

海岸防風林帶空隙對微氣候影響之研究

黃隆明⁽¹⁾ 劉奇恩⁽²⁾

摘要

台中港木麻黃防風林造林迄今已屆 30 年，由於立地環境惡劣，以及近年來強勁颱風吹襲之影響，許多林木開始衰退枯萎、倒塌，林帶內逐漸產生各種大小的空隙。為瞭解空隙是否會對林帶內的微氣候造成影響，本研究在四個不同空隙試區，架設 CR10X 及 DAVIS 綜合氣象觀測儀器，並以氣象站及濱海之空曠地區作為對照點，進行比較分析。結果顯示，溫濕度差分別在 2°C 及 7% 以內；氣壓則無差異；但日照時數則差異較大，以鬱閉林帶最短，僅 3 個小時。綜合得知，空隙大小不但對日照時數、光度、日輻射、蒸發量及風向影響顯著外，而且對溫溼度及地溫亦略有影響，然而對氣壓、土壤水分及風速則無影響。

(**關鍵詞**：海岸防風林、立地環境、空隙、微氣候)

A Study on the Influence of Microclimate by the Wind Gap at Coastal Windbreaks

Long-Ming Huang⁽¹⁾, Chi-En Liu⁽²⁾

Associate Professor⁽¹⁾ and Graduate Student⁽²⁾, Department of Soil and Water Conservation
National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

Casuarina trees were planted as windbreak belt along the perimeters of the Taichung Harbor thirty years ago. Due to the harsh local environments, numerous *Casuarin* trees have died since. As a result, wind gaps in various sizes in the intended windbreak belt have been created. To understand influences of these wind gaps on the local microclimate in the windbreak belt, a CR10X and DAVIS weather station was used in this study to compare and analyze three different sizes of wind gaps. In addition, a strip of well-treed windbreak belt without wind gaps created by dead *Casuarina* trees was also used in this study as the fourth case for comparisons. The open areas around the near-by seashore was used as the reference point for comparisons. Key differences between the windbreak gaps and the reference points were 2°C in ambient temperature, 7% in relative humidity and daily

(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

sunlight exposure to the soil in the well treed area was only three hours between wind gaps.

It is concluded that the windbreak gaps not only have strong influences on daily sunlight exposure duration, illumination, radiation, evaporation and wind direction but also have some influences on temperature, relative humidity and soil temperature. On the contrary, the windbreak gaps have little or no influences on atmosphere pressure, soil moisture and wind speed.

(**Key Words** : Coastal windbreak, Local environment, Wind gap, Microclimate)

前言

台中港位於台灣西海岸的中央，是在沙灘上闢建出來的人工港口，距離北部之基隆港及南部之高雄港航程各約 110 浬，港區範圍北起大甲溪南岸，南迄烏溪北岸，西臨台灣海峽，東以臨港大道及其延長線為界。冬季時因受強盛東北季風影響，造成飛砂漫天，嚴重影響建港工程及營運工作，為了減少飛砂危害，以及增進濱海之自然景觀，經由港務局努力策劃，自民國 64 起，配合建港工程，開始在台中港進行木賊葉木麻黃防風林的造林工作，迄今已屆 30 年，也已收到相當成效。

雖然木賊葉木麻黃是木麻黃科中栽植最廣泛及最耐風抗鹽的樹種 (Wilson and Johnson 1989)，然而，由於立地環境惡劣，以及近年來強勁颱風吹襲之影響，許多生長至今已 20 至 30 年之林木，開始逐漸衰退枯萎，造成大小不一的空隙，這些空隙是否會對林帶內之溫度、溼度、氣壓、日照時數、光度、日輻射、蒸發量、土壤水分及地溫等微氣候因子造成不同的影響，實為本研究所要探討之重點。

材料與方法

一、試區位置

本研究試區南起台中港北堤北側，北至風車及濱海之防風林區，東至西濱快速道路，西迄堆砂區域，面積約 270 公頃，試區範圍如圖 1 所示；為探討空隙對微氣候之影響，研究中首先在試區中勘選四種不同空隙類型之林帶，分別為大空隙試區（係人工疏伐栽植所形成之長條型帶狀區域，空隙周圍所涵蓋面積在 1802 m² 以上）、中空隙試區（空隙周圍所涵蓋面積約 1500-1700 m²）、小空隙試區（空隙周圍所涵蓋面積約 400-600 m²）及鬱閉林帶（周圍皆為木麻黃林，空隙周圍所涵蓋面積小於 200 m²）如圖 2-5 所示。為使研究更臻周延，在勘選濱海空曠地作為對照點（圖 6），以作為資料比對之用。本研究架構如圖 7 所示。

