

澎湖青螺灣復育紅樹林之生長適應性研究

文、圖 ■ 范貴珠 ■ 國立屏東科技大學森林系副教授（通訊作者）

陳高樑 ■ 澎湖縣政府農業局林務課課長

葉慶龍 ■ 國立屏東科技大學森林系副教授

陳喬增 ■ 澎湖縣政府農業局林務課退休技工

一、前言

范貴珠與葉慶龍（2002）綜合世界紅樹林復育學者觀點，認為紅樹林生態系需復育的主要理由包括：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。由於澎湖四面環海，近年海岸防風林栽植已頗有成效，但海岸前線仍無適當樹種栽植成林。紅樹林因特殊的形態特性，不僅可以攔截泥沙及擴大灘地，也可以保護海灣不受颶風大浪直接侵襲，有極佳的保安護岸功能，可保護海堤免於沖蝕損害的功能，因此嘗試在澎湖青螺灣進行紅樹林復育栽植試驗。

根據陳明義（1982）及澎湖縣政府陳喬增先生口述，澎湖青螺地區在1958年時，由農委會補助栽植海茄苳林分，成林後樹高可達2-3 m。1960-1970年代有業者承租魚塢計50公頃，為當時澎湖最大的魚塢。原本茂密成林之海茄苳紅樹林除遭砍伐破壞外，且一併移走富含有機質之底土，因此本區域之土壤狀況並不佳，除了缺乏養分及通氣性差外，並形成硬盤或黏重之土壤。1980-1990年代魚塢堤防導致豐富生物相繼遭破壞，灣內海水也受養殖場污染而混濁。後因魚塢養殖

魚類產生病變，使業者紛紛棄置魚塢，只留下溼地水泥景觀。本校與澎湖縣政府林務課自1994年起，即嘗試栽植海茄苳（*Avicennia marina*）、五梨跤（*Rhizophora stylosa*）、欖李（*Lumnitzera racemosa*）及水筆仔（*Kandelia candel*）等4種紅樹林，期能營造樹種歧異度大之紅樹林生態系，以能達澎湖海岸保育及環境教育之目的。本區為台灣近年來最早開始進行之紅樹林復育研究，栽植至今已有12年時間，因此本文將青螺灣之復育經驗呈現供為各界之參考。

二、材料及方法

（一）澎湖地區氣象資料之收集

根據中央氣象局網站資料，收集澎湖地區1998年1月至2005年12月之氣象相關資料。包括每月平均氣溫、最高氣溫、最低氣溫、降雨量、降水日數、最大風速及相對濕度等資料。

（二）青螺地區土壤及水質因子之測定

本研究初期曾於1993年時栽植3-4年生海茄苳稚樹，惟當年之成活率僅有10%。1994年時則將整個青螺地區依土壤鬆軟、貧



(圖片 / 高遠文化)

瘠及淹水程度分為5大樣區 (圖1)，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。

另外設定10個水質測定樣點，以德製攜帶式水質分析儀 (MulitLine P3 PH / LF)，測定水樣之pH、溫度、鹽度、電導度及電位差變化，每個水質測點重複3次求其平均。

(三) 青螺灣之紅樹林復育栽植試驗

青螺灣地區面積雖小，但各小區之土壤狀況相當複雜，因此自1994年起，在設置的5個樣區中逐年栽植不同紅樹林樹種，栽植時間至2000年止 (圖1)；各樣區之土壤狀況、紅樹林苗木之栽植時間及方式如表1所示。

1. 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荖果實混合後，直播於青螺灣地區的第1至第4樣區。

2. 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樣區之土壤中。

3. 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，栽植於青螺灣靠近岸邊第2至第4樣區的沙地上。欖李栽植距離為50×50 cm，共計栽植5行，栽植總數為1,500株。

