

研究簡報

欖李苗木於荒廢鹽田與河口潮間帶營造之研究¹

薛銘童² 許博行³

【摘要】 本試驗針對荒廢鹽田進行綠化栽植試驗，並對欖李樹種在海邊潮間帶及荒廢鹽田栽植的可行性做探討，以比較欖李在海邊潮間帶及荒廢鹽田復育的成效。至目前的試驗結果顯示，欖李無法適應高鹽分之荒廢鹽田地生長，而海邊潮間帶之生長則需考慮漲潮時，海水是否淹沒植株而定。在淹沒地區因易受污染而無法行正常之生理作用，不易成活；非淹沒區則可生長良好。因此此種紅樹林樹種雖有逐漸內陸化的傾向，然而在海邊潮間帶如慎選栽植地區或以較大苗栽植，仍有復育的機會。

【關鍵字】 欖李、鹽田、潮間帶

Research note

Plant Establishment of *Lumnitzera racemosa* Seedlings in Saltern Pond and Intertidal Zone¹

Ming-Tong Hsiue² Bor-Hung Sheu³

【Abstract】 Planting the *Lumnitzera racemosa* seedlings in saltern pond and intertidal zone to greenery recovery is the study purpose of this experiment. The seedlings of this species cannot grow in saltern site that has high concentration of chloride. Seedlings planted in intertidal zone that seedlings were submerged completely by seawater were also die down, however, that seedlings planted in the area did not submerge completely by seawater will grow well. So, planting the seedlings of *Lumnitzera racemosa* in proper area or planting larger seedlings in intertidal zone were still a good introducing way to recovery this mangrove species.

【Key words】 *Lumnitzera racemosa*, saltern pond, intertidal zone.

-
1. 本計畫承蒙農委會經費補助（89科技-1.5-林-63(2)）
This project was sponsored by the Council of Agriculture, Executive Yuan.
grant number（89科技-1.5-林-63(2)）
 2. 國立中興大學森林系碩士班研究生
Graduate student, Department of Forestry, NCHU.
 3. 國立中興大學森林系教授，通訊作者
Professor, Department of Forestry, NCHU. Corresponding author.

一、前言

早期台灣西南部沿海一帶由於氣候適宜曬鹽，設有多個曬鹽場，及至近年來，由於都會區發展、港口擴建、工業區及電廠興建，先後被裁廢，到目前為止仍有運作的鹽場僅剩布袋、北門及七股三個。被裁廢的鹽場，除少數改良為農田、變更為煤灰掩埋用地或設為野生動物保護區外（陳添水，2000），大部分土地仍因土壤嚴重鹽化，無法利用而任其荒廢。

欖李在台灣西部沿海之分布正逐漸減少，且因環境開發壓力，人類對海埔新生地的利用等人為因素，使此樹種有內陸化的傾向，以及天然更新上之困難。根據薛美莉（1994）調查台灣紅樹林之現況，目前台灣紅樹林中以欖李及五梨朮的數量最少，多數生育地環境受人為干擾十分嚴重，不論是在天然更新或是棲地的拓植都面臨相當大的困難。故而除了加強生育地的保護外，如何復育及復育地點的選擇也是十分重要的。

因此本試驗乃針對荒廢鹽田進行綠化栽植試驗，並對欖李樹種在海邊潮間帶及荒廢鹽田栽植的可行性做探討，以比較欖李在海邊潮間帶及荒廢鹽田復育的成效。

二、材料與方法

（一）試驗樹種

1. 樹種簡介

欖李（*Lumnitzera racemosa*）為使君子科欖李屬植物，常綠喬木，葉肉質、倒卵形。腋生短穗狀花序，頂端圓形而略凹陷；萼短鐘狀5裂，裂片三角形；花瓣長橢圓形、白色；本種一年有兩次花期，一為5~7月，另一次於10~11月間，以5~7月間開花量較多，花朵是極佳的蜜源植物；核果長橢圓形、長約1-2 cm、寬約0.5 cm，具厚纖維質有助於果實漂浮水面（劉業經等，1994；薛美莉，1995）。