二、試區概況

由梧棲氣象站民 70~94 年資料（如表 1 所示）得知，本試區氣溫以夏季期間 7 至 9 月較高，平均達 28.4 °C，冬季期間 1 至 3 月最低，平均為 16.7 °C，年平均溫度為 23.3 °C；相對溼度方面，全年變化量不大，在 74.8 % ~ 79.8 % 之間，氣壓介於 1002.7 mb ~ 1016.7 mb 之間，降水量總計為 1353.1 mm，但蒸發量高達 1533.6 mm，地表極為乾燥。平均坡度約為 1% 至 2% 之緩坡，土壤屬於砂質壤土。

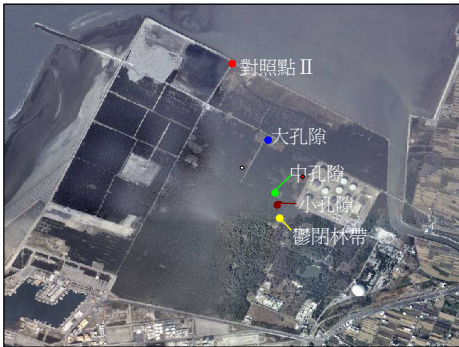


圖 1. 台中港試區位置圖
Figure 1. The experiment sites in the Taichung Harbor.

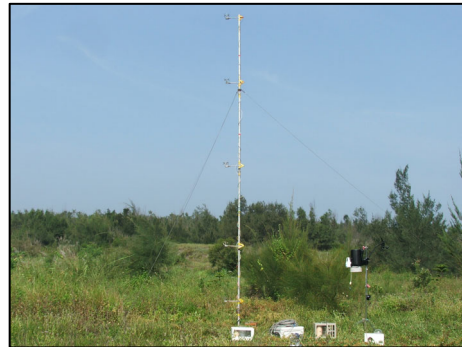


圖 2. 大空隙林帶
Figure 2. Forest land with a large wind gap.

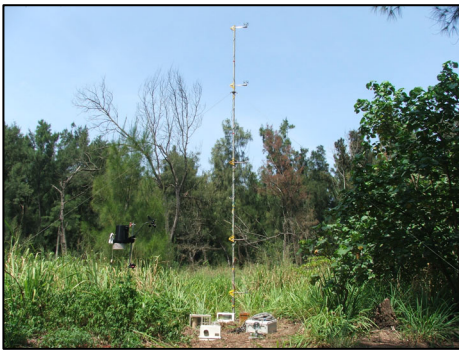


圖 3. 中空隙林帶
Figure 3. Forest land with medium wind gap.



圖 4. 小空隙林帶
Figure 4. Forest land with a small wind gap.



圖 5. 鬱閉林帶
Figure 5. Fully stocked forest land.



圖 6. 對照點
Figure 6. The check plot.

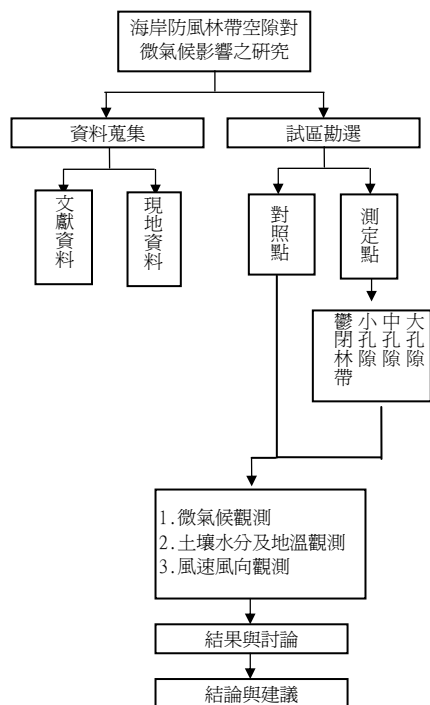


圖 7. 研究架構

Figure 7. Research scheme.

