

# 花蓮七星潭海岸防風林功效之探討

黃隆明<sup>(1)</sup> 賴振墉<sup>(2)</sup> 陳財輝<sup>(3)</sup>

## 摘要

七星潭位於花蓮機場東側，為一新月形海灣，經縣政府劃定為風景特定區，以提供民眾遊憩所需。為了解七星潭海岸防風林之功效，本研究以多層風速計與微氣候記錄儀觀測林帶內外風速、鹽份及微氣候之差異；經由研究結果得知，位於防風林帶內 67m 處平均減風與減鹽效果已達 70% 左右，而至 140m 處則可高達約 90%；再者，葉片與土壤鹽份量及空中飄鹽量之分佈，隨水平距離增加而遞減，在 150m 處皆已降至 10 mg/100ml 以下；至於林帶內平均氣溫與地溫則較林帶外低約 2°C，土壤含水量較林帶外高約 0.4%，而氣壓及相對濕度亦有相同之趨勢，但光照度則僅為林帶外 1/215，輻射亦只有 1/20；整體而言，由於海岸防風林帶具有調節微氣候之功效，因此在冬季期間，林帶內感覺溫暖而舒適，對於營造提供優質的天然遊憩環境有實質助益。

(**關鍵詞**：海岸防風林、風速、飄鹽、微氣候)

## Effectiveness of Coastal Windbreaks at Chi-Shing Lake, Hualien

*Long-Ming Huang<sup>(1)</sup>, Zhen-Yong Lai<sup>(2)</sup>*

Professor and Graduate Student, Department of Soil and Water Conservation  
National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan, R.O.C.

*Tsai-Huei Chen<sup>(3)</sup>*

Scientist, Division of Silviculture  
Taiwan Forestry Research Institute, 53, Nanhai Rd., Taipei, 100, Taiwan

## ABSTRACT

Chi-Sing Lake lies in the east of the Hualien airport. It is a crescent bay, delimited as a specific scenery district by the county government. The differences of the wind velocity, salt and microclimate with the multi-layer anemometer and the microclimate instrument with inward and outward of the

---

(1) 國立中興大學水土保持學系副教授

(2) 國立中興大學水土保持學系碩士班研究生

(3) 行政院農業委員會林業試驗所育林組副研究員，通訊作者

forest were measured in this study to evaluate the effectiveness of the windbreaks of Chi-Sing Lake. It was found that the average wind velocity and salt reduction already reached 70% at 67m, and reached 90% at 140m inside the windbreak. The salt content of beefwood, in the soil and the amount of floating all increase with the horizontal distance but decrease progressively and descend 10mg/100ml at 150m. However, the average temperature and ground temperature and the water content in soil inside the forest belt are 2°C higher, 0.4% higher than those the outside the forest belt. The trend of the atmospheric pressure and opposite moisture were about the same. But the illumination is only 1/215, and the radiation is 1/20 of that of the outside forest belt. Having the effectiveness of adjusting microclimate in coastal windbreaks is reflected in the relatively warmer and more comfortable in the forest than in the outside during the winter. Therefore windbreaks are useful in providing the high-quality natural recreation environment.

( **Key word:** Coastal windbreak, Wind velocity, Salt spray, Microclimate )

## 前言

七星潭海岸位於海岸山脈與中央山脈連接處的北端，由於季風的影響，海岸受到海浪不斷的衝擊淘刷，逐漸形成一新月形海灣，海岸線綿延 20 多公里，目前亦逐漸減退中，屬於侵蝕型的海岸。

七星潭地名最早出現在清同治、光緒年間，因為此地羅列著大小不等的湖泊而得名。原位於現在花蓮機場一帶，當初為了興建機場，將原本住在七星潭附近的居民，遷移至今的海灣處，因為習慣自稱七星潭居民，久而久之，外人便稱此海灣為七星潭。

由於此處景色秀麗，經縣政府劃定為風景特定區，興建有景觀平台、賞星廣場、觀日樓及自行車道等多項休憩設施，然而，在濱海地區規劃構築休憩娛樂設施，首要面對的就是沿海惡劣的氣候環境以及海岸防風林存廢的衝突。

眾所周知，海岸防風林不但是濱海地區最前線的防護屏障，也是維繫整體濱海休閒設施營建管理成敗之主要關鍵，一旦防風林帶解

編廢除或過渡砍伐的結果，強風飄鹽長驅直入，酷暑陽光直接照射，將致使局地微氣候環境更形惡化，不僅失去休閒的意義，而且造成生態環境的破壞；因此，為能營造更良好的休閒環境，提供更高品質的活動場所，本研究將針對七星潭海岸防風林，調查測定林帶內外風速、飄鹽及微氣候之差異，探討分析海岸防風林實際功效，以作為濱海休憩娛樂區開發之參考。

## 材料與方法

### 1. 研究試區

#### (1)試區位置

研究試區位在七星潭德燕濱海植物園區北側之 2618 號防風保安林帶，其位置如圖 1 所示，面積約 84 公頃，民國 27 年 5 月 8 日編入種植，林帶厚度約為 340m，樹種以木麻黃為主，其餘為林投、草海桐、濱刀豆、馬纓丹及猩猩草等植物；經由自然更新後，目前樹齡為 5~30 年，試區內木麻黃平均樹高約 14 m，主要功能為阻滯太平洋季節強風及飄鹽，以保護新城鄉大漢及北埔內陸一帶村

落與農耕地，使其免受風鹽危害為目的。

## (2)試區概況

防風林帶內設有步道，呈馬蹄形狀，沿東北方向離海岸約 67m 較近之步道，為自然之砂地路面；而離海岸約 140m 較遠之步道，為人工築成之水泥路面，二步道交接處有一涼亭，可供遊客休憩觀海之用。



圖 1. 花蓮七星潭試區位置圖

Figure 1. The site of experiment in Chi-Sing Lake, Hualien.