4. 1994年9月與2000年6月

1994年直插415支不同成熟度之五梨跖胎生苗，在第1年之成活率及生長情形均非常

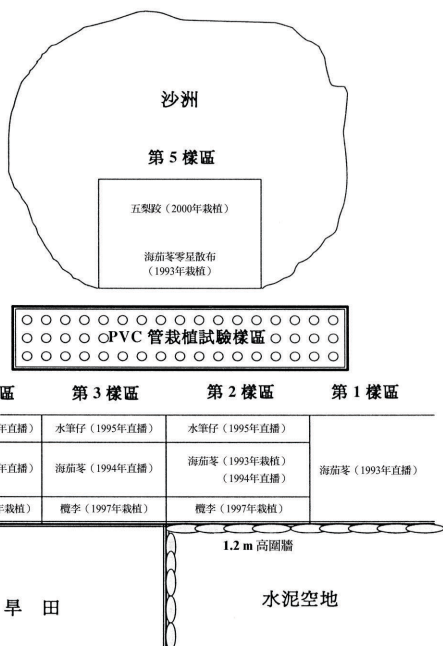


圖1 1994至2000年青螺灣地區紅樹林栽植樣區示意圖。

表1 青螺各樣區土壤狀況、紅樹林苗木之栽植時間及方式

樣區	土壤狀況			樹種	栽種時間	栽種方式
	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
第2樣區	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年生苗木栽植
	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	3-4年生苗木栽植
				海茄苳	1994年9月	直播
水筆仔	1995年3月	胎生苗直插				
第3樣區	靠旱田岸邊(帶寬2-2.5 m)： 鬆軟之砂質土、腐植質少、無圍牆保護	8.3	9.3	欖李	1997年6月	2年生苗木栽植
	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	胎生苗直插
第4樣區	靠旱田岸邊(帶寬2 m)： 鬆軟之砂質土、腐植質少、無圍牆保護	8.1	25.6	欖李	1997年6月	2年生苗木栽植
	淹水處(帶寬約5 m)： 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	胎生苗直插
第5樣區	黏質壤土、腐植質中等	7.9	11.2	海茄苳	1993年	3至4年生苗木栽植
				五梨跤	2000年6月	胎生苗直插

良好(范貴珠等, 1995); 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月自台南市鯤身路採集600株五梨跤胎生苗, 栽植在第5樣區栽植, 擬再次探討五梨跤是否能適應青螺濕地的環境。

(四) 紅樹林PVC管栽植試驗

在青螺灣試區中間淹水深處進行PVC管栽植試驗(圖1), 由於台灣4種紅樹林之胎生

苗及果實成熟時間不一, 因此2000年6月進行栽植試驗時, 各樹種之栽植材料及苗齡並不相同; 其中海茄苳為澎湖菜園苗圃所培育之10個月生苗木, 水筆仔為6個月生苗木、五梨跤則為5月底在台南市所採集之成熟胎生苗。另外, 欖李果實在6-7月成熟, 因此尚未育出適當之出栽苗木, 僅能以苗圃所培育之3年生苗木為材料。各苗木栽植前之基本資料如表2所示。



表2 2000年6月以PVC管栽種紅樹林苗木之基本資料

樹種	栽植材料 (苗齡)	苗高 (cm)	乾重 (g)
海茄苳	軟盆苗 (苗齡10個月)	27.1	0.9
水筆仔	軟盆苗 (苗齡6個月)	31.8	3.2
五梨跤	即採之成熟胎生苗	25.7	7.9
欖李	軟盆苗 (苗齡3年)	42.8	8.9

以直徑4吋之PVC管為材料，先鑽出數個0.3 cm直徑小孔，以利漲退潮時排出管內水分。依照離岸邊遠近及淹水程度，插入PVC管露出水面之高度分別為20、70及100 cm，另加一直接栽植於平坦沙洲土壤者為對照處理，共計4種處理；每種處理重複4次，總共16個小試區。每一小試區直接挖取附近表層泥濘土壤填入管中，所有樹種各栽植10株；栽植行株距為1×1 m，以完全逢機區集方式排列，試驗苗木總計640株。

