

表 11. 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		潮時 Time	潮高 Height		潮時 Time	潮高 Height	
1 00:09 137 302 H	06:17 -88 77 L		1 00:40 129 294 H	07:00 -112 53 L		1 00:38 117 281 H	07:06 -125 40 L	16 00:43 134 299 H
12:29 143 308 H	18:34 -86 79 L		13:27 129 294 H	19:07 -58 107 L		13:19 139 304 H	19:12 -54 111 L	16 06:59 -162 3 L
2 00:44 139 304 H	06:53 -95 70 L		2 01:09 127 292 H	07:28 -114 51 L		2 00:59 146 311 H	07:03 -127 38 L	16 13:54 118 283 H
13:08 142 307 H	19:05 -79 86 L		14:00 125 290 H	19:37 -55 110 L		14:05 131 296 H	19:18 -56 109 L	16 19:06 -62 103 L
3 01:15 139 303 H	07:25 -100 65 L		3 01:37 125 290 H	07:55 -114 50 L		3 01:43 139 304 H	07:33 -127 38 L	17 01:30 129 294 H
13:44 138 303 H	19:34 -72 93 L		14:32 120 285 H	20:07 -52 113 L		14:50 121 296 H	19:42 -56 109 L	17 07:46 -154 11 L
4 01:44 136 301 H	07:55 -103 62 L		4 02:06 122 287 H	08:25 -113 52 L		4 02:28 128 293 H	08:00 -127 38 L	17 14:36 113 278 H
14:19 131 296 H	20:04 -65 100 L		15:06 114 278 H	20:40 -49 116 L		15:37 112 276 H	20:05 -52 113 L	17 19:52 -64 100 L
5 02:12 132 296 H	08:26 -103 61 L		5 02:37 117 282 H	08:58 -108 56 L		5 03:16 114 279 H	08:28 -127 38 L	18 02:16 120 285 H
14:54 123 288 H	20:35 -58 107 L		15:42 107 271 H	21:17 -45 120 L		16:20 103 268 H	21:52 -46 119 L	18 08:28 -143 22 L
6 02:40 127 291 H	08:59 -101 64 H		6 03:14 110 275 H	09:37 -101 64 L		6 04:10 98 263 H	09:42 -112 52 L	18 15:17 108 272 H
15:30 114 279 H	21:10 -49 116 L		09:37 100 265 H	22:01 -40 125 L		10:30 -101 64 L	22:11 -46 120 L	18 20:38 -67 98 L
7 03:10 120 285 H	09:36 -96 69 L		7 03:57 101 266 H	10:21 -92 73 L		7 05:20 83 248 H	11:52 -84 81 L	19 03:01 108 273 H
16:11 103 268 H	21:50 -38 127 L		17:12 95 260 H	22:56 -38 127 L		18:29 95 260 H	23:08 -49 96 L	19 09:08 -129 36 L
8 03:45 111 276 H	10:21 -87 78 L		8 04:49 91 256 H	11:20 -83 82 L		8 06:46 77 242 H	13:17 -73 92 L	19 16:00 102 267 H
17:01 94 258 H	22:41 -28 137 L		18:12 94 259 H			13:17 -73 92 L	19:31 97 262 H	19 21:28 -68 97 L
9 04:28 101 266 H	11:22 -78 87 L		9 05:45 85 260 H	12:47 -86 79 L		9 06:01 81 246 H	14:19 -67 98 L	20 03:51 93 258 H
18:06 87 252 H	23:59 -22 143 L		19:07 98 263 H			14:19 -67 98 L	20:29 102 266 H	20 09:51 -111 54 L
10 05:27 91 256 H	12:43 -74 91 L		10 01:26 -54 111 L	07:26 90 254 H		10 03:01 -81 84 L	15:12 -62 103 L	20 16:47 97 262 H
19:15 88 253 H			13:57 -83 82 L	20:15 108 273 H		15:12 -62 103 L	21:22 107 271 H	20 21:26 -62 103 L
11 01:16 -25 140 L	06:52 88 253 H		11 02:22 -73 91 L	08:37 102 267 H		11 03:55 -94 71 L	16:01 -57 108 L	21 03:51 93 258 H
13:48 -77 88 L	20:16 96 261 H		14:44 -85 80 L	21:07 120 285 H		16:01 -57 108 L	22:10 111 276 H	21 09:51 -111 54 L
12 02:14 -36 129 L	08:09 97 261 H		12 03:11 -96 69 L	09:39 116 281 H		12 04:45 -105 60 L	17:30 -52 113 L	21 17:41 92 256 H
14:41 -85 80 L	21:10 108 273 H		15:31 -87 77 L	21:56 132 296 H		17:30 -52 113 L	23:32 115 280 H	21 23:59 -69 96 L
13 03:03 -52 112 L	09:12 111 276 H		13 03:57 -118 47 L	10:40 129 294 H		13 05:29 -112 52 L	18:08 -51 114 L	22 03:21 -98 67 L
15:27 -93 72 L	21:59 122 286 H		16:16 -85 80 L	22:43 141 306 H		18:08 -51 114 L	19:31 97 262 H	22 09:44 70 255 H
14 03:48 -72 93 L	10:10 127 292 H		14 04:42 -137 28 L	11:37 138 303 H		14 06:06 -118 47 L	20:07 116 281 H	22 15:22 -46 119 L
16:10 -98 67 L	22:44 135 300 H		17:00 -79 86 L	23:29 147 312 H		20:07 116 281 H	21:22 107 271 H	22 21:26 -62 103 L
15 04:30 -92 73 L	11:05 142 307 H		15 05:27 -149 16 L	12:30 141 306 H		15 06:07 116 281 H	22:43 141 306 H	23 03:21 -98 67 L
16:52 -99 66 L	23:25 146 311 H		17:45 -71 94 L			18:41 -52 113 L	23:32 135 300 H	23 09:44 70 255 H
								23 15:22 -46 119 L
								23 21:26 -62 103 L
								23 23:59 -69 96 L
								24 02:26 -88 77 L
								24 08:36 64 229 H
								24 14:31 -50 114 L
								24 20:37 90 254 H
								25 03:21 -98 67 L
								25 09:44 70 255 H
								25 15:22 -46 119 L
								25 21:26 -62 103 L
								26 04:12 -107 58 L
								26 10:48 78 243 H
								26 16:09 -45 120 L
								26 22:15 96 261 H
								27 04:59 -115 50 L
								27 11:39 87 252 H
								27 16:55 -46 119 L
								27 22:58 100 265 H
								28 05:40 -123 42 L
								28 12:18 94 259 H
								28 17:38 -49 115 L
								28 23:38 105 270 H
								29 06:16 -129 36 L
								29 12:52 99 264 H
								29 18:16 -54 111 L
								30 00:15 109 274 H
								30 06:48 -134 31 L
								30 13:23 103 267 H
								30 18:49 -60 105 L
								31 00:50 113 278 H
								31 07:16 -137 28 L
								31 13:53 105 270 H
								31 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

(二) 青螺濕地紅樹林生育地水質監測

2012年4及9月於漲潮時進行水質測定，結果顯示2季監測之水質pH、電導度及鹽度差異不大(表12)；而9月測定之溶氧量及濁度分別為10.0 mg L⁻¹及9.0 NTU，略高於4月份之監測值，但測得之水溫為30. °C，明顯較4月份高。至於攜回之水樣以精密度高之多功能水質分析儀測定，結果得知4月之總氮濃度為10.9 mg L⁻¹，而9月則明顯降低，僅0.7 mg L⁻¹，2次監測水樣之總磷濃度則均< 0.05 mg L⁻¹。

表 12. 澎湖青螺濕地 2012 年 4 及 9 月監測之水質參數

監測項目	監測日期	
	2012.04.28	2012.09.14
pH	8.2	8.5
溶氧量(mg L ⁻¹)	8.8	10.0
電導度(mS cm ⁻¹)	51.4	50.7
鹽度(‰)	34.0	33.2
溫度(°C)	24.3	30.4
濁度(NTU)	7.5	9.0
總氮量(mg L ⁻¹)	10.9	0.7
總磷量(mg L ⁻¹)	< 0.05	< 0.05

(三) 青螺濕地紅樹林生育地土壤監測

1. 底質特性

本濕地2012年4月取樣測定各樣區之土壤有機質含量以第1區較低(0.91%)，第3及7樣區之含量較高，分別為2.24及3.11%(表13)。全氮濃度以第3、6及7樣區之濃度均超過1000 mg kg⁻¹ (1079.4-1223.3 mg kg⁻¹)，其餘樣區之全氮濃度較低，範圍在738.8-873.1 mg kg⁻¹之間。

而各樣區之全磷濃度均相當高，範圍在 2740.0-4646.7 mg kg⁻¹ 之間，第 6 及 7 樣區全磷濃度甚至高達 4305.0 及 4646.7 mg kg⁻¹。土壤之氮/磷比值差異不大，各樣區之比值在 0.20-0.28 之間。

2012 年 9 月取樣測定各樣區之土壤有機質含量，結果顯示除第 3 及 7 樣區較 4 月監測值略微降低至 1.77 及 2.21% 外，其餘樣區之有機質含量則並無明顯變化 (表 13)。各樣區之全氮濃度均明顯較 4 月監測值為低，範圍為 489.3-686.0 mg kg⁻¹ 之間，其中第 3、6 及 7 樣區之全氮濃度約為 4 月監測值的 1/2。而各樣區之全磷濃度較 4 月監測值明顯降低，僅有 62.5-134.2 mg kg⁻¹，因此各樣區之氮/磷比值較 4 月監測值高，其中第 7 樣區比值高達 10.16。

表 13. 青螺濕地 2012 年 4 及 9 月各樣區底質之主要養分特性

樣區	有機質(%)		氮(mg/kg)		磷(mg/kg)		氮/磷	
	4 月	9 月	4 月	9 月	4 月	9 月	4 月	9 月
第 1 樣區	0.91	1.00	738.8	489.3	2740.0	62.5	0.27	7.83
第 2 樣區	1.12	1.12	873.1	561.3	3086.7	63.6	0.28	8.82
第 3 樣區	2.24	1.77	1117.8	513.3	4060.0	122.0	0.28	4.21
第 4 樣區	1.04	1.12	767.6	513.3	3780.0	65.4	0.20	7.85
第 5 樣區	1.33	1.30	782.0	686.0	3000.0	134.2	0.26	5.11
第 6 樣區	1.12	1.43	1079.4	518.1	4305.0	58.9	0.25	8.80
第 7 樣區	3.11	2.21	1223.3	599.7	4646.7	59.0	0.26	10.16

2. 粒徑組成

2012年4月監測土壤之粒徑組成，比較本濕地不同樣區之砂粒、粉粒與粘粒可發現，各樣區均以砂粒含量為最多(表14)，砂粒範圍在53.1-72.6%間；其餘均呈現粉粒次之(16.0-31.6%)，粘粒較少(11.3-16.2%)之趨勢，其中第1、2及5樣區之粉粒比例明顯較其他樣區為高。

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，測定結果顯示第3、4、6及7樣區均以中砂居多，約為26.7-36.9%之間。而第1、2及5樣區則以粗砂及具飄移性之極細砂所佔比例較高，約為12.7-17.7%之間，顯示本季調查各樣區之底質粒徑分布變異較大。

表14. 青螺濕地2012年4月調查各樣區底質之粒徑分布(%)¹

樣區	粒徑分佈			砂粒分級				
	砂粒	粘粒	粉粒	極粗	粗	中	細	極細
1	61.9	12.2	25.9	7.1	17.7	15.2	15.3	6.6
2	56.0	16.2	27.8	12.3	14.1	10.0	13.2	6.5
3	69.4	11.4	19.2	4.5	7.0	36.9	15.5	5.5
4	72.6	11.3	16.0	3.4	10.2	31.7	17.7	9.7
5	53.1	15.3	31.6	7.9	12.7	11.1	14.8	6.6
6	66.4	14.6	19.0	0.5	10.0	34.5	13.9	7.5
7	67.6	13.0	19.4	5.6	7.6	26.7	18.4	9.4

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。

2012年9月監測土壤之粒徑組成結果顯示，各樣區仍均以砂粒含量為最多(表15)，其中第1、2及第6樣區之砂粒含量，明顯較4月監測值為高，範圍在61.7-76.8%間。至於各樣區土壤粘粒含量與4月監

測值差異不大，範圍在 10.8-19.0%之間。各樣區土壤之粉粒含量除第 4 樣區(21.8%)較 4 月測值(16.0%)增加外，其餘樣區之粉粒含量均有降低現象。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，測定結果顯示第 7 樣區以極粗砂佔的比例最高(23.1%)外，其餘各樣區均以中砂所佔比例較高，範圍在 20.4-27.5%之間，極細砂之比例均較低。

表 15. 青螺濕地 2012 年 9 月調查各樣區底質之粒徑分布(%)¹

樣區	粒徑分佈			砂粒分級				
	砂粒	粘粒	粉粒	極粗	粗	中	細	極細
1	76.8	12.0	11.2	10.9	23.2	25.9	11.1	5.0
2	66.6	10.8	22.6	4.0	19.4	26.8	10.8	4.7
3	70.4	11.6	18.0	2.8	17.2	27.5	11.9	4.8
4	64.3	13.9	21.8	9.1	20.4	20.5	10.5	8.6
5	60.6	12.6	26.8	3.8	19.3	25.8	11.3	5.5
6	72.2	13.8	14.0	11.6	21.1	20.4	12.6	5.9
7	61.7	19.0	19.3	23.1	10.6	8.0	11.7	7.6

7. 相對光度測定

2012 年 4 月測定 3 種紅樹林樹幹基部與林外之相對光度(表 16)，結果顯示海茄荖林下相對光度約 17.2-19.4%，迎風面欖李林下相對光度約 15.1-16.6%，高於背風面之 14.%左右；五梨朶之林下光度約 7.8%，為青螺濕地 3 種紅樹林樹種最低者，可能是四周受海茄荖包圍所致。