## 2. 風速剖面測定

為瞭解防風林帶對風速之影響，研究中使用了魯賓遜風杯型多層風速計，從事風速觀測，每套風速計共有 5 組風杯，所以每一觀測點可同時測得 5 個不同高度之風速資料，藉此可用以分析垂直方向之風速剖面。根據 Prandtl 理論，風速剖面為一對數分布型態，因此，風速觀測時於對照點與各觀測點上分別設立多層風速計，如圖 2 所示，同時測定地面上 0.5m、1.5m、3.0m、4.6m 及 6.0m 五個不同高度之風速資料，如圖 3 所示；由於風具有陣性，故依世界氣象組織之規定，採用 10 分鐘之平均風速，即每 10 分鐘同時記

錄一次，並換算成單位為 m/s 之風速值；各觀測點重複測定三次，再取三次風速之平均，以作為該觀測點之平均風速值。

實驗中，在防風林帶迎風面選擇一處不受林帶影響之空曠區，設置對照點，所測得的風速視為標準風速；另外沿主風向距離防風林帶之迎風面 67m 及 140m 處，則分別設立兩個觀測點，如圖 2 所示；觀測點 I 與觀測點 II 之林帶疏密度，如圖 4 至圖 5 所示，經由 Image-Pro 軟體處理後，所得結果分別為 62.8% 及 93.7%。

## 3. 空中飄鹽量測定

(1) 將密度為 20 支紗之紗布，以圓環套筒固定於壓克力鹽份收集框上，再將收集框固定於距離地面高 0.4m、1.4m、2.9m、4.4m 及 5.9m 之多層風速計鉛桿上，如圖 2 所示；壓克力圓筒方向與風向平行，以測定不同高度之鹽份量。

(2) 觀測時間為 1 小時，同時記錄風速資料後，將紗布卸下，裝入塑膠袋攜回室內分析；將攜回之紗布以鑷子放置於廣口瓶內，加入 100c.c 蒸餾水浸泡 24 小時，以 SUNTEX SC-17A 電導度計測定廣口瓶中電導度值，再將所得之值，依率定曲線（如圖 6 所示）換算成單位體積所含鹽份之毫克數。

## 4. 葉片鹽份量測定

為瞭解飄鹽在防風林帶內分布情形，故於林帶之迎風面每隔 20m 設立一處葉片鹽份採樣點，共設立 12 個點，如圖 2 所示。每個採樣點之採樣高約 1.5m，將採集之木麻黃葉片樣本置於塑膠袋中，攜回實驗室分別放置燒杯中，各加入 100c.c 蒸餾水浸泡 24 小時，再以電導度計進行葉面鹽份附著量測定，所得結果用以分析空中飄鹽量在林帶內消滅之情形。



圖 2 . 觀測位置示意圖

Figure 2 . The site of observation.

#### 5. 土壤鹽份量測定

在葉片採樣點 1 至 10 處再從事土壤採樣，每處分別取 0~10cm、10~20cm 及 20~30cm 三個不同深度之土壤樣本，攜回實驗室進行土壤鹽份量測定；將所攜回之土壤樣秤重 50g，投入廣口瓶中，注入蒸餾水，土樣與蒸餾水之混合比為 1：1，調製成之懸浮液放置三天後，以電導度計測定其電導度值，並依率定曲線換算成單位體積所含鹽份之毫克數，所得結果進而與空中飄鹽量、葉面鹽份量互相比對，以瞭解彼此

間之關連性。

#### 6. 微氣候觀測

為能進一步瞭解防風林帶內外微氣候之差異，因而再進行林帶內外溫度、溼度、氣壓、最高最低溫度、光照度、日輻射、土壤水分及地溫等微氣候因子之觀測，分析比較林帶內外微氣候之變化，以提供防風林營造及濱海休憩娛樂區開發之參考。

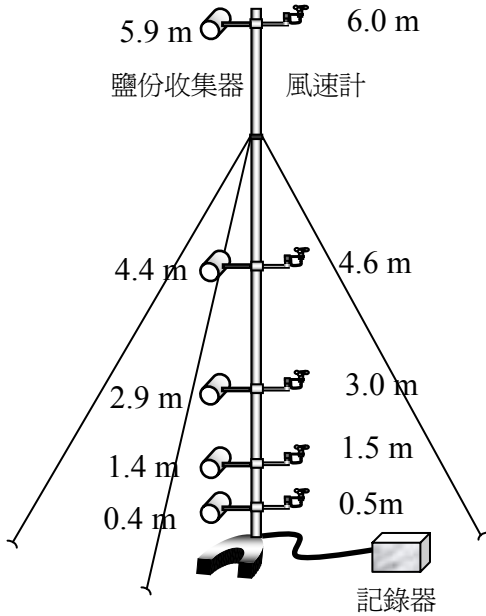


圖 3 . 儀器佈置圖

Figure 3 . The setup of instrument.



圖 4 . 觀測點 I 林帶疏密度概況

Figure 4 . The density of a forest belt in the experiment site I .