(五) 栽植紅樹林之生長調查

1. 2000年9月

各樣區中每種樹種取樣15株苗木（5株×3重複），調查成活率、樹高及地際直徑，同時調查PVC管各種栽植苗木成活率及生長狀況。

2. 2006年5月

由於栽植後缺乏長期經費繼續監測調查，因此經過12年後，許多苗木已陸續死亡，無法計算成活率，僅能在各區取6株稚樹，測定其樹高及地際直徑平均之。

三、結果與討論

(一) 青螺之氣象資料及水質變化

1. 氣象資料

根據中央氣象局之網站資料顯示（表3），澎湖1998年至2005年之平均溫度為23.7°C，最高溫度在29.8 - 31.2°C，最低溫度在17.8 - 20.0°C。澎湖地區地處亞熱帶季風區，雨量本應相當豐富。然因地形平坦，且無高山峻嶺屏障，地形雨無由發生。又因夏季海水吸熱，地表涼爽，熱雷雨亦不易形成，因此本地區之雨量主要全賴颱風過境時所帶來的氣旋雨。每年平均降雨量僅約1181.1 mm，尚不及台灣年平均雨量之半。至於全年降雨集中在6至8月，分佈相當不均勻。由於降雨量小於蒸發量，致使澎湖氣候乾燥。澎湖四面環海，因受強烈季風長時間吹襲，10月至11月間平均風速達6.7 ms⁻¹，最大風速可高達9.7 - 12.3 ms⁻¹。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。年日照時數在147.4 - 188.3小時之間。

薛美莉（1995）調查全台灣紅樹林生育

表3 澎湖1998年至2005年之氣象資料

年	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)	最大風速 (ms ⁻¹)
1998	24.6	30.9	20.0	1258.4	8.0	157.3	10.7
1999	23.8	30.0	18.5	1054.6	7.5	154.9	10.7
2000	23.2	29.9	18.2	1144.0	7.1	147.4	11.1
2001	23.9	30.8	19.0	1459.7	7.3	168.5	12.3
2002	24.1	31.2	19.4	940.6	4.9	187.1	9.7
2003	23.6	30.0	18.9	786.1	5.1	188.3	10.3
2004	23.3	29.8	17.8	1215.6	5.4	188.1	9.7
2005	23.2	30.4	18.0	1589.5	6.8	167.1	12.2
平均	23.7	30.4	18.7	1181.1	6.5	169.8	10.8

資料來源：中央氣象局<http://www.cwb.gov.tw/index-f.htm>。

地氣象資料顯示，最北之淡水地區年平均溫度為22.1°C，愈往南部氣溫隨之增加，而最南端之屏東氣溫則為25.8°C。由此可知澎湖氣溫與台灣地區相較，亦屬於適合紅樹林生長之範圍內。淡水地區年雨量最高，可達2,337 mm，屏東可達1,923 mm。澎湖地區降雨量雖較少，但因紅樹林生育地不缺水分，因此降雨量對紅樹林苗木生長之影響較低。

2. 水質變化

青螺濕地退潮時，10個樣點之水質pH值在7.9 - 8.3間（表4），顯示呈微鹼性；而鹽度為26.5 - 33.8 ‰，接近於海水鹽分濃度；平均導電度則為48.7 μs cm⁻¹。中午時水溫均在30°C以上，樣點6之最高水溫可達35.6°C。根據薛美莉（1995）調查台灣4種紅樹林之主要生育地，整個西部海岸紅樹林生育地之水質鹽度範圍，約為0.02至4.40%。

表4 青螺試區之水質分析

測定樣點	pH	鹽度 (‰)	導電度 (μs cm ⁻¹)	溫度 (°C)
1	8.3	33.3	50.3	30.9
2	8.3	34.1	50.8	31.1
3	8.2	32.4	50.2	34.8
4	8.1	33.8	50.2	33.8
5	8.1	33.8	51.3	34.8
6	7.9	39.0	57.8	35.6
7	7.9	33.1	54.0	34.6
8	8.0	22.3	34.4	34.7
9	8.1	29.2	45.3	33.6
10	8.0	26.5	42.9	30.9
平均	8.1	31.5	48.7	33.8

台灣的海茄苳、水筆仔、欖李及五梨跤等4種紅樹林，在0.8 - 1.5%鹽度環境生長最佳，鹽度3.0%以上的生育地雖可成活，但生長明



顯較低矮（范貴珠，2006）。由此可知青螺地區水質之pH及鹽度，雖較台灣紅樹林生育地稍高，但亦在各樹種可生長範圍之內。

（二）不同紅樹林苗木之生長適應性

由於不同樹種之栽植時間不同，無法精確比較各紅樹林苗木之生長差異性，僅針對每一樹種在不同樣區之生長情況分述如下：

1. 海茄苳

（1）2000年9月調查之生長量

1993年以3 - 4年生海茄苳稚樹所栽植者，成活率僅約10%，大部份集中在第2及第5樣區；2000年9月調查時，第2樣區栽植之稚樹高度僅83.7 cm，地徑僅48.4 mm；第5樣區殘存10餘株，樹高為67.6 cm，地徑為38.9 mm。2樣區之苗高與地徑與栽植時相較，並未明顯增加（圖2）。