2012 年 9 月 18 日僅選擇優勢種海茄荖測定相對光度，結果發現從低矮至較高林木之平均相對光度變化不大，約在 15.2-19.1%之間，較 4 月間測值略低。

表 16. 不同樹種於不同區域之林下相對光度 (單位：%)

樹種	I	II	III	IV
海茄苳	19.2±1.2	18.9±1.2	19.4±1.6	17.2±1.1
欖李(迎風面)	-	15.1±2.4	16.6±1.8	-
欖李(背風面)	-	14.1±3.3	14.20±1.5	-
五梨跤	-	-	-	7.8±1.4

(四) 復育栽植紅樹林生長監測

1. 生長量調查

(1) 海茄苳(照片 65-72)

a. 樹高生長

1994 年挖溝直播海茄苳果實後，至 2012 年 4 月調查各區之林木高度差異很大(表 17)。直播果實經 17 年後，以第 3、4、6 及第 7 區設置之永久樣區調查之林木較高，樹高範圍在 0.94-1.33 m 間。而第 1 及第 2 樣區之林木生長較為矮小，平均樹高分別為 0.53 及 0.69 m。本季監測之樹高除第 7 樣區持續增加外，其餘樣區均較前次監測樹高為低矮。

b. 地徑生長

2012 年 4 月監測之海茄苳地徑與前次監測值差異不大，顯示短時間內各樣區海茄苳地徑無明顯增粗現象，亦以第 3 樣區地徑最大，達 9.83 cm，同年直播之第 1 樣區因土壤堅硬因此地徑最小，僅 2.75 cm。至於第 5 及 7 樣區之海茄苳為天然更新之稚樹，地徑已分別達 4.52 及 4.76 cm，顯示生育地環境較佳。第 6 樣區位於堤岸旁面臨深水區，為近年逐漸天然更新形成之幼苗，因此地徑生長較其他樣區為小。

c. 密度

至於不同區域內調查永久樣區內之林木密度結果顯示，因各永久樣區之微環境(主要是土質、淹水深度及光度)變異大，因此 2011 年 3 月調查時林木密度差異亦大，以第 1 及 7 樣區之海茄苳密度較高，分別為 1.12 及 0.91 株/m²；第 3 樣區之林木密度最小，僅 0.30 株/m²。至 2012 年 4 月調查時，各永久樣區海茄苳密度均降低至 0.30-0.39 株/m²，呈現相當一致之密度。

表 17. 2012 年不同分區永久樣區內海茄苳林木之樹高、地徑及密度

樣區	樹高(m)	地徑(cm)	密度(株/m ²)
1	0.53±0.27 ^c	2.75±0.22 ^c	0.32±0.08
2	0.69±0.08 ^c	4.97±0.08 ^b	0.38±0.03
3	1.00±0.42 ^a	9.83±3.21 ^a	0.34±0.03
4	0.94±0.16 ^{ab}	3.81±0.32 ^{bc}	0.30±0.14
5	0.92±0.27 ^b	4.52±0.29 ^b	0.39±0.14
6	1.01±0.39 ^{ab}	2.92±0.12 ^c	0.35±0.18
7	1.33±0.72 ^a	4.76±0.68 ^b	0.32±0.06

(2) 欖李(照片 73-80)

a. 樹高生長

目前欖李生長位置因逐漸陸化，根部及幹部被泥土掩埋，潮水較少到達而土壤乾燥，加上冬季鹽霧持續危害，因此第 2 區樹高雖維持在 2.10 m 左右(表 18)，但第 3 區者已降至 1.07 m。第 7 區岸邊生長之欖李為天然更新者，且前有銀合歡等遮蔽冬季鹽霧，因此樹高可達 2.48 m，此結果與前一季監測結果相較並無明顯變化。

b. 地徑生長

2011年4月調查永久樣區內之欖李地徑，其中第2區地徑為7.10 cm，比前一次調查之值(9.90 cm)為低，應該是取樣樣木差異所導致。而生長在第7區溝渠岸邊者係天然更新林木，相較第2及3樣區者年齡較輕，故調查所得之地徑較小。

c. 密度

調查有欖李栽植或天然更新之欖李密度，結果顯示第2、3及7樣區之密度均明顯降低，範圍為0.12-0.20株/m²。

表 18. 2012年不同分區永久樣區內欖李林木之樹高、地徑及密度

樣區	樹高(m)	地徑(cm)	密度(株/m ²)
2	2.00±0.12 ^b	7.10±0.62 ^b	0.12
3	1.34±0.07 ^c	11.3±0.20 ^a	0.20
7	2.59±0.20 ^a	3.88±0.50 ^c	0.16

(3) 水筆仔(照片 81-88)

a. 樹高生長

1995年直插在第2及第3樣區之水筆仔胎生苗，初期成活率高達90%，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。2011年3月調查在第2、3及4區之永久樣區內出現之水筆仔，其樹高生長經過16年時間仍無顯著差異，範圍在0.90-1.06 m間(表10)。

b. 地徑生長

生長在第2及3樣區之水筆仔地徑較高而無顯著差異，分別為3.45及3.76 cm。第4區因土壤較堅硬且為風口地區，因此林木地徑較小。

c. 密度

2012年4月調查永久樣區內之水筆仔以第2區密度最大，為0.4

株/m²，第 3 及 4 樣區較低，僅 0.2 株/m²，各樣區密度均較前一次調查降低。

表 19. 2012 年不同分區永久樣區內水筆仔林木之樹高、地徑及密度

樣區	樹高(m)	地徑(cm)	密度(株/m ²)
2	0.90±0.13 ^{ns}	3.05±0.44 ^a	0.4
3	1.02±0.15	4.18±0.25 ^a	0.2
4	1.06±0.10	2.98±0.57 ^b	0.2

(4) 五梨跤(照片 89-96)

a. 樹高生長

1994 年直插於第 4 樣區水邊之第 1 年之成活率達 90%左右，生長情形非常良好；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，2006 年 6 月調查時僅殘存 33 株成樹(成活率為 8.0%)。2000 年 6 月再次於第 5 樣區直插之五梨跤胎生苗，3 個月後之成活率為 96%；惟此區之五梨跤稚樹在 2010 年 7 月調查時，僅剩 152 株。2012 年 4 月調查第 4 及 5 樣區永久樣區內之五梨跤，雖然林木年齡不同且較前季調查稍低矮，但 2 樣區樹高無顯著差異(表 20)，分別為 1.05 及 1.25 m。

b. 地徑生長

第 4 及 5 區內設置之永久樣區內出現之五梨跤林木，地徑並無顯著差異，分別為 2.58 及 2.45 cm。

c. 密度

2012 年 4 月調查永久樣區內五梨跤之密度，結果顯示第 4 及 5 區之密度無明顯差異，分別 4.0 及 3.2 株/m²。

表 20. 2012 年不同分區永久樣區內五梨跤林木生長及密度

樣區	樹高(m)	地徑(cm)	密度(株/m ²)
4	1.05±0.17 ^{ns}	2.58±0.58 ^{ns}	4.0
5	1.25±0.26	2.45±0.23	3.2

(五)、海茄苳天然更新苗密度調查

2012 年 4 月調查各永久樣區中生長約 1 年 5-6 個月生海茄苳天然更新苗，其平均小苗密度較前一季明顯減小，且各區間之差異已減小(表 21)；以第 2 及 6 區天然更新苗密度較大，大約在 3.1-4.9 株/m² 左右；第 4 區之密度最低，僅 0.6 株/m²。

天然更新苗木之平均高度差異不大，與前季相似但苗高減少，仍以第 4、5、6 及 7 樣區較高，平均苗高範圍在 14-16 cm 之間，第 1 及 2 樣區苗木高度在 11.5-12.0 cm 間。至於各樣區內區之天然更新苗除第 4 樣區較低外，其餘樣區地徑差異不大，範圍在 0.37-0.43 cm 間。

2012 年 9 月調查時，除第 3 樣區殘存 11 株以外，其餘樣區內之小苗已全部死亡。

表 21. 2012 年 4 月調查永久樣區海茄苳天然更新苗之平均株數、苗高及地際直徑

樣區	苗高 (cm)	地徑 (cm)	密度(株/m ²)(最小-最大值)
1 區	11.5±1.3 ^c	0.41±0.02 ^a	1.4±0.4(24-42)
2 區	12.0±1.8 ^c	0.37±0.05 ^b	4.9±0.5(113-131)
3 區	12.4±1.9 ^c	0.38±0.01 ^b	1.3±0.7(21-44)
4 區	16.0±6.0 ^a	0.24±0.08 ^c	0.6±0.3(11-20)
5 區	14.5±2.0 ^{ab}	0.43±0.03 ^a	1.0±1.0(12-76)
6 區	14.2±1.2 ^{ab}	0.43±0.03 ^a	3.1±3.8(11-67)
7 區	15.5±3.5 ^a	0.46±0.06 ^a	1.9±1.0(23-78)



照片 65. 2012 年 4 月監測第 2 及 3 樣區海茄苳高生長略微降低



照片 69. 2012 年 9 月監測第 5 樣區漲潮時潮水淹至樹冠下層高度



照片 66. 本季監測第 1 樣區海茄苳林木生長無明顯變化



照片 70. 2012 年 9 月退潮時濕地中央海茄苳天然更新稚樹數量多



照片 67. 2012 年 4 月第 7 樣區岸邊直徑較大之海茄苳大樹



照片 71. 8-9 月為海茄苳結實月份



照片 68. 2012 年 4 月遠眺濕地中央海茄苳景觀



照片 72. 第 2 區退潮時有許多海茄苳果實為更新苗之來源



照片 73. 2012 年 4 月第 3 樣區背風面欖李葉片多黃化



照片 77. 2012 年 9 月監測時欖李迎風面葉片大部分恢復生長



照片 74. 2012 年 4 月第 2 樣區背風面欖李葉片質地厚而稀疏



照片 78. 2012 年 9 月較健壯欖李葉片翠綠美麗



照片 75. 2012 年 4 月靠岸邊生長之欖李迎風面枝條多乾枯



照片 79. 大部分背風面欖李葉片均生長翠綠



照片 76. 2012 年 4 月第 3 樣區欖李基部堆砂高造成枯死



照片 80. 接近第 4 區有少數天然更新之欖李小苗生長良好



照片 81. 2012 年 4 月第 2 樣區空曠處水筆仔十幾年生長高度維持在 100-120 cm 左右



照片 85. 2012 年 9 月調查水筆仔生長無改變但葉片較翠綠



照片 82. 本季監測第 2 樣區水筆仔生長無明顯變化



照片 86. 第 3 區內生長之水筆仔生長亦無明顯改變



照片 83. 2012 年 4 月水筆仔胎生苗雖數量少但開始成熟



照片 87. 漲潮時第 3 區水筆仔景觀



照片 84. 2012 年 4 月監測有海茄苳保護之水筆仔有較高生長量



照片 88. 本季調查為水筆仔果實開始發育時期



照片 89. 2012 年 4 月第 4 樣區殘存五梨跤生長並無明顯增加



照片 93. 少數五梨跤接近地面之樹皮腐爛脫落



照片 90. 本季監測第 4 樣區五梨跤樹下有許多天然更新苗



照片 94. 2012 年 9 月監測第 5 樣區殘存之五梨跤



照片 91. 第 4 樣區天然更新 3 年生五梨跤稚樹



照片 95. 第 5 區旁邊有海茄苳保護之五梨跤生長較佳



照片 92. 2012 年 4 月監測第 5 區五梨跤直徑無明顯增粗



照片 96. 第 5 區有海茄苳保護之五梨跤數量逐漸增加

(六) 紅樹林族群結構調查

1. 海茄苳族群結構監測

目前青螺濕地大部分已被優勢種海茄苳佔據，雖在短時間內平均樹高未明顯增加，但樹冠橫向擴張且互相交錯，無法像一般調查以砍刀開路或修枝，大大增加每木調查困難度。此外，海茄苳小苗及稚樹族群數量明顯增加，加上潮汐時間、人員及經費限制，本年度監測仍無法全面調查海茄苳族群結構，係以永久樣區資料推算方式。

以 2012 年 9 月永久樣區資料推算得知，本濕地全區地徑 2 cm 以上之海茄苳共 1178 株(圖 8)，較 2011 年監測株數 61 株，仍以 2.1~4.0 cm 者佔最多，共計 702 株；其次為 4.1~6.0 cm 者，共計 265 株。有少數地徑較大者陸續死亡，地徑 8.1~16.0 cm 者共 87 株，而地徑 > 16.1 cm 之大徑木為 22 株，多為 1993 年栽植造林而殘存者。以永久樣區估算地徑階分布頻度圖顯示，青螺濕地海茄苳族群結構仍呈現反 J 型分布。

2. 水筆仔族群結構監測

本濕地人工栽植之水筆仔數量較少，且集中分佈在第 2 及第 3 樣區，因此採全面調查方式。2012 年調查全區水筆仔植株為 248 株(圖 9)，較 2011 年調查增加 11 株；其中以 4.1~6.0 cm 者佔最多，共計 146 株，其次地徑 > 6.1 cm 者有 31 株，各直徑階差異不大，水筆仔之族群結構仍呈現鐘型分佈。

