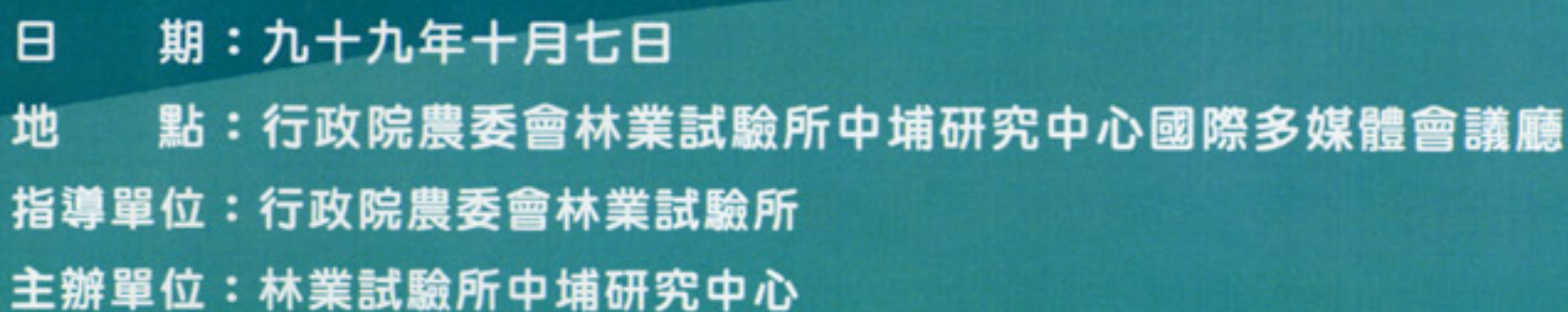


A photograph of a landscape. In the foreground, there are green grapevines on the left and a field of tall, dry, yellowish-brown grass or reeds on the right. In the background, there is a line of green trees and a bright, hazy sky. The photograph is mounted on a white card.



第五屆環境保護林經營管理研討會論文集

著 者

王志斌、王彥棠、何坤益、林世宗、林喻東、林欣德、林瑜儒、
邱祈榮、吳進益、吳欣瑾、施欣慧、施俊宇、徐浚騰、許原瑞、
陳財輝、陳宥銓、郭幸榮、張怡萱、楊正釗、劉永正、劉癸君、
劉紋雯、劉儒淵、鄧書麟、韓明琦（依姓別筆劃排列）

主編：許原瑞

行政院農委員會林業試驗所主辦

行政院農委員會林業試驗所中埔研究中心承辦

日期：民國九十九年十月七日

第五屆環境保護林經營管理研討會議程表

日期：九十九年十月七日

地點：行政院農委會林業試驗所中埔研究中心會議室

時間	題目	主講人	備註
08:30~09:00	報到	接待組	
09:00~09:30	開幕式	黃裕星(林業試驗所)	
09:30~10:20	台灣的海岸林	陳財輝(林業試驗所)	
10:20~11:10	台灣海岸生態造林林分適應性與林分危害調查	何坤益(國立嘉義大學)	
11:10~12:00	台灣樹蘭、大葉山欖、草海桐與欖仁種子的發芽與儲藏行為	楊正釗(林業試驗所)	
12:00~13:00	午餐		
13:00~13:50	四湖海岸防風試驗林下具天然更新樹種之評估	鄧書麟(林業試驗所)	
13:50~14:40	台東卑南溪口南岸保安林效益分析	邱祈榮(國立台灣大學)	
14:40~14:50	茶敘		
14:50~15:40	宜蘭南澳海岸防風林分狀態變遷之解析	林世宗(國立宜蘭大學)	
15:40~16:30	中港園區綠美化植栽之病蟲害調查	施欣慧(林業試驗所)	
16:30~17:00	綜合座談	許原瑞(林業試驗所)	

第五屆環境保護林經營管理研討會 目錄

台灣의海岸林	3
台灣海岸生態造林林分適應性與林分危害調查	17
台灣樹蘭、大葉山欖、草海桐與欖仁種子的發芽與儲藏行為	33
四湖海岸防風林下具天然更新潛力樹種之研究	61
台東卑南溪口南岸保安林環境效益分析	71
宜蘭南澳海岸防風林分狀態變遷之解析	91
中港園區綠美化植栽之病蟲害調查初報	107
四湖工作站木麻黃林下梨果竹生長調查之研究	121
受訪者對嘉義樹木園環境體驗與生態衝擊之研究	122

台灣的海岸林

陳財輝¹、韓明琦²

【摘要】海岸林係為減輕季節性強風及颱風巨浪等所帶來之潮風害，保障沿海居民生命財產之安全。隨著社會經濟開發需求，台灣原本面積狹小之海岸林地大幅轉做濱海工業區、風力發電設施等多種其他用途，細碎化之海岸林難以達防風定砂等之防災效果，且由於海岸地帶過度開發、海岸嚴重侵蝕及全球氣候暖化等效應，海岸林地大幅轉用對海岸敏感生態系之影響必需加以深入探討。近年來，台灣海岸過度重視海堤、消波塊等人工海岸的建設，不僅造成危險海岸地點增多，飛砂及揚塵等自然產物碰到硬體土木構造物，反作用力造成揚塵飛散得更高、更遠，海岸帶環境品質反而更為惡化。避免過量建造海岸土木構造物，儘可能以傳統的堆砂、定砂及造林方式，建立生物多樣性高之自然海岸，同時提高海岸林帶寬幅、樹種組成，以及海岸林之樹冠大小及林分密度等，永續海岸林之防災效果。根據海岸林最新檢定清查結果，林務局各林區管理處積極辦理各地海岸林之復舊造林計畫。由於各地點海岸保安林的名稱，大多延續日治時期所命名者，隨著社會及地理條件變遷，海岸林功能或許會有所變化，海岸林的適確名稱需加以檢討修正，同時為強化海岸林之管理所需，臨海岸150公尺範圍內之其他單位亦需建立相關通報聯繫方式，共同進行海岸林之管理維護工作。隨著氣候變遷各種極端氣候條件下，未來台灣海岸林的必要性勢必日益增加，海岸林地轉用需做嚴格限制。由於海岸林從建造到能發揮防風防砂效果，需要一段較長的時間。今後，除了加強海岸之海堤等工程構造物建設之外，有關海岸林帶幅之確保，海岸林樹種之植栽、樹種配置及撫育管理等技術極需加強研究，以強化海岸林之防災功能。

【關鍵詞】台灣、海岸林、經營管理

¹ 農委會林業試驗所育林組研究員 通訊作者

² 農委會林業試驗所約用助理

通訊地址：100-66 台北市中正區南海路53號

I、前言

台灣本島四面環海，海岸線長度共約 1,250 公里，依其特性可概分為西部海岸、北部海岸、東部斷層海岸、南部珊瑚礁海岸，其中西部海岸之海岸林分布面積最廣（陳明義，2006）。海岸林係從內陸向海岸灘線處建造之狹長型林帶，一般可區分為海岸防風林、飛砂防止林、潮害防備林及漁業林等，廣義的海岸林則包括海岸地區之耕地防風林，以及濱海工業區防風綠帶等林分（陳財輝，2008）。本文所述之海岸林則包括防風林、潮害防備林、飛砂防止林、風景林及漁業林等 5 種（表 1）。

1901 年日治時期的台灣總督府頒布府令第十號「台灣保安林規則」，做為保安林指定編定及林野保護取締管理之依據，至 1944 年總計編入保安林有 484 處，面積 374,944 公頃。台灣光復後，國民政府承接日治時期所編列的保安林，做適當調整，再依照森林法及保安林相關規定陸續增刪，至 1987 年時，全國的保安林面積達 411,858 公頃，2009 年底時更增加為 468,438 公頃（為台灣全島森林面積 1,757,290 公頃之 26.66%，國有林面積占 1,538,595 公頃，公私有林面積 218,695 公頃），其中海岸保安林面積總計僅為 15,067.3 公頃（表 1），僅為保安林面積之 3.22%，台灣海岸林的面積不僅極少，且分佈極為零碎。

過去海岸保安林在觀念及作法上，不僅林木受到嚴禁任何伐採利用，海岸林地區設施興建亦有嚴格的限制規定。隨著海岸地區觀光遊憩需求的日益提高，人民也期待海岸保安林能具有優美的林相景觀，提供舒適及健康的林間環境條件，海岸保安林的遊憩利用比重逐漸升高。近年來，極端的氣候現象、冰河溶解、海水面上升、天然災害頻率增高等氣候變遷帶給全球諸多的危害逐年增加中，此種全球性暖化現象不僅帶來自然災害，對海岸林之生長帶來嚴重之威脅（陳財輝，2009）。為減輕強風、飛砂、揚塵、濃鹽、暴潮等自然災害對海岸林的危害，海岸林的營造及經營管理措施必須重心加以檢視，並需針對不同種類等複合性災害研擬因應對策，尤其在河海交界處之紅樹林及在海岸前線陸地處之海岸林的復育工作需積極進行，減少日後各種災害危害陸地側居民之生活環境品質。

