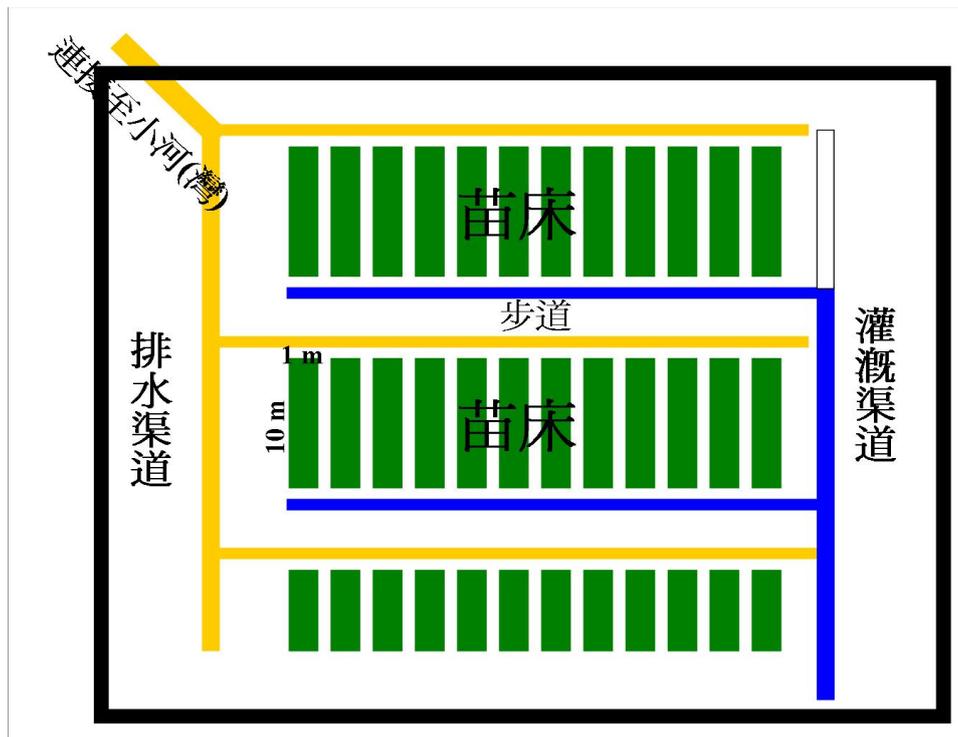


圖 1. 紅樹林苗圃規劃簡圖。



照片 1. 台南縣政府闢建全台唯一之紅樹林苗圃



照片 3. 七股苗圃引水灌溉培育之水筆仔苗木



照片 2. 七股苗圃外側利用馬達抽水灌溉



照片 4. 七股苗圃引水灌溉培育之海茄苳健壯苗木

(六) 苗圃的作業技術

1. 土壤：需收集附近潮間帶地區之軟而黏質之土壤，在裝入育苗容器前需移除所有雜物及堅硬材料，亦可購買適合土壤作為栽培介質。
2. 容器育苗：苗圃培育紅樹林苗木可以用 4-5 吋黑軟盆，底部需打洞讓多餘水排出，且讓裝土之容器保持遮蔭使其硬化。
3. 苗床整備：將苗床之長、寬及高整備為 10 m × 1 m × 0.3 m (長度則視現場地形而定)，每床可放置 1500 袋。以竹片或塑膠片插入苗床四週使容器固定，將苗床挖深 10-20 公分左右，以利排列容器苗。
4. 播種：水筆仔及五梨跤胎生苗可以直插在容器內，海茄苳及欖李等較小果實則需發芽後再移入。
5. 施肥：60 天後可加入 N:P:K 17:17:17、磷酸一銨及尿素等無機肥料，以促進根系生長，亦可施用微量元素促進苗木生長。
6. 分級：定期移動容器及移除空袋，以防根系深入土壤內。
7. 病蟲防治：定期檢查苗木之危害生物或蛀蟲傷害，發芽種子/繁殖體易受毛蟲危害。病蟲危害嚴重時必須噴灑農藥。使用農藥前苗床的水必須完全排乾，以避免殘留物擴散到其他區域。

五、台灣之紅樹林人工栽植及復育概況

根據台灣早期文獻記載之考據，除淡水地區之水筆仔應為台灣土生土長植物外(劉棠瑞、賴明洲，1982)，其餘的紅樹林樹種大部份為 1940 年代自泰國及馬來西亞所引進栽植者(楊遠波，1974)，歷程分述如下：

(一) 1945-1975 年

大部份栽植計畫係在 1945-1975 年由農委會委託林務局執行(表 4)，主要栽植樹種為水筆仔及海茄苳，亦栽植少部份之五梨跤。大部份計畫的面積均很小，僅 1962 年在台南縣七股鄉的栽植面積最大，共計 25 ha。這些計畫原以保護海岸為主要目的，但因為生育地環境不適合及人為破壞之衝擊，因此大部份紅樹林苗木在 1980 年以前均已死亡，僅有新竹縣紅毛港所栽植之水筆仔與海茄苳生長良好，而後則拓展至 8.5 ha (李遠慶等，1977；黃增泉與徐素真，1982；薛美莉，1995)。

表 4. 台灣在 1945-1975 年間之紅樹林栽植計畫

地區	造林年度	面積(ha)	樹種	備註
新竹縣紅毛港	1945	4	海茄苳、水筆仔	拓展為 8.5 ha
台中縣龍井	1952	10	水筆仔	1980 年以前已死亡
彰化縣漢寶	1952-1954	12	海茄苳、水筆仔	1980 年以前已死亡
苗栗縣通宵	1957-1960	5-6	水筆仔	1980 年以前已死亡
澎湖縣青螺	1958	2.9	海茄苳	1980 年以前已死亡
台南縣七股	1962	24.5	水筆仔、五梨跤	1980 年以前已死亡
台中縣清水	1975	8	水筆仔	1980 年以前已死亡

資料來源：李遠慶等(1977)；黃增泉與徐素真(1982)；薛美莉(1995)

(二) 1976-1993 年

1976-1993 年間並未有政府執行之紅樹林造林計畫之文獻記載，主要著重在紅樹林之保護工作。此期間僅南部地區部份漁民在自家魚塭岸栽植紅樹林，做為保護養殖漁業之用。而根據王子定、陳明義(1982)之文獻提及，當時台灣之紅樹林面積大約 100 餘公頃。

(三) 1994-2011 年

1994 年李前總統登輝先生自印尼返國後，指示應廣植紅樹林以保護西海岸地區，因而各縣市政府積極進行許多紅樹林栽植及復育計畫；大部份計畫係在 1-5 ha 的小區域內，栽植或復育臺灣現有的 4 種紅樹林。特有生物研究保育中心薛美莉(1995)調查調查台灣紅樹林面積約有 287 ha；而後因陸續有栽植及復育計畫進行，因而紅樹林面積增加至約 300 ha (詹煥榮，2003)。本研究根據文獻、網路及現場觀察整理較有具體成效之計畫成果(表 5)，說明如下：

表 5. 臺灣在 1994-2011 年之紅樹林栽植及復育計畫

地區	造林年度	面積(ha)	概述
嘉義縣好美寮	1993-1994	3.0	為增加紅樹林生態系歧異度，因此在海茄荖林分中混植水筆仔、五梨跤及欖李等樹種，目前因出海口抽砂及開路工程而嚴重破壞(照片 5-8)。
高雄縣高屏溪	1994-2000	4.5	在消波塊所築起的濕地內栽植海茄荖、五梨跤、水筆仔及欖李苗木，1992 年命名為「林園紅樹林生態區」，目前陸化、雜草叢生及垃圾問題情形嚴重(照片 9-12)。

- | | | | |
|--------|-----------|-----|---|
| 台南縣雙春 | 1995 | 10 | <p>期望以紅樹林取代衰退木麻黃林並建立濱海遊樂區，因此移除退化木麻黃林分後，混植海茄苳、五梨跤、欖李及水筆仔等 4 種紅樹林苗木，曾栽植 75,000 株紅樹林苗木，為台灣紅樹林栽植最成功地區目前林木生長已過於擁擠，惟實施疏伐作業時困難度較高(照片 13-16)。</p> |
| 澎湖青螺魚塢 | 1994-2000 | 1.5 | <p>目的在恢復 1974 年因養殖業而被破壞的海茄苳林分，以直播海茄苳果實及直插五梨跤、水筆仔胎生苗於土壤內，欖李以栽植 2 年生苗木方式進行。由於為純海水而無淡水注入之生育地，加上土壤貧瘠堅硬及冬季鹽霧危害，導致生長非常緩慢，目前以耐鹽性強之海茄苳為優勢種，面積已擴展為 2.6ha，內政部營建署於 2007 年 12 月將其列為國家級濕地，正持續進行監測中。茲將本復育計畫之歷程詳述如後，以供各單位參考(照片 17-20)。</p> |
| 台南市安平港 | 1996-2005 | 1.5 | <p>目的在復育因安平港開發被毀之五梨跤及欖李，特殊之復育技術敘述如後。</p> |

台南市龍岡社區河道	2003	0.5	此河道並非適合紅樹林生長之潮間帶地區，但在 3 年內成功復育五梨跤及欖李，形成美麗紅樹林景觀。目前附近漁民以河道阻塞為由，將連接便道挖斷而形成一座孤島，林木呈擁擠及蔓藤攀爬狀態。
澎湖青螺魚塭及菜園濕地	2010-2011	2.0	目的希望藉由以往復育栽植經驗，探討紅樹林作為澎湖廢棄魚塭綠化栽植之可行性，目前持續進行觀察中(本計畫)。

資料來源：薛美莉(1998)；詹煥榮(2003)；杜東憲(2005)；范貴珠、葉慶龍(2005)；范貴珠(2007)；范貴珠(2010)。

1. 屏東科技大學與林務局進行之青螺濕地紅樹林復育計畫

青螺濕地在 1958 年時由行政院農業發展委員會補助栽植海茄苳，成林後樹高達 2-3 m。1960-1970 年代有水產公司承租部分濕地興建魚塭計 50 ha，為當時澎湖最大的魚塭區。1980-1990 年代因魚塭養殖魚類產生病變，使業者紛紛棄養魚塭。澎湖造林工作隊於 1993 年曾栽植 800 株 2-4 年生海茄苳裸根苗，惟當年成活率僅有 10% (照片 21)。青螺濕地面積雖小但土壤狀況相當複雜，故屏東科技大學與澎湖縣政府林務課合作，於 1994 年時在人力可達之淹水較淺處，依土壤鬆軟、貧瘠及淹水程度分為 5 個樣區(圖 2)。各區域採取 30 cm 表土混合成一土樣，每個區域重複 3 次，測定土樣之 pH 值及電導度。自 1994 至 2000 年間逐年栽植海茄苳、水筆仔(*Kandelia obovatal*)、欖李(*Lumnitzera racemosa*)及五梨跤(*Rhizophora stylosa*)等 4 種紅樹林(照片 22-28)；各樣區之土壤狀況、苗木栽植時間及方式如表 6 所示。



照片 5. 嘉義縣好美寮 1993 年起在海茄荖林分中混植水筆仔、五梨朥及欖李等樹種



照片 9. 高屏溪口紅樹林栽植區 1992 年命名為「林園紅樹林生態區」



照片 6. 嘉義縣好美寮栽植之欖李生長健壯



照片 10. 高屏溪紅樹林栽植區目前許多已陸化



照片 7. 在 2002 年好美寮有道路開闢工程



照片 11. 高屏溪紅樹林栽植區蔓藤攀爬及雜草叢生



照片 8. 嘉義好美寮木麻黃林淹死而累積大量垃圾



照片 12. 高屏溪紅樹林栽植區垃圾問題情形嚴重



照片 13. 台南縣雙春地區復育之五梨跤3年後之生長狀況良好



照片 17. 青螺濕地優勢種為海茄苳且已逐年拓展其範圍



照片 14. 台南縣雙春地區復育之紅樹林7-8年後呈現擁擠狀態



照片 18. 青螺濕地迎風面欖李枝條已逐漸老化無法恢復



照片 15. 2011年時雙春地區混植紅樹林密度過高



照片 19. 青螺濕地栽植之水筆仔生長不佳



照片 16. 雙春地區之五梨跤密度過高疏伐困難



照片 20. 青螺濕地中央之五梨跤因長年鹽霧侵襲而枯死



照片 21. 1993 年以 2-4 年生海茄荖大苗栽植者，成活率約 10%



照片 25. 澎湖菜園苗圃培育之 1 年生欖李苗木



照片 22. 於 3 cm 淺溝中播入未剝皮之海茄荖成熟果實



照片 26. 澎湖菜園苗圃培育之 2 年生欖李苗木



照片 23. 於 3 cm 淺溝中播入剝皮之海茄荖成熟果實



照片 27. 1994 年直插之五梨跤胎生苗



照片 24. 澎湖菜園苗圃欖李播種發芽



照片 28. 1994 年工人直插五梨跤胎生苗

(1) 海茄苳果實直播造林

1994年9月在屏東縣林邊及台南縣北門保護區，採取不同種源之海茄苳果實混合後，在第1至第4樣區中以棍棒挖約3 cm深淺溝後，直接放入成熟果實；每個果實間距50 cm，覆土約1 cm後輕輕壓實，估計共直播30000粒左右果實。

(2) 水筆仔胎生苗直插造林

1995年3月自苗栗縣竹南鎮中港溪出海口，共採集2300支水筆仔胎生苗，在退潮時將胎生苗直插於第2及第3樣區靠深水區之土壤中。

(3) 欖李軟盆苗栽植造林

1997年6月將澎湖縣政府菜園苗圃所培育之2年生欖李苗木，栽植於靠近岸邊第2至第4樣區的沙岸上。栽植距離為50×50 cm，共計栽植5行，栽植總數為1500株。

(4) 五梨跤胎生苗直插造林

1994年9月於第4樣區位置直插415支不同成熟度之五梨跤胎生苗，在第1年之成活率及生長情形均非常良好；惟第3年後苗木之支持根雖已開始長出，但已有許多苗木逐年死亡。

2000年6月自台南市鯤鯓路採集600株五梨跤胎生苗，將其直插於較鬆軟的第5樣區，再次探討本樹種是否能適應青螺濕地環境。



圖 2. 澎湖青螺濕地真武廟前 1994 至 2000 年紅樹林栽植示意圖

表 6. 澎湖青螺真武廟前紅樹林栽植各樣區之土壤狀況、苗木栽植時間及方式 (范貴珠等, 2006)

樣區	土壤狀況		樹種	栽植時間	栽植方式
	質地與概況	pH 電導度 (mS cm ⁻¹)			
第 1 樣區	砂質粘土、貧瘠、混合高鹽分而形成硬盤	8.2 11.3	海茄苳	1994 年 9 月	直播
	靠圍牆處(帶寬 3-3.5 m) : 土質鬆軟之砂質地、腐植質較多	8.3 21.5	欖李	1997 年 6 月	2 年生軟盆 苗栽植
第 2 樣區	淹水處(帶寬約 25 m) : 砂質壤土、稍黏重、腐植質較多	8.3 13.7	海茄苳	1993 年	2-4 年生裸 根苗栽植
			海茄苳	1994 年 9 月	直播
			水筆仔	1995 年 3 月	胎生苗直播
	靠早田岸邊(帶寬 2-2.5 m) : 鬆軟之砂質土、腐植質少、無	8.3 9.3	欖李	1997 年 6 月	2 年生軟盆 苗栽植
第 3 樣區	圍牆保護 淹水處(帶寬約 15 m) : 粘質壤土、腐植質少	8.1 11.8	海茄苳	1994 年 9 月	直播
			水筆仔	1995 年 3 月	胎生苗直播
	靠早田岸邊(帶寬 2 m) : 鬆軟之砂質土、腐植質少、無	8.1 25.6	欖李	1997 年 6 月	2 年生軟盆 苗栽植
第 4 樣區	圍牆保護 淹水處(帶寬約 5m) : 堅硬砂質粘土、土壤貧瘠	8.1 11.3	海茄苳	1994 年 9 月	直播
			五梨跤	1994 年 6 月	胎生苗直播
第 5 樣區	黏質壤土、腐植質中等	7.9 11.2	海茄苳	1993 年	2-4 年生裸 根苗栽植
			五梨跤	2000 年 6 月	胎生苗直播

至 2009 年 7 月止，水筆仔、五梨跤及欖李分別僅剩 201、278 及 215 株。目前最耐鹽的海茄苳已成為優勢種，但平均樹高僅 70-215 cm，平均地徑僅 5.0-9.2 cm，呈現明顯的矮化狀態。而調查其族群結構結果顯示全區海茄苳多為小徑木，地徑分布呈反 J 形，顯示更新情形良好。此復育區已成為澎湖最受重視之自然生態解說及賞鳥教育公園，而內政部營建署於 2007 年 12 月將其列為國家級濕地(范貴珠等，2009)。

2. 屏東科技大學與高雄港務局進行之安平港紅樹林復育計畫

(1) 台南市健康路保護區

a. 淺水區傳統方法復育

健康路保護區自 1998 年起執行海茄苳、五梨跤、水筆仔及欖李等主要紅樹林苗木，並且栽植繖楊及苦檻藍等紅樹林伴生樹種之栽植，目前以海茄苳及五梨跤二種紅樹林為優勢種。欖李及水筆仔因生育地鹽度或溫度過高而生長不佳，其餘試植之繖楊及苦檻藍則因不耐淹水而逐漸死亡。若環境適合加上良好之維護管理，以五梨跤以直插胎生苗方式在第 4 年即可健壯成林，第 6 年樹高即達 4-5 m，可節省育苗時間及造林經費(照片 29-30)。由於五梨跤胎生苗需直立插入土壤，始可成活而長成稚樹。海茄苳果實量多而且較小，擱淺在岸邊後即可長成小苗，因此若無人為控制密度任其自然生長，3-5 年內可能海茄苳會再度成為健康路之優勢種，而逐漸回復到復育前單一林分狀況(范貴珠等，2004)。

b. 深水區之 PVC 管復育

紅樹林苗木對水深、潮汐及海浪的變動非常敏感，通常淹水地區缺乏苗木初期發育的適合環境，因此無法應用傳統的栽植技術。Dr. Riley

在 1995 年發展了 Riley Encased Methodology (REM)，組裝上下 2 部份的 PVC (poly-vinyl chloride)管，用以保護大紅樹胎生苗抵抗淹水及其他環境逆壓，在傳統栽植技術無法成功的地區，利用此裝入的栽植方法能有效率地建立紅樹林苗木(Riley and Salgado Kent, 1999; Salgado Kent and Lin, 1999)。

上述計畫大部分是以傳統方法在潮間帶地區栽植紅樹林苗木，而屏東科技大學在台南市安平港紅樹林保護區約 1.0 ha 之深水區內，克服深水區無法栽植紅樹林之困境；即以直徑 4 吋之 PVC 管分別切成 50 及 150 cm 高度，並在管上鑽出 5 至 10 個小孔以利管內與外界水分交換，然後在 PVC 管上方直插五梨跤胎生苗。若以 50 cm PVC 管栽植之苗木在第 2 年時，從樹幹長出支持根已深入土壤中定錨生長(照片 31)；到第 6 年時樹高可達 4 m 左右，林木生長非常健壯。至於深水區雖然初期因水面上漂浮垃圾過多而成活率低，但經過補植之後，苗木成活率維持在 60-70%，在第 8 年時即呈現優美之水上森林景觀(照片 32)，復育成效相當良好(范貴珠、葉慶龍，2005)。由於此栽植方法所需經費少且簡單易行，在 2001 及 2008 年分別受法國熱帶及亞熱帶農業研究協會及美國生態復育協會來函邀請，將計畫之獨特復育成果發表在期刊及建立在全球生態復育網路資料庫中，供全世界各國紅樹林復育計畫之參考。

十分可惜的是在安平港開發計畫完成後，台南市政府曾經爭取此復育區預定作為鷺鳥親水公園，但後來不了了之。目前不鏽鋼圍籬已完全損毀，大型漂流物隨潮水流入區內，已將深水區 150 cmPVC 管紅樹林全數連根拔起，近 10 年之辛苦復育成果歸零，令人相當無奈與感傷(照片 33-36)。而 50 cmPVC 管栽植之五梨跤目前尚稱健壯，但是密度過高呈現擁擠狀態，應適時進行維護管理工作。



照片 29. 安平港健康路直插之五梨跤，經過 5 年後樹高可達 300 cm



照片 33. 安平港健康路深水區在 2007 年開始已經逐漸因嚴重撞擊而減少



照片 30. 直插五梨跤在惡劣環境仍生長良好



照片 34. 安平港健康路深水區不鏽鋼圍籬已為全無保護作用



照片 31. 健康路保護區內之深水區用 150 cm PVC 管栽植之五梨跤第 4 年生長尚可



照片 35. 健康路保護區深水區被大型漂流物撞擊死亡之五梨跤



照片 32. 安平港紅樹林人工栽植形成美麗水上森林景觀



照片 36. 2010 年深水區以 PVC 管栽植之五梨跤幾乎完全死亡

參、試驗區概況

一、青螺及菜園試驗區地理位置

澎湖為離島地區，全縣共有 64 個島嶼，分布在南北長 60 km、東西長 40 km 之海面上，土地面積共 126.8641 km²、海岸線長度 326.7634 km，行政區域劃分為 6 鄉市 97 個村里。青螺濕地類型屬於海岸濕地及小部分人為濕地，位在澎湖縣湖西鄉北岸(23°35'48"N, 119°38'12"E)，管理機關為澎湖國家風景區管理處、澎湖縣政府農漁局及湖西鄉公所。範圍東自澎 13 公路起，西至紅羅漁港東側，其間並剔除青螺港及集居聚落；北自青螺沙嘴北邊 6 m 深的海域起，南至紅羅魚塭止，總面積為 221 ha，為澎湖重要的生態敏感區之一(圖 3)。

菜園濕地類型亦屬於海岸濕地及小部分人為濕地，面積 82 ha，位在澎湖縣馬公市(23°33'06"N, 119°35'45"E)，管理機關為澎湖國家風景區管理處及澎湖縣馬公市公所。本濕地位於菜園港東側，北起縣道 205，並剔除集居聚落，南側包括菜園漁塭，東以縣 201 為界。日據時期菜園里東側沿岸已築有魚塭，1945 年後，魚塭範圍逐漸擴大；至 1971 年魚塭停止養殖後，這片濕地成為鳥類過境或度冬的最佳場所(圖 3)。

二、澎湖自然環境

(一)氣候

北迴歸線經過之澎湖群島終年尚稱溫暖，惟冬季風速甚強，全年降雨量分配不均，乾濕分野清楚，年雨量雖約 1000 mm，但蒸發作用旺盛，導致全年降雨量不及需水量；學者因而將澎湖群島氣候分區獨立於台灣本島之外，並認為是台灣地區僅有的乾燥氣候區(蕭志榮，2005)。



圖 3. 澎湖縣青螺國家濕地及菜園地方級濕地位置圖

(二) 水文

澎湖地區無流域、水系及溫泉，無高山阻擋地面水氣，且降雨量少蒸發量大，所以水源較缺乏。雨水除蒸發或以地表逕流注入海洋外，其餘均滲透入地下形成地表下逕流及地下水儲存。民生用水主要由水庫、地下水及海水淡化廠供應。為了不使水資源瞬間流入大海，特在出海口附近興建成功水庫、興仁水庫及東衛水庫等。近年來為了防止蒸發量過大，特建造白沙赤崁地下水庫以蘊藏水資源。

(三) 土壤

澎湖土壤多為玄武岩經風化作用破碎而成，但因澎湖地區高溫氣候，使其成土作用趨向於磚紅土化，所以土壤富含鐵鋁，呈現紅、棕紅、

黃棕等顏色；另在冬季季風強烈吹襲下，吹去土壤表層的細微土，使得土壤貧瘠。又因澎湖四面環海，海風中所夾帶的水氣富含鹽霧，使得土壤呈現鹼性，形成不利植物生長的環境。澎湖地表的風化層多為 60 cm 左右，土壤多為砂質壤土、砂質黏壤土及壤質砂土等，其中大多含有數量不少的石礫。湖西鄉地質主要由玄武岩及沈積岩相互構成，土壤主要由玄武岩及珊瑚礁風化而來，成分以鈣長石與輝石為主，為中間偏鹼性之壤質土，排水性良好但有機物含量低(澎湖縣政府建設局，2005)。

三、青螺試驗區概況

(一) 植物資源

澎湖共有 68 科 190 屬 260 種植物，其中原生種 170 種、歸化種 52 種及栽培種 38 種(蕭志榮，2005)。湖西鄉之植被屬於介於森林與草原間之疏林群系型，樹木矮小而零落，下層植物多與樹木層同高。植被以禾本科(狗牙根、狼尾草、五節芒)、菊科(天人菊、達摩菊、蟛蜞菊)之高草類為優勢種，其間散生中、小喬木如黃槿、榕樹、銀合歡、刺桐、苦楝及林投等，但經大量造林，由木麻黃類所構成之人工防風林為湖西鄉之一大特色(澎湖縣政府建設局，2005)。

青螺社區真武廟前之濕地有海茄苳、水筆仔、欖李及五梨跤等 4 種復育栽植紅樹林，目前已被列入澎湖地區陸域生物環境敏感地區中之「植物資源環境敏感區」(澎湖縣政府建設局，2005)。根據屏東科技大學 2008 年調查資料顯示，濕地周圍之雙子葉植物共計 31 科 82 屬 101 種(表 7)(照片 37-44)，以菊科及豆科之植物最多。單子葉植物則有 7 科 20 屬 21 種，以禾本科植物最多；其中澎湖決明(*Cassia sophora* var. *penguana*)為特有種，而苦檻藍(*Myoporum bontioides*)及島嶼馬齒莧

(*Portulaca insularis*)則為數量較少之稀有植物。

表 7. 澎湖青螺濕地維管束植物統計表

分類群	科	屬	種
蕨類植物	×	×	×
裸子植物	×	×	×
被子植物			
雙子葉植物	31	82	101
單子葉植物	7	20	21
合計	38	102	122

(二) 鳥類資源

澎湖群島雖然地勢平坦，缺乏高山、森林、河川湖泊等可供鳥類棲息繁衍的環境，惟地處東亞候鳥遷移路線的中繼站，近年澎湖野鳥協會紀錄之鳥種超過 300 種以上。澎湖不同科別之鳥類常會有不同棲息地，如海岸邊的潮間帶的鸕玕科，水庫地區的鷺科及雁鴨科，防風林、農墾地的鶉科、雀科、鶯科、北海及南海無人島的鷗科等(澎湖縣湖西鄉公所全球資訊網 <http://www.hs885.gov.tw/>)。

澎湖鳥類主要出現在興仁、青螺、成功等 3 地區，其中青螺濕地已被列入澎湖地區之「鳥類資源環境敏區」，有瀕臨絕種之黑面琵鷺(*Platalea minor*)，珍貴稀有保育類之唐白鷺(*Egretta eulophotes*)、赤腹鷹(*Accipiter soloensis*)、灰面鷺(*Butastur indicus*)、紅隼(*Falco tinnunculus*)、燕鶻(*Glareola maldivarum*)、小燕鷗(*Sterna albifrons*)、蒼燕鷗(*Sterna sumatrana*)及其他應予保育類之紅尾伯勞(*Lanius cristatus*)等。



照片 37. 青螺濕地以天人菊為主要草本植物(王志強攝)



照片 41. 青螺濕地周圍常見之海馬齒(王志強攝)



照片 38. 屬多年生肉質性藤本之番杏為藥用植物(范貴珠攝)



照片 42. 濕地周圍有海岸常見之菊科植物天蓬草舅(王志強攝)



照片 39. 青螺濕地耐鹽性強之裸花鹼蓬(鹽定)冬季呈肉質紅色(范貴珠攝)



照片 43. 青螺濕地周圍小道旁有銀合歡散佈(范貴珠攝)



照片 40. 青螺濕地周圍可發現開花極美之濱薊(范貴珠攝)



照片 44. 優良防風定沙之濱刀豆美麗小花(王志強攝)

(三) 社經環境

1. 人口

青螺濕地周邊計有青螺、紅螺、白坑等三村，根據澎湖縣湖西鄉戶政事務所至 2012 年 5 月份之人口統計得知(表 8)，3 村合計共有 502 戶，戶籍人數有 1,387 人，其中男性有 726 人，女性有 661 人；因經濟產業不發達，人口組成以高齡者居多。

表 8. 2012 年 5 月青螺試驗區邊村落戶數及人口數統計

(<http://www.penghu.gov.tw/>)

村別	戶	男(人)	女(人)	總計(人)
白坑村	112	176	144	320
青螺村	101	141	138	279
紅螺村	289	409	379	788
合計	502	726	661	1387

2. 產業經濟活動

農業、漁業及營造業為湖西鄉民的主要職業，人口勞動力的結構偏向一、二級產業。湖西地區水源充沛，土壤較澎湖其他地區肥沃，鹽害較輕，因此是澎湖農業最發達的村落之一。

(1). 農業

湖西鄉不僅在農作物上為最大生產鄉鎮，在畜牧業上也是供給量最大，幾乎佔全澎湖的 50% 左右，以養豬及鹿為主。以耕作面積來看，湖西鄉以花生、甘藷、白菜及甘藍為主要農作物；並以其他葉菜類為大宗，蔬菜一年四季都可栽培，產量頗豐。湖西村田地多分布於澎 19 號道路兩側，雖然目前有許多農地廢耕，但因菜宅緊鄰聚落，故仍大致保持完

整且有進行耕作，惟以傳統小農、老人為經營形態居多，主要提供自家食用及分送親朋好友的非市場經濟(澎湖縣政府建設局，2005)。

(2). 漁業

青螺濕地周邊村落鮮少有大型漁船，居民以從事延繩釣捕捉石斑、鯛類、加誌等高級魚穫為主。冬季或天後不穩定時於濕地潮間帶，從事螺貝類撿拾等漁業活動，另青螺港附近冬季會有紫菜養殖。

3. 土地使用

湖西鄉除林投風景特定區外，其他土地均屬於非都市土地使用編定。整個湖西鄉非都市土地分區編定以一般農業區佔 75%，分區中並沒有特定農業區、工業區、風景區的編定。土地的使用編定上則以農牧用地最多，其次為特定事業用地、墳墓用地及國土保安用地(澎湖縣政府建設局，2005)。

四、菜園試驗區概況

(一) 植物資源

王志強(2005)調查菜園濕地植物種類共計有維管束植物 99 科 308 屬 439 種(表 9)，具有極豐富之植物種類多樣性；除海茄苳外，天人菊、木麻黃、銀合歡、羊帶來、田菁、仙人掌等為本區優勢種，而澎湖決明及澎湖大豆等為特有之保育種植物。

表 9. 澎湖菜園濕地維管束植物統計表 (王志強，2005)

分類群	科	屬	種
蕨類植物	3	3	4
裸子植物	4	5	6
被子植物			
雙子葉植物	74	233	327
單子葉植物	18	67	102
合計	99	308	439

(二) 鳥類資源

由於本區兼具潮間帶與水庫之棲息環境，加上三面地勢之屏障，使得鳥類種類豐富。根據馬公國中編印之「澎湖縣自然保育宣導資料」指出，興仁水庫及菜園溼地歷年來被發現的鳥種共計 25 科 103 種，為澎湖群島中鳥數與鳥種最多之場所，其中又以鷺科、雁鴨科、鷓科、鴿科、鷺鶻科以及鷗科最為常見，而區內有黑面琵鷺、紅隼、赤腹鷹、諾氏鷗等保育種類。

(三) 社經環境

1. 人口

菜園濕地周邊計有菜園里及興仁里，根據澎湖縣戶政事務所至 2012 年 5 月份之人口統計得知(表 10)，2 里合計共有 524 戶，戶籍人數有 1,458 人，其中男性有 779 人，女性有 679 人。

表 10. 2012 年 5 月菜園試驗區邊村落戶數及人口數統計
(<http://www.penghu.gov.tw/>)

村別	戶	男(人)	女(人)	總計(人)
菜園里	147	250	206	456
興仁里	377	529	473	1002
合計	524	779	679	1458

2. 產業經濟活動

(1). 農業

菜園里雖然三面環山，地勢較低，水源充沛，土質肥沃。聚落附近，民宅旁存在零散土地，以砗咕石砌成防風牆，俗稱的「菜宅」或「宅仔內」有小規模的耕作。農作物有高粱、黍、粟、土豆、蕃薯等為主，農作收成後除了自家食用外，有部份加工製成可以收藏的食品。蕃薯製成蕃薯籤，高粱釀酒，粟、黍收藏供煮食。

(2). 漁業

菜園里因為地處內灣，避風性佳，潮間帶則有二處，一為菜園里聚落西南方一帶，另一處在菜園舊魚塭前。目前菜園潮間帶的漁作有採海菜、拾螺貝、岸釣、養殖等，近年居民改變對漁業資源利用的方式，朝近海漁撈及淺海養殖兩個方向發展。

(四)土地使用

本濕地除菜園社區外，其餘均為國有土地，土地利用現況可分為：

1.魚塭濕地：

面積為15.2501 ha，所有權屬為馬公市公所；土地使用分區為一般農業區，編定為養殖用地，目前為環保署規劃之重要生態敏感區之一，亦是澎湖縣重點復育的濕地。

2.海域

目前於菜園漁港堤岸外側海域外之部分，屬於菜園當地居民養殖牡蠣之主要地區，也是菜園地區主要的產業之一，養殖方式為懸掛式。

3.生命紀念公園

原為馬公市第一公墓，座落於濕地的西北面，其面積4.24 ha，所有權屬為澎湖縣政府，其土地使用分區為一般農業區，編定為墳墓用地。

4.雙湖園

係於1994年由澎防部兵工建成之蓄水設施，可蒐集拱北山至菜園地區間集水區之雨水，供應灌溉用水；位於澎五線旁，佔地約4 ha。

5.防風林及保安林地

菜園除了上述之土地利用型態外，其餘地區多為防風林及雜植林地為主，其土地使用分區為森林區。

6.興仁水庫

位於菜園之東側，鄰近興仁里附近，於1971年興建，主要為積蓄附近集水區之降水，提供為馬公市自來水之用。

肆、研究項目

一、栽植試驗地選定

依據本校於 2009 年執行「青螺濕地復育紅樹林之生長、族群結構及生物量調查」期末報告結果，本計畫自 2010 年起於青螺濕地範圍內，選擇真武廟前紅樹林南方一面積為 5.6 ha 之廢棄魚塭(圖 4)(照片 45-46)，另外於菜園濕地內選擇總面積約 1 ha 之堤岸作為紅樹林栽植試驗區(圖 5)(照片 47-48)。



