

四分天下 嘉南沿海 地區倖存四種紅樹林 生存空間的競爭

作者：楊韻儒

就讀學校：北興國中

指導老師：張毓禎 徐宜廷



楊韻儒 1985 年生，嘉義市人。嘉大附小、北興國中畢業，目前是嘉義女中的學生。

在家排行老大，須負責照顧弟妹，所以養成特強獨立自理的能力，從小即喜好科學、藝術及閱讀，並對生物有濃厚的興趣；平時即努力學習而奠下紮實的根基，自認：「實力比學歷更重要」。

最大的願景是繼續邁向科學之旅，希望明年能夠做出更好的研究，成為吳健雄博士的第二，為世界貢獻心力，造福人群。

研究動機

生物課本中曾經題提到淡水竹的紅樹林具有奇特的胎生苗，生物老師便帶我們班上進行一趟紅樹林之旅，才深深了解到胎生植物並不是只有水筆仔一種，原來紅樹林還有很多家族，這些家族在大家努力保育之下，已有明顯增加的趨勢，而且在嘉南沿海地區維持著相當微妙的分布。

研究目的

- (1) 目前嘉南沿海地區紅樹林的種類及分布情形調查。
- (2) 環境因子與紅樹林分布的相關性。
- (3) 目前嘉南沿海地區紅樹林復育的情形。

實驗器材

導覽手冊

捲尺

小鏟子

測微器

照相機

上皿天平

量筒

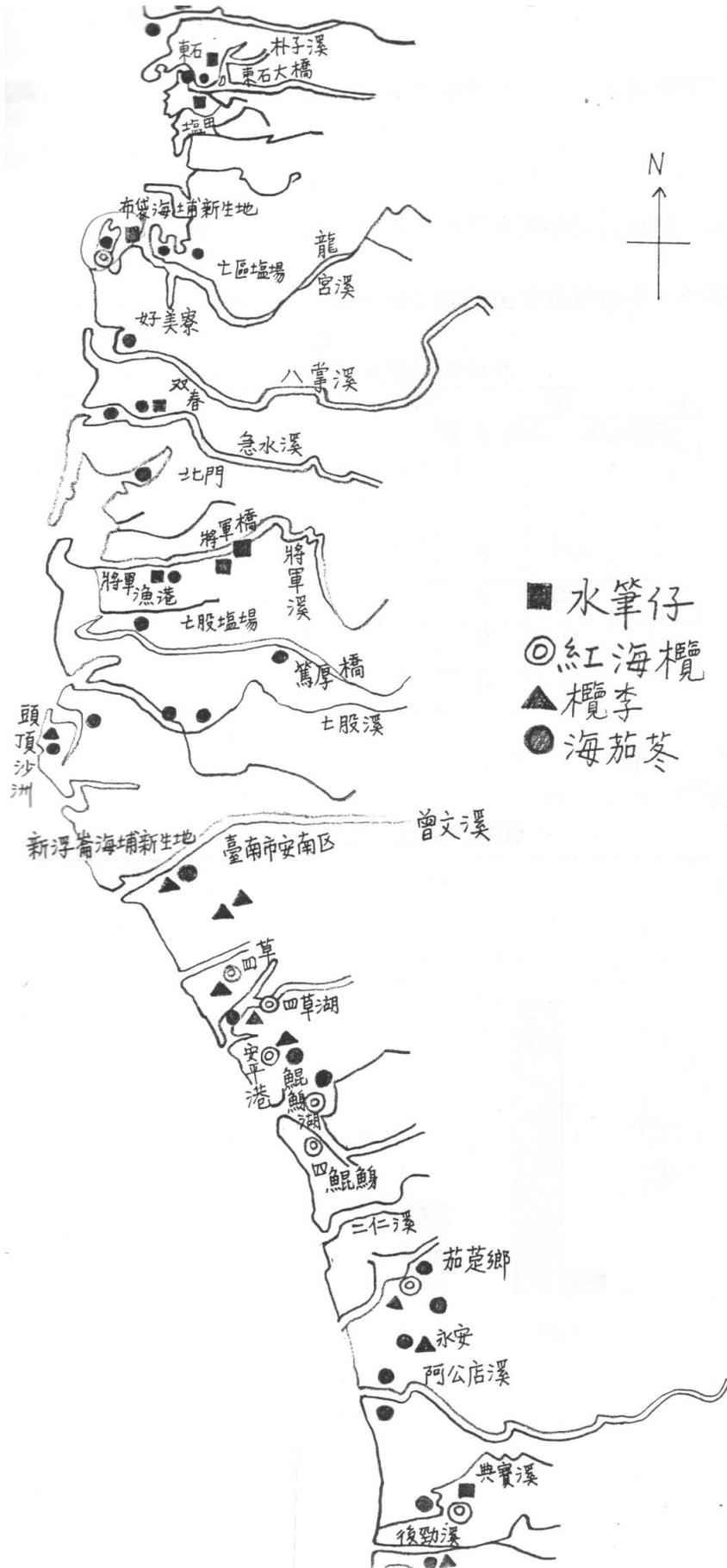
5 寸軟黑盆

實驗步驟

(一) 嘉南沿海地區紅樹林的種類和分布情形調查

1、利用每月週休二日的星期六和老師選擇一個區域進行種類和分布情形調查，為期三個月。

2、當種類和分布情形調查完畢後，選擇台南市四鯤鯓，台南縣雙春海濱公園，嘉義縣東石大橋做為定點觀察。（見圖一）



圖一：嘉南地區目前紅樹林分布地區

(二)、環境因子與紅樹林分布

1、果實的分佈

(1) 取各種紅樹林的果實5顆，利用上皿天平測出質量後，再利用排水法量出果實的體積，換算出各種種子的平均密度。

(2) 分別取 200mL 蒸餾水，河口的水及海水測出質量後換算成密度。

(3) 選擇大潮時，比較各種紅樹林果實20顆做記號，放入流水中再紀錄在水中浮沉及散布情形。

2、果實的萌芽