三、微氣候測定

本研究觀測期間自民國 95 年 7 月至 95 年 12 月止。分別於 4 個試區及對照點處，進行溫度、相對溼度、氣壓、日輻射、日照、蒸發量、土壤水分及地溫等微氣候因子之觀測，並以對照點資料從事比對分析。溫度、濕度、氣壓及日輻射之觀測使用自記式記錄器，而土壤水分與地溫之觀測則是使用 CR10X 記錄器，分別蒐集土壤深度 10、20、30、40、50 cm 處之資料，如圖 8 所示，測定時以每 30 秒讀取資料 1 次，最後取 30 分鐘之平均值，此數據將能符合夏禹九等（1989）

與梁亞忠（1994）所要求之穩定狀態。

研究中於對照點及各測定點設置 DAVIS 多功能綜合氣象觀測儀器，如圖 2~圖 6 所示，可同時觀測風向、風速、雨量、氣溫、氣壓、相對溼度及日輻射等，所得資料可與自記式記錄器相互比對率定，其中雨量、氣溫、氣壓、相對溫度及日輻射等，其取樣頻率及平均方法與地溫相同。

由於風具有陣性，故其速度與方向不能於較長時間保持不變，因此，時間為風速觀測上一重要變因，由於各測點之觀測時間皆不相同，為消除時間在風速觀測上的變異，風速及風向每 3 秒讀一次資料，並依世界氣象組織之規定，採用 10 分鐘之平均值，且各測點重複三次，再將三次風速平均值後，取其值作為該點之平均風速，並換算成單位為 m/sec 之風速。



圖 8 土壤水分與地溫計埋設情形

Figure 8. Measurements for the water content and temperature in the soil.

表 1 梧棲氣象站氣象資料統計表
Table 1. Data of the Wuci Weather Station.

月份	風速 (m/s) 與風向				氣 溫 (°C)			相對 濕度 (%)	相 對 氣 壓 (mb)	降 水 量(mm)		蒸發量 (mm)	日照量 (小時)	雲量
	平均 風速	最多 風向	最 大		平均	最高	最低			總計	降水日數			
			平均	最大										
1	7.5	NNE	23.2	NE	15.9	20.2	12.8	77.3	1016.5	27.4	5.5	90.3	149.7	5.8
2	6.9	NNE	22.2	NNE	15.8	20.1	13.0	79.8	1015.2	91.1	10.1	78.9	105.7	7.1
3	5.7	NNE	20.1	NNE	18.3	22.6	15.1	79.6	1013.2	108.8	11.1	98.1	132.3	7.3
4	4.5	NNE	22.4	NE	22.3	26.3	18.9	78.8	1010.1	145.7	10.9	115.5	141.1	7.0
5	4.1	SSE	20.3	NE	25.4	29.1	22.3	79.6	1006.9	234.5	10.9	133.9	163.3	6.8
6	3.5	SE	24.8	NNE	27.9	31.3	24.7	79.2	1004.1	203.8	10.7	155.8	186.0	6.5
7	4.6	SSE	23.0	NE	28.9	32.6	25.9	77.4	1003.7	189.3	8.6	183.6	231.9	5.5
8	6.2	SSE	32.3	NE	28.9	32.3	25.9	77.9	1002.7	203.3	10.0	169.4	210.9	5.7
9	7.1	NNE	33.0	NNE	27.3	31.0	24.1	77.0	1005.8	102.5	6.0	150.3	186.4	5.1
10	7.5	NNE	28.0	NNE	24.5	28.3	12.6	75.1	1010.2	10.1	2.1	145.9	196.0	4.3
11	6.9	NNE	24.9	NE	21.3	25.5	18.1	74.8	1013.5	14.8	2.4	112.7	160.0	4.9
12	7.3	NNE	24.1	NNE	22.5	21.6	14.3	75.1	1016.7	21.8	3.6	99.2	158.5	5.1
年	6.0	NNE	33.0	NNE	23.3	27.2	19.0	77.7	1009.9	1353.1	91.9	1533.6	2022.4	5.9

資料來源：中央氣象局，民國 70~94 年「氣候資料年報」

結果與討論

一、溫度

在四種不同空隙內部及對照點所測得的溫度分布曲線如圖 9 所示。由圖 9 得知，在中午 12 點高溫時段，林帶空隙愈大，溫度愈高，此時大空隙林帶內溫度高達約 30.1 °C，較鬱閉林帶高 1.3 °C；反之，在清晨 6 點低溫時段，林帶空隙愈大，溫度愈低，大