海茄苳

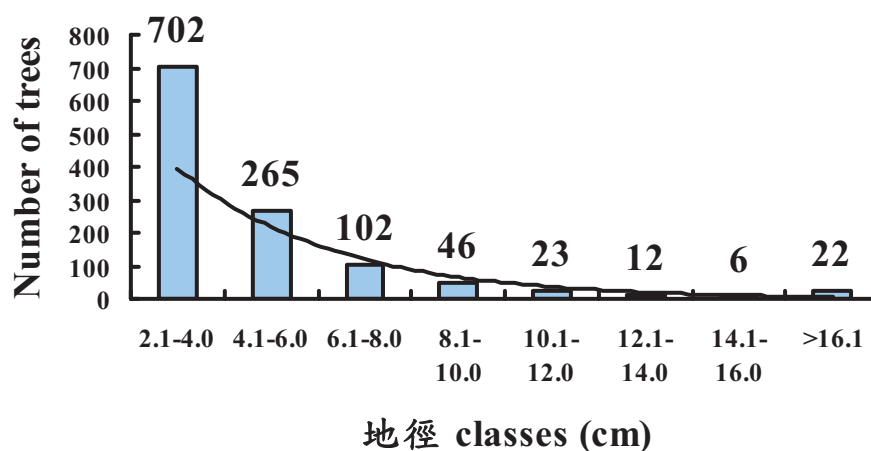


圖 8. 2012 年青螺紅樹林復育區海茄苳之地徑級頻度分布圖

水筆仔

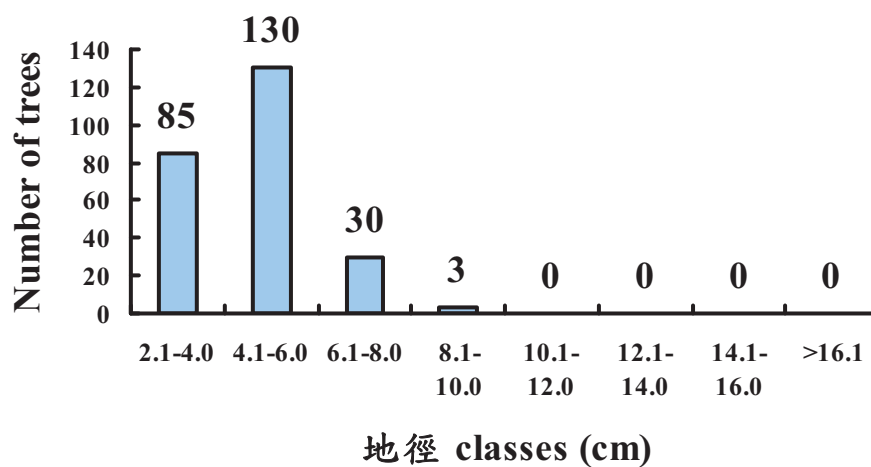


圖 9. 2012 年青螺紅樹林復育區水筆仔之地徑級頻度分布圖

3. 欖李族群結構監測

2010 年監測資料顯示靠近圍牆生長之欖李則存活 215 株，以 8.1~12.0 cm 者佔最多，共計 114 株。全區之五梨跤則存活 185 株，地徑以 4.1~6.0 cm 者佔最多，共計 120 株；地徑>6.1 cm 者則僅有 12 株。

由地徑階分布頻度圖顯示，欖李之族群結構皆呈鐘型分布。

2010 年時即因欖李枝條密生及海茄荖樹冠擴展，在不能傷害樹體情況下無法進行全面調查，僅在可以操作地區設立之永久樣區內欖李生長，在樣區內共調查有 54 株樣木。2012 年調查亦未見欖李死亡，與 2011 年結果相似(圖 10)。

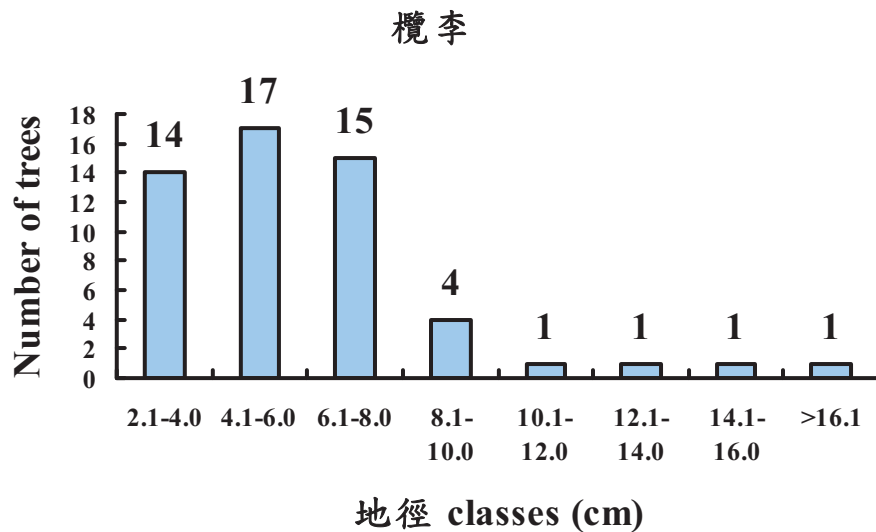


圖 10. 2012 年青螺紅樹林復育區欖李之地徑級頻度分布圖

4. 五梨跂族群結構監測

2010 年調查全區之五梨跂則存活 185 株，地徑以 4.1~6.0 cm 者佔最多，共計 120 株；地徑>6.1 cm 者則僅有 12 株。大部分均屬於頂部嚴重枯萎，但是仍然成活者，地徑階分布頻度圖顯示之族群結構皆呈鐘型分布。2012 年調查時將大部分嚴重枯萎無法恢復者判定為死亡植株，因此全面調查第 4 及 5 樣區成活之五梨跂正常苗木共 92 株，地徑以 2.1~4.0 cm 者佔最多，共計 79 株；地徑 4.1~6.0 cm 者有 12 株，並無大徑木存在，現存之族群結構呈現反 J 型(圖 11)。

五梨跤

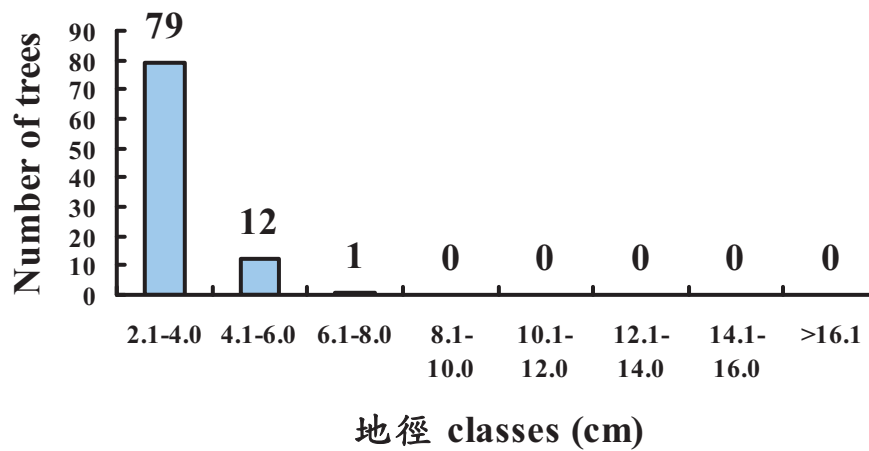


圖 11. 2012 年青螺紅樹林復育區五梨跤之地徑級頻度分布圖

(七)、青螺濕地真武廟前紅樹林栽植觀察

觀察 2011 年 5 栽植欖李軟盆苗及 7 月直插之五梨跤胎生苗，結果顯示在完全空曠無保護的池塘邊，2 者幾乎完全死亡；在第 1 區乾燥但稍有保護處直插之五梨跤成活率約 50%，而在涼亭下方或有海茄苳保護處，2 種苗木之生長情形均良好(照片 97-104)。

(八)、人為及自然衝擊監測

本濕地在堤岸邊的第 6 及第 7 樣區入水口有較多的大型漂浮垃圾，而 2012 年 2 月在涼亭上及下方岸邊草地有少數民眾棄置的廢棄物，但隨後已清理乾淨。本年度監測期間已較以往常見較多遊客到本濕地參觀，尤其在 101 年 4 月 28 日由湖西鄉公所舉辦「青螺濕地淨灘活動」，有相當多的民眾冒雨熱情參與，顯示民眾對此濕地保育已日漸重視。此外，已將破損木製圍籬及木棧道修復，並設置垃圾桶避免垃圾隨意棄置，有相當大之改進(照片 105-114)。

本區假日或傍晚常有遊客至此紅樹林復育區及旁邊之海堤岸休憩，而至 8 月時觀察涼亭屋頂及木棧道又有較嚴重破損，對於遊客安全有相當影響。此外廁所亦故障無法使用，相當不方便。而近期有放置彩繪之木製桌椅，雖然立意良好，但混雜其他破損桌椅，稍嫌突兀且擁擠感覺(照片 115-120)。

(九) 周邊土地利用狀況

2012 年 1 月至 10 月期間，監測復育紅樹林濕地周邊之土地利用狀況，進入青螺真武廟之入口整齊乾淨，並設置有融入環境之美麗入口意象設施，但解說設施之內容已褪色不清，周邊綠美化植栽及防風網可稍微修剪及整理。此外，除通往砂嘴海岸區之路邊有堆放開採之砂石外，其餘無論原有社區住家及私有魚塭均無明顯之改變(照片 121-128)。



照片 97. 2012 年 7 月觀察在池塘邊無遮蔽保護者苗木均死亡



照片 101. 2012 年 9 月觀察栽植在涼亭木棧道下方之欖李生長良好



照片 98. 2012 年 9 月觀察池塘邊有保護者直插五梨朥成活狀況



照片 102. 栽植在周圍有海茄苳保護之欖李苗木



照片 99. 直插在第 1 區較乾燥之五梨朥成活率約 50%



照片 103. 有些栽植在周圍有海茄苳保護之欖李苗木因纖細而生長不良



照片 100. 直插在涼亭木棧道下方之五梨朥成活良好



照片 104. 大部分直徑較粗之欖李苗木能健壯生長



照片 105. 2012 年監測期間第 6 樣區堤岸邊仍有大型漂流物堆積



照片 109. 2012 年 4 月 28 日湖西鄉公所舉辦青螺淨灘活動



照片 106. 第 7-2 樣區水道出入口仍堆積大量之木板及漂流木等



照片 110. 民眾冒雨熱情參與湖西鄉公所舉辦之青螺淨灘活動及聆聽活動目的



照片 107. 2012 年 2 月時涼亭內有少量廢棄物堆放



照片 111. 志工老師詳細解說紅樹林樹種之辨識



照片 108. 2012 年 2 月時涼亭下有少量食物包裝紙棄置



照片 112. 監測期間常有利用不同交通工具至濕地休憩之遊客



照片 113. 監測期間鄉公所已將損毀木棧道修復



照片 117. 2012 年 8 月另一木棧道有破損有危險之虞



照片 114. 湖西鄉公所設置垃圾桶避免垃圾隨亂棄置



照片 118. 社區廁所故障無法使用相當不便



照片 115. 遊客常順便到濕地旁之海堤休憩



照片 119. 涼亭內放置新放置木製彩繪桌椅



照片 116. 2012 年 8 月觀察涼亭屋頂有腐朽現象



照片 120. 立意雖然良好但稍嫌擁擠雜亂



照片 121. 進入青螺村之鄉間道路入口夏季乾淨美麗景觀



照片 125. 解說牌圖文已變色斑駁而模糊不清



照片 122. 進入青螺真武廟之入口轉角圍牆



照片 126. 濕地旁之植栽稍嫌擁擠需整理



照片 123. 進入青螺真武廟之入口轉角有活潑鮮明之設計



照片 127. 入口綠美化區之植栽支架傾斜



照片 124. 紅樹林復育區在入口路旁有解說設施



照片 128. 前往砂嘴之路旁有大量細沙堆積

七、討論

(一) 氣候監測

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。2012 年氣溫較高，澎湖地區 1-3 月份最低溫度約 10-13°C(表 6)，已為 4 種紅樹林分布之極限溫度，因此青螺濕地自 1994 年復育栽植海茄苳、水筆仔、欖李及五梨跤等 4 種紅樹林迄今，相較生長於台灣西海岸各地者，呈現非常緩慢之生長速度(表 17-20)。

(二) 水質監測

2012 年 4 及 9 月於漲潮時進行水質測定，結果顯示 2 季監測之水質 pH、電導度及鹽度差異不大(表 12)；而 9 月測定之溶氧量及濁度分別為 10.0 mg L⁻¹；及 9.0 NTU，略高於 4 月份之監測值，但測得之水溫為 30. °C，明顯較 4 月份高，主要是因為氣溫較高(表 6)原因所致。至於攜回之水樣以精密度高之多功能水質分析儀測定，結果得知 4 月之

總氮濃度為 10.9 mg L^{-1} ，而 9 月則明顯降低，僅 0.7 mg L^{-1} ，2 次監測水樣之總磷濃度則均 $< 0.05 \text{ mg L}^{-1}$ 。均較前 2 年監測結果更低，顯示野外調查及短暫取樣之變異非常大。水質監測資料與水中生物有較大關係，但短暫測得資料無法用以解釋與紅樹林生長之關係。

(三) 土壤監測

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)。本濕地底質有機質含量並不高(表 13)，2012 年 4 及 9 月的監測均發現各樣點之含量均小於 3.0%，此與 2011 年監測值相似，顯示棲地中所累積之枯枝落葉等不易保留轉化為土壤有機質。

2012 年 4 月監測各樣區的土壤氮含量明顯較 2011 年增加，尤其第 3、6 及 7 樣區甚至 $> 1000 \text{ mg/kg}$ (0.1%)；惟 9 月監測值均降低至 $489.3\text{-}686.0 \text{ mg/kg}$ 之間。而 4 月調查各樣區之土壤磷含量則高達 $2740.0\text{-}4646.7 \text{ mg/kg}$ 之間，明顯較前 2 年之監測值高；惟 9 月監測之磷含量驟降至 $62.5\text{-}134.2 \text{ mg/kg}$ 之間，差異非常之大。當土壤碳、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性氮與磷(Brady and Weil, 2010)，不過 7 個樣區其碳/氮比值及氮/磷比值均偏低，意即本濕地之底質與 2011 年監測結果相似，即土壤呈現有機碳及氮均為不足，但磷則為足夠狀態。

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 7 個樣區中，砂粒均在 50%以上(表 14-15)，顯示本濕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，因此粗質地的底質恐不利於復育紅樹林植物之生長。