圖 4. 青螺魚塭紅樹林栽植試驗區位置圖



照片 45. 青螺濕地一廢棄魚塭為試驗地



照片 46. 廢棄魚塭退潮時露出平坦潮間帶



圖 5. 菜園濕地紅樹林栽植試驗區位置圖



照片 47. 菜園濕地已成為鳥類棲息最佳場所



照片 48. 菜園濕地靠內陸邊有防風林保護

二、試驗地環境因子測定

(一)氣象資料收集

由中央氣象局網站(<http://www.cwb.gov.tw/>)及相關政府機構網站查詢整理澎湖氣象統計資料，包括氣溫、降雨量、潮汐及颱風等資料。

(二)水質分析

2011年7月30及9月30日於青螺試驗區滿潮時，在水質樣點以手提式多功能水質分析儀(Multi-Parameter, WTW Multi 340i, Germany)測定pH、鹽度、電導度及溶氧量，並以攜帶式濁度計(Cole-Parmer 99511-10, U.S.A.)測定水質濁度。同時以250 mL之塑膠瓶取3重複之水樣，加入1~3滴的硝酸進行酸化，以避免因微生物的生理反應造成水質變化，並儲藏於常溫黑暗下，攜回實驗室後以COD多功能水質分析儀(PhotoLab S6, WTW)進行總氮及總磷濃度測定(照片49-54)，分析方法如下：

(1) 總氮(Total nitrogen, TN)

- a. 取10 ml 水樣至空試管中。
- b. 加入N-1K及N-2K (1匙，6 滴)搖動均勻，於加熱器以120°C加熱60分鐘。
- c. 待冷卻後，加入N-3K (1匙)均勻搖動1分鐘。
- d. 取1.5 ml 上述步驟試管中水樣至另一裝有藥品之反應試管中(此為放熱狀態，且有毒氣產生)，靜置待10分鐘。
- e. 先放入TP標準溶液瓶於COD多功能水質分析儀器內進行ZERO。
- f. 再放已加入藥劑之樣品測量，紀錄其數據。

(2) 總磷酸鹽(Phosphate PO_4^{3-} -P, TP)

- a. 取5ml 樣品至試管中。

- b. 加入P-1K (壓1下)後搖動均勻，於加熱器以120°C加熱30分鐘，放至冷卻至室溫。
- c. 加入P-2K及P-3K (5滴，壓1下)後搖動均勻，靜置待5分鐘。
- d. 先放入TP 標準溶液瓶於COD多功能水質分析儀進行ZERO。
- e. 再放已加入藥劑之樣品測量，紀錄其數據。

(三)土壤分析

2011年9月退潮時於3個樣區及5個栽植區塊以GPS定位(表11)，並各選擇2個土壤樣點，以取土器鑽取表面10cm土壤混合後，攜回屏東科技大學分析全氮量、總磷量及底質粒徑等性質(照片55-56)。

表 11. 青螺試驗地土壤採樣點 GPS 座標

土壤採樣點座標	TWD97 X	TWD97 Y
第 1 樣區-1	112260	2610390
第 1 樣區-2	112277	2610369
第 2 樣區-1	112223	2610363
第 2 樣區-2	112230	2610335
第 3 樣區-1	112039	2610313
第 3 樣區-2	112038	2610283
區塊 1-1	112297	2610408
區塊 1-2	112289	2610376
區塊 2-1	112267	2610355
區塊 2-2	112243	2610338
區塊 3-1	112065	2610279
區塊 3-2	112059	2610280
區塊 4-3	112052	2610281
區塊 4-4	112049	2610286
區塊 5-1	112019	2610291
區塊 5-2	112006	2610289

土壤性質分析方法如下：

1. 土壤全氮

取 1 g sample 加入 1 g 分解促進劑及加入 5 mL 之硫酸，分解至澄清(溫度約為 360°C，約 4 小時)，定量至 100 mL；將濾液倒入 PE 瓶中，取 25 mL 澄清液加入 10 N 之氫氧化鈉 10 mL，用硼酸指示劑 10 mL 吸收蒸餾液至 40 mL，用 0.02 N 的硫酸反滴定，即為全-N。

全 N% = $A * 0.02 \text{ N} * (10^{-3} \text{ l/ml} * 14 \text{ g/eq} * 100\%) * 100 \text{ ml} / 25 \text{ ml}$

= $A * 0.02 \text{ N} * (1.4) * 4$ A 為 0.02 N 硫酸之滴定 mL 數

2. 土壤總磷(過氯酸消化法)

A. 試劑：

(a) 1.70% 過氯酸(Perchloric acid)。

(b) 濃硝酸(15.8 M)。

(c) 2.5 M 硫酸：取 70 mL 的濃硫酸(18 M)，並稀釋至 500 mL。

(d) 鉬酸銨 $[(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ ：溶解 20 g 的鉬酸銨，並定量至 500 mL，溶液需儲存在有玻璃塞的容器中。

(e) 酒石酸鉀錒 $[\text{K}(\text{SbO})\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}]$ (1 mg Sb/mL)：溶解 0.2728 g 的酒石酸鉀錒，並定量至 100 mL。

(f) 0.1 M 維他命 C(Ascorbic acid)：溶解 1.76 g 的 $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ，並定量至 100 mL。

(g) 混合試劑：各取 2.5 M 硫酸 50 mL、酒石酸鉀錒溶液 5 mL、鉬酸銨溶液 15 mL 和維他命 C 溶液 30 mL，並充分混合均勻。

(h) 磷儲存溶液(50 mg P/L)：溶解 0.2197 g 經烘乾(40°C)後的磷酸二氫鉀(KH_2PO_4)，添加 25 mL 的 3.5 M 硫酸，並以去離子水定量至 1 L。

(i) 磷標準溶液(5 mg P/L)：取 10 mL 的磷儲存溶液(50 mg P/L)，並以去離子水定量至 100 mL。

B. 步驟：

(a) 稱取 2.0 g 的風乾土(<0.5mm)，置入分解管中，並加入 30 mL 的 70% HClO₄，分解管需放置漏斗保持迴流，並以 130-140°C 進行消化。消化至土壤呈暗黑色後，將溫度提高至 203-210°C，且需再消化約 20~30 min，當消化完全時會有濃白煙霧產生，接著加入 1-2 mL 的 HClO₄ 淋洗分解管壁上的顆粒。

(b) 當消化完全後，將分解管中消化液移入 200 mL 定量瓶中，並定量之，定量後需靜置使固體物沈澱。

(c) 取 5 mL 的消化液，以及從 5 mg P/L 的磷標準溶液中取適量溶液配置檢量線(檢量線濃度需在 0.004 mg/L~0.8 mg/L 之間)，置入 50 mL 定量瓶中，分別加入 8 mL 的混合試劑後定量之，於 10 min 後以 UV 測定 P 濃度；UV 波長為 880 nm，空白組為不加 sample，僅加混合試劑者。

C. 計算：

$$P_{Br}(mg / Kg) = P \quad Conc.(mg / L) \times \frac{50mL}{V_1} \times \frac{L}{10^3 mL} \times \frac{200}{g \quad soil \quad used} \times (1 + w\%) \times \frac{10^3}{kg}$$

V₁=測磷時所取的樣品毫升數(mL)

3. 質地分析：吸管法(Gee and Bauder, 1986)

稱取約 12 g 的土壤於 500 mL 的燒杯中，加入少量的蒸餾水濕潤後，加入 30 mL 的 35% 雙氧水(H₂O₂)，並在加熱板上以 70~80°C 溫度加熱去除有機質；期間適度攪拌以防泡沫溢出，直到土壤溶液中無氣泡產

生。煮乾多餘 H_2O_2 ，接著加入約 200 mL 0.3 M 的檸檬酸鈉(sodium citrate) 溶液，25 mL 1 M 的碳酸氫鈉(bicarbonate, $NaHCO_3$)，2 g 的連二亞硫酸鈉(dithionite, $Na_2S_2O_4$)於土壤中，置入 $80^\circ C$ 水浴中加熱以去除游離鐵，並時而攪拌約 15 分鐘後土壤溶液成灰白色時取用，若未成灰白色則重複此步驟。靜置後將土壤混合液以 $1100\times g$ 之轉速離心 10 分鐘，以除去上清液(加入純水再次離心以完全去除 DCB 所殘留之液體)，最後將剩餘土壤用純水洗入燒杯中，置入烘箱以 $105^\circ C$ 烘乾；再秤取 10 g 的烘乾土壤放入攪拌杯中，加入蒸餾水和 10 mL 的分散劑偏磷酸鈉(sodium hexametaphosphate)，攪拌速度中等，攪拌約 10 分鐘後取出，過 320-325 mesh 的篩子(<0.05 mm)進行濕篩，將粉粒和粘粒洗入 1000 mL 的沉降筒中，留在篩上的沙粒經洗出、烘乾，在乾篩分為極細砂(2-1 mm)、粗砂(1-0.5 mm)、中砂(0.5-0.25 mm)、細砂(0.25-0.1 mm)、極細砂(0.1-0.05 mm) 洗入沉降筒的溶液加水定量到 1000 mL，再以攪拌棒充分攪拌後，依 Stoke 定率計算沉降 10 cm 時所需的時間，再以 25 mL 的玻璃吸管於 10 cm 處吸取 25 mL 粘粒懸浮溶液(<2 μm)，烘乾後秤重，其值乘以 40 即為粘粒含量，最後以總重量減去砂粒與粘粒重量即為粉粒重量。質地分級則依美國農業部土壤調查手冊質地三角圖求得。



照片 49. 2011 年 7 月漲潮時至中央位置進行水質參數測定



照片 53. 2011 年 9 月漲潮時不同樣點取樣水質樣本攜回分析



照片 50. 2011 年 7 月漲潮時取樣水質樣本攜回分析



照片 54. 現場以水質濁度分析儀測定水質樣本



照片 51. 2011 年 9 月水質分析儀器準備



照片 55. 2011 年 9 月以 GPS 將土壤採樣點定位



照片 52. 2011 年 9 月漲潮時取樣水質樣本攜回分析



照片 56. 以土壤採樣器挖取土壤表面 10 cm 土壤混合取回分析

三、紅樹林苗木培育

(一) 菜園濕地五梨跤軟盆苗培育

2010年6月4日及25日分別於台南市安平港保護區共計採集五梨跤成熟胎生苗，將其直接運送至澎湖縣菜園濕地，選擇避開大潮淹水而靠內陸有海茄苳保護之岩盤地，以5吋黑色軟盆裝入砂質壤土後，將胎生苗胚根插入土壤內，插入深度約胎生苗長度之1/3，共計栽培1,300株軟盆苗。

2011年7月29日於台南縣雙春森林遊樂區區採集成熟之五梨跤胎生苗，將其直接運送至澎湖縣菜園濕地，以同樣方式培育約500株軟盆苗(照片57-62)。

(二) 海茄苳苗木培育

台灣南部海茄苳果實成熟季節通常在9-10月(范貴珠，2006)，視當年氣候會有所提前或延後。2010年9月19日因凡那比中度颱風造成南部地區嚴重災情，導致大量未成熟果實吹落流失，無成熟果實可供採集。本年度提早於2011年8月20日至屏東林邊觀察果實均為未熟階段，為防重演去年經驗，亦採集少量海茄苳果實運至澎湖菜園苗圃育苗(照片63-64)及青螺魚塭直播(照片65-70)；而後仍遭遇南瑪都強烈颱風亦造成相同結果，此為不可抗拒與預測之天然災害。後來與台南縣政府洽商於適合紅樹林苗木生長之七股苗圃培育海茄苳苗木1000株，以作為本年度春季栽植之材料(照片71-72)。



照片 57. 2011 年 7 月工人於菜園苗圃裝土



照片 61. 工人辛苦步行來回搬運裝土軟盆



照片 58. 裝好之軟盆預備栽植五梨跤



照片 62. 於原來育苗位置排列軟盆



照片 59. 工人將軟盆運送至菜園濕地



照片 63. 2011 年 8 月底學生於菜園苗圃裝土栽植海茄苳



照片 60. 工人用扁擔搬運沈重之軟盆



照片 64. 正值颱風天學生栽植少量未成熟之海茄苳果實



照片 65. 2011 年 8 月 19 日於青螺試驗地挖溝直播海茄荖果實



照片 69. 徐志宏老師與學生於區塊 1 直播海茄荖果實



照片 66. 學生挖溝及直播海茄荖果實



照片 70. 師生於區塊 1 直播海茄荖果實



照片 67. 學生在區塊 2 較靠岸上的地區直播



照片 71. 台南縣政府七股苗圃培育台灣 4 種紅樹林苗木



照片 68. 學生在區塊 2 不同位置直播海茄荖果實



照片 72. 於七股苗圃培育栽植之海茄荖苗木生長情形良好

四、青螺濕地紅樹林栽植試驗

(一) 欖李與五梨跂耐淹水性試驗

2010年8月1日於青螺濕地設立3個栽植樣區(圖6)，並以竹竿標定潮差位置。每樣區由岸邊往魚塭中央水深方向，栽植屏東科技大學苗圃培育之1年生欖李軟盆苗(高度 20.9 ± 4.3 cm，地徑 0.5 ± 0.1 cm)及直插五梨跂胎生苗(長度約為25-32 cm)各3行。每行栽種40株，行株距為 $1\text{m} \times 1\text{m}$ ，每一樣區2樹種各栽植120株。

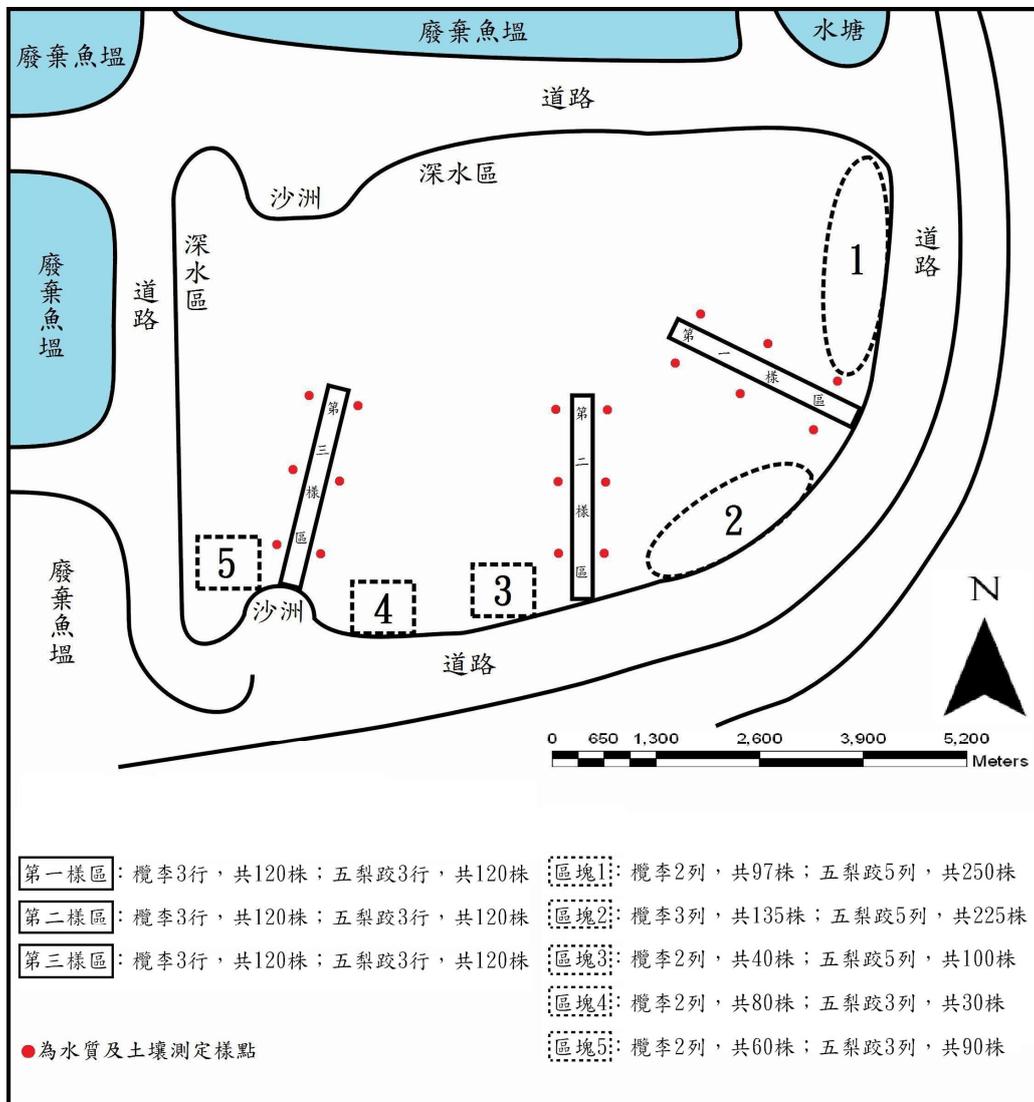


圖 6. 2010 年 8 月青螺魚塭紅樹林栽植試驗示意圖

(二) 欖李與五梨跤栽植適應性試驗

本試驗區面積雖小但土壤狀況相當複雜，考慮欖李盆栽苗培育及五梨跤胎生苗等材料相當珍貴，因此根據青螺真武殿廟南岸濕地 15 年紅樹林之復育栽植經驗(范貴珠等 2009)，選擇土壤質地較適合地區，共分為 5 個區塊(圖 6)，各區塊方位、土壤質地及周圍環境差異頗大(表 12)(照片 73-80)；其中區塊 1 及 2 之方位為西向及西北向，土壤質地為較適合紅樹林生長之黏性土壤，較少粗石礫，且周圍有約 3 m 高之銀合歡及雜木保護；而區塊 3、4 及 5 之方位為北向，區塊 3 及 4 之土壤質地為粗砂礫且多石塊，區塊 5 之土壤質地則粗砂質土，3 區周圍雖有放置之防潮護坡大石塊，但對影響最嚴重之冬季季風及鹽霧並無保護效果。本試驗將不耐淹水之欖李栽植在靠近內陸地區，而五梨跤胎生苗則直插在靠近水邊地區。每一區塊各樹種之栽植列數及株數均不同，各區塊總計栽植 412 株欖李及直插 695 支五梨跤胎生苗(圖 6)。

表 12. 青螺試驗地各區塊之方位、土壤及周圍環境差異

位置	方位	土壤狀況	周圍保護狀態
區塊 1	西向	黏質土	3 m 高銀合歡
區塊 2	西北向	黏質土	道路邊坡雜木及護欄
區塊 3	北向	粗砂及石礫	防潮護坡石塊，但無保護效果
區塊 4	北向	粗砂及石礫	防潮護坡石塊，但無保護效果
區塊 5	北向	粗砂	防潮護坡石塊，但無保護效果



照片 73. 區塊 1 周圍有約 3 m 高之銀合歡保護



照片 77. 區塊 4 靠岸之土質其粗砂成分較多



照片 74. 區塊 2 土質較佳且周圍有邊坡雜木及道路護欄保護



照片 78. 區塊 4 多數土質為沖刷後剩餘之石礫



照片 75. 區塊 3 及 4 為周圍無保護之北向位置



照片 79. 區塊 5 為正北向位置因此周圍石塊並無保護效果



照片 76. 區塊 3 之土質多為石礫且堅硬



照片 80. 區塊 5 受強勁冬季海潮影響致使有較厚之粗砂土質

(三) 欖李與五梨跤之補植作業

由於 2010 年 8 月栽植時為炎熱高溫之夏季，因此栽植後苗木死亡率高，少數成活者又因長時間冬季季風及鹽霧危害而全部死亡。2011 年 5 月 6-9 日以欖李(屏東林管處墾丁苗圃及澎湖菜園苗圃栽培之 2 年生苗木)及五梨跤(菜園濕地培育之 1 年生軟盆苗)為材料，再次進行上述試驗補植作業。栽植之試驗設計與第一年相似，即在 3 個不同淹水深度樣區及岸邊 5 個區塊中，栽植墾丁苗圃培育之欖李共栽植 1197 株；而菜園苗圃栽培之欖李因苗高較矮，僅在不同區塊最靠岸邊處共栽植 155 株。此外，共栽植菜園濕地培育之五梨跤 1 年生軟盆苗共 763 株(圖 7)(表 13)(照片 81-104)。

進行補植作業前先取樣 9 株栽植苗木(3 株 × 3 重複)測定苗高、直徑後，將苗木分為葉、枝幹(五梨跤為新萌芽枝幹)及根部後，以 70°C 烘箱中烘乾 1 week 後稱取乾重。將苗高、直徑及乾重代入下列公式計算 Dickson 苗木品質指數(Thompson, 1985)，作為未來栽植苗木選擇之參考(表 14)。

$$\text{品質指數(quality index)} = \frac{\text{苗木乾重 (g)}}{\frac{\text{苗高 (cm)}}{\text{直徑 (mm)}} + \frac{\text{地上部乾重 (g)}}{\text{地下部乾重 (g)}}}$$

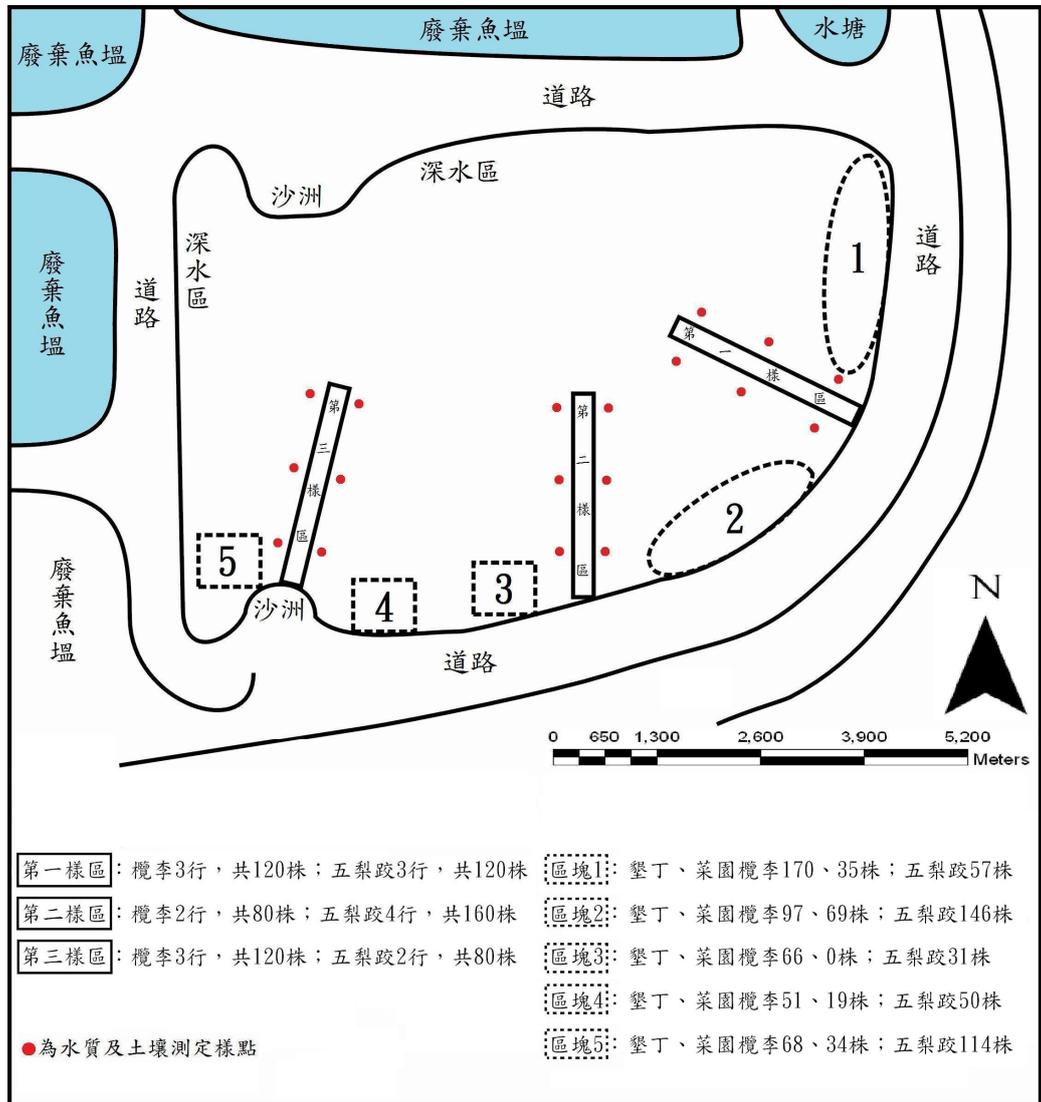


圖 7. 2011 年 5 月青螺魚塭紅樹林栽植試驗示意圖

表 13. 2011 年 5 月於青螺試驗區補植不同樹種之苗木株數 (單位：株)

位置	欖李(墾丁苗圃)	欖李(菜園苗圃)	五梨跤軟盆苗 (菜園濕地)
第一樣區	135	-	125
第二樣區	118	-	160
第三樣區	160	-	80
區塊 1	275	35	57
區塊 2	207	67	146
區塊 3	118	0	31
區塊 4	69	19	50
區塊 5	115	34	114
合計	1197	155	763

() : 指苗木來源地點

表 14. 2011 年 5 月補植五梨跤及欖李苗木之形質參數及苗木品質指數

樹種(栽培地點)	欖李(墾丁苗圃)	欖李(菜園苗圃)	五梨跤(菜園濕地)
苗高(cm)	63.11±3.01	11.96±0.29	21.30±0.62
地徑(cm)	1.00±0.02	0.46±0.05	0.46±0.00
葉乾量(g)	4.28±0.49	0.92±0.17	5.10±0.35
莖乾量(g)	10.37±0.83	0.81±0.09	11.62±0.98
根乾物(g)	5.43±0.35	1.81±0.20	8.33±0.33
總乾重(g)	20.08±0.96	3.53±0.47	25.05±1.56
品質指數	6.04±0.35	2.97±0.42	10.19±0.41

() : 指苗木來源地點



照片 81 屏東林管處栽培2年生已木質化欖李苗木



照片 85. 學生取樣栽植五梨跤苗木進行品質測定



照片 82. 屏東林管處栽培2年生已木質化欖李苗木運至澎湖菜園苗圃



照片 86. 學生利用夜間時間取樣進行欖李苗木品質測定



照片 83. 2011年5月工人將欖李裝袋準備栽植



照片 87. 隨船載運之墾丁培育之欖李苗木



照片 84. 澎湖菜園苗圃培育之2年生已木質化欖李



照片 88. 將墾丁苗圃培育之欖李運送至造林地



照片 89. 菜園濕地五梨跤苗木培育位置



照片 93. 工人將菜園濕地培育之五梨跤以塑膠籃運送



照片 90. 直插五梨跤胎生苗 2-3 個月後已長出 4-6 片葉片



照片 94. 工人將菜園濕地培育之五梨跤以塑膠籃裝載



照片 91. 五梨跤 8 個月生苗木已具 8 片葉片



照片 95. 工人以雙手接力方式辛苦將苗木一一抬出



照片 92. 五梨跤 1 年生根系完整之健壯苗木



照片 96. 學生將五梨跤苗木以貨車運送至造林地



照片 97. 學生於退潮時將苗木辛苦運送至栽植位置



照片 101. 工人將墾丁苗圃培育之欖李補植於各區塊空隙處



照片 98. 工人於不同因水深度樣區栽植五梨跤軟盆苗



照片 102. 墾丁苗圃培育之欖李補植於區塊 3 空隙處



照片 99. 學生協助將墾丁苗圃培育之欖李苗木栽植在青螺試驗地各區塊中



照片 103. 菜園苗圃培育之欖李苗高較小但已木質化



照片 100. 學生協助將墾丁苗圃培育之欖李苗木栽植在青螺試驗地各樣區中



照片 104. 青螺試驗地在 5 月份補植後之全景

(四) 苗木氧化酵素活性及二苯聯苦基自由基清除活性分析

2011 年 8 月 1 日採取青螺試驗地栽植成活之五梨跂及欖李苗木葉片，低溫冷藏後迅速攜回屏東科技大學實驗室，進行抗氧化酵素活性及二苯聯苦基自由基清除活性分析，方法如下：

(1) 超氧化物歧化酶(Superoxide dismutase, SOD)活性分析

秤重取植物葉片加入 50 mM Tris-Cl (pH 8.2) 後均質，倒入量筒中確認均質後植物液體積。經過濾後於 10000 g, 4°C 離心 30 分鐘，以 BCA 做蛋白質定量並代入蛋白質標準曲線公式計算每克鮮重的蛋白質濃度。取適當濃度之植物液加入 50 mM Tris-Cl (pH8.2), 1 mM EDTA, 0.2 mM pyrogallol 和 1 mM DTPA (溶於 0.2 M HCl 中)，以 A_{420} 測定吸光值，每間隔 20 秒測定一次，為時兩分鐘，酵素活性隨時間增加而遞增。將吸光值變化/每克鮮重/消光係數 ($\epsilon=11.3$)，可得每克鮮重的酵素活性單位 (Marklund and Marklund, 1974)。

(2) 過氧化酶(Peroxidase, POD)活性分析

秤重取植物葉片加入 25 mM 磷酸鹽緩衝液 (pH 6.0) 和 1 mM EDTA 後均質，倒入量筒中確認均質後植物液體積。經過濾後於 10000 g, 4°C 離心 30 分鐘，以 BCA 做蛋白質定量並代入蛋白質標準曲線公式計算每克鮮重的蛋白質濃度。取適當濃度之植物液加入 12 μ L 的 10 mM H_2O_2 和 3 μ L 的 2.58 mM guaiacol。在加入 H_2O_2 後反應即開始進行，以 A_{470} 測定吸光值，每間隔 20 秒測定一次，為時兩分鐘，酵素活性隨時間增加而遞增。將吸光值變化/每克鮮重/消光係數 ($\epsilon=26.6$)，可得每克鮮重的酵素活性單位 (Chance and Maehly, 1995；MacAdam et al., 1992)。

(3) 二苯聯苦基自由基清除活性(DPPH radical scavenging activity)分析

秤重取植物葉片加入 50 mM Tris-Cl (pH 8.2) 後均質，倒入量筒中確認均質後植物液體積，並經過濾後於 10000 g, 4°C 離心 30 分鐘。取適當濃度之植物液加入 0.5 mM 2,2-diphenyl -1-picrylhydrazyl (DPPH) 進行自由基清除能力的試驗；同時以三種濃度 (100、75 與 50%) 的標準品抗壞血酸 (ascorbic acid) 溶液做為陽性控制組 (PC) 與無添加抗壞血酸的為陰性控制組 (NC)。各反應取 500 μ L 的植物液、抗壞血酸溶液或水與 500 μ L 的 DPPH 試劑混合後靜置 30 分鐘後，以 A_{517} 測試吸光值，並代入 $\{1-(PC/NC)\} * 100\%$ 的公式計算(Kirby and Schmidt, 1997)。

(五)海茄苳之栽植試驗

2012 年 4 月 26 日將台南縣七股苗圃培育之海茄苳苗木，運送 1000 株至試驗地之後，次日於退潮時間立即栽植於土質較佳之第 1 及 2 區塊，其餘苗木則沿著試驗區岸邊土壤較多、石頭較少之區域栽植 2-3 列不等(照片 105-112)。

五、菜園濕地紅樹林栽植試驗

(一) 欖李與五梨跤栽植適應性試驗

2010 年 8 月 2 日菜園濕地選定 2 處栽植樣區(圖 8)，其中一區目前有土壤且靠內陸處均已為海茄苳所佔據，其餘均為浪潮沖刷大之裸露岩盤，幾無可供栽植紅樹林之適合生育地。僅選擇塭岸邊有土壤處設置第一栽植樣帶，靠岸上方共計栽植 150 株欖李軟盆苗及直插 300 支五梨跤胎生苗。另在此樣區靠出海口一處小沙洲上，密集栽植 60 株欖李及直插 160 支五梨跤胎生苗。



照片 105. 2012 年 4 月底由七股苗圃運回暫放森林系苗圃之海茄苳苗木



照片 109. 區塊 2 栽植完成之海茄苳苗木



照片 106. 運送至青螺栽植試驗地之海茄苳苗木



照片 110. 工人在不同淹水深度栽植海茄苳苗木



照片 107. 將海茄苳苗木沿著岸邊分送至各栽植區塊



照片 111. 不同淹水深度栽植完成之海茄苳



照片 108. 工人優先於土壤環境狀況較佳之區塊 2 栽植



照片 112. 嘗試在試驗地土壤面積小之背風面栽植苗木

另一魚塭區雖然面積大且軟泥較深，但是淹水深度過高且藻類繁殖旺盛，因此選擇靠近堤岸邊設置第二栽植樣帶，共計栽植 210 株(2 列)欖李及直插 830 支(2-3 列)五梨跤胎生苗。