空隙林帶較鬱閉林帶低 1.9 °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，因而愈鬱閉的林帶氣溫不會急劇升高，故最高溫度低於大空隙；又夜晚時，林冠像似一個大的保護罩，鬱閉林帶內的長波輻射被林冠阻擋，防止熱量迅速散失，此時最低溫度將高於大空隙。又對照點與大空隙之溫度差異不大，然而，由於對照點位於空曠無遮蔽物之場地，因此，其最高溫與最低溫變化均略大於大空隙。

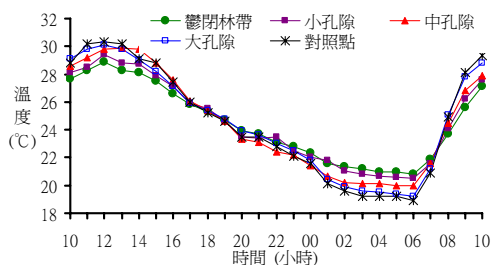


圖 9. 各試區與對照點溫度分佈圖

Figure 9. Distribution of temperature at experiment sites and check plot.

二、相對溼度

由圖 9 及圖 10 得知，由於溫度與相對濕度有反比之關係，當溫度降低會相應使相對溼度提高，反之亦然。因此，中午時段，大空隙林帶內之相對濕度最低，約為 60%，而鬱閉林帶最高，達到 67%。中午時段過後，溼度逐漸上升，至清晨 6 點達到最高峰，此時大空隙溼度高達 96%，比鬱閉林帶高約 7%。綜合而言，當空隙愈大，其溫度及溼度變化量均愈顯著。再者，對照點溼度曲線變化亦均大於大空隙，此趨勢與唐琦（2005）、徐森雄（2003）研究結果相同。方榮坤等（1993）指出：相對濕度在 60% 以上，不但森林火災不易蔓延，而且相對濕度高時，植苗易活，

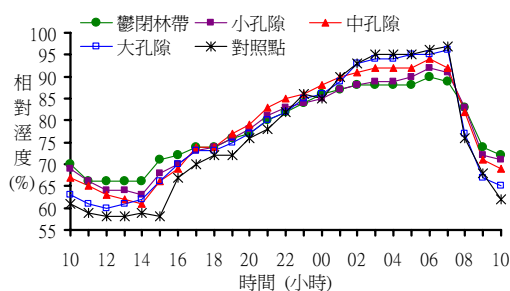


圖 10. 各試區與對照點相對溼度分佈圖

Figure 10. Distribution of relative humidity at experiment sites and check plot.

對萌芽開葉亦有助益，唯不利於開花結實。若為過濕氣候，終年多霧，則會吸收輻射，防止地熱散失，對苗木生長將有助益。

三、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 5 Hpa。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 1 Hpa。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關係密切（張學文，2004）。

由圖 11 得知，試區內平均氣壓與對照點並無顯著差異，且各空隙間氣壓之變化，亦極不明顯。再者，每日都有兩個高低循環變化，皆屬於雙峰型，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 22 至 23 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

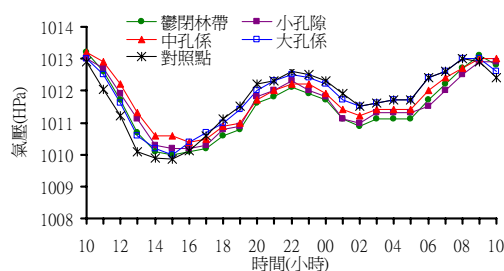


圖 11. 各試區與對照點氣壓分佈圖

Figure 11. Distribution of barometric pressure at experiment sites and check plot.