溫度、濕度、氣壓及日輻射之觀測，係使用自記式記錄器，而最高最低溫度與光照度之觀測則是使用非自記式儀表，至於土壤水分與地溫之觀測則是使用 CR10X 記錄器配合量測感應器，同時蒐集土深 10cm、20cm、30cm、40cm 及 50cm 處之資料，如圖 7 所示，測定時以每 30 秒讀取資料 1 次，再取 30 分鐘之平均值，此種取樣與量測方式將能符合夏禹久、楊之遠(1989)

與梁亞忠(1994)所要求之穩定狀態。



圖 5 . 觀測點 II 林帶疏密度概況

Figure 5 . The density of a forest belt in the experiment site II .

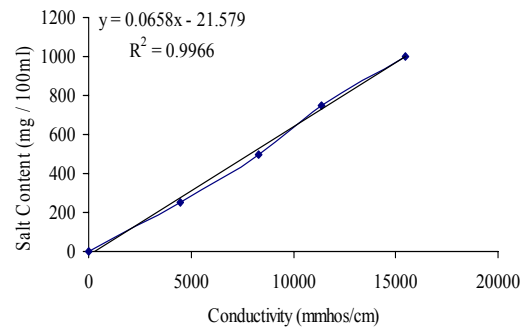


圖 6 . 鹽份率定曲線

Figure 6 . The curve of the salinity rate.

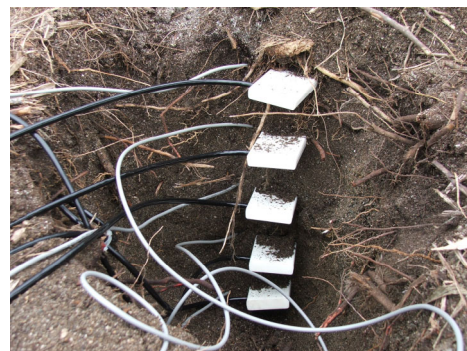


圖 7 . 土壤水分與地溫計埋設情形

Figure 7 . Measurements for the water content and temperature in the soil.

## 結果與討論

### 1. 風速剖面分析

風速剖面是指風速隨高度變化之型態，根據 Prandtl 理論，一般平坦地上風速剖面符合對數法則，然而風行進遇防風林阻擋時，於防風林帶內之風速剖面是否仍然依循對數法則之分布型態？又各剖面風速衰減情況有何差異？實有必要從事探討分析。由觀測所得之圖 8 得知，無論觀測點 I 或觀測點 II，在對照組處之風速剖面皆達 1% 顯著水準，但在測定組處因防風林阻擋僅觀測點 I 之風速剖面達到 5% 顯著水準；整體而言，大致上風速都隨高度增加而遞增，且對照組之風速皆大於測定組，又觀測點 II 之風速剖面較觀測點 I 有極顯著衰減情況，在高度 3m 以下之風速已降至約 1m/s，此結果表示該處防風林帶並無明顯枝下高存在，現地情況如圖 5 所示；詹文陽 (1993) 指出，防風林帶之枝下高愈高，將會造成林帶底部之風速及鹽份量增加，因此，在營造防風林時應設法消除枝下高，栽植低矮植物保護，以提昇防風林帶之功效。

由於風速隨時間不同而有所變化，各觀測點測定時間不同，所測得之風速無法代表該觀測點因受防風林影響而增減之風速百分比，為解決上述疑慮，故將同一時刻下觀測點風速與對照點風速相除，以求得較為客觀之相對風速百分比，計算式如下：

$$\text{相對風速 (\%)} = \frac{\text{觀測點風速}}{\text{對照點風速}} \times 100 (\%)$$

為便於瞭解防風林之功效，本研究以減風效果百分比從事探討分析，此值係根據相對風速百分比依下式計算而得：

$$\text{減風效果 (\%)} = 100 (\%) - \text{相對風速 (\%)}$$

所得結果如表 1 所示，由表 1 得知，當迎風面對照點之風速在 12m/s 以上時，背風面林內 67m 處之觀測點 I，於高度 3m 以上的減風效果可達到 60% 以上，而高度 3m 以下的減風效果更可高達 90% 以上；據此可知，防風林帶之厚度達到約 70m 時，已有顯著的減風效果。而在林內 140m 處之測定點 II，於每個高度所測得的平均減風效果則已高達 90% 左右。

游繁結(1982)指出，海岸林若僅為防風之目的而設者，以 10 行林帶較為適宜。吳約西(1981)指出，分段式海岸防風林不只可爭取較多用地且較整段式海岸防風林更具消能功效，其中以 20 行林帶，間隔 10H，而後接續 20 行林帶的排列方式，所得之消能效果最佳。本試區防風林帶內分段設置的 2 個森林步道，即為理想之規劃設計，不但不影響林帶原有之防風功能，而且又能提供民眾優質的休閒活動環境，使防風林更具有多樣性功能。

然而，構築在鄰近防風林帶南側之濱海景觀設施，由於完全規劃在空曠之裸露地上，無任何屏障，風速強勁，由表 1 得知，於觀測時約 12~14m/s；由於風速達到 10m/s 以上時，依中央氣象局資訊顯示，已經不適宜人體從事戶外活動，因此，防風林帶確實能夠營造較佳活動環境空間，有其存在之價值與貢獻，不能輕言廢除或任意砍伐。