圖 8. 菜園濕地紅樹林栽植試驗位置圖

(二) 欖李與五梨跤之補植作業

菜園濕地因缺乏栽植土壤及藻類危害嚴重，因此栽植之欖李苗木全數死亡，而直插五梨跤胎生苗之成活率亦僅 20% (范貴珠等，2011)，因此建議屬於不適合紅樹林栽植地區；然 2011 年 5 月仍再栽植少量之墾丁苗圃栽培之欖李(40 株)及五梨跤軟盆苗(120 株)等較健壯苗木(照片 113-120)，以確定其栽植之可行性。



照片 113. 菜園濕地為石礫多而無土壤可供栽植之區域



照片 117. 工人準備五梨跤軟盆苗進行栽植



照片 114. 菜園濕地漲退潮之水流經過河道



照片 118. 菜園濕地廢棄魚塭岸亦嘗試栽植少數五梨跤軟盆苗



照片 115. 學生在現場將五梨跤苗木根系洗出檢查



照片 119. 菜園小沙洲栽植五梨跤軟盆苗經過 1 天潮汐漲退後藻類纏繞苗木



照片 116. 工人在第一栽植樣帶栽植五梨跤軟盆苗



照片 120. 菜園小沙洲經過 1 天潮汐漲退後，藻類量驚人

六、青螺濕地真武廟前紅樹林栽植觀察

將 2011 年 7 月採集之五梨跤胎生苗約 400 支，同時直插於真武廟前有紅樹林保護之空曠地或林下。2011 年 5 月時將墾丁栽培之欖李苗木 300 株及菜園苗圃栽培之欖李苗木 80 株，栽植在地勢較高處(照片 121-126)，本計畫同時亦進行 2 樹種之栽植適應狀況觀察。



照片 121. 2011 年 7 月將五梨跤胎生苗直插於真武廟前紅樹林空曠處



照片 124. 工人地勢較高且空曠處栽植菜園苗圃培育之欖李苗木



照片 122. 直插五梨跤胎生苗及栽植欖李於真武廟前水池岸邊



照片 125. 工人及學生於真武廟水塘岸邊栽植欖李苗木



照片 123. 工人地勢較高且空曠處栽植菜園苗圃培育之欖李苗木



照片 126. 學生於有海茄苳保護處掘穴栽植欖李苗木

伍、結果

一、試驗地環境因子

(一)澎湖氣象資料

根據中央氣象局之網站資料查詢歷年氣象結果顯示(表 15)(詳細資料如附錄一之附表 1-11)，澎湖 1998 至 2010 年之平均溫度為 23.7°C，最高溫度在 29.8-30.9°C 間，最低溫度在 17.8-20.0°C。每年平均降雨量僅約 1121.6 mm，尚不及台灣年平均雨量之半。降雨量雖較少且集中在 6~8 月，分佈相當不均勻，但因紅樹林生育地不缺水分，因此對紅樹林生長之影響性較低。此外，澎湖四面環海，受強烈季風長時間吹襲，10~11 月間平均風速達 6.7 m sec⁻¹，年平均最大風速可高達 9.7-12.3 m sec⁻¹ 左右。秋冬季節風及夏季颱風為澎湖主要風害，挾帶鹽霧嚴重危害農作物及林木。

查詢本計畫執行期間之各月氣象資料顯示(表 16)，澎湖 2010 年 1 月至 2012 年 5 月中，2 年度均以 8 月之平均溫度最高，分別達 29.3 及 29.0°C；2010 年之最高氣溫在 7 月的 36.2°C，最低溫度在 12 至 4 月，最低溫範圍在 10.8-11.9°C。1 至 5 月降雨量均少，6 及 9 月月降雨量較高，尤其 9 月高達 238.0 mm，但全年降雨量僅 687.3 mm，屬於降雨量少的年份。而最大十分鐘風速以 1-3 月及 9-10 月較高，分別約 10.5-11.7 及 20.5-14.1 m sec⁻¹。2011 年之氣象資料顯示年平均溫度、最高溫度及最低溫度均呈相似的趨勢，但降雨量及降雨日數均較少，屬於降雨不足的年度。而 2012 年之氣象資料僅收集 1 至 5 月份，未來仍須持續收集整理。

表 15. 澎湖 1998 至 2011 年之氣象資料
 (資料來源：中央氣象局<http://www.cwb.gov.tw/index-f.htm>)

年	平均溫度 (°C)	最高溫度 (°C)	最低溫度 (°C)	年降水 量(mm)	年降水日 數(日)	日照時數 (小時)	最大十分 鐘風速 (m S ⁻¹)
1998	24.6	30.9	20.0	1258.4	96	157.3	10.7
1999	23.8	30.0	18.5	1054.6	90	154.9	10.7
2000	23.2	29.9	18.2	1144.0	85	147.4	11.1
2001	23.9	30.8	19.0	1459.7	87	168.5	12.3
2002	24.1	31.2	19.4	940.6	59	187.1	9.7
2003	23.6	30.0	18.9	786.1	61	188.3	10.3
2004	23.3	29.8	17.8	1215.6	65	188.1	9.7
2005	23.2	30.4	18.0	1589.5	82	167.1	12.2
2006	23.9	30.5	18.7	1506.8	80	158.8	11.1
2007	23.8	30.0	18.6	979.4	82	163.1	10.7
2008	23.4	29.9	18.5	1512.6	82	167.1	11.5
2009	24.1	30.8	19.4	957.8	82	179.2	11.8
2010	23.5	30.8	17.7	687.3	75	163.2	10.9
2011	22.8	29.5	18.6	609.4	69	152.2	10.6
平均	23.7	30.3	18.7	1121.6	78	167.3	11.0

表 16. 澎湖 2010 年 1 月至 2012 年 5 月之氣象資料
 (資料來源：中央氣象局<http://www.cwb.gov.tw/index-f.htm>)

月份	平均溫度 (°C)	最高溫度 (°C)	最低溫度 (°C)	降水 量(mm)	降水日數 (日)	日照時數 (小時)	最大十分 鐘風速 (m S ⁻¹)
2010 年							
1 月	17.5	25.7	12.0	7.8	5	109.6	11.7
2 月	18.5	28.8	10.8	20.8	7	86.2	10.5
3 月	20.9	30.8	11.8	3.3	3	169.2	11.4
4 月	21.7	31.0	14.9	30.8	6	111.4	9.7
5 月	25.2	32.3	19.5	71.3	12	171.1	7.4
6 月	26.8	33.1	21.8	137.1	11	153.0	9.4
7 月	28.6	36.2	23.9	95.6	7	240.4	7.6
8 月	29.3	34.3	25.6	8.3	4	259.0	6.5
9 月	28.0	33.0	22.9	238.0	7	211.9	20.5
10 月	25.2	31.8	19.0	52.9	5	127.5	14.1
11 月	21.5	25.4	18.0	8.3	6	130.4	10.6
12 月	19.0	27.2	11.9	13.1	2	188.1	11.8
平均 /合計	23.5	30.8	17.7	687.3	75	163.2	10.9
2011 年							
1 月	14.2	20.4	10.3	8.7	4	29.1	11.4
2 月	15.6	26.8	10.7	10.8	5	98.2	9.9
3 月	18.0	29.3	13.4	19.5	6	90.8	11.6
4 月	22.2	28.9	17.1	9.2	3	187.7	9.1
5 月	24.7	31.6	20.6	53.2	8	132.6	11.1
6 月	28.1	33.5	23.1	61.1	8	251.1	8.4
7 月	28.1	33.6	24.6	115.6	12	278.2	9.0
8 月	29.0	34.1	24.3	142.2	5	293.8	11.1
9 月	27.6	32.8	24.5	0.7	2	212.2	9.1

10月	25.0	30.1	22.0	7.5	2	137.5	13.1
11月	23.1	29.9	19.7	161.7	9	62.8	11.3
12月	17.8	23.0	13.4	19.2	5	52.6	12.1
平均/合計	22.8	29.5	18.6	609.4	69	152.2	10.6
2012年							
1月	15.1	21.5	11.3	10.5	9	24.2	10.7
2月	14.8	25.9	10.3	28.4	10	34.4	11.6
3月	19.2	29.4	12.8	7.3	5	119.5	11.2
4月	24.4	31.0	20.0	71.7	16	135.8	8.6
5月	26.1	32.5	22.6	192.7	10	179.4	8.6

2011年中央氣象局有發佈警告之颱風計有艾利、桑達、米雷、梅花及南瑪都颱風(表17)，其中僅8月27-31日之南瑪都颱風侵襲台灣，造成南部地區災情慘重，估計農業產物及民間設施損失金額達1億5794萬元；此颱風在8月29至31日間對澎湖分別降下64.6、65.1及11.7 mm之雨量，但並未造成明顯損害。

表 17. 2011 年中央氣象局有發佈警告之颱風資料
(資料來源：中央氣象局 <http://rdc28.cwb.gov.tw/data.php>)

中文名稱	英文名稱	警報期間	近台強度	近台近中心最低氣壓(hPa)	近台近中心最大風速(m/s)	七級風暴風半徑(km)	十級風暴風半徑(km)
南瑪都	NANMADOL	08/27~ 08/31	強烈	920.0	53.0	180	50
梅花	MUIFA	08/04~ 08/06	中度	945.0	43.0	280	--
米雷	MEARI	06/23~ 06/25	輕度	982.0	28.0	200	--
桑達	SONGDA	05/27~ 05/28	強烈	920.0	55.0	220	100
艾利	AERE	05/09~ 05/10	輕度	990.0	23.0	150	--

由中央氣象局網站查詢澎湖2011及2012年各月份澎湖之潮汐預測如附表12-19所示。潮汐預測表對本試驗栽植計畫而言，主要功能係提供工作時程之規劃設計，同時亦為現場執行調查及人員安全之重要參考依據。

(二)試驗地水質分析

2011年7月30及9月30日於漲潮時進行水質測定，結果顯示7月現場測得之pH為8.2、溶氧量為7.2 mg L⁻¹、電導度為51.7 mS cm⁻¹、鹽度為34.3‰、溫度為33.4°C及濁度為11.3 NTU。攜回水樣以精密度高之多功能水質分析儀測定水質，結果得知總氮濃度為240.0 mg L⁻¹，而總磷濃度則< 0.05 mg L⁻¹ (表18)。至9月監測時，除總氮濃度降低至17.5 mg L⁻¹外，其餘水質參數並無明顯變化，且與真武廟前之水質參數相近。

表 18. 青螺試驗地 2011 年 7 及 9 月之水質參數

監測項目	本計畫		真武廟前紅樹林	
	2011.07.30	2011.09.30	2011.07.30	2011.09.30
pH	8.2	8.1	8.1	8.1
溶氧量(mg L ⁻¹)	7.2	8.9	5.6	11.3
電導度(mS cm ⁻¹)	51.7	51.6	51.2	51.0
鹽度(‰)	34.3	34.6	33.9	34.3
溫度(°C)	33.4	31.1	31.3	31.7
濁度(NTU)	11.3	13.3	12.1	9.2
總氮量(mg L ⁻¹)	240.0	17.5	107.5	17.8
總磷量(mg L ⁻¹)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

(三)試驗地土壤分析

1. 底質特性

本試驗地 2011 年 9 月取樣測定各樣區之土壤全氮濃度差異不明顯(表 19)，以第 2 樣區稍高(312.7 mg kg^{-1})外，其餘樣區及栽植區塊之全氮濃度範圍為 $202.4\text{-}312.7 \text{ mg kg}^{-1}$ 之間。而各樣區之全磷濃度在 $1638.5\text{-}1892.5 \text{ mg kg}^{-1}$ 之間，亦無明顯差異，土壤之氮/磷比值以第 1 樣區較低(0.11)，其餘樣區之比值在 0.14-0.18 之間。

表 19. 青螺試驗地各樣區及區塊底質之主要養分特性

位置	氮(mg kg^{-1})	磷(mg kg^{-1})	氮/磷
第 1 樣區	202.4	1892.5	0.11
第 2 樣區	312.7	1755.5	0.18
第 3 樣區	245.3	1638.5	0.15
區塊 1	214.6	1738.5	0.15
區塊 2	275.9	1650.5	0.17
區塊 3	251.4	1816.0	0.14
區塊 4	257.5	1747.0	0.15
區塊 5	294.3	1730.5	0.17

2. 粒徑組成

2011 年 9 月測定土壤之粒徑組成，比較本試驗地不同樣區之砂粒、粉粒與粘粒結果顯示，各樣區均以砂粒含量為最多(表 20)，砂粒範圍在 79.4-85.6%間；其次均呈現粘粒次之(10.2-16.2%)，粉粒較少(3.9-9.0%)之趨勢。

進一步將砂粒細分為極粗砂、粗砂、中砂、細砂及極細砂等 5 個等級，測定結果顯示各栽植樣區及區塊均以細砂與中砂居多(表 20)，其中區塊 2 及 3 之細沙比例高達 53.1 及 52.8%。各區域之粗砂比例亦高，範圍在 19.2-23.8%間，但各區具飄移性之極細砂所佔比例則較少，範圍在 7.3-11.5%間。

表 20. 青螺試驗地 2011 年 9 月調查各樣區底質之粒徑分布(%)¹

位置	粒徑分佈			砂粒分級				
	砂粒	粘粒	粉粒	極粗	粗	中	細	極細
第 1 樣區	79.4	14.2	6.4	6.4	21.0	39.4	36.1	8.4
第 2 樣區	85.6	10.2	4.2	10.3	23.8	29.6	39.6	8.7
第 3 樣區	80.9	15.2	3.9	8.2	17.9	35.1	43.9	4.6
區塊 1	81.5	12.1	6.4	9.0	22.1	34.5	47.7	11.5
區塊 2	79.7	11.3	9.0	7.5	19.2	29.5	53.1	11.3
區塊 3	85.1	10.5	4.5	7.1	19.7	31.2	52.8	8.7
區塊 4	78.7	16.2	5.1	8.2	25.2	26.7	40.5	7.3
區塊 5	81.9	13.3	4.8	7.7	22.5	28.9	46.7	8.0

¹ 砂粒係指 2.0-0.05 mm 顆粒，其中極粗砂為 2.0-1.0 mm，粗砂為 1.0-0.5 mm，中砂為 0.5-0.25 mm，細砂為 0.25-0.1 mm，極細砂為 0.1-0.05 mm；粉粒為 0.005-0.002 mm；粘粒為 <0.002 mm。

二、青螺濕地紅樹林栽植試驗

(一)欖李與五梨跤耐淹水性試驗

1. 2010 年 8 月栽植試驗

本試驗 3 個栽植樣區由岸邊到水邊之距離均為 40 m，測定其潮差高度為 64 cm，每株栽植苗木之潮差高度為 1.6 cm 左右，屬於平緩且適合紅樹林栽植之潮間帶地形。2010 年 8 月於不同淹水深度栽植欖李軟盆苗，1 個月後第一及第二樣區的成活率已經降低為 68.3 及 64.2%，而第三樣區因有堆砂導致苗木被掩埋，因此成活率僅剩 36.7%。於 2011 年 2 月調查栽植 6 個月後之成活率，3 個試驗區從岸邊到魚塢中間所栽植之欖李苗木已經完全死亡(表 21)。

而本試驗直插五梨跤胎生苗 1 個月後之成活率相當高，第一及第二樣區成活率分別為 100 及 97.3%(表 21)，而最低者為第三樣區，然成活率仍高達 90.8%。2011 年 2 月調查直插之五梨跤胎生苗經過 6 個月後成活率已明顯降低，第一樣區雖維持 72.4%成活率，但第二及三樣區已分別降低至 55.8 及 18.3%，至 4 月底時，苗木生長仍未見恢復(照片 127-137)。

2012 年 6 月調查胎生苗直插 1 年 10 個月後之成活率及生長狀況，但因本年度栽植苗木生長恢復情況較慢，仍未見新葉萌發，而以胎生苗主幹生長情形判斷成活率，結果顯示第一及第二樣區直插五梨跤成活率分別降低至 55.0 及 40.0% (表 21)；而第三樣區直插五梨跤幾乎全數死亡，成活率僅 2.5%(照片 138-142)。

表 21. 青螺試驗地栽植在不同樣區之欖李及五梨跂苗木成活率 (%)

位置	2010.08.28		2011.02.10		2012.06.08	
	欖李	五梨跂	欖李	五梨跂	欖李	五梨跂
第一樣區	68.3	100.0	0	74.2	0	55.0
第二樣區	64.2	97.3	0	55.8	0	40.0
第三樣區	36.7	90.8	0	18.3	0	2.5

2011 年 2 月調查三個不同淹水深度樣區直插之五梨跂胎生苗，成活苗木經 6 個月時間生長後，苗高以第一樣區的 20.2 cm 較高，第三樣區較小(15.2 cm)(表 22)；至於 3 個試驗區之苗木地徑則無顯著差異，範圍在 4.3-4.7 mm 之間。

2012 年 6 月調查五梨跂直插 1 年 10 個月後，大部分苗木均有頂枯現象，因此第一及第二樣區苗高分別為 30.1 及 33.3 cm，而第三樣區直插成活者，苗高僅 20.2 cm，地徑亦較小(9.3 mm)。

表 22. 青螺試驗地在不同樣區直插五梨跂之苗高及地徑變化

位置	2011.02.10		2012.06.08	
	苗高 (cm)	地徑 (mm)	苗高 (cm)	地徑 (mm)
第一樣區	20.2±6.0	4.3±0.3	30.1±3.3	11.0±3.0
第二樣區	18.7±2.6	4.5±0.5	33.3±9.1	10.2±2.1
第三樣區	15.2±3.4	4.7±0.7	20.2±4.2	9.3±3.2



照片 127. 2011 年 7 月栽植 2 個月後第二樣區退潮時遠眺景觀



照片 131. 2011 年 11 月底觀察時直插苗(右側)較軟盆苗生長差



照片 128. 2011 年 7 月調查第二樣區不同樹種耐淹水性試驗栽植 40 天後生長狀況佳



照片 132. 2012 年 2 月調查因低溫苗木生長均尚未恢復



照片 129. 2011 年 11 月觀察直插胎生苗常有垃圾危害



照片 133. 2012 年 2 月觀察不同淹水深度之苗木生長均尚未恢復



照片 130. 2011 年 11 月觀察直插胎生苗已有黃葉現象



照片 134. 2012 年 2 月觀察直插胎生苗多頂枯但無法判斷是否死亡



照片 135. 2012 年 4 月底生長仍未恢復無法判定成活率



照片 139. 2012 年 6 月不同淹水試驗紅樹林苗木生長仍未恢復



照片 136. 2012 年 4 月底少數葉片仍存在之直插五梨跤苗木(深水處葉片污泥嚴重)



照片 140. 依據苗木基部狀態調查成活率



照片 137. 2012 年 4 月底少數葉片仍存在之直插五梨跤苗木(靠岸處葉片較無污泥)



照片 141. 大部分不同淹水深度直插五梨跤基部仍呈現綠色成活狀態



照片 138. 2012 年 6 月調查青螺試驗地逐漸退潮景觀



照片 142. 第一樣區靠岸直插五梨跤(右側)生長狀況較其他樣區稍佳

2. 2011 年 5 月栽植試驗

2011 年 5 月再次進行相似之試驗設計補植後，於 7 月 16 日調查結果顯示(表 23)，第一及第二樣區補植墾丁苗圃栽培之欖李成活率維持在 80-90%，而第三樣區補植之欖李成活率較低，僅 60.6%。本次試驗補植之五梨跤材料為菜園濕地自然環境培育 1 年之健壯軟盆苗，2011 年 7 月調查時，除第二樣區之成活率較低(91.9%)外，第一及三樣區之成活率達 100%且生長勢佳(照片 143-150)。

2012 年 2 月及 4 月預定調查生長時，但苗木均因低溫而生長尚未恢復，因此至 6 月調查栽植 1 年後苗木生長狀況，但仍未見明顯恢復狀態；其中第一及第二樣區內之所有欖李苗木上半部均枯萎，而成活率降低至 60%，而栽植第三樣區之欖李苗木則全數死亡(表 23)。此外，調查五梨跤軟盆苗栽植 1 年後之成活率，結果顯示第一樣區仍有 70.8%成活率，而第二樣區則降低至 48.1%，第三樣區僅 26.3%(照片 151-158)。

表 23. 青螺試驗地 2011 年 5 月不同樣區補植之欖李及五梨跤苗木成活率 (%)

位置	2011.07.16		2012.06.08	
	欖李 (墾丁苗圃)	五梨跤軟盆苗 (菜園濕地)	欖李 (墾丁苗圃)	五梨跤軟盆苗 (菜園濕地)
第一樣區	80.0	100.0	60.0	70.8
第二樣區	89.9	91.9	60.0	48.1
第三樣區	60.6	100.0	0	26.3

2012 年 6 月調查栽植 1 年後成活苗木之生長狀況，結果顯示由於冬季低溫及鹽霧危害，欖李及五梨跤軟盆苗均呈現頂枯狀態，而且均少有萌發新葉情形。針對第一及第二樣區之欖李苗木莖部仍呈成活狀態的苗木，測量高度分別為 50.2 及 45.6 cm，地徑為 11.2 及 9.8 mm (表 24)。而第一及第二樣區之五梨跤軟盆苗莖部仍呈成活狀態的高度，分別為 27.2 及 24.3 cm；第三樣區五梨跤軟盆苗成活率低，且苗高僅 10.5 cm，生長狀況差且地徑較小，僅為 9.8 mm。

表 24. 青螺試驗地 2011 年 5 月不同樣區補植成活苗木之苗高及地徑

位置	欖李(墾丁苗圃)		五梨跤軟盆苗(菜園濕地)	
	苗高 (cm)	地徑 (mm)	苗高 (cm)	地徑 (mm)
第一樣區	50.2±5.6	11.2±3.2	27.2±4.2	12.6±3.1
第二樣區	45.6±8.3	9.8±2.1	24.3±6.2	12.2±1.9
第三樣區	-	-	10.5±3.6	9.8±2.8



照片 143. 2011 年 7 月學生進行成活率及生長量調查



照片 147. 2011 年 7 月第三樣區因堆砂及北風較強因此成活率較低



照片 144. 2011 年 7 月觀察不同樹種耐淹水性試驗苗木生長狀況佳



照片 148. 2011 年 7 月第三樣區墾丁栽培欖李大苗傾倒情形嚴重



照片 145. 2011 年 7 月僅少數五梨跤軟盆苗因土質鬆軟而傾倒



照片 149. 2011 年 8 月觀察五梨跤軟盆苗生長狀況較佳



照片 146. 2011 年 7 月不同淹水深度靠岸欖李成活率較佳



照片 150. 2011 年 9 月苗木生長情況良好但葉片泥漿多



照片 151. 2012 年 2 月因冬季低溫苗木生長未恢復



照片 155. 第二樣區靠岸處少數五梨跤軟盆苗葉片仍存在



照片 152. 2012 年 4 月底觀察少數靠近岸邊五梨跤葉片仍存在



照片 156. 不同樣區靠岸欖李基部仍呈現成活狀態



照片 153. 2012 年 6 月調查五梨跤軟盆苗經過嚴冬仍然落葉呈現頂枯狀態



照片 157. 對判定成活之苗木取樣量測苗高生長



照片 154. 第二樣區深水處苗木死亡率較高



照片 158. 第三樣區因處於北向風衝地帶且堆砂多導致苗木死亡率高

(二) 欖李與五梨跂栽植適應性試驗

1. 2010年8月栽植試驗

2010年8月栽植在較靠塹岸邊之苗木，每一區塊因樹種及栽植位置不同，苗木成活率亦有所差異(表25)。欖李軟盆苗栽植1個月後，栽植在區塊2及3之成活率較高，分別為71.1及80.0%；栽植在區塊1及4之欖李苗木成活率次之，而區塊5之成活率最低(48.4%)。至2011年2月調查各區塊栽植之欖李苗木成活率，結果顯示經6個月後苗木全部死亡。

於各區塊淹水較深處直插五梨跂胎生苗，1個月後除區塊5成活率較低外(86.7%)，其餘區塊之成活率高達95.1-100%(表25)。而2011年2月調查直插胎生苗6個月後，各區塊苗木成活率明顯降低；其中區塊1、2及3之成活率維持在60%左右，惟直插在區塊4及5者則分別降低至36.7及14.5%。2012年6月調查時大部分苗木呈現頂枯狀態，而成活率有略微下降趨勢，而以區塊1及2之成活率較高，分別為53.6及60.0%，區塊5成活率最低，僅10.0%。

表 25. 青螺試驗地不同栽植區塊之欖李及直插五梨跂苗木成活率 (%)

位置	2010.08.28		2011.02.10		2012.06.08	
	欖李	五梨跂	欖李	五梨跂	欖李	五梨跂
區塊 1	59.1	99.6	0	60.4	0	53.6
區塊 2	71.1	95.1	0	62.7	0	60.0
區塊 3	80.0	97.0	0	62.0	0	42.0
區塊 4	58.8	100.0	0	36.7	0	30.8
區塊 5	48.4	86.7	0	14.5	0	10.0

2011 年 2 月調查直插在不同區塊成活之五梨跂苗木，經 6 個月時間生長後，除直插在區塊 4 之苗高較小(11.2 cm)外(表 26)，其餘區塊之平均苗高均為 18.0 cm 左右；至於各區塊之苗木地徑則無顯著差異，範圍在 4.4-4.7 mm 之間。

2012 年 6 月調查時雖然苗木尚未恢復生長，但是經過 1 年時間後，區塊 1 及區塊 2 直插五梨跂生長較佳，苗高分別為 41.2 及 37.0 cm (表 26)，其次為直插在區塊 3 及區塊 4 者；而直插於區塊 5 位置者，苗高僅 12.9 cm，甚至較 2 月調查時為低，呈現負生長現象。至於地徑則以區塊 1-3 增加較多，範圍為 8.8-9.3 mm，區塊 4 及 5 亦分別增加至 7.6 及 7.9 mm。

表 26. 青螺試驗地不同栽植區塊直插五梨跂之苗高及地徑變化

位置	2011.02.10		2012.06.08	
	苗高 (cm)	地徑 (mm)	苗高 (cm)	地徑 (mm)
區塊 1	18.0±3.6	4.5±0.9	41.2±5.2	9.3±3.1
區塊 2	18.0±2.3	4.7±0.7	37.0±7.0	8.9±2.2
區塊 3	18.2±1.5	4.7±0.5	25.3±3.2	8.8±2.1
區塊 4	11.2±2.9	4.5±0.6	22.1±3.0	7.6±1.9
區塊 5	18.8±6.1	4.4±0.4	12.9±4.1	7.9±2.1

2. 2011 年 5 月栽植試驗

2011 年 7 月 16 日調查栽植 2 個月後結果顯示(表 27)，各類苗木成活率均相當高，各區塊均以菜園苗圃培育之欖李苗木(範圍為 78.9-98.5%)，其成活率較墾丁苗圃培育者(範圍為 68.1-96.6%)高，其中又以區塊 4 及 5 之成活率較低。雖然欖李初期成活率高，但苗木葉

片多已脫落、殘存者或新萌葉片呈現葉小且肉質狀態(照片 159-164)。

2012 年 6 月調查各區塊補植 1 年後之結果顯示(表 27)，不同來源之欖李苗木成活率均下降，其中墾丁苗圃栽培之欖李苗木成活率較菜園苗圃培育者高，其中栽植在區塊 1 者成活率仍有 59.2%，區塊 2 之成活率次之(44.8%)，而區塊 5 之苗木成活率僅 6.8%。至於菜園苗圃栽培之欖李在區塊 1 成活率降低至 31.4%，其他區塊幾乎完全死亡。

本試驗將菜園濕地培育之 1 年生五梨跤軟盆苗補植後，7 月調查時，各區塊成活率均為 100%，且苗木生長狀況佳(表 27)。2012 年 6 月調查時各區塊之五梨跤軟盆苗成活率均明顯降低；其中栽植在區塊 1 及區塊 2 之五梨跤成活率較高，分別為 77.2 及 79.5%。至於區塊 3、4 及 5 之苗木成活率分別降低至 22.6、20.0 及 14.9% (照片 165-182)。

表 27. 青螺試驗地 2011 年 5 月於不同區塊補植之欖李及五梨跤苗木成活率 (%)

位置	2011.07.16			2012.06.08		
	欖李(墾丁苗圃)	欖李(菜園苗圃)	五梨跤軟盆苗(菜園濕地)	欖李(墾丁苗圃)	欖李(菜園苗圃)	五梨跤軟盆苗(菜園濕地)
區塊 1	89.1	94.3	100.0	59.2	31.4	77.2
區塊 2	94.7	98.5	100.0	44.8	1.4	79.5
區塊 3	96.6	-	100.0	32.5	-	22.6
區塊 4	68.1	78.9	100.0	22.1	0	20.0
區塊 5	76.5	82.3	100.0	6.8	0	14.9



照片 159. 2011 年 5 月底觀察第二次栽植在區塊 2 之苗木生長情形良好



照片 163. 2011 年 7 月觀察靠岸墾丁苗圃栽培欖李雖成活但落葉



照片 160. 菜園濕地培育之五梨跤軟盆苗栽植 1 個月後生長良好



照片 164. 墾丁苗圃培育之欖李因鹽分濃度高而葉片成肉質狀態



照片 161. 墾丁苗圃栽培欖李雖較高但容易被藻類所纏繞



照片 165. 2012 年 2 月觀察各區塊苗木生長尚未恢復



照片 162. 菜園苗圃培育之欖李雖然較矮小但生長恢復情形良好



照片 166. 2012 年 2 月五梨跤軟盆苗葉片污染嚴重



照片 167. 2012 年 4 月底觀察不同樹種之苗木生長未恢復



照片 168. 2012 年 4 月底觀察五梨跤軟盆苗生長未恢復



照片 169. 2012 年 4 月底觀察墾丁苗圃栽培欖李無法判斷成活與否



照片 170. 2012 年 6 月調查時靠岸各區塊栽植苗木生長未恢復



照片 171. 2012 年 6 月調查顯示區塊 2 栽植苗木生長狀況較佳



照片 172. 區塊 1 栽植之苗木生長狀況居次且未恢復



照片 173. 2012 年 6 月調查各區塊直插五梨跤大部分頂枯



照片 174. 2012 年 6 月調查區塊 2 中有較多葉片仍存在之直插五梨跤苗木



照片 175. 2012 年 6 月調查區塊 2 中五梨跖軟盆苗生長狀況相對較佳



照片 179. 2012 年 6 月調查區塊 4 栽植之欖李苗木大多遭藻類壓垮



照片 176. 2012 年 6 月調查有少數靠岸直徑較粗之欖李苗木基部葉片仍存在



照片 180. 區塊 5 栽植之欖李較大苗木倒伏



照片 177. 2012 年 6 月量測各區塊判定成活欖李苗木之地徑



照片 181. 2012 年 6 月調查區塊 5 欖李苗木被藻類纏繞



照片 178. 2012 年 6 月調查石塊多且藻類危害較嚴重之區塊 4 苗木死亡率高



照片 182. 2011 年 7 月將採集之五梨跖胎生苗在次直插於惡劣區域後仍然成活

(三) 欖李與五梨跂苗木抗氧化酵素活性及二苯聯苦基自由基清除活性分析

2011 年 8 月於青螺試驗地中採取不同栽植材料之葉片進行分析，結果顯示於菜園濕地栽培之 1 年生五梨跂軟盆苗，葉片之抗氧化酵素活性(SOD 及 POD)及自由基清除能力(DPPH)均比直插者為高(表 28)，尤其 DPPH 更高達 30.56 mg ascorbic acid / g FW。

而比較澎湖菜園苗圃及墾丁苗圃培育之欖李在超氧化物歧化酶活性、過氧化酶活性及二苯聯苦基自由基清除能力上的差異性，結果顯示澎湖菜園苗圃培育之欖李抗氧化酵素活性較墾丁苗圃培育者為高(表 29)；而墾丁苗圃培育之欖李其自由基清除能力則比澎湖菜園苗圃培育者為高，DPPH 高達 59.06 mg ascorbic acid / g FW。

表 28. 五梨跂直插及 1 年生軟盆苗之抗氧化酵素活性及二苯聯苦基自由基清除活性比較

	SOD (mU/g FW)	POD (mU/g FW)	DPPH (mg ascorbic acid / g FW)
直插苗	1.16 ± 0.22	1.43 ± 0.19	1.09 ± 0.24
軟盆苗	1.22 ± 0.03	2.14 ± 0.04	30.56 ± 4.85

表 29. 菜園及墾丁苗圃培育欖李苗木之抗氧化酵素活性及二苯聯苦基自由基清除活性比較

	SOD (mU/g FW)	POD (mU/g FW)	DPPH (mg ascorbic acid / g FW)
菜園苗圃	1.01×10 ⁴ ± 0.61	55.09 ± 0.01	1.59 ± 0.06
墾丁苗圃	2.09×10 ³ ± 337	0.60 ± 0.04	59.06 ± 7.85

(四)海茄苳之直播試驗

2011年8月由屏東林邊採集少量海茄苳果實，直播在青螺試驗地第1、3及5區塊靠岸處。2012年6月調查時發現，區塊1直播海茄苳完全無發芽生長狀況，但區塊3有16株直播苗木生長，平均苗高24 cm，地徑4.5 mm。區塊5共有23株海茄苳直播苗木發芽生長，平均苗高44.4 cm，地徑9.1 mm，生長狀況算相當良好(照片183-186)。



照片 183. 2012年6月調查發現區塊3有少數直播成活海茄苳



照片 185. 2012年6月調查區塊5有23株直播成活海茄苳



照片 184. 2012年6月調查區塊3直播成活海茄苳植株較小



照片 186. 區塊5直播成活海茄苳生長較佳

(五)海茄苳之栽植試驗

2012年4月底於第1、2區塊及沿著岸邊栽植之海茄苳苗木，至6月初調查時全區成活率為86%，大部分除葉片沾染細泥外，生長狀況良好，但仍須持續觀察始可斷定成效(照片187-194)。