2. 苗木的培育

試驗苗木之種子採自台南市四草濕地內的欖李母樹，成熟種子的標準是以手輕觸即掉落之淡黃色者。採集所得種子之果肉洗淨後，播種於沙盤中發芽，待子葉出土後，將小苗移至蕨特鉢中，栽培介質為珍珠石：泥炭土：蛭石=2：1：2，每28盆放入一大型塑膠盆中，將其浸於重量百分濃度為1%的食鹽水中，每日以清水維持水位，並以馬達將空氣打入水中，每月換水一次。所有苗木的培育場所均在中興大學森林系苗圃。

3. 出栽前置處理

在出栽前，對苗木進行二星期的鹽分馴化。將鹽分濃度由原先之1%增至2%，一星期後再增至3%。苗木出栽數量扣除生長不良及載運途中受傷者，分別於布袋鹽田栽植四區共120棵；好美寮濕地三區共360棵，剩餘苗木就近栽植於好美寮樣區附近。

（二）試驗地概況

1. 布袋鹽田

位於嘉義縣朴子溪以南、八掌溪以北、臺17號公路以西、總面積約兩千餘公頃，為台灣仍有運作的鹽場之一。

由於數十年來的曬鹽活動，使得此地的鹽分甚高，一般植物難以存活。試驗期間調查發現，此間植群以鹽地鼠尾粟（*Sporobolus virginicus*）、濱水菜（*Sesuvium portulacastrum*）及鹽定（*Suaeda nudiflora*）為主，此類植物為台灣西南部沿海魚塭岸堤上，以及荒廢鹽田上常見的種類。另外也觀察到此地植生面積會隨著降雨、鹽場曬鹽所引入之海水及受日曬蒸發乾涸影響，而擴大或縮減。乾涸時鹽定與濱水菜可迅速拓展入鹽田內，及至淹水時則會退至土堤上；而鹽地鼠尾粟不論淹水與否，都僅生長在土堤上。鹽田內亦發現有少數幾棵海茄苳（*Avicennia marina*）零星分佈，惟植株矮小，多半不及膝高。

2. 好美寮濕地

位於嘉義縣八掌溪出海口以北，台17號公

路以西。為一具有廣大潮間帶區域，區內有為數不少的海茄苳。除此之外，試驗區旁有許多私人養殖魚塢，常有排水直接流經樣區，影響樣區內苗木生長。

此區植群狀況較為多樣，在地勢低易受潮汐影響處，以海茄苳佔大多數；地勢稍高處則以苦藍盤 (*Clerodendrum inerme*) 為優勢，間雜濱水菜及少數鹽定。

3. 試驗期間嘉義地區之月平均降雨量及月均溫如表 1 所示。

(三) 樣區設置

1. 布袋鹽田

此區設有 A1、A2、B1 及 B2 四小樣區，各小樣區設計為栽植三行，各行間相距 1 m；每行栽植 10 棵，每棵相距距 1 m，每樣區栽植 $3 \times 10 = 30$ 棵，全部共計 $30 \times 4 = 120$ 棵。各小樣區栽植完後，分別採取土樣，並以土壤水採收器具採集土壤水帶回實驗室。

2. 好美寮

此區設有 C1、C2 及 D 區，其中 C1 及 C2 受到潮汐影響，漲潮時苗木基部以上約 10 cm 沒於海水中；退潮時則無水淹影響。而 D 區漲潮時樣區內之苗木大多數全部沒於海水中，退潮時苗木僅土表下之根部浸於飽含水分的軟泥中。本區 C1 及 C2 二小樣區之栽植方式同鹽田樣區，即每樣區 30 棵，兩樣區計 60 棵。栽植完成後採取土樣，並於退潮之際以土壤水採集器具採收土壤水，帶回實驗室分析。D 區之設計不同於其他樣區，樣區

內栽植情形設計為共栽植 30 行，每行相距 1 m，每行栽植 10 棵，每棵相距 1 m，計 $10 \times 30 = 300$ 棵。樣區內於退潮之際採取 9 個樣點之水樣。

(四) 調查項目及測定方法

1. 苗木的生長

(1) 存活率

自 2000 年 4 月至 10 月期間，每月調查 (9 月分因故未調查) 各樣區所栽植苗木之存活情形，並於翌年 12 月再調查乙次。每次調查存活率時，也一併觀察苗木生長情形。