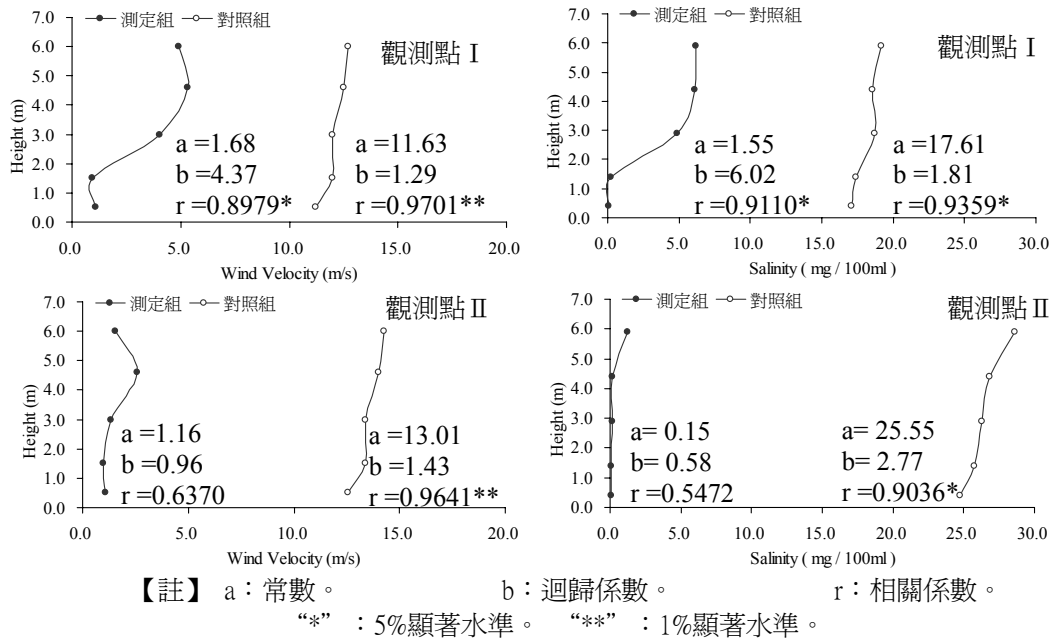


圖 8. 風速及鹽份剖面圖

Figure 8 . The profile of wind velocity and salinity.

表 1. 相對風速及減風效果結果表

Table 1 . The result of the relative wind velocity and wind reduction.

觀測點編號	水平距離	測高 (m)	測定組	對照組	相對風速 (%)	減風效果 (%)
			平均風速 (m/s)			
I	67m	6.0m	4.89	12.69	38.53	61.47
		4.6m	5.34	12.52	42.65	57.35
		3.0m	4.01	12.01	33.39	66.61
		1.5m	0.94	11.99	7.84	92.16
		0.5m	1.06	11.22	9.45	90.55
II	140m	6.0m	1.56	14.24	10.96	89.04
		4.6m	2.60	13.99	18.58	81.42
		3.0m	1.34	13.40	10.00	90.00
		1.5m	0.96	13.39	7.17	92.83
		0.5m	1.07	12.58	8.51	91.49

表 2. 相對鹽份及減鹽效果結果表  
Table 2. The result of the relative salinity and salinity reduction.

觀測點編號	水平距離	測高 (m)	測定組	對照組	相對鹽份 (%)	減鹽效果 (%)
			鹽份 (mg / 100c.c)			
I	67m	5.9m	6.18	19.20	32.19	67.81
		4.4m	6.12	18.58	32.94	67.06
		2.9m	4.90	18.70	26.20	73.80
		1.4m	0.24	17.40	1.38	98.62
		0.4m	0.10	17.09	0.59	99.41
II	140m	5.9m	1.22	28.61	4.26	95.74
		4.4m	0.12	26.85	0.45	99.55
		2.9m	0.12	26.29	0.46	99.54
		1.4m	0.11	25.77	0.43	99.57
		0.4m	0.10	24.75	0.40	99.60

## 2. 空中飄鹽量分析

由圖 8 得知，無論觀測點 I 或觀測點 II，在對照組處之鹽份剖面皆達 5%顯著水準，此結果較風速剖面差，顯示空中鹽份之分佈較不均勻；又測定組處因防風林阻擋僅觀測點 I 之鹽份剖面達到 5%顯著水準；整體而言，大致上鹽份亦隨高度增加而遞增，且對照組之鹽份皆大於測定組，又觀測點 II 之鹽份剖面較觀測點 I 有極顯著衰減情況，在高度 4.4m 以下之鹽份量僅有 0.12 mg/100ml。

由於海面生成的鹽份量與海上大氣邊界層、風速、氣溫、水蒸氣密度及渦散係數等因素有關（幸喜善福，1975）；因此，在不同時間所飄往內陸的鹽份量不盡相同，換言之，若觀測時間不同，則各測點鹽份量之多寡並無法表示代表該測點因受防風林影響而增減之鹽份百分比，為解決上述疑慮，因此，以相對鹽份百分比來表示，計算式如下：

$$\text{相對鹽份 (\%)} = \frac{\text{觀測點鹽份}}{\text{對照點鹽份}} \times 100 (\%)$$

如同風速分析一樣，為便於瞭解防風林防鹽之功效，本研究以減鹽效果百分比從事探討分析，此值係根據相對鹽份百分比依下式計算而得：

$$\text{減鹽效果 (\%)} = 100 (\%) - \text{相對鹽份 (\%)}$$

所得結果如表2所示，由表2得知，由於空中飄鹽行經防風林帶時，一部份被推至防風林帶上緣，另一部份則通過林帶受到樹冠及樹幹之攔阻，鹽份量隨距離增加而遞減：表2中顯示，觀測點 I 之平均減鹽效果約可達到80%，而觀測點 II 之平均減鹽效果則可高達98%，此種趨勢與風速衰減情況一致；一般而言，海岸防風林帶內飄鹽量之對數值與同一時間內相對應之風速值成一正比關係，而本試驗區內觀測點 II 之風速即已降至 1.0m/s 左右，其飄鹽量也已降至 0.1mg/100ml 左右，此結果與前人之研究（詹文陽，1993）