(1) 各取 50 株水筆仔和紅海欖的胎生苗依斜角 0 度(平放)、10 度、20 度、30 度、40 度、50 度、60 度、70 度、80 度、90 度共 10 組插入沙中，每組各 5 株胎生苗，每日澆從河口取回的淡鹽水。記錄萌芽和生長情形。

(2) 各取 50 顆掉落地面成熟的海茄荖和台灣欖李的種子，25 顆平放沙上 25 顆埋入沙中，每日澆從河口取回的淡鹽水，記錄發芽及生長情形。

3、葉子的厚薄與蒸散：

(1) 分別利用測微器量取 4 種紅樹林 5 片葉子的平均厚度。

(2) 利用上皿天平量取5片葉子的質量，放在陽光照射半小時，再稱其質量，求出水分散失的質量，再換算成每公克葉片的蒸散量。

(3) 再各取 2 片剛長出嫩葉和 2 片較老的葉子先放在 6 度的冷藏庫中 1 小時後再放到陽光下曝曬 20 分鐘，記錄葉子的變化。

4、根部比較：

(1) 測量 4 種紅樹林支持根及呼吸根的分布範圍。

(2) 利用小鏟子將呼吸根和支持根附近的泥土挖開，觀察這些根部的分支。

5、莖的比較：

利用葉拓方式，拓印樹幹表皮的情形，避免傷害到植株。

6、花的比較：

(1) 利用這 4 種紅樹林不同的花期分別觀察開花情形。

(2) 記錄傳粉動物。

(三) 當前嘉南沿海紅樹林的復育情形：

(1) 調查目前嘉南沿海地區有在進行紅樹林復育的區域。

(2) 將步驟 2 所發芽的幼苗，移植至 5 寸軟黑盒中，待其長出 6 片葉子時，進行浸水實驗。

(3) 4 種紅樹林幼苗每 3 棵為一組，分別每日浸泡淡水，出海口的淡鹽水，海水 0、3、6、9、12、24 小時，記錄幼苗成長情形。

實驗結果與討論

(一)、台灣紅樹林植物主要有 3 科 6 屬 6 種，其中紅茄荖和細蕊紅樹林沿海已經消失，僅剩紅樹科的水筆仔(*Kandelia candel* Druce)，紅海欖原名五梨跤(*Rhizophora mucronata* Lam)，馬鞭草科的海茄荖(*Avicennia marina* Vierh)和使君子科的欖李(*Lumnitzera racemosa* Willd)。很幸運的，由於保育觀念的抬頭，使得這四種紅樹林在嘉南沿海地區輕易可見。