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，而比較本濕地不同樣區之砂粒、粉粒與粘粒可發現，不同時間分析各樣區之組成變異大(表 14-15)，與 2011 年監測值相較，亦無一定規則性，顯示潮汐作用及野外取樣調查之變動性大。進一步將砂粒細分成 5 個等級，則可發現 7 個樣區以中砂為主，而較易漂移的極細砂並不多，顯示潮汐作用之水文干擾並不明顯。不過，粒徑組成可做為紅樹林復育成果之環境指標，意即本濕地紅樹林復育成效良好後，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。

(四) 復育紅樹林之生長適應性

青螺濕地自 1994 年起栽植 4 種紅樹林，經過 18 年時間後，4 種紅樹林之生長及適應狀況已明顯呈現差異，分述如下：

1. 海茄苳

海茄苳為隱藏性胎生植物，具有鹽腺構造可以排除鹽分，因此為最耐鹽的紅樹林先驅樹種(Tomlinson 1994, Osborne and Berjak 1997)。果實成熟期為每年 8~10 月，具有粒大、含水量高、碳水化合物含量豐富及迅速發芽之特性(范貴珠等 1995, Farrant *et al.* 1992a, 1992b)，因此成熟落地後，果皮可迅速吸水膨脹脫落，約 3-6 天即發芽，而且不受

鹽度之影響(Ye *et al.* 2005)。Imbert *et al.* (2000) 在小安地列斯群島進行紅樹林復育時指出，海茄苳多發生於地勢較高且孔隙水鹽度較高的地區，因漂浮效率較佳，而成為佔據復育區之優勢樹種。此外，在阿拉伯聯合大公國的沙漠地區，年平均溫度為 27.4°C，最高 7 月溫度高達 45°C，降雨量在 62~144 mm year⁻¹ 的地區亦可生存(ElAmry, 1998)。在科威特夏天最高溫達 50°C，冬季低溫僅 4°C，降雨量在 100 mm year⁻¹ 且鹽度為 3.5 至 4.0% 之嚴苛環境，本樹種亦可復育成功(AboEl-Nil, 2001)。青螺濕地以直播海茄苳果實方式復育紅樹林，但因生育地之鹽度高達 3.0%，而且土壤質地堅硬且缺乏養分，因此直播 6 個月後之苗高生長僅達 25.0 cm (范貴珠等，1995)。此結果雖較 Toledo *et al.* (2001) 在 Mexico 的 Baja California Sur 紅樹林中，以 3 個月生之海茄苳塑膠袋 (5 個繁殖體) 苗栽植 6 個月後，平均苗高為 13 cm 之效果較佳；惟與台南市健康路之海茄苳果實成熟落地後，因土質鬆軟且富含有機養分，6 個月後之苗高可達 48.3 cm，地徑為 8 mm (葉慶龍等，2000) 結果相較，顯示本區直播苗木之初期生長仍屬相當緩慢。

本年度分析永久樣區內海茄苳樹高及地徑生長資料(表 17)，綜合而言，本年度監測各區海茄苳之生長差異變化不大，仍以第 3 區生長最佳，主要是有農民構築之低矮石牆，加上旁邊有背風面枝葉生長仍茂盛之欖李，加以保護減少鹽霧及強風危害。此外經長期生長後，土壤理化性質已逐漸改善，較其他樣區為疏鬆及肥沃，加上位置較遠、人為干擾少為直播海茄苳生長最佳的區域。生長其次者為第 2、4、5 及第 7 樣區，生長最差者為第 1 樣區，此區因地勢較高，只有在大潮前後幾天，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，因此平均樹

高較 2011 年為低，僅 53.0 cm，地徑則增加為 2.75 cm，為全區生長最差者(表 17)；推測可能與 Naidoo (2006)指出南非 Richards Bay 海茄苳林分矮小化(樹高<1.5 m)之原因相似，即主要為高鹽分、水分潛勢低、水分逆壓及葉部 Na^+ 濃度高，而 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Mn^{2+} 及 P 濃度低等養分不平衡因子所致；惟各樣區的位置、微地形狀況及年齡不一，細部之之差異如去年監測報告所述(范貴珠等，2011)，無特殊明顯改變。

綜合觀之，雖然多數紅樹林可以忍受的鹽度範圍大，但隨環境溫度及鹽度升高，林木持續暴露在物理及生理乾旱逆壓中會影響生長表現。AboEl-Nil (2001)以 8 個月生海茄苳容器苗，栽植在高溫、乾旱之科威特 Bahrain 及 United Arab Emirates 等 2 個地區，前者栽植 7 年後之平均樹高為 250 cm，而後者栽植 5 年後之樹高達 288 cm，均明顯高於青螺濕地直播造林之海茄苳，顯示本區域環境較世界各地紅樹林復育環境更為嚴苛。

2. 欖李

欖李為使君子科(Combretaceae)之常綠喬木，主要分佈在台灣西海岸四草、安平及曾文溪口等地區。近年由於經濟開發遭受嚴重破壞與衝擊，其生育地面積已經逐漸減少，因此國內外均將其列為稀有植物(Hsueh and Lee, 2000；Su *et al.*, 2006)。欖李屬於較靠近內陸之紅樹林，枝條密生、開花多且樹形優美，為需優先保育之鹽澤植物及良好海岸綠化樹種(陳明義，2006；鄧書麟等，2006)；惟本種屬於非胎生性紅樹林，核果小且具纖維質，於復育、栽植及綠美化施業前，均需事先在苗圃育苗再行出栽(范貴珠，2006)。

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)。本樹種在台南市龍崗水道栽

植 2 年 5 個月後，因生育地之土壤及水質適合，樹高及地徑生長最高可分別達 203.0 cm 及 100.4 mm (范貴珠，2007)。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)。青螺濕地於 2000 年 9 月調查時，第 2 樣區之欖李因有圍牆保護且土壤狀況最好，因此苗木栽植 9 年後，樹高可增加至 184.3 cm，地徑則增加至 91.0 mm。惟因長期鹽霧為害導致枝梢枯萎，因此栽植 13 年後，樹高僅維持在 208.7 cm，而直徑則持續緩慢增粗至 141.3 mm。第 3 樣區岸邊之稚樹由於無圍牆保護，需長期忍受冬季之鹽霧，而且雖為砂質壤土但腐植質並未增加，因此生長情況不如第 2 樣區者。目前大部分植株呈現生長停滯衰退現象，大部分植株在迎風面之枝條已呈現枯萎無法恢復狀態，此與上述學者栽植結果差異甚大；推測除因澎湖冬季及近期颱風夾帶之鹽霧危害枝稍外，青螺濕地之水質為純海水之高鹽度(表 12)，會造成欖李林木之生理逆壓而早衰；此外，因前幾年因鋪設步道之擾動工程造成飛砂量增加，加上紅樹林根系有攔砂堆積陸化功能，導致林木根基部分被埋，造成植株乾燥缺水而生長不佳。至於第 7 樣區水溝兩側生長之欖李，則因位置較靠內陸，旁邊有丘陵及銀合歡保護，因此樹高生長達 259 cm。

3. 水筆仔

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)。許多室內試驗研究指出水筆仔較不耐高鹽分環境，例如 Hwang and Chen (1995) 指出水筆仔苗木最適合生長之鹽度僅約 0.5%；王露儀等(2004)以不同鹽分濃度處理水筆仔幼苗 6 個月後，以 1% 鹽度處理者生物量最高；4% 鹽度會嚴重傷害苗木根部，導致苗木之死亡率達 100%。而 Wei et al.

(2008)研究指出水筆仔在 2.0% 鹽度時，光合作用速率、蒸散作用速率及氣孔導度均最大；而處理鹽度增加至 4.0%時，以上參數約為 2.0%處裡之 1/4-1/2。Wakushima et al. (1994)進行野外調查，亦指出日本各地區之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。

張宜輝等(2006)在福建漳江口空地或海茄苳林分下栽植水筆仔胎生苗 1 年後，不同樣區之幼苗成活率僅 8-70%；渠等認為動物取食、光照狀況及種間競爭為影響苗木生長之主要限制因子。青螺濕地於 1995 年在第 2 及第 3 樣區共栽植 2300 支胎生苗，初期成活率高達 90%，而且前 3 年之生長狀況極佳。推測應為當年澎湖栽植工人之技術較謹慎，栽植初期生育地完全裸露並無任何遮蔭及他種紅樹林之競爭所致。惟水筆仔稚樹在第 4 年後即開始陸續死亡，至 2000 年 9 月調查時總共剩 250 株。直插之水筆仔胎生苗經 15 年後，無論是栽植在第 2 或 3 樣區之水筆仔，林木之成活率及生長並未明顯變化，但是秋季監測時少部分生長在空曠處者葉片受損較嚴重(表 19)。由於大部分水筆仔至今仍生長在全光環境之下，因此應非光照不足所致。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；據此推測青螺濕地之水質鹽分濃度高，且每年冬季鹽霧危害造成大量葉片凋萎，應為水筆仔生長受限之主要原因。

4. 五梨跤

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)。此外，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)。然學者指出此樹種胚軸萌根之最佳鹽度為 2.0% 左右(莫竹承等，2001)，幼苗在土壤鹽度為 0.75-1.5% 時，其形質及生理反應表現最佳(范貴珠、徐誠宏，2008a 2008b)；惟當鹽度高於 3.0% 時，光合作用速率、氣孔導度及葉綠素螢光產量均明顯下降(Biber, 2006)；鹽度高於 4.0% 時，莖與葉的膜脂質過氧化破壞顯著加強，植物體內藉由增強超氧化物歧化酶(SOD)活性以消除活性氧自由基，在 5.0% 土壤鹽度下存活 3 個月(廖岩、陳桂珠，2007；廖岩等，2007)。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 年生長後，生物量甚至較遮蔭處者高 5-8 倍(范貴珠等，2003)。

本復育栽植計畫於 1994 年在第 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 27.0 mm。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；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，加上冬季空中鹽霧對地上部之危害，因此苗木則會逐漸死亡。本樣區殘存之五梨跤稚樹栽植 12 年後，在海茄苳旁邊殘存 33 株成樹(成活率為 8.0%)，高度為 177.8 cm，地徑為 35.0 mm。每株母樹之支持根數雖較

略有增加，但支持根前端仍呈現膨大現象，無法深入土壤中。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。至 2010 年 7 月調查時，樹高雖略增加至 224.2 cm，但每株林木長出之成熟胎生苗已較以往年為多，平均每株長出 39 ± 19 支胎生苗，甚至有長出 67 支胎生苗者(范貴珠、范慧華，2010)。本年度監測結果與 2011 年結果相似，即第 4 區五梨跤之樹高及地徑生長無明顯變化，有海茄荃圍繞保護之五梨跤有較佳生長勢，且林下天然更新的小苗數量有增加趨勢。

2000 年 6 月再次於青螺濕地第 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；惟本區之五梨跤胎生苗經過 6 年後，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。2010 年 7 月調查時，僅剩 152 株，但樹高明顯增加至 141.0 cm；顯示除了水質及土壤鹽度為此樣區五梨跤生長受限原因外，本區位於濕地中央且無圍牆保護，澎湖每年強勁冬季季風吹襲或颱風所夾帶之鹽霧，常導致林木葉片嚴重枯萎(陳財輝、洪富文，1993)。Tong et al. (2003) 研究指出紅樹林植物減少 50% 葉片時，會導致後來葉片、亞枝(twig)及胎生苗產量的明顯減少，同時會使葉片之可溶性單寧、碳水化合物及總氮量明顯減少。據此推測五梨跤若無法於隔年生長季節萌發原來程度之葉片，長期之惡性循環則可能為成活苗木逐年死亡主要原因之一。

根據國內外文獻可知，通常紅樹林遭受自然或人為破壞後，只要棲地環境保持完整，通常靠潮水帶入或人為栽植胎生苗，至少在 7-8 年內可有健壯生長。綜合上述結果，青螺濕地復育栽植之 4 種紅樹林，

其生長遠較各地為差，主要是缺乏河水注入淡化水中鹽度及冬季鹽霧持續吹襲危害所致；即雖然海茄苳以鹽腺，水筆仔、欖李及五梨跤靠脫落黃葉方式排除體內多於鹽分，但這些機制需要耗費能量才可去除鹽分。紅樹林之能量是來自光合作用合成之碳水化合物，水中的鹽分濃度愈高，需要消耗之能量也愈大，造成植株生長停滯。此外，鹽分也會阻礙植物所需營養鹽之吸收作用，例如高濃度之氯離子會抑制硝酸離子，鈉離子會抑制銨離子及鉀離子等營養鹽吸收(邱志郁，2009)。

(五) 4 種紅樹林之族群結構

紅樹林生態系之結構特性受緯度及區域性不同環境參數影響(Cintron and Schaeffer-Novelli, 1984)，胸高直徑(DBH)及樹高為影響植物社會密度及空間分布的重要參數，可用以表示林分發育程度(Fernandes, 2000)。通常紅樹林林分之生長和密度與樹種、結構、年齡及自然地理位置密切相關 (Fromard *et al.*, 1998; Liao *et al.*, 2004; Ward *et al.*, 2006)，例如 Fan(2008)曾調查台南縣急水溪口海茄苳林分之 DBH 範圍為 2.4~4.1 cm，林分密度為 6496~17000 株 ha⁻¹；而台南市安平港林分之 DBH 在 5.9~8.9 cm 間，林分密度為 4000~8533 株 ha⁻¹ (資料未發表)。青螺濕地復育之海茄苳生長 13 年後，林分密度僅 1712 株 ha⁻¹，顯示上述 2 生育地之林分建立時間除較本區為早外，生育地之氣候、土壤及水質等環境亦較佳(范貴珠、范慧華，2010)。

不同紅樹林樹種之林木大小、分布頻度與結構有明顯差異(Cole *et al.*, 1999)，而直徑分布圖可代替齡級結構，作為推測族群過去與未來之消長情形，亦可視為天然更新能力的指標(劉崇瑞、蘇鴻傑，1997)。李建堂等(2002)調查關渡自然保留區水筆仔之族群結構呈反 J 型，顯示關渡地區水筆仔更新情形良好。2009 年 7 月調查全區地徑 2 cm 以上之海