照片 187. 2012 年 6 月調查栽植在不同區塊海茄苳全區之成活率達 86%



照片 191. 2012 年 6 月調查栽植海茄苳葉片沾染污泥但已開花



照片 188. 2012 年 6 月調查栽植在不同淹水深度之海茄苳成活率尚佳



照片 192. 栽植在靠深水區之海茄苳苗木葉片污泥厚重



照片 189. 2012 年 6 月調查靠岸栽植之 1 年生海茄苳葉片較為乾淨



照片 193. 許多海茄苳苗木雖然葉片污泥厚重但仍有開花現象



照片 190. 2012 年 6 月調查有些海茄苳已經開花



照片 194. 本次栽植有少部分 2 年生苗木植株較大且已有呼吸根存在

三、菜園濕地紅樹林栽植試驗

(一) 欖李與五梨跤栽植適應性試驗

1. 2010年8月栽植試驗

2010年8月栽植在菜園濕地第一樣帶堤岸邊之欖李苗木，1個月後成活率僅剩20.7% (表30)；而密植於小沙洲上之欖李苗木則全數死亡。第二樣帶在靠近堤岸邊栽植之欖李苗木，初期成活率較高(49.1%)。然而2011年2月調查經過6個月後苗木成活狀況發現，在菜園濕地栽植之欖李苗木均全數死亡。

直插在不同位置之五梨跤胎生苗，第1個月之成活率相當高，範圍在81.3-97.7% (表30)。經過6個月時間後，直插在第一樣帶堤邊者成活率降至27.3%，然直插在水流沖蝕強勁的小沙洲上，苗木成活率仍保有68.1%。至於直插在第二樣帶胎生苗幾乎全數死亡，成活率僅0.6%；至2011年7及9月之觀察，苗木生長狀況均不佳(照片195-205)。

2012年6月調查時生長仍尚未恢復，但判定直插在第一樣帶的五梨跤經過1年後成活率僅剩12.1%。小沙洲上直插之胎生苗成活率雖較高(24.5%)，但是地上部均呈落葉且凋萎狀態(照片206-218)。

表30. 菜園試驗地不同位置栽植欖李及直插五梨跤苗木成活率 (%)

位置	2010.08.28		2011.02.10		2012.06.08	
	欖李	五梨跤	欖李	五梨跤	欖李	五梨跤
第一樣帶 (堤岸)	20.7	81.3	0	27.3	0	12.1
第一樣帶 (小沙洲)	0	96.9	0	68.1	0	24.5
第二樣帶	49.1	97.7	0	0.6	0	0

2011 年 2 月調查時第一樣帶堤岸及小沙洲直插成活之五梨跂之苗高無差異不大，分別為 21.5 及 19.0 cm，但第二樣帶直插者則僅有 10.2 cm，而直徑則約在 4.1-4.3 mm 間(表 31)。

2012 年 6 月將判定為成活之苗木調查其苗高及地徑結果顯示，直插在第一樣帶堤岸旁成活之五梨跂苗高為 38.1 cm，而直插在小沙洲者僅 21.7 cm；苗木地徑則分別為 8.8 及 7.1 mm，差異並不明顯。

表 31. 菜園試驗地不同栽植位置直插五梨跂之苗高及地徑變化
(栽植日期：2010 年 8 月)

位置	2011.02.10		2012.06.08	
	苗高 (cm)	地徑 (mm)	苗高 (cm)	地徑 (mm)
第一樣帶 (堤岸)	21.5±2.1	4.0±0.6	38.1±4.5	8.8±2.3
第一樣帶 (小沙洲)	19.0±8.0	4.3±0.6	21.7±3.2	7.1±3.1
第二樣帶	10.2±4.3	4.1±0.8	-	-

2. 2011 年 5 月栽植試驗

2011 年 5 月以墾丁苗圃栽培之欖李及五梨跂軟盆苗等較健壯苗木，再次嘗試栽植於菜園試驗地之小沙洲(20 株)及第二樣帶土壤少且淹水嚴重地區(100 株)，至 2011 年 7 月調查時成活率分別達 95 及 100%。2012 年 6 月調查栽植 1 年後成活率，其中欖李苗木已全數死亡，而栽植在小沙洲者則葉片完全脫落，生長勢相當差，僅少數栽植在堤岸上者成活，但生長狀況不佳。



照片 195. 2011 年 7 月觀察菜園濕地長年有大量藻類繁殖



照片 199. 2011 年 5 月栽植於菜園小沙洲之五梨跤被藻類纏繞



照片 196. 菜園濕地直插五梨跤被藻類覆蓋無法萌芽



照片 200. 調查時學生亦將纏繞五梨跤之垃圾及藻類清除



照片 197. 2011 年 7 月觀察栽植墾丁苗圃栽培之欖李僅少數成活



照片 201. 菜園濕地栽植在小沙洲之五梨跤在漲潮時浸於潮水中



照片 198. 大部分欖李苗木被藻類覆蓋而倒伏死亡



照片 202. 2011 年 7 月菜園濕地栽植在小沙洲之五梨跤退潮時又被藻類及垃圾纏繞



照片 203. 2011 年 9 月底退潮時觀察菜園濕地小沙洲上苗木生長狀況



照片 207. 2012 年 2 月調查菜園濕地小沙洲苗木生長狀況



照片 204. 2011 年 9 月底觀察菜園濕地小沙洲上五梨跤軟盆苗成活尚可



照片 208. 2012 年 2 月五梨跤葉片幾乎完全脫落



照片 205. 2011 年 9 月底觀察菜園濕地小沙洲上五梨跤軟盆苗多被垃圾纏繞



照片 209. 2012 年 2 月調查菜園地一樣帶岸邊少數成活五梨跤苗高



照片 206. 2012 年 2 月冬季紀錄小沙洲苗木死亡原因



照片 210. 2012 年 2 月大部分栽植於岸邊之五梨跤呈現頂枯但無法判斷成活與否



照片 211. 2012 年 2 月菜園岸邊少數成活之五梨跤苗木



照片 215. 2012 年 6 月觀察菜園濕地漲潮水流強勁



照片 212. 2012 年 2 月菜園岸邊少數密集直插成活之五梨跤苗木



照片 216. 少數直插在原有海茄苳下之五梨跤胎生苗生長良好



照片 213. 2012 年 2 月調查菜園濕地魚塭位置之栽植苗木全部死亡



照片 217. 2012 年 6 月退潮時小沙洲五梨跤仍無生長恢復情形



照片 214. 2012 年 2 月第一樣帶岸邊藻類覆蓋嚴重



照片 218. 菜園濕地小沙洲每日退潮後均會有不同形態之垃圾危害

四、青螺濕地真武廟前紅樹林栽植觀察

2011年7月在真武廟前現有海茄苳保護位置直插之五梨跤胎生苗，2012年6月觀察成活率約60%，而直插在空曠水池邊者成活率約10%。此外，墾丁苗圃栽培之欖李大苗成活率約30%，地徑較大者基部仍有葉片存在；而菜園苗圃栽培之欖李因苗木較小，成活率約10% (照片 219-224)。



照片 219. 2012年6月觀察直插在水塘邊有保護之五梨跤苗木成活率較高



照片 222. 五梨跤直插在水塘旁較空曠處之死亡率高



照片 220. 直插五梨跤在有海茄苳保護處成活率較高



照片 223. 墾丁苗圃培育之大苗死亡率高



照片 221. 五梨跤直插在地勢較高之乾燥土壤成活率約50%



照片 224. 少數欖李苗木基部仍有葉片存在

陸、討論

一、試驗地環境因子

(一)氣候

紅樹林分布在 32°N 及南緯 38°S 間，南北分布之限制主要受溫度之影響，而雨量、風及浪潮之保護與否亦會影響森林組成及歧異度。一般紅樹林生長在年平均氣溫為 25-30°C，最冷月均溫不低於 20°C 的環境中，然而此種溫度限制常因樹種耐性不同，但若最冷月均溫在 5°C 以下時，則不論任何紅樹林均會受到限制。海水表面溫度也是重要因素，紅樹林分布與海水表面 24°C 等溫線有明顯的相關性，一般全世界紅樹林主要生長區之海水溫度約在 24-27°C (Tomlison, 1994)。以台灣全島海岸線之氣候而言，月均溫低於 20°C 約有 4 個月左右，然紅樹林依然生長良好。台北淡水最低月均溫只有 15°C 左右，水筆仔不僅生長良好，且形成純林優勢(Hsueh and Lee, 2000)。Kao et al. (2004)研究指出台灣西海岸之海茄苳較水筆仔不耐低溫，而冬季低溫是限制海茄苳分布主要因子。澎湖地區最低溫度在 12 至 4 月，最低溫範圍在 10.8-11.9°C(表 16)，已為 4 種紅樹林分布之極限溫度，加上強勁冬季季風及鹽霧之危害，因此本計畫雖以不同樹種、苗齡及造林方式栽植之紅樹林苗木，成活率及生長相較於台灣西海岸各地者均較差。

(二)水質及土壤因子

2011 年 7 及 9 月進行水質測定，結果顯示現場測得之 pH、溶氧量、電導度、鹽度、溫度及濁度均屬於紅樹林生長之適合環境範圍。

而 7 月測得水質總氮濃度較高，為 240.0 mg L^{-1} ，而總磷濃度則 $< 0.05 \text{ mg L}^{-1}$ ，相當低(表 18)。至 9 月調查時，除總氮濃度降低至 17.5 mg L^{-1} 外，其餘水質參數並無明顯變化，且與真武廟前之水質參數相近，顯示此區域範圍之水質性質差異不大，此短暫測得資料可作為試驗地基本資料之參考。

土壤為一複雜系統，是由大小、形狀不同之固體組成份和空隙，以一定形式連結而成的多孔介質。土壤粒徑、顆粒表面積、顆粒體積及空隙大小等均有其相似性。紅樹林植物與其土壤間相互作用明顯，土壤條件影響紅樹林之生長及分布，而不同種類紅樹林植物對土壤理化性質有不同影響(劉美齡等，2008)。青螺試驗地各樣區及栽植區塊在氮方面濃度偏低，均不及 1000 mg/kg (0.1%)(表 19)。而磷含量則介於 $1638.5\text{-}1892.5 \text{ mg/kg}$ 之間，不同樣區及栽植區塊間差異不大。通常當生態系之土壤在碳、氮、磷之間的平衡上，若三者的比值為 $100:10:1$ 時，可提供植物生長較佳之有效氮與磷(Brady and Weil, 2010)。氮與磷為植物生長過程中最重要的限制性元素(Marschner, 1995)，亦為微生物生長過程中不可少的養分，充足的養分供應是微生物活性發揮的前提，故亦會影響有機質之分解速率(王維奇等，2010; 2011)。王維奇等(2010)研究閩江河口蘆葦(*Phragmites australis*)和蘆草(*Scirpus triqueter*)不同質地濕地土壤碳、氮、磷比值，結果顯示壤質土之氮/磷平均值為 1.62，而砂土則為 0.60，且 pH 及鹽度為重要之影響因子。與上述研究相較，本試驗區各栽植樣區及區塊之氮/磷比值均偏低，意即本試驗地之磷濃度雖足夠，但氮濃度呈現不足的現象，未來應為成活苗木生長受限之主要原因之一。

粒徑組成在濕地生態系中的重要性，乃影響底質之通氣性、保水性與保肥力，同時粒徑組成關係著植物的機械支撐能力。在三個樣區及 5 個栽植區塊中，砂粒均在 50% 以上(表 20)，顯示本試驗地為一通氣性佳，但保水與保肥能力較差的環境。由於紅樹林植物成樹具有複雜分散之呼吸根，否則遇有風力則容易倒伏，因此粗質地的底質對於本計畫栽植之紅樹林苗木生長與支持有不利之影響。

粒徑分布在潮間帶濕地所代表的意義是沉積物的來源與穩定狀態，沉積物受到水力衝擊時，砂粒只會因重力而沉降，但坩粒或粘粒則易呈懸浮狀態而漂移；而比較本試驗地不同樣區之砂粒、坩粒與粘粒可發現，各區坩粒或粘粒比例較低(表 20)的原因，可能是潮汐作用而將之移出。進一步將砂粒細分成 5 個等級，則可發現各樣區及區塊以細砂及中砂為主，而較易漂移的極細砂並不多，顯示潮汐作用之水文干擾明顯。而粒徑組成可做為紅樹林復育成果之環境指標，意即未來若本試驗地紅樹林栽植成效良好後，長久而言粒徑組成在空間分佈上的均質性亦會較高，同時上述有機質、氮、磷等在含量與比例上也會趨於平衡穩定。

二、青螺濕地紅樹林栽植試驗

(一) 欖李與五梨跤耐淹水性試驗

本試驗 3 個栽植樣區由岸邊到水邊之距離均為 40 m，測定其潮差高度為 64 cm，每株栽植苗木之潮差高度為 1.6 cm 左右，屬於極為平緩且適合紅樹林栽植之潮間帶地形。2011 年 2 月調查栽植 6 個月後，於 3 個試驗區從岸邊到魚塭中間 40 m 長之樣帶中，所栽植之欖李苗木已經完全死亡。根據台南安平港及龍岡社區之栽植經驗，若生

育地環境適合，選用 6 個月生的欖李苗木在春季栽植，不但成活率高且苗木生長快速；栽植 10 個月後的苗高可達 95-108 cm，地徑達 37 mm 左右(范貴珠等 2005)。由於 0.75% NaCl 為欖李苗木生長之最適合鹽度，鹽度增加至 3.0% NaCl 會使苗木所有形態參數明顯下降，而 4.5% NaCl 為此苗木之致死濃度(范貴珠等 1999)；而且欖李為缺乏呼吸根之紅樹林樹種，不耐長期淹水環境(Tomlison 1994)。本次栽植欖李苗木係在屏東科技大學苗圃溫室栽培之 1 年生苗木，在 2010 年的夏季高溫環境下栽植，係造成苗木死亡率高之原因。而後再次栽植墾丁苗圃培育之已木質化 2 年生欖李苗木，初期成活率在 60-80%，但是因為澎湖冬季低溫及鹽霧危害嚴重，因此經過 1 年後，靠近深水區域幾乎全數死亡，但是靠岸者成活率在 60%左右，但是苗木生長均尚未恢復。

Clarke et al. (2001)調查澳洲 Townsville 海岸的五梨跤成熟胎生苗在海水或淡水環境均屬於漂浮型，約需 14 天根系才開始發育，而且調查第 23 天已生根之胎生苗比率僅 3.3%。而 He et al. (2007)在廣西英羅灣灘地上建造 8 個高程梯度(320-390 cm，相隔梯級間高度差 10 cm)的試驗平台，研究淹水逆境對 1 年生五梨跤幼苗生長和生理指標的影響，結果顯示淹水時間較長的小高程(320-330 cm)對幼苗高生長有些微的促進作用；高程越低則幼苗的葉片數、葉面積和葉保存力越低，且成活率降至 40.0%，但 370 cm 以上高程之成活率均在 80%以上，因而建議此為廣西沿海五梨跤胚軸造林的宜林界線。而本試驗胎生苗直插 1 個月後開始萌發新葉，但整支胎生苗幾乎均沾滿細泥，有些甚至被藻類所完全被覆，需用人工將其除去以免影響葉片萌發。直插 1 個月後之成活率相當高，3 個樣區成活率為 90.8-100%(表 21)，

此主要係因本試驗地之高程差較小，屬於緩坡潮間帶地區，為五梨跤之宜林界線；但因冬季低溫且鹽霧危害嚴重，大部分成活苗木葉片僅剩 2-4 片左右，呈現部分枯萎或全部枯萎現象。Kitaya et al. (2002) 在泰國南部研究不同高程對 7 種紅樹林苗木早期成活率及生長之影響，亦指出與五梨跤同屬之 *Rhizophora mucronata* 在不同的高程均可成活，耐淹水性較其他紅樹林為佳，但生長速率隨淹水程度而降低。

Clarke et al. (2001) 研究指出鹽分處理 4 個月後，五梨跤之根系與地上部發育不受鹽度影響，最適合生長在 1.5-3.0% 之鹽度環境；惟范貴珠和徐誠宏(2009a, 2009b) 研究結果指出，五梨跤在 0.75% NaCl 鹽度處理會有最佳之形質生長及生理反應，且生長 3 個月後新萌芽高度即可達 16.2 cm。本試驗直插在 3 個試驗樣區之五梨跤胎生苗，經 2 年後，第一及第二樣區之成活率分別降低至 55.0 及 40.0%，除了深水區死亡率較高外，尚有冬季鹽霧危害之影響。而第 3 樣區位於北向風衝位置及潮汐堆砂較高原因，導致直插五梨跤成活率僅 2.5%。而五梨跤胎生苗直插 2 年後之苗高範圍僅 20.2-33.3 cm，地徑範圍僅 9.3-11.0 mm (表 22)，此生長量明顯較上述學者之室內試驗結果及直插在台南市安平港區及龍岡社區水道者為低(范貴珠等 2004)。

2011 年 5 月以墾丁苗圃培育之欖李及菜園濕地培育之五梨跤苗木再次栽植 1 年後，顯示除了第三樣區欖李全部死亡，而五梨跤軟盆苗成活率僅 26.3% 外，其餘 2 個試區之苗木生長雖未恢復，但仍然呈現成活狀態(表 23)，但生長呈現停滯現象(表 24)。至於經過今年夏季是否可恢復至一定生長，仍須繼續觀察。

(二)不同樹種之栽植適應性試驗

2010年8月在較靠魚塭岸邊各區塊栽植之欖李苗木，經6個月後全部死亡(表25)，推測主要原因係因夏季栽植及苗齡不足所致，此應可作為未來紅樹林栽植之參考。2011年再次以墾丁苗圃培育之木質化2年生苗木栽植，生長1年後結果顯示不同區塊成活率有很大差異。以區塊1之成活率最高(59.2%)，其次為栽植在區塊2者(表27)。然生育環境逆境最嚴重之區塊5，成活率僅6.8%。至於菜園苗圃培育之欖李苗木雖然栽植初期成活率較墾丁苗圃培育者為高，然經過1年後成活率明顯降低，主要是墾丁苗圃培育之苗木品質指數較高(表14)，顯示苗木對抗逆壓環境之能力較強。

2010年於各區塊淹水較深處直插五梨跤胎生苗，經過1年時間後之成活率，除區塊5土質為鬆軟之砂質土，因此胎生苗幾乎全被潮水沖走外，第1及第2區塊直插五梨跤成活率較高，分別為53.6及60.0%，而區塊3及區塊4較低(表25)，而苗木高生長及地徑生長亦呈此種趨勢(表26)。陳鷺貞等(2010)大陸學者曾調查2008年極端氣候之低溫對華南沿海各地區(最低月均溫10.3-18.3℃)紅樹林的危害，結果顯示幼苗耐寒力低於大樹，幼苗之抗寒能力分別為秋茄(水筆仔) > 桐花樹 > 白骨壤(海茄荖) > 木欖 > 紅海欖(五梨跤) > 海蓬 > 無瓣海桑 > 海桑，而且引種時未進行抗寒健化的五梨跤苗木大部分死亡。渠等認為五梨跤之抗寒力雖較其他樹種為低，但其恢復能力仍高於引種植物，因此仍為一可考慮之造林樹種。此外，鄭堅等(2010)進行幾種紅樹植物在浙南沿海北移的引種試驗結果，亦顯示水筆仔最耐寒，成活率高達77%，而五梨跤及海茄荖則全部死亡。澎湖冬季原已比本島環境更為嚴峻，尤其2010年12月及2011年1月份平均最低溫度為

11.9 及 10.3°C，已達紅樹林最低生長溫度，雖直插造林初期有相當高的成活率，但長時間之逆境亦導致苗木生長不如較台灣西海岸者(范貴珠等，2004)。莫竹承和范航清(2001)指出五梨跤直插胚軸造林之新萌芽高度快速生長期出現在第 2 年，然本研究在 2012 年 6 月調查發現，各區塊直插五梨跤新萌芽部分均呈現乾縮狀態，大部分雖有開始萌發細小枝條，但未來生長勢應該無法恢復。此結果顯示澎湖地區若是無保護的空曠生育地，直插胎生苗造林成效不佳。

2011 年 5 月以墾丁及菜園苗圃培育之欖李苗木，及菜園濕地培育之五梨跤苗木於各區塊再次栽植，1 年後調查顯示栽植區塊 1 的欖李因地勢較高，且旁邊有銀合歡等防風樹種保護，故成活率較高(59.2%與 31.4%)，而土壤狀況較佳但無遮蔽保護之區塊 2 成活率次高(表 27)。莫竹承和范航清(2001)曾比較五梨跤胚軸造林及容器苗造林之效果，其結果顯示容器苗造林之幼苗各種生長指標優於胚軸造林者，其中實生高(即新萌芽高度)增加 36%，基徑增加 18%，成活率增加 11%。3 年生五梨跤造林之實生高相當於甚至超過胚軸造林的 4 年生者，亦即容器苗造林較胚軸造林縮短 1 年的幼苗生長期。而本研究亦比較五梨跤造林及軟盆苗造林，初期結果雖然係以容器苗生長明顯較佳，但是澎湖冬季環境過於嚴苛，因此五梨跤軟盆苗栽植 1 年後，雖然生長未恢復且呈頂部枯萎狀態，而區塊 1 及區塊 2 之成活率仍有 80%左右；其餘區塊之土壤及位置不佳，因此成活率低，與直插造林者並無極明顯差異。至於成活苗木在夏季是否可恢復生長，則需繼續觀察。

(三) 欖李與五梨跂苗木氧化酵素活性及二苯聯苦基自由基清除活性分析

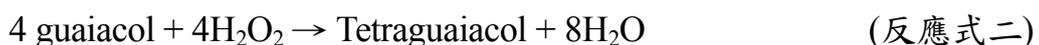
氧的作用在動植物中均扮演著重要的角色，但難免會有失去平衡或是導致氧化的情形因而產生活性氧 (reactive oxygen species, ROS) 及自由基 (free radicals)。正常代謝時就會有活性氧的生成，而在鹽害、寒害、重金屬、光害、熱浪甚至是空氣污染等逆境發生時，都會造成體內有大量的活性氧或自由基生成，嚴重時會傷害細胞內之蛋白質、核酸及脂質而影響細胞正常運作，因此當植物細胞累積過多活性氧或自由基時就會促使植物體內採取防禦機制，稱之為抗氧化反應，能與自由基或活性氧物質抵抗而達到動態平衡。主要的抗氧化反應機制有兩種，分別為抗氧化酵素類及非酵素類的抗氧化物質，例如抗氧化酵素包括超氧化物歧化酶及過氧化酶等；而利用非酵素類的抗氧化物質則可用於清除活性氧或自由基，因此可測定其活性氧或自由基清除能力來代表植物的抗氧化能力，例如二苯聯苦基自由基清除能力分析。

超氧化物歧化酶所催化的反應式如下：



是利用超氧化物歧化酶將超氧陰離子 (O_2^-) 還原成過氧化氫 (H_2O_2) 的反應，能再進一步利用觸媒 (catalase) 將過氧化氫還原成水，能維護膜的穩定性。超氧化物歧化酶在植物體中普遍存在於粒線體與細胞質中。

而過氧化酶的反應如下：



利用 POD 酵素催化並與癒創木酚 (guaiacol) 做為還原劑，將 H_2O_2 轉換成四聚體癒創木酚和 H_2O 的反應。POD 酵素在植物體內主

要功能如同 SOD 酵素皆在維持細胞膜完整性，以避免膜上脂質過氧化。可做為清除自由基的指標。過氧化自由基之化合物的產生藉由植物體內之抗氧化物質提供氫作用與自由基做結合，使自由基上有成對電子達到穩定狀態，而使其失去氧化能力，形成電子對後吸光值下降，在 OD₅₁₇ 時測定吸光值越低表示抗氧化力越強。

Banerjee et al. (2008)比較白海欖、桐花樹、木欖、細蕊紅樹、五梨跤及無瓣海桑等6種印度的紅樹林植物之抗氧化活性，指出主要皆與酚類化合物的量呈正相關，可作為天然抗氧化劑的來源。Haq et al. (2011)亦指出馬來西亞的木欖之抗氧化活性主要與酚類化合物的量有關。而廖岩等(2007)指出大陸海南島的1年生紅海欖幼苗隨著鹽濃度上升至 4~5%時，抗氧化酵素活性也隨之增加以適應鹽逆境；其中最主要的是超氧化物歧化酶(SOD)，次要的則是過氧化物酶(POD)及觸媒(CAT)。本研究結果顯示五梨跤軟盆苗之抗氧化酵素活性及自由基清除能力，均比直插五梨跤苗木為高(表28)，表示適宜環境雖提供培育之五梨跤軟盆苗保護作用，但可能亦造成些微程度之氧化逆境，惟此氧化逆境不至於影響植株之生長及發育。此外，澎湖菜園苗圃培育之欖李苗木苗高、地徑及品質指數較小(表14)，但栽植於試驗地後之抗氧化酵素活性較墾丁苗圃培育者為高(表29)，而其自由基清除能力則較墾丁苗圃培育者低；可能表示墾丁苗圃為溫度及氣候較為適宜植株栽植的環境，其主要是產生抗氧化物質來適應氧化逆境；而澎湖的溫度及氣候則相對較為嚴苛，故須表現相對較為大量的抗氧化酵素來適應氧化逆境。通常SOD及POD測定結果為植物生長及環境因子交互影響，因此數值變動性很大且影響因子複雜，所以只能作為在相同背景下對植物生理反應的一種推測，不宜作為植物對逆境適應性之指標。

(四) 海茄苳直播與栽植試驗

Stewart and Fairfull (2008)指出直播方式是最簡單之方法，且苗木成活率高達 95%；但直播最適合的生育地是已存在之退化紅樹林，而不適合在海浪及潮汐作用強烈之地區，因種子容易被移走。最適合在受庇護有泥濘土壤之海灘，砂質海灘移動性強，容易將種子移走或掩埋。本研究直播少量未成熟海茄苳果實後，在土壤較黏質之區塊 1 完全未發芽，但是在土壤質地含砂量較高之區塊 4 及 5 卻生長出乎意料之良好，顯示此仍為值得嘗試之方法。雖然 Rosool and Saifuliah (2005) 在巴基斯坦嘗試在現場挖掘一 5 cm 之 V 型犁溝，然後在傾斜面直播海茄苳果實，苗木成活率可高達 98%，但此法適合平坦無浪的平靜灘地，不適合澎湖海岸浪強之濕地。建議未來應參考 Stewart and Fairfull (2008)之建議，即在暴露地區種子通常會被海浪作用自土壤基質沖出，可以用短列栽植及以塑膠或金屬網狀柵欄圍住，保護根系生長及使其定錨在土壤中。

三、菜園濕地紅樹林栽植試驗

許多研究指出影響紅樹植物幼苗早期根系生長之主要原因，包括底質土壤鹽度、海水淹浸時間及潮水流速。底質土壤鹽度過高、潮位太低導致海水淹浸時間太長，均會導致紅樹植物幼苗萌根時間延遲及根系生長不良，當幼苗受到潮水沖刷時易被帶走(張喬民等 1997, Clarke et al. 2001, Krauss and Allen 2003)。本計畫在 2009 年進行第一年栽植試驗，在 2010 年 2 月進行調查時發現，第一樣帶堤岸邊因土壤黏重及沖刷大，小沙洲因為每日漲退潮之主要通道，水流速度大、垃圾及藻類沖刷亦多，導致短時間內欖李苗木全數死亡。第二樣帶則

因旁邊之魚塭在高溫之夏季有大量藻類，因此靠近堤岸邊栽植之欖李苗木亦全部死亡(范貴珠、徐志宏，2011)。2011年5月再次栽植墾丁苗圃培育之欖李苗木，仍因大量藻類危害而全部死亡。

張宜輝等(2006)研究福建樟江口紅樹林水筆仔幼苗生長動態結果指出，潮位、鹽度、底質土壤理化因子並非造成水筆仔幼苗生長差異的主因，而動物取食、光照狀況及種間競爭是限制生長主要因子，尤其昆蟲及螃蟹等動物取食導致已固著幼苗大量死亡；惟 Clarke and Kerrigan (2002)研究螃蟹對9種紅樹林種子的掠奪比例，結果發現五梨跤胎生苗因體型較大，所以被螃蟹掠奪而死亡的比例最低(22%)。而本試驗密集直插在第一樣帶堤岸之五梨跤胎生苗，因為藻類繁殖覆蓋及螃蟹危害因素，因此第6個月之成活率已降至27.3%(表30)，第二樣帶之胎生苗則因螃蟹剪斷而幾乎完全死亡(成活率0.6%)；此與 Dahdouh-Guebas et al. (1998)指出螃蟹為肯亞紅樹林更新的主要限制因子，在靠岸處幾乎100%胎生苗被剪斷結果相似。然本次試驗直插五梨跤胎生苗在水流沖蝕強勁的小沙洲上，6個月之成活率仍達68.1%(表30)，顯示若用完全成熟之胎生苗直插在適合之土質，五梨跤可迅速發根抵擋強勁之水流。惟經過冬季嚴冬之逆境後，五梨跤直插於岸邊及小沙洲1年後，苗木成活率分別下降至12.1及24.5%，生長亦呈現頂枯或停滯狀態，主要是每日漲退潮帶來大量垃圾或藻類纏繞危害所致。由以上試驗結果顯示，菜園濕地雖為每日有漲退潮之潮間帶地區，但因面臨出海口水流強勁，且缺乏有土壤且螃蟹、藻類危害少之生育地供作栽植之用，因此近期內不宜進行紅樹林栽植工作。

四、菜園濕地五梨跤軟盆苗培育

2010年6月於菜園濕地以5寸黑色軟盆培育之五梨跤胎生苗，因周圍有海茄荖保護，直插五梨跤胎生苗3個月後已長出2-3對葉片，顯示苗木生長情形非常良好。陳鷺真等(2008)調查大陸南方各地苗圃中紅樹植物幼苗受凍害情況，結果顯示在2008年的寒害過程中，除海口以外，各地培育之無瓣海桑和海桑苗木全部凍死。廣東深圳、湛江所培育的木欖、紅海欖(五梨跤)和白骨壤(海茄荖)幼苗存活率也很低。僅在湛江高橋有30%的無瓣海桑由人工覆蓋塑膠薄膜才倖免於難，因此認為在低溫前苗圃內之紅樹林幼苗需用保溫措施以避免寒害。而本研究在菜園濕地放置之五梨跤軟盆苗，平日並無雇工照料及於冬季採取保溫措施，然在2011年2月前往調查時發現，幾乎所有苗木均安然度過寒冬，僅少數葉片枯萎、盆內泥土被沖失，每株苗木已長出3-4對葉片，苗木生長勢相當健壯。2011年再次以同樣方式培育健壯之胎生苗，均作為春季栽植之良好材料，因此為值得參考之育苗方式。

柒、結論與建議

- 一、紅樹林適宜生長在受良好屏障的港灣、河口、瀉湖、島嶼的背風側及與優勢風向平行的海岸線等，而不能分佈於受波浪作用較強的寬闊岸段。本計畫進行 2 年栽植結果可知，青螺試驗地雖為地形緩和而有潮汐之魚塭，然大部分土質較為堅硬、石礫多或堆砂較高，且為純海水而無淡水沖淡鹽度，加上冬季北風強勁、鹽霧危害長久且嚴重，對於栽植紅樹林苗木之成活率及生長均有其相當限制。
- 二、青螺試驗地無論是木質化欖李苗木、直插五梨跤胎生苗及軟盆苗，造林初期成活率均相當高。然經過冬季之後，苗木成活率明顯降低，均呈現頂部凋萎乾縮狀態，顯示澎湖地區若是在無保護的空曠生育地，以節省經費之傳統紅樹林造林方式有其困難性。
- 三、青螺試驗地於 2012 年 4 月 26 日以七股苗圃培育之 1 年生海茄苳苗進行補植，經 2 個月後之成活率達 85%，但此最耐鹽之苗木未來生長狀況則需經冬季後持續觀察。
- 四、綜合青螺真武廟前紅樹林近 20 年復育成果及本計畫執行結果，海茄苳應為最適合澎湖海岸濕地栽植之樹種，建議仍可嘗試用直播造林方式，因其技術簡單且成本支出最少；惟可輔以適當的技術，例如參考國外用塑膠圍籬或以石塊堆積方式，防止果實被沖走，即可提高造林成活率。
- 五、人工育苗法之成本雖高，但造林成活率高、成效快，在經濟條件允許或逆壓環境造林時可以應用。因此，建議可尋找適合地點進行現場培育容器苗方式，以節省運苗經費及增加苗木適應性。

六、青螺濕地屬於國家級濕地，面積 221 ha，分為青螺砂嘴海岸區、紅樹林復育區、青螺魚塭棲地及紅羅灣潮間帶區等 4 區；大部分區域受到保育之限制，或為水位深之海岸地帶，均不適合紅樹林生長。目前本試驗的青螺廢棄魚塭區為較有可能栽植成功之地區，若此區域以不同方式栽植之紅樹林均無法順利生長，則其他區域成功機率更低。

七、菜園濕地目前有土壤之地區已被海茄苳及少數水筆仔完全佔據，其餘地區為水流強勁之堅硬岩石或藻類密佈之魚塭，完全無適當之栽植地點；在無法填土或以工程方式改變現況之原則下，目前不建議在此區進行栽植紅樹林工作；但在有海茄苳保護之適當地點，僅需花費採集胎生苗及裝土培育之工資，即可以相當低的成本培育五梨跤健壯苗木，因此建議可作為紅樹林臨時培育區之用。