(二)、根據我們調查的結果，嘉南沿海河道出海口的兩側，均已成長茂密的紅樹林，1、以海茄荖的數量最龐大。2、欖李的分布最狹窄。3、水筆仔成林以東石大橋為最南

端，台南市四草大眾廟後有幾棵，其他地區復育情況不佳。4、紅海欖目前最北到石東大橋，以雙春海濱公園的復育數量最多，但是都為5年以下的小植株。

表一嘉南沿海地區紅樹林的分布

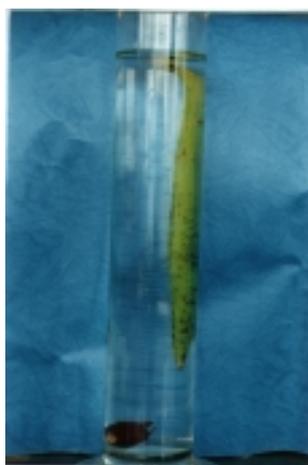
地點	嘉義縣		台南縣			台南市		
樹種	東石大橋 朴子溪	好美寮 八掌溪	雙春海濱公園 急水溪口	將軍 將軍溪口	七股 七股溪口	曾文溪口	四草	四鯤鯓
水筆仔	○	×	○少	○少	×	×	○少	×
紅海欖	○	×	○	×	×	×	○少	○
海茄苳	○	○	○	○	○	○	○	○
欖李	×	×	○	×	×	○	○	○

(三)、果實的特性：

1. 由表二中可得知平均密度大小為 海水>淡鹽水>紅海欖胎生苗>水筆仔胎生苗>海茄苳果實>蒸餾水>欖李果實，由於紅樹林的果實均比四周的水質密度小，可藉漲退潮的流水帶動而傳播到更遠的地方。（見照片一）

表二環境與紅樹林5顆果實平均密度測量

	蒸餾水	淡鹽水	海水	水筆仔	紅海欖	海茄苳	欖李
質量(g)	192.4	204.3	206.5	124.0	140.1	38.8	16.1
體積(mL)	200	200	200	128.5	139.1	40.6	18.2
密度(g/mL)	0.962	1.0215	1.0325	0.9649	1.0071	0.9556	0.8846



照片一：紅海欖果實和胚根的體積測量

2、紅海欖和水筆仔的密度接近淡鹽水，漂浮時會比較沉在底部，而且河口是泥灘地，紅海欖和水筆仔胚根末端尖細，散播能力就不如海茄苳和欖李的果實只能散播附近5公尺內。依照一次潮水果實由定置點到最遠的地方及離岸邊的位置，換算成散播範圍，由實驗結果可知欖李散播最遠易被流水攜帶，散播範圍僅限於河道的兩岸，海茄苳的散播範圍最廣，只要潮水緩流區幾乎就可找到海茄苳的種子。

3、根據顯微鏡的觀察，各種果實均有其特別的構造：

水筆仔：胚根表面光滑，具有氣孔和葉綠體，中柱外圍有一層厚厚的皮層包圍，表皮堆積幾層細小而且排列緊密的細胞。

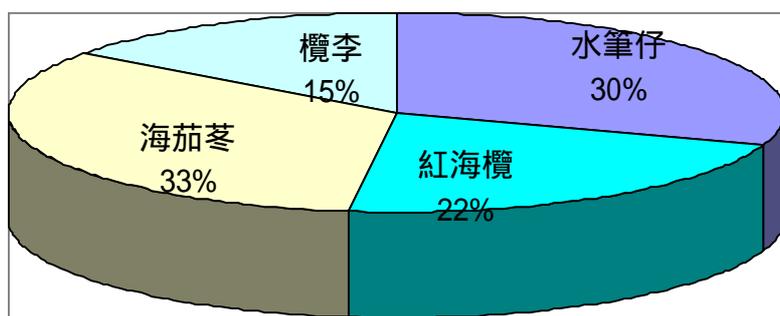
紅海欖：胚根較水筆仔長，表面除了具有氣孔和葉綠體外，還突出一些褐色的皮孔，其餘構造和水筆仔相同。