而1994年以直播果實方式造林者，初期之成苗率即可達90%，1年後之平均苗高為25 cm，生長最佳者甚至可達50 cm；2000年9月調查經6年時間生長後，由於第2樣區靠圍牆處之土壤狀況最佳，苗高已可達75.1 cm，地徑為35.9 mm（圖2）。然此種生長量與他處相較仍有很大之差異性，例如台南市健康路水道因鹽度較低，土質鬆軟且富含養分，亦無冬季季風夾帶鹽霧危害，因此海茄苳天然更新苗木在1年半後，苗高可達到75.4 cm，地徑則明顯增加至24.1 mm（葉慶龍等，2000）。

第3、4樣區因無圍牆保護，土質黏重且呈硬化狀態，土壤腐植質含量少，因此生長量逐漸降低；第1樣區雖有圍牆保護，但由於

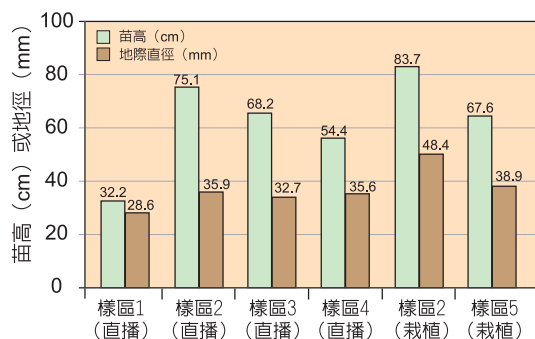


圖2 海茄苳在不同樣區之苗高及地際直徑。



▲照片1 第1樣區之海茄苳苗木為全區生長最差者。

地勢較高，只有大潮前後幾天，潮水才能淹過此區域；小潮期間因蒸發作用旺盛，導致致表土常有鹽分結晶累積，經年累月造成土壤極為堅硬貧瘠，因此海茄苳苗木為全區生長最差者；此區域海茄苳直播苗木經6年時間生長，平均苗高僅32.2 cm，地徑為28.6 mm（圖2）（照片1）。

（2）2006年5月調查之生長量

栽植12年後，第1樣區土壤仍為黏質且貧瘠之硬盤；而1994年直播之海茄苳高度已達65.6 cm，地徑為44.0 mm。此區以3 - 4年生大苗栽植造林者，平均樹高明顯增加至140.1 cm，地徑增加為103.0 mm。此樣區已



▲照片2 海茄苳已成為青螺濕地之主要優勢樹種。

可見一些海茄苳之天然更新苗，平均高度為32.7 cm，地際直徑為29.0 mm。

第2樣區直播海茄苳苗木經過12年後，平均高度反而略降為71.2 cm，但地徑則增為55.0 mm。此外，3 - 4年生大苗栽植造林者，平均樹高則因病蟲危害或是靠近人為賞鳥區，有許多垃圾丟棄此區，因此高度反而降低至71.2 cm，地徑則略增為55.0 mm。第3樣區的土質中肥分雖未見增加，而且無圍牆保護，但直播海茄苳高度已增至166.7 cm，地徑增加至86.0 mm。第4樣區直播之海茄苳，無論高生長或是地徑生長亦有所增加，只是增加幅度較小。雖然生長不如台灣西海岸者，但海茄苳已成為青螺濕地之主要優勢種（照片2）。

2. 欖李

(1) 2000年9月調查之生長量

1997年在第2、3及4樣區較靠岸邊處，栽植之欖李苗木生長有相當大差異（圖3）。第2樣區之欖李因有圍牆保護且土壤狀況最好，因此5行苗木均成活且生長最佳；尤其緊鄰圍牆旁之苗高達117.7 cm，地徑達