(2) 苗木生長

於 4 月出栽後，當月完成量測苗木之地際直徑及苗高，之後於 10 月分再次量測存活苗木之地際直徑及苗高，翌年 12 月再量測乙次。

2. 栽植樣區之土壤性質

(1) 土壤樣本

在 A1~C2 各樣區內分前中後三樣點，各採取一個土樣，採土深度近栽植深度。採集所得土樣攜回實驗室風乾後分析下列項目：

① pH 值

取 10 g 土樣加入 25 ml 去離子水混和，搖盪 1 小時後，以玻璃電極法測定。

② 全氮含量

取土 0.5 g 加入 1.5 g K_2SO_4 、少許 Selenium 及 5 ml 濃硫酸後，以 Kjldahl 法測定土壤中的全氮含量。

表 1. 試驗期間 (2000 年 4 月至 10 月) 嘉義地區月平均降雨量及月均溫

Table 1. The monthly mean temperature and rainfall from April to October, 2000 in Chiai.

	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月
氣溫 (°C)	23.2	25.6	27.9	28.2	27.6	26.7	25.6
降雨量 (mm)	140.0	22.2	204.5	266.0	456.6	55.4	56.8

註：資料來源為中央氣象局網站

③有效磷

取 1 g 土樣，依 Bray-1 法，加入雙酸 (0.025 N HCl-0.03 N NH₄F) 抽出液後，以鉬酸銨液顯色，再以比色法測定有效磷濃度。

④交換性鉀、鈉、鈣及鎂等離子

稱取 5 g 土樣加入 100 mL 醋酸銨溶液，搖盪 10 min 後，靜置過夜。抽氣過濾後，所得濾液以原子吸收光譜儀測定。

(2) 土壤水

各樣區中央選取一點，埋設土壤水採集管，此裝置參考郭孟斯 (1999) 土壤張力水採集管設計，將陶瓷杯 (可維持 0.1 MPa 之壓力) 接於塑膠管上，放至所需之深度 (本試驗為 15 cm)，之後利用真空幫浦 Model 2005 GI 抽取空氣至壓力為 0.07 MPa，以收集各樣區之土壤水。而於 D 區選擇九個樣點，以針筒接上 soil moisture samplers (10 cm) 直接抽

取土壤水。所採集的水樣以氯離子分析儀 (Jenway, Model PCLM3) 測定氯離子濃度。

三、結果

(一) 苗木的生長

根據每月調查結果，布袋鹽田苗木於栽植後 1 個月內大量死亡，截至 10 月分為止，A2 及 B1 二區苗木已在 10 月及 8 月全部死亡；A1 及 B2 兩區則分別只剩下 1 及 11 棵 (表 2)，且存活苗木之生長情形並不樂觀。好美寮濕地苗木的存活情形則呈現兩極化，漲潮時不被淹沒的 C1 及 C2 二區的存活率都相當高，截至 10 月分調查為止，這兩區分別還有 86.7 及 93.3 % 的存活率，且生長情形十分良好，顯示這兩區的苗木已漸能適應樣區環境；但是 D 區的苗木則在栽植一個月後開始大量死亡，至 7 月分調查時只殘活 2 棵，8 月

表 2. 各樣區苗木存活棵數及存活率

Table 2. The survival percentage of *Lumnitzera racemosa* seedlings.

調查日期	2000						2001	
	0415	0513	0609	0714	0814	1014	1213	
布袋鹽場	A1 存活棵數	22	9	1	2	1	1	0
	存活率(%)	73.3	30.0	3.3	6.7	3.3	3.3	0.0
	A2 存活棵數	18	4	3	2	2	0	0
	存活率(%)	60.0	13.3	10.0	6.7	6.7	0.0	0.0
	B1 存活棵數	16	1	3	1	0	0	0
	存活率(%)	53.3	3.3	10.0	3.3	0.0	0.0	0.0
B2	存活棵數	21	14	13	11	11	11	0
	存活率(%)	70.0	46.7	43.3	36.7	36.7	36.7	0.0
好美寮	C1 存活棵數	9	27	25	26	26	26	21
	存活率(%)	96.7	90.0	83.3	86.7	86.7	86.7	70.0
	C2 存活棵數	28	28	28	28	28	28	20
	存活率(%)	93.3	93.3	93.3	93.3	93.3	93.3	66.7
D	存活棵數	293	272	109	2	0	0	0
	存活率(%)	97.7	90.7	36.3	0.7	0.0	0.0	0.0