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，此結果與本試驗所得一致。

四、日照時數

由圖 12 得知，大空隙試區之日照時數約 8.3 小時與對照點約 8.5 小時相近，而中空隙日照時間約 5 小時，小空隙日照時數約 4.5 小時。又鬱閉林帶陽光大多是透過樹葉照射到林帶內部，故其日照時數最短，僅 3 小時，因此，空隙大小對日照時數影響較為顯著。據林信輝（1987）指出，木麻黃受到日照之後，淨光合成率開始由負轉正，當日照達 2~9 小時，其淨光合成率變化相近，皆達光合作用最旺盛階段，顯示此因子在本研究中對木麻黃生長不會造成太大的影響。

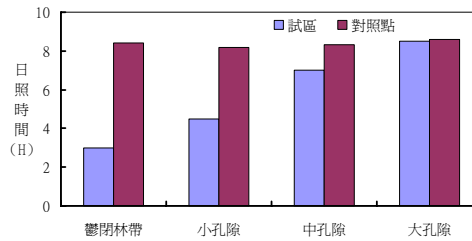


圖 12. 各試區與對照點日照時數比較圖
Figure 12. Comparison of sunshine hour at experiment sites and check plot.

五、光度

一般來說，林木能迅速的在裸露地或林冠開放處發芽生長，最主要的控制機制應是光度 (Reader, 1991)。本研究係於 95 年 8 月 8 日及 10 月 15 日正午使用 ANA-313 光度計量測，結果如表 2 所示。由表得知鬱閉林帶內的光度最低，二次觀測值平均為 18500 lux，若將此值與對照點光度相除，所得之平

表 2. 各試區與對照點光度比較表 (單位：10³ Lux)

Table 2. Comparison of illumination at experiment sites and check plot.

日期	鬱閉林帶	小空隙	中空隙	大空隙	對照點
95.08.08	22	45	80	115	120
95.10.15	15	35	65	78	80
平均	18.5	40.6	74.0	96.7	100
相對光度(%)					

表 3. 各試區與對照點日輻射比較表 (單位：W/m²)

Table 3. Comparison of radiation at experiment sites and check plot.

試區	測定點		對照點	相對日輻射(%)
	最高日輻射	平均日輻射	平均日輻射	
鬱閉林帶	168	38.3	180.0	21.3
小空隙	578	117.9	181.2	65.1
中空隙	685	169.3	180.0	94.1
大空隙	704	178.5	180.5	98.9

均相對光度僅有 18.5%，而大空隙由於幾乎沒有遮蔽物，其值高達 95%。因此在不同空隙內，光度差異極大，由於鬱閉林帶內光度低，因而造成林分內其他草類植物生長不易。甘偉航、胡大維（1987）指出：本省海岸防風林大都面臨老齡化衰退、人為破壞、病蟲害與天然災害等問題，林相亟需更新，然而林下更新之幼苗應在相對光度 50% 以上；由於木麻黃屬於陽性樹種，在強光照射下可迅速生長，一旦成林出現遮蔭之後，林帶內部光線不足，將成為它生長與更新的障礙。豬野曠（1982）則指出，若林內光度不足，則下層木之直徑生長亦趨緩慢。林信輝（1987）亦指出，木麻黃光飽和點的光度為 55000 lux，代表光度超過此值，林木的光合成率不會再增加；又木麻黃之光補償點為 2500 lux，代表光度超過此值，林木的光合成率逐漸遞增。據此得知台中港防風林在中空隙以上的林區，皆已達到光合成率最大之光度；而鬱閉林帶及小空隙則位於光合成率遞增之光度。

六、日輻射

日輻射試驗結果如表 3 所示，在鬱閉林帶內，日輻射幾乎都會被上部的林冠所吸收，透過林冠的輻射量很少，因此白天的日輻射皆很低，相對日輻射僅 21.3%；而大空隙之日輻射則與對照點相近，此係由於大空隙上方幾乎透空，不易被樹木遮蔽，故測得之輻射量與對照點接近。方榮坤等（1993）指出，日輻射為支配大氣現象之動力，其熱能經林木吸收後轉變為植物所需之能量，無論光合作用、蒸散作用、呼吸作用及生長莫不受此因子影響。較高的日輻射量，對林木生長、存活皆有助益。

七、蒸發量

蒸發量之量測結果，如圖 13 所示。鬱閉林帶的蒸發量最低，主要是因其上部的樹冠相當密，減低陽光的照射，故其日蒸發量僅約 2.0 mm，較對照點少 3.5 mm；小空隙約為 3.0 mm，比對照點少 2.5 mm，中空隙及大空隙約為 4.5 mm，皆比對照點少 0.5 mm。由於防風林帶主要以砂質地為主，土壤含水量原本十分稀少，再加上高蒸發量，將造成土壤更加乾硬的情形，雖然木麻黃耐旱性很強，但過乾的土壤仍有礙其生長及發芽。

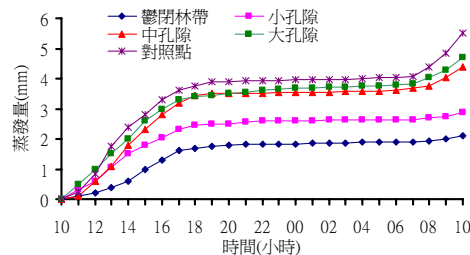


圖 13. 各試區與對照點蒸發量分佈圖

Figure 13. Distribution of Evaporation at experiment sites and check plot.

