

## 研究報告

## 台中港區木麻黃天然更新之研究

林睿思<sup>1</sup> 陳宜敏<sup>1</sup> 王經文<sup>1</sup> 廖天賜<sup>2\*</sup> 楊凱倫<sup>1</sup> 陳忠義<sup>1</sup> 許立勳<sup>1</sup> 陳財輝<sup>3</sup>

【摘要】現今海岸造林樹種多以生長快速之木麻黃為主，但其有壽命短且不易天然下種更新之缺點，為瞭解此問題，本試驗於台中港北堤區木麻黃防風林內，依大、中、小孔隙及鬱閉林下設置樣區，藉由調查不同孔隙內種實雨、種子庫及微環境狀況，並觀察在干擾土壤與枯枝落葉層後之變化，以釐清木麻黃天然更新所需條件。結果顯示種子庫與種實雨於孔隙間累積情形相似，以大孔隙最少量，而鬱閉林下為最大量，其種實雨落下之種子量約 250 seeds m<sup>2</sup> month<sup>-1</sup>；種實雨之種子的發芽率以播於溫室(約 40%)明顯高於孔隙地內(約 11%)，顯示孔隙大小不同造成林分內之微環境差異所導致。各樣區於干擾處理後並未發現木麻黃天然更新小苗，但以種子直播於干擾地並給予充足之灌溉，則可產生更新小苗(小孔隙及對照組皆有 15% 以上之發芽率)。綜合以上結果顯示木麻黃天然更新之主要來源為種實雨，林地枯落物之累積、雜草覆蓋及水分缺乏，為台中港區木麻黃天然更新之主要限制因子。

【關鍵詞】海岸林、孔隙、天然更新

Research paperNatural Regeneration of *Casuarina* spp. at Taichung Harbor AreaJui-Szu Lin<sup>1</sup> Yi-Min Chen<sup>1</sup> Ging-Wun Wang<sup>1</sup> Tien-Szu Liao<sup>2\*</sup> Kai-Yu Yang<sup>1</sup>  
Chung-I Chen<sup>1</sup> Li-Shiun Shiu<sup>1</sup> Tsai-Huei Chen<sup>3</sup>

【Abstract】*Casuarina* spp. is the major windbreak species used to afforest in coastal regions. They grow fast, but have short life and difficult to natural regenerate. In order to dispose of this problem, we set plots in large, medium, small gap and close stands at the Northern Embankment region of Taichung Harbor. To understand the mechanism of regeneration, we surveyed gap regeneration, treatment on the litter layer, microenvironment, seed rain and seed bank in this study. The result showed that the accumulation of seed rain and seed bank were similar. The smallest values were in large-gap plots and the highest values were in control plots. The number of seed rain was about 250 seeds m<sup>-2</sup> month<sup>-1</sup>, and the germination rate in green

---

1. 國立中興大學森林學系碩士

Master, Department of Forestry, NCHU, Taichung, Taiwan.

2. 國立中興大學森林系副教授，\*通信作者

Associate Professor, Department of Forestry, NCHU, Taichung, Taiwan. \*Corresponding author: tsiao@nchu.edu.tw

3. 行政院農委會林業試驗所研究員

Research fellow, Taiwan Forestry Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

house (about 40%) was higher than in the field (about 11%). The result showed different gap size conducted the changes of microenvironment. There were few seedlings found in plots after disturbance. After seeding and irrigating, the germination rate in small gap and control plots can reach above 15%. In conclusion, the main source of seedlings is seed rain. In the *Casuarina* spp. stands, the limit factors of natural regeneration were not only litterfall and weeds, but also water deficient.

【Key words】 Coastal forest, Gap, Natural regeneration

## 一、前言

台灣四面環海，海岸地形變化多端，海岸線總長達 1,139 km，防風林面積廣達一萬餘公頃，由於沿海地區常受夏季颱風及冬季東北季風的嚴重侵襲，若無防風林之保護，則強風、鹽霧和飛砂所形成之災害，會造成農作物減產及生活環境遭受威脅，亦會使沿海之工業區及港區遭受危害。因此，種植海岸防風林對濱海區域有消滅風速、飛砂安定、過濾漂鹽和涵養水源之功能且對農業生產及生活環境的保護極為重要(蕭祺暉, 2002; 黃隆明, 2003; 鄧書麟等, 2005; 何坤益, 2006)。

台灣海岸林之主要造林樹種目前仍以木麻黃(*Casuarina* spp.) 為主，木麻黃自 1897 年引入台灣至今已逾百年之歷史，因具有與固氮菌種共生之特性，故可生長在土壤貧瘠的地區；且其細胞原生質對累積性鹽離子的抗耐能力較強，使木麻黃樹種呈現高度抗旱與耐鹽之特性(林信輝, 1987)。由於木麻黃之形態特徵為具接合小枝，葉退化成鞘齒裂，圍繞在小枝上，小枝密生，氣孔深陷，分佈鞘齒裂之葉上，此形態特徵，有助於木麻黃適應於海邊惡劣的環境，且其具高光合能力及水分使用效率(王經文等, 2008)，同時又具耐旱、耐鹽性、抗風性之效能，由此可知，木麻黃引入台灣迄今仍具不可抹滅之地位與貢獻。

諸多文獻指出，木麻黃林分在沿海地區，長期受風災、鹽害、乾旱及病蟲害(星天牛、黑角舞蛾及褐根腐病)等惡劣之條件，再加上颱風帶來的機械性危害，因此生長往往於 20-30 年間，林分生長勢即呈現衰退之象(林昭遠等, 1996; 許博行, 2006; 鄧書麟、沈勇強,

2006)，造成林內孔隙之擴展及增多，致其環境防護功能日趨下降；另從木麻黃林現地的觀察，發現鬱閉逐漸破裂且生長呈衰退的木麻黃林下，幾乎見不到天然下種的小苗，明顯缺乏天然更新之能力，為木麻黃海岸林經營困擾之一。木麻黃林分的更新一般均以植栽造林的方式進行，惟在未成林前易造成風洞而降低防風功能，因此，如何解決台灣西海岸木麻黃林的更新問題實為一重要課題。