八、本計畫以 2 年時間選擇不同樹種及造林方式，參考學者建議未來之維護管理工作包括：

(一) 清除種植區和掛在幼苗上之塑膠袋等垃圾物，以避免紅樹林苗木造成長期危害。

(二) 在紅樹林種植初期，禁止漁民在種植區進行掏挖魚蝦等捕撈活動；漁民經過紅樹林區時，盡量減少和避免對幼苗及幼樹的傷害。

(三) 由於海灘環境惡劣，加上沿海地區的捕撈活動頻繁，造成大量的紅樹林幼苗受破壞；因此，需在紅樹幼苗缺損的地方進行適當補植，以提高紅樹幼苗的成活率。

九、本計畫執行 2 年結果顯示除菜園濕地目前之環境不適合栽植紅樹林外，青螺魚塭之栽植適應性試驗結果顯示，除生育環境最惡劣

之區塊 5 外，其餘區塊之五梨跤無論直插或軟盆苗造林，平均成活率約達 50%，欖李栽植成活率約 40%，均較印度、菲律賓、大陸許多大面積造林之成活率 1.52-31.2% 為高。

十、澎湖海岸栽植環境惡劣，建議未來五梨跤可嘗試參考國外以 3 支胎生苗群狀直插，至少會有 1 胎生苗生長快速，應有提高造林成效之機會(附錄三)。

十一、通常紅樹林復育或栽植研究之進行需觀察 3 年後始可論成敗，且本計畫執行 2 年期間，除因試驗地本身環境因子相當惡劣外，亦因無法抗拒之氣候因素而影響造林成效。

十二、建議未來至少每 2 個月需觀察苗木生長狀況及是否有人為破壞行為，同時在每年之 8 或 9 月調查成活率、苗高及地徑，以作為紅樹林造林技術改進之參考。

十三、澎湖地區之環境逆壓較台灣西海岸潮間帶或河口嚴重，若未來為海岸保護原因需建造紅樹林時，可參考國外以花費較高之工程方法(附錄四)輔助，則成功建造紅樹林之機會應可提高。

捌、參考文獻

- 王子定、陳明義 (1982) 紅樹林之經營。中華林學季刊 15(3):45-49。
- 王志強 (2005) 澎湖菜園休閒農業區整體規劃 澎湖縣農漁局。
- 王維奇、唐川、曾從盛 (2010) 不同質地濕地土壤碳、氮、磷計量學及厭氧碳分解特性。中國環境科學 30(10):1369-1374。
- 王維奇、徐玲琳、曾從盛、唐川、張林海 (2011) 河口濕地植物活體-枯落物-土壤的碳氮磷生態化學計量特徵。生態學報 31(23):7119-7124。
- 李遠慶、廖宗保、陳明義 (1977) 本省紅樹林之現況。台灣林業 3(3):23-25。
- 杜東憲 (2005) 台南縣市紅樹林分布與復育狀況。國立中山大學生物科學系碩士在職專班論文。55 頁。
- 何斌源、賴廷和 (2007) 廣西沿海紅海欖造林的宜林臨界線。應用生態學報 18(8):1702-1708。
- 呂奕民、王國棟 (2009) 紅樹林生態景觀型護岸的營造—以廣州市大角山海濱公園項目為例。廣東園林 31:37-40。
- 范貴珠、劉正平、葉慶龍、吳清富、陳喬增 (1995) 澎湖青螺灣紅樹林復育研究之初步成果 台灣林業 21(12):18-24。
- 范貴珠、葉慶龍 (2002) 紅樹林生態系復育之觀念與作法 台灣林業 28(1):35-45。
- 范貴珠、葉慶龍、顏江河、許博行 (2004) 安平港紅樹林復育監測計畫(第三期)。高雄港務局、屏東科技大學院合作報告。268 頁。

- 范貴珠、葉慶龍 (2005) PVC 管在安平港紅樹林復育上之應用。台灣林業 31(2):18-23。
- 范貴珠、張志遠 (2005) 安平港復育五梨跤生長及生理之研究。中華林學季刊 38(4):367-382。
- 范貴珠 (2006) 適用於台灣之紅樹林造林技術。台灣林業 32(1):4-11。
- 范貴珠、陳高樑、葉慶龍、陳喬增 (2006) 澎湖青螺灣復育紅樹林之生長適應性研究。台灣林業 32(5):35-46。
- 范貴珠 (2006) 紅樹林人工復育。郭幸榮編輯 育林手冊。行政院農業委員會林務局編印。315 頁。
- 范貴珠 (2007) 台南市龍岡河道之紅樹林復育成效探討。台灣林業 33(6): 13-24。
- 范貴珠 (2008) 台南市安平港復育五梨跤稚樹在不同光環境下之形質生長研究。林業研究季刊 30(1):1-14。
- 范貴珠、徐誠宏 (2009a) 鹽分對五梨跤(*Rhizophora stylosa*)苗木形質生長之影響。中華林學季刊 42(1):41-55。
- 范貴珠、徐誠宏 (2009b) 鹽分對五梨跤(*Rhizophora stylosa*)苗木生理反應之影響。中華林學季刊 42(3):347-361。
- 范貴珠、徐志宏、李鴻麟 (2009) 澎湖青螺濕地復育紅樹林之生長、族群結構及生物量調查。屏東科技大學、屏東林管處研究計畫報告。99 頁。
- 范貴珠 陳高樑 陳喬增 徐志宏 (2010) 青螺濕地栽植紅樹林之生長適應性。森林資源保存與利用研討會論文集。行政院農委會林業試驗所編印。P115-125。
- 范貴珠 (2010) 99 年度國家重要濕地生態環境調查及復育計畫-澎湖

- 縣國家級青螺濕地紅樹林生長及族群結構調查監測。內政部營建署、澎湖縣政府、屏東科技大學合作報告。121頁。
- 范貴珠、徐志宏 (2011) 澎湖青螺及菜園濕地紅樹林栽植之可行性研究。屏東科技大學、屏東林管處研究計畫報告。85頁。
- 范貴珠 (2011a) 臺灣紅樹林之人工復育。林業研究專訊 18(4):25-30。
- 范貴珠 (2011b) 臺灣紅樹林之苗木培育技術。林業研究專訊 18(6):37-41。
- 高海燕 (2007) 不同高程下秋茄和白骨壤幼苗生長的動態研究。科技信息 33:212-214。
- 徐海、陳少波、張素霞、仇建標、黃曉林 (2008) 紅樹林土壤基本特徵及發展前景。安徽農業科學 36(4):1496-1497, 1504。
- 陳鷺真、王文卿、張宜輝、黃麗、趙春磊、楊盛昌、楊志偉、陳粵超、徐華林、鍾才榮、蘇博、方柏州、陳乃明、曾傳志、林光輝 (2010) 2008年南方低溫對我國紅樹植物的破壞作用。植物生態學報 34(2):186-194。
- 張喬民、余紅兵、陳欣樹等 (1997) 紅樹林生長帶與潮汐水位關係的研究。生態學報 17(3):258-265。
- 張宜輝、王文卿、吳秋成、方伯州、林鵬 (2006) 福建漳江口紅樹林區秋茄幼苗生長動態。生態學報 26(6):1648-1656。
- 莫竹承、范航清 (2001) 木欖和秋茄的轉間化感作用研究。廣西科學 8(1):61-62。
- 黃增泉、徐素貞 (1982) 台灣紅樹林面臨之問題。中華林學季刊 15(3):77-83。

- 彭逸生、周炎武、陳桂珠 (2008) 紅樹林濕地恢復研究進展。生態學報 28(2):786-797。
- 楊遠波 (1974) 台灣的紅樹木。科學月刊 5(10):20-22。
- 葉勇、譚鳳儀、盧昌義 (2001) 土壤結構與光照水瓶對秋茄某些生長和生理參數的影響。植物生態學報 25(1):42-49。
- 詹煥榮 (2003) 台灣產海茄苳生物學之研究。嘉義大學林業研究所碩士論文。128 頁。
- 廖岩、鄭竹虹、陳桂珠 (2007) 鹽脅迫對紅海欖幼苗根莖葉膜保護系統的影響。生態環境 16:1449-1454。
- 薛美莉 (1995) 消失中的濕地森林-記台灣的紅樹林。台灣省特有生物保育中心出版。116 頁。
- 薛美莉 (1998) 台灣的紅樹林。台灣農業 34(3):9-13。
- 鄭堅、王金旺、陳秋夏、許加義、李效文、盧翔、雷海清、夏海濤、鄭松發 (2010) 幾種紅樹林植物在浙南沿海北移引種試驗。西南林學院學報 30(5):11-17。
- 蕭志榮 (2005) 澎湖群島植物分佈與島嶼植物地理學之研究。靜宜大學生態學研究所碩士論文 145 頁。
- 韓維棟、高秀梅、盧昌義、林鵬 (2000) 中國紅樹林生態系生態價值評估。生態科學 19(1):40-46。
- 劉美齡、葉勇、曹長青、唐飛龍 (2008) 海南東寨港紅樹林土壤粒徑分布的分形特徵及其影響因素。生態學雜誌 27(9):1157-1561。
- 劉崇瑞、賴明洲 (1982) 淡水河口竹圍地區水筆仔來源問題之探討。中華林學季刊 3(3):85-86。
- Ball, M. C. (1988) salinity tolerance in the mangroves *Aegiceras*

- corniculatm* and *Avicennia marina* I. water use in relation to growth, carbon partitioning and salt balance. Australian Journal of Plant Physiology 15:477-464.
- Ball, M. C. (2002) Interactive effects of salinity and irradiance on growth: implications for mangrove forest structure along salinity gradients. Trees-structure and function 16(2-3):126-139.
- Banerjee D., Chakrabarti, S., Hazra, A. K., Banerjee, S., Ray, J. and Mukherjee, B. (2008) Antioxidant activity and total phenolics of some mangroves in Sundarbans. African Journal of Biotechnology 7:805-810.
- Botero, L. and Salzwedel, H. (1999) Rehabilitation of Cienaga Grande de Santa Marta, a mangrove-estuarine system in the Caribleam coast of Colombia. Ocean and Coastal Management 42:243-256.
- Brady, N.C. and Weil, R. R. (2010) Soil organic matter. p. 361-395. In Elements of the Nature and Properties of Soils. Pearson Education International. New York.
- Bremner J. M. (1965) Total nitrogen, inorganic forms of nitrogen, organic forms of nitrogen, nitrogen availability indexes. In C.A. Black et al. (ed.) Methods of soil analysis, Part 2, Agronomy 9:1149-11255, 1324-1348. Am, Soc. Of Agron ., Inc., Madison, Wis.
- Brown, S. and Lugo, A. E. (1994) Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development. Restoration Ecology 2(2):97-111.
- Burchett, M. D., Pulkownik, A., Grant, C. and Macfarlane, G. (1998a) Rehabilitation of saline wetlands, Olympics 2000 site, Sydney (Australia)-I: Management strategies based on ecological needs assessment. Marine Pollution Bulletin 37(8-12):515-525.

- Burchett, M. D., Allen, C., Pulkownik, A. and Macfarlane, G. (1998b) Rehabilitation of saline wetlands, Olympics 2000 site, Sydney (Australia)-II: Saltmarsh transplantation and trials and application. *Marine Pollution Bulletin* 37(8-12):526-534.
- Chance, B. and Maehly, A. C. (1995) Assay of Catalase and Peroxidase. In: *Methods in Enzymology*, Culowic, S. P. and N.O. Kaplan, (Eds.). Academic Press Inc., New York, pp:764-765.
- Clarke P. J. and Allaway W G. (1993) The regeneration niche of grey mangrove (*Avicennia marina*): effects of salinity, light and sediment factors on establishment, growth and survival in the field. *Oecologia*, 93:548-556.
- Clarke, P. J. and Myerscough, P. J. (1993) The intertidal distribution of the grey mangrove (*Avicennia marina*) in southeastern Australia: the effect of physical conditions, interspecific competition and predation on propagule establishment and survival. *Australian Journal of Ecology* 18:307-315.
- Clarke, P. J. Kerrigan, R. A. and Westphal, C. J. (2001) Dispersal potential and early growth in 14 tropical mangroves: do early life history traits correlate with patterns of adult distribution? *Journal of Ecology* 89:648-659.
- Clarke, P. J. and Kerrigan, R. A. (2002) The effects of seed predators on the recruitment of mangroves. *Journal of Ecology* 90:728-736.
- Costanza R. d'Arge, R., Groot, R., Farber, S., Grasso, M. Hannon, B. Limburg, K. Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Paskin, R. G., Sutton, P. and van den Belt, M. (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253-260.
- Dahdouh-Guebas, F., Vernier, M., Tack, J. F., Van Speybroeck, D. and

- Koedam, N. (1998) Propagule predators in Henyan mangroves and their possible effect on regeneration. *Marine and Freshwater Research* 49:345-350.
- Dahdouh-Guebas, F., Jayatissa, L. P. Nitto, D. Di. Bosire, J.O. Lo Seen, D. and Koedam, N. (2005) How effective were mangroves as a defense against the recent tsunami? *Current Biology* 15(2): 443-447.
- Day, S., Streever, W. J. and Watts, J. J. (1999) An experimental assessment of slag as a substrate for mangrove rehabilitation. *Restoration Ecology* 7(2):139-144.
- Ellison, A. M. (2000) Mangrove restoration: Do we know enough? *Restoration Ecology* 8(3):219-229.
- Elster, C. (2000) Reasons for reforestation success and failure with three mangrove species in Colombia. *Forest Ecology and Management* 131:201-214.
- FAO (1994) *Mangrove Forest Management Guidelines*. FAO Rome, p. 319.
- Farnsworth, E. J. and Ellison, A. M. (1997a) The global conservation status of mangroves. *Ambio* 26(6):328-334.
- Farnsworth, E. J. and Ellison, A. M. (1997b) Global patterns of pre-dispersal propagule predation in mangrove forests. *Biotropica* 29(3):318-330.
- Field, C. D. (1998) Rehabilitation of mangrove ecosystems: An overview. *Marine Pollution Bulletin* 37:383-392.
- Field, C. D. (1999) Mangrove rehabilitation: choice and necessity. *Hydrobiologia* 413:47-52.
- Haq, M., Sani, W., Hossain, A. B. M. S., Taha, R. M. and Monneruzzaman, K. M. (2011) Total phenolic contents, antioxidant

- and antimicrobial activities of *Bruguiera gymnorrhiza*. Journal of Medicinal Plants Research 5:4112-4118.
- He B., Hai, T., Fan, H., Wang, W. and Zheng, H. (2007) Comparison of flooding-tolerance in four mangrove species in a diurnal tidal zone in the Beibu Gulf. Estuarine , Coastal and Shelf Science 74:254-262.
- Higgs, E. S. (1997) What is good ecological restoration? Conservation Biology 11(2):338-348.
- Hobbs, R. J. and Norton, D. A. (1996) Towards a conceptual framework for restoration ecology. Restoration Ecology 4(2):93-110.
- Hseu, Z. Y. and Chen, Z. S. (2000) Monitoring the changes of redox potential, pH and electrical conductivity of the mangrove soils in northern Taiwan. Proc. Nat. Sci. Counc. 24(3):143-150.
- Imbert, D., Rousteau, A. and Scherrer, P. (2000) Ecology of mangrove growth and recovery in the Lesser Antilles: State of knowledge and basis for restoration projects. Restoration Ecology 8(3):230-236.
- Jackson, L. L., Lukhine, N. and Hillyard, D. (1995) Ecological restoration: a definition and comments. Restoration Ecology 3(2):71-75.
- Kaly, U. and Jones, G. P. (1998) Mangrove restoration: A potential tool for coastal management in tropical developing countries. Ambio 27(8):656-661.
- Kao, W. Y., Shih, C. N. and Tsai, T. T. (2004) Sensitivity to chilling temperatures and distribution differ in two mangrove species, *Kandelia candel* and *Avicennia marina*. Tree Physiology 24:859-864.
- Kathiresan, K. and Bingham, B. L. (2001) Biology of mangroves and mangrove ecosystems. Advances in Marine Biology 40:84-254.

- Kathiresan, K. and Rajendran, N. (2005) Coastal mangrove forests mitigated tsunami. *Estuarine and Coastal Marine Science* 65: 601-606.
- Kirby, A. J. and Schmidt, R. J. (1997) The antioxidant activity of Chinese herbs for eczema and of placebo herbs-1. *Journal of Ethnopharmacology* 56:103-108.
- Kitaya, Y., Jintana, V., Piriyaoytha, S., Jaijing, D., Yabuki, K., Izutani, S., Nishimiya, A. and Iwasaki, M. (2002) Early growth of seven mangrove species planted at different elevations in a Thai estuary. *Trees* 16:150-154.
- Krauss, K. W. and Allen, J. A. (2003) Factors influencing the regeneration of the mangrove *Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Lamk. on a tropical Pacific island. *Forest Ecology and Management* 176:49-60.
- Kristensen, E., Bouillon, S., Dittmar, T. and Marchand, C. (2008) Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review. *Aquatic Botany* 89: 201-219.
- Lewis III, R. R. (2000) Ecologically based goal setting in mangrove forest and tidal marsh restoration. *Ecological Engineering* 15:191-198.
- Lewis, R. R. and Streever, B. (2000) "Restoration of mangrove habitat," WRP Technical Notes Collection (ERDC TN-WRP-VN-RS-3.2), U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS. www.wes.army.mil/el/wrp
- Lin, G. and Sternberg, L. da S. L. (1995) Variation in propagule mass and its effect on carbon assimilation and seedling growth of red mangrove (*Rhizophora mangle*) in Florida, USA. *Journal of Tropical*

Ecology 11:109-119.

- Linton, D. M., and Warner, G. F. (2003) Biological indicators in the Caribbean coastal zone and their role in integrated coastal management. *Ocean Coast Management* 46: 261-276.
- Lugo, A. (1998) Mangrove forests: a tough system to invade but an easy one to rehabilitate. *Marine Pollution Bulletin* 37(8-12):427-430.
- MacAdam J. W., Nelson C. J., and Sharp, R. (1992) Peroxidase activity in the leaf elongation zone of *Tall fescue* (I). *Plant Physiology* 99:872-878.
- MacMahon, J. A. (1997) Ecological restoration. P. 479-511. In Meffe, G. K. and Carroll, C. R. eds. *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Inc. Massachusetts. 729 pp.
- Marklund S, and Marklund, G. (1974) Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *European Journal of Biochemistry* 47:469-474.
- Marschner, H. (1995) *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, London. 889 pp.
- McKee, K. L. (1993) Soil physicochemical patterns and mangrove species distribution-reciprocal effects? *Journal of Ecology* 81:477-487.
- McKee, K. L. (1995a) Mangrove species distribution and propagule predation in Belize an exception to the dominance predation hypothesis. *Biotropica* 27:334-345.
- McKee, K. L. (1995b) Seedling recruitment patterns in a Belizean mangrove forest: effect of early growth ability and physico-chemical factors. *Oecologia* 101:448-460.
- McKee, K. L. and Faulkner, P. L. (2000) Restoration of biogeochemical

- function in mangrove forests. *Restoration Ecology* 8(3):247-259.
- Minchinton, T. E. (2001) Canopy and substratum heterogeneity influence recruitment of the mangrove *Avicennia marina*. *Journal of Ecology* 89(5):888-902.
- Olsen, S. R. and Sommers, L. E. (1982) Phosphorus. In Page, et al., (eds.) *Methods of Soil Analysis. Part II: Chemical and Microbiological properties. Second Edition.* ASA. CSSA. SSSA. Madison. Wisconsin. P.403-430 (1982).
- Othman, M. A. (1994) Value of mangroves in coastal protection. *Hydrobiologia* 285:277-282.
- Ruiz-Jaen, M. C. and Aide, T. M. (2005) Restoration success: How is it being measured? *Restoration Ecology* 13(3):569-577.
- Smith, S. M. and Lee, D. W. (1999) Effects of light quantity and quality on early seeding development in the red mangrove, *Rhizophora mangle* L. *Bulletin of Marine Science* 65(3):795-806.
- Spurgeon, J. (1998) The socio-economic costs and benefits of coastal habitat rehabilitation and creation. *Marine Pollution Bulletin* 37(8-12):373-382.
- Rabinowitz, D. (1978) Mortality and initial propagule size in mangrove seedlings in Panama. *Journal of Ecology* 66:45-51.
- Rasool, F. and Saifuliah, S. M. (2005) A new technique for growing the grey mangrove *Avicennia marina* (Forssk.) Vireh., in the field. *Pakistan Journal of Botany.* 37(4):969-972.
- Ravishankar, T. and Ramasubramanian (2004) *Manual on mangrove nursery raising techniques.* M. S. Swaminathan Research Foundation, Chennai, India. 46pp.

- Robertson, A. I., Giddins, R., and Smith, T. J. III. (1990) Seed predation by insects in tropical mangroves forests: extent and effect on seed viability and the growth of seedlings. *Oecologia* 83:213-219.
- Rubin, J. A., Gordon, C. and Amatekpor, J. K. (1998) Causes and consequences of mangrove deforestation in the Volta Estuary, Ghana: Some recommendations for ecosystem rehabilitation. *Marine Pollution Bulletin* 37(8-12):441-449.
- Saenger, P. (2002) *Mangrove Ecology, Silviculture and Conservation*. Kluwer Academic Publishers, 360pp. London.
- Sousa, W. P., Kennedy, P. G. and Michell, B. J. (2003) Propagule size and predispersal damage by insects affect establishment and early growth of mangrove seedlings. *Oecologia* 135(4):564-575.
- Stewart, M. and Fairfull, S. (2008) Mangroves. *Primefacts* 746:1-16.
- Tomlinson, P. B. (1994) *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press. 413pp. U.S.A
- Walters, B. B. (1997) Human ecological questions for tropical restoration: experiences from planting native upland trees and mangroves in the Philippines. *Forest Ecology and Management* 99:275-290.
- Wetlands International et al. (2005) *Best Practice Guidelines on Restoration of Mangroves in Tsunami Affected Areas*. (<http://www.wetlands.org/LinkClick.aspx?fileticket=EaD3s%2Bil5Mw%3D&tabid=56>)
- Yap, H. T. (2000) The case for restoration tropical coastal ecosystem. *Ocean and Coastal Management* 43:841-851.
- Ye, Y., Tan, F. Y. and Lu, C. Y. (2001) Effects of soil texture and light on growth and physiology parameters in *Kandelia candel*. *Acta Phytocologica Sinica* 25(1):42-49.

Zhang, Q. M., Yu, H. B., Chen, X. S, *et al.* (1997) The relationship between mangrove zone on tidal levels. *Acta Ecologica Sinica*, 17(3):258-265.

玖、附錄

附錄一 澎湖 2001-2011 年氣象資料統計

(中央氣象局 <http://www.cwb.gov.tw/>)

附表 1. 澎湖 2001 至 2011 年平均溫度統計表 (°C)

年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
2001	18.0	18.1	21.2	23.2	26.1	28.1	28.9	29.6	27.2	25.4	22.0	19.4	23.9
2002	18.7	19.1	21.8	24.5	26.1	28.0	28.5	28.3	27.3	25.4	22.1	19.8	24.1
2003	16.6	18.7	19.4	23.2	25.6	26.6	29.4	28.7	28.3	25.4	22.7	18.2	23.6
2004	16.7	17.1	18.7	23.1	26.3	27.6	27.9	28.5	27.3	24.1	22.7	19.4	23.3
2005	15.4	16.3	17.2	23.5	26.3	27.6	28.8	28.3	28.2	25.9	23.7	17.7	23.2
2006	16.6	17.4	19.6	24.1	25.9	27.6	28.8	28.9	27.7	26.4	24.1	19.7	23.9
2007	16.6	19.8	20.8	22.4	26.2	28.1	29.7	28.1	27.8	25.3	21.6	19.5	23.8
2008	17.4	13.2	20.5	23.6	25.8	27.2	28.1	28.4	28.0	26.2	22.5	19.6	23.4
2009	16.4	20.3	19.4	22.1	25.5	27.7	28.8	28.8	29.1	25.5	21.9	18.3	24.1
2010	17.5	18.5	20.9	21.7	25.2	26.8	28.6	29.3	28.0	25.2	21.5	19.0	23.5
2011	14.2	15.6	18.0	22.2	24.7	28.1	28.1	29.0	27.6	25.0	23.1	17.8	22.8

附表 2. 澎湖 2001 至 2011 年最高溫度統計表 (°C)

年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
2001	25.9	27.4	29.7	31.4	31.7	33.5	34.3	35.2	32.4	30.2	30.2	27.6	30.8
2002	28.2	27.6	30.0	33.0	32.4	33.5	34.2	33.2	33.2	30.8	29.1	28.7	31.2
2003	25.4	26.4	28.2	29.8	31.4	31.5	34.4	33.4	33.0	31.6	29.4	24.9	30.0
2004	24.6	26.2	27.2	29.9	32.9	33.3	32.8	33.0	33.2	29.8	29.3	24.8	29.8
2005	23.8	26.9	28.0	29.9	34.2	32.5	34.2	34.3	32.8	31.6	30.3	26.5	30.4
2006	24.6	26.3	29.4	30.2	31.7	34.3	34.2	34.1	33.7	31.2	30.4	25.8	30.5
2007	21.9	26.9	28.1	30.1	32.8	33.6	34.3	34.9	32.5	32.5	26.4	25.5	30.0
2008	27.8	21.4	28.5	29.8	31.6	32.2	33.7	33.6	33.1	31.5	29.8	25.5	29.9
2009	23.6	29.3	27.8	28.7	33.3	32.9	33.6	34.2	33.8	31.8	29.5	25.3	30.8
2010	25.7	28.8	30.8	31.0	32.3	33.1	36.2	34.3	33.0	31.8	25.4	27.2	30.8
2011	20.4	26.8	29.3	28.9	31.6	33.5	33.6	34.1	32.8	30.1	29.9	23.0	29.5

附表 3. 澎湖 2001 至 2011 年最低溫度統計表 (°C)

年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
2001	13.0	13.0	15.2	18.4	22.2	24.0	24.7	24.6	22.7	21.1	16.1	12.9	19.0
2002	14.3	14.7	16.2	19.0	21.6	23.9	24.4	23.9	22.6	21.8	17.6	12.6	19.4
2003	11.2	13.7	14.3	18.5	21.4	23.0	25.8	24.0	25.3	21.0	16.2	12.7	18.9
2004	10.2	10.0	13.8	15.7	20.3	24.1	22.5	22.8	22.9	21.0	19.2	10.5	17.8
2005	9.4	10.0	9.0	17.7	22.0	24.0	24.0	23.3	23.8	21.3	19.6	11.4	18.0
2006	11.1	13.0	11.5	18.0	20.7	20.4	23.7	23.4	24.6	23.6	19.9	14.9	18.7
2007	11.6	12.7	15.0	15.6	21.1	23.1	26.2	23.6	23.7	22.0	16.4	12.6	18.6
2008	12.1	9.6	15.9	16.8	21.5	23.3	23.2	22.7	22.9	23.2	15.5	15.1	18.5
2009	10.8	15.8	13.2	16.5	21.3	22.4	24.4	25.3	24.9	22.3	16.7	13.8	19.4
2010	12.0	10.8	11.8	14.9	19.5	21.8	23.9	25.6	22.9	19.0	18.0	11.9	17.7
2011	10.3	10.7	13.4	17.1	20.6	23.1	24.6	24.3	24.5	22.0	19.7	13.4	18.6

附表 4. 澎湖 2001 至 2011 年雨量統計表 (mm)

年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	合計
2001	38.8	2.3	36.2	96.3	306.3	265.8	73.8	111.1	512.7	1.0	5.8	13.6	1459.7
2002	14.3	0.0	6.9	1.1	68.5	17.5	340.1	323.5	83.0	0.0	8.9	76.8	940.6
2003	22.9	50.4	106.4	97.9	162.6	112.8	2.5	223.2	5.0	0.6	1.8	0	786.1
2004	3.7	26.7	24.0	68.2	82.5	1.8	372.9	188.2	353.1	6.0	0.7	87.8	1215.6
2005	9.8	58.3	149.6	30.9	131.2	313	135	348.5	332.7	71.9	0.0	8.6	1589.5
2006	8.1	86.2	47.1	76.8	74.3	417.1	489.5	118.0	41.1	0.0	106.6	42.0	1506.8
2007	37	29.4	13.1	71.1	59.4	96.7	5.4	448.1	34.4	169	14.7	1.5	979.4
2008	22.8	17.5	26.4	73.3	63.5	228.6	767.2	94.7	124.1	57.0	28.0	9.5	1512.6
2009	0.3	1.7	65.5	78.8	4.2	159.3	109.1	455.3	14.6	12.5	56.4	12.0	957.8
2010	7.8	20.8	3.3	30.8	71.3	137.1	95.6	8.3	238.9	52.9	8.3	13.1	688.2
2011	8.7	10.8	19.5	9.2	53.2	61.1	115.6	142.2	0.7	7.5	1610.7	19.2	69.4

附表 5. 澎湖 2001 年至 2011 年降水日數統計表 ≥ 0.1 mm (天)

年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
2001	6	2	6	15	15	9	7	5	14	1	2	5	7.3
2002	6	0	6	1	7	5	11	6	7	0	3	7	4.9
2003	5	3	8	8	5	13	3	10	4	1	1	0	5.1
2004	3	6	8	6	5	2	11	8	10	1	1	4	5.4
2005	2	10	13	5	9	15	7	9	5	3	0	4	6.8
2006	3	4	10	11	12	9	7	6	8	0	7	3	6.7
2007	6	4	5	12	9	13	3	13	7	2	7	1	6.8
2008	10	8	5	6	7	14	11	7	6	2	4	2	6.8
2009	1	3	9	11	2	9	7	9	8	3	5	9	6.3
2010	5	7	3	6	12	11	7	4	7	5	6	2	7.5
2011	4	5	6	3	8	8	12	5	2	2	9	5	6.9

附表 6. 澎湖 2001 年至 2011 年日照時數統計表 (小時)

年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
2001	127.6	72.4	173.9	110.6	130.0	220.0	237.4	270.6	152.4	215.7	186.3	124.7	168.5
2002	176.9	165.1	162.8	185.8	190.2	217.4	250.4	244.8	195.5	164.0	164.9	127.8	187.1
2003	152.1	117.3	128.3	120.4	214.7	183.6	364.3	255.2	218.6	248.6	80.4	176.1	188.3
2004	108.5	152.8	87.2	181.9	224.1	253.7	243.1	249.0	198.8	241.9	173.4	142.7	188.1
2005	85.1	41.6	142.2	179.9	171.1	170.8	296.0	190.9	243.7	187.0	177.7	121.5	167.2
2006	53.8	65.7	141.1	130.4	142.4	191.5	259.7	242.8	188.6	234.3	161.0	94.1	158.8
2007	76.7	177.8	98.5	126.7	233.0	197.9	338.6	167.6	171.0	150.7	98.8	120.2	163.1
2008	68.2	47.3	185.3	128.1	189.3	191.5	255.3	280.7	182.4	179.5	141.5	155.8	167.1
2009	140.3	102.5	104.6	145.1	246.3	228.6	275.5	224.0	228.0	169.0	107.3	130.9	175.2
2010	109.6	86.2	169.2	111.4	171.1	153.0	240.4	259.0	211.9	127.5	130.4	188.1	163.2
2011	29.1	98.2	90.8	187.7	132.8	251.1	278.2	293.8	212.2	137.5	62.8	52.6	152.2

附表 7. 澎湖 2001 至 2011 年最大十分鐘風統計表 (ms^{-1})

年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
2001	10.5	11.9	10.4	8.8	9.9	29.4	13.7	7.8	13.8	9.4	11.8	10.7	12.3
2002	8.7	9.5	9.4	8.4	7.7	6.3	11.9	13.3	8.9	11.2	10.2	11.1	9.7
2003	11.5	9.6	10.1	9.4	9.3	8.8	7.7	12.5	12.1	10.6	11.3	11.0	10.3
2004	9.5	10.5	11.4	9.7	7.7	8.1	10.1	9.0	9.1	11.1	9.9	10.6	9.7
2005	10.4	9.7	11.9	9.4	9.4	9.1	18.0	13.8	17.4	13.1	11.7	12.4	12.2
2006	11.3	11.4	12.1	8.7	14.8	9.0	15.2	8.3	10.8	9.9	10.7	11.1	11.1
2007	10.2	10.5	11.2	12.5	7.3	7.8	6.6	14.7	9.2	13.9	14.2	9.9	10.7
2008	11.6	10.8	10.1	10.1	11.6	12.9	16.0	8.4	14.6	9.1	11.1	12.0	11.5
2009	11.3	10.1	11.9	10.4	8.0	15.3	11.9	16.9	7.7	12.4	13.5	10.5	11.7
2010	11.7	10.5	11.4	9.7	7.4	9.4	7.6	6.5	20.5	14.4	10.6	11.8	11.0
2011	11.4	9.9	11.6	9.1	11.1	8.4	9.0	11.1	9.1	13.1	11.3	12.1	10.6

附表 8. 澎湖 2001 至 2011 年最大瞬間風統計表 (ms^{-1})

年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
2001	20.6	23.8	21.5	17.1	19.7	54.8	26.6	13.8	29.0	19.0	22.7	21.6	24.2
2002	17.5	20.0	18.8	16.2	13.7	11.9	19.2	24.1	17.1	22.1	19.8	23.8	18.7
2003	21.3	19.0	19.6	18.1	17.8	15.9	12.7	21.5	25.3	20.6	22.6	22.6	19.8
2004	19.2	22.1	24.6	19.5	15.9	16.2	21.2	16.5	18.2	23.7	20.8	24.4	20.2
2005	19.6	19.6	24.6	17.9	16.7	15.2	30.4	25.0	30.4	26.6	22.6	24.6	22.8
2006	21.6	23.0	24.2	17.3	24.2	18.1	25.6	17.7	22.7	19.8	21.1	22.0	21.4
2007	20.8	18.8	21.0	22.8	13.5	16.5	11.7	35.0	18.9	27.5	31.9	20.4	21.6
2008	24.5	21.2	18.1	18.6	24.0	20.7	25.6	17.5	30.3	18.8	22.6	23.5	22.1
2009	23.5	18.3	25.1	20.6	15.0	29.2	22.3	28.4	15.0	26.1	30.5	19.4	22.8
2010	22.7	19.6	23.1	20.2	16.2	16.9	17.0	11.3	38.6	29.4	22.3	24.3	21.8
2011	23.4	20.3	22.8	17.7	22.2	15.3	17.2	21.1	18.4	26.3	22.7	25.6	21.0