茄苳共 2556 株，其中以 2.1~4.0 cm 者佔最多，共計 1059 株；地徑 > 16.1 cm 之大徑木僅 16 株，多為 1993 年栽植造林而殘存者，本區復育之海茄苳族群結構亦呈反 J 型分布，即本區之小苗數量較多(范貴珠、范慧華，2010)。而紐西蘭(Osunkoya and Greese, 1997)、阿曼(Naoko *et al.*, 2003)、台南縣急水溪口(Fan, 2008)及台南市安平港保護區(資料未發表)之海茄苳林分結構均有相似變化；此外，林木直徑分布曲線之傾斜度極大，表示更新持續力越強(劉崇瑞、蘇鴻傑，1997)。在開闢、土壤條件較佳的第 5 樣區，已可以發現大量之 2 年生左右苗木，平均高度約 60~70 cm，顯示族群更新狀況佳並仍有拓展空間(范貴珠、范慧華，2010)。

本濕地栽植之水筆仔、欖李及五梨跤等 3 種紅樹林，分別經過 10 幾年時間之族群結構皆呈鐘型分布，顯示天然更新小苗少，而呈逐漸衰退狀況(范貴珠、范慧華，2010；范貴珠等，2011)。本年度水筆仔及五梨跤之族群結構仍呈現鐘型分佈(圖 9、11)，但欖李無法每木調查，以永久樣區資料推估之族群結構分佈圖(圖 10)並非真實狀況，僅能供參考之用。

八、結論與建議

沿海紅樹林是受氣候變遷影響嚴重的生態系之一，近期的預測顯示即使是大面積的紅樹林保護區亦將在 20 年內急速退化。聯合國教科文組織(UNESCO)和國際紅樹林協會(ISME)自 1990 年開始，即在熱帶和亞熱帶亞洲各國開始推廣紅樹林復育工作，從事育苗、栽植及各生育地調查工作。而澎湖青螺地區原有 20 年生之海茄苳林分，樹高甚至可達 2-3 m，後因出租開闢養殖魚塢。業者除將海茄苳砍除外，並一併移走富含有機質之底土，導致土壤缺乏養分、形成硬盤而通氣性差，加上每年強勁冬季季風之侵襲，環境極為惡劣。本校自 1994 年開始復育栽植 4 種紅樹林，綜合長期監測結果並提出建議如下：

- 一、澎湖地區 1-4 月份溫度約 10-15°C，為紅樹林分布之極限溫度，因此青螺濕地自 1994 年復育栽植海茄苳、水筆仔、欖李及五梨跤等 4 種紅樹林迄今，相較生長於台灣西海岸各地者，呈現非常緩慢之生長速度。
- 二、不同季節調查之水質 pH、電導度、鹽度、溫度濁度等參數差異不大，均屬於紅樹林生長之適合範圍內；而水質之總氮及總磷濃度均低，但短暫測得資料無法用以解釋與紅樹林生長之關係。
- 三、本濕地各樣點底質之機碳含量均小於 3%，氮含量亦小於 0.1%，均為不足狀態，但磷則呈足夠狀態。由於土壤磷並非管制性污染物，因此每季監測值之變異僅為濕地環境變異大所導致，需長期監測始可定論。
- 四、在粒徑組成分析結果顯示，在不同樣區中砂粒均在 50%以上，顯示本濕地為一通氣性佳，但保水與保肥能力較差的環境。建議需持續監測土壤環境狀態，期望此紅樹林生態系能盡快發揮最大生

產力，充足之枯枝落葉由生物分解，應可迅速改善肥力差之土壤狀況。

- 五、本復育區自 1994 年起栽植 4 種紅樹林，經過 18 年時間後，4 種紅樹林之生長已明顯呈現差異；其中以直播方式復育耐鹽性強之海茄苳已成為優勢種，但生長相當緩慢。生育地環境貧瘠乾燥地區，樹體甚至呈矮化匍匐狀，與台灣各地海茄苳生長勢差異極大。
- 六、栽植在青螺靠岸邊之欖李根部有較多土壤堆積，主要是步道施工干擾旁邊農地，造成大量揚塵及部分棄土，一部份才是紅樹林根系攔截砂粒長期累積所致。欖李目前雖然成活，但整體之生長勢已逐漸老化衰退。
- 七、水筆仔與五梨跤在栽植初期，除非周圍有海茄苳保護，否則在強風及堅硬貧瘠土壤環境下生長不佳。目前青螺濕地微環境已逐漸改善，2010 年及本年度再次以五梨跤胎生苗直插於有保護環境下，目前幼苗生長情形良好，未來生長狀況需持續觀察。
- 八、本研究調查永久樣區內海茄苳天然更新苗密度雖逐漸減少，但濕地內海茄苳面積已逐漸往周圍擴展，惟周圍受魚塭堤岸限制，因此未來族群拓展面積將受限。由於本濕地西側之堤岸外為海浪沖擊力量大之岩岸，即使破壞堤岸對族群拓展空間並無幫助；未來若有實際需要，可將南側方向之堤岸(目前為產業道路)打通，加上填土整治成較適合紅樹林生長之緩坡潮間帶，可加速紅樹林之自然拓展。
- 九、本研究以永久樣區推算海茄苳及五梨跤之族群結構呈反 J 型，表示天然更新情況良好。調查全區水筆仔所呈現之族群結構則呈現鐘形，顯示天然更新狀況不佳。目前本區之環境已逐年改善，建

議可在較靠近木棧道之適合地點，栽植水筆仔及五梨跤等樹種，以利環境教育解說之需要。

十、本計畫自2010年起開始執行，2011年雖已設立永久樣區進行調查，但2年所得僅為短期資源調查資料，仍須持續長期監測始有足夠資料供經營管理之參考依據。

十一、建議未來持續在新設永久樣區內至少需收集3年以上之相關資料後，依據所需設計資料格式，始可建立較完善及長期可用之資料庫。

十二、 世界各國對於大面積紅樹林之經營管理，已產生管理機構複雜、對於紅樹林政策和法律執行度均較弱、管理機構和各類紅樹林相關利益團體間缺乏協商機制、實施之績效和評估不足及管理間缺乏整合及協調等問題。目前青螺濕地已有一些團體進行活動及管理，應加以整合協調，避免疊床架屋之困擾。此外，賞鳥平台及景觀木棧道已有多處損毀，應修復以避免影響遊客安全。

(十二) 國外大面積之紅樹林生態系可提供生態旅遊者接觸棲息地和生物多樣性的獨特機會以及多種潛在活動，包括休閒垂釣、賞鳥、野生動植物觀察及乘坐觀光船旅行。有些國家已將生態旅遊與紅樹林保護結合，將生態旅遊收入的部分用於紅樹林生態系的保護工作，同時使當地社區參與旅遊的發展、管理及相關活動；目前實施紅樹林生態旅遊之國家，如馬來西亞及肯亞紅樹林面積均至少為 300 ha，而青螺濕地紅樹林面積雖僅 2.6 ha，但近期管理機關、學者專家及社區居民均積極規劃推行溼地生態教育系列活動，對於環境教育與生態旅遊之價值已發揮相當成效。

九、參考文獻

- 王伯蓀、梁士楚、張煒銀、詹啟傑 (2003) 世界紅樹植物區系。植物學報 45(6): 644-653。
- 王露儀、陳紀伶、李明仁 (2004) 鹽度對水筆仔苗木生長之效應。中華林學季刊 32(2): 147-156。
- 王銘正 (2008) 濕地永續管理之法令及政策工具。國際濕地科學家學會第一屆亞洲濕地大會。216 頁。
- 中央氣象局全球資訊網 <http://www.cwb.gov.tw/V7/index.htm>
- 內政部營建署城鄉發展分署 <http://www.tcd.gov.tw/>
- 內政部營建署 (2007) 國家重要濕地彙編。內政部營建署市鄉規劃局。168 頁。
- 李建堂、鄭育斌、邱文良、林則同、陳建文、王儀臻 (2002) 關渡自然保留區 1986-1998 年植群變遷。台灣林業科學 17(1): 41-50。
- 李建堂 (2009) 紅樹林分布的變遷。科學發展 440: 14-21。
- 杜政榮 (2005) 台灣濕地環境之永續管理。生活科學學報 9: 93-114。
- 林幸助 (2011) 台灣沿海濕地的碳匯生態服務。生態臺灣 30: 35-48。
- 林佳芸 (2009) 金門地區海茄苳族群生態之研究。國立中興大學森林學系碩士論文。97 頁
- 林玉紳 (2010) 以生態系統管理觀念為基礎的濕地政策研究。國立臺北大學自然資源與環境管理研究所碩士論文。66 頁
- 邱文彥、張楊祺、楊磊 (2002) 陽明山竹子湖濕地水文水質之調查研究。國家公園學報 12(1): 1-20。
- 邱志郁 (2009) 紅樹林—植物王國裡的「大內高手」。翰林自然科學天地 38: 11-17。

- 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、張志遠 (2003) 台南市安平港之紅樹林復育-直插五梨跤胎生苗之適應性研究。中華林業季刊 36(3): 221-234。
- 范貴珠、葉慶龍、顏江河、許博行 (2004) 安平港紅樹林監測報告(九十三年一月至三月)。高雄港務局、屏東科技大學院合作報告。36 頁。
- 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、葉俊宏、游皓鈞 (2006a) 安平港區海茄苳之林分結構及枯落物量變化。林業研究季刊 28(1): 1-14。
- 范貴珠、陳高樑、葉慶龍、陳喬增 (2006b) 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 (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(*Rhizophora stylosa*)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 (2008a) 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 (2008b) 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、范慧華 (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。澎湖縣政府、國立屏東科技大學合作報告。121 頁。
- 范貴珠 (2011) 臺灣紅樹林之人工復育。林業研究專訊 18(4): 25-30。

- 徐育民 (2008) 淡水河系紅樹林分布之環境因子研究。國立臺灣大學工學院土木工程學系碩士論文。53 頁。
- 黃元勳 (1983) 竹圍紅樹林生態系營養物質流轉之動力學研究。國立臺灣大學植物學研究所碩士論文。68 頁。
- 黃元勳、許銘志 (1995) 竹圍矮生帶紅樹林之生長限制因子研究。紅樹林生態系研討會論文集。3-19。
- 陳明義 (2006) 海岸及鹽濕地綠化。台灣林業 32(1): 27-29。
- 陳明男、廖天賜 (2006) 光度與溫度對四種紅樹林苗木光合作用之影響。林業研究季刊 28(2): 1-14。
- 陳高樑 (2010) 澎湖青螺濕地栽植紅樹林生長適應性之研究。國立屏東科技大學森林系碩士學位論文。112 頁。
- 張宜輝、王文卿、吳秋城、方柏州、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。
- 陳財輝、洪富文 (1993) 澎湖海岸林現況及颱風帶來鹽霧危害後林木恢復生長之調查。林業試驗所研究報告季刊 8(2): 129-142。
- 莫竹承、范航清、何斌源 (2001) 海水鹽度對兩種紅樹植物胚軸萌發的影響。植物生態學報 25(2): 235-239。
- 國家重要濕地資料庫入口網路 <http://www.wetland-tw.tcd.gov.tw/>
- 葉慶龍、范貴珠、顏江河、許博行 (2000) 安平港紅樹林復育監測計畫。高雄港務局、屏東科技大學合作報告。100 頁。
- 鄧書麟、呂福原、沈勇強、潘昱光 (2006) 台灣濱海鹽濕地造林技術與適應樹種調查。台灣林業 32(1): 30-35。
- 廖岩、陳桂珠 (2007) 三種紅樹植物對鹽壓迫的生理適應。生態學報 27(6): 2208-2214。

- 廖岩、蘭竹虹、陳桂珠 (2007) 鹽壓迫對紅海欖幼苗根莖葉膜保護系統的影響。生態環境 16(5): 1449-1454。
- 薛美莉 (1995) 消失中的濕地森林—記臺灣的紅樹林。臺灣省特有生物研究保育中心出版。116 頁。
- 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、蘇鴻傑 (1997) 森林植物生態學。台灣商務印書館。462 頁。
- AboEl-Nil, M. A. (2001) Growth and establishment of mangrove (*Avicennia marina*) on the coastlines of Kuwait. *Wetlands Ecology and Management* 9: 421-428.
- Alongi, D. M. (2002) Present state and future of the world's mangrove forests. *Environmental Conservation* 29(3): 331-349.
- Ashton, E. C., and D. J. Macintosh (2002) Preliminary assessment of the plant diversity and community ecology of the Sematan mangrove forest, Sarawak, Malaysia. *Forest Ecology and Management* 166: 111-129.
- Bosire, J. O., F. Dahdouh-Guebas, J. G. Kairo, and N. Koedam (2003) Colonization of non-planted mangrove species into restored mangrove stands in Gazi Bay, Kenya. *Aquatic Botany* 76: 267-279.
- Biber, P. D. (2006) Measuring the effects of salinity stress in the red mangrove, *Rhizophora mangle* L. *African Journal Agricultural Research*. 1(1): 1-4.
- Cintron, G. M., and Y. Schaeffer-Novelli (1984) Methods for studying mangrove structure: In: *The mangrove Ecosystem: research methods. Monographs on oceanographic methodology* 8: 91-113.
- Cole, T. G., K. C. Ewel, and N. N. Devoe (1999) Structure of mangrove trees and forests in Micronesia. *Forest Ecology and Management* 117:

95-109.

Duke, N. C., J. O. Meynecke, S. Dittmann, A. M. Ellison, K. Anger, U. Berger, S. Cannicci, K. Diele, K. C. Ewel, C. D. Field, N. Koedam, S. Y. Lee, C. Marchand, I. Nordhaus, and F. Dahdouh-Guebas (2007) A world without mangroves? *Science* 317(5834): 41-42.

ElAmry, M. (1998) Population structure, demography and life tables of *Avicennia marina* (Forssk.) at sites on the eastern and western coasts of the United Arab Emirates. *Marine and Freshwater Research* 49: 303-308.