II、海岸林的種類及分佈現況

(I) 海岸林的種類

依據森林法第 22 條規定編定為海岸保安林，以及根據行政院農業委員會林務局海岸保安林最新的檢定調查結果（表 1），台灣的海岸林可包括下列 5 種：

- 1、飛砂防止林：為防止飛砂危害而必要設置者，編入面積為5,282.89公頃，以苗栗縣面積1121.1公頃最多，桃園縣1002.34公頃居次，其次依序為雲林、宜蘭、台北及台東縣等地海岸；本類保安林絕大多數設置沿海或河口兩岸風砂強勁地區，在海岸第一線構築之林帶阻絕或過濾強風攜入之砂粒，保護農田、房舍公共設施等免遭飛砂掩埋，通常在林帶建成後防砂效果可立即發揮；同時飛砂防止林尚可提供當地居民身體呼吸器官健康之生活環境品質改善等效果。
- 2、防風林：為防止風害而必要設置者，編入面積有3,665.19公頃，多劃設於季節風或地形風強勁地區。如東北季風侵襲之宜蘭頭城、蘭陽溪口，臺北縣金山、萬里、福隆，桃園、新竹等縣之海岸地區；以及受西南季節風危害之屏東墾丁、臺南安平、嘉義布袋、雲林麥寮、口湖以及彰化芳苑、和美地區，其中以屏東縣面積1877.27公頃最多；澎湖地區為改善惡劣環境，自1986年陸續增編252公頃防風林。其功能是以不同高度、寬度之林帶減緩入侵強風之速度，使後方耕地、房舍、設施等得到保護。
- 3、風景林：為保存名勝、古蹟、風景而必要設置者，亦稱「景緻林」；編入面積為10,82.15公頃，分佈僅在屏東縣恆春半島海岸一帶，其主要功能是以良好的森林被覆維護風景名勝及古蹟之安全，而保安林本身亦為自然景緻之一部分。
- 4、潮害防備林：為預防潮害而必要者，編入面積為316.12公頃，編入面積雖小，分佈亦僅在屏東及台東縣兩地，其主要是為洪水氾濫、海潮侵襲地區之需要而編入，藉森林調整河川流向減少流速防止氾濫危害或阻滯海嘯引起海浪侵襲房舍、公共設施及人畜生命。
- 5、漁業林：為漁業經營而必要者，臺灣地區編入面積為4,720.95公頃，主要分佈在宜蘭縣烏石鼻及屏東海岸等地，其係藉海岸林形成遮蔽陰影、吸引近海魚群聚集，且林木枯枝落葉掉入河海內經分解後亦可作為魚類之食料，有利於

近海漁業發展。

(II) 台灣海岸林的分佈現況

根據林務局保安林最新檢定清查資料(2009)，台灣海岸林分佈現況說明如下：

1、 北部海岸林

北部海岸保安林零星分佈於台北縣沿海鄉鎮；海岸保安林分別出現於，林口鄉林口溪出海口左右兩側、八里鄉挖子尾以及紅水仙溪南側下厝子一帶、淡水鎮沙崙海水浴場、金山鄉海尾與硿港一帶、萬里鄉金里溪至第二核能電廠沿海、貢寮鄉鹽寮與雙溪出海口兩側以及挖子港一帶、貢寮鄉三貂角以南之萊萊鼻至大堀一帶等；除貢寮鄉萊萊鼻至大堀一帶保安林屬漁業林，以及八里鄉挖子尾與紅水仙溪南側一帶保安林為防風林外，其餘皆屬飛砂防止林，共計面積為 641 公頃，總長 30.2 公里。

2、 西北部海岸林

西北部海岸林範圍橫跨台北縣、桃園縣、新竹縣、新竹市、苗栗縣、苗栗市等地，海岸林分布總長約94.6公里，保安林類別主為飛砂防止林，其中兩段分布較連續且完整之海岸林，分別為桃園縣蘆竹鄉至新竹縣新豐鄉，以及新竹縣竹南鎮至苗栗縣苑裡鎮等兩處。桃園縣蘆竹鄉至新竹縣新豐鄉之保安林，沿海岸線總長度約為45.4公里，面積約1,204公頃，林帶寬度從40至600公尺不等；新竹縣竹南鎮至苗栗縣苑裡鎮之保安林，沿海岸線總長約42.8公里，面積約1,264公頃，海岸林寬度從50至500公尺不等，其中苑裡鎮沿海保安林分佈則較零碎，主為防風林。

桃園西部海岸正對著東北季風主風向，砂粒受季節風之吹襲而移動，飛砂常造成海岸造林地被掩埋、沿海道路、屋舍，及溝渠被埋沒之危害，此地區須每年檢討防風定砂效果，若移動性飛砂有向內陸側侵入現象，須立即施行架設堆砂籬、植草及造林等措施，以避免飛砂之危害(陳財輝，2008)。依新竹林管處統計資料，自2002年至2009年營造海岸林累計定砂面積約583.7公頃，營造複層林約40公頃，而每年需維持定砂面積約50公頃以上(賴聰明、周以哲，2009)；此區域保安林前緣因受季風強烈吹襲、鹽霧、潮害等因素影響，致使海岸林帶前緣之樹種生長不佳、成活率低，尤以竹圍漁港、許厝港至新村沿海一帶，保安林帶前緣之木麻黃生長呈現矮化、梢枯等現象最為明顯(圖1)，新植之混合林成活率不高，每年需定期補植，亦增加了管理上之困難。



圖1.竹圍漁港林帶前緣木麻黃生長低矮(左)；觀音鄉林前緣木麻黃林呈枯稍現象(右)

3、中部海岸林

中部海岸林範圍橫跨台中縣、彰化縣、雲林縣等，其中台中縣海岸林主分布於大安鄉沿海、清水鎮番仔寮與梧棲漁港等三地，面積共約490.8公頃，沿海岸線總長約17.2公里，保安林種類主以防風林為主；大安鄉海岸林分佈並不連續，而是成點狀分布於沿海各地，保安林寬度從50~200公尺，樹種主要為木麻黃林分。

彰化縣海岸林主分布於漢寶海堤1.3公里處至新寶新生地外圍一帶，而王功以南之芳苑段海堤至新街海堤之保安林，類別主以防風林為主，面積約106公頃，沿海岸線總長度為11.8公里。

雲林縣海岸林分布於麥寮鄉許厝寮海堤至新虎尾溪出海口、台西鄉有才寮大排水溝出水口處，以及四湖鄉沿海等三地，共計約532.3公頃，海岸線總長約16.7公里；麥寮鄉許厝寮海堤至新虎尾溪出海口，保安林種類主為飛砂防止林以及防風林兩類，其林帶寬度分別約為700公尺以及100公尺；台西鄉有才寮大排水溝出海口處保安林，種類以防風林為主，林帶寬度約100公尺，海岸線長度約23公里；四湖鄉沿海海岸林分佈較連續且完整，主為飛砂防止林，林帶寬度約300公尺，海岸林樹種以木麻黃為主，其間混生黃槿、構樹等海岸林木。

4、西南部海岸林

西南部海岸林範圍橫跨嘉義縣、台南縣、台南市等地，其中嘉義縣海岸林，主分布於北端北港溪出海口處至東石鄉台糖海埔墾殖地外圍，以及布袋鎮好美寮沿海一帶；北港溪出海口處至東石鄉台糖海埔墾殖地外圍保安林，種類以防風林

為主，面積約 33.9 公頃，海岸線總長約 8.28 公里，林帶寬度約 100 公尺。

台南市海岸林分佈於安南區安平區及南區一帶，主為飛砂防止林，林帶最寬處可達 300 公尺；台南縣靠海鄉鎮為北門鄉、將軍鄉、七股鄉，北門鄉及將軍鄉主林為漁業林，七股鄉保安林位於南段牡蠣養殖場外圍之沙洲，保安林種類為飛砂防止林。

5、南部海岸林

南部海岸林範圍主要在高雄縣、高雄市及屏東縣等地，其中高雄縣市海岸林種類主為衛生保健林與風景林，分別分布於高雄縣茄萣鄉、彌陀鄉、高雄市鼓山區以及旗津區等處；茄萣鄉以及彌陀鄉之保安林為衛生保健林，位於下茄萣一帶，林帶最寬處達 100 公尺，高雄縣彌陀鄉六塊厝附近最寬處達 120 公尺；旗津區北端海岸為土砂捍止林，面積約 2.7 公頃；鼓山區則屬於風景林，面積約 656.3 公頃。

屏東縣境內為東港至恆春之海岸林，起自東港大鵬灣至恆春頂潭仔一帶，斷續分佈於東港鎮、林邊鄉、佳冬鄉、枋寮鄉、枋山鄉車城鄉及恆春鎮等 7 鄉鎮，車城鄉以北潮害防備林為主，以南之恆春鎮則為漁業林，面積共約 741.8 公頃，保安林總長約 56.6 公里，其中以枋山鄉南勢湖溪起至車城龜山頭止，沿海保安林分佈較為連續。

屏東縣鵝鑾鼻海岸林，自恆春獅仔頭至港口溪出海口處，面積共計 326.8 公頃，以風景林及漁業林為主，臨海岸線長度共計 21.88 公里。

屏東縣九棚海岸林，自滿洲鄉港口溪口起，延伸至港仔以及北方牡丹鄉塔瓦溪口止，面積共約 2,204 公頃，臨海岸線長約 34.1 公里，主要以防風林為主，林帶最寬處可達 1 公里左右。佳樂水處海岸則以漁業林為主。

6、東部海岸林

東部海岸林範圍橫跨宜蘭縣、花蓮縣、台東縣等地，其中宜蘭海岸林總面積約 3,577 公頃，蘇澳以北以飛砂防止林為主，沿海岸線林帶呈寬度約 50 至 100 公尺之狹長連綿分布，另外包含蘇澳港在內之南端保安林，則以漁業林與飛砂防止林為主。

花蓮海岸林面積約 1674.9 公頃，海岸線總長約 30.7 公里，其中秀林鄉崇德、新城鄉新城以南至樂康魚市場，以及花蓮市美崙工業區等三地，有較完整延續之保安林分布，吉安鄉南濱公園以及仁化海堤一帶，保安林地則呈零星分布；秀林鄉