附表 9. 澎湖 2001 至 2011 年平均相對濕度統計表 (%)

年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
2001	81	82	74	82	86	86	84	83	83	77	72	79	81
2002	75	78	80	84	84	88	86	87	80	79	73	80	81
2003	76	80	81	86	81	85	81	86	80	73	81	76	81
2004	82	85	84	81	87	84	86	84	82	66	73	74	81
2005	80	91	80	81	86	87	83	85	81	75	75	73	81
2006	82	81	79	82	82	85	86	84	78	71	76	76	80
2007	79	75	79	76	81	84	80	85	81	76	74	78	79
2008	80	81	73	80	79	86	87	85	84	81	74	71	80
2009	73	83	80	76	74	82	82	82	78	73	78	74	78
2010	75	83	77	82	85	87	84	82	83	77	76	70	80
2011	79	82	74	76	81	83	83	80	78	75	81	75	79

附表 10. 澎湖 2001 至 2011 年最大瞬間風統計表 (ms^{-1})

年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
2001	39	62	31	56	67	66	60	61	59	51	41	48	53
2002	41	49	42	60	49	67	60	66	54	56	40	56	53
2003	46	54	53	65	51	56	61	61	56	46	52	55	55
2004	54	58	48	50	62	59	64	63	60	42	47	47	55
2005	52	66	37	54	69	66	61	59	56	57	43	50	56
2006	63	61	52	58	62	58	63	67	49	49	46	49	56
2007	38	46	64	48	50	60	54	58	60	52	52	53	53
2008	51	46	35	48	42	66	63	60	62	63	41	43	52
2009	45	62	51	47	33	56	58	57	56	49	41	52	51
2010	40	60	45	54	56	65	54	58	65	55	48	40	53
2011	55	57	35	42	57	62	58	57	58	55	54	55	54

附表 11. 澎湖 2001 年至 2011 年氣壓統計表 (氣壓/百帕)

年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
2001	1016.3	1015.6	1014.1	1011.6	1007.0	1006.0	1004.7	1005.0	1004.8	1013.0	1016.7	1020.0	1011.3
2002	1018.9	1019.3	1014.6	1012.3	1008.7	1006.5	1002.8	1005.6	1009.1	1012.5	1016.4	1018.0	1012.1
2003	1019.6	1017.5	1016	1011.6	1007.9	1006.0	1008.1	1005.3	1007.8	1012.9	1014.8	1019.9	1012.3
2004	1018.8	1016.9	1014.7	1011.7	1008.2	1006.0	1006.5	1002.7	1008.9	1013.4	1016.5	1017.0	1011.8
2005	1018.1	1017.2	1017.6	1013.1	1007.6	1004.8	1005.7	1004.6	1007.9	1012.4	1014.5	1019.3	1011.9
2006	1016.7	1018.6	1014.0	1010.7	1009.6	1007.0	1003.3	1004.7	1007.9	1012.4	1014.1	1018.4	1011.5
2007	1020.1	1016.4	1014.2	1013.2	1009.0	1006.4	1006.7	1003.4	1005.6	1011.2	1014.2	1016.5	1011.4
2008	1017.8	1019.2	1014.6	1011.5	1007.4	1007.0	1005.1	1006.5	1006.2	1012.9	1016.2	1018.2	1011.9
2009	1020.1	1014.7	1014.3	1011.6	1010.1	1005.1	1005.6	1003.5	1006.7	1010.0	1015.4	1018.0	1011.3
2010	1019.4	1015.9	1016.0	1013.9	1008.4	1007.7	1008.0	1007.0	1007.6	1010.4	1015.1	1014.7	1012.0
2011	1019.6	1016.0	1017.5	1013.1	1008.5	1005.9	1004.9	1005.0	1007.7	1012.4	1013.8	1018.6	1011.9

附表 12. 澎湖 2011 年 1 至 3 月潮汐表

澎湖潮汐預報表

Forecast Times and Heights of High and Low Waters at Penghu

GMT + 8:00

民國100年(2011)

23°33'42"N 119°34'41"E

一月 JAN				二月 FEB				三月 MAR			
潮時 Time	潮高 Height										
1 02:20	-131 35 L	16 02:01	-107 59 L	1 04:08	-135 31 L	16 03:16	-137 29 L	1 02:53	-114 52 L	16 01:36	-117 49 L
08:57	85 251 H	08:46	59 225 H	10:43	87 253 H	10:08	88 254 H	09:33	76 242 H	08:38	77 243 H
14:27	-50 116 L	14:11	-38 128 L	16:13	-52 114 L	15:31	-55 111 L	15:12	-49 117 L	14:06	-51 115 L
20:36	107 273 H	20:05	86 252 H	22:17	101 267 H	21:41	110 276 H	21:15	86 252 H	20:20	92 258 H
2 03:22	-140 26 L	17 02:58	-123 43 L	2 04:53	-137 29 L	17 04:06	-150 16 L	2 03:50	-117 49 L	17 02:40	-128 38 L
10:00	91 257 H	09:45	74 240 H	11:24	94 260 H	10:52	104 270 H	10:21	87 253 H	09:32	95 261 H
15:28	-48 118 L	15:09	-42 124 L	16:54	-61 105 L	16:17	-71 95 L	16:04	-61 105 L	15:04	-69 97 L
21:33	108 274 H	21:03	97 263 H	23:02	107 273 H	22:34	129 295 H	22:08	97 263 H	21:26	112 278 H
3 04:16	-146 20 L	18 03:48	-139 27 L	3 05:29	-138 28 L	18 04:51	-158 8 L	3 04:36	-120 46 L	18 03:35	-136 30 L
10:54	97 263 H	10:35	89 255 H	11:59	99 265 H	11:31	118 284 H	10:59	96 262 H	10:18	112 278 H
16:18	-49 117 L	15:57	-48 118 L	17:29	-70 96 L	17:00	-88 78 L	16:46	-73 93 L	15:55	-91 75 L
22:23	111 277 H	21:57	110 276 H	23:41	110 276 H	23:23	144 310 H	22:51	105 271 H	22:21	132 298 H
4 05:02	-148 18 L	19 04:32	-153 13 L	4 05:58	-136 30 L	19 05:33	-158 8 L	4 05:11	-119 47 L	19 04:24	-138 28 L
11:39	100 266 H	11:18	102 268 H	12:30	101 267 H	12:09	129 295 H	11:32	101 267 H	11:00	126 292 H
17:00	-54 112 L	16:39	-57 109 L	18:00	-79 87 L	17:42	-105 61 L	17:20	-83 83 L	16:42	-111 55 L
23:09	112 278 H	22:46	124 290 H	5 00:17	111 277 H	20 00:10	151 317 H	5 05:40	-117 49 L	20 05:10	-133 33 L
5 05:39	-148 18 L	20 05:12	-162 4 L	11:57	112 278 H	06:24	-133 33 L	12:00	105 271 H	20 05:10	-133 33 L
12:18	101 267 H	11:57	112 278 H	17:18	-68 98 L	12:58	103 269 H	17:50	-92 74 L	17:28	-129 37 L
17:36	-60 106 L	17:18	-68 98 L	23:33	136 302 H	18:31	-88 78 L	6 00:03	113 279 H	21 00:00	152 318 H
23:50	112 278 H	23:33	136 302 H	6 06:11	-145 21 L	21 05:51	-166 0 L	06:05	-113 53 L	05:54	-122 44 L
6 06:11	-145 21 L	21 05:51	-166 0 L	12:53	101 267 H	12:35	120 286 H	12:25	107 273 H	12:16	140 306 H
18:11	-67 99 L	17:57	-80 86 L	18:11	-67 99 L	17:57	-80 86 L	18:17	-100 66 L	18:14	-141 25 L
7 00:28	110 276 H	22 00:18	142 308 H	7 06:41	-142 24 L	22 06:30	-164 2 L	7 00:35	112 278 H	22 00:47	148 314 H
06:41	-142 24 L	06:30	-164 2 L	13:26	100 266 H	13:13	125 291 H	06:29	-107 59 L	06:36	-107 59 L
13:46	-73 93 L	13:13	125 291 H	18:46	-73 93 L	18:40	-92 74 L	12:48	108 274 H	12:54	139 305 H
8 01:04	106 272 H	23 01:05	142 308 H	18:46	-73 93 L	18:40	-92 74 L	18:43	-107 59 L	19:02	-147 19 L
07:12	-137 29 L	07:11	-155 11 L	8 07:12	-137 29 L	07:11	-155 11 L	8 01:06	109 275 H	23 01:35	136 302 H
13:58	99 265 H	13:51	128 294 H	19:25	-79 87 L	19:27	-103 63 L	06:55	-100 66 L	07:18	-91 75 L
19:25	-79 87 L	19:27	-103 63 L	9 01:41	100 266 H	24 01:53	134 300 H	13:12	108 274 H	18:52	-147 19 L
9 01:41	100 266 H	24 01:53	134 300 H	07:46	-128 38 L	07:54	-141 25 L	19:11	-113 53 L	22:25	119 285 H
07:46	-128 38 L	07:54	-141 25 L	14:29	97 263 H	14:31	128 294 H	9 01:38	104 270 H	08:02	-75 91 L
14:29	97 263 H	14:31	128 294 H	20:06	-82 84 L	20:20	-112 54 L	07:23	-91 75 L	14:13	121 287 H
20:06	-82 84 L	20:20	-112 54 L	10 02:20	90 256 H	25 02:45	120 286 H	13:37	107 273 H	20:47	-140 26 L
10 02:20	90 256 H	25 02:45	120 286 H	08:22	-116 50 L	08:41	-122 44 L	19:42	-116 50 L	25 03:19	100 266 H
08:22	-116 50 L	08:41	-122 44 L	15:01	95 261 H	15:14	123 289 H	10 02:13	95 261 H	08:53	-59 107 L
15:01	95 261 H	15:14	123 289 H	20:51	-84 82 L	21:20	-117 49 L	07:55	-80 86 L	14:59	106 272 H
20:51	-84 82 L	21:20	-117 49 L	11 03:03	78 244 H	26 03:44	102 268 H	14:07	104 270 H	21:46	-129 37 L
11 03:03	78 244 H	26 03:44	102 268 H	09:03	-101 65 L	09:32	-99 67 L	20:18	-115 51 L	04:20	83 249 H
09:03	-101 65 L	09:32	-99 67 L	15:36	91 257 H	16:02	115 281 H	11 02:54	84 250 H	09:53	-46 120 L
15:36	91 257 H	16:02	115 281 H	21:42	-84 82 L	22:27	-119 47 L	11 08:33	-68 98 L	15:54	88 254 H
21:42	-84 82 L	22:27	-119 47 L	12 03:54	65 231 H	27 04:51	84 250 H	14:43	98 264 H	22:50	-116 50 L
12 03:54	65 231 H	27 04:51	84 250 H	09:49	-83 83 L	10:32	-76 90 L	21:03	-112 54 L	05:29	70 236 H
09:49	-83 83 L	10:32	-76 90 L	16:17	86 252 H	16:57	105 271 H	12 03:43	72 238 H	11:07	-38 128 L
16:17	86 252 H	16:57	105 271 H	22:40	-85 81 L	23:40	-119 47 L	09:18	-55 111 L	17:05	73 239 H
22:40	-85 81 L	23:40	-119 47 L	13 04:57	53 219 H	28 06:08	70 236 H	15:27	89 255 H	23:59	-105 61 L
13 04:57	53 219 H	28 06:08	70 236 H	10:43	-65 101 L	11:43	-56 110 L	21:58	-108 58 L	06:42	66 232 H
10:43	-65 101 L	11:43	-56 110 L	17:05	82 248 H	17:59	95 261 H	13 04:47	61 227 H	12:27	-36 130 L
17:05	82 248 H	17:59	95 261 H	23:47	-88 78 L	14 06:14	47 213 H	10:17	-42 124 L	18:29	66 232 H
23:47	-88 78 L	14 06:14	47 213 H	14 06:14	47 213 H	11:48	-49 117 L	16:23	80 246 H	28 06:42	66 232 H
14 06:14	47 213 H	11:48	-49 117 L	18:01	79 245 H	18:01	79 245 H	23:07	-105 61 L	14 06:07	56 222 H
18:01	79 245 H	18:01	79 245 H	15 00:56	-95 71 L	30 02:05	-125 41 L	14 06:07	56 222 H	11:33	-35 131 L
15 00:56	-95 71 L	30 02:05	-125 41 L	07:34	49 215 H	08:47	69 235 H	17:34	74 240 H	13:45	-43 123 L
07:34	49 215 H	08:47	69 235 H	13:02	-40 126 L	14:16	-40 126 L	15 00:24	-108 58 L	19:50	69 235 H
13:02	-40 126 L	14:16	-40 126 L	19:03	80 246 H	20:19	89 255 H	07:29	62 228 H	02:19	-96 70 L
19:03	80 246 H	20:19	89 255 H	31 03:12	-130 36 L	09:52	78 244 H	12:55	-38 128 L	08:58	79 245 H
31 03:12	-130 36 L	09:52	78 244 H	15:21	-44 122 L	15:21	-44 122 L	18:59	77 243 H	14:53	-56 110 L
15:21	-44 122 L	15:21	-44 122 L	21:23	94 260 H	21:23	94 260 H	31 03:18	-97 69 L	20:58	80 246 H
21:23	94 260 H	21:23	94 260 H					09:46	89 255 H		
								15:47	-71 95 L		
								21:51	92 258 H		

潮高：前者以當地當年年中等潮位為基準，後者以當年年最低潮位為基準，相當於最大比例尺海圖基準面，單位均為厘米(cm)
 Height：The former is relative to local Annual Mean Water Level and the latter is relative to chart datum. Both are shown in centimeters.
 H:高潮 High tide L:低潮 Low tide ●上弦 1st quarter ○滿月 Full moon ◐下弦 3rd quarter ●新月 New Moon

中央氣象局海象測報中心
 Marine Meteorology Center, CWB

附表 13. 澎湖 2011 年 4 至 6 月潮汐表

澎湖潮汐預報表

Forecast Times and Heights of High and Low Waters at Penghu

GMT + 8:00

民國100年(2011)

23°33'42"N 119°34'41"E

四月 APR				五月 MAY				六月 JUN			
潮時 Time	潮高 Height										
1 04:06	-97 69 L	16 03:03	-114 52 L	1 04:11	-71 95 L	16 03:33	-79 87 L	1 05:03	-45 121 L	16 05:11	-45 121 L
10:25	97 263 H	09:42	119 285 H	10:16	101 267 H	09:55	129 295 H	10:42	105 271 H	11:09	124 290 H
16:30	-84 82 L	15:34	-111 55 L	16:44	-103 63 L	16:15	-142 24 L	17:33	-123 43 L	17:57	-149 17 L
22:35	102 268 H	22:07	129 295 H	22:54	101 267 H	22:50	126 292 H	23:54	103 269 H		
2 04:45	-96 70 L	17 03:57	-109 57 L	2 04:51	-67 99 L	17 04:29	-69 97 L	2 05:40	-43 123 L	17 00:24	115 281 H
10:57	103 269 H	10:26	130 296 H	10:46	104 270 H	10:41	131 297 H	11:17	109 275 H	05:58	-45 121 L
17:07	-95 71 L	16:26	-131 35 L	17:20	-112 54 L	17:10	-151 15 L	18:06	-127 39 L	11:55	122 288 H
23:13	108 274 H	23:00	140 306 H	23:32	106 272 H	23:43	127 293 H			18:42	-146 20 L
3 05:18	-92 74 L	18 04:47	-100 66 L	3 05:27	-62 104 L	18 05:21	-60 106 L	3 00:31	105 271 H	18 01:07	112 278 H
11:25	106 272 H	11:08	137 303 H	11:15	106 272 H	11:25	131 297 H	06:12	-41 125 L	06:40	-48 118 L
17:38	-103 63 L	17:16	-145 21 L	17:51	-118 48 L	18:02	-155 11 L	11:52	112 278 H	12:39	118 284 H
23:48	111 277 H	23:50	142 308 H					18:36	-130 36 L	19:20	-140 26 L
4 05:47	-87 79 L	19 05:35	-88 78 L	4 00:07	107 273 H	19 00:32	123 289 H	4 01:08	105 271 H	19 01:08	109 275 H
11:50	108 274 H	11:48	138 304 H	05:58	-57 109 L	06:08	-53 113 L	06:42	-41 125 L	07:20	-52 114 L
18:04	-110 56 L	18:06	-153 13 L	11:42	108 274 H	12:08	127 293 H	12:29	114 280 H	13:22	112 278 H
				18:17	-122 44 L	18:50	-153 13 L	19:56	-132 34 L	19:56	-132 34 L
5 00:20	112 278 H	20 00:39	137 303 H	5 00:41	106 272 H	20 01:19	116 282 H	5 01:45	105 271 H	20 02:27	106 272 H
06:12	-80 86 L	06:20	-75 91 L	06:25	-52 114 L	06:53	-50 116 L	07:13	-43 123 L	08:03	-57 109 L
12:13	109 275 H	12:28	134 300 H	12:11	109 275 H	12:51	119 285 H	13:10	114 280 H	14:06	105 271 H
18:27	-116 50 L	18:55	-155 11 L	18:41	-125 41 L	19:35	-147 19 L	19:38	-132 34 L	20:33	-122 44 L
6 00:52	109 275 H	21 01:27	126 292 H	6 01:16	103 269 H	21 02:05	109 275 H	6 02:24	106 272 H	21 03:06	103 269 H
06:37	-74 92 L	07:04	-65 101 L	06:52	-49 117 L	07:37	-49 117 L	07:52	-48 118 L	08:50	-61 105 L
12:38	109 275 H	13:08	126 292 H	12:42	109 275 H	13:35	110 276 H	13:55	113 279 H	14:52	95 261 H
18:51	-120 46 L	19:43	-150 16 L	19:08	-126 40 L	20:18	-137 29 L	20:18	-130 36 L	21:13	-110 56 L
7 01:25	105 271 H	22 02:16	113 279 H	7 01:53	99 265 H	22 02:51	101 267 H	7 03:06	108 274 H	22 03:47	100 266 H
07:04	-67 99 L	07:49	-56 110 L	07:22	-46 120 L	08:24	-50 116 L	08:40	-55 111 L	09:43	-65 101 L
13:05	109 275 H	13:50	114 280 H	13:19	107 273 H	14:22	99 265 H	14:46	108 274 H	15:43	83 249 H
19:19	-122 44 L	20:33	-141 25 L	19:42	-127 39 L	21:02	-126 40 L	21:06	-125 41 L	21:58	-95 71 L
8 02:00	98 264 H	23 03:08	99 265 H	8 02:34	96 262 H	23 03:38	94 260 H	8 03:53	110 276 H	23 04:30	96 262 H
07:35	-61 105 L	08:40	-49 117 L	08:01	-45 121 L	09:18	-51 115 L	09:36	-64 102 L	10:41	-67 99 L
13:37	106 272 H	14:37	100 266 H	14:01	103 269 H	15:15	86 252 H	15:45	102 268 H	16:42	72 238 H
19:54	-122 44 L	21:25	-128 38 L	20:25	-125 41 L	21:50	-113 53 L	21:59	-117 49 L	22:48	-79 87 L
9 02:41	90 256 H	24 04:03	88 254 H	9 03:21	93 259 H	24 04:28	89 255 H	9 04:44	112 278 H	24 05:16	92 258 H
08:12	-54 112 L	09:38	-44 122 L	08:49	-46 120 L	10:18	-52 114 L	10:40	-75 91 L	11:42	-71 95 L
14:16	100 266 H	15:33	84 250 H	14:51	96 262 H	16:16	74 240 H	16:53	97 263 H	17:50	64 230 H
20:37	-119 47 L	22:22	-113 53 L	21:17	-122 44 L	22:42	-98 68 L	22:58	-105 61 L	23:45	-62 104 L
10 03:29	82 248 H	25 05:02	79 245 H	10 04:14	92 258 H	25 05:20	85 251 H	10 05:39	115 281 H	25 06:06	89 255 H
08:59	-47 119 L	10:46	-42 124 L	09:48	-49 117 L	11:23	-55 111 L	11:47	-89 77 L	12:45	-76 90 L
15:02	91 257 H	16:42	70 236 H	15:51	89 255 H	17:25	65 231 H	18:08	94 260 H	19:02	62 228 H
21:31	-115 51 L	23:23	-100 66 L	22:17	-117 49 L	23:40	-84 82 L				
11 04:29	75 241 H	26 06:05	75 241 H	11 05:12	93 259 H	26 06:15	84 250 H	11 00:01	-91 75 L	26 00:47	-49 117 L
09:59	-41 125 L	11:59	-44 122 L	10:55	-56 110 L	12:31	-62 104 L	06:37	117 283 H	06:58	88 254 H
16:00	82 248 H	16:02	63 229 H	17:04	85 251 H	18:39	62 228 H	12:55	-104 62 L	13:46	-84 82 L
22:37	-111 55 L			23:21	-111 55 L			19:24	95 261 H	20:11	66 232 H
12 05:38	73 239 H	27 00:28	-89 77 L	12 06:14	98 264 H	27 00:40	-71 95 L	12 01:07	-77 89 L	27 01:50	-39 127 L
11:12	-41 125 L	07:09	76 242 H	12:06	-69 97 L	07:10	85 251 H	07:36	119 285 H	07:51	89 255 H
17:14	77 243 H	13:13	-52 114 L	18:24	87 253 H	13:36	-72 94 L	14:01	-119 47 L	14:44	-94 72 L
23:48	-111 55 L	19:21	64 230 H			19:50	65 231 H	20:37	101 267 H	21:14	75 241 H
13 06:50	79 245 H	28 01:32	-82 84 L	13 00:27	-105 61 L	28 01:41	-62 104 L	13 02:13	-64 102 L	28 02:51	-35 131 L
12:28	-50 116 L	08:09	82 248 H	07:15	105 271 H	08:02	88 254 H	08:33	121 287 H	08:42	93 259 H
18:41	80 246 H	14:20	-65 101 L	13:14	-87 79 L	14:35	-83 83 L	15:06	-133 33 L	15:37	-105 61 L
		20:29	73 239 H	19:42	96 262 H	20:52	73 239 H	21:43	107 273 H	22:08	85 251 H
14 00:59	-113 53 L	29 02:32	-78 88 L	14 01:32	-98 68 L	29 02:39	-55 111 L	14 03:17	-54 112 L	29 03:46	-34 132 L
07:56	90 256 H	08:59	89 255 H	08:12	114 280 H	08:49	91 257 H	09:29	123 289 H	09:30	99 265 H
13:38	-67 99 L	15:16	-79 87 L	14:17	-107 59 L	15:27	-95 71 L	16:08	-143 23 L	16:25	-116 50 L
20:01	94 260 H	21:26	84 250 H	20:52	108 274 H	21:46	83 249 H	22:43	113 279 H	22:55	95 261 H
15 02:04	-115 51 L	30 03:25	-75 91 L	15 02:34	-89 77 L	30 03:32	-51 115 L	15 04:17	-48 118 L	30 04:34	-34 132 L
08:52	105 271 H	09:40	96 262 H	09:05	122 288 H	09:30	96 262 H	10:21	124 290 H	10:14	107 273 H
14:39	-89 77 L	16:03	-92 74 L	15:17	-126 40 L	16:13	-106 60 L	17:06	-148 18 L	17:07	-126 40 L
21:09	113 279 H	22:13	93 259 H	21:54	119 285 H	22:33	92 258 H	23:37	115 281 H	23:36	103 269 H
						31 04:20	-48 118 L				
						10:07	100 266 H				
						16:55	-116 50 L				
						23:15	99 265 H				

潮高：前者以當地當年中等潮位為基準，後者以當年最低低潮位為基準，相當於最大比例尺海圖基準面，單位均為厘米(cm)
 Height：The former is relative to local Annual Mean Water Level and the latter is relative to chart datum. Both are shown in centimeters.
 H:高潮 High tide L:低潮 Low tide ●上弦 1st quarter ○滿月 Full moon ●下弦 3rd quarter ●新月 New Moon

中央氣象局海象測報中心
 Marine Meteorology Center, CWB

附表 14. 澎湖 2011 年 7 至 9 月潮汐表

澎湖潮汐預報表

Forecast Times and Heights of High and Low Waters at Penghu

GMT + 8:00

民國100年(2011)

23°33'42"N 119°34'41"E

七月 JUL				八月 AUG				九月 SEP			
潮時 Time	潮高 Height			潮時 Time	潮高 Height			潮時 Time	潮高 Height		
1	05:15 -36 130 L	●		16	00:09 115 281 H			1	00:23 130 296 H	16	00:49 126 292 H
	10:57 115 281 H				05:45 -47 119 L				06:36 -72 94 L		1
	17:46 -133 33 L				11:45 125 291 H				12:47 130 296 H		
					18:24 -134 32 L				18:54 -106 60 L		
2	00:14 110 276 H			17	00:47 116 282 H			2	01:18 126 292 H	17	01:40 158 324 H
	05:51 -39 127 L				06:23 -54 112 L				07:09 -79 87 L		
	11:38 123 289 H				12:27 124 290 H				13:22 125 291 H		2
	18:21 -137 29 L				18:57 -129 37 L				19:22 -98 68 L		
3	00:50 115 281 H			18	01:22 117 283 H			3	01:45 125 291 H	18	02:22 152 318 H
	06:24 -44 122 L				07:00 -61 105 L				07:44 -84 82 L		
	12:20 129 295 H				13:07 121 287 H				13:58 117 283 H		3
	18:53 -138 28 L				19:27 -122 44 L				19:54 -87 79 L		
4	01:26 119 285 H			19	01:55 116 282 H			4	02:13 122 288 H	19	03:08 142 308 H
	06:59 -52 114 L				07:38 -68 98 L				08:21 -87 79 L		
	13:03 132 298 H				13:46 115 281 H				14:36 107 273 H		4
	19:27 -136 30 L				19:58 -113 53 L				20:29 -73 93 L		
5	02:03 123 289 H			20	02:28 115 281 H			5	02:43 117 283 H	20	04:02 128 294 H
	07:39 -62 104 L				08:19 -73 93 L				09:03 -86 80 L		
	13:49 131 297 H				14:26 106 272 H				15:20 95 261 H		5
	20:06 -131 35 L				20:33 -102 64 L				21:10 -58 108 L		
6	02:43 127 293 H			21	03:01 112 278 H			6	03:18 111 277 H	21	04:10 114 280 H
	08:27 -74 92 L				09:03 -76 90 L				09:53 -84 82 L		
	14:39 126 292 H				15:09 95 261 H				16:13 83 249 H		6
	20:50 -121 45 L				21:12 -87 79 L				21:59 -42 124 L		
7	03:26 129 295 H			22	03:36 107 273 H			7	04:01 103 269 H	22	00:23 -26 140 L
	09:23 -85 81 L				09:53 -77 89 L				10:52 -81 85 L		
	15:36 117 283 H				15:59 83 249 H				17:19 73 239 H		7
	21:41 -107 59 L				21:57 -70 96 L				23:00 -28 138 L		
8	04:13 129 295 H			23	04:14 102 268 H			8	05:33 122 288 H	23	04:55 96 262 H
	10:25 -95 71 L				10:49 -78 88 L				12:25 -113 53 L		
	16:40 107 273 H				16:59 72 238 H				18:55 92 258 H		8
	22:37 -90 76 L				22:50 -52 114 L						
9	05:06 127 293 H			24	04:59 96 262 H			9	00:36 -36 130 L	24	00:14 -19 147 L
	11:31 -104 62 L				11:50 -79 87 L				06:41 114 280 H		
	17:53 98 264 H				18:09 65 231 H				13:36 -115 51 L		9
	23:40 -71 95 L				23:52 -37 129 L				20:13 93 259 H		
10	06:03 123 289 H			25	05:52 91 257 H			10	01:51 -30 136 L	25	01:28 -18 148 L
	12:40 -113 53 L				12:54 -82 84 L				07:52 112 278 H		
	19:09 93 259 H				19:25 64 230 H				14:45 -118 48 L		10
									21:23 100 266 H		
11	00:48 -55 111 L			26	01:02 -27 139 L			11	03:00 -32 134 L	26	02:31 -25 141 L
	07:05 119 285 H				06:53 90 256 H				09:01 116 282 H		
	13:49 -122 44 L				13:57 -90 76 L				15:47 -122 44 L		11
	20:25 95 261 H				20:37 72 238 H				22:20 109 275 H		
12	01:59 -43 123 L			27	02:10 -24 142 L			12	03:59 -39 127 L	27	03:23 -36 130 L
	08:09 117 283 H				07:56 93 259 H				10:00 122 288 H		
	14:57 -129 37 L				14:56 -102 64 L				16:40 -123 43 L		12
	21:35 100 266 H				21:38 84 250 H				23:06 117 283 H		
13	03:08 -38 128 L			28	03:10 -26 140 L			13	04:47 -48 118 L	28	04:08 -51 115 L
	09:11 118 284 H				08:56 102 268 H				10:49 129 295 H		
	16:01 -135 31 L				15:48 -115 51 L				17:23 -122 44 L		13
	22:35 107 273 H				22:27 98 264 H				23:45 122 288 H		
14	04:09 -38 128 L			29	04:00 -31 135 L			14	05:28 -57 109 L	29	04:49 -67 99 L
	10:09 121 287 H				09:50 114 280 H				11:32 132 298 H		
	16:57 -138 28 L				16:34 -126 40 L				17:58 -118 48 L		14
	23:26 112 278 H				23:09 111 277 H						
15	05:01 -42 124 L			30	04:44 -38 128 L			15	00:18 125 291 H	30	05:29 -83 83 L
	11:00 124 290 H				10:38 128 294 H				06:03 -65 101 L		
	17:45 -138 28 L				17:15 -135 31 L				12:11 133 299 H		15
					23:47 122 288 H				18:27 -113 53 L		
				31	05:22 -47 119 L			31	00:25 155 321 H		
					11:23 140 306 H				06:11 -98 68 L		
					17:53 -138 28 L				12:37 168 334 H		
									18:37 -115 51 L		

潮高：前者以當地當年中等潮位為基準，後者以當年最低低潮位為基準，相當於最大比例尺海圖基準面，單位均為厘米(cm)
 Height：The former is relative to local Annual Mean Water Level and the latter is relative to chart datum. Both are shown in centimeters.
 H:高潮 High tide L:低潮 Low tide ●上弦 1st quarter ○滿月 Full moon ●下弦 3rd quarter ●新月 New Moon

中央氣象局海象測報中心
 Marine Meteorology Center, CWB

附表 15. 澎湖 2011 年 10 至 12 月潮汐表

澎湖潮汐預報表

Forecast Times and Heights of High and Low Waters at Penghu

GMT + 8:00

民國100年(2011)