調查時則已全數死亡。

在上述調查結束約一年後，再次前往試驗樣區記錄觀察苗木生長情形。結果發現鹽田樣區的苗木已全數死亡，而好美寮兩樣區亦續有 13 棵苗木死亡（表 2），不過 C1 及 C2 兩區的成活率尚可分別維持在 70.0 與 66.7 %。表 3 列出相隔一年半後，好美寮地區苗木之苗高與地際直徑的變化，可看出苗木已有明顯的成長。

(二) 土樣及水樣分析結果

試驗樣區內之土壤性質如表 4 所示。兩

處試區皆屬鹼性土壤，其中布袋鹽田之土壤 pH 值（平均為 8.24）尚比好美寮（平均為 8.00）的潮間帶土壤高。土壤全氮方面，則仍然以鹽田較高，唯與一般林地土壤比較是偏低的。土壤中的氮素主要來自枯枝落葉的分解，此處試區的全氮量偏低，應與只有少量地被植物覆蓋有關。有效磷方面，布袋鹽田土壤中的有效磷含量平均為 4.61 ppm，遠低於好美寮樣區的平均含量 25.64 ppm。而葉慶龍等（2001）於安平港區紅樹林的調查結果顯示，在健康路、億載金城與四鯤巨的平均

表 3. 好美寮樣區苗木栽植一年半後之苗高與地際直徑

Table 3. The height and diameter of *Lumnitzera racemosa* seedlings at Hau-Mai-Liao after 1.5 year planting.

樣區		2000/4/15	2000/10/14	2001/12/13
苗高 (cm)	C1	24.04 ± 7.21	44.36 ± 8.32	56.19 ± 8.03
	C2	23.81 ± 8.85	53.89 ± 4.26	60.80 ± 5.17
	平均	23.93 ± 7.99	47.81 ± 11.16	54.10 ± 12.49
地際直徑 (mm)	C1	6.33 ± 1.27	11.33 ± 2.71	22.34 ± 8.69
	C2	7.31 ± 0.93	14.46 ± 1.68	24.17 ± 5.53
	平均	6.81 ± 1.21	12.58 ± 3.30	22.86 ± 7.57

表 4. 栽植樣區之土壤性質

Table 4. The characteristics of soil sampling from experimental plots.

樣區	pH	全氮 (%)	有效磷 (ppm)	交換性K (c mol kg ⁻¹)	交換性Na (c mol kg ⁻¹)	交換性Ca (c mol kg ⁻¹)	交換性Mg (c mol kg ⁻¹)	
布袋鹽田	A1	8.42	0.0658	2.85	3.74	59.93	9.49	7.51
	A2	8.28	0.0675	3.80	3.01	45.10	8.86	6.12
	B1	8.18	0.1089	7.07	4.03	72.61	13.59	8.08
	B2	8.07	0.0983	4.73	3.28	53.29	14.39	6.92
	平均	8.24	0.0851	4.61	3.52	57.73	11.58	7.16
好美寮	C1	7.99	0.0232	24.17	1.87	24.04	4.03	3.01
	C2	8.00	0.0492	27.10	2.22	24.10	6.65	3.28
	平均	8.00	0.0362	25.64	2.05	24.07	5.34	3.15

值分別為 5.52、5.07 及 6.36 ppm。與之比較，布袋鹽田的有效磷含量是略低的，而好美寮地區則高出許多。推測好美寮樣區如此高的含量，可能是來自附近魚塭排水的輸入。在交換性陽離子部分，布袋鹽田的交換性鉀、鈉、鈣與鎂（平均濃度分別為 3.52、57.73、11.58 及 7.16 c mol kg^{-1} ）等，均明顯高出好美寮樣區（交換性鉀、鈉、鈣與鎂的平均濃度分別為 2.05、24.07、5.34 及 3.15 c mol kg^{-1} ）許多。顯然布袋鹽田由於長年曬鹽且未有植物生長，致使大部分離子長期累積在鹽田中，造成除了少數耐鹽性極高的物種外，一般植物實難以在此區存活。