由於在台灣西海岸未曾出現以天然更新之實例，故一般認為木麻黃無法天然更新。然在台東與金門地區則皆發現木麻黃天然更新小苗大量發生的案例(朱木生, 1995)，新加坡之海埔新生地亦有木麻黃林緣天然下種之報導(Lee *et al.*, 1997)。故本研究以台中港區北境之木麻黃林分為對象，對木麻黃林分所產生之不同大小之孔隙(gap)，調查其環境因子及木麻黃林種實雨、種子庫與苗木萌發之關係，以釐清台中港區木麻黃林天然更新所需之條件或機制。

## 二、材料方法

### (一) 試驗地概況

#### 1. 地理位置

本試驗區域位於台中縣梧棲鎮台中港區北堤之北側，北緯 24° 17' 40.3" 東經 120° 29' 27.3"，面積近 300 ha，原為一大片之淺海灘，為自 1974 年起營造之防風林，以為台中港區防風屏障。

#### 2. 氣候概況

台中港處於亞熱帶地區，氣溫及溼度均高，年均溫為 23.3°C，年降雨量約為 1,353 mm，降雨大多集中在 4-8 月(圖 1)。最主要之

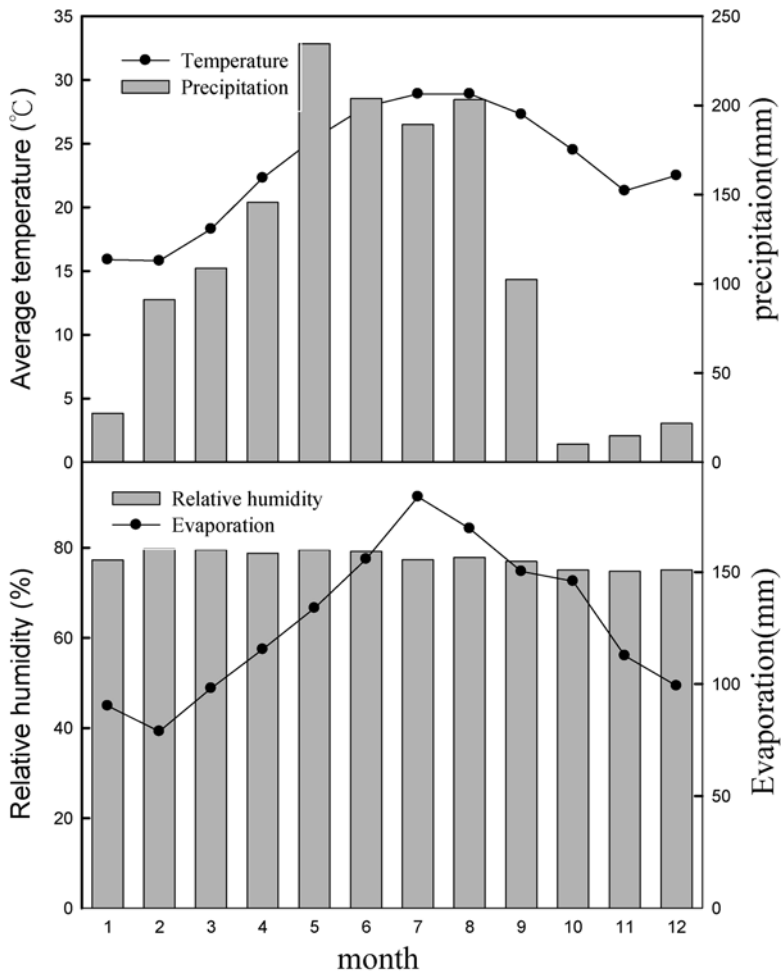


圖 1. 梧棲測候站自 1981 年至 2005 年所測得之月平均氣溫、雨量、蒸發量及相對濕度

Fig. 1. Monthly mean temperature, precipitation, evaporation and relative humidity from 1981 to 2005 of Wuci Weather Station.

降雨為梅雨季之滯留鋒面、夏季午後旺盛的對流系統及夏秋之際的颱風所帶來的豪雨。

(二) 樣區之設置及處理

2006 年 6 月時於台中港區防風林內設置大、中、小孔隙及鬱閉林下設為對照組 (其孔隙開闊度分別為：港區內之人工帶狀栽植區、1602 m<sup>2</sup>、522 m<sup>2</sup> 及鬱閉木麻黃林分內) 各 4 個面積為 15 × 15 m<sup>2</sup> 之樣區。各樣區再分為 9 個 5 × 5 m<sup>2</sup> 之小區。

並於各大樣區內之 9 小區，隨機排列成強

烈干擾 (除草並翻土 15 cm 深)、弱度干擾 (除草) 及對照區 (不處理) 各 3 重覆，於 2006 年 6 月及 12 月底樣區處理結束後，分別自 2006 年 7 月及 2007 年 1 月起，每 15 天定期至現場觀察不同林床之覆蓋度變化及木麻黃之更新小苗之數量。

(三) 調查項目

1. 孔隙林分結構調查

於各處理孔隙中心為中點，圍 50 m × 50 m 之面積，調查其林分結構。

2. 樣區相對光度、土壤溫度及水分潛勢之調查  
於 2007 年 5 月 9 日之晴朗天氣，於 10:00-14:00 間以兩台相同型號之光度計 (TES-1332A Digital Light meter, Taiwan) 與無線電通訊器，由兩組人同時於樣區內及林外空曠地量測當時之光度，以供計算孔隙內之相對光度。並同時分別量測 4 種孔隙下之土壤層 0、5、10 及 15 cm 之土壤溫度及水分潛勢。

土壤溫度為利用紅外線測溫器 (DHS-12XE Wahl, USA) 測定之。水分潛勢之測定法為於各土壤層中迅速取少許土樣，將其置於樣品槽 (sample chamber, C-52, Wescor Ltd., USA) 中，平衡約 90 分鐘後用露點微電壓計 (dew point microvoltmeter, HR33T, Wescor Ltd, USA)，測定露點之微電壓及樣品槽之溫度。所測得之微電壓值以程式 (1) 進行溫度校正。

校正微電壓值 ( $\mu\text{V}$ ) = 實測微電壓值 / (0.325 + 0.027 × 溫度) .....(1)