Ellison, J. C. (2007) Manual for mangrove monitoring in the Pacific islands region. Secretariat of the Pacific Regional Environment Programme. 37 pp

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2007) The World's mangroves 1980-2005. FAO Forestry paper. pp153. FAO, Rome.

Farrant, J. M., P. Berjak, and N. W. Pammenter (1992a) Proteins in development and germination of a desiccation sensitive (recalcitrant) seed species. *Plant Growth Regulation* 11: 257-265.

Farrant, J. M., N. W. Pammenter, and P. Berjak (1992b) Development of the recalcitrant (Homoiohydrous) seeds of *Avicennia marina*: Anatomical, Ultra structural and biochemical events associated with development for differentiation to maturation. *Annals of Botany* 70: 75-86.

Fan, K. C. (2008) Population structure, allometry and above-ground biomass of *Avicennia marina* forest at the Chishui River Estuary, Tainan County, Taiwan. *Quarterly Journal of Forest Research* 30(2): 1-12. [in English with Chinese summary].

Fang, W. T, and J. Y. Chou (2008) Dwarf and fringe mangrove forest stands

of Calabash Caye (Belize): A structural and functional comparison. *Journal of Ecology and Environmental Sciences* 1: 1-12.

Fernandes, M. E. B. (2000) A structural analysis of *Rhizophora*, *Avicennia*, and *Laguncularia* forests on Maracá Island, Amapá, Brazil. In: Lieberei R, Bianchi HK, Boehm V, and Reisdorff C editors. German-Brazilian workshop on neotropical ecosystems-achievements and prospects of cooperative research Hamburg; 2000 September 3-8; GKSS-Geesthacht. p 565-572.

Fromard, F., H. Puig, E. Mougín, G. Marty, J. L. Betoulle, and L. Cadmuro (1998) Structure, above-ground biomass and dynamics of mangrove ecosystems: new data from French Guiana. *Oecologia* 115: 39-53.

Field, C. D. (1998) Rehabilitation of mangrove ecosystems: An overview. *Marine Pollution Bulletin* 37: 383-392.

Gee, G. W., and J. W. Bauber (1986) Particle-size analysis. P. 383-411. In A. Klute(ed) *Methods of soil analysis. Part1: Physical and Mineralogical Methods*. 2nd ed. "Agronomy Monograph no.9. ASA and SSSA, Madison, WI, USA.

Giri, C., E. Ochieng, L. L. Tieszen, Z. Zhu, A. Singh, T. Loveland, J. Masek, and N. Duke (2011) Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography* 20: 154-159.

Hwang, Y. H., and S. C. Chen (1995) Salt tolerance in seedling of the mangrove *Kandelia candel* (L.) Druce, *Rhizophoraceae*. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 36: 25-31.

Harty, C., and D. Cheng (2003) Ecological assessment and strategies for the management of mangroves in Brisbane Water-Gosford, New South Wales, Australia. *Landscape and Urban Planning* 62: 619-640.

- Hsueh, M. L., and H. H. Lee (2002) Diversity of the mangrove forests in Taiwan. *Wetlands Ecology and Management* 8: 233-242.
- Imbert, D., A. Rousteau, and P. Scherrer (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.
- Kamthonkiat, D., C. Rodfai, A. Saiwanrungskul, S. Koshimura, and M. Matsuoka (2011) Geoinformatics in mangrove monitoring: damage and recovery after the 2004 Indian Ocean Tsunami in Phang Nga, Thailand. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 11: 1851-1862.
- Kao, W. Y., C. N. Shin, and T.T. Tsa (2004) Sensitivity to chilling temperatures and distribution differ in the mangrove species *Kandelia candel* and *Avicennia marina*. *Tree Physiology* 24: 859-864.
- Kathiresan, K., and B. L. Bingham (2001) Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology* 40: 81-251.
- Kathiresan, K., and N. Rajendran (2005) Coastal mangrove forests mitigated tsunami. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 65(3): 601-606.
- Kristensen, E., S. Bouillon, T. Dittmar, and C. Marchand (2008) Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review. *Aquatic Botany* 89: 201-219.
- Liao, W. B., C. Y. Lan, Q. J. Zan, Y. S. Wong, and F. Y. Tam (2004) Growth dynamics and self-thinning of the dominant populations in the mangrove community. *Acta Botanica Sinica* 46(5): 522-532.
- Linton, D. M., and G. F. Warner (2003) Biological indicators in the Caribbean coastal zone and their role in integrated coastal management. *Ocean Coast Management* 46: 261-276.
- Liu, K., X. Li, X. Shi, and S. Wang (2008) Monitoring mangrove forest changes using remote sensing and gis data with decision-tree learning.

Wetlands 28(2): 336-346.

- Meinardi, D. (2010) Development of a comprehensive mangrove monitoring system in the Mekong Delta, Viet Nam. Master of Science thesis in Water Resources Management in Tropical and Subtropical Regions Leuphana University of Lüneburg. 99pp.
- Naoko, M., A. B. Bardel, Y. Yasuhito, and Y. Ken (2003) Stand structure of mangrove (*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.) forests on the coast of gulf of Oman. Journal Japanese Society of Revegetation Technology 29(1): 125-30.
- Naidoo, G. (2006) Factors contributing to dwarfing in the mangrove *Avicennia marina*. Annals of Botany 97: 1095-1101.
- Nelson, D. W., and L. E. Sommer (1982) Total carbon, organic carbon, and organic matter. pp579.
- Nikam, V. S., A. Kumar, K. Lalla, and K. Gupta (2009) Conservation of wetlands and mangroves in Thane Creek and Ulhas River Estuary, India. Journal of Environmental Science and Engineering 51(3): 157-162.
- Osborne, D. J., and P. Berjak (1997) The making of mangroves: the remarkable pioneering role played by seeds of *Avicennia marina*. Endeavour 21(4): 143-147.
- Osunkoya, O. O., and R. G. Creese (1997) Population structure, spatial pattern and seedling establishment of the grey mangrove, *Avicennia marina* var. *australasica*, in New Zealand. Australian Journal of Botany 45: 707-725.
- Ruiz-Jaen, M. C., and T. M. Aide (2005) Restoration success: How is it being measured? Restoration Ecology 13(3): 569-577.
- Saifullah, S. M., S. S. Shaukat, and S. Shams (1994) Population structure

- and dispersion pattern in mangroves of Karachi, Pakistan. *Aquatic Botany* 47: 329-340.
- Sherrod, C. L., D. L. Hockaday, and C. McMillan (1986) Survival of red mangrove *Rhizophora mangle*, on the Gulf of Mexico coast of Texas. *Marine Science* 29: 27-36.
- Sherman, R., T. J. Fahey, and R. W. Howarth (1998) Soil-plant interactions in a neotropical mangrove forest: iron, phosphorus and sulfur dynamics. *Oecologia* 115: 553-563.
- Sherman, R. E., T. J. Fahey, and J. J. Battles (2000) Small-scale disturbance and regeneration dynamics in a neotropical mangrove forest. *Journal of Ecology* 88: 165-178.
- Stewart, M., and S. Fairfull (2008) Mangroves. Profitable and Sustainable primary industries. 16 pp.
- Su, G. H., Y. L. Hung, F. X. Tan, X. W. Ni, T. Tang, and S. H. Shi (2006) Genetic variation in *Lumnitzera racemosa*, a mangrove species from the Indo-West Pacific. *Aquatic Botany* 84: 341-346.
- Tam, N. F. Y., and Y. S. Wong (1998) Variations of soil nutrient and organic matter content in a subtropical mangrove ecosystem. *Water, Air and Soil Pollution* 103: 245-261.
- Toledo, G., A. Rojas, and T. Bashan (2001) Monitoring of black mangrove restoration with nursery-reared seedlings on an arid coastal lagoon. *Hydrobiologia* 444: 101-109.
- Tomlinson, P. B. (1994) *The botany of Mangroves*. Cambridge University Press. 413pp. U. S. A.
- Tong, Y. F., S. Y. Lee, and B. Morton (2003) Effects of artificial defoliation on growth, reproduction and leaf chemistry of the mangrove *Kandelia candel*. *Journal of Tropical Ecology* 19: 397-406.

- Ukpong, I. E. (1992) The structure and soil relations of *Avicennia* mangrove swamps in southeastern Nigeria. *Tropical Ecology* 33(1): 1-16.
- Ward, G. A., T. J. Smith III, K. R. T. Whelan, and T. W. Doyle (2006) Regional processes in mangrove ecosystems: spatial scaling relationships, biomass, and turnover rates following catastrophic disturbance. *Hydrobiologia* 569: 517-527.
- Wakushima, S., S. Kuraishi, and N. Sakurai (1994) Soil salinity and pH in Japanese mangrove forests and growth of cultivated mangrove plants in different soil conditions. *Journal of Plant Research* 107: 39-46.
- Wei, L., C. Yam, X. Guo, and B. Ye (2008) Variation in the $\delta^{13}\text{C}$ of two mangrove plants is correlated with stomatal response to salinity. *Journal of Plant Growth Regulation* 27: 263-269.
- Yap, H. T. (2000) The case for restoration tropical coastal ecosystem. *Ocean and Coastal Management* 43: 841-851.
- Ye, Y., N. F. Y. Tam, C. Y. Lu, and Y. S. Wong (2005) Effects of salinity on germination, seedling growth and physiology of three salt-secreting mangrove species. *Aquatic Botany* 83: 193-205.

十、附錄

附錄一 青螺濕地永久樣區 2012 年 4 月土壤養分 含量監測原始資料

樣區編號(GPS)	OM%	TN(mg/kg)	TP(mg/kg)
1-1(25)	0.87	691	1960
1-2(26)	1.00	734	2650
1-3(27)	0.87	792	3610
2-1(28)	0.87	777	2650
2-2(29)	1.00	1036	3150
2-3(30)	1.49	806	3460
3-1(19)	2.24	1036	4950
3-2(20)	1.62	864	2850
3-3(21)	2.86	1454	4380
4-1(16)	1.12	835	2920
4-2(15)	1.00	619	3690
4-3(17)	1.00	849	4730
5-1(22)	1.62	864	2880
5-2(24)	1.12	748	2160
5-3(01)	1.24	734	3960
6-1(13)	1.74	1252	5420
6-2(14)	0.50	907	3190
6-3(15)	0.48	465	1256
7-1(9)	2.74	979	2310
7-2(11)	4.98	1713	4380
7-3(12)	1.62	979	7250

附錄二 青螺濕地永久樣區 2012 年 9 月土壤養分 含量監測原始資料

樣區編號(GPS)	OM%	TN(mg/kg)	TP(mg/kg)
1-1(25)	1.3	504	132.2
1-2(26)	1.0	461	46.0
1-3(27)	0.6	504	9.2
2-1(28)	1.4	604	98.8
2-2(29)	1.0	590	46.0
2-3(30)	0.9	489	46.1
3-1(19)	1.4	461	66.5
3-2(20)	2.3	576	89.0
3-3(21)	1.6	504	210.5
4-1(16)	2.1	648	128.3
4-2(15)	0.1	374	10.1
4-3(17)	1.2	518	57.8
5-1(22)	1.4	504	189.8
5-2(23)	1.3	734	115.8
5-3(01)	1.2	820	97.1
6-1(13)	1.6	576	51.5
6-2(14)	0.8	360	25.2
6-3(8)	1.9	619	99.9
7-1(9)	3.2	648	76.6
7-2(11)	2.6	691	54.6
7-3(12)	0.8	461	45.9

附錄三 青螺濕地永久樣區 2012 年 4 月土壤底質 粒徑分析原始資料

土質成分				砂粒				
樣區	砂粒	粘粒	粉粒	極粗	粗	中	細	極細
1-1(25)	72.9	10.5	16.6	12.10	26.3	12.3	15.6	6.59
1-2(26)	59.5	12.0	28.5	3.7	15.6	15.4	18.1	6.71
1-3(27)	53.2	14.2	32.61	5.6	11.1	17.8	12.1	6.58
2-1(28)	55.0	14.6	30.4	15.50	12.4	8.8	10.8	7.54
2-2(29)	55.9	17.5	26.6	11.80	14.6	10.9	13.4	5.22
2-3(30)	57.2	16.50	26.3	9.54	15.4	10.2	15.38	6.64
3-1(19)	59.3	11.6	29.1	8.14	3.6	31.5	12.9	3.21
3-2(20)	75.0	12.2	12.8	4.26	10.3	38.5	16.5	5.46
3-3(21)	73.9	10.4	15.7	1.05	7.2	40.8	17.05	7.75
4-1(16)	74.5	13.0	12.5	1.26	10.6	36.6	15.35	10.7
4-2(15)	74.2	9.60	16.24	3.58	11.2	25.2	22.5	11.70
4-3(17)	69.3	11.4	19.3	5.4	8.7	33.2	15.38	6.64
5-1(22)	48.6	13.5	37.9	7.26	11.2	8.8	15.7	5.65
5-2(24)	55.9	17.20	26.9	11.00	15.6	11.0	13.2	5.12
5-3(01)	54.7	15.3	30.1	5.41	11.2	13.5	15.6	8.97
6-1(13)	56.1	12.37	31.5	0.58	7.9	30.6	11.5	5.54
6-2(14)	76.7	16.8	6.56	0.5	12.1	38.3	16.37	9.41
6-3(8)								
7-1(9)	72.1	16.6	11.3	6.5	10.2	24.04	16.08	15.20
7-2(11)	58.3	11.7	29.9	8.98	8.88	15.40	19.44	5.60
7-3(12)	72.3	10.6	17.09	1.2	3.8	40.59	19.6	7.20