表 5 為各樣區內土壤水中氯離子濃度，分析結果顯示布袋鹽田樣區水樣的氯離子濃度介於 869~1073 m mol L^{-1} 間（平均為 937.50 m mol L^{-1} ），遠高於好美寮樣區的水樣之 448~461 m mol L^{-1} （平均為 455.26 m mol L^{-1} ）。兩者間超過 2 倍的差距，與一般海水比較（氯離子濃度約為 540 m mol L^{-1} ），顯然布袋鹽田已長期累積多量的氯離子。

試驗期間亦採取樣區附近植物（布袋鹽田採濱水菜與鹽定，好美寮樣區採濱水菜），分

析植物體不同部位之氯離子含量（表 6）。當中就濱水菜來比較，可發現生長於鹽田者不論是葉、莖或根部皆有較高之氯離子含量，顯然濱水菜可生長於較高鹽分濃度之土壤環境中。

四、討論

根據每月調查結果，發現布袋鹽田與好美寮濕地兩處苗木死亡原因不盡相同。在布袋鹽田，由於苗木是直接栽種在鹽田蒸發池中，其死亡原因主要來自於惡劣的生育地環境。本區的積水水位變動相當大，有時經多日晴天日曬，甚至會呈現乾裂狀態。據陳添水（2000）報告指出，此地積水變化主要來自降雨、鹽田曬鹽時引進的海水及日曬蒸發，而這也同時影響著積水的水質（pH、電導度、鹽分濃度及水溫等），例如電導度的變動介於 21.6~69.0 mS cm^{-1} 間；pH 值的變化介於 7.59~8.67 之間。

由表 5 結果得知，布袋鹽田土壤水的氯離子濃度約高於好美寮地區二倍，原因來自於鹽田長年曬鹽活動所致，使得該地土壤中逐漸累積高濃度之可溶性鹽類（表 4 及表 5），十分不利植物生長。范貴珠（1999）指出，適合欖李

表 5. 各樣區土壤水中之氯離子濃度

Table 5. The Cl⁻ concentration of soil water sampling from experimental plots.

樣區		氯離子濃度(m mole L^{-1})
布袋鹽田	A1	909.00
	A2	898.67
	B1	1073.33
	B2	869.00
	平均	937.50
好美寮	C1	461.67
	C2	448.33
	D	455.78
	平均	455.26

表 6. 樣區附近鹽定及濱水菜植物體氯離子濃度分析

Table 6. The Cl⁻ concentration of *Sesuvium portulacastrum* and *Suaeda nudiflora* growing in the experimental area.

樣區	部位	氯離子濃度(mg g ⁻¹)
濱水菜 (好美寮)	葉	77.51 ± 5.35
	莖	40.23 ± 1.36
	根	24.26 ± 0.51
濱水菜 (鹽田)	葉	92.30 ± 0.89
	莖	44.08 ± 1.36
	根	28.70 ± 0.51
鹽定 (鹽田)	葉	94.08 ± 2.66
	莖	32.54 ± 1.36
	根	13.90 ± 0.51

苗木生長的介質鹽分濃度為 0.75 % 的 NaCl，隨著濃度增加，苗木的光合葉面積及相對生長速率亦隨之降低，而 4.5 % NaCl 鹽度為欖李苗木之致死濃度。布袋鹽田如單就氯離子來計算，其土壤平均鹽分濃度高達 3.3 %，雖未如范貴珠報告所言之致死濃度，但在野外環境諸多逆壓下，欖李苗木不易成活是可以理解的。

調查期間同時採集樣區附近之草本植物（濱水菜及鹽定），進行植物體氯離子含量分析（表 6），並比較游仁正（1999）分析生長於海邊的欖李植物體各部位之氯離子含量，其結果顯示欖李以樹冠下層老葉含量最高，為 54.67 mg g⁻¹ (dry wt.)，而上層為 40.65 mg g⁻¹ (dry wt.)；根部則為 17.52 mg g⁻¹ (dry wt.)。由這些成活欖李各部位所分析之氯離子含量，皆可發現遠低於自試區取樣的濱水菜與鹽定各部位之含量（表 6），尤其是生長於鹽田的濱水菜與鹽定，顯然以欖李苗木與濱水菜及鹽定比較，後兩者的耐鹽性遠高於前者，而可在如布袋鹽田此類高鹽分地區生存繁衍。