崇德海岸林為狹長型防風保安林帶，約位於崇德火車站至達基利溪之沿海，面積約22.8公頃，海岸線總長約2.9公里，林帶寬度約60公尺；新城鄉海岸林起自秀林鄉界至康樂魚市場北端止，海岸林呈寬度為150公尺不等之狹長連續分布，以防風林為主，總面積約192.6公頃，海岸線長度約7公里；美崙工業區一帶海岸保安林屬飛砂防止林，總面積45.5公頃，海岸線總長度約為2.59公里，與新城鄉東側海岸林通稱為七星潭海岸林；吉安鄉與濱豐鄉海岸林，起自吉安鄉南濱公園至花蓮溪口，為不連續分布之飛砂防止林，面積共計48.5公頃，林帶寬度約80公尺；濱豐鄉石梯坪之漁業林，面積約44.6公頃，海岸線長約1.67公里，林帶寬約400公尺。

花蓮地區因地理環境因素，易受夏季颱風巨浪侵襲而造成海岸退縮，尤其近年港口擴建、各項建設迅速發展、河川砂石大量開採，使海岸線退縮現象更為明顯，以花蓮港南段海岸最為明顯，雖經濟部水利署已於沿海投置大量消波塊，卻無法避免因花蓮港防波堤興建所造成其南端海岸淘刷之危害；七星潭地區之飛砂防止林，樹種主以木麻黃、銀合歡、水黃皮、黃槿、海欖果、林投、草海桐等，以人工闊葉林所占比例最高，區內木麻黃高度約14公尺；南濱公園一帶海岸保安林，以木麻黃、黃槿、構樹等樹種之天然闊葉林為主。

台東海岸林面積約853.8公頃，海岸線總長60.55公里，沿海保安林分佈零散且狹長；大武鄉沿海海岸林，以防風林為主，零星分布於達仁鄉楓港溪往北延伸至大武鄉南興溪北岸、大武鄉大武漁港以及大武溪出海口兩側等三處，面積共41.9公頃；太麻里海岸林，保安林類別為防風林，自多利溪出海口以南向北延伸經至太麻里溪出海口處，海岸線全長約4公里，林帶寬約100公尺，面積約26.7公頃；東河鄉海岸保安林集中分布於八里溪至七里橋海岸，林帶寬幅約350公尺不等，面積約102.7公頃；成功鄉海岸林分於大武溪至小馬海岸、都歷溪至豐田海岸、成功新港至芝田海岸以及三仙台一帶，除大武溪至小馬一帶為飛砂防止林以及三仙台一帶為漁業林外，其餘保安林類別主為防風林，面積共計262.1公頃，林帶寬幅約500-100公尺不等；長濱鄉分布於白桑安至石門溪海岸、長濱至長光段海岸以及長濱第二公墓至水母丁溪沿海等共三處，除白桑安一帶為防風林外，其餘皆為狹長分布之潮害防備林，其林帶寬幅約100公尺不等，長濱鄉海岸林面積共計61.9公頃，長約7.2公里；台東市防風林，面積約285.8公頃，海岸線總長14.5公里，林帶寬從50-100公尺，主要以飛砂防止林與防風林為主，分布沿卑南溪出海口往南延伸至太

麻里北坑一帶海岸。

III、台灣海岸林面臨問題及因應對策

早期台灣的海岸林帶寬度極廣，戰後因石門水庫淹沒區移民、沿海居民農業生產、內陸養殖等所需而陸續解除，近幾年再隨者工業發展、港灣建設、遊憩設施開闢、道路擴幅、風力發電設施用地等多種公共需要，海岸林帶不僅因過度開發而逐漸縮減，且被切割成破碎化分布，目前多數地區已喪失其整體性之防風及防潮等機能。

近幾年來，台灣海岸地區海堤、消波塊等土木硬體設施日漸增多，此種硬體設施造成之人工海岸處，受海浪拍擊下產生之破碎浪花數量不僅增多，而且被風吹送距離更遠，造成內陸側海岸林受潮害的影響更為嚴重，海岸側犧牲林帶之極寬，國人對人工海岸的興建大多不再抱有樂觀之期待。

另外，以傳統性堆砂、定砂、造林方式建造之自然海岸已為數不多，其海岸灘線處亦長年受到東北季風或颱風侵襲，從海岸側吹送而來之強風、飛砂、濃鹽、暴浪等自然災害，導致前線處林木大多枯梢，無法健全生長。另外，台灣西海岸海岸線侵蝕日益嚴重，海岸第一線木麻黃林木常因根系被大浪沖刷而致裸露、甚至傾倒枯死。在目前分布狹窄之海岸林帶內，要求現存之海岸林帶能發揮防風防潮等機能，且期待主林帶林木能達成自我更新、永續海岸林防災機能之目的，形成極具挑戰性之艱困任務。

保安林地除極少數屬公有或私有之外，絕大部分國有保安林地（占 99%）之管理機關為行政院農業委員會林務局。由於日本各地的海岸林迄今皆由縣廳等地方自治體管理，台灣的海岸林為區外保安林，自 1950 年起即委託各地方政府代管，大多數海岸林地已於 2003 年 6 月底由林務局收回管理，林務局依據森林法第 24 條規定，海岸保安林之經營管理依「保安林經營準則」，辦理保安林定期檢訂與清查等工作，以確實掌握各保安林現況及變化。一般林務局管理之保安林均依 10 年週期持續辦理檢定清查工作，但由縣市代管之區外保安林多數皆超過 20 年未辦理檢訂或清查，自 1996 年 7 月起，林務局以 3 年期間之專案計畫完成辦理檢訂與清查工作，總計辦理檢訂面積 30,279 公頃，清查面積計 48,248 公頃（林務局，2010），目前一森林法第 22 及 25 條積極辦理臨海岸 150 公尺範圍內海岸保安林

的編入及解除審議等管理相關工作。由於前述各地點海岸保安林的名稱，大多延續 90 年前日治時期指定編入所命名者，隨著社會及地理形勢變遷，同一地點之海岸保安林功能或許會有所變化，海岸林的適確名稱有檢討修正之必要，同時為強化海岸林之管理所需，臨海岸 150 公尺範圍內之其他單位亦需建立相關通報聯繫方式，共同進行海岸林之管理維護工作。

IV、海岸林的復育技術

(I) 飛砂防止林復育

台灣西部隆起海岸線全長約 410 km，除高雄有小部分隆起珊瑚礁海岸外，以礫質、砂質或泥質海岸為多，桃園等西北部海岸線大致平滑，海灘寬度在數 10～400 公尺之間，除局部有礫質海灘外，大部分為沙質海灘。其中砂丘最發達者有桃園草漯砂丘群與苗栗後龍砂丘群，草漯砂丘群分佈於許厝港至白玉村間，東西長約 8 公里，飛砂地面積約 27 平方公里，砂丘面積為 3.9 平方公里。目前，桃園縣海岸自最北端之蘆竹鄉海湖海岸起，此地海岸線與東北季風主風向正交，海岸前線地帶雖有堆砂，但堆砂高度僅約 3～5 公尺左右，而許厝港及白玉村之間海岸砂丘高度則在 10 公尺左右（陳財輝、黃隆明，2008）。

自 1901 年以來，台灣海岸砂地造林極為受到重視，海岸林藉著高大林木且寬廣的樹林帶分布，可抑制海岸灘線之移動性飛砂侵入內陸側，可保護內陸側居民生活環境、住宅及農作物之生產等。因此為著保護海岸林的林相組成，常限制海岸林分的各項施業，甚至在風砂嚴重為害處，以禁伐來保護海岸林的存在(陳財輝，1987)。

近年來，海岸侵蝕日益加重，目前用地有限的飛砂防止保安林木的生長更形困難，此種飛砂防止保安林的建造，首要工作為飛砂安定。目前桃竹苗海岸的定砂作業不夠周全，無法有效抑制移動性飛砂，以致飛砂逐漸內侵而埋沒內緣林分，降低整個海岸林分的防災功能。以桃園縣大潭海岸工業區為例，周圍經年飛砂漫天，凸堤北岸泥沙淤積形成砂源，使飛砂源源不斷向內陸侵襲，而凸堤南岸則不斷遭受海流侵蝕，造成沿岸不斷的掏空崩壞，形成「北淤南掏」的嚴重為害，其原因於凸堤的興建導致海流流向改變，使得海岸環境改變遭受破壞。因此，北岸區域需要以定砂為首要目標，將海岸線固定並防風防潮林往前推進，以保護後方

內陸的環境不受飛砂風害侵襲；南岸區域則是先以海堤將海岸線固定防止淘刷，再後方密植防風林，以降低風的危害。

海岸飛砂防止林營造，首先必需掌握該地區主要風速、風向等氣候條件，瞭解年間飛砂量及砂地表面變動特性，方能謀求最經濟有效之對策。在人工砂丘處逐年架設適當數量的堆砂籬抑制砂地表面風速，同時配合插草、插樹枝及種植定砂植物栽植等，可有效覆蓋地表，減少移動性飛砂危害。一般在立地條件極度惡劣之地，可選用的樹種本已極少，再加上多樹種之混合造林，由於各樹種的生長速度快慢不一，以及樹種耐陰性能力皆有不同，造成大部分海岸混合林木生育不佳，目前在飛砂防止林林帶前緣僅黃槿、林投、草海桐、木麻黃等樹種生長尚佳，而在內緣林帶則主要為黃槿林分，因其能耐春夏季水浸，再加上初春時期葉部之萌發生長速度極快，以致此地之混合林大多以黃槿為優勢，其他混合樹種的成活率則極低，因此飛砂防止保安林之多樹種混合造林或補植技術，仍需再多加研究及評估（陳財輝等，2004）。