海茄苳：種子外面包著一層細胞，排列緊密的種皮，種皮內側為亮亮的蠟質層，具有防水的功能，裏面包著2片子葉，已具有萌發的胚芽和胚根。

欖李：果實中胚由種皮包著，外面再由一些中空的間隔包圍，可以增加浮力，也可以防止海水侵入或水分散失，表皮下的細胞具有葉綠體。

胎生苗要掉落地面前，胚根和果實處會因胚芽的成長形成一般顏色較淺的區域。

4、果實的萌發：



圖二各種紅樹林果實發芽率測定

(1)由圖二可得知海茄苳果實的發芽情形最好，欖李的發芽率不佳，必需種子表面覆土才有發芽的可能，沒有覆土的種子很容易褐化，而不萌發，而且海茄苳只要2-3天就幾乎完全發芽，欖李要15天以上才逐漸發芽。

(2)水筆仔和紅海欖的胎生苗比較特殊，如果胎生苗脫離果實掉落地面時，若未能插入泥土中，就如同實驗中的0度角，只能平放地面，便無法繼續萌發，果實便會脫水萎縮最後乾掉褐化。兩種胎生苗若能以30度角插入泥土中就可以容易萌發，水筆仔8天就可以長出根，14天後才長出第一片葉子，如果插入的角度20度角時，易被潮水或澆水時容易掉落，長根的時間也會較晚，需11天才長出，長出第一對葉子也晚了2天，但是後來成長情形並沒有太大差異。

(3)至於紅海欖的胎生苗生長速度就比水筆仔慢，以60度角插入土中的均可發芽，30度角發芽情形較差，平放的(未插入土中)均死亡，插入21天才長出根。生長速度較水筆仔緩慢。

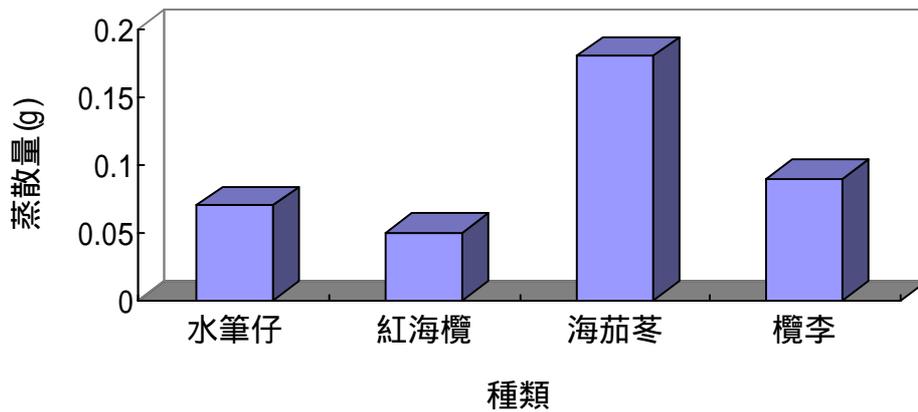
(4)根據實地在東石大橋，雙春海濱公園、四草大眾廟實地測量幼苗自然散播情形；發現海茄苳只要干潮時露出的泥灘地在八月份時均可見密佈的小苗，紅海欖散播範圍幾乎只比樹冠範圍大30-50cm，東石大橋的水筆仔則比樹冠周圍多50-80cm，欖李和海馬齒莧和雜草混生，不容易找出小苗的位置。