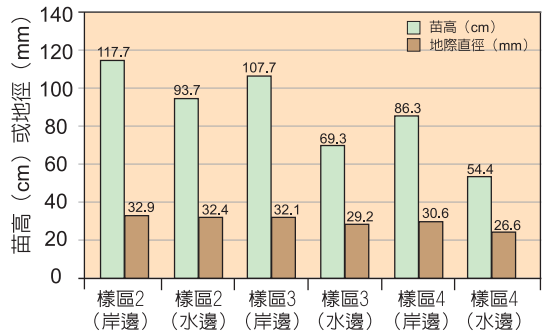


圖3 欖李在不同樣區之苗高及地際直徑。



▲照片3 1997年栽植在靠岸處之欖李初期生長良好。

32.9 mm。第3、第4樣區淹水較深處栽植有2行苗木，則因不耐長期浸水而死亡。第4樣區則因位於空曠地，需長期忍受冬季之鹽霧，因此苗木生長較差；惟靠岸邊者苗高亦可達86.3 cm，地徑可達30.6 mm，而栽植1年後各區均有開花結實現象（照片3）。

(2) 2006年5月調查之生長量

欖李苗木栽植9年後，第2樣區靠岸之苗木因有圍牆保護，樹高已增加至184.3 cm，地徑則增加至91.0 mm。第3樣區靠岸之稚樹樹高僅增加至123.3 cm，地徑則增加至74.0 mm。第4樣區岸邊之稚樹由於無圍牆保護，雖為砂質壤土但腐植質並未增加，因此



樹高及地徑增加量僅分別為113.3 cm及55.0 mm (照片4)。

綜合栽植多年結果可知，青螺濕地之欖李栽植在靠岸邊者，苗高及地徑生長會較靠水邊者為佳；欖李在台南市安平港健康路水道栽植2年後，苗高生長可達161.0 cm，地徑達62.5 mm (葉慶龍等，2000)；本樹種在淹水區則不易繼續增高，有些生育地鹽分過高，欖李苗木甚至會死亡 (范貴珠等，2004)。台南市鯤身路3號橋與龍崗社區栽植之欖李苗木，因生育地土壤及水質適合，苗木高生長及地徑生長均可分別達186.0 cm及72.0 mm (范貴珠，未發表資料)。

3. 水筆仔

(1) 2000年9月調查之生長量

1995年在第2及第3樣區共栽植2,300支胎生苗，初期成活率高達90%，而且前3年之生長狀況極佳，但苗木在第4年後即開始陸續死亡。至2000年9月調查時僅剩250株，主要分布在2個樣區靠近低潮線處。第2樣區因有圍牆及欖李及海茄苳保護，因此水筆仔苗高為75.3 cm，地徑為33.9 mm，生長情形較第3樣區者稍佳 (圖4)。

(2) 2006年5月調查之生長量

直插之水筆仔胎生苗經11年後，第2樣區之稚樹高度為96.0 cm，地徑為58.0 mm。第3樣區之稚樹高度則為116.9 cm，地徑為52.0 mm，2樣區水筆仔合計成活183株 (照片5)。水筆仔之葉部及莖部不具有鹽腺及其他泌鹽結構，主要是靠脫落老葉方式來排除過量鹽分 (黃元勳，1983；Tomlinson，

1994)。雖較其他紅樹林能耐冬季低溫，但苗木最適合生長之鹽度僅約0.5%，高鹽分環境會抑制生長 (Hwang and Chen, 1995)。Wakushima等 (1994) 亦指出日本各地區之



▲照片4 有圍牆保護之欖李稚樹生長相當健壯。

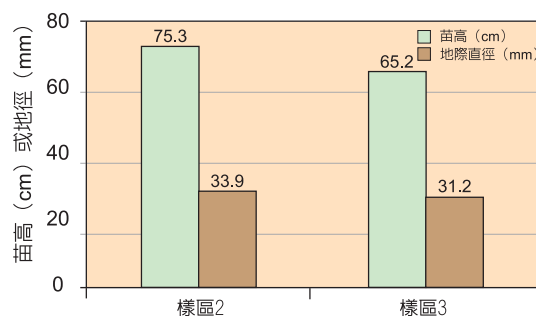


圖4 水筆仔在不同樣區之苗高及地際直徑。



▲照片5 水筆仔在青螺濕地未來可能呈現苟延殘喘之生長狀態。

水筆仔較適合生長在1.5%低鹽度土壤中，較海茄苳屬、紅茄苳屬及海桑屬紅樹林不耐高鹽度環境。黃元勳與許銘志（1995）之研究指出竹圍矮生帶水筆仔生長較差，主要是因表土鹽度受蒸發作用影響，鹽度可高達40 ppt，表土鹽度過高與變化不定，可能為限制矮生紅樹林生長之原因，澎湖青螺灣之水筆仔生長狀況亦有相似結果。