（II）防風林復育

海岸防風林造林之目的，主要為保護土地免被風蝕，造成表土養分喪失，或造成高低起伏之沙丘；保護住宅屋舍、道路、苗圃、田園，避免被大風、飛沙侵擾或掩埋；防止沿海飄沙堵塞航道，影響航運；改進海岸林相景觀，增加海岸遊憩機能；改善木麻黃純林缺失，增加樹種歧異度及林分天然更新機能。因此，防風林樹種，大多生長在氣象環境惡劣之處，理想的防風植物需具備：耐旱、耐鹽、耐瘠、抗風及抗病蟲害；常綠喬木、樹冠茂密及深根性者；繁殖容易（成活率高）、生長迅速、衰退較慢等多種目的（盛、康，1961）。

木麻黃雖然為海岸防風造林不可或缺之先驅樹種，但過去木麻黃多以純林方式建造，而海岸木麻黃純林有結構不健全、容易衰老及易罹患病蟲害等問題，從早期即提倡實施海岸混合造林，但迄今實施混合造林之多樹種造林地卻仍不多，僅有雲林四湖、桃園、台中港、雲嘉、澎湖沙港等地而已。雲林四湖木麻黃林分係 1986 年韋恩颱風災害後重新再造林者，林木大部份為 20 年生左右，過去曾以行列疏伐部份林木，並於孔隙處栽植瓊崖海棠、厚殼樹、刺桐、白千層、苦楝、大葉山欖、金龜樹、樹青、欖仁、海欖果、茄苳、臭娘子、魯花樹、小葉南洋杉等海岸樹種，目前生長狀況良好。

在自然環境條件惡劣處，前線之犧牲性林帶的寬度需較寬，以充分保障內陸側主林帶能健全生長，甚至主林帶亦需有充分的寬度能使林木完成生長及更新所需。在惡劣處木麻黃林木容易衰老，若及早在木麻黃林孔隙下直播福木、銀葉樹、海欖果等海岸原生樹種，由於直播工作僅需攪動地表即可，減少木麻黃林帶疏伐量不易訂定、現有林分被過度破壞等之缺點，並同時以整理伐除掉木麻黃被壓木，減少海岸林病蟲害及火災等危險，建立海岸複層之多樹種林分（陳財輝，2008）。

（Ⅲ）低濕鹽漬海岸林復育

台灣雲嘉南沿海有大面積之低濕鹽漬地分佈，其主要由海岸地層下陷及海水倒灌等雙重威脅所造成。近年來，西南沿海地層下陷日益嚴重，再加上區域排水設計不當、過多的海堤興建等，鹽濕地復育造林之急迫性大增，此種立地首需以開溝築堤改善，藉天然降水來滲洗土壤中過多的鹽分，以使造林木能存活生長。所選用之樹種除需具耐水浸能力外，地勢較低處之濕性沼澤仍以紅樹林或其伴生樹種為主；但在地勢稍高、曾遭海水倒灌區之乾性砂原地帶，選用樹種以白千層、海欖果、木麻黃常綠喬木為主，並配合選用苦楝、欖仁等落葉性喬木，或是草海桐、白水木等小喬木，以及選用馬鞍藤定砂植物與欖李等鹽生植物來栽植。

（Ⅳ）潮害防備林復育

潮害防備林包括出海口處泥質灘地之紅樹林及海岸砂地上之海岸林兩種，其中紅樹林是有防潮、護堤及淨化污染水質等多項機能，近幾年來各界積極復育紅樹林，迄今面積約增至 320 公頃，由於紅樹林幼苗需適度淹浸淡海水，但淹沒時間卻不能過長，在出海口處河堤兩岸紅樹林樹種生育狀況，可明顯看出林木的淹水深度極限。

紅樹林一般以胎生苗直插方式造林，幼苗生長極快，3 年生即可高達 60 公分左右，只要生育地條件適合，紅樹林樹種復育工作極為簡單易行。可配合濱海地區之海堤等工程興建，在出海口溝渠適當處，觀測海水漲退潮水位高低，藉以設置適當的紅樹林復育栽植地點。

2005 年海棠及龍王強烈颱風對花蓮七星潭海岸林木帶來嚴重之危害，同時強風帶來之暴潮對海岸林緣樹木、遊憩構造物及消波塊、海堤等設施，造成嚴重的淘刷被害。防潮林要發揮漂流物防止機能，單木或狹窄之林帶幅雖具有效果，但林帶幅較大或樹幹越大，對減緩大型漂流木之衝擊效果更佳。同時為減緩海嘯及

暴潮之巨浪能量，林帶之厚度需增加之外，主林木枝下高以下必須密生低矮之下層林木。因此，防潮林之前端為低木灌叢帶，中間為易萌芽之矮林帶，後方為大喬木林帶等所構成，或者是在高大橋木林下導入低矮灌木，藉以造成複層林冠，海岸林防潮效果較佳。從花蓮海岸調查林帶幅最小需有 30~40 公尺寬，林分更新必要之林帶幅最小需有 60~70 公尺寬（陳財輝、黃隆明，2009）。

V、結論

台灣海岸地帶過度開發，海岸林地大幅轉做濱海工業區等他種用途，海岸線侵蝕日益嚴重，人工海岸飛砂揚塵極為嚴重，甚至自然海岸最前線木麻黃常因根系被大浪沖刷而致裸露或傾倒枯死。在目前分布狹窄及零碎分佈之海岸林帶內，期待現存之海岸林能發揮防風防潮等防災機能，實在極為困難。

根據海岸林最新檢定清查結果，林務局各林區管理處積極辦理各地海岸林之復舊造林計畫。由於各地點海岸保安林的名稱，大多延續日治時期所命名者，隨著社會及地理條件變遷，海岸林功能或許會有所變化，海岸林的適確名稱需加以檢討修正，同時為強化海岸林之管理所需，臨海岸 150 公尺範圍內之其他單位亦需建立相關通報聯繫方式，共同進行海岸林之管理維護工作。

隨著氣候變遷各種極端氣候條件下，未來台灣海岸林的必要性勢必日益增加，海岸林帶轉用需做嚴格限制，以確保海岸林帶之防災機能，同時強化海岸複層林林帶的垂直及水平結構，以及海岸林與土木構造物適度搭配技術等，皆需加強研究。

VI、參考文獻

行政院經濟部水利署 2010 台灣海岸概況。

<http://www.wra.gov.tw/ct.asp?xItem=12592&CtNode=3133>。

李素芳編著 2001 台灣的海岸。遠足文化事業有限公司出版，台北。

林俊全著 2008 臺灣的十大地理議題。遠足文化事業有限公司出版，台北。

林務局 2010 林業統計電子書－臺灣地區保安林面積。

<http://www.forest.gov.tw/content.asp?CulItem=52265>。

林鴻忠、蔡明哲 2010 羅東林區管理處之海岸林造林。環境綠化 51: 41-50。

盛志澄、康瀚 1961 台灣之防風林。農復會特刊第 32 號。

陳明義 2006 海岸及鹽濕地綠化。台灣林業 32(1): 27-29。

陳財輝 1987 台灣海岸林之生態環境與造林技術。現代育林 3(1): 49-63。

陳財輝 2001 台桃園縣飛砂防止林保安林應加強的措施。現代育林 16(2): 31-35。

陳財輝 2008 海岸防風林的營造與機能。興大農業 66: 6-13。

陳財輝 2008 人工海岸保安林復舊。林業研究專訊 15(1): 18-21。

陳財輝 2009 氣候變遷對海岸林的影響。林業研究專訊 19(3): 4-8。

陳財輝、黃隆明 2006 花蓮海岸防風保安林功能及營造對策。台灣林業 32(1): 17-22。

陳財輝、黃隆明 2008 台灣西海岸飛砂安定對策探討。第三屆環境保護林經營管理研討會。行政院農業委員會林業試驗所中埔研究中心。

陳財輝、黃隆明 2009 台灣海岸防潮林營造對策。第四屆環境保護林經營管理研討會。行政院農業委員會林業試驗所中埔研究中心。

陳財輝、游漢明、洪富文 2004 桃園許厝港海岸飛砂之移動及定砂植物之生長。中華林學季刊 37(4): 367-377。

賴聰明、周以哲 2010 新竹林區管理處海岸林之營造。環境綠化 51: 33-40。

若江則忠編 1961 日本の海岸林。地球出版社，東京。

飯塚 肇著 1964 森林防災學－山地・海岸および森林の保全。森北出版社，東京。

砂防協會監修 1984 海岸の砂防，砂防学体系シリーズ III-9。石崎書店，東京。

村井宏、石川政幸、遠藤治郎、只木良也 1992 日本の海岸林－多面的な環境機能とその活用。Soft Science, INC 出版，東京。

倉内一二 1956 鹽風害と海岸林。日本生態學會誌5: 123-127。

淺野敏之、馬場繁幸 2005 マングローブ林の津波軽減効果に関する考察。第 13
回地球環境シンポジウム講演論文集 p .293-298。

台灣海岸保安林面積（2009 年，林務局林業統計）

單位：公頃

地區別	總計	飛砂防止林	防風林	潮害防備林	風景林	魚業林	備註
總 計	14186.06	5282.89	3665.19	316.12	1082.15	4720.95	
台灣本島	13785.54	5262.20	3325.89	316.12	1082.15	4680.42	
臺北縣	676.97	495.97	21.94	—	—	159.06	
宜蘭縣	3963.90	550.41	19.07	—	—	3394.42	
桃園縣	1002.34	1002.34	—	—	—	—	
新竹縣	168.53	148.90	19.63	—	—	—	
苗栗縣	1147.26	1121.10	26.15	—	—	—	
新竹市	88.17	88.17	—	—	—	—	
臺中縣	258.67	—	258.67	—	—	—	
彰化縣	287.02	84.57	202.45	—	—	—	
雲林縣	671.06	632.47	18.83	—	—	19.76	
嘉義縣	154.61	120.49	34.12	—	—	—	
臺南縣	301.89	223.77	9.43	—	—	68.69	
臺南市	296.78	292.53	4.25	—	—	—	
屏東縣	3287.61	—	1877.27	286.64	1082.15	922.79	
臺東縣	1118.07	440.35	577.14	29.48	—	71.09	
花蓮縣	362.68	61.13	256.95	—	—	44.60	
離島地區							
澎湖縣	400.52	20.69	339.29	—	—	40.54	