有相同之趨勢。由此可知，防風林帶除了有防風功能外，同時也具備有防鹽機能，因此，防風林帶對於淨化空氣品質將有顯著功效，能夠保護林帶，即能擁有清新空氣與優質環境。

### 3. 葉片鹽份量分析

由圖 9 得知，採樣點 1 及 2 因受海風直接吹襲，所以木麻黃葉面所夾帶之鹽份量最高，平均約為 57mg/100ml；而後隨著水平距離的增加，葉面鹽份的含量隨之遞減，至最後採樣點 12 其含鹽量僅剩 12mg/100ml。

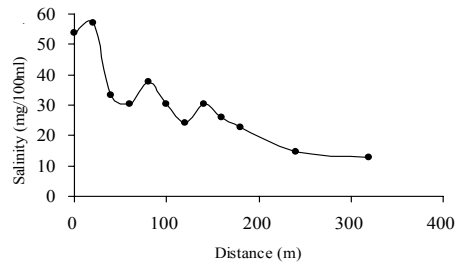


圖 9. 木麻黃不同測定點之鹽份量分布狀況

Figure 9. The salt content of the beefwood leaf in different experiment site.

### 4. 土壤鹽份量分析

由圖 10 得知，土壤鹽份大多聚集在表土層 0~10cm 處，於採樣點 1 其鹽份量約 95mg/100ml；至於 10cm 以上深度之土壤含鹽量彼此間差異不大，但無論任何深度其含鹽量皆隨水平距離的增加而遞減，尤其在 0~60m 範圍內最為明顯，而於 60m~140m 之間鹽份量之變化較小，至 140m 處鹽份量則又顯著降低，在 150m 以後僅剩 10mg/100ml 左右，此結果與劉忠憲 (1997) 研究所得一致；甘偉航 (1964) 也曾以飄鹽觀點，調查林木枯梢量而提出海岸林之厚度標準，即當風速高於 14m/s 時，需要有 100m 以上的林帶；而由本研究結果顯示，為充分達到防風及防鹽功效，林帶之最佳厚度至少必須在 150m 左右。

由於木麻黃林帶之土壤含鹽份濃度達 2.5% (2.5g/100ml) 時，即呈現鹽害病徵，甚至導致部份生長勢能較弱之苗木死亡 (陳振榮, 1980)；然而本試驗區內林帶土壤含鹽量最大值僅有 0.095%，遠低於 2.5%，因此並未使林木生長情況受到嚴重影響。

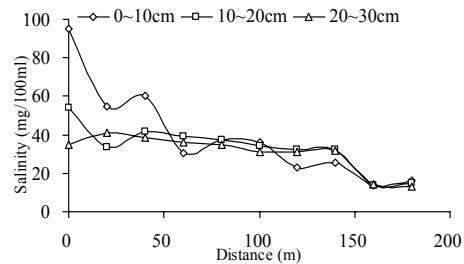


圖 10. 不同深度土壤鹽份之水平距離分布狀況

Figure 10. The horizontal distribution of the salt content in different depth of the soil.

### 5. 微氣候觀測

所得資料如表 3 及圖 11~17 所示，茲將所得結果分析如下：

#### (1) 照度：

由表 3 得知，林帶內之照度僅有 420 lx，但林帶外由於空曠而裸露，陽光直接照射，照度高達 90000 lx，約為林帶內 215 倍；由於人體若長時間曝曬在太陽下容易曬傷及中暑，故防風林區為一處極佳之天然遮蔽場所。

一般自然光之照度如表 4 所示，本次林帶外觀測值與中午太陽直射及露天地面之照度值 100000 lx 相近，達到極大值，而林帶內照度則與房屋中心相近，為最小值。

#### (2) 日輻射量：

由表 3 得知，林帶內之日輻射量為林帶外的 1/20，此係由於樹木枝葉具有吸收及遮蔽日輻射的功能，當太陽照到樹冠上

表 3 . 微氣候觀測值

Table 3 . The observation of microclimate.

地點	平均照度 (lx)	日輻射量 (ly)	最高溫度 (°C)	最低溫度 (°C)	平均溫度 (°C)	平均氣壓 (mb)	平均溼度 (%)
林外	90000	96.02	39.0	25.5	30.5	1006	69
林內	420	4.14	34.0	26.0	28.2	1008	82

表 4 . 自然光之照度表

(摘自: www.au.edu.tw/ox\_view/admin/wk/chap5.htm)

Table 4 . The illumination of natural light.