(四)、葉子和蒸散作用

1、將葉子上表皮及下表皮橫切的葉肉置於15x 10顯微鏡下觀察，比較結果如表三。

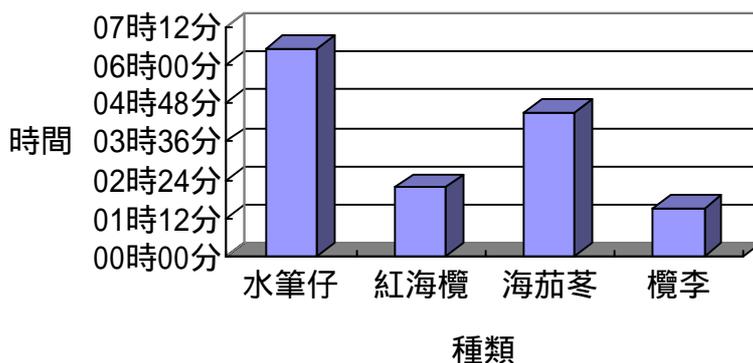
	水筆仔	紅海欖	海茄苳	欖李
平均厚度(mm)	0.528	0.538	0.46	0.898
上表皮(視野下)	表皮細胞，有鹽腺開口(1個)	表皮細胞有鹽腺開口(2個)	表皮細胞有鹽腺開口(4個)	表皮細胞，有一層透明蠟質，未見鹽腺開口
葉肉	柵狀組織緊密，海綿組織	柵狀組織緊密，海綿組織	柵狀組織緊密，海綿組織	柵狀組織排列稍有空隙，海綿組織，充滿水分
下表皮	氣孔，表皮細胞	氣孔，表皮細胞	氣孔，表皮細胞	氣孔，表皮細胞
每克樹葉平均水分蒸散量(g)	0.07	0.05	0.18	0.09

表三、葉子的組織比較



圖三各種紅樹林葉片每公克平均水分蒸散量

2、根據薛美莉所著“記台灣的紅樹林”一書中提到紅樹林分布受到緯度影響，台灣紅樹林中水筆仔可生存在緯度較高的北部地區，欖李和紅海欖分佈在緯度較低的南方，在台灣緯度的影響以氣溫最為明顯，北部冬天較寒冷，在溫度急驟變化的實驗中恰好可以證明；紅樹林在低溫下再受到陽光照射，欖李和紅海欖的樹葉整片馬上褐化，其次是海茄苳，水筆仔的變化較少。



圖四各種紅樹林葉片溫差變化褐化時間

(五) 根部特性

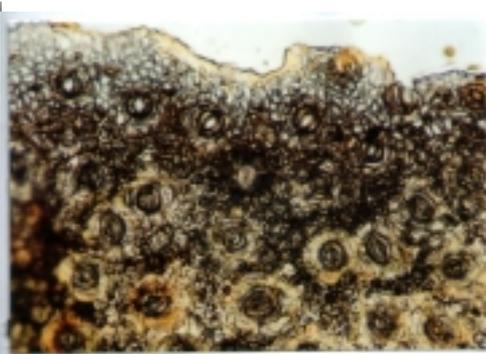
不同紅樹林根部分布的特性(見表四)，海茄苳呼吸根分布範圍最廣，呈輻射狀延伸，在沿海地區較低窪處，均能容易生存。



照片二：海茄苳的呼吸根在泥土中會長出許多細小支根。



照片三：紅海欖支持根表皮上突出的皮孔。



照片四：紅海欖的皮孔。

	水筆仔	紅海欖	海茄苳	欖李
變態根的種類	板根 莖基部長出	支持根 樹枝不定位置	呼吸根，根部 延長向上長出	屈膝根，老的 植株才會長出
變態根伸展距離 / 樹冠半徑	0.36m	0.91m	2.55m	0.50m

表四：不同紅樹林根部分布特性

2、如果將變態根所在位置的表土撥開，均可發現許多密集的細根分布在表層土壤（見照片二），有助於吸收土壤表面的有機養分和退潮時溶解在土壤表面的空氣。

3、四種紅樹林變態根上均分布氣孔或皮孔（見照片三、四），但是土壤中的部分氣孔和皮孔就見不到。

（六）、莖的特性：

水筆仔和紅海欖莖的拓印出現明顯深淺條紋，可見樹皮上有許多龜裂現象，海茄苳樹皮上密佈皮孔拓印出來的小黑點，欖李的就比較光滑。

（七）、花的特性：

1、紅樹林所開出的花最奇特的地方在於同一花梗上一次同時開2朵花，可確保異花授粉的成功率，讓基因組合的變異性增高，比較容易應惡劣的沼澤地。

2、紅樹林的花均為虫媒花，常在花朵上出現最多的是小黑蟻，其次是細小的蜂類或蚊子，海茄苳花朵上蒼蠅也是常客，受粉率都相當高，每棵植株上均結實累累，但礙於人為因素的限制使得族群無法擴展出去。