台灣海岸生態造林林分適應性與林分危害調查

何坤益¹、程俊堯²

【摘要】本研究以台灣沿海地區之海岸防風林分，包括雲林以南至台南作為西南地區的畫分、彰化以北至苗栗作為中部地區，及新竹以北至台北縣作為北部地區作為評估監測之對象。試完成沿海共 40 處造林地的普查，選擇在桃園、新竹、苗栗、彰化、雲林、嘉義、台南總共建立 16 處海岸防風林分，建立永久樣區的監測及進行評估，透過直接觀察林木生長情形，利用因素分析方法求得轉軸矩正，再進行權重加權，統計資料歸納出主要影響因子。藉由因素分析所歸納出的結果，可發現中、南部沿海地區影響林木適應性之主要因素，分別有葉片生長、樹冠活力、離海遠近及生物危害等 4 個主要因素。而此 4 項因素其解釋量達到 76%，可代表其對於海岸林未來生長情況具有一定之代表性。

【關鍵詞】防風林分、海岸生態造林、林分適應性、林分危害調查、地層下陷、因素分析

¹ 國立嘉義大學森林暨自然資源學系研究生，嘉義市學府路 300 號。

Graduate Student, Department of Forestry and Natural Resources, National Chiayi University, 300, University Rd., Chiayi 60004, Taiwan, ROC.

² 國立嘉義大學森林暨自然資源學系副教授，嘉義市學府路 300 號，通訊作者。Associate Professor, Department of Forestry and Natural Resources, National Chiayi University, ROC, 300, University Rd., Chiayi 60004, Taiwan, ROC. Corresponding Author, E-mail: kyho@mail.ncyu.edu.tw

I、前言

台灣為海島型國家，四面環海，受到海洋多變氣候的影響是甚，每年冬季的東北季風，及夏季常有的颱風引進之西南風，都會對海岸造成大量風砂及鹽霧等現象。風砂會不斷侵襲海岸地區人民房舍，並造成交通不便，及對農作物造成極大的傷害；鹽霧也會造成植物嚴重鹽害。均會造成居住海岸地區人民生活的不便。海岸林為內陸的屏障，可以穩定海岸線，將強風帶來的飛砂、鹽霧等危害抵擋將其止於海岸線上，對沿海居民之生命財產安全與農、漁業設施維護有直接的關係。為颱風、暴風等瞬間帶來的破壞是相當強大，還是會造成造林木損傷或生長衰退。

而森林的健康是逐漸受到重視，美國自 1990 年基於制訂相關法令與政策的需要，由林務署與環保局共同發展監測計畫，採取大規模系統取樣，進行國家森林生態系健康的監測，以獲得森林生態系現況、變化和長期趨勢的資訊(王兆桓、陳子英，2002)。未來將會對林務局在海岸所進行的造林地區，進行林木適應性監測，對於林木本身的變化，及生育地環境的因子，多方面的蒐集可能造成林木生長情形不佳的重要因素，希望能提供林業主管機關更多的林木資訊，並進行海岸、濕地保安林環境的復育。

本研究探討台灣西部地區海岸生態造林林分之適應性與生物多樣性現況調查，林分之適應性調查包括林木生長及其相關環境因子適應性(受害情況)，林分的適應性調查，則針對生育地環境因子對林分的影響；生物多樣性調查則包括生態造林林分之生物多樣性記錄及植群演替調查。藉由上述的調查評估建立適切的撫育管理制度，提供海岸林分的健康狀態與危害改善建議，建構海岸防風林生物多樣性資料庫，提供經營管理之參考依據。

II、材料與方法

(I)樣區設置

本研究採用長期監測、調查，樣區規劃採用永久樣區的設置，針對台灣西部沿海，以林務局於民國 93 年後更新之防風林分作為監測調查之對象，採取全面普查；並藉由標準取樣之方式進行樣區的規劃與設置。樣區規劃於南部地區沿續去年度 5 處監測樣區，分別位於嘉義縣布袋鎮(新塢)、嘉義縣東石鄉(鰲鼓)、台南縣

將軍鄉(將軍)、台南市安南區(城西)及台南市安平區(安平)；並於今年度目標之中部地區，選取 7 處進行監測評估，樣區分別位於雲林台西鄉(台西)、雲林縣台興段(五條港)、彰化縣芳苑鄉(王功)、苗栗縣後龍鎮(過港)、苗栗縣苑裡鎮(房南、海口)、苗栗縣通霄鎮(通平)、作為長期監測之樣區。北部區域完成了新竹、桃園等地區的永久樣區設置。

將中部及南部 12 處樣區的設置採用 10 m × 20 m，面積約 0.02 ha。樣區因多位於沿海地區第一線的防風林分，夏季常有淹浸危害，冬季常有強風夾帶鹽霧。樣區的設置以該處具整體代表性之林分作為設置和評估的參考依據。

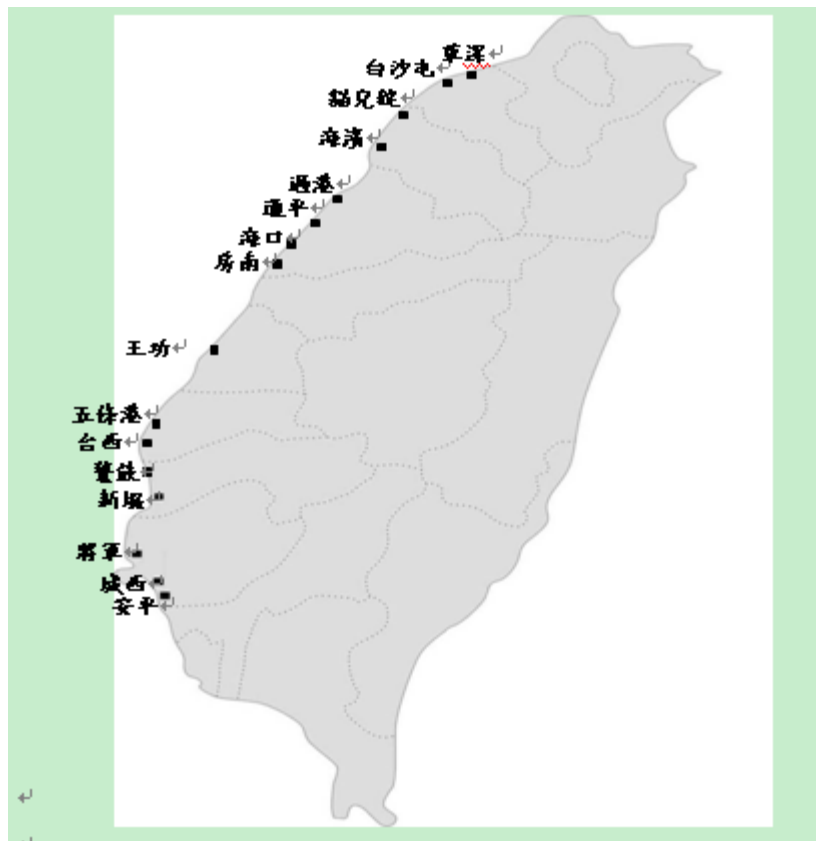


圖 1.永久樣區位置圖

(II)研究材料

本研究針對台灣西部沿海地區海岸生態造林，根據林務局新竹及嘉義林區管理處提供知造林台帳及造林地籍圖顯示，中、南部常見之造林樹種有木麻黃、欖仁、水黃皮、截萼黃錦、黃錦、海欖果、白千層、白水木、苦藍盤及欖李等樹種。

(III)土壤因子

取樣分乾、溼季進行，每一樣區選定 4 處土壤取樣點，利用土壤取樣器進行土壤樣本的取樣，分別挖取深度 0-10 cm 及 10-20 cm 土壤製備為樣本。各樣區的土壤樣本充分混合均勻，將土壤樣本置於陰涼處陰乾後，經過孔徑 20 mesh (0.84 mm)的篩網過篩備用。並加以測量土壤鹽度與土壤 pH 值。

(IV)林木生長調查及現況評估

本研究針對林木的生長表現(樹高、基徑、胸高直徑)及現況評估為調查，林木生長表現利用測量工具進行其調查，在現況評估方面則採用目視調查林木樹冠狀態、枝葉枯死狀況、林木損傷程度和存活狀態等現況的調查。

另外，參考歐美國家對於森林健康監測通常使用外觀形態變異評估，利用樹冠、退化小枝、枝條、樹皮和根部的實際變異狀況，所顯現林木遭受壓力的指標之外觀形態變異評估(李威震，2005；劉玲華，2005)。

1、林木生長表現

林木生長表現共分成 5 項，有樹高、基徑、胸高直徑、枝下高、樹冠直徑

2、林木外觀形態

林木外觀型態分成 2 項，樹冠密度為光線無法穿透部分之樹冠面積的百分比，包括林木主幹、側枝及樹冠葉片部分(USDA Forest Service, 2002)，亦稱葉密度(foliage density)；樹冠透視度為光線穿透部分之樹冠面積的百分比。樹冠透視度並非樹冠密度的補數，兩者相加並非百分之百。