氣候	照度
夏日中午太陽直射照度	100,000 lx
露天地面	100,000 lx
樹蔭	10,000 lx
建築物陰影	5,000 lx
接近窗戶區域	2,000 lx
房屋中心	100 lx
無雲晴天 (藍天)	90,000 lx
薄雲陰天	30,000~50,000 lx
稍暗陰天	10,000~15,000 lx
暗雨天	7,000~10,000 lx

時,有 30-70%的太陽輻射量會被吸收,僅有一小部分透過林冠到達林內,且強度和性質都發生了變化。

(3)最高及最低溫度:

由表 3 得知,林帶外最高溫度高出林帶內 5°C,最低溫度則低於林帶內 0.5°C;此係由於白天時,樹冠阻止太陽輻射,而樹木的比熱比土壤大,當樹葉表面蒸散時需吸收熱量,因而林帶內氣溫不會急劇升高,故最高溫度低於林外;又夜晚時,林

冠像似一個大的保護罩,林地內的長波輻射被林冠阻擋,防止熱量迅速散失,故其最低溫度略高於林外。

(4)平均溫度:

由圖 11 及表 3 得知,林帶內外溫度於清晨 6 點即開始緩慢上升,至下午 2 點達到最高,而後逐漸降低,整體而言,林帶外之平均溫度高於林帶內約 2°C;一般而言,在夏季且於生長季節時,林帶內外溫度差值將會更大,但也隨林帶內的樹種,樹高及樹齡而有所不同。

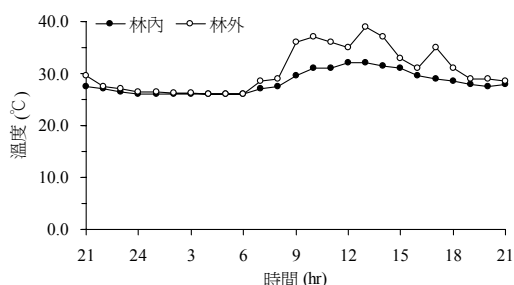


圖 11 . 林帶內與林帶外溫度變化圖

Figure 11 . The temperature contrast of the forest inward and outward.

(5)相對溼度:

由圖 12 及表 3 得知,由於溫度與濕度有反比之關係,當溫度降低會相應使相對溼度提高,因此,林帶內平均相對溼度高出林帶外約 12%,此趨勢與唐琦(2005)、徐森雄(2003)研究結果相同。由於人類對

周遭大氣環境的適應能力因年齡和身體狀況而有所不同，其中影響人體舒適程度的氣象要素包括氣溫、濕度和風等。而中央氣象局根據天氣預報之溫度及露點溫度等資料，依下式計算舒適度指數，並將指數劃分為六個等級的舒適度，當指數 10 以下為非常寒冷、11 至 15 為寒冷、16 至 19 為稍有寒意、20 至 26 為舒適、27 至 30 為悶熱及 31 以上為易中暑等。

$$THI = T - 0.55 \left[ 1 - \frac{\text{Exp}\left(\frac{17.269Td}{Td + 237.30}\right)}{\text{Exp}\left(\frac{17.269T}{T + 237.30}\right)} \right] (T - 14)$$

THI：舒適度指數。 T：溫度。

Td：露點溫度。

由於從溫度及相對濕度可推求得露點溫度(黃隆明, 1997)，因此，將表 3 中林內外之平均溫度、平均濕度及推求而得之露點溫度，代入上式中計算後得到林內舒適度指數為 26.71，屬於舒適的等級；至於林外舒適度指數則為 27.70，為悶熱的等級，由此再次證實防風林帶確實適合做為天然遊憩場所。

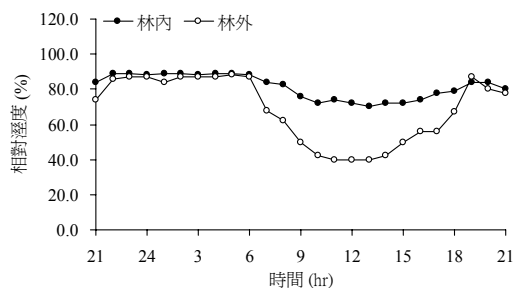


圖 12 . 林帶內與林帶外濕度變化圖

Figure 12 . The moisture contrast of the forest inward and outward.

(6)氣壓：

地面氣壓的日變化有單峰、雙峰和三峰等型式，其中以雙峰型最為普遍，其特

點是一天中有一個最高值、一個次高值和一個最低值、一個次低值。一般而言，最高與最低氣壓值出現的時間和變化幅度隨緯度而有區別，熱帶地區氣壓日變化最為明顯，日較差可達 3 至 5mb。隨著緯度的增高，氣壓日較差逐漸減小，到緯度 50° 日較差減至不到 1mb。然而，氣壓日變化的原因比較複雜，一般認為同氣溫日變化和大氣潮汐密切相關 (張學文, 2004)。

由本研究結果表 3 得知，林帶內平均氣壓略高於林帶外 2mb。再由圖 13 得知，林帶內外之氣壓其日較差約為 4mb，且每日都有兩個高低循環變化，皆屬於雙峰型，其中又以林帶內氣壓之變化最為典型，於清晨時氣壓上升，9 至 10 時出現最高值，以後氣壓下降，到 15 至 16 時出現最低值，而後又逐漸升高，於 21 至 22 時出現次高值，以後再度下降，在次日 3 至 4 時出現次低值。蒲金標 (2005)分析台灣南北部氣壓日變化曲線發現皆有兩次升降，最高氣壓發生在上午 9 時，次高氣壓發生在 22 時，此結果與本研究所得相似。

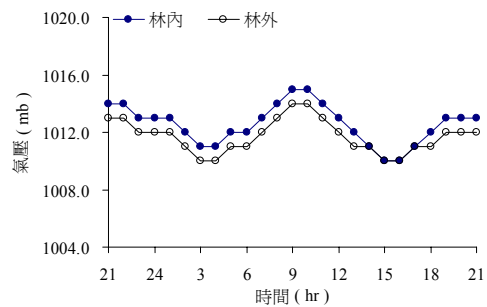


圖 13 . 林帶內與林帶外氣壓變化圖

Figure 13 . The atmospheric pressure contrast of the forest inward and outward.