（八）、目前的復育情形：

1、嘉南沿海地區目前有許多地方均積極復育紅樹林，地點如下：

（1）、四草保護區：保護區外因工業區的開發使得大片欖李均被鏟除，保護區內只有大眾廟旁有零星復育，開始種植水筆仔，幾乎全軍覆沒，現在改種紅海欖加上海茄苳的優勢繁殖，河道兩側均密佈紅樹林。

（2）、北門急水溪口：海茄苳已快占滿了泥灘地。

（3）、雙春海濱公園：目前紅樹林分區復育種類和數量存活情況最好的地區，早期的復育採混合種植，結果水筆仔難以倖存，形成紅海欖和海茄苳混生的情形，而且海茄苳是矮灌木，小苗只要4-5年就可開花結果，水筆仔和紅海欖已是五年苗，至今還只開少數花朵，曾結過幾棵營養不良的胎生苗。自從採用分區種植並接受泡水時間會影響幼苗生長的事實，目前在此公園的泥灘地上四種紅樹林依其特性散布在整個公園，是認識紅樹林最佳的地點。

（4）、好美寮保護區：早期在北岸灘地上，用竹桿圍起復育海茄苳，近年由於布袋商港擴建堤防，使得淤沙大量湧入保護區，造成海茄苳死亡相當多，反而南岸因北岸種子漂過來近年來已蔚為成林。

（5）、東石大橋：南北側均在進行大量復育，此側原本有幾株大型的水筆仔，

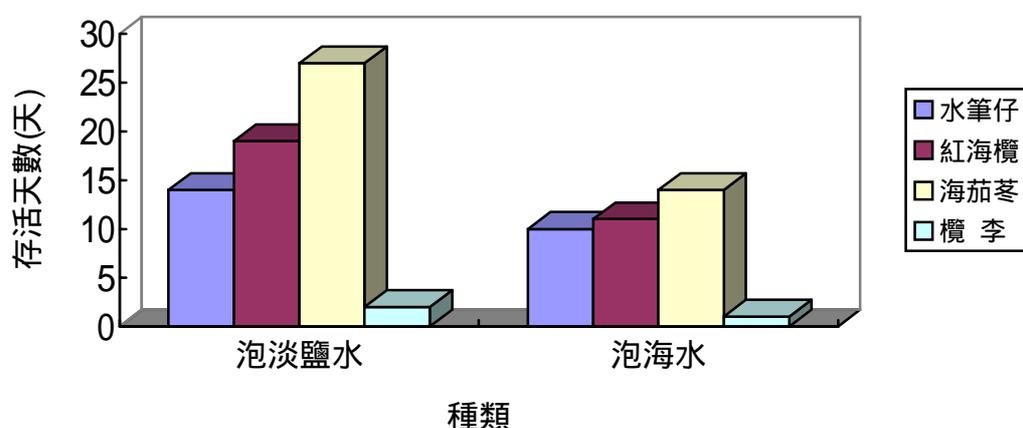
由於復育的海茄苳和紅海欖均比水筆仔占優勢，使得北側的水筆仔逐漸消逝，南側水筆仔仍有一片成林，今年岸邊全面種植水筆仔幼苗，此側的水筆仔族鮮已退至堤防內的沼澤濕地。

2、由於紅樹林的復育，雙春海濱公園和朴子溪東石大橋這一帶幾乎是漁源枯竭的地方，現在已是生機盎然，不僅成為招朝蟹和水鳥的新樂園，更捕獲了許多高經濟價值的漁產。

3、紅樹林的復育大家都只注意到一些生長環境因素，卻往往忽略了小苗和成株不同，無法適應太久的泡水時間，尤其是海水倒灌所造成的高濃度水質，往往是幼苗成長的致命傷，因為復育政策中並未見有人移植成株。在泡水的實驗中顯示水筆仔、紅海欖、海茄苳、欖李連續浸泡淡水中對生長不受影響。欖李無法浸泡在淡鹹水中只要每日浸泡超過3小時，2天後就開始落葉，若泡海水1天，7天後小苗就會死亡。水筆仔連續整日浸泡在淡鹹水中2週後幼苗全部死亡，若遇濃度較高的海水只要每日浸泡超過3個小時，14天後就會死亡，紅海欖整日浸泡淡鹹水中19日才會死亡，但是長出支持根的植株就相安無事，浸泡海水則和水筆仔相同連續浸泡3小時以上，會在16天後死亡，可見紅海欖的忍受泡水能力較強，海茄苳整日泡在淡鹹水中小苗27日後才會開始落葉死亡（見圖五），若是長出呼吸根，只要呼吸根能露出水面就不會死亡，每日浸泡海水超過6小時，海茄苳才會死亡，浸泡3小時以下，葉面就會出現一些具有鹹味的結晶。（見表五）