3、樹冠梢枯

樹冠梢枯以林木樹冠梢枯程度佔林木樹冠的百分比為評估之依據

4、樹冠比

樹冠比為活樹冠佔樹高之比率(USDA Forest Service, 2002)，樹冠比= (樹高-枝下高)/樹高。

5、林木樹冠形狀比

利用林木樹高除以胸高直徑，推估林木形狀比。

6、林木受害程度

林木適應性普遍使用視覺判定(visual estimatoion)，葉片、枝條、樹皮及根部狀態的調查可顯示林木遭受壓力的指標。觀測變數有下列 13 項；(1)存活(2)根部損傷(3)樹皮損傷(4)開花/結實(5)枝梢枯萎(6)葉掉落率(7)葉片顏色(8)葉枯程度(9)病害(10)蟲害(11)蔓藤危害

(V) 演替植物調查

調查沿海地區於 2004 年後進行新植的海岸林分，進行演替植物的調查且建立其名錄，並依生育地類型進行取樣調查。分成三種調查方式：

1、地被植物調查：紀錄樣區內地被植物之種類，包含外來及原生樹種之木本、草本植物之幼苗或植株，以觀察法推估樣區內族群數量，討論其豐富度。

2、木本植物：記錄樣區內胸徑 $\geq 1\text{cm}$ 之存活木本植物，於胸高處(1.3m)測量其胸徑。利用套裝軟體計算、比較外來樹種與原生樹種(包含已馴化樹種)之優勢度。並利用各樣區之外來樹種及原生樹種之胸徑比率，推算目前外來樹種族群與原生樹種族群之結構變化。

3、計算出樣區中出現之外來植物種類之頻度與優勢度，並轉換成相對植，來計算其入侵等級。

(1)相對覆蓋度(Relative Coverage)%=某種植物之覆蓋度/樣區各植物覆蓋度之總和 $\times 100\%$ 。

(2)相對頻度(Relative Frequency)%=某種植物之頻度/樣區各植物頻度之總和 $\times 100\%$ 。

(3)重要值指數(IVI)=(相度頻度+相對覆蓋度)/2

樣區設置方式是針對生態造林林分全面進行外來植物的調查，每個生育地選擇8個 10m $\times$ 10m 為基本樣區單位，並再將其細分為4個 5m $\times$ 5m 的小樣區，以利調查與資料分析。

(VI)統計分析

林木健康狀況的程度可以用不同的變數來描述，但因為變數間關係錯綜複雜，很難直接由所測得的變數中直接客觀分類健康等級。因此，管理上常以調查

的變數進行分析，透過量化與可實測的調查項目，建立西部沿海防風林的健康指標以協助評等。本研究使用 SPSS 12 統計套裝軟體進行分析。

1、因素分析

因素分析是由一群相互關係存在的變數中，抽取出一組共同的因素，以較少的維數來表現原先的資料結構，而又能保留出原有的資料結構所提供的大部分資訊 (黃俊英，2002)。因素分析的目的是希望能夠降低變數的數目，在一群具有相關性的資料中，找出幾個影響原始資料的共同因素。由這些彼此相關的變數中找尋隱藏其中真正影響結果的主要因素，而抽取變項中的共同因素，對因素的萃取、因素的數量、因素的內容，以及變項的分類，研究前都沒有事先的預期，這種因素萃取方法隸屬於探索性因素分析 (exploratory factor analysis)。

選擇欲分析的變數，並求相關矩陣以估計共通性。共通性估計方法常用有最高相關係數法(PRIOS=MAX)、複相關係數平方法(PRIOS=SMC)及反覆因素抽取法。依據保留特徵值 λ 大於 1 之共同因素、特徵值大於 0 之共同因素或以抽取之因素能解釋 75%之變異量等方法已決定因素的數目。

III、結果

(I) 普查結果

1、造林地普查

本研究針對台灣西部沿海地區海岸生態造林，於 2004 年以後之新植海岸生態造林林分，進行全面性之普查工作，另外增加了彰化及新竹的普查資料，詳細普查結果如表 1 所示，照片如附錄。

表 1.西部沿海海岸防風生態造林普查

編號	位置	年度；編號	樹種	查核現況
1	桃園縣觀音鄉草漯段	96；232 號	木麻黃、黃錦、草海桐、白千層	此造林地內之雜草生長速度快且密，至許多苗木已被雜草所覆蓋。
2	桃園縣觀音鄉草漯段	96；233 號	木麻黃、黃錦、草海桐	此造林地木麻黃、黃錦、草海桐生長狀況佳。
3	桃園縣觀音鄉草漯段	98；251 號	草海桐、海欖果、繖楊	此造林地之繖楊、海欖果、草海桐生長狀況佳，唯雜草生長快速。
4	桃園縣大園鄉沙崙段	97；239 號	木麻黃、黃錦、白水木	子造林的黃錦、木麻黃生長情形良好。
5	桃園縣觀音鄉樹林子段	93；211 號	木麻黃、黃錦、海欖果、欖仁、白水木	此造林地風勢強勁，部分苗木受到風的影響有些歪斜。
6	桃園縣觀音鄉白沙屯段	98；248 號	木麻黃、黃錦、草海桐、白水木	此造林地緊鄰海邊，風勢較強，有新建許多防風籬可增加對苗木之保護。
7	新竹縣新豐鄉後湖段	93；73 號	木麻黃、黃槿、白千層、白水木、瓊崖海棠	造林地內木麻黃、黃槿、白水木之生長狀況佳，有入侵種入侵，但還不至影響林木生長。
8	新竹縣新豐鄉後湖段	98；82 號	木麻黃、黃槿、白水木、草海桐	草海桐與黃槿生長良好，木麻黃有稍枯的情形。大花咸豐草入侵嚴重。
9	新竹縣新豐鄉坑子口段	93；74 號	木麻黃、黃槿、白千層、欖仁	木麻黃有稍枯的情形，圍籬外有木麻黃防風林，可減少風的影響。
10	新竹縣新豐鄉坑子口段	98；83 號	木麻黃、黃槿、白水木、草海桐	黃槿與草海桐的生長狀況佳，且圍籬外有木麻黃成林，減少風的危害。
11	新竹市海埔段	94；64 號	木麻黃、黃槿、水黃皮、白水木	此區造林地緊鄰海邊，苗木生長狀況佳。
12	新竹縣竹北市貓兒錠段	98；83 號	黃槿、白水木、草海桐	此區屬於木麻黃林下栽植，旁側也有木麻黃成林作屏障，不受風的危害，也無雜草危害。
13	新竹縣竹北市貓兒錠段	97；77 號	木麻黃、黃槿、草海桐	此造林地生長狀況良好。此區風勢強勁，但不受風害所影響。但雜草生長高度幾乎已覆蓋林木。
14	新竹縣竹北市貓兒錠段	97；81 號	木麻黃、黃槿、草海桐	此區造林地受風沙堆積非常嚴重。
15	新竹市十塊寮段	95；75 號	木麻黃、黃槿、草海桐、水黃皮、繖楊	此區造林地因東北季風的影響，風砂堆積非常嚴重。前幾排的防風籬幾乎被沙掩蓋，但後面幾排苗木生長狀況佳。
16	新竹市海濱段	96；76 號	木麻黃、黃槿、白千層、海欖果、欖仁	此區維護管理良好，苗木生長狀況較佳。
17	苗栗縣苑裡鎮房南段	98；009 號	木麻黃、草海桐、黃錦、水黃皮	此造林地雜草生長高度也幾乎與苗木同高，需要進行除草的工作。
18	苗栗縣苑裡鎮西海段	98；008 號	木麻黃、草海桐、黃錦、水黃皮	此造林地旁臨海邊，具有海堤及防風籬，氮風砂堆積的情形仍嚴重，部分苗木僅存葉片及上半部的莖露在砂外。
19	苗栗縣通霄鎮海濱段	98；006 號	木麻黃、黃錦、草海桐、水黃皮	此造林地苗木生長佳，入侵種入侵稍嚴重。
20	苗栗縣後龍鎮過港段	96；007 號	木麻黃、黃錦、草海桐、繖楊	此造林地部分防風籬倒塌，木麻黃生長狀態佳。

承表 1.西部沿海海岸防風生態造林普查

編號	位置	年度；編號	樹種	查核現況
21	彰化縣芳苑鄉王功段	95；海字 3 號	截萼黃槿、白千層、白水木、水筆仔	白千層些微梢枯的情形，整體苗木生長情況佳。
22	彰化縣芳苑鄉王功段	94；海字 11 號	木麻黃、白千層、水筆仔、海茄苳、潺槁樹、五梨腳	本造林地林木整體生長情形佳，有入侵種入侵。
23	彰化縣芳苑鄉王功段	98；海字 1 號	木麻黃、截萼黃槿、水黃皮、白千層、欖李、白水木、水筆仔、大葉山欖、小葉南洋杉、瓊涯海棠	本造林地為新植造林，林木之生長情形較佳，此區稍微受到風害影響。
24	彰化縣芳苑鄉王功段	97；海字 1 號	木麻黃、欖李、水筆仔	本造林地木麻黃、欖李生長狀況較佳。有入侵種入侵，但還不至於影響林木生長。
25	彰化縣芳苑鄉永興段	96；海字 1 號	木麻黃、白千層、欖李、截萼黃槿、白水木	造林地有進行開溝整地，整體的生長情形較佳，迎風面林木稍有梢枯的情形。
26	雲林縣麥寮鄉許厝寮段	94；海字 9 號	木麻黃、白千層、繖楊	本造林地位於漁塭旁之漁業保安林地，僅約 0.4 ha，栽種樹種多木麻黃及繖楊為多數，白千層未於造林地上發現。
27	雲林縣崙背鄉草湖段	94；海字 10 號	木麻黃、截萼黃槿	造林地距海較遠，本造林地未列於普查範圍。
28	雲林縣台西鄉台興段	95；海字 12 號	木麻黃、欖李、白千層	本造林地開溝整地，林地土壤具洗鹽之效果；本造林地現存之造林苗木多以木麻黃及欖李為主，其餘造林苗木則少見。
29	雲林縣台西鄉旭安段	95；海字 16 號	木麻黃、台灣海桐、枯里珍、白千層	本造林地已於民國 97 年七月份撥交雲林縣政府管轄，未列於本次調查。
30	嘉義縣東石鄉鰲鼓段	96；海字 19 號	木麻黃	本區因地層下陷嚴重，導致造林地夏季(颱風季)多淹浸，苗木生長狀況不佳。
31	嘉義縣布袋鎮鰲港段	97；海字 25 號	木麻黃、白千層、黃槿、水黃皮	造林地採用開溝整地之方式進行苗木栽植，分區栽種加上維護管理良好，苗木生長情況較佳。
32	嘉義縣布袋鎮新塭段	93；海字 3 號	木麻黃、黃槿、水黃皮、白千層	本造林為舊有之新塭林務所後方造林地，主要為木麻黃林下之補植，成活率較高之樹種有木麻黃、水黃皮及黃槿。
33	台南縣北門鄉雙春段	93；海字 2 號	木麻黃、黃槿、水黃皮	本區造林地位於地層下陷地區，造林苗木易因海水倒灌等危害，導致苗木生長情況不佳。
34	台南縣北門鄉渡子頭段	95；海字 15 號	木麻黃、台灣海桐、枯里珍、潺槁樹	本造林地點對照地籍資料，無法尋找到該樣區。
35	台南縣北門鄉蚵寮段	96；海字 21 號	木麻黃、黃槿	本造林地點對照地籍資料，無法尋找到該樣區。
36	台南縣將軍鄉山仔腳段	93；海字 4 號	木麻黃、黃槿、水黃皮	本區造林地位於木麻黃防風林分後方，對於造林木形成屏障保護，加上造林地位居 2-3 m 高之沙堤，不容易有淹浸等危害，苗木生長良好。