(7)土壤水份：

由於使用 TDR 方法量測土壤水份，其相關係數可達 0.9 以上 (周美珠, 1989)，且比較沒有其他常見土壤水分測定方法之

缺點 (高庭芳, 2003), 因此本研究採用 TDR 方法從事土壤水份之量測。由圖 14 及圖 15 得知, 林帶內土壤含水量較林帶外高約 0.4%, 而林帶內外土壤含水量大都集中在深度 40cm 處, 且不同深度土壤含水量隨時間變化幅度極微; 於 10 至 50cm 深的範圍內, 土壤含水量維持在 4% 以上, 此數值約為一般土壤含水量的 1/3, 由於本試驗地之土壤質地以粗砂和細砂為主, 粉粒和粘粒較少, 因而土壤黏性小、孔隙大, 通氣及透水性較強, 蓄水和保肥性能差, 所以含水量十分匱乏, 故而在濱海砂質地從事防風林營造相當艱難。

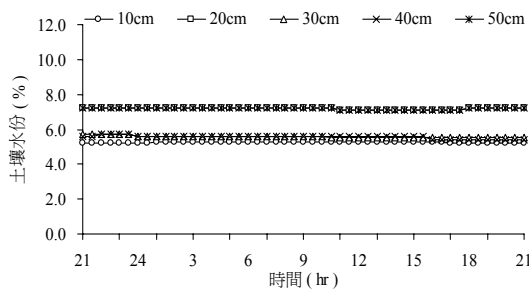


圖 14. 林帶內不同深度之土壤水份圖

Figure 14. The water content in different depth of the soil in the forest inward.

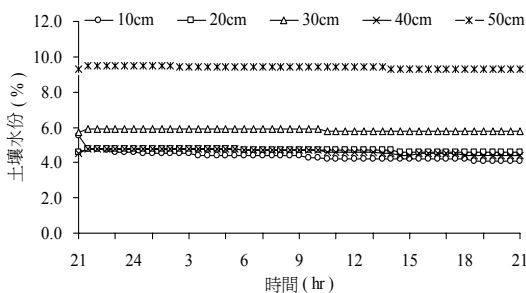


圖 15. 林帶外不同深度之土壤水份圖

Figure 15. The water content in different depth of the soil in the forest outward.

徐森雄(1982)觀測梅山地區山坡地土壤水分含量, 發覺深度越深土壤水分含量越高, 其差異在 10% 以內; 高庭芳(2003)觀測福山試驗集水區水分移動特性, 發覺不論乾溼季節, 水份大多集中於土深 30cm 內之淺層土壤中, 而當土深大於 30cm 時, 其土壤含水率幾乎為定值, 本實驗結果亦有相似的情況。

(8) 土壤溫度:

土壤表層白天受陽光照射加熱, 夜間又以長波輻射形式散熱, 引起土壤溫度和大氣溫度強烈晝夜變化。一般淺層土壤溫度受日變化影響變動之振幅較為顯著, 以表層 10cm 的土溫而言, 早晨自日出開始土溫逐漸升高, 至下午 2 時左右達到最高, 而後又逐漸下降, 最低溫在清晨 5 至 6 時 (隨季節變化)。但深層土壤則具有遲滯效應, 變化波動較小, 以土深 30 至 40cm 而言幾乎無日變化。

由於砂質土空氣孔隙多, 熱容量小, 含水量與導熱性低, 表土受熱後向下傳導慢, 因而地表增溫快溫差大。由圖 16 及圖 17 得知, 林內外地溫於上午 8 時開始上升, 林外因地表直接吸收太陽輻射, 溫度起伏較大, 但林內因有樹冠遮蔽陽光直接照射, 吸收到較少之輻射量, 地溫變化不大。圖中顯示表層之地溫變化較大, 白天土溫高於底層, 晚間底層土溫則高於表層, 此結果與鄒良棟 (2004) 研究所得相同; 其餘不同深度之地溫變化並不大, 在 10 至 50cm 深的範圍內, 林帶內地溫差約 2°C, 而林帶外地溫差達 5°C。

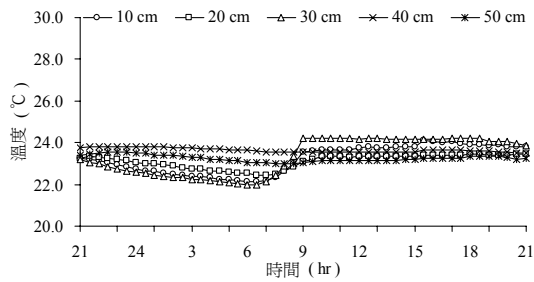


圖 16. 林帶內不同深度之地溫圖

Figure 16. The ground temperature in different depth of the soil in the forest inward.