八、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 10 cm 的土溫而言，早晨自日出開始土溫逐漸升高，至下午 4 時左右達到最高，而後又逐漸下降，最低溫在清晨 7 至 8 時（依太陽升起時間變化）。但深層土壤則具有遲滯效應，變化波動較小，以土深 30 至 40 cm 而言，幾乎無日變化。

由於砂質土空氣空隙多，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。本研究土壤水分及土壤溫

度之觀測，分別於 8 月份及 10 月份進行。結果如圖 14~18 所示，由圖得知：表層之地溫變化較大，白天地溫高於底層，但晚間底層地溫反而高於表層，其餘不同深度之地溫變化並不大，此結果與鄒良棟（2004）研究所得相同。整體而言，表層 10 cm 之土溫變化量最大，20 cm 處變化次之，30~50 cm 變化很小。鬱閉林帶試區於表層 10 cm 處之土壤最高溫為 26.2 °C，最低為 23.6 °C，其溫差僅 2.6 °C；但對照點最高溫為 36.5 °C，最低為 23.6 °C，溫差竟高達 12.9 °C，比鬱閉林帶、小空隙及中空隙試區高很多。大空隙試區則與對照點相差不多，最高溫為 35.6 °C，最低溫為 23 °C，溫差亦高達 12.6 °C；此係由於大空隙試區上方幾乎都沒有樹冠遮蔽，完全透空，太陽可直接照射，所以土壤上升與下降的溫度與對照點幾乎相同。整體而言，鬱閉林帶最高溫比對照點低 10.3 °C，小空隙比對照點低 8 °C，中空隙則為 6.3 °C，大空隙最高溫僅比對照點低 0.9 °C，各空隙最低溫則相差不多。

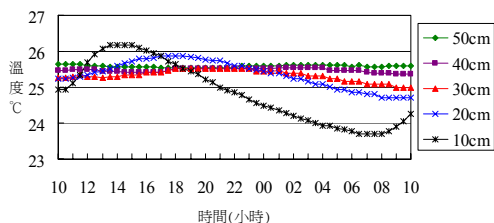


圖 14. 鬱閉林帶土壤溫度分佈圖
Figure 14. Distribution of soil temperature at fully stocked forest land.

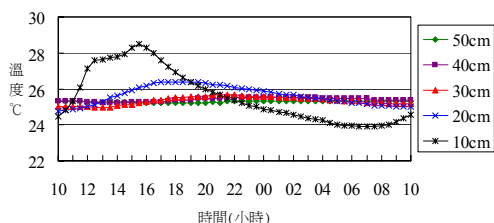


圖 15. 小空隙試區土壤溫度分佈圖
Figure 15. Distribution of soil temperature at forest land with small wind gap.

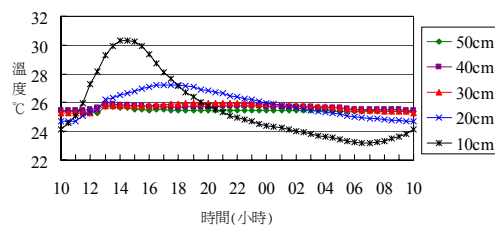


圖 16. 中空隙試區土壤溫度分佈圖
Figure 16. Distribution of soil temperature at forest land with medium wind gap.

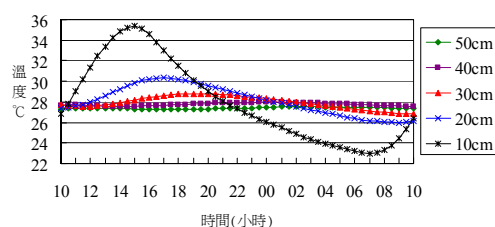


圖 17. 大空隙試區土壤溫度分佈圖
Figure 17. Distribution of soil temperature at forest land with large wind gap.