承表 1.西部沿海海岸防風生態造林普查

編號	位置	年度；編號	樹種	查核現況
37	台南市安南區港西段	95；海字 14 號	木麻黃、繖楊、海欖果、白千層	本區造林地位居沙灘後方之第一線造林地，雖有防風籬的屏障保護，但由於防風籬缺乏完善維護且已損毀，對於造林苗木效益不大；本區苗木生長狀況不佳，但少數位於後方的苗木生長情況仍可；在造林樹種方面，木麻黃、繖楊、海欖果的生長情況較佳。
38	台南市安平區四草段	97；海字 30 號	木麻黃、水黃皮、白千層	本造林地為林下補植之造林，在造林的樹種中以木麻黃、繖楊的生長狀況較佳。
39	台南市安平區海口段	95；海字 17 號	木麻黃、海欖果、繖楊	本區為木麻黃林分之複層林營造栽植，栽植共計有木麻黃、水黃皮、黃槿、海欖果及繖楊等樹種；本區位居海濱第一線。本區造林木由於上層有木麻黃，降低下層的造林樹種遭受風害、鹽霧等危害，生長情況較其他地區佳，唯人為干擾影響較大。
40	台南市安平區漁光段	97；海字 32 號	木麻黃、白千層、水黃皮	本造林地為林下補植之造林，為木麻黃林下補植；生長情況以水黃皮為多，白千層在此地區的生長受到限制，僅存數棵存活。

2、演替植物調查

本研究調查沿海地區於 2004 年後進行新植的海岸林分，進行演替植物的調查且建立其名錄，並依生育地類型進行取樣調查，結果顯示共有 16 科 33 屬 35 種植物，其中外來入侵種有 16 種，佔 45 %。以菊科、豆科及禾本科為主。顯然外來雜草於海岸地區及不良環境下有較高之出現比例，其具有較高之適應力。

除了最近新植造林之區段，因為有事先整地，剩下的樣區幾乎都有被入侵的現象產生。其中以大白花鬼針、莧絲子、印度田菁、大黍和蒺藜草入侵程度最為嚴重。其中紫花藿香薊大量的出現在苗栗縣大山腳段區域。新植造林地樣區內除了造林樹種外，幾乎都遍布了馬鞍藤、龍爪茅。海埔姜及濱刺麥也都大量出現在樣區內。甚至出現馬鞍藤纏勒上較矮小之苗木的情況。(演替植物名錄如附錄)

(II)固定樣區調查

1、土壤性質

土壤鹽分是根據土壤飽和抽出溶液經由土壤鹽度計測定之導電度結果而評定，且土壤鹽分多以導電度($\mu\text{S}/\text{cm}$)表示(洪富文、程煒兒，1993)，土壤鹽度依據 USDA Salinity Laboratory(1954)鹽度分級，由表 2 土壤導電度測定結果可知

，在本次調查發現中 12 處樣區的土壤鹽度多以無鹽度等級為主，大部分地區受到鹽分的影響較低。而其中土壤深度 10-20 cm 之土樣以雲林之五條港的土壤導電度值為最高電度值為 $88.97 \pm 1.27 \mu\text{S}/\text{cm}$ ；而 0-10 cm 土樣以苗栗之海口土壤導電度值為最低，電度值為 $1.26 \pm 0.51 \mu\text{S}/\text{cm}$ 。而相較於去年冬計資料，夏季鹽度整體較冬季低，可能是春夏季為主要降雨季節，土壤經過降雨且有排淹溝設置，可將土壤中鹽分淋洗，得到成效。

表 2.西部沿海地區土壤樣本資料

樣區		土壤深度(cm)	鹽度($\mu\text{S}/\text{cm}$)		pH	
苗栗	過港	10-20	1.75	± 0.47	7.27	± 0.23
		0-10	2.61	$\pm 0.60^{\text{fgh}}$	6.93	± 0.04
	房南	10-20	1.26	± 0.06	6.96	± 0.02
		0-10	2.94	± 0.20	7.77	± 0.14
	海口	10-20	1.08	± 0.17	7.12	± 0.05
		0-10	1.26	± 0.51	7.15	± 0.14
	通平	10-20	1.55	± 0.20	7.17	± 0.04
		0-10	1.54	± 0.05	7.10	± 0.02
彰化	王功	10-20	3.45	± 0.34	7.48	± 0.06
		0-10	2.34	± 0.10	7.45	± 0.02
雲林	台西	10-20	9.40	± 0.21	7.69	± 0.13
		0-10	35.20	± 0.17	7.17	± 0.02
	五條港	10-20	88.97	± 1.27	7.37	± 0.04
		0-10	12.60	± 0.10	7.81	± 0.12
嘉義	鰲鼓	10-20	28.47	± 0.21	7.61	± 0.02
		0-10	24.40	± 0.36	7.54	± 0.02
	新塹	10-20	3.54	± 0.18	7.54	± 0.05
		0-10	3.47	± 0.15	7.31	± 0.04
台南	將軍	10-20	2.77	± 0.13	7.71	± 0.08
		0-10	2.85	± 0.08	7.30	± 0.04
	城西	10-20	3.37	± 0.41	7.43	± 0.03
		0-10	2.61	± 0.25	7.34	± 0.04
	安平	10-20	2.69	± 0.18	7.33	± 0.04
		0-10	2.79	± 0.40	7.59	± 0.05

土壤 pH 值即以土壤之飽和抽出溶液，利用酸鹼測定儀進行酸鹼測定之結果，通稱之為土壤反應，主要以土壤 pH 值來表示之。土壤 pH 值一般被視為土壤的重要性質，且與土壤 pH 值相關尚有土壤離子之交互作用(曲仲湘等，1989)。根據表 2 本區土壤 pH 值測定結果，各樣區的土壤 pH 值測定依據 USDA Salinity Laboratory(1954)所發表之分級，本次調查 12 處監測的樣區之土壤 pH 值分級為中性至弱鹼性，顯示本區土壤含有水溶性鹽離子。海岸林土壤養分會隨著地表層之枯枝落葉堆積量逐漸增多，林地有機物礦質化分解過程中，所產生的有機酸影響表層土壤，而導致土壤 pH 值降低，且調查地區為新植苗木之地區，其上層苗木較少，且生長期間於地面所累積之枯枝落葉較少，地面腐植質含量較低與成林下土壤成分稍有不同，故可由表 2 可見各地區表土及底土之差異性較低。

顯示本區生態複層造林林分的土壤腐植質層較為缺乏，甚至鮮少有土壤腐植質層的產生，因此較不利於造林苗木的高生長及直徑生長，且對於造林地表層土壤的保水、保肥功能較差。而今年土壤酸鹼值整體也較去年整體較低，可見土壤表面累積物質逐漸增加，逐漸能改善海濱土壤環境。

(Ⅲ)林木適應性及林分健康程度

林木適應性及林分健康程度評估為抽象概念，必須採用多種不同之外觀形態或受害程度進行目視觀察，將其結果藉由因素分析及鑑別分析的結果進行歸納與加權，減少人為主觀因素與異常，才可表現出林分的適應性狀況(王兆桓、陳子英，2002)。

本研究針對林木樹冠狀態之相關形態變數及受害因素，利用目視判釋其林木生長與外觀受害等因素之等級，藉由 SPSS12.0 套裝軟體進行其主成分分析，將大量的形態與受害程度之因素由主成分分析法進行因素萃取，將所調查之 14 項相關之因素進行初步分析，依據共同性低於 0.01(因素分解最高相關係數低於 1%)之因素將不予以列入評估，因素高於 1% 之相關係數的林木適應性與受害程度的因素，作為未來針對海岸防風林分林木適應性調查之主要因素。

將主成分分析法之共同性高於 0.01(因素分解最高相關係數高於 1%)結果，再採用鑑別分析中之最大變異數法(varimax)轉軸矩陣來增加因素間之解釋能力，使得轉軸後因素矩陣的每一個因素只歸屬於一個或少數的因素上，以減少因素間的複