種類	泡淡水(小時/日)					泡淡鹽水(小時/日)					泡海水(小時/日)				
	0	3	6	9	24	0	3	6	9	24	0	3	6	9	24
水筆仔	~	~	~	~	+	~	~	+	+	-14日	~	-14日	-14日	-14日	-10日
紅海欖	~	~	~	~	+	~	~	~	+	-19日	~	-16日	-14日	-14日	-11日
海茄苳	~	~	~	~	~	~	~	~	~	-27日	~	+	-17日	-16日	-14日
欖李	~	~	~	+	+	~	+	-2日	-2日	-2日	~	-1日	-1日	-1日	-1日

表五：各種紅樹林幼苗泡水實驗結果 ~ 很好；+ 佳；- 死亡



圖五各種紅樹林幼苗浸泡不同濃度鹽水所能存活的天數

4、嘉南沿海地區的紅樹林適應能力為海茄苳>紅海欖>水筆仔>欖李，在調查的過程中發現復育區只要有海茄苳的果實侵入，一年後就會蔚為成林，其他紅樹林的幼苗就不易成長。

5、雙春海濱公園復育成長能這麼順利和別的復育區不同的地方有：

(1)、劃分區域種植：潮水到不了的地區一種植欖李，大潮和中潮到達的地區（每日二次潮水泡水在9小時以下）一種植紅海欖或水筆仔，小潮和中潮可到達的區域（接近河道）海茄苳。

(2)、依樹種特性栽植：紅海欖和水筆仔不可混合種植，二者會競爭，依東石大橋北側的情形，水筆仔會競爭失敗。海茄苳和欖李也不要混合種植，二者均為灌木，潮濕區海茄苳佔優勢，岸邊泥土較堅硬，海茄苳氣生根不易長出，則欖李將占優勢。

6、根據 記台灣紅樹林 一書中記載，東石漁港有一片水筆仔，我們去調查時可能因地層下陷的關係，整區只見枯枝浸泡水中。

結論

(一)、嘉南沿海地區，海茄苳為優勢品種，因為它具有很強的種子播散能力、結果能力、和耐鹽能力。

(二)、目前嘉南沿海地區紅樹林分布及復育地點

(三)、紅樹林的復育是有必要的因為可以達到下列幾項效果：

1. 沿海地區的綠化。
2. 充當防風林。
3. 使河口沼澤地食物網達到生物多樣性。
4. 增加漁類和鳥類資源。
5. 教育功能。

(四)、紅樹林的復育要有周詳的規劃（見圖六），不可盲目種植，但也不要忽略底下幾個因素：

1. 樹種彼此間是否會有競爭性。
2. 泥灘地的浸水時間。
3. 直接移植較大的苗木。
4. 水筆仔、紅海欖的胎生苗必須插入土中才能成長，所以這二種植物種植的泥灘地儘量避免人為踐踏使表土變堅硬。

參考文獻

1. 薛美莉著，民84，記台灣的紅樹林，台灣省特有生物研究保育中心編印。
2. 郭智勇著，1995，台灣紅樹林自然導覽，大樹文化出版社。
3. 黃增泉、徐素真，民85，台灣紅樹林面臨之問題，森林保育論述選輯(I)，P183-P189，台灣林務局印行。
4. 黃長發發行，1994，植物，國嘉關係企業出版。
5. 張柱，總編輯，1998，生態與環境，時代生活叢書出版社，香港。
6. 林春吉著，2000，台灣水生植物1、2輯，田野影像出版社。
7. 林鵬著，1990-1993，紅樹林研究論文集，第一、二集，廈門大學出版社。



圖六：復育紅樹林植物的最佳分布情形。