以不同標準濃度之 NaCl 溶液所測得之水分潛勢標準迴歸線，用內插法求得各層土壤之水分潛勢。

3. 各樣區之木麻黃開花結實物候、種子庫調查及種子活力之試驗

自 2006 年 8 月起進行下列項目之調查：  
(1) 開花結實物候以肉眼及望遠鏡輔助調查樣區周遭之木麻黃母樹開花、結實之物候。(2) 各樣區內設置種實雨收集網 (fruit rain trap) (直徑 50 cm，網底離地 40 cm)，並分成東、西、南、北向，每隔 5 m 設置一收集網，每月定期收集其種子量，至 2007 年 4 月為止。(3) 種子庫調查參照楊蒼叡 (2003) 之方法，於各樣區中劃設 4 個 50 cm × 50 cm 的小樣區，收集其 10 cm 深之土壤及枯枝落葉，經風乾後過篩，調查木麻黃種子之數量。每個月收集之種子隨即檢定其發芽力，即取 75 粒種子分置於 3 個培養皿中 (即重複 3 次)，每培養皿 25 粒種子，放在溫室進行發芽試驗，每隔 3 天觀察記錄之，直至連續 3 次觀察未再有種子發芽則停止實驗。另於 2007 年 3 月下旬，將種子直播於各樣區，

每個樣區內播 200 粒種子，並用網罩覆蓋之，以防種實雨之種子飄入，發芽試驗期間每天澆水，每 3-4 天調查觀察之，直至連續兩次調查沒有小苗出現即發芽結束期；發芽結束後，立即停止澆水並將紗網掀開以減少遮陰，每隔 2 星期調查一次小苗之存活率。

### 三、結果

#### (一) 植群結構

不同孔隙間之林分結構由圖 2 所示，在小孔隙、中孔隙皆呈鐘型分佈，惟在數量上有明顯差異，隨著孔隙面積之加大呈現株數越少；而在帶狀人工更新之大孔隙中，木麻黃族群結構則呈倒 J 型，其小徑木的來源主要是人工栽植及部份的天然更新族群。

#### (二) 木麻黃開花及結實物候

台中港樣區木麻黃之開花結實物候如圖 3 所示，雄蕊約於 1 月底為始花期，至 3、4 月為盛花期，5 月則進入末花期。雌花於 3 月初為始花期，3 月中進入盛花期，至 4 月底為末花期，花凋落後旋即進入結果期，初果期之果實為綠色，直至 7、8 月時為果實成熟期變為黃色，果實開始開裂種子隨即散落。種子散佈期由第一年 8 月開始至隔年 3 月止，但部份毬果宿存於枝梢，故幾乎全年皆可觀察到母樹有毬果之存在。

#### (三) 孔隙大小之光度變化對土壤溫度及水分潛勢之影響

表 2 為不同孔隙間之光度、土壤溫度及土壤水分潛勢之變化。結果顯示隨孔隙的增大，林地內之光度越充足，即光度與孔隙大小成正相關；經測得對照組、小孔隙、中孔隙與大孔隙樣區之相對光度分別為 24 %、68 %、76 % 及 85 %。土壤溫度方面皆以表層最高，亦會隨土壤深度增加而有遞減之現象，各處理間之 5 cm 以下的土壤溫度皆在 30°C 左右。表層土壤溫度會隨著日輻射量增加而升高，與冠層覆蓋度成負相關，即對照區為最低，小孔隙次之，而中孔隙與大孔隙二者則相近，高達 60°C 左

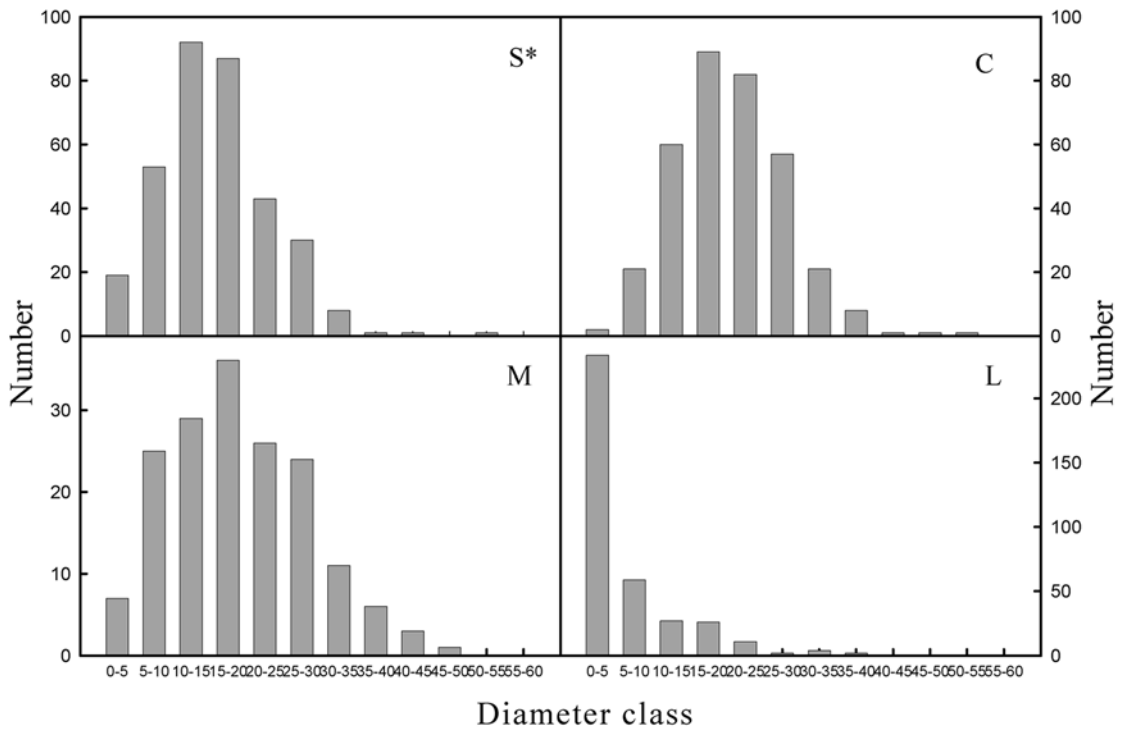


圖 2. 四種孔隙處理中木麻黃直徑階分佈圖 (\* : C - 對照組 S - 小孔隙 M - 中孔隙 L - 大孔隙)  
 Fig. 2. The diameter distribution of *Casuarina* spp. under four kinds of gaps.  
 (\*: C: control; S: small gap; M: medium gap; L: big gap)