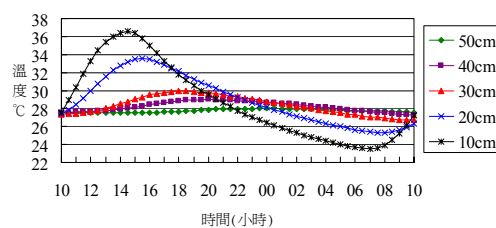


圖 18. 對照點土壤溫度分佈圖
Figure 18. Distribution of soil temperature at check plot.

九、土壤水分

周美珠（1989）與高庭芳（2003）指出，使用 TDR 方法量測土壤水份，其相關係數可達 0.9 以上，且比較沒有其他常見土壤水份測定方法之缺點。因此，本研究採用 TDR 方法從事土壤水份之量測，結果如圖 19~23 所示，由圖分析得知，整體平均而言，鬱閉林

帶、小空隙及中空隙之土壤水分較對照點及大空隙僅高約 0.4%，因此，各試區內土壤含水量差異並不明顯。

由於土壤含水量大都集中在 30 cm~50 cm 處，雖然愈底部土壤水份含量有愈高的趨勢，但不同深度土壤含水量隨時間變化幅度極微。於 10 至 50 cm 深的範圍內，土壤含水量維持在 2.5%~4%之間，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、空隙大，通氣及透水性較強，蓄水和保肥性能差，再加上梧棲地區降水量比蒸發量少，所以土壤含水量十分匱乏。

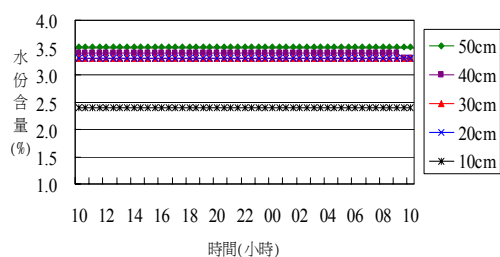


圖 19. 鬱閉林帶土壤水分分佈圖
Figure 19. Distribution of soil moisture at fully stocked forest land.

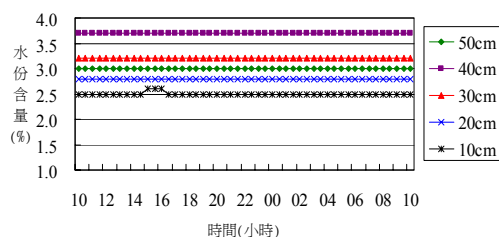


圖 20. 小空隙試區土壤水分分佈圖
Figure 20. Distribution of soil moisture at forest land with a small wind gap.

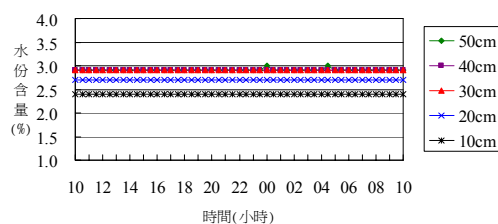


圖 21. 中空隙試區土壤水分分佈圖
Figure 21. Distribution of soil moisture at forest land with a medium wind gap.

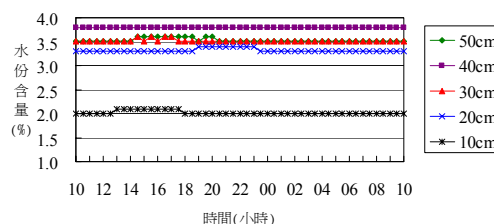


圖 22. 大空隙試區土壤水分分佈圖
Figure 22. Distribution of soil moisture at forest land with a large wind gap.

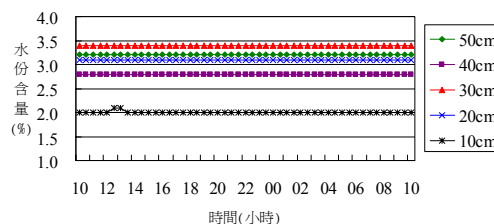


圖 23. 對照點土壤水分分佈圖
Figure 23. Distribution of soil moisture at check plot.