4. 五梨跤

(1) 2000年9月調查之生長量

1994年於第4樣區水邊直插415支五梨跤胎生苗，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。此區五梨跤栽植6年後，僅在海茄苳旁邊殘存48株苗木，調查稚樹高度為92.3 cm，地徑為27.1 mm（圖5）。殘存苗木僅有5 - 6支之支持根伸入土壤中，支持根細小而堅硬，接觸地面處呈膨大狀態，與一般台灣鬆軟泥濘土壤栽植者形態差異很大（照片6）。推測主要係因此樣區之土壤為砂質黏土，形成硬盤且缺乏空氣及養分，因此五梨跤苗木生長不佳，在第3年若仍無法順利長出支持根，則會逐漸死亡。

2000年6月再次於第5樣區栽植600株五梨跤胎生苗，此區為每月大潮前後數日，退潮後可露出之平坦沙洲，無論是土壤質地或肥沃度均較第4樣區為佳；直插3個月後調查胎生苗成活率為96%，苗高已達28.5 cm，地徑為10.1 mm（圖5）（照片7）。

(2) 2006年5月調查之生長量

第4樣區水邊殘存之五梨跤稚樹栽植12

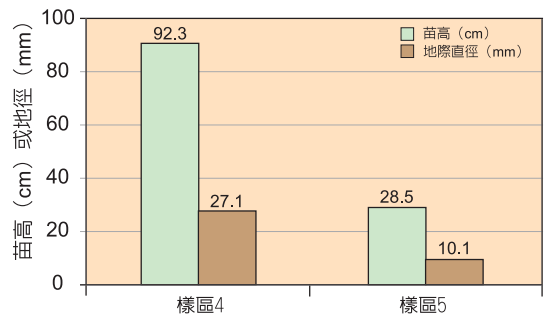


圖5 五梨跤在不同樣區之苗高及地際直徑。



▲照片6 第4樣區直插之五梨跤支持根接觸地面處呈膨大狀態。



▲照片7 青螺濕地中央沙洲直插之五梨跤初期成活率高達96%。

年後，在海茄苳旁邊殘存33株成樹，高度為177.8 cm，地徑為35.0 mm（照片8）。本次調查可見每株母樹之支持根數雖較前次調查增加，但支持根前端仍呈現膨大現象，無法



▲照片8 殘存之五梨跤稚樹栽植12年後林下有天然更新苗生長。

深入土壤中。每株稚樹上約有20支以上胎生苗產生，林下則有5-8株天然更新苗。

第5樣區直插之五梨跤胎生苗，經過6年後之成活率已降至46.5%，僅剩279株，苗木平均高度為76.5 cm，地徑為25.0 mm；台灣之五梨跤主要分佈在安平地區，水質鹽度為31.3‰(薛美莉，1995)。在奈及利亞東南部之紅茄苳屬紅樹林，土壤鹽度範圍大約在1.4至5.9‰間，而且樹種之形質生長與土壤鹽度呈明顯負相關(Ukpong, 1991)。在日本之紅茄苳屬大多生長在3.2-3.5‰之高鹽度土壤中(Wakushima *et al.*, 1994)，因此水質或土壤鹽度並非此樣區五梨跤生長受限之原

因。本區位於濕地中央且無圍牆保護，每年強勁冬季季風吹襲應為成活苗木逐年死亡主要原因之一(照片9)。台南市健康路水道在開闊地、陽光充足及土壤硬度適中地區，3年半生之五梨跤苗高生長可達170.3 cm，地徑為40.1 mm(葉慶龍等，2000)。至於全光環境下直插五梨跤胎生苗經4.5及2.5年生後，生物量甚至較遮蔭處者高5-8倍(范貴珠等，2003)。由此推測在青螺灣環境如此惡劣之復育區，五梨跤若缺乏耐鹽性強之海茄苳保護，其生長及天然更新機率將降低。

(三) 紅樹林PVC管栽植試驗

2000年6月進行之PVC管試驗在當年9月調查時，各樹種之成活率及苗高已呈現顯著差異(表5)。其中直接栽植於土壤之對照組及栽植於20 cm PVC管高度之苗木，每日淹水時間較長，因此欖李、海茄苳及水筆仔等苗木，栽植3個月後苗木均死亡。此3樹種栽植在70 cm高度PVC管者，成活率仍能維持79.2-87.8%，且與100 cm PVC管高度者並無顯著差異(照片10)。惟3樹種之苗高均較栽植時降低，一方面係因各樹種之根系特