表 1. 四種孔隙內相對光度及不同土壤深度 (5、10 及 15 cm) 之溫度與水分潛勢之變化  
 Table 1. Variation of relative light intensities, soil temperature of different depth (5, 10 and 15 cm) and water potential in four gaps

	C		S		M		L	
	soil temperature (°C)	soil water potential (Mpa)	soil temperature (°C)	soil water potential (Mpa)	soil temperature (°C)	soil water potential (Mpa)	soil temperature (°C)	soil water potential (Mpa)
Relative light	24 %		68 %		76 %		85 %	
Surface	28	<-3	56	<-3	64	<-3	63	<-3
5 cm	23	≐0	34	-1.8	33	-0.11	38	≐0
10 cm	23	≐0	31	-0.37	32	-0.08	34	≐0
15 cm	23	≐0	28	≐0	31	≐0	33	≐0

\*: C: control; S: small gap; M: medium gap; L: big gap

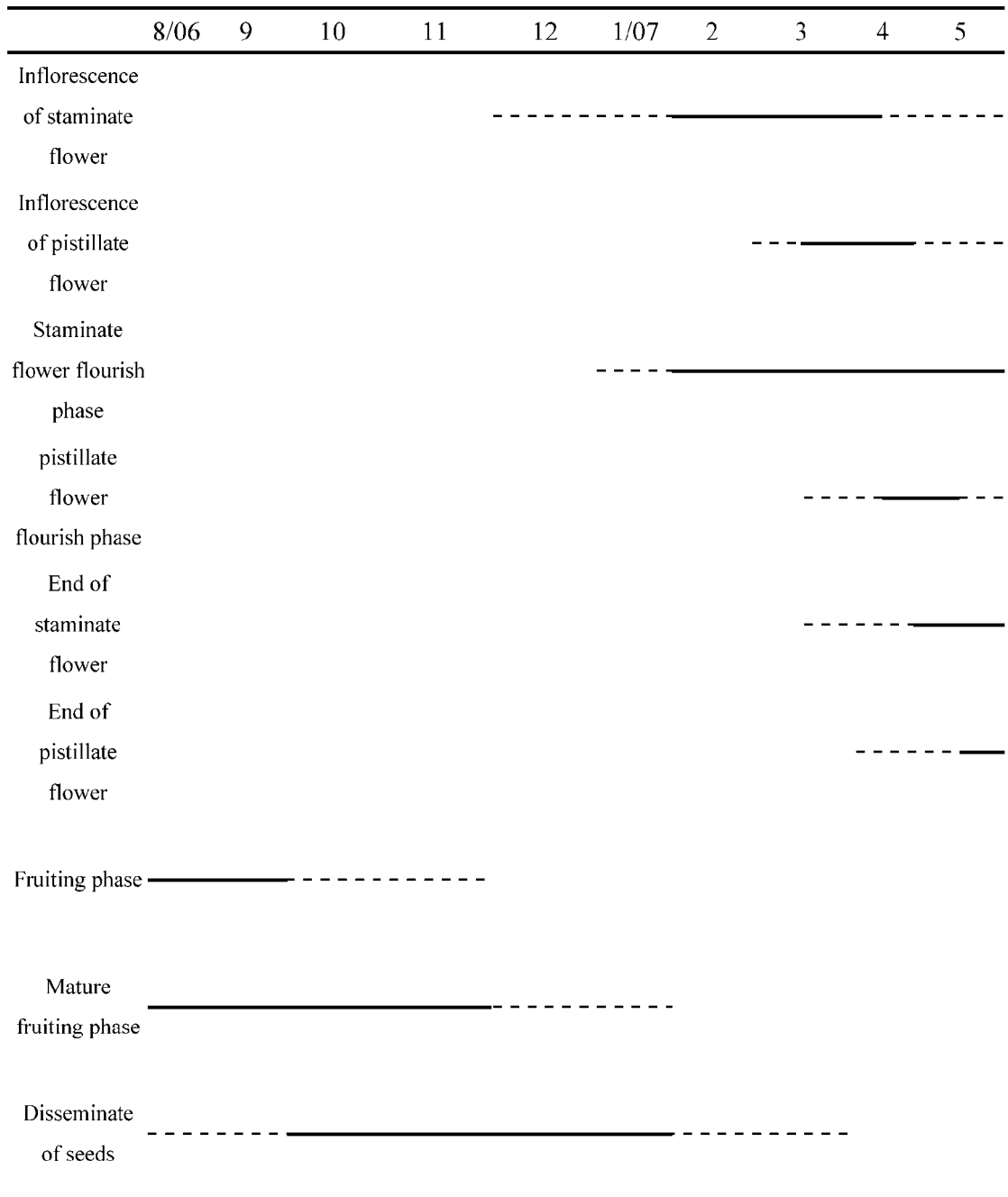


圖 3. 台中港地區木麻黃之花候及果候表現圖

Fig. 3. The phenology of blossoming and fruiting of *Casuarina* spp. at Taichung Harbor region.

(— the observed value above 50% ; -- the observed value below 50%)

右。不同樣區之土壤水分潛勢皆隨著土壤深度的增加而提高，顯示下層之土壤缺水情況並不

嚴重，但接近空氣表層之土壤 (0-1 cm) 之水分含量則為相當乾燥。

(四) 人為干擾處理對植被之影響

二次人為干擾分別於 2006 年 7 月及 2007 年 1 月初完成處理，其植被覆蓋情形分別如圖 4a、b 及圖 4c、d 所示，顯示兩次處理無論是翻土或除草處理，其植被覆蓋程度皆隨處理後時間的增長而增加，當中以大孔隙樣區之植被復原最為快速。各樣區內強度干擾(翻土)處理的雜草覆蓋程度，皆較除草處區樣區為慢；其中對照組雖無嚴重的雜草覆蓋，但處理後一個月，其地被層即有明顯枯枝落葉層覆蓋。於第二次處理時，小孔隙與中孔隙初期時之雜草覆蓋復原情形雖不似第一次處理後快速，然在 4