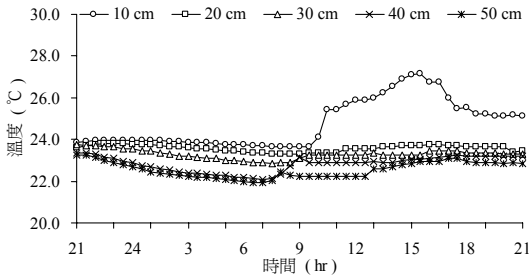


圖 17. 林帶外不同深度之地溫圖

Figure 17. The ground temperature in different depth of the soil in the forest outward.

## 結 論

綜合本研究之結果可得以下之結論：

1. 防風林帶內 67m 處，於測高 6m 範圍內之平均減風與減鹽效果約可達到 70% 左右，而至 140m 處則可高達約 90%，因此，為充分達到防風及防鹽功效，林帶之最佳厚度必須在 150m 以上。
2. 木麻黃葉片鹽份量、土壤鹽份量及空中飄鹽量之分佈，皆隨水平距離增加而遞減，在 150m 處皆已降至 10 mg/100ml 以下，因而防風林帶對於淨化空氣品質有顯著功效，能夠保護林帶，即能擁有清新空氣與優質生活環境。

3. 林帶內之照度約為林帶外 1/215，日輻射量亦只有 1/20，屬於令人感覺最舒適之狀態，故防風林區為一處極佳之天然遮蔽場所。

4. 林帶外最高溫度高出林帶內 5°C，最低溫度則低於林帶內 0.5°C，而平均氣溫則高於林帶內約 2°C。

5. 林帶內平均相對溼度高出林帶外約 12%，其舒適度指數為 26.71，屬於舒適的等級；至於林外舒適度指數則為 27.70，為悶熱的等級，據此證實防風林帶確實適合做為天然遊憩場所。

6. 林帶內平均氣壓略高於林帶外 2mb，而林帶內外之氣壓其日較差約為 4mb，且每日都有兩個高低循環變化，皆屬於雙峰型，其中又以林帶內氣壓之變化最為典型。

7. 林帶內土壤含水量較林帶外高約 0.4%，而不同深度土壤含水量隨時間變化幅度極微，且林帶內外土壤含水量大都集中在深度 40cm 處，並維持在 4% 以上，但此數值約為一般土壤含水量的 1/3，由此可見濱海砂質地之含水量十分匱乏，故而防風林營造相當艱難。

8. 砂質地表層之地溫變化較大，白天土溫高於底層，晚間底層土溫則高於表層；其餘不同深度之地溫變化並不大，在 10 至 50cm 深的範圍內，林帶內地溫差約 2°C，而林帶外地溫差達 5°C。

## 參考文獻

1. 甘偉航 (1964) 「海岸區域木麻黃類之造林

- 及其風害調查研究」,台灣林業試驗所第99號。
- 2.吳約西(1981)「海岸防風林的減風力之探討」,國立中興大學水土保持研究所碩士論文。
  - 3.周美珠(1989)「未飽和土層水流動態模之研究」,中興大學土木工程研究所碩士論文。
  - 4.高庭芳(2003)「福山試驗集水區坡面土壤水分移動特性之研究」,國立台灣大學森林學研究所碩士論文。
  - 5.徐森雄、余嘉雄(1982)「山坡地氣候條件與土壤水分觀測調查(第四報)」行政院農業發展委員會中央加強農村建設輔助計畫。
  - 6.徐森雄(2003)「坡地檳榔園之微氣候特性」,中華林學季刊第37卷第2期,pp.169-178。
  - 7.唐琦(2005)「天然香楠林之微氣候特性研究」,國立中興大學水土保持學系博士論文。
  - 8.夏禹久、楊之遠(1989)「由氣象因素估測蒸發散量的限制條件」,台灣地區農業氣象資源應用研討會專輯,中央氣象局,pp.113-126。
  - 9.黃隆明(1997)「氣象學實習」,國立中興大學教材。
  - 10.梁亞忠(1994)「資料記錄器、光量子與溫度感測器在森林微環境之應用」,中華林學季刊,第27卷第4期,pp.15-35。
  - 11.陳振榮(1980)「台灣木麻黃種類之鑑定、新種之引進及其耐鹽性之比較研究」,台大森林研究所碩士論文。
  - 12.游繁結(1982)「海岸林帶厚度對林後減風功效之風洞試驗」,農林學報,31(1):99-127。
  - 13.張學文(2004)「新疆氣象手冊」,氣象出版社。
  - 14.詹文陽(1993)「海岸防風林帶內風速與鹽分分布關係之研究」,國立中興大學水土保持研究所碩士論文。
  - 15.蒲金標(2005)「台灣北部與南部氣壓與氣溫日變化之分析研究」,氣候變遷與永續發展研討會論文集(一):p3-12。
  - 16.鄒良棟(2004)「植物生長與環境」,高等教育出版社。
  - 17.劉忠憲(1994)「澎湖鹽份分布之探討」,國立中興大學水土保持研究所碩士論文。
  - 18.幸喜善福(1975)「海岸付近の空中鹽素量に関する研究(II)—防風ネットおよび現存防潮林の減風減鹽作用」,琉球大學農學部學術報告,22:721~726。
  - 19.椿東一郎(1974)「水理學(II)」,森北出版社,p76~82。

---

95年09月15日收稿

95年10月20日修改

95年10月28日接受