表5 紅樹林苗木在不同高度PVC管栽植3個月後之成活率及苗高

樹種	欖李		海茄苳		水筆仔		五梨跤	
	成活率 (%)	苗高 (cm)	成活率 (%)	苗高 (cm)	成活率 (%)	苗高 (cm)	成活率 (%)	苗高 (cm)
100 cm PVC	78.5 ^a	26.9 ^a	85.4 ^a	17.3 ^a	85.4 ^a	18.3 ^a	95.8 ^a	33.8 ^a
70 cm PVC	79.2 ^a	26.3 ^a	87.8 ^a	17.5 ^a	84.9 ^a	18.6 ^a	92.1 ^a	32.9 ^a
20 cm PVC	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	91.5 ^a	35.0 ^a
對照組	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	93.8 ^a	39.0 ^a

註：英文字母為鄧肯氏多變域分析結果，同一直行不同字母表示差異顯著 $p < 0.05$ 。



▲照片9 沙洲直插之五梨跤經過6年後成活率已降至46.5%。



▲照片10 栽植於20 cm PVC管之欖李等種苗木3個月後均死亡。

性較不耐長期淹水環境，而且當年8月23日之強度碧利斯颱風侵襲（近中心最大風速為 53.0 ms^{-1} ），造成苗木死亡或頂端受損。

五梨跤胎生苗在不同高度的PVC管或直接栽植於土壤者，成活率均高達90%以上（表5）；栽植時苗高為25.7 cm，3個月生長可增加至32.0 cm以上，為唯一生長增加之樹種（照片11）。Kent and Lin（1999）在佛羅里達海岸以直徑為1.5吋（3.8 cm）PVC管及竹筒栽植大紅樹（*Rhizophora mangle*）胎生苗，8個月後以full-length PVC管之成



▲照片11 五梨跤為唯一用PVC管栽植初期生長量會增加之樹種。

活率最高，苗木以half-length PVC管及竹筒栽植者則全部死亡。本校在台南市健康路保護區以直徑為4吋50 cm 高之PVC管栽植五梨跤，健壯苗木在第1年即可從PVC管長出支持根；若土壤及環境適合且無太大的人為干擾，至第7年時五梨跤稚樹高度約400 cm，茂盛支持根已將PVC管包住而未影響觀瞻（范貴珠等，2004）。青螺地區應屬環境過於惡劣之處，因此已成活五梨跤苗木生長逐漸停滯，過冬以後苗木陸續死亡，顯示澎湖以PVC管栽植紅樹林之可行性較小。

五、結論與建議

澎湖青螺灣濕地之環境極為惡劣，復育栽植經過12年後，4種紅樹林中以最耐鹽之海茄苳仍持續生長，而且天然更新苗已逐漸增多，預測假以時日應可恢復當年盛況。欖李為開花美麗之海岸綠化植物，在靠近陸地、無淹水且有保護處，仍為適合欖李生長之生育地。至於水筆仔若無海茄苳之保護，可能會因鹽分濃度過高及鹽霧危害而逐漸死亡。



▲照片12 青螺濕地已成為澎湖自然生態解說及賞鳥的教育公園。

殘存之五梨跤稚樹已有胎生苗長出，林下亦有天然更新苗生長，期待此珍貴樹種能在青螺濕地順利生長更新。此外，本研究採用之PVC管並非適用於本區紅樹林栽植之容器。青螺濕地4種紅樹林與台灣南部復育者生長雖

有差異，但目前已成為澎湖自然生態解說及賞鳥的教育公園（照片12），多年來參與人員之艱辛已頗感欣慰。

紅樹林原本就屬於生長快速之陽性先驅樹種，因此只要秉持適地適木原則即可順利復育或栽植成林。惟國內相關單位或學者常有主張借鏡國外經驗，期能克服惡劣環境而栽植成功者。筆者等以實際在青螺灣復育紅樹林12年之經驗建議，若生育地原本就不適合紅樹林生長，苗木即使“成活”了，若無法呈現健壯生長，而屬於“苟延殘喘”狀態，實不值得花費大量經費栽植紅樹林。🌱

參考文獻（請逕洽作者）



（圖片 / 高澤文化）