月中下旬時，則有明顯的迅速覆蓋情況發生。

(五) 不同孔隙下樣區種實雨、種子活力及種子庫之調查

圖 5 為不同月份間之種實雨落種量，結果顯示試驗期間以對照組之種實雨落下量最大 (395 seeds m<sup>-2</sup> month<sup>-1</sup>)，小孔隙與中孔隙次之 (290 seeds m<sup>-2</sup> month<sup>-1</sup>)，大孔隙之種實雨量最少 (20 seeds m<sup>-2</sup> month<sup>-1</sup>)，平均種實雨量約 250 seeds m<sup>-2</sup> month<sup>-1</sup>。對照組之木麻黃種實雨量在 10 月份達最高峰，中孔隙為 12 月至 2 月間，小孔隙則在 96 年 11 月及 97 年 2 月有明顯之高峰，至 3 月時皆呈明顯下降之趨勢。

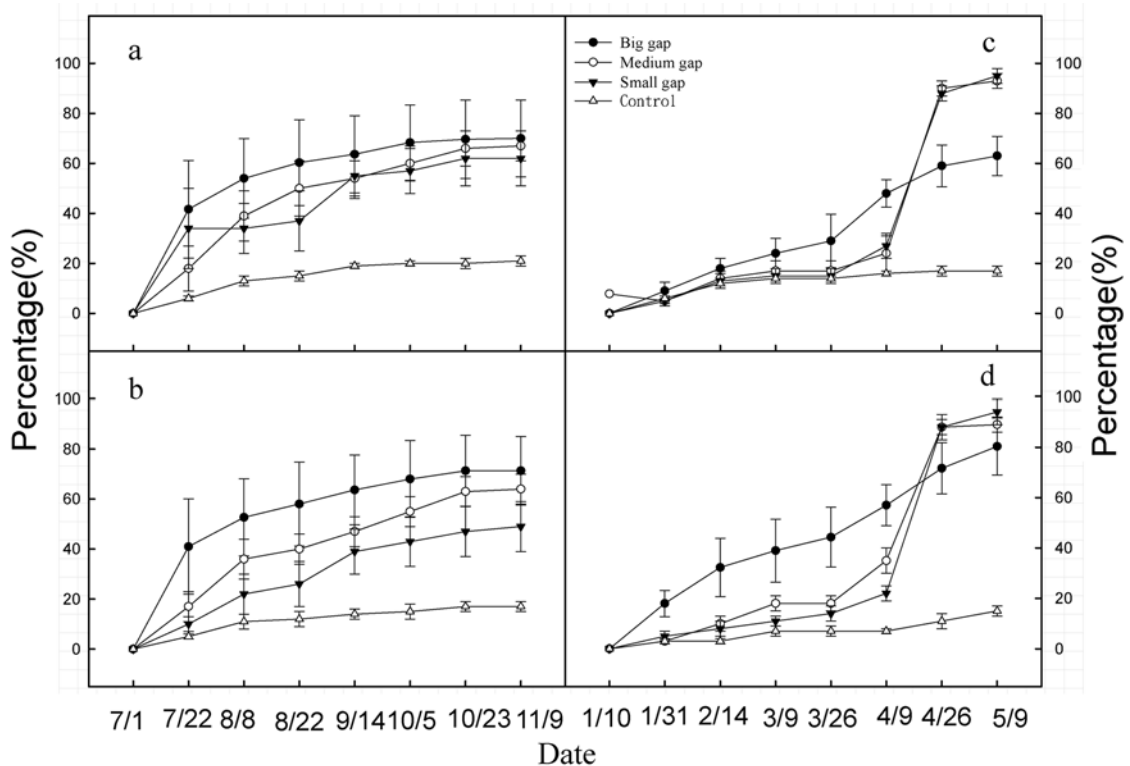


圖 4. 不同大小孔隙樣區翻土與除草干擾後雜草恢復覆蓋之百分率

(a、c : 除草干擾 ; b、d : 翻土干擾 ; ●-大孔隙 ; ○-中孔隙 ; ▼-小孔隙 ; △-對照組。  
n = 4 ; I = se)

Fig. 4. The recover percentage of the ground grass after disturbance treatment of different gap.

(a,c : full mowing. b,d : turning up the soil. ●: big gap; ○: medium gap; ▼: small gap;  
△: control. n = 4 ; I = se)

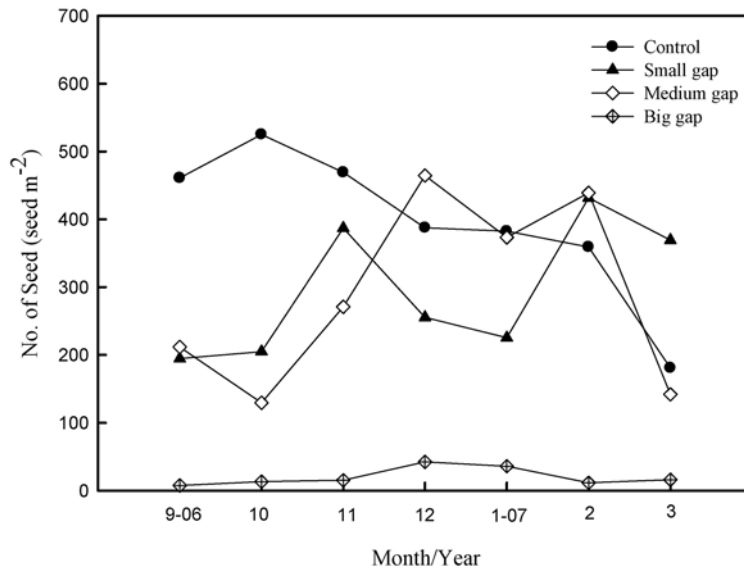


圖 5. 2006 年 9 月至 2007 年 3 月間各孔隙之種實雨平均量

(●: 對照組; ▲: 小孔隙; ◇: 中孔隙; ⊕: 大孔隙)

Fig. 5. Seeds of seed rain from Sep. 2006 to Mar. 2007 under the different gaps.