附錄四 青螺濕地永久樣區 2012 年 9 月土壤底質 粒徑分析原始資料

土質成分				砂粒				
樣區	砂粒	粘粒	粉粒	極粗	粗	中	細	極細
1-1(25)	73.8	13.0	13.1	4.08	22.9	27.0	11.3	7.33
1-2(26)	75.3	11.4	13.3	14.6	18.3	25.0	11.6	5.00
1-3(27)	81.3	11.6	7.18	14.0	28.3	25.6	10.5	2.58
2-1(28)	73.3	12.2	14.5	6.08	21.0	28.3	12.1	4.83
2-2(29)	64.5	10.4	25.1	2.33	19.2	26.3	11.0	5.00
2-3(30)	62.1	9.77	28.1	3.58	18.1	25.9	9.42	4.17
3-1(19)	76.8	11.7	11.5	2.50	19.1	34.6	14.9	5.08
3-2(20)	67.3	10.6	22.1	3.83	17.3	27.3	13.2	4.83
3-3(21)	67.3	12.4	20.4	1.92	15.3	20.6	7.75	4.33
4-1(16)	51.0	15.3	33.7	5.92	13.5	14.6	9.58	14.8
4-2(15)	89.4	9.93	0.65	8.08	32.3	34.3	13.5	14.2
4-3(17)	52.3	16.6	31.0	13.3	15.4	12.6	8.42	9.42
5-1(22)	61.1	16.8	22.2	2.75	17.6	23.4	10.0	5.75
5-2(23)	50.4	9.60	40.0	2.42	20.3	27.3	11.3	6.42
5-3(01)	70.3	11.4	18.3	6.25	19.9	26.7	12.7	4.25
6-1(13)	70.6	9.73	19.7	4.25	15.3	23.8	19.1	7.58
6-2(14)	88.1	10.6	1.28	10.2	37.7	29.3	8.75	2.00
6-3(8)	58.0	20.9	21.1	20.5	10.3	8.08	10.0	8.08
7-1(9)	62.7	17.6	19.7	28.2	11.3	7.17	9.92	5.67
7-2(11)	43.7	26.7	29.6	8.33	8.50	7.08	9.92	8.67
7-3(12)	78.8	12.6	8.57	32.9	11.9	9.75	15.3	8.42

附錄五 青螺濕地 2012 年永久樣區林木調查原始資料

日期：2012.09.16

樣區編號：I-1

面積：5*5 m²

中央點衛星座標：X 111932；Y 261181

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	海茄苳	100	47	
2	海茄苳	100	28	
3	海茄苳	145	38	
4	海茄苳	78	42	
5	海茄苳	112	54	
6	海茄苳	72	23	
7	海茄苳	118	32	
8	海茄苳	68	41	
9	海茄苳	91	39	
10	海茄苳	120	35	
11	海茄苳	31	28	
12	海茄苳	71	33	
13	海茄苳	65	40	
14	海茄苳	52	26	
15	海茄苳	85	35	
16	海茄苳	64	33	
17	海茄苳	61	32	
18	海茄苳	100	32	
19	海茄苳	89	37	
20	海茄苳	166	61	
21	海茄苳	193	84	
22	海茄苳	91	49	
23	海茄苳	151	73	
24	海茄苳	121	50	
25	海茄苳	23	31	
26	海茄苳	72	28	
27	海茄苳	78	36	
28	海茄苳	75	29	

29	海茄苳	50	23	
30	海茄苳	無	無	
31	海茄苳	78	37	
32	海茄苳	52	30	
33	海茄苳	74	27	
34	海茄苳	71	25	
35	海茄苳	38	13	
36	海茄苳	62	39	
37	海茄苳	56	36	
38	海茄苳	66	25	
39	海茄苳	無	無	
40	海茄苳	40	36	
41	海茄苳	60	27	
42	海茄苳	36	26	
43	海茄苳	48	20	
44	海茄苳	24	24	
小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.16

樣區編號：I-2

面積：5*5 m²

中央點衛星座標：X 111903；Y 2611155

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	海茄苳	113	31	
2	海茄苳	83	39	
3	海茄苳	26	32	
4	海茄苳	22	25	
5	海茄苳	27	34	
6	海茄苳	無	無	
7	海茄苳	21	19	
8	海茄苳	39	28	
9	海茄苳	43	58	
10	海茄苳	28	27	
11	海茄苳	58	65	
12	海茄苳	23	23	
13	海茄苳	81	69	

14	海茄苳	70	64	
15	海茄苳	38	30	
16	海茄苳	83	63	
17	海茄苳	20	9	
18	海茄苳			死亡
19	海茄苳	18	13	
20	海茄苳	無	無	
小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.16

樣區編號：I-3

面積：5*5 m²

中央點衛星座標：X 111903；Y 2611101

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	海茄苳	23	29	
2	海茄苳	36	28	
3	海茄苳	36	27	
4	海茄苳	20	26	
5	海茄苳	39	24	
6	海茄苳	32	32	
7	海茄苳	20	33	
8	海茄苳	16	29	
9	海茄苳	18	24	
10	海茄苳	33	31	
11	海茄苳	24	30	
12	海茄苳	44	36	
13	海茄苳	39	31	
14	海茄苳	28	28	
15	海茄苳	20	19	
16	海茄苳			死亡
17	海茄苳	無	無	
18	海茄苳	20	14	
19	海茄苳	27	16	
20	海茄苳	25	27	
小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.16

樣區編號：II-1

面積：5*5 m²

中央點衛星座標：X 111953；Y 2611204

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	欖李	215	131	
2	欖李	220	38	
3	欖李	211	82	
4	欖李	161	69	
5	欖李	206	82	
6	欖李	191	84	
7	欖李	230	66	因分叉枝，僅量主幹
8	海茄苳	187	78	
9	海茄苳	103	49	
10	海茄苳	83	41	
11	海茄苳	53	25	
12	海茄苳	53	36	
13	海茄苳	76	33	
14	海茄苳	50	28	
15	海茄苳	110	113	
16	海茄苳	59	42	
17	海茄苳	54	40	
18	海茄苳	36	25	
19	海茄苳	76	35	
20	海茄苳	60	46	
21	海茄苳	196	95	
22	海茄苳	50	39	
23	海茄苳	197	60	
24	海茄苳	140	63	
25	海茄苳	78	53	
26	海茄苳	50	50	
27	海茄苳	170	90	
28	海茄苳	26	24	
29	海茄苳	無	無	
小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.16

樣區編號：II-2

面積：5*5 m²

中央點衛星座標：X 111966；Y 2611185

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	水筆仔	151	49	
2	水筆仔	99	36	
3	水筆仔	72	18	
4	水筆仔			死亡
5	水筆仔	112	32	
6	水筆仔	102	53	
7	水筆仔	92	36	
8	水筆仔	161	53	
9	水筆仔	118	26	
10	水筆仔	140	58	
11	水筆仔	134	56	
12	水筆仔	110	52	
13	水筆仔	130	48	
14	水筆仔	138	46	
15	水筆仔	128	53	
16	水筆仔	140	41	
17	水筆仔	124	52	
18	水筆仔	140	56	
19	水筆仔	152	58	
20	水筆仔	118	61	
21	水筆仔	121	57	
22	水筆仔	110	64	
23	水筆仔	111	47	
24	海茄苳	52	9	
25	水筆仔	108	39	
26	海茄苳	47	7	
27	水筆仔	122	51	
28	海茄苳	52	12	
小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.16

樣區編號：III-1

面積：5*5 m²

中央點衛星座標：X 111996；Y 261197

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	欖李	148	67	
2	欖李	148	53	
3	欖李	138	53	
4	欖李	110	47	
5	欖李	無	無	
6	欖李	148	33	
7	欖李	149	31	
8	欖李	90	57	
9	欖李	68	46	
10	欖李	70	33	
11	欖李	152	59	
12	欖李	112	57	
13	欖李	151	55	
14	欖李	148	75	
15	欖李	62	40	被壓木
16	海茄苳	111	50	
17	海茄苳	139	54	
18	海茄苳	123	51	
19	海茄苳	132	53	
20	海茄苳	130	46	
21	海茄苳	118	41	
22	海茄苳	130	39	
23	海茄苳	137	74	
小苗				小苗總數：11

日期：2012.09.16

樣區編號：III-2

面積：5*5 m²

中央點衛星座標：X 112007；Y 2611176

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	海茄苳	250	290	
2	海茄苳	200	100	
3	海茄苳	230	112	
4	海茄苳	228	95	
5	海茄苳	78	43	
6	海茄苳	無	無	
7	海茄苳	93	42	
8	水筆仔	120	45	
9	水筆仔	100	49	
10	水筆仔	100	33	
11	水筆仔	78	23	被壓木
12	水筆仔	160	35	
小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.16

樣區編號：

面積：5*5 m²

IV-1

中央點衛星座標：X 112028；Y 2611167

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	海茄苳	90	46	
2	海茄苳	96	53	因分叉枝，僅量主幹
3	海茄苳	90	38	
4	海茄苳	120	56	因分叉枝，僅量主幹
5	海茄苳	無	無	
6	海茄苳	無	無	
7	海茄苳	53	36	
8	海茄苳	96	59	
9	海茄苳	無	無	
10	水筆仔	114	32	
11	海茄苳	187	74	
12	海茄苳	130	47	
13	海茄苳	113	39	
14	海茄苳	156	47	
15	海茄苳	93	43	
16	海茄苳	130	53	
17	水筆仔	81	40	
18	水筆仔	55	20	
19	海茄苳	135	60	因分叉枝，僅量主幹
20	海茄苳	53	33	
21	海茄苳	112	52	因分叉枝，僅量主幹
22	水筆仔	130	40	
23	海茄苳	205	76	
24	水筆仔			死亡
25	海茄苳	115	45	
26	海茄苳	126	41	
27	水筆仔	95	33	
28	水筆仔	104	48	
小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.16

樣區編號：

面積：5*5 m²

IV-2

中央點衛星座標：X 112059；Y 2611148

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	五梨跤			死亡
2	五梨跤	104	25	
3	五梨跤	135	39	
4	五梨跤	103	33	
5	五梨跤			死亡
6	五梨跤	119	32	
7	五梨跤	211	33	
8	五梨跤	無	無	
9	海茄苳	無	無	
10	五梨跤	82	33	
11	五梨跤	93	61	
12	海茄苳	241	58	
13	五梨跤	192	31	
14	五梨跤	190	29	
15	五梨跤	152	39	
16	五梨跤	138	29	
17	五梨跤	179	24	
18	五梨跤	189	39	
19	五梨跤	211	41	
20	海茄苳	208	84	因分叉枝，僅量主幹
21	五梨跤	170	45	
22	海茄苳	200	91	
23	海茄苳	無	無	
24	五梨跤	174	34	
小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.16

樣區編號：V-1

面積：5*5 m²

中央點衛星座標：X 111963；Y 2611123

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	海茄苳	130	86	
2	海茄苳	無	無	
3	海茄苳	無	無	
4	海茄苳	無	無	
5	海茄苳	183	68	
6	海茄苳	168	134	
7	海茄苳	86	39	
8	海茄苳	123	95	
9	海茄苳	162	71	
10	海茄苳	131	59	
11	海茄苳	106	78	
12	海茄苳	116	58	
13	海茄苳	134	43	
14	海茄苳	129	47	
15	海茄苳	無	無	
16	海茄苳	70	29	
17	海茄苳	無	無	
18	海茄苳	92	41	
19	海茄苳	113	47	
20	海茄苳	148	47	
21	海茄苳	95	69	
22	海茄苳	148	42	
23	海茄苳	93	40	
24	海茄苳	143	39	
25	海茄苳	165	82	
26	海茄苳	131	71	
27	海茄苳	123	101	
28	海茄苳	152	123	
29	海茄苳	118	74	
小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.16

樣區編號：V-2

面積：5*5 m²

中央點衛星座標：X 111972；Y 2611070

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	海茄苳	87	47	
2	海茄苳	90	39	
3	海茄苳	91	54	
4	海茄苳	90	35	
5	海茄苳	70	21	
6	海茄苳	79	27	
7	海茄苳	109	36	
8	海茄苳	122	52	
9	海茄苳	82	23	
10	海茄苳	78	31	
11	海茄冬	156	73	
小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.16

樣區編號：V-3

面積：5*5 m²

中央點衛星座標：X 112005；Y 2611066

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	海茄苳	128	54	
2	海茄苳	101	50	
3	海茄苳	無	無	
4	海茄苳	92	37	
5	海茄苳	112	47	
6	海茄苳	100	32	
7	海茄苳	無	無	
8	海茄苳	72	46	
9	海茄苳	無	無	
10	海茄苳	90	39	
11	海茄苳	71	29	
12	海茄苳	73	29	
13	海茄苳	95	30	

14	海茄苳	82	39	
15	海茄苳	110	57	
16	海茄苳	92	41	
17	海茄苳	90	26	
18	海茄苳	84	49	
19	海茄苳	60	24	
20	海茄苳	77	19	
小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.16

樣區編號：V-4

面積：5*5 m²

中央點衛星座標：X 111987；Y 2611122

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	五梨跤	135	35	
2	五梨跤	85	29	
3	五梨跤			死亡
4	五梨跤	110	28	
5	五梨跤	130	27	
6	五梨跤	128	31	
7	五梨跤	148	31	
8	五梨跤	148	22	
9	五梨跤	161	28	
10	五梨跤	167	32	
11	五梨跤	140	22	
12	五梨跤	148	26	
13	五梨跤			死亡
14	五梨跤	159	38	
15	五梨跤	153	28	
16	五梨跤	121	35	
17	海茄苳	47	13	
18	海茄苳	72	19	
19	海茄苳	72	18	
20	海茄苳	143	86	
21	海茄苳	無	無	
22	海茄苳	40	9	
23	海茄苳	69	16	

24	海茄苳	70	16	
25	海茄苳	71	12	
26	海茄苳	82	32	
27	海茄苳	45	11	
小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.16