23°33'42"N 119°34'41"E

十月OCT				十一月NOV				十二月DEC															
潮時 Time	潮高 Height																						
01:09	160	326	H	00:51	127	293	H	02:13	123	289	H	01:37	115	281	H	02:45	98	264	H	02:11	111	277	H
07:26	-135	31	L	07:07	-110	56	L	08:53	-124	42	L	07:55	-121	45	L	09:08	-114	52	L	08:18	-131	35	L
14:00	146	312	H	13:46	115	281	H	15:33	106	272	H	14:50	102	268	H	15:53	95	261	H	15:11	109	275	H
19:37	-62	104	L	19:21	-49	117	L	21:04	-39	127	L	20:17	-46	120	L	21:33	-55	111	L	20:45	-73	93	L
01:51	150	316	H	01:22	123	289	H	03:09	106	272	H	02:23	107	273	H	03:43	83	249	H	03:04	103	269	H
08:22	-130	36	L	07:41	-108	58	L	09:52	-108	58	L	08:42	-116	50	L	10:02	-98	68	L	09:08	-122	44	L
14:55	128	294	H	14:24	106	272	H	16:31	96	262	H	15:38	99	265	H	16:45	90	256	H	15:59	110	276	H
20:30	-48	118	L	19:58	-43	123	L	22:13	-37	129	L	21:10	-47	119	L	22:43	-58	108	L	21:45	-81	85	L
02:38	135	301	H	01:59	116	282	H	04:15	90	256	H	03:19	99	265	H	04:52	70	236	H	04:06	94	260	H
09:24	-120	46	L	08:22	-104	62	L	10:56	-94	72	L	09:38	-110	56	L	11:02	-82	84	L	10:05	-110	56	L
15:55	111	277	H	15:10	98	264	H	17:33	91	257	H	16:33	99	265	H	17:41	87	253	H	16:52	111	277	H
21:32	-36	130	L	20:43	-36	130	L	23:29	-39	127	L	22:14	-52	114	L	23:56	-64	102	L	22:52	-91	75	L
03:34	118	284	H	02:44	107	273	H	05:33	81	247	H	04:25	92	258	H	06:08	64	230	H	05:19	88	254	H
10:30	-108	58	L	09:14	-99	67	L	12:01	-83	83	L	10:41	-103	63	L	12:06	-69	97	L	11:08	-96	70	L
17:01	98	264	H	16:06	91	257	H	18:36	91	257	H	17:33	103	269	H	18:38	87	253	H	17:51	112	278	H
22:45	-28	138	L	21:40	-30	136	L	20:29	103	269	H	23:24	-64	102	L	20:54	91	257	H	01:05	-74	92	L
04:42	102	268	H	03:39	98	264	H	06:51	80	246	H	05:43	91	257	H	07:22	66	232	H	00:02	-105	61	L
11:37	-98	68	L	10:16	-95	71	L	13:05	-75	91	L	11:47	-97	69	L	13:10	-59	107	L	08:38	87	253	H
18:11	93	259	H	17:11	89	255	H	19:36	96	262	H	18:34	110	276	H	19:33	89	255	H	12:16	-82	84	L
00:02	-28	138	L	22:49	-30	136	L	01:51	-62	104	L	00:34	-81	85	L	02:07	-86	80	L	18:52	115	281	H
06:02	94	260	H	04:49	92	258	H	08:02	87	253	H	07:03	98	264	H	08:29	73	239	H	01:12	-122	44	L
12:46	-90	76	L	11:24	-93	73	L	14:05	-70	96	L	12:53	-93	73	L	14:11	-53	113	L	07:54	92	258	H
19:22	95	261	H	18:19	93	259	H	20:29	103	269	H	19:33	119	285	H	20:23	94	260	H	13:24	-71	95	L
01:18	-35	131	L	00:03	-38	128	L	02:48	-77	89	L	01:38	-103	63	L	03:00	-99	67	L	02:19	-138	28	L
07:22	96	262	H	06:10	94	260	H	09:02	98	264	H	08:15	111	277	H	09:25	83	249	H	09:05	100	266	H
13:51	-87	79	L	12:32	-96	70	L	14:58	-68	98	L	13:55	-87	79	L	15:05	-51	115	L	14:30	-64	102	L
20:25	103	269	H	19:23	104	270	H	21:14	110	276	H	20:29	130	296	H	21:07	99	265	H	20:51	123	289	H
02:25	-48	118	L	01:11	-55	111	L	03:36	-91	75	L	02:36	-126	40	L	03:46	-111	55	L	03:21	-152	14	L
08:31	105	271	H	07:30	106	272	H	09:52	107	273	H	09:19	124	290	H	10:13	92	258	H	10:07	108	274	H
14:50	-86	80	L	13:35	-100	66	L	15:44	-65	101	L	14:53	-81	85	L	15:52	-51	115	L	15:30	-60	106	L
21:16	113	279	H	20:20	119	285	H	21:53	116	282	H	21:20	139	305	H	21:47	104	270	H	21:46	127	293	H
03:20	-63	103	L	02:09	-77	89	L	04:17	-102	64	L	03:32	-144	22	L	04:27	-121	45	L	04:18	-161	5	L
09:27	116	282	H	08:38	124	290	H	10:35	114	280	H	10:17	134	300	H	10:55	100	266	H	11:02	113	279	H
15:39	-86	80	L	14:31	-102	64	L	16:23	-62	104	L	15:47	-74	92	L	16:32	-51	115	L	16:24	-58	108	L
21:59	121	287	H	21:10	134	300	H	22:26	119	285	H	22:08	145	311	H	22:23	109	275	H	22:38	129	295	H
04:06	-76	90	L	03:02	-101	65	L	04:52	-111	55	L	04:24	-157	9	L	05:02	-129	37	L	05:09	-164	2	L
10:15	125	291	H	09:37	142	308	H	11:13	118	284	H	11:10	137	303	H	11:32	104	270	H	11:51	115	281	H
16:20	-83	83	L	15:23	-101	65	L	16:58	-59	107	L	16:36	-67	99	L	17:08	-51	115	L	17:11	-59	107	L
22:35	127	293	H	21:55	147	313	H	22:56	121	287	H	22:54	147	313	H	22:57	113	279	H	23:26	129	295	H
04:44	-87	79	L	03:51	-123	43	L	05:23	-117	49	L	05:14	-163	3	L	05:33	-134	32	L	05:53	-161	5	L
10:55	130	296	H	10:30	155	321	H	11:48	120	286	H	12:00	135	301	H	12:07	103	273	H	12:35	113	279	H
16:55	-79	87	L	16:12	-94	72	L	17:30	-56	110	L	17:23	-61	105	L	17:38	-51	115	L	17:53	-63	103	L
23:06	130	296	H	22:38	156	322	H	23:24	122	288	H	23:38	144	310	H	23:30	117	283	H	00:11	126	292	H
05:17	-96	70	L	04:39	-140	26	L	05:51	-121	45	L	06:02	-161	5	L	06:00	-137	29	L	06:33	-154	12	L
11:32	132	298	H	11:21	160	326	H	12:22	118	284	H	12:48	128	294	H	12:41	107	273	H	13:16	109	275	H
17:25	-74	92	L	16:57	-84	82	L	17:58	-53	113	L	18:07	-57	109	L	18:07	-53	113	L	18:34	-67	99	L
23:33	131	297	H	23:19	160	326	H	23:52	123	289	H	00:22	137	303	H	00:06	120	286	H	00:54	119	285	H
05:47	-102	64	L	05:27	-150	16	L	06:16	-123	43	L	06:48	-154	12	L	06:27	-139	27	L	07:09	-145	21	L
12:06	131	297	H	12:10	157	323	H	12:55	115	281	H	13:34	119	285	H	13:15	107	273	H	13:54	105	271	H
17:54	-68	98	L	17:42	-73	93	L	18:26	-50	116	L	18:52	-55	111	L	18:37	-56	110	L	19:16	-72	94	L
23:59	130	296	H	00:00	158	324	H	00:23	122	288	H	01:07	127	293	H	00:43	120	286	H	01:37	109	275	H
06:13	-106	60	L	06:15	-152	14	L	06:43	-124	42	L	07:33	-143	23	L	06:58	-139	27	L	07:46	-134	32	L
12:39	128	294	H	12:58	147	313	H	13:30	110	276	H	14:19	110	276	H	13:51	107	273	H	14:32	101	267	H
18:21	-62	104	L	18:27	-62	104	L	18:57	-48	118	L	19:39	-55	111	L	19:12	-60	106	L	20:02	-76	90	L
00:24	129	295	H	00:42	151	317	H	00:58	120	286	H	01:54	113	279	H	01:25	117	283	H	02:21	97	263	H
06:38	-109	57	L	07:05	-148	18	L	07:15	-123	43	L	08:19	-130	36	L	07:35	-137	29	L	08:26	-121	45	L
13:11	122	288	H	13:48	134	300	H	14:08	106	272	H	15:05	102	268	H	14:29	108	274	H	15:11	97	263	H
18:49	-56	110	L	19:13	-52	114	L	19:33	-47	119	L	20:32	-55	111	L	19:55	-66	100	L	20:53	-78	88	L
				01:25	139	305	H													03:10	82	248	H
				07:57	-138	28	L													09:10	-105	61	L
				14:39	119	285	H													15:53	92	258	H
				20:04	-45	121	L													21:51	-78	88	L

附表 16. 澎湖 2012 年 1 至 3 月潮汐表

澎湖潮汐預報表

Forecast Times and Heights of High and Low Waters at Penghu

GMT + 8:00

民國 101 年 (2012)

23°33'42"N 119°34'41"E

一月 JAN				二月 FEB				三月 MAR						
潮時 Time	潮高 Height	潮時 Time	潮高 Height	潮時 Time	潮高 Height	潮時 Time	潮高 Height	潮時 Time	潮高 Height	潮時 Time	潮高 Height			
1 04:03 81 246 H	10:00 -103 62 L	16:51 91 255 H	22:41 -74 91 L	04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H
2 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
3 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
4 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
5 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
6 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
7 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
8 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
9 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
10 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
11 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
12 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
13 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
14 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
15 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
16 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
17 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
18 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
19 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
20 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
21 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
22 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
23 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
24 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
25 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
26 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
27 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
28 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
29 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
30 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H
31 04:59 66 230 H	10:48 -82 83 L	17:38 84 249 H	00:00 -73 91 L	06:14 54 218 H	11:59 -61 104 L	18:33 80 245 H	01:19 -78 87 L	07:31 50 215 H	13:23 -48 116 L	19:31 79 244 H	02:19 -87 78 L	08:37 52 217 H	14:22 -43 122 L	20:24 82 246 H

潮高：前者以當地當年中等潮位為基準，後者以當年最低低潮位為基準，相當於最大比例尺海圖基準面，單位均為厘米(cm)

Height：The former is relative to local Annual Mean Water Level and the latter is relative to chart datum. Both are shown in centimeters.

H:高潮 High tide L:低潮 Low tide ○上弦 1st quarter ○滿月 Full moon ○下弦 3rd quarter ●新月 New Moon

中央氣象局海象測報中心
Marine Meteorology Center, CWB

附表 17. 澎湖 2012 年 4 至 6 月潮汐表

澎湖潮汐預報表

Forecast Times and Heights of High and Low Waters at Penghu

GMT + 8:00

民國101年(2012)

23°33'42"N 119°34'41"E

四月 APR				五月 MAY				六月 JUN			
潮時 Time	潮高 Height										
1 06:19 63 228 H		16 01:24 -102 63 L		1 06:46 81 246 H		16 01:54 -86 79 L		1 01:37 -91 74 L		16 02:59 -53 112 L	
12:10 -37 128 L		07:45 78 243 H		12:50 -53 112 L		08:09 90 255 H		08:00 106 271 H		09:07 93 258 H	
17:39 69 234 H		13:59 -52 113 L		18:34 71 236 H		14:37 -75 90 L		14:17 -104 61 L		15:49 98 267 L	
		19:48 71 235 H				20:35 72 237 H		20:39 89 254 H		22:14 75 240 H	
2 00:54 -94 71 L		17 02:28 -98 67 L		2 01:15 -98 67 L		17 02:50 -78 87 L		2 02:36 -86 79 L		17 03:48 -46 119 L	
07:33 65 230 H		08:49 83 248 H		07:49 87 252 H		09:04 93 258 H		08:56 112 277 H		09:54 94 259 H	
13:31 -41 124 L		15:03 -64 101 L		13:54 -68 97 L		15:35 -87 78 L		15:12 -123 42 L		16:41 -105 60 L	
19:07 66 231 H		21:00 78 243 H		19:57 78 243 H		21:42 78 243 H		21:49 96 261 H		23:17 83 248 H	
3 02:03 -99 66 L		18 03:27 -94 71 L		3 02:17 -100 64 L		18 03:43 -70 95 L		3 03:29 -78 87 L		18 04:40 -42 123 L	
08:37 73 238 H		09:48 91 256 H		08:46 97 262 H		09:55 96 261 H		09:50 117 282 H		10:39 96 260 H	
14:30 -53 112 L		16:05 -78 87 L		14:48 -88 77 L		16:32 -98 67 L		16:07 -138 27 L		17:32 -112 53 L	
20:27 76 241 H		22:07 88 253 H		21:06 90 255 H		22:47 86 251 H		22:59 103 268 H			
4 02:58 -108 57 L		19 04:24 -90 74 L		4 03:10 -102 63 L		19 04:35 -63 102 L		4 04:22 -68 97 L		19 00:04 91 256 H	
09:35 86 251 H		10:41 99 263 H		09:38 108 272 H		10:41 99 264 H		10:43 120 285 H		05:33 -41 124 L	
15:21 -70 95 L		17:39 -92 73 L		15:39 -109 56 L		17:24 -107 58 L		17:04 -149 16 L		11:22 98 263 H	
21:34 91 256 H		23:08 98 263 H		22:12 103 268 H		23:41 94 259 H				18:17 -118 46 L	
5 03:47 -116 49 L		20 05:19 -86 79 L		5 03:58 -99 66 L		20 05:27 -58 107 L		5 00:03 110 275 H		20 00:43 97 262 H	
10:25 101 266 H		11:24 104 269 H		10:28 117 282 H		11:22 100 265 H		05:18 -58 107 L		06:22 -42 123 L	
16:09 -90 75 L		17:53 -103 62 L		16:28 -128 37 L		18:08 -115 50 L		11:37 121 286 H		12:02 102 267 H	
22:36 108 273 H		23:57 105 270 H		23:14 115 280 H				18:09 -155 10 L		18:56 -124 41 L	
6 04:33 -120 45 L		21 06:05 -81 84 L		6 04:47 -91 74 L		21 00:24 99 264 H		6 00:57 114 278 H		21 01:17 102 266 H	
11:11 115 279 H		12:01 107 272 H		11:16 124 289 H		06:13 -55 110 L		06:23 -52 113 L		07:01 -45 120 L	
16:55 -110 55 L		18:31 -111 53 L		17:18 -143 22 L		11:58 101 266 H		12:29 121 286 H		12:40 105 270 H	
23:32 124 288 H						18:45 -120 45 L		19:13 -157 8 L		19:31 -128 37 L	
7 05:19 -118 47 L		22 00:38 109 274 H		7 00:12 122 287 H		22 01:00 102 267 H		7 01:45 113 278 H		22 01:49 104 269 H	
11:53 125 290 H		06:40 -76 89 L		05:38 -81 84 L		06:50 -53 112 L		07:21 -51 114 L		07:35 -48 117 L	
17:39 -128 37 L		12:32 107 272 H		12:02 128 292 H		12:31 102 267 H		13:18 119 284 H		13:16 108 273 H	
		19:03 -117 48 L		18:12 -153 12 L		19:18 -124 41 L		20:04 -154 10 L		20:01 -129 35 L	
8 00:23 133 298 H		23 01:13 110 275 H		8 01:03 124 289 H		23 01:33 104 268 H		8 02:29 111 275 H		23 02:20 106 271 H	
06:04 -110 55 L		07:10 -72 93 L		06:31 -70 95 L		07:23 -53 112 L		08:08 -53 113 L		08:04 -52 113 L	
12:33 132 296 H		13:01 107 272 H		12:47 127 292 H		13:01 102 267 H		14:05 115 280 H		13:51 111 275 H	
18:24 -141 24 L		19:31 -122 43 L		19:08 -157 8 L		19:48 -127 38 L		20:46 -148 17 L		20:26 -129 36 L	
9 01:11 135 300 H		24 01:46 109 274 H		9 01:52 120 285 H		24 02:06 103 268 H		9 03:12 107 272 H		24 02:52 107 272 H	
06:46 -99 66 L		07:38 -68 97 L		07:22 -61 104 L		07:54 -52 113 L		08:51 -56 109 L		08:31 -57 107 L	
13:12 134 299 H		13:28 106 270 H		13:31 124 289 H		13:32 102 267 H		14:50 108 272 H		14:27 111 276 H	
19:08 -149 16 L		19:57 -124 40 L		20:01 -155 10 L		20:15 -127 37 L		21:25 -137 28 L		20:50 -127 38 L	
10 01:56 129 294 H		25 02:18 106 271 H		10 02:38 113 277 H		25 02:39 101 266 H		10 03:55 104 269 H		25 03:24 109 274 H	
07:27 -86 79 L		08:05 -64 101 L		08:09 -55 109 L		08:22 -52 113 L		09:38 -60 105 L		09:01 -65 100 L	
13:50 131 296 H		13:54 104 269 H		14:14 116 281 H		14:04 102 267 H		15:38 97 262 H		15:07 110 275 H	
19:54 -151 14 L		20:23 -125 39 L		20:50 -149 16 L		20:41 -126 38 L		22:07 -124 41 L		21:18 -123 41 L	
11 02:42 118 283 H		26 02:51 101 266 H		11 03:25 104 269 H		26 03:12 99 263 H		11 04:41 101 266 H		26 03:59 112 276 H	
08:07 -74 91 L		08:33 -60 105 L		08:55 -52 113 L		08:51 -53 112 L		10:35 -63 102 L		09:38 -74 91 L	
14:29 124 289 H		14:22 101 266 H		14:59 106 271 H		14:39 100 265 H		16:32 85 250 H		15:50 107 271 H	
20:41 -146 19 L		20:49 -124 41 L		21:37 -138 27 L		21:07 -124 41 L		22:57 -107 58 L		21:53 -117 48 L	
12 03:30 104 269 H		27 03:26 95 260 H		12 04:15 96 261 H		27 03:47 97 262 H		12 05:32 98 262 H		27 04:38 114 278 H	
08:51 -62 103 L		09:04 -56 109 L		09:48 -50 115 L		09:23 -55 110 L		11:49 -67 98 L		10:24 -82 83 L	
15:11 112 277 H		14:55 97 262 H		15:49 93 258 H		15:18 96 261 H		17:39 74 239 H		16:41 100 265 H	
21:33 -136 29 L		21:21 -120 45 L		22:30 -124 41 L		21:39 -121 44 L				22:38 -106 59 L	
13 04:24 91 256 H		28 04:03 89 254 H		13 05:09 91 255 H		28 04:25 96 261 H		13 00:03 -90 75 L		28 05:24 114 279 H	
09:43 -51 114 L		09:41 -51 114 L		10:59 -50 115 L		10:04 -58 107 L		06:28 95 260 H		11:22 -90 75 L	
15:59 97 261 H		15:32 90 255 H		16:49 79 244 H		16:03 92 256 H		13:01 -74 91 L		17:45 93 257 H	
22:38 -123 42 L		21:58 -114 51 L		23:36 -109 56 L		22:19 -114 50 L		18:54 68 233 H		23:38 -91 74 L	
14 05:27 81 246 H		29 04:48 83 248 H		14 06:09 88 253 H		29 05:09 97 261 H		14 01:11 -75 90 L		29 06:18 114 279 H	
11:01 -42 123 L		10:26 -47 118 L		12:25 -54 111 L		10:55 -63 102 L		07:24 94 258 H		12:39 -99 65 L	
17:00 80 245 H		16:17 82 247 H		18:07 69 234 H		16:57 86 251 H		14:01 -82 83 L		19:02 88 253 H	
		22:46 -106 58 L				23:11 -106 59 L		20:02 68 233 H			
15 00:07 -110 55 L		30 05:43 80 245 H		15 00:50 -96 69 L		30 06:02 98 263 H		15 02:08 -63 102 L		30 01:00 -76 89 L	
06:37 77 241 H		11:30 -46 119 L		07:10 88 253 H		12:02 -72 93 L		08:17 93 258 H		07:20 114 278 H	
12:47 -43 122 L		17:15 74 239 H		13:36 -64 101 L		18:08 82 246 H		14:56 -90 75 L		13:52 -113 52 L	
18:26 70 234 H		23:54 -100 65 L		19:26 68 233 H				21:07 70 235 H		20:18 87 252 H	
						31 00:23 -97 68 L					
						07:01 101 266 H					
						13:15 -86 79 L					
						19:27 83 248 H					

潮高：前者以當地當年中等潮位為基準，後者以當年最低潮位為基準，相當於最大比例尺海圖基準面，單位均為厘米(cm)
 Height：The former is relative to local Annual Mean Water Level and the latter is relative to chart datum. Both are shown in centimeters.
 H:高潮 High tide L:低潮 Low tide ●上弦 1st quarter ○滿月 Full moon ◐下弦 3rd quarter ●新月 New Moon

中央氣象局海象測報中心
 Marine Meteorology Center, CWB

附表 18. 澎湖 2012 年 7 至 9 月潮汐表

澎湖潮汐預報表

Forecast Times and Heights of High and Low Waters at Penghu

GMT + 8:00

民國101年(2012)

23°33'42"N 119°34'41"E

七月 JUL				八月 AUG				九月 SEP			
潮時 Time	潮高 Height										
1 02:10	-66 99 L	16 03:08	-34 131 L	1 03:59	-40 124 L	16 04:15	-32 133 L	1 00:03	127 292 H	16 05:09	-66 99 L
08:21	115 279 H	09:08	93 258 H	10:06	119 284 H	10:16	108 273 H	05:51	-62 103 L	11:31	142 307 H
14:55	-127 38 L	15:57	-99 66 L	16:52	-135 30 L	16:54	-109 56 L	11:57	139 304 H	● 17:34	-111 53 L
21:31	90 254 H	22:42	78 243 H	23:40	108 273 H	23:40	107 272 H	18:25	-116 48 L		
2 03:09	-58 107 L	17 03:58	-32 133 L	2 05:04	-44 121 L	17 05:05	-40 125 L	2 00:42	134 299 H	17 00:10	142 307 H
09:20	116 281 H	09:58	96 261 H	11:12	125 289 H	11:09	119 284 H	06:37	-73 92 L	05:48	-82 83 L
15:54	-138 27 L	16:48	-106 58 L	17:57	-138 27 L	● 17:40	-117 48 L	12:44	143 307 H	12:18	153 318 H
22:46	95 260 H	23:36	89 253 H					19:03	-110 55 L	18:13	-110 55 L
3 04:06	-50 115 L	18 04:51	-33 132 L	3 00:29	117 282 H	18 00:17	119 284 H	3 01:17	137 302 H	18 00:45	150 315 H
10:20	117 282 H	10:48	102 266 H	06:07	-51 114 L	05:51	-50 115 L	07:15	-81 84 L	06:24	-97 68 L
16:58	-146 19 L	17:38	-114 51 L	12:09	131 295 H	11:57	131 296 H	13:25	141 306 H	13:01	158 323 H
23:54	104 269 H			18:50	-137 28 L	18:21	-122 43 L	19:34	-102 63 L	18:48	-103 62 L
4 05:09	-46 119 L	19 00:17	99 264 H	4 01:10	123 288 H	19 00:50	129 294 H	4 01:50	138 303 H	19 01:19	155 320 H
11:21	120 284 H	05:45	-37 127 L	06:56	-60 105 L	06:29	-61 104 L	07:50	-88 77 L	10:41	-109 56 L
18:08	-150 15 L	● 11:36	109 274 H	12:58	134 299 H	12:39	141 305 H	14:03	136 301 H	13:43	157 321 H
		18:23	-122 43 L	19:30	-132 32 L	18:56	-122 43 L	20:03	-93 72 L	19:22	-93 72 L
5 00:47	111 276 H	20 00:52	108 272 H	5 01:47	126 291 H	20 01:22	136 301 H	5 02:21	136 301 H	20 01:54	157 322 H
06:18	-47 118 L	06:30	-43 121 L	07:36	-69 96 L	07:01	-73 92 L	08:24	-93 72 L	07:41	-117 48 L
12:18	122 287 H	12:19	116 281 H	13:41	133 298 H	13:19	146 311 H	14:40	128 293 H	14:26	149 313 H
19:07	-151 14 L	19:02	-127 38 L	20:03	-125 40 L	19:26	-119 46 L	20:33	-83 82 L	19:59	-81 84 L
6 01:31	114 279 H	21 01:24	114 279 H	6 02:22	128 293 H	21 01:53	142 306 H	6 02:50	132 297 H	21 02:30	154 319 H
07:12	-52 113 L	07:06	-50 114 L	08:13	-77 88 L	07:33	-86 79 L	08:59	-95 70 L	08:24	-119 46 L
13:09	124 288 H	12:59	123 288 H	14:21	128 293 H	13:59	147 312 H	15:18	118 283 H	15:11	136 300 H
19:52	-148 17 L	19:34	-129 36 L	20:33	-115 50 L	19:54	-112 53 L	21:05	-71 94 L	20:38	-67 98 L
7 02:11	116 280 H	22 01:55	119 284 H	7 02:56	127 292 H	22 02:25	145 310 H	7 03:20	126 291 H	22 03:09	147 312 H
07:55	-59 106 L	07:36	-59 106 L	08:51	-83 82 L	08:07	-97 68 L	09:38	-93 72 L	09:13	-116 49 L
13:54	122 287 H	13:37	128 292 H	15:01	119 284 H	14:39	143 307 H	15:59	107 272 H	16:02	120 285 H
20:29	-140 25 L	20:00	-128 37 L	21:04	-103 62 L	20:25	-102 62 L	21:42	-57 108 L	21:24	-51 114 L
8 02:50	116 280 H	23 02:25	123 288 H	8 03:30	124 289 H	23 02:59	147 311 H	8 03:52	118 283 H	23 03:53	135 300 H
08:35	-66 99 L	08:04	-68 96 L	09:32	-86 79 L	08:47	-105 60 L	10:23	-88 77 L	10:12	-107 58 L
14:37	116 281 H	14:14	130 294 H	15:43	108 273 H	15:22	133 298 H	● 16:47	94 259 H	● 17:05	105 270 H
21:02	-130 35 L	20:25	-124 41 L	21:39	-88 77 L	21:02	-89 76 L	22:26	-41 124 L	22:23	-34 131 L
9 03:28	115 279 H	24 02:56	127 292 H	9 04:04	119 284 H	24 03:37	144 309 H	9 04:28	109 274 H	24 04:47	120 285 H
09:17	-72 93 L	08:35	-79 85 L	10:20	-86 79 L	09:33	-108 57 L	11:23	-81 84 L	11:46	-97 68 L
15:21	107 272 H	14:53	128 293 H	16:31	95 260 H	● 16:12	119 284 H	17:50	84 249 H	18:20	97 261 H
21:36	-117 47 L	20:53	-118 47 L	22:19	-70 95 L	21:44	-72 93 L	23:32	-27 138 L		
10 04:07	112 277 H	25 03:30	130 295 H	10 04:42	111 276 H	25 04:19	137 301 H	10 05:14	99 264 H	25 00:15	-24 141 L
10:04	-76 89 L	09:12	-90 75 L	11:19	-84 81 L	10:30	-105 60 L	12:36	-76 88 L	06:03	107 272 H
16:09	96 260 H	15:36	122 287 H	17:30	83 248 H	17:15	104 269 H	19:00	79 244 H	13:15	-95 70 L
22:16	-101 64 L	21:27	-108 56 L	23:13	-51 114 L	22:39	-51 113 L			19:35	97 262 H
11 04:50	108 273 H	26 04:07	131 296 H	11 05:25	102 267 H	26 05:12	126 290 H	11 00:54	-20 145 L	26 01:41	-29 136 L
11:04	-78 87 L	09:57	-97 68 L	12:27	-82 83 L	12:00	-102 63 L	06:22	92 256 H	07:29	105 270 H
17:05	83 248 H	● 16:26	112 277 H	18:39	74 239 H	18:33	93 258 H	13:40	-78 87 L	14:22	-96 68 L
23:06	-82 83 L	22:10	-94 71 L					20:07	81 246 H	20:44	103 268 H
12 05:37	102 267 H	27 04:50	129 294 H	12 00:31	-36 129 L	27 00:19	-34 131 L	12 01:57	-20 144 L	27 02:44	-39 126 L
12:15	-80 85 L	10:53	-101 64 L	06:21	95 260 H	06:21	115 280 H	07:42	92 257 H	08:42	112 277 H
18:14	73 238 H	17:27	100 265 H	13:29	-82 83 L	13:30	-104 60 L	14:35	-83 81 L	15:21	-99 66 L
		23:04	-74 91 L	19:46	71 236 H	19:51	91 256 H	21:08	90 254 H	21:47	113 277 H
13 00:16	-63 102 L	28 05:42	123 288 H	13 01:37	-27 138 L	28 01:48	-31 134 L	13 02:51	-27 138 L	28 03:44	-52 113 L
06:30	97 261 H	12:13	-104 61 L	07:25	92 257 H	07:40	112 277 H	08:46	100 265 H	09:49	122 287 H
13:18	-84 81 L	18:45	91 255 H	14:24	-86 79 L	14:37	-111 54 L	15:24	-92 73 L	16:17	-99 66 L
19:23	68 233 H			20:51	74 238 H	21:05	96 261 H	22:04	102 267 H	22:43	123 288 H
14 01:22	-49 116 L	29 00:31	-55 110 L	14 02:32	-25 140 L	29 02:53	-34 130 L	14 03:40	-38 127 L	29 04:41	-66 99 L
07:25	93 258 H	06:46	117 282 H	08:25	94 258 H	08:51	116 280 H	09:45	113 278 H	10:50	132 297 H
14:13	-88 77 L	13:38	-112 53 L	15:16	-92 73 L	15:38	-116 49 L	16:10	-102 63 L	17:10	-97 68 L
20:28	67 232 H	20:03	87 252 H	21:57	82 246 H	22:16	105 270 H	22:52	117 282 H	23:30	132 297 H
15 02:17	-40 125 L	30 01:55	-46 119 L	15 03:24	-26 138 L	30 03:53	-41 123 L	15 04:27	-51 114 L	30 05:33	-78 87 L
08:18	92 256 H	07:55	115 280 H	09:21	99 264 H	09:59	123 288 H	10:40	127 292 H	11:44	140 304 H
15:05	-93 72 L	14:45	-122 43 L	16:06	-100 65 L	16:38	-119 46 L	16:53	-109 56 L	17:56	-92 73 L
21:34	70 235 H	21:18	89 254 H	22:55	94 259 H	23:16	117 282 H	23:33	130 295 H		
		31 02:58	-41 124 L			31 04:55	-51 114 L				
		09:01	116 281 H			11:03	132 296 H				
		15:48	-130 35 L			17:36	-119 46 L				
		22:35	97 262 H								

潮高：前者以當地當年中等潮位為基準，後者以當年最低低潮位為基準，相當於最大比例尺海圖基準面，單位均為厘米(cm)
 Height: The former is relative to local Annual Mean Water Level and the latter is relative to chart datum. Both are shown in centimeters.
 H:高潮 High tide L:低潮 Low tide ●上弦 1st quarter ○滿月 Full moon ○下弦 3rd quarter ●新月 New Moon

中央氣象局海象測報中心
 Marine Meteorology Center, CWB

附表 19. 澎湖 2012 年 10 至 12 月潮汐表

澎湖潮汐預報表

Forecast Times and Heights of High and Low Waters at Penghu

GMT + 8:00

23°33'42"N 119°34'41"E

民國101年(2012)