(●: control; ▲: small gap; ◇: medium gap; ⊕: big gap)

由種實雨收集之種子檢測其發芽力，結果顯示各月收集之種子發芽率於溫室環境下皆達 40% 以上，當中又以 2 月份為最高，可達 60% 之發芽率 (表 2)。於野外環境在每天充分供水之情況下，不同孔隙間之木麻黃種子約在播種後 10 天開始發芽，3 星期後發芽勢達最大，並且完全停止發芽。不同孔隙間之發芽率，以對

照組及小孔隙較高，而大孔隙與中孔隙處理之種子發芽率皆較低；於發芽結束後繼續監測小苗之存活率，發現不再供水 2 星期後，除對照區有部份小苗枯死外，其餘樣區者即近乎枯死殆盡；歷經 4 星期的時間，對照區則維持其存活苗木數，其餘樣區者已全數枯死 (表 3)。

表 2. 2006 年 9 月至 2007 年 3 月各月份木麻黃種實雨之種子發芽率 (%)

Table 2. The germination rate of the seeds from Sep. 2006 to Mar. 2007

Month	Germination percentage (%)
2006/9	40±6 <sup>c*</sup>
10	40±2 <sup>abc</sup>
11	51±5 <sup>bc</sup>
12	54±1.6 <sup>ab</sup>
2007/1	50±3 <sup>abc</sup>
2	60±5 <sup>a</sup>
3	42±6 <sup>c</sup>

\*: 不同英文字母代表經 Duncan's 多變域分析達顯著差異水準 ( $p < 0.05$ ) ( $n = 3$ ;  $\pm = se$ )

\*: Different alphabet means significant difference at  $P < 0.05$ . ( $n = 3$ ;  $\pm = se$ )



表 3. 直播之木麻黃種子發芽率及發芽 2 與 4 星期後之存活率

(S : 小孔隙 ; M : 中孔隙 ; L : 大孔隙 ; C : 對照組)

Table 3. The germination rate of sowing, and survival percentage after two weeks and 4 weeks

Treatments	Germination (%)	Survival(%) after 2 weeks	Survival (%) after 4 weeks
S	16±4 <sup>a*</sup>	3±1.5 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>
M	5±2 <sup>c</sup>	1±0.7 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>
L	3±1 <sup>c</sup>	1±0.5 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>
C	20±1 <sup>a</sup>	13±4.2 <sup>a</sup>	13±4.2 <sup>a</sup>

\* : 不同英文字母代表經 Duncan's 多變域分析達顯著差異水準(p<0.05, n = 3, ± = se)

\* : Different alphabet means significant difference at P<0.05. (n = 3 ; ± = se)

表 4. 四種孔隙土壤種子庫之種子含量

Table 4. The content of the soil seed bank under 4 kinds of gaps

	C*	S	M	L
MEAN	27.00 <sup>a**</sup>	16.25 <sup>ab</sup>	11.50 <sup>ab</sup>	1.00 <sup>b</sup>
SE	±11.37	±8.07	±5.24	±0.58

\* : C — 對照組 S — 小孔隙 M — 中孔隙 L — 大孔隙

\* : C—control S—small gap M—medium gap L—big gap

\*\* : 不同英文字母代表經 Duncans 多變域分析達顯著差異水準 (p<0.05) (n = 4 ; ± = se)

\*\* : Different alphabet means significant difference at P<0.05. (n = 4 ; ± = se)

自調查樣區中採得 24 包 10 cm 之表面土壤層樣本，經風乾後，通過孔徑 2 mm 網篩，篩落土壤顆粒、砂粒及較為細碎之葉片與枝條後，再挑選是否有木麻黃之種子，發現不同孔隙中之土壤種子庫含量差異極大，其中以對照組最多 (27 seeds m<sup>-2</sup>)，大孔隙中最少 (1 seed m<sup>-2</sup>) (表 4)。

#### 四、討論

台中港區處於亞熱帶氣候區，全年之氣溫、溼度及蒸發散量均高，平均溫度 23°C 左右，大多介於 12°C-32°C 之間 (圖 1)。降雨量與植物生長關係密切 (羅紹麟，1996)，港區年降雨量平均約 1,353 mm，有明顯乾溼季之分，雨季集中在每年的 4 至 9 月，主要為春季的梅

雨滯留鋒面、夏季午後旺盛之對流雲系及夏秋之際的颱風所帶來之豪雨。因此，常年雨量分配不均所造成的環境逆壓為不利於木麻黃更新小苗產生，小苗是否有辦法渡過冬季之乾旱期，亦是台中港區可否更新成功因子之一。梧棲測候站所測得之月平均雨量與蒸發量，年蒸發量較年雨量多出近 200 mm，蒸發量隨著日輻射量增加而增加，夏季為其高峰期；除了在降雨較集中的 4 至 9 月份，蒸發量都與雨量接近之外，10 月至翌年 1 月蒸發量甚至遠高於降雨量，如此入不敷出的水分環境，即使有降雨及全年均具高相對濕度環境也會因為蒸發量高而使水分散失，致土壤中之水分及溫度相對減少及無法降溫，如此環境的確會對木麻黃天然更新時，種子的發芽及小苗存活與生長產生很

大的影響。

自然植物相之更新包括四個連續的階段，分別為林分始生與更新階段 (stand initiation and regeneration stage)、自然疏伐或排斥階段 (thinning or stem exclusion stage)、林相轉變或下層更新階段 (transition or understory regeneration stage)，以及穩定狀態或是老齡林分階段 (steady-state or old-growth stage)，其中干擾常造成上述各階段之變化 (Kozlowski, 2002)。不同程度的干擾和更新一直在森林中不同地點進行，因此保持了極盛相森林組成與構造的歧異度，此外不同型式與強度之干擾，除造成植物相的改變外，擾動所產生之孔隙與土壤擾動，常造成林分內微環境之改變 (Naka, 1982)。森林部分樹冠層之消失會形成孔隙，孔隙內的太陽輻射量及日照時間隨之顯著增加，氣溫及土壤溫度也隨之提高，光質也以紅光較多，致使孔隙內的微環境發生劇烈改變 (郭耀綸、范開翔, 2003)。不同孔隙破裂面積會直接影響到孔隙內光度之變化，試驗中之孔隙破裂面積皆相當大，其小、中和大孔隙之林內相對光度都高達 65% 以上，且大孔隙樣區之相對光度已接近無遮陰區 (表 1)。而光為植物生長之重要環境因子，光度強弱直接影響林木的生理作用，進而影響植物的生長表現 (張安邦等, 2000; Kozolowski *et al.*, 1991)。王經文等 (2008) 曾指出木麻黃光飽和點之光度為  $\approx 1,600 \mu\text{mol PPFd m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (全光之 80%)，補償點光度為  $\approx 81 \mu\text{mol PPFd m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ( $\approx$  全光之 4%)。據本研究調查結果顯示 (表 1)，除對照區之外，其餘樣區皆可達到木麻黃所需飽和光度之 85% 以上，且光度皆可達到木麻黃所需之光補償點以上，表示孔隙內之光度並非是限制木麻黃生長因子之一，亦不會成為左右其存活之因子 (朱木生, 1995)，此結果亦與李威震 (2006) 所提木麻黃林內光度對栽植木不構成影響一致，其影響更新之原因應為其他立地條件所致。