樣區編號：V-5

面積：5*5 m²

中央點衛星座標：X 112005；Y 2611101

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	海茄苳	71	13	
2	海茄苳	60	30	
3	海茄苳	55	23	
4	海茄苳	99	52	
5	海茄苳	69	17	
6	海茄苳	58	12	
7	海茄苳	69	13	
8	海茄苳	51	11	
9	海茄苳	52	12	
10	海茄苳	46	13	
11	海茄苳	42	12	
12	海茄苳	44	9	
13	海茄苳	54	11	
14	海茄苳	51	11	
15	海茄苳	45	11	
16	海茄苳	42	8	
17	海茄苳	66	9	
18	海茄苳	48	10	
19	海茄苳	60	11	
20	海茄苳	49	8	
21	海茄苳	31	5	
22	海茄苳	無	無	
23	海茄苳	55	8	
24	海茄苳	40	9	
25	海茄苳	無	無	
26	海茄苳	無	無	

27	海茄苳	50	10	
28	海茄苳	65	16	
29	海茄苳	60	15	
30	海茄苳	51	13	
31	海茄苳	60	17	
32	海茄苳	59	16	
33	海茄苳	38	13	
34	海茄苳	73	26	
35	海茄苳	74	21	
36	海茄苳	84	27	
37	海茄苳	37	8	
小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.16

樣區編號：V-6

面積：10*10 m²

中央點衛星座標：X 112011；Y 2611120

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	海茄苳	232	110	
2	海茄苳	171	68	
3	海茄苳	150	53	
4	海茄苳	159	98	
5	海茄苳	69	43	
6	海茄苳	160	58	因分叉枝，僅量主幹
7	海茄苳	163	139	
8	海茄苳	92	10	
9	海茄苳	89	60	因分叉枝，僅量主幹
10	海茄苳	71	86	
11	海茄苳	320	25	
12	海茄苳	125	64	
13	海茄苳	77	74	
14	海茄苳	146	98	
15	海茄苳	232	148	
小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.16

樣區編號：

面積：3*3m²

VI-1

中央點衛星座標：X 112012；Y 2611029

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	海茄苳	120	37	
2	海茄苳	91	30	
3	海茄苳	59	16	
4	海茄苳	70	21	
5	海茄苳	70	29	
6	海茄苳	136	67	
7	海茄苳	62	19	
8	海茄苳	77	28	
9	海茄苳	無	無	
10	海茄苳	78	32	
11	海茄苳	88	22	
12	海茄苳	45	15	
13	海茄苳	無	無	
14	海茄苳	38	10	
15	海茄苳	無	無	
16	海茄苳	95	38	
17	海茄苳	無	無	
18	海茄苳	無	無	
19	海茄苳	無	無	
20	海茄苳	無	無	
21	海茄苳	無	無	
22	海茄苳	51	8	
小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.16

樣區編號：

面積：5*5 m²

VI-2

中央點衛星座標：X 111973；Y 2611031

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	海茄苳	92	41	
2	海茄苳	60	11	
3	海茄苳	60	12	
4	海茄苳	98	38	
5	海茄苳	112	32	
6	海茄苳	66	27	
7	海茄苳	98	33	
8	海茄苳	86	35	
9	海茄苳	94	22	
10	海茄苳	102	36	
11	海茄苳	103	60	
12	海茄苳	140	48	
13	海茄苳	78	37	
小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.15

樣區編號：

面積：5*5 m²

VI-3

中央點衛星座標：X 112108；Y 2611027

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	海茄苳	118	46	涵管
2	海茄苳	100	22	
3	海茄苳	無	無	
4	海茄苳	140	35	
5	海茄苳	142	29	
6	海茄苳	150	40	
7	海茄苳	140	54	
8	海茄苳	130	49	
9	海茄苳	180	64	
10	海茄苳	121	31	
11	海茄苳	160	39	
12	海茄苳	150	49	
13	海茄苳	158	43	
14	海茄苳	無	無	
15	海茄苳	60	22	
16	海茄苳	211	50	
17	海茄苳	185	46	
18	海茄苳	171	42	
19	海茄苳	無	無	
20	海茄苳	160	55	
21	海茄苳	220	63	
22	海茄苳	240	43	
23	海茄苳	160	52	
小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.15

樣區編號：VII-1

面積：5*5 m²

中央點衛星座標：X 112156；Y 2611009

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	海茄苳	60	21	
2	海茄苳	90	44	
3	海茄苳	50	49	
4	海茄苳	132	41	
5	海茄苳	117	39	
6	海茄苳	無	無	
7	海茄苳	125	58	
8	海茄苳	126	57	
9	海茄苳	110	51	
10	海茄苳	106	39	
11	海茄苳	120	57	
12	海茄苳	53	43	
13	海茄苳	101	48	
14	海茄苳	73	39	
15	海茄苳	36	36	
16	海茄苳	100	43	
17	海茄苳	無	無	
18	海茄苳	70	44	
19	海茄苳	80	64	
20	海茄苳	50	48	頂枯
21	海茄苳	90	36	頂枯
22	海茄苳	161	58	
小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.15

樣區編號：VII-2

面積：5*5 m²

中央點衛星座標：X 112163；Y 2610972

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	海茄苳	130	75	
2	海茄苳	72	55	頂枯
3	海茄苳	110	59	
4	海茄苳	130	78	
5	海茄苳	無	無	
6	海茄苳	35	49	頂枯
7	海茄苳	87	59	
8	海茄苳	62	66	
9	海茄苳	54	50	頂枯
10	海茄苳	66	48	頂枯
11	海茄苳	61	42	頂枯
12	海茄苳	無	無	
13	海茄苳	無	無	
14	海茄苳	108	54	頂枯
15	海茄苳	91	93	頂枯
16	海茄苳	60	47	
17	海茄苳	90	66	頂枯
18	海茄苳	28	26	頂枯
19	海茄苳	64	56	
20	海茄苳	無	無	
21	海茄苳	無	無	
22	海茄苳	90	37	
23	海茄苳	110	73	
24	海茄苳	50	54	
25	海茄苳	48	57	
26	海茄苳	31	52	頂枯
27	海茄苳	52	16	
28	海茄苳	50	42	頂枯
29	海茄苳	150	70	
30	海茄苳	無	無	
31	海茄苳	80	51	

32	海茄苳	無	無	
33	海茄苳	50	53	頂枯
34	海茄苳	130	46	
35	海茄苳	無	無	
36	海茄苳	50	39	
小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.15

樣區編號：VII-3

面積：5*5 m²

中央點衛星座標：X 112214；Y 2610923

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	海茄苳	無	無	
2	海茄苳	無	無	
3	海茄苳	215	55	
4	海茄苳	211	75	
5	海茄苳	193	65	
6	海茄苳	214	68	
7	海茄苳	無	無	
8	海茄苳	220	64	
9	海茄苳	無	無	
10	海茄苳	142	51	
11	海茄苳	140	33	
12	海茄苳	189	51	
13	海茄苳	230	56	
14	海茄苳	71	16	
15	海茄苳	215	51	
16	海茄苳	211	96	
17	海茄苳	無	無	
18	海茄苳	120	51	
19	海茄苳	250	80	
20	海茄苳	220	80	
21	海茄苳	175	71	
22	海茄苳	無	無	
23	海茄苳	無	無	
24	海茄苳	171	52	

小苗				小苗總數：0

日期：2012.09.16

樣區編號：VII-4

面積：5*5 m²

中央點衛星座標：X 112282；Y 2610813

調查人員：何中台、郭卜文、陳正倫、范貴珠

樣木編號	樹種	樹高(cm)	地徑(mm)	備註
1	欖李	255	54	
2	欖李	174	44	倒伏
3	欖李	315	61	
4	欖李	無	無	
5	欖李	210	41	頂枯
6	欖李	311	54	
7	欖李	319	64	
8	欖李	290	58	
9	海茄苳	200	78	
10	海茄苳	221	48	
11	海茄苳	無	無	
12	海茄苳	230	42	
13	海茄苳	無	無	
14	海茄苳	211	62	
15	海茄苳	209	49	
16	海茄苳	287	61	
17	海茄苳	205	57	
小苗				小苗總數：0

附錄六 青螺濕地紅樹林復育歷程解說資料

澎湖青螺濕地水上森林--紅樹林之復育

紅樹林的重要性及價值

紅樹林(mangrove)是指生長於熱帶及亞熱帶沿海潮間帶或河口軟泥之常綠喬木或灌木，全球約有 70 多種。紅樹林因具有特殊的呼吸根及支持根，獨特的胎生現象等生態習性，在經濟、環境及生態方面都具有重要的功能，包括：

1. 做為建材、薪材、染料及藥用等經濟用途。
2. 具防風、護堤、淨化污染及提供野生動物棲所等環境保護功能。
3. 具生態、遊憩及學術教育等多重功能。

復育地概述

真武廟前濕地於 1958 年時由農委會補助栽植海茄苳，1960-1970 年間大永水產公司承租部分濕地興建魚塢，原本茂密成林之紅樹林遭砍伐破壞。澎湖造林工作隊於 1993 年時，曾栽植約 800 株 2-4 年生海茄苳苗木，但成活率僅有 10%左右(照片 1、2)。



照片 1：真武廟前濕地復育前呈現空曠荒涼景觀



照片 2：1993 年以 2-4 年生海茄苳大苗栽植之成活率約 10%

復育單位：屏東科技大學及澎湖縣政府林務課

復育期間：1994-2000 年

復育及栽植樹種：海茄苳、五梨跤(紅海纜)、水筆仔及欖李

復育栽植方法：

1. 海茄苳果實直播造林—1994 年以棍棒挖約 3 cm 深之淺溝，直接放入成熟果實後覆蓋土壤壓實(照片 7)。
2. 五梨跤及水筆仔直播造林—1994 及 1995 年將胎生苗直接插入土壤中，插入深度約胎生苗長度之 1/3 (照片 8、9)。
3. 欖李軟盆苗栽植造林—1997 年以 2 年生之欖李苗木栽植在靠近岸邊處(照片 10)。



照片 7：於 3 cm 淺溝中播入剝皮之海茄苳成熟果實



照片 8：1994 年時雇工直插五梨跤胎生苗



照片 9：五梨跤胎生苗插入土壤約 1/3 長度



照片 10：欖李以容器苗栽植於較靠近岸邊淹水較少處

復育環境惡劣：

本濕地為封閉之魚塭區，僅有一處海水出入口，並非紅樹林生長之平緩潮間帶；此外，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季風及鹽霧危害，導致復育栽植苗木生長非常緩慢。

各樹種之復育生長成效：

1.海茄苳

1994 年將海茄苳果實以直播方式造林，在果實發芽後前 3 年之苗木生長迅速，但生長逐漸呈現緩慢狀態；尤其在地勢較高且乾燥地區，苗木生長至今均呈現匍匐停滯生長。由於本樹種為最耐鹽的紅樹林，目前已經成為本濕地之優勢樹種，每年均有大量結實作為天然更新的材料，但周圍之堤岸導致林木拓展空間受限(照片 11-22)。



照片 11：1995 年直播海茄苳果實 8 個月後苗木生長相當良好



照片 12：1995 年直播海茄苳苗木向外延伸之健壯根系



照片 13:1996 年直播海茄苳苗木已逐漸穩定生長



照片 14:1997 年直播海茄苳生長速率相當快



照片 15:2000 年靠近深水區之海茄苳呈匍匐性生長



照片 16:2000 年地勢較高之乾燥地區海茄苳生長矮小



照片 17:2000 年乾燥地區直播海茄苳 7 年後生長停滯



照片 18:2001 年因土壤堅硬貧瘠導致海茄苳生長緩慢



照片 19:2006 年時濕地海茄苳已經成為本區優勢樹種



照片 20:2012 年因生育地受限導致海茄苳擴展速度趨緩



照片 21:2012 年濕地漲潮時海茄苳美麗景觀



照片 22:2012 年海茄苳已可大量結實成為更新苗之來源

2. 五梨跤

直插五梨跤初期成活率約達 90%以上，但在第 3 年以後可能因為生育地土壤堅硬、貧瘠及每年東北季風強勁吹襲，導致生長在空曠處之五梨跤逐漸死亡；目前剩下之五梨跤每年均有產生胎生苗，可以作為天然更新的材料(照片 23-36)。



照片 23:1994 年直插於濕地靠岸之五梨
跤胎生苗第 1 年成活率高達 90%



照片 24:1996 年約 1/3 直插之五梨
跤胎生苗開始死亡



照片 25:1999 年僅剩少數五梨
跤成活且生長緩慢



照片 26:2000 年少數成活之 6 年生五梨
跤因土壤堅硬導致生長緩慢



照片 27:2000 年大部分 6 年生之五梨
跤可能因鹽霧危害而死亡



照片 28:2003 年少數成活之五梨
跤逐漸健壯生長



照片 29:2010 年為五梨
跤胎生苗數量最多的 1 年



照片 30:2010 年五梨
跤成熟胎生苗數量多供天然更新之材料



照片 31:2012 年陽光充足處生長之五梨
跤生長健壯，但被海茄荖包圍者已逐漸
死亡



照片 32:2012 年五梨跤樹體下有許多天
然更新幼苗



照片 33:2000 年直插於濕地中央之五梨
跤胎生苗 2 個月後已長出葉片



照片 34:2006 年濕地中央五梨跤因鹽霧
危害嚴重而大量死亡



照片 35:2009 年濕地中央有少數殘存五
梨跤生長不佳



照片 36:2009 年濕地中央少數周圍受海
茄荖保護之五梨跤生長良好

3. 水筆仔

1995 年直插五梨跤初期成活率約達 80%以上，藻類覆蓋為主要危害因子。直插前 3 年苗木生長非常良好，但因鹽分濃度高及東北季風影響，苗木逐漸死亡且生長呈現停滯狀態。目前水筆仔平均高度在 100-120 cm 之間，每年均有產生少量胎生苗，但因生長在較深水位置且胎生苗較小，因此少見天然更新苗生長。



照片 37:1996 年直插水筆仔初期成活率高



照片 38:1996 年直插水筆仔發育初期受藻類覆蓋嚴重



照片 39:2000 年 5 年生水筆仔苗木生長良好



照片 40:2000 年時濕地中央水筆仔生長良好但較台灣北部者矮小