十. 風向風速測定

本研究在試區內觀測所得之風向與風速結果如表 4 所示，由於各試區內被防風林帶環繞遮蔽，風在林帶內部產生渦漩，因而造成各試區內之風向差異較大，然而所測得之風速值都很小，差異極微，減風效果皆達 84% 以上。此結果亦顯示，即使是位於大空隙林帶，仍然能夠受到其鄰近防風林帶的保護，阻擋大部分的氣流，使進入空隙內部的風減弱許多，此現象與游繁結 (1982) 研究所得相同。

表 4. 各空隙風向風速及減風效果表
Table 4. Wind direction and wind speed effect of wind reduction in every wind gap.

測定點	測回		平均風向風速 (m/s)	對照點	測回		平均風向風速 (m/s)	減風效果 (%)
	1	2			1	2		
鬱閉林帶	0.97	0.68	0.83 WNV	鬱閉林帶	7.67	8.50	8.08 NNW	89
小空隙	1.20	0.93	1.07 N	小空隙	6.83	7.00	6.92 NNW	84
中空隙	0.95	1.12	1.03 NNE	中空隙	7.33	7.00	7.17 NNW	86
大空隙	1.13	1.42	1.28 NW	大空隙	8.00	6.83	7.42 NNW	84

結論

經由自記式與 CR10X 氣象紀錄器及 DAVIS 綜合氣象觀測儀，在各試區觀測結果，綜合分析可得到以下之結論：

1. 各空隙間最高與最低溫度之差異均在 2 °C 以內，正午高溫時段，鬱閉林帶之溫度最低，隨空隙增大溫度逐漸遞增；夜間低溫時段，鬱閉林帶之溫度反而最高。
2. 各空隙間相對溼度之差異約在 7 % 以內，正午時段，鬱閉林帶之相對溼度比大空隙高 6 %，但清晨時段，大空隙之相對溼度反而較鬱閉林帶高 7 %；整體而言，中午高溫時段相對溼度最低，清晨低溫時段相對溼度最高。
3. 各空隙間之氣壓變化幾乎一致，並無顯著差異。日照時數、光度、日輻射及蒸發量，也有相同的結果。
4. 各空隙間土壤之最高溫差異較為顯著，大空隙比鬱閉林帶高約 9 °C，但最低溫卻相

差不多。大致上，下午 4 時左右地溫最高，而後逐漸下降，於清晨 7 至 8 時達到最低。

5. 各空隙間土壤含水量整體平均而言，鬱閉林帶、小空隙及中空隙之土壤水分較對照點及大空隙僅高約 0.4%，故而彼此間差異並不明顯。
6. 由於各試區林帶內皆有渦漩產生，因而造成風向差異較大，然而所測得之風速值都很小，差異極微，減風效果皆達 84% 以上。

綜合得知，空隙大小不但對日照時數、光度、日輻射、蒸發量及風向影響顯著外，而且對溫溼度及地溫亦略有影響，然而對氣壓、土壤水分及風速則無影響。

參考文獻

1. 方榮坤、廖天賜 (1993)「育林學」，國立中興大學教材。
2. 林信輝 (1987)「三種防風林植物在海岸環境下之生理生態反應」，中興大學植物系研究所博士論文。
3. 徐森雄 (2003)「坡地檳榔園之微氣候特性」，中華林學季刊，37(2):169-178。
4. 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。
5. 夏禹九、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。
6. 梁亞忠 (1994)「資料記錄器、光子量與溫度感測器在森林微環境之應用」，中華

水土保持學報 39(2) : 189 - 200 (2007)

Journal of Soil and Water Conservation, 39(2) : 189 - 200 (2007)

- 林學季刊，27(4):15-35。
7. 張學文 (2004)「新疆氣象手冊」，氣象出版社。
 8. 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。
 9. 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。
 10. 鄒良棟 (2004)「植物生長與環境」，高等教育出版社。
 11. 豬野曠(1982)，複層林の施業技術。日本林業技術交流協會，p164.
 12. Reeder, R. J. 1991. Relationship between seedling emergence and species frequency on a gradient of ground cover density in an abandoned pasture. Can. J. Bot.69 : 1397-1401
 13. Wilson KL, Johnson LSI. 1989. Hamamelidales to Casuarinales. In: George AS, executive editor. Flora of Australia. Vol. 3, p100-203. Canberra: Australian Government Publishing Service.
-

96 年 2 月 7 日 收稿

96 年 2 月 30 日 修改

96 年 3 月 15 日 接受