試驗區內之表土溫度除對照區外，其餘各區之表土溫度都超過  $50^{\circ}\text{C}$  (表 1)，高溫伴隨著

高蒸發量，為台中港區入夏後表土微環境之特徵。然高等植物生長忍受之溫度範圍為  $0-45^{\circ}\text{C}$  間，而耐熱性植物如仙人掌雖可容忍  $60-65^{\circ}\text{C}$  高溫，但在此溫度下，能存活的時間相當短 (朱德民, 1993; 廖玉琬、徐善德, 2002)。郭幸榮 (1984) 曾指出土壤水分潛勢在  $-0.325 \text{ Mpa}$  時，木麻黃種子即不發芽。本試驗各試區表層之土壤水分潛勢已低於  $-3 \text{ Mpa}$  (表 1)，此乃台中港地區之蒸發量高 (圖 1)，且土壤質地為沙土所致。而各試區之土壤深度超過  $5 \text{ cm}$  以上時，其土壤水分皆不虞匱乏 (表 1)；因此維持表層土壤之水分或將種子混入土壤層  $5 \text{ cm}$  以上深度，種子有發芽適宜之水分條件才能產生更新苗木的機會。木麻黃本屬於非耐熱型之植物，尤其剛萌發之木麻黃小苗面對此高溫及缺水逆境，其存活率非常低；由表 3 結果顯示以人工播種之小苗不予人工澆水後，除位於鬱閉林下之試區外，其餘皆在歷經 4 星期之後完全枯萎。此外，一般熱帶植物種子適合之發芽溫度介於  $20-35^{\circ}\text{C}$  間，本試驗現場播種深度在表層  $2 \text{ cm}$  左右，雖施予人工澆水，但仍顯不足以完全降低土表溫度或供應充分之水分以提昇木麻黃種子之發芽率，且發芽率較同批種子播種於溫室者低很多 (表 2, 3)；其中對照區及小孔隙試區之表土溫度較低，其發芽率也較高，顯示表土溫度對發芽之影響。

施行樣區地被層之干擾 (翻土及除草)，主要是為移除妨礙木麻黃種子發芽之枯枝落葉層與雜草，並給予幼苗足夠發芽及生長空間，如新加坡海埔新生地木麻黃林緣無障礙之環境即可天然下種更新 (Lee *et al.*, 1997)；但本研究在兩次試驗處理後之調查結果，並未在樣區中發現大量新生之木麻黃小苗，此結果與 Ibáñez 和 Schupp (2002) 對 *Cercocarpus ledifolius* 之立地進行土壤干擾，對其小苗發芽並沒有促進之效的結果相似。究其原因可能是擾動土壤層之後，木麻黃非以種子庫的形式儲存在土壤中 (表 4)，種實雨飄落在非適當之發芽時期或種實雨還未開始，故在實行干擾後，無更新小苗之

產生，且處理後其雜草生長速度復原程度相當快(圖 4)；第一次處理結束時，剛好是 8、9 月間，正值植物之生長季，試驗區之陽光及水分不虞匱乏，處理結束後雜草旋即迅速重新覆蓋，覆蓋度的增加直至 11 月中旬才開始趨緩。第二次處理之結果在大孔隙樣區與第一次之結果相似，隨著時間增加而覆蓋度增加，其餘各處理於四月下旬才出現明顯之恢復，主要是梅雨季來臨及生長季已開始所呈現之結果，至 5 月中旬多數試區皆可達近 95% 之覆蓋度。究其原因，本試驗除草處理時無法將雜草根除，以人力翻土只能翻動 15 cm 之土壤深度，未若機械翻土能將表土層所含之雜草整株及種子埋入較深土層中，致使雜草迅速繁衍，再者，土壤擾動時機的掌握不當，在非種子適宜發芽季節處理，且缺乏攔阻種子之遮蔽物，致使種子飄落時面臨被強勁季風吹走，此點可由臨近人工更新造林地之防風籬基腳及灌溉水管沿線之天然萌芽種子苗得到一些印證，殘留之少數種子又面臨雜草之競爭，致使無法藉由天然下種更新達成預期成效。

枯落物(litter)可能會釋放一些毒他化學物質，增加地表之遮陰作用及對小苗產生壓制作用，且提供節肢昆蟲之棲息處，增加食害小苗和種子的可能性，這些皆會對小苗產生負面之影響(Facelli, 1994)。許博行(2006b)指出在四湖地區木麻黃枯落物並沒有自毒作用，但枯落量較多時易將小苗壓覆，若沒有適時將枯落物移除，則會形成天然更新之阻力。本試驗之對照區鬱閉林下，干擾處理 4 個月後，雜草之覆蓋度雖只有 20% 左右，但在處理 1 個月後，即出現明顯之枯落物層，並隨著時間增加而增厚(現場觀測)。李芳婷和顏江河(2002)曾指出台中港木麻黃海岸林其枯落物之量相當大，10 月間之枯落物量最大，且枯落物量之變化受颱風影響很大。

根據物候調查結果顯示，台中港區防風林之木麻黃在 5 月份開始結果，7 月中旬後果實陸續成熟，成熟之果實大約於 8 月份開始裂開

及種子散落(圖 3)，此結果與韓明琦(2006)在四湖地區調查木賊葉木麻黃物候之結果大致相同。種實雨收集之結果顯示，由 9 月份開始至隔年 3 月份為種子之飄落期，惟 3 月份時即已趨減少之勢(圖 5)。種實雨除在大孔隙區明顯較少外，其餘各樣區的種實雨總量差異並不大，惟其高峰期有明顯差異；原因可能是林分結構及受季風之影響所造成，但種實雨之種子均具發芽力(表 2)，可供天然更新之來源。