在好美寮濕地方面，未被海水完全淹沒的 C1 及 C2 二區之苗木生長情形十分良好，僅少

量苗木死亡。根據觀察記錄得知，C1 區所死亡的苗木主要係因為附近魚塭排水直接流經樣區沖倒苗木所致；而 C2 區僅死亡二棵，原因為人為栽植不慎疏忽所致。隔年 12 月調查此地苗木之生長情形時，發現有 13 棵苗木死亡。死亡原因部分依然是由於附近魚塭排水所致，且樣區內及鄰近地區亦發現有不少漂流木，不排除受當年颱風的影響。由存活苗木的生長情形（表 3），可以發現倘若沒有人為干擾，以及重大的天然災害，此地區是適合欖李苗木生長的，日後若能觀察到欖李開花結實，當更可驗證此一推測。在漲潮時完全被海水淹沒的 D 區方面，此區於 5 月至 7 月間苗木大量死亡，至 8 月分調查時已全數死亡。其死亡原因，應是每日漲潮時，苗木幾乎全沒於水中，經一段時日後苗木大部分葉面葉片為污泥所覆蓋，而無法行光合作用所致。

此外，根據郭幸榮等（2000）的研究報告指出，以不同供水方式（每日供水與限制供水）及不同鹽分濃度處理（0 %、1 %、2 % 與 3 %），對欖李苗木生長及型態有顯著之影響，該試驗發現隨著水分逆境及鹽分濃度增加，欖

李苗木出現失去膨挺、老葉黃化及脫落等病徵的時間提早，且生長勢亦明顯衰退。而本試驗中，布袋鹽田樣區的欖李苗木於栽植一個月後，苗木便已出現失去膨挺、葉片乾癟、黃化及脫落等病徵，與上述實驗結果類似，顯然是由於高離子濃度引起的生理乾旱及離子毒害所造成的。另有多數苗木頂梢出現焦黑的情形，推測是由於日照過於強烈所致。而好美寮地區苗木的葉片則有明顯肉質化，且多數苗木基部長出萌櫟。

綜觀欖李在二個地區之生長情形，可瞭解欖李無法適應高鹽分之荒廢鹽田地生長，而栽植於海邊潮間帶，則需考慮漲潮時，海水是否淹沒植株而定，此因在淹沒地區苗木易受污染而無法行正常之生理作用，不易成活；非淹沒區則可生長良好。所以此種紅樹林樹種雖有逐漸內陸化的傾向，然而在海邊潮間帶如慎選栽植地區或以較大苗栽植，仍有復育的機會。

五、參考文獻

范貴珠、許博行、張峻德（1999）鹽分對欖李苗木生長之影響。中華林學季刊

32(3)：299-312。

葉慶龍、范貴珠、許博行、顏江河（2001）安平港紅樹林復育監測計畫（第二期）期中報告。34頁。

郭孟斯、許博行（1999）關刀溪森林生態系三種林分之土壤理化性質及土壤水化學成分。林業研究季刊 21(3)：1-14。

郭幸榮、林如森、許世宏、梁亞忠（2000）供水方式和土壤鹽分對欖李生長及型態之影響。中華林學季刊 33(2)：217-230。

陳添水、陳明義（2000）台灣鹽田植群之研究，林業研究季刊 22(3)：81-90。

游仁正、許博行（1999）欖李耐鹽性之探討。林業研究季刊 21(4)：9-16。

劉業經、呂福原、歐辰雄（1994）台灣樹木誌，國立中興大學農學院叢書。487頁。

薛美莉、黃朝慶、賴國祥、陳添水（1994）台灣紅樹林及其生育地現況調查（2/2）。83特生-棲-05。152-181頁。

薛美莉（1995）消失的濕地森林—記台灣的紅樹林。台灣省特有生物研究保育中心。12頁。