十月OCT				十一月NOV				十二月DEC			
潮時 Time	潮高 Height										
1 00:09	137 302 H	16 05:11	-110 55 L	1 00:40	129 294 H	16 00:14	149 313 H	1 00:38	117 281 H	16 00:43	134 299 H
06:17	-88 77 L	11:56	153 318 H	07:00	-112 53 L	06:14	-154 11 L	07:06	-125 40 L	16 06:59	-162 3 L
12:29	143 308 H	17:33	-94 71 L	13:27	129 294 H	13:19	139 304 H	13:41	113 278 H	13:54	118 283 H
18:34	-86 79 L			19:07	-58 107 L	18:31	-63 102 L	19:12	-54 111 L	19:06	-62 103 L
2 00:44	139 304 H	17 00:05	154 319 H	2 01:09	127 292 H	17 00:59	146 311 H	2 01:09	117 282 H	17 01:30	129 294 H
06:53	-95 70 L	05:52	-125 40 L	07:28	-114 51 L	07:03	-153 12 L	07:33	-127 38 L	17 07:46	-154 11 L
13:08	142 307 H	12:44	157 321 H	14:00	125 290 H	14:05	131 296 H	14:12	111 276 H	14:36	113 278 H
19:05	-79 86 L	18:13	-85 80 L	19:37	-55 110 L	19:18	-56 109 L	19:42	-56 109 L	19:52	-64 100 L
3 01:15	139 303 H	18 00:44	157 322 H	3 01:37	125 290 H	18 01:43	139 304 H	3 01:40	117 282 H	18 02:16	120 285 H
07:25	-100 65 L	06:34	-134 31 L	07:55	-114 50 L	07:53	-146 19 L	08:00	-127 38 L	18 08:28	-143 22 L
13:44	138 303 H	13:29	153 318 H	14:32	120 285 H	14:50	121 286 H	14:44	109 274 H	15:17	108 272 H
19:34	-72 93 L	18:54	-74 91 L	20:07	-52 113 L	20:05	-52 113 L	20:13	-58 107 L	20:38	-67 98 L
4 01:44	136 301 H	19 01:23	156 321 H	4 02:05	122 287 H	19 02:28	128 293 H	4 02:14	114 279 H	19 03:01	108 273 H
07:55	-103 62 L	07:18	-137 28 L	08:25	-113 52 L	08:42	-134 31 L	08:29	-124 41 L	19 09:08	-129 36 L
14:19	131 296 H	14:14	144 309 H	15:06	114 278 H	15:37	112 276 H	15:16	106 271 H	16:00	102 267 H
20:04	-65 100 L	19:35	-63 102 L	20:40	-49 116 L	20:55	-49 116 L	20:47	-60 105 L	21:28	-68 97 L
5 02:12	132 296 H	20 02:03	150 315 H	5 02:37	117 282 H	20 03:16	114 279 H	5 02:51	110 275 H	20 03:51	93 258 H
08:26	-103 61 L	08:05	-133 32 L	08:58	-108 56 L	09:32	-119 46 L	09:03	-120 45 L	20 09:51	-111 54 L
14:54	123 288 H	15:01	131 296 H	15:42	107 271 H	16:28	103 268 H	15:51	104 269 H	16:47	97 262 H
20:35	-58 107 L	20:20	-52 113 L	21:17	-45 120 L	21:52	-46 119 L	21:26	-62 103 L	22:28	-68 97 L
6 02:40	127 291 H	21 02:45	140 304 H	6 03:14	110 275 H	21 04:10	98 263 H	6 03:33	103 268 H	21 04:50	77 241 H
08:59	-101 64 L	08:56	-124 41 L	09:37	-101 64 L	10:30	-101 64 L	09:42	-112 52 L	10:44	-90 75 L
15:30	114 279 H	15:52	117 282 H	16:22	100 265 H	17:26	97 262 H	16:31	103 268 H	17:41	92 256 H
21:10	-49 116 L	21:09	-41 123 L	22:01	-40 125 L	23:13	-45 120 L	22:11	-64 101 L	23:59	-69 96 L
7 03:10	120 285 H	22 03:32	125 290 H	7 03:57	101 266 H	22 05:20	83 248 H	7 04:22	95 260 H	22 06:07	64 229 H
09:36	-96 69 L	09:54	-110 55 L	10:21	-92 73 L	11:52	-84 81 L	10:27	-103 62 L	12:09	-70 95 L
16:11	103 268 H	16:51	105 270 H	17:12	95 260 H	18:29	95 260 H	17:18	102 267 H	18:42	88 253 H
21:50	-38 127 L	22:11	-32 133 L	22:56	-38 127 L			23:08	-69 96 L		
8 03:45	111 276 H	23 04:28	108 273 H	8 04:49	91 256 H	23 00:53	-52 113 L	8 05:22	87 251 H	23 01:24	-77 88 L
10:21	-87 78 L	11:14	-95 70 L	11:20	-83 82 L	06:46	77 242 H	11:25	-91 74 L	13:32	-61 226 H
17:01	94 258 H	17:58	98 263 H	18:12	94 259 H	13:17	-73 92 L	18:15	102 267 H	19:42	88 253 H
22:41	-28 137 L	23:56	-29 136 L			19:31	97 262 H				
9 04:28	101 266 H	24 05:45	95 260 H	9 00:13	-41 124 L	24 02:02	-66 99 L	9 00:22	-78 87 L	24 02:26	-88 77 L
11:22	-78 87 L	12:47	-86 79 L	06:01	85 250 H	08:01	81 246 H	06:41	83 248 H	24 08:36	64 229 H
18:06	87 252 H	19:07	98 263 H	12:41	-78 87 L	14:19	-67 98 L	12:46	-82 83 L	14:31	-50 114 L
23:59	-22 143 L			19:17	99 263 H	20:29	102 266 H	19:19	107 271 H	20:37	90 254 H
10 05:27	91 256 H	25 01:24	-38 127 L	10 01:26	-54 111 L	25 03:01	-81 84 L	10 01:37	-95 70 L	25 03:21	-98 67 L
12:43	-74 91 L	07:13	93 258 H	07:26	90 254 H	09:08	88 253 H	08:00	88 253 H	09:44	70 235 H
19:15	88 253 H	13:57	-83 82 L	13:51	-81 84 L	15:12	-62 103 L	14:00	-79 86 L	15:22	-46 119 L
		20:12	104 269 H	20:15	108 273 H	21:22	107 271 H	20:19	114 279 H	21:28	92 257 H
11 01:16	-25 140 L	26 02:28	-52 113 L	11 02:22	-73 91 L	26 03:55	-94 71 L	11 02:37	-116 49 L	26 04:12	-107 58 L
06:52	88 253 H	08:26	100 265 H	08:37	102 267 H	10:13	96 261 H	09:11	97 262 H	10:48	78 243 H
13:48	-77 88 L	14:55	-81 84 L	14:44	-85 80 L	16:01	-57 108 L	14:56	-77 88 L	16:09	-45 120 L
20:16	96 261 H	21:11	112 276 H	21:07	120 285 H	22:10	111 276 H	21:14	122 287 H	22:15	96 261 H
12 02:14	-36 129 L	27 03:27	-67 98 L	12 03:11	-96 69 L	27 04:45	-105 60 L	12 03:30	-137 28 L	27 04:59	-115 50 L
08:09	97 261 H	09:32	110 275 H	09:39	116 281 H	11:11	104 269 H	10:18	106 271 H	11:39	87 252 H
14:41	-85 80 L	15:48	-79 86 L	15:31	-87 77 L	16:48	-54 111 L	15:46	-73 92 L	16:55	-46 119 L
21:10	108 273 H	22:04	120 285 H	21:56	132 296 H	22:54	114 278 H	22:07	129 294 H	22:58	100 265 H
13 03:03	-52 112 L	28 04:22	-82 83 L	13 03:57	-118 47 L	28 05:29	-112 52 L	13 04:22	-153 12 L	28 05:40	-123 42 L
09:12	111 276 H	10:34	120 285 H	10:40	129 294 H	11:57	110 275 H	11:23	115 279 H	12:18	94 259 H
15:27	-93 72 L	16:38	-74 90 L	16:16	-85 80 L	17:30	-52 113 L	16:36	-68 97 L	17:38	-49 115 L
21:59	122 286 H	22:51	126 291 H	22:43	141 306 H	23:32	115 280 H	23:00	134 298 H	23:38	105 270 H
14 03:48	-72 93 L	29 05:12	-94 71 L	14 04:42	-137 28 L	29 06:06	-118 47 L	14 05:13	-162 3 L	29 06:16	-129 36 L
10:10	127 292 H	11:28	127 292 H	11:37	138 303 H	12:36	113 278 H	12:20	120 285 H	12:52	99 264 H
16:10	-98 67 L	17:24	-70 95 L	17:00	-79 86 L	18:08	-51 114 L	17:26	-64 101 L	18:16	-54 111 L
22:44	135 300 H	23:32	130 294 H	23:29	147 312 H			23:52	135 300 H		
15 04:30	-92 73 L	30 05:54	-102 62 L	15 05:27	-149 16 L	30 00:07	116 281 H	15 06:07	-165 0 L	30 00:15	109 274 H
11:05	142 307 H	12:13	132 296 H	12:30	141 306 H	06:37	-122 43 L	13:09	121 286 H	06:48	-134 31 L
16:52	-99 66 L	18:03	-65 100 L	17:45	-71 94 L	13:10	114 279 H	18:17	-61 103 L	13:23	103 267 H
23:25	146 311 H					18:41	-52 113 L			18:49	-60 105 L
		31 00:08	130 295 H							31 00:50	113 278 H
		06:30	-108 57 L							07:16	-137 28 L
		12:52	132 297 H							13:53	105 270 H
		18:37	-60 105 L							19:18	-66 99 L

潮高：前者以當地當年中等潮位為基準，後者以當年最低低潮位為基準，相當於最大比例尺海圖基準面，單位均為厘米(cm)
 Height：The former is relative to local Annual Mean Water Level and the latter is relative to chart datum. Both are shown in centimeters.
 H:高潮 High tide L:低潮 Low tide ●上弦 1st quarter ○滿月 Full moon ●下弦 3rd quarter ●新月 New Moon

中央氣象局海象測報中心
 Marine Meteorology Center, CWB

附錄二 台灣不同紅樹林樹種之育苗方法及管理作業

不同樹種之耐鹽性及生態區域不同，所以苗圃培育技術會有所差異。水筆仔及五梨跤通常不需要在苗圃事先培育，將成熟胎生苗直接栽植在造林地即可。海茄苳在適合之環境亦可用直播造林，以節省苗圃培育之費用；欖李則因果實太小，無法直接播種造林，需事先在苗圃育苗。若造林地點之環境狀況不理想，則各樹種需培育 1 至 2 年生苗木才進行栽植。

(一)果實或胎生苗之採集注意事項

- 1.台灣各地紅樹林目前大多被列為保護對象，採集前最好取得管理單位同意。
- 2.各樹種果實或胎生苗成熟之顛峰期，直接自健壯之母樹採集，其品質較地面收集者為佳，因地面收集者已較為乾燥且多已遭病蟲及菌類危害。
- 3.在早晨將成熟且健康之果實或繁殖體採集後，運送至苗圃時應保持微濕並遮蔭，以避免高溫之危害，然後在傍晚進行育苗工作。

(二)紅樹林苗木之培育

台灣 4 種紅樹林苗木之培育方法如下：

1.水筆仔

- (1).胎生苗特徵：成熟胎生苗長度約 15-20 cm，尖端呈紅褐色，環狀子葉明顯增長，手輕扯容易脫落(照片 225)。
- (2).胎生苗成熟期：竹南中港溪以北地區為 3~4 月；南部則提早至 12 月至翌年 1 月。
- (3).建議採集地點：淡水河河口感潮帶保留區、新竹縣紅毛港紅樹林、苗栗縣中港溪紅樹林。
- (4).育苗方法：採集之胎生苗不需任何處理，以塑膠袋或黑色軟盆等

容器裝入壤土或砂質壤土後，將胎生苗胚根插入土壤內，插入深度約胎生苗長度之 1/3。約 1 星期後，胚軸底部開始長出側根，2 星期後葉片展開，成苗率幾可達 100%。苗床內每日引鹽水淹灌 1-2 次，1 年生之健壯苗木高度約 25-30 公分，而 2 年生苗高約 35-45 cm (照片 226)。



照片 225. 成熟水筆仔胎生苗尖端呈紅褐色



照片 226. 水筆仔 2 年生苗木高約 35-45 cm

2.五梨跤

- (1).胎生苗特徵：成熟胚軸長度約 25-35 cm，呈深褐色且有明顯皮孔，環狀子葉明顯較長，胚根白點明顯，手輕碰觸胚軸即脫落(照片 227-228)。
- (2).胎生苗成熟期：5-7 月。
- (3).建議採集地點：台南縣雙春濱海遊樂區、台南市四鯤鯓紅樹林。
- (4).育苗方法：育苗方式與水筆仔相同，培育 1 年生之健壯苗木高度約 25-30 cm，根系健壯尚未盤根，為相當適合之造林材料(照片 229-231)，而 2 年生苗高約 45-50 cm，根系已經盤根或深入土壤，造林需要斷根而影響成活率(照片 232)。



照片 227. 五月份開始成熟之五梨跤胎生苗



照片 230. 一年生五梨跤苗木根系完整適合栽植造林



照片 228. 成熟五梨跤胎生苗之環狀子葉明顯



照片 231. 台南縣政府七股苗圃培育之健壯五梨跤苗木



照片 229. 一年生五梨跤苗木至少具有 8 片葉片



照片 232. 二年生五梨跤苗木根系若深入土壤則將影響造林成活率

3.海茄苳

- (1).果實特徵：蒴果廣橢圓形，成熟時長寬各約 2 cm，果皮顏色由綠轉為淡黃色(照片 233)。果實內部胚軸呈盾形，基部具有叢生毛及短胚根，屬於隱藏性胎生植物(照片 234)。
- (2).果實成熟期：9-10 月。
- (3).建議採集地點：台南縣以南各縣市沿海地區之潮間帶或排水溝均可採種。

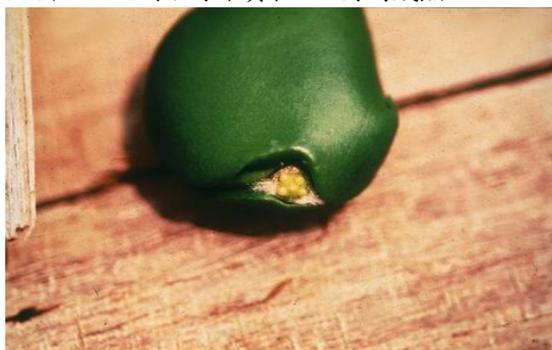
(4).育苗方法：海茄苳之果實可浸泡鹹水至隔夜後以脫去果皮，再將胚軸之短根部分(約種子之 1/3)輕壓埋入容器內土壤中，種子避免埋入土壤太深，以免淹水過多而腐爛。若育苗環境適合，3-5 天後即可長出幼根(照片 235)，成苗率可達 90%。播種後每 3 個月應該定期換床，苗木培育 8 個月後高度約 40-50 cm (照片 236)，可為適合之造林苗木材料。



照片 233. 海茄苳果實在 8-9 月時成熟



照片 235. 海茄苳種子具有快速發芽特性



照片 234. 海茄苳屬於隱藏性胎生植物



照片 236. 八個月生海茄苳苗木約 40-50 cm

4. 欖李

(1).果實特徵：核果具纖維質，寬度為 0.8-1.2 cm，長度為 1.5- 2.0 cm。

果實成熟時由綠色變成黃綠色，碰觸很容易脫落(照片 237)。

(2).果實成熟期：7-8 月。

(3).建議採集地點：台南市四草鹽田及大眾廟之排水溝岸，如位在四草保護區內應先向管理單位申請。

(4).育苗方法：撈取排水溝內自然成熟掉落的果實(照片 238)，以細紗網包裹果實，用手搓揉至外果肉呈糜爛狀後，以清水沖洗去除果

肉。將果實播種在裝有 2 號蛭石的網格塑膠籃中，再輕灑蛭石將果實覆蓋，覆蓋厚度以果實之 1-1.5 倍為原則。將發芽籃置於自動噴霧設施之砂床上，或每日以人工灑水 2-3 次。一般約 1 星期後即開始發芽，發芽率可達 80% 以上(照片 239)。將子葉出土約 2-3 cm 之小苗移植在苗床之軟盆內(照片 240)，每日引水灌溉苗木(照片 241)。在苗圃培養之 1 年生苗木高度約 15-20 cm，2 年生苗高約 30-35 cm，莖部呈現木質化狀態，始為理想之栽植造林材料(照片 242)。



照片 237. 欖李成熟果實呈黃綠色



照片 240. 子葉出土 2-3 cm 後即可移植至軟盆中



照片 238. 可撈起成熟脫落於水面之欖李果實播種



照片 241. 每日引入具鹽分之潮水淹灌可培養健壯欖李苗木



照片 239. 欖李果實約 7-10 天後開始發芽



照片 242. 二年生木質化欖李為適合造林材料

(三)紅樹林苗圃之管理作業

- 1.紅樹林苗木根系以氣根為主，容器苗的根系若已穿越容器底而深入土中，移植或換床則死亡率較高，因此以培育活力最旺盛的1年生苗木出栽為佳，儘量不要浪費人力與經費培育2-3年生苗木。
- 2.欖李苗木初期生長速度快，培育期間可視苗木發育狀況，適時移植至較大容器繼續培育。
- 3.紅樹林苗圃因有鹽水淹灌，除了少數鹽性植物(如鹽定)外，一般較少雜草發生，定期除草即可。
- 4.同紅樹林苗木會有不同之病蟲危害，但台灣並無紅樹林苗圃病蟲害的紀錄與防治方法。根據台南縣七股苗圃之育苗經驗，為害紅樹林苗木者多為蜘蛛類、毛蟲類或介殼蟲類等，均以「賽億寧」乳劑稀釋50倍後噴灑防治。

附錄三 胎生苗群狀栽植造林法

資料來源：

Baba. S. (2011) Close group planting of mangroves on atolls and coral islands of the Pacific. ISME/GLOMIS Electronic Journal 9(4):11-12.

日本沖繩Ryukyus大學的Baba 博士在太平洋的Tonga, Kiribati and Tuvalu島上發展一獨特之育林技術，能在島上的海岸及受保護的潮間帶成功建造紅樹林。這些島嶼的生育地具有鹽霧、降雨少、缺乏淡水，而且無河流及乾季會導致土壤累積高鹽分之嚴苛環境。紅樹林生長在淺的粗的珊瑚砂礫，因缺乏肥力及淡水流入，以致林分結構不良。他利用五梨跤胎生苗進行緊密群狀栽植，第1年成活率高達90%，而3年後成活率達50%。苗高及直徑分別為1.2 m及1.8 cm (照片243)。

五梨跤胎生苗以25 × 25 cm 或50 × 50 cm間距群狀密集栽植(照片244)。胎生苗必須栽植在中水位(mean water level, MWL)及平均高水位(mean high water level, MHWL)間位置，若低於MWL時，苗木因淹沒時間延長、藤壺危害及海草纏繞而無法成活；高於MHWL時，苗木會因白天累積在粗砂礫上之陽光及高溫(> 40°C)而直接灼傷。有效果的是在狹長帶上栽植3-6列，必須避免退潮時地勢較低、排水不良而有停滯水的區域；淺的水坑停滯水在中午溫度可達40°C，類似於溫泉的烹煮影響，而會使栽植苗木死亡。



照片 243. 直插 2-3 年生之五梨跤



照片 244. 間距 50×50 cm 之密集群狀栽植(每群 3 支胎生苗)

密集的群狀栽植藉由競爭可促進苗木間之快速生長，每一群通常至少有 1 株苗木可快速生長(照片 245)。長成之苗木葉片可提供下方土壤表面之遮蔭，改善土壤溫度及減少蒸散，使鹽分累積較少。此外，長成之苗木在 4-5 年後開始開花及結實，產生的胎生苗可在鄰近區域天然更新(照片 246)。



照片 245. 每群至少有 1 株苗木迅速生長



照片 246. 4.5 年之五梨跤開始開花結實

附錄四 紅樹林造林生育地整治技術案例

紅樹林為生長在海岸潮間帶之森林，不可能生長在陸地岸上，也不可能生長在潮下帶海水中，而最適合生長在中潮帶及高潮帶。而紅樹林生態恢復工程的關鍵是宜林地的選擇，必須考慮潮位、浸水時間、潮速、海流速度、土壤及海水鹽度(最適在 0.5-2.5%)和種苗特性(不同種類耐浸水能力)等。通常宜以河口、內灣平緩的泥質灘地為佳，受較強波浪作用的開闊海岸通常較難造林(林鵬，2003)。

紅樹林復育需視復育目的而對專一的生育地進行非常限制(very limited amount) 到最大層級的生育地整治，例如泥灘地甚至不需整地(Erftemeijer and Lewis, 2000)。而升高的土地及養蝦農場則需大量的生態工法，使生育地可以經常性的淹水(Lewis and Marshall, 1997)；有些穩定的生育地一旦移除障礙後，即可自然恢復

案例一、傳統生育地整治技術

資料來源：

林鵬 (2003) 中國紅樹林濕地與生態工程的幾個問題。中國工程科學 5(6):33-38。

對於潮灘面位於平均海平面以下，而又急需進行紅樹林營造的潮灘，可以採取條帶狀填挖的方式來提高灘面水平，以達到紅樹林宜林地要求。造林地內若有雜草、灌木或枯木等廢棄物，要進行適當處理或清除。

案例二、澳洲新南威爾(NSW)紅樹林復育方法

資料來源：

Stewart, M. and Fairfull, S. (2008) Mangroves. Primefacts 746:1-16.

通常紅樹林復育計畫要達到成功地步是漫長的過程，成功與否需視許多環境因子，包括復育地之潮間帶範圍(tidal range)、土壤型(soil type)及海浪能量強度(intensity of wave energy)。紅樹林復育之選擇包括：

(一)自然補充(natural recruitment)

此為最佳且最節省費用的方法，只要簡單圍住紅樹林區域預防牛及其他牲畜，則可以有永續自然補充及恢復的紅樹林森林。

(二)直播(seeding)

直播技術包括 2 種：

1. 直播種子在復育生育地之地表面。
2. 自特殊苗圃培育之苗木栽植或自生育地移植苗木。

而直播方式是最簡單之方法，且其成活率高達 95%。直播最適合的生育地是已存在之退化紅樹林林分，而不適合在海浪及潮汐作用強烈之地區，因種子容易被移走，最適合在受庇護有泥濘土壤之海灘。砂質海灘移動性強，容易將種子移走或掩埋。最適合之生育地是在邊緣至潮間帶地區，更新生育地最適合之海平面 0-0.5 m 之海拔高度，而且有最佳之鄰近種子來源。

選擇適當的位置以木棍或以手指挖洞，將萌芽種子放於 1-2 cm 深之土壤中。若種子完全覆蓋則可能腐爛。為防止漂浮的碎片(例如木頭和死亡海草)拔除種子，種子可排列在向海的緩坡邊緣。

在暴露地區種子通常會被海浪作用自土壤基質沖出，可以用短列栽植及以塑膠或金屬網狀柵欄圍住，直到根系生長及定錨在土壤中。

與海岸線平行建構塑膠網狀柵欄，可明顯減少漂浮碎片壓迫苗木及提高成活率(照片 247-248)。而減低海浪能量法也可是選項之一(如後敘述)。



照片 247. 澳洲新南威爾 Shoalhaven River 以海茄苳為材料之紅樹林復育計畫



照片 248. 紅樹林復育區以塑膠柵欄保護漂浮之碎片危害苗木

(三)移植(transplanting)

1. 移植苗木(transplanting seedling):

移植苗木並非成功之技術，因根系受損所以成活率低。移植苗木往往受風、海浪、船隻及漂浮碎片之傷害，根系被拔出或碰撞後，需要一段時間才可再生長固定。移植方法提供之苗木約 20-40 cm 高，具有 6-10 片葉子，此技術適合在種子容易被沖走之暴露之區域。

有時鄰近林分若在泥濘土壤中有大量小苗，也可以小心挖取避免傷害根系而移植，這些大量的裸根苗仍必須保留根系附著土壤；無論如何，泥巴必須非常柔軟以降低根系傷害，然後利用鏟子將苗木栽植。

2. 盆鉢育苗(growing seedling in pots)

種子可在花盆中繁殖到一定大小後栽植，即以花盆(150 mm)裝入河岸邊的泥土，必須每天澆水 2 次約 2 小時。在苗圃中可用幫浦以 30% 鹽水及 70% 之淡水覆蓋花盆，或放置在潮間帶地區，同時苗木必須用圍籬保護及預防破壞行為(照片 249)。



照片 249. 在潮間帶以盆鉢培育海茄苳，並以塑膠網狀柵欄保護

(四)減低海浪能量(reducing wave energy)

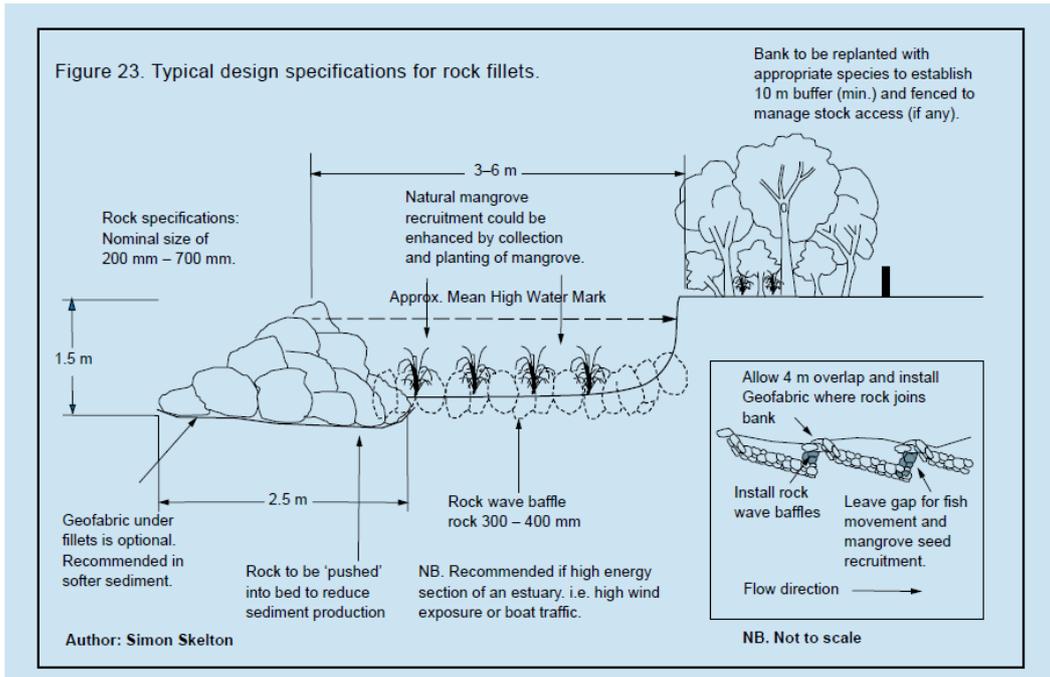
有一些方法可以減低海浪能量，例如石塊帶、木頭及沈澱物圍籬等建築在離沖蝕岸 3-5 m 處。這些建築可以吸收海浪作用及創造一海水仍可進入之區域。此區域會有沈積物堆積及提供紅樹林天然更新之適合生育地。通常能量消滅結構是與河岸平行，因此允許潮汐沖刷、魚群經過及紅樹林苗木自然補充(照片 250-251)。Manning and Hastings 河岸的成功復育案例說明如附圖 1。



照片 250. 澳洲新南威爾 Hastings River 的石頭建築方法



照片 251. 石頭建築後方之天然更新紅樹林苗木，同時保護河岸避免沖蝕



附圖 1. 石頭建築之典型設計規格

案例三、馬來西亞西部海岸紅樹林復育方法

資料來源：

Kamali, B., Hashim, R. and Akib, S. (2010) Efficiency of an integrated habitat stabilisation approach to coastal erosion management. *International Journal of the Physical Sciences* 5(9):401-405.

Hashim, R., Kamali, B., Tamin, N. M. and Zakaria, R. (2010) An integrated approach to coastal rehabilitation: Mangrove restoration in Sungai Haji Dorani, Malaysia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 86:118-124.

Tamin, N. M., Zakaria, R., Hashim, R. and Yin Y. (2011) Establishment of *Avicennia marina* mangroves on accreting coastline at Sungai Haji Dorani, Selangor, Malaysia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 94:334-342.

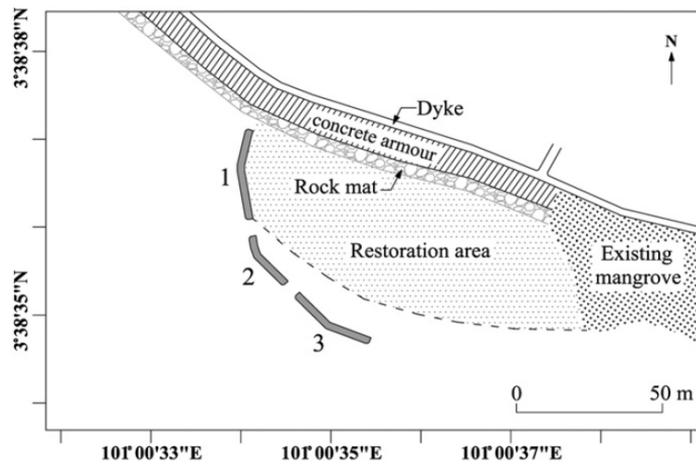
Kamali, B. and Hashim, R. (2011) Mangrove restoration without planting. *Ecological Engineering* 37:387-391.

海岸之任何人工結構均為生育地及相關生物相之環境衝擊，本研究在馬來半島西部海岸設計頂部低之防波堤及栽植紅樹林。結果顯示防波堤會增加沈澱物堆積及增加介質高度，此狀況適合紅樹林之建立，而且平靜的保護區亦有助於暴露海岸之紅樹林復育工作。此方法提供海岸復育適當的狀況，並使海岸生態系自然恢復過程更加容易。

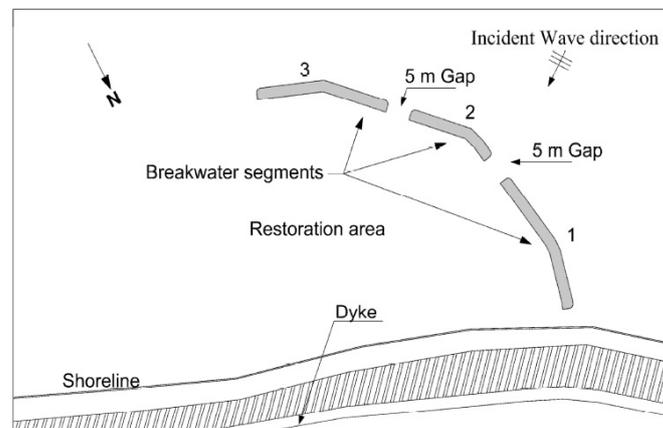
防波堤設計之目的：

- (一)保護海岸避免持續沖蝕。
- (二)保護紅樹林復育試驗區。
- (三)促進保護區沈澱物之堆積。

2008 年 7 月設置片段式低頂防波堤，位置如附圖 2、3。從環境觀點，低頂的防波堤較傳統方法在視覺上及水質上較可被接受。片段式防波堤間留 5 m 孔隙(gap)目的在減低海浪能量繞射(diffraction)進入保護區中。防波堤片段之方位適合增加沈澱物沈積高度，以提供紅樹林正常水文變化。

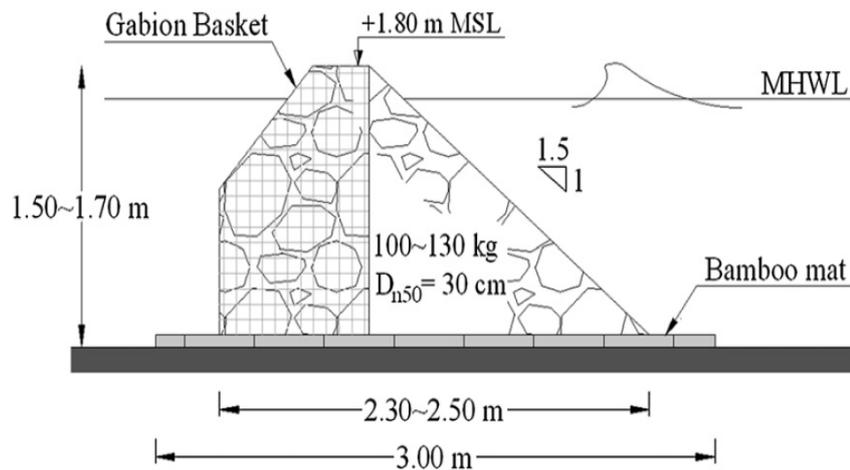


附圖 2. 計畫位置及多功能結構



附圖 3. 由小孔隙分離成 3 個片段組合之防波堤

以粗石築堤結構設置如附圖 4，因生育地為軟質泥土覆蓋，進行結構工程非常困難、成本高且不實際，因此以強韌、質輕及耐用的竹莖為覆蓋基礎。



附圖 4. 防波堤結構剖面圖

許多復育計畫失敗主要原因是沒有先穩定生育地即開始再栽植，而本試驗自 2008 年 6 月至 2010 年 6 月 2 年內，復育區海床高度約增加 1.2 m，此為復育計畫成功之重要因素。

本計畫構築防波堤後，進行紅樹林栽植試驗如下：

1. 建築防波堤後立即從野外挖取之海茄苳苗木(seedlings)，在苗圃培育後栽植，但 8 個月後因復育生育內之藤壺侵害、沈積作用及漁民擾動，成活率僅 30%，而 9 個月後苗木全部死亡。
2. 2009 年 10 月復育區內有數百株海茄苳苗木漂入，至 12 月時約有 300 株先驅苗木存在。此平靜區域(受防波堤保護)及正常水文變化提供適合環境狀況，有利紅樹林生態系天然更新過程之恢復。
3. 傳統之直播方式不適合本計畫。
4. 在纖維捲(coir logs)中事先育苗

纖維捲是可生物分解之椰子纖維製成，外表以聚丙烯網狀物(polypropylene netting)壓縮而成。長度 3 m，直徑 0.3 m。從 4 km 外紅樹林林分中，選擇高度約 30 cm 苗木將其栽植在纖維卷中(照片

252-254)。有研究指出纖維卷栽植方式之苗木生長快 3 倍，1 年後較栽植者為高，而纖維卷在 6 個月後開始分解(照片 255)；但纖維卷需以支柱固定，海浪能量大的地方則需要愈多支柱固定(照片 256)，若波浪能量明顯地區並不適用纖維卷。本計畫將苗木在纖維卷中培育 6 個月後，再栽植在規劃之復育區中(附圖 5)。



照片 252. 纖維捲是由可生物分解之椰子纖維製成



照片 253. 將苗木栽植於纖維卷內



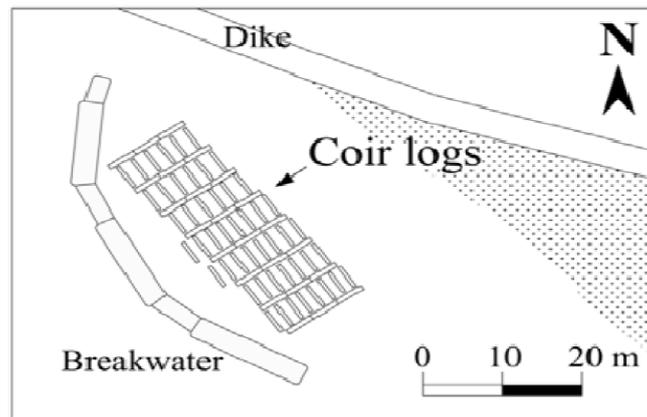
照片 254. 纖維卷應用於河岸沖蝕之防護



照片 255. 纖維捲 6 個月後開始分解



照片 256. 纖維卷需以支柱固定



附圖 5. 復育區防波堤後面放置之纖維捲位置

計畫經費：

1. 預估第 1 年經費為 USD \$ 85,000 元，包括復育訓練、監測、更新死亡稚樹、建築、維護防波堤及其他方面花費。
2. 利用生態工程方法纖維捲栽植紅樹林約 USD \$ 25,000-28,000 ha⁻¹ (包括苗圃培育及現場栽植)。
3. 初期復育(即苗圃設置及移植)及 8 個月監測時間，約 USD \$ 37,150 元。
4. 防波堤花費 USD \$ 42,850 元，包括建築及監測(USD\$ 428 元/m)。
5. 紅樹林復育成本範圍除土地成本外，從 USD \$ 225 至 216,000 元/ha⁻¹ 均有。本計畫為 USD \$ 85,000 元或 142,000 元/ha⁻¹，均在此範圍內。

第三次紅樹林栽植試驗

1. 用 1.1 m 高海茄苳及 *Rhizophora apiculata* 野生苗各 300 株，先在苗圃硬化 3 星期後栽植於試驗地，並監測 5 個月。
2. 海茄苳高度 50 cm 以下且無第二側枝者，視為苗木；高度大於 1m 且無第二側枝，視為稚樹，此為最好的選擇材料。將高約 1-1.3 m 之稚樹挖起放入大型塑膠袋(30 cm 高× 20 cm 直徑)，並加入生育

地土壤。在臨時苗圃培育 3 星期後，運送至復育地。

3. 與 5 cm 高之天然補充野生苗進行比較。

試驗結果：

成活率高達 80-90%，每月高度增加 5 cm，6 個月約增加 30 cm。而自然漂入的野生苗(5 cm 以下)，成活率逐漸降低至 5%。

費用：

不包括防波堤費用為 6,500 元/ha⁻¹，較纖維卷之 USD \$ 25,000-28,000 ha⁻¹ 便宜。

應用：

1. 建築片段式的低矮防波堤以抵抗海浪能量，並以地方性生產的柴枝網及柱材等軟性結構輔助可增加沈積物之截取(照片 257)。
2. 栽植 1-1.3 m 高之稚樹可迅速達到綠化目的，減少藤壺危害根部問題。



照片 257. (a)建築在復育區之片段式混凝土防波堤 (b) 插在復育區內之柴枝
(c) 插在復育區之地方性木樁