唐勇等(1998)指出白背桐(*Mallotus paniculatus*)林之土壤種子庫與種實雨關係密切，種實雨是土壤種子庫的直接來源；由本試驗結果中可知，台中港區木麻黃防風林的種實雨不虞匱乏，然土壤中木麻黃種子含量卻極少(表 4)。種子庫中種子減少原因包括良好之發芽環境使土壤中種子發芽、棲地中之動物或昆蟲掠食及細菌為害使種子失去活力及儲存在土壤中的種子因自然的衰老而失去活力(Simpson *et al.*, 1989)。本試驗調查並未發現樣區中當年生的種子有大量發芽的現象，卻發現樣區內之螞蟻窩有種子與其殘渣及其他昆蟲啃食之情形，此情形確實對木麻黃種子庫含量之消滅有影響，但影響程度和其他影響因子則尚待進一步之調查。

## 五、結論

綜合上述試驗結果，台中港區內之試驗地經干擾處理後，雜草滋生迅速為更新小苗生存的障礙之一。夏季易使表土累積高溫及發生乾旱現場，實際形成木麻黃天然更新小苗生存之致命傷；因此，欲在台中港地區實施木麻黃林之天然下種更新作業，建議在更新地之鄰近林分先行促進母樹開花結實，並行強度整地翻土之干擾作業及適當的攔阻種子設施，2-3 月間開始施予人工灌溉措施，在大孔隙並佐以直播方式補充種子之來源，則天然更新將可獲得成功。此外，台中港地區木麻黃防風林種實雨之種子數量相當龐大(約 250 seeds m<sup>-2</sup> month<sup>-1</sup>)，且發芽率達 40%，除大孔隙之外，應可供天然

更新之需；惟土壤種子庫之種子量則相當少，飄落之種子主要受到昆蟲搬移、食用或季風運移等外在的潛藏因子之影響而大量減少，影響台中港區內之木麻黃天然更新。

## 六、致謝

本試驗之完成，感謝行政院農業委員會林務局南投林區管理處之經費支援（計畫編號：95406A014）及不具名委員之寶貴意見，才得以完整呈現研究成果。

## 七、引用文獻

- 王經文、廖天賜、陳忠義、楊凱愉、林睿思、陳宜敏、許立勳(2008)木賊葉木麻黃苗木對水分逆境之反應。林業研究季刊 30(2)：31-44。
- 朱德民(1993)植物與環境逆境。國立編譯館。380 頁。
- 朱木生(1995)台東木麻黃海岸林現況(三)木麻黃之天然更新介紹。台灣林業 21(7)：36-41。
- 李芳婷、顏江河(2002)台中港區木麻黃防風林枯枝落葉量及其養分動態變化。中華林學季刊 35(4)：351-359。
- 李威震(2006)台灣東北部海岸保安林木麻黃林分健康監測之研究。宜蘭大學自然資源研究所碩士論文。94 頁。
- 何坤益(2006)台灣海岸林造林之撫育管理。台灣林業 32(1)：40-43。
- 林信輝(1987)三種防風林植物在海岸環境下之生理生態反應。中興大學植物學研究所博士論文。238 頁。
- 林昭遠、謝顯宗、陳明義(1996)木麻黃防風林斥水層復育之研究。中華水土保持學報 27(2)：107-117。
- 唐勇、曹敏、張建侯、盛才余(1998)西雙版納白背桐次生林土壤種子庫、種子雨研究。植物生態學報 22(6)：505-512。
- 張安邦、廖天賜、方榮坤、翁仁憲、李丁松(2000)光度對大夜楠及香楠形質生長的影響。林業研究季刊 22(1)：11-22。
- 許博行(2006)海岸木麻黃林分易衰老原因及實施天然下種更新可行性的探討。第一屆環境保護林經營管理研討會。69-76 頁。
- 郭幸榮(1984)木麻黃種子發芽及苗木生長之研究。國立台灣大學農學院實驗林研究報告第 154 號。12 頁。
- 郭耀綸、范開翔(2003)南仁山森林倒木孔隙三年間的更新動態。台灣林業科學 18(2)：143-151。
- 黃隆明(2003)海岸防風林立地條件之特性。台灣海岸防風林經營方針座談會。5-11 頁。
- 楊蒼叡(2003)台灣檫樹天然下種更新之研究。國立中興大學碩士論文。43 頁。
- 廖玉琬、徐善德(2002)植物生理學。啓英文化事業有限公司。581 頁。
- 鄧書麟、何坤益、陳財輝、王志斌、高銘發(2005)台灣西海岸防風良造林策略與樹種之選介。台灣林業 31(1)：62-67。
- 鄧書麟、沈勇強(2006)台灣海岸林經營面臨之困境與對策探討。台灣林業 32(4)：3-8。
- 韓明琦(2006)木賊葉木麻黃種源於台灣 12 年生長變異之研究。國立中興大學碩士論文。71 頁。
- 羅紹麟(1996)森林、水與生活。中華林學會叢書第 961 號。118-132 頁。
- 羅紹麟(2003)海岸防風林之效益。台灣海岸防風林經營方針座談會。17-21 頁。
- 蕭祺暉(2002)海岸林鹽沫危害與復育造林。台灣林業 28(6)：27-28。
- Facelli, J.M. (1994) Multiple indirect effects of plant litter affect the establishment of woody seedlings in old fields. Ecology 75: 1727-1735.
- Ibáñez, I. and E. W. Schupp (2002) Effects of litter, soil surface conditions and microhabitat on *Cercocarpus ledifolius* Nutt. Seedling emergence and establishment. Journal of Arid Environments 52:209-221.

- Kozłowski, T. T., P. J. Kramer and S. G. Pallardy (1991) *The Physiological Ecology of Woody Plants*. Academic Press, Inc. P.31-42.
- Kozłowski, T. T. (2002) Physiological ecology of natural regeneration of harvested and disturbed forest stands: implications for forest management. *Forest Ecology and Management* 158: 195-221.
- Lee, S.K., K.C. Goh and S.O. Yee (1997) Natural regeneration of vegetation as an alternative for greening sand-filled reclaimed land in Singapore. *Land Degradation and Development* 8:59-70.
- Naka, K. (1982) Community dynamics of evergreen broadleaf forests in southwestern Japan. I. wind damaged trees and canopy gaps in an evergreen oak forest. *Journal of Plant Research* 95: 385-399.
- Simpson, L. R., M. A. Leck and V. T. Parker (1989) Seed banks: general concepts and methodological issues. P.3-8. In: Leck, M. A., V. T. Parker (eds.) *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press, San Diego, California.