雜性，讓因素的解釋量由繁雜趨於簡單化，突顯因素與潛在因素之相關性。轉軸後的矩陣結果如表 3 所示，根據轉軸矩陣共歸納出 4 個主要且與林木適應性相關性高的因素。因此，可將原先所設定之外觀型態與受害程度因素，簡化為 4 個主要的指標，其因素指標命名分別為因素 1 葉片生長、因素 2 樹冠活力、因素 3 臨海距離、因素 4 生物危害。而且此 4 個主要影響林木適應性的因素，佔總變異數的 74 % 以上，代表這 4 個適應性因素具有相當的解釋力，足以代表且解釋 14 個林木適應性因素。

表 3.轉軸後因素矩陣結構

	成份			
	葉片生長	樹冠活力	臨海距離	生物危害
樹冠梢枯	.890	-.164	.098	.013
葉掉落率	.882	-.119	.031	-.056
葉枯程度	.840	-.098	-.078	-.013
樹冠密度	-.269	.901	.022	.003
透光度	.278	-.898	-.031	.005
開花	.061	.678	-.128	-.027
是否具海堤	.110	.056	.887	-.106
臨海距離	-.053	-.139	.879	.148
病害	-.073	-.069	.147	.872
蔓藤危害	-.048	-.065	.421	-.514

藉由轉軸後因素矩陣結構之結果，可發現影響西南沿海地層下陷區林木適應性的七大因素，分別為葉片生長狀況、樹冠活力、臨海距離或海堤、生物危害、等 4 個主要因素，因此可推估中、南部影響林木適應性的因素為上述的 4 個主要因素。

透過本次研究普查的結果，可發現中部沿海地區的林木生長狀況，以木麻黃、繖楊、草海桐的生長情形最為良好，相對於南部地區因地層下陷而易有淹浸之現象，中部地區之風害較為強烈，強勁的風勢會夾帶風砂及鹽霧，也造成部分未於

第一線之樣區有嚴重的風砂堆積。

根據林木適應性之調查與評估的結果，可推估出 4 個主要之影響的因素，分別為葉片生長狀況、樹冠活力、臨海距離或海堤、生物危害等，透過這 4 個主要的影響因素，包括總變異數的 74%以上，代表這 4 個適應性因素的解釋力相當高，其中在中部地區是否具有海堤的因素對林木具影響，因其風勢較強常會對林木生長造成影響。

目前，沿海地區的生態造林，主要以木麻黃、黃錦、繖楊、白千層、草海桐等樹種，加上防風籬的施作，逐步達到復育成林之功效。而本研究計畫針對新植苗木進行研究，林木生長時沒有上層苗木可做庇蔭保護，環境對栽植苗木逆壓相對於成林來的高，因應各地海岸生育地環境惡劣及其他相關影響因子能力較低。而在面對濱害地區環境逆壓較大之地區，可先採用適應力較強之木麻黃來進行綠化，改善土壤環境，型成木麻黃與闊葉樹種之混和林，再陸續以濱海型原生樹種進行間植，再逐年將木麻黃汰除，以漸進式的方式建構海岸之複層林結構。

在中部風勢較強之地區在樣區都已有設置堆砂籬定砂，此外在風砂嚴重低區也可配合栽植地被植物，如馬鞍藤、天蓬草及濱刺麥等方式併用。建議未來進行沿海防風林分補植及造林，應考慮苗木對於環境逆壓的耐性，以利造林成活率的提升、降低苗木補植的相關花費。

IV、引用文獻

- 王兆桓、陳子英 (1995) 太平山國家森林遊樂區老熟檜木森林健康指數評估。行政院農業委員會林務局保育研究系列第 93-8 號，67 頁。
- 曲仲湘、吳玉樹、金振洲、陳昌篤、楊邦順 (1989) 環境與植物生態學。科學出版社，台北。共 378 頁。
- 李威震 (2005) 台灣東北部海岸保安林木麻黃林分健康性監測之研究。國立宜蘭大學自然資源學系碩士班碩士論文，94 頁。
- 洪富文、程煒兒 (1993) 澎湖造林環境調查-土壤調查。林業試驗所研究報告季刊 8(2):109-127。
- 陳財輝、許博行、張峻德 (1998) 四湖海岸木麻黃林分土壤養分量調查。台灣林業科學 13(3): 225-235。

黃俊英 (2002) 多變量分析。中國經濟企業研究所。p221~245，p135~160。

劉玲華 (2005) 海岸保安林健康指標評估法之研究-以臺灣北中部為例。國立屏東科技大學森林學研究所碩士論文，68 頁。

USDA Forest Service (2002) Forest Inventory and Analysis National Core Field Guide. USDA1: Phase 3 Field Guide-Crowns: Measurements and Sampling. 21pp.

USDA Salinity Laboratory (1954) Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali soils. USDA Handbook p.160.

Dicotyledons 雙子葉植物	
Aizoaceae 番杏科	
	<i>Sesuvium portulacastrum</i> (L.) L. 海馬齒
	<i>Trianthemum portulacastrum</i> L. 假海馬齒
Amaranthaceae 莧科	
	* <i>Amaranthus spinosus</i> L. 刺莧
	* <i>Amaranthus viridis</i> L. 野莧菜
	* <i>Gomphrena celosioides</i> Mart. 假千日紅
Apocynaceae 夾竹桃科	
	<i>Cerbera manghas</i> L. 海欖果
Compositae 菊科	
	* <i>Ageratum houstonianum</i> Mill. 紫花藿香薷
	<i>Artemisia capillaris</i> Thunb. 茵陳蒿
	<i>Bidens pilosa</i> L. 咸豐草
	* <i>Bidens pilosa</i> L. var. <i>radiata</i> Sch. 大白花鬼針
	<i>Gnaphalium purpureum</i> L. 鼠麴舅
	* <i>Mikania micrantha</i> H. B. K. 小花蔓澤蘭
	* <i>Parthenium hysterophorus</i> L. 銀膠菊
Casuarinaceae 木麻黃科	
	<i>Casuarina equisetifolia</i> 木麻黃
Chenopodiaceae 藜科	
	<i>Atriplex nummularia</i> Lindl. 台灣濱藜
	<i>Chenopodium acuminatum</i> Willd. ssp. <i>Virginatum</i> (Thumb.) Kitamura 變葉藜
Combretaceae 使君子科	
	<i>Lumnitzera racemosa</i> Willd. 欖李
	<i>Terminalia catappa</i> L. 欖仁
Convolvulaceae 旋花科	
	* <i>Cuscuta australis</i> R. Brown 菟絲子
	<i>Evolvulus alsinoides</i> (L.) L. 土丁桂
	<i>Ipomoea stolonifera</i> (Cyrill) J. F. Gmel. 厚葉牽牛
	<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) Sweet subsp. <i>brasiliensis</i> (L.) Oostst. 馬鞍藤
Ehretiaceae 厚殼樹科	
	<i>Messersschmidia argentea</i> (L.) Johnston 白水木
Goodeniaceae 草海桐科	
	<i>Scaevola sericea</i> Vahl. 草海桐
Lauraceae 樟科	
	<i>Cassytha filiformis</i> L. 無根藤
Leguminosae 豆科	
	<i>Alysicarpus vaginalis</i> (L.) DC. 山土豆
	* <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) 銀合歡
	* <i>Mimosa pudica</i> L. 含羞草
	<i>Pongamia pinnata</i> (L.) Pierre ex Merr. 水黃皮
	* <i>Sesbania cannabiana</i> (Retz.) 田菁
	* <i>S. sesban</i> (L.) Merr. 印度田菁
Malvaceae 錦葵科	
	<i>Hibiscus tiliaceus</i> L. 黃槿
	<i>Thespesia populnea</i> (L.) Solad. Ex Correa 緞楊

Dicotyledons 雙子葉植物	
Portulacaceae	馬齒莧科
<i>Portulaca oleracea</i> L. 馬齒莧	
Verbenaceae	馬鞭草科
* <i>Stachytarpheta jamaicensis</i> (L.) 長穗木	
* <i>Lantana camara</i> L. 馬纓丹	
<i>Vitex rotundifolia</i> L. 海埔姜	

Monocotyledons 單子葉植物	
Gramineae	禾本科
<i>Arthraxon hispidus</i> (Thunb.) 藎草	
* <i>Cenchrus echinatus</i> L. 蒺藜草	
<i>Chloris barbata</i> Sw. 孟仁草	
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. 狗牙根	
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) P. 龍爪茅	
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop. 升馬唐	
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn. 牛筋草	
* <i>Panicum maximum</i> Jacq. 大黍	
<i>Panicum repens</i> L. 鋪地黍	
<i>Spinifex littoreus</i> (Burm. f.) Merr. 濱刺麥	

符號說明：* 入侵種

參考資料：台灣濱海鹽濕地造林與綠美化植物圖說

台灣樹蘭、大葉山欖、草海桐與欖仁種子的發芽與儲藏行為

楊正釗¹ 郭幸榮²

【摘要】本研究探討四種台灣原生海岸林樹種種子的發芽特性，並以種子含水率與儲藏溫度對發芽率之影響來判定各種種子的儲藏行為。結果顯示台灣樹蘭(*Aglaia formosana*)、大葉山欖(*Palaquium formosanum*)、草海桐(*Scaevola taccada*)與欖仁(*Terminalia catappa*)等四種種子均不具深度休眠性，台灣樹蘭種子以 30/20℃ 變溫發芽時，會在第 2~4 週集中發芽，草海桐種子則大多數會在第 2~5 週中發芽，但可能有少數種子會在第 5~20 週零散發芽，欖仁種子則會在第 5~12 週零散發芽。大葉山欖種子的發芽條件以 35/25℃ 變溫優於 30/20℃，種子會在第 1~9 週零散發芽。台灣樹蘭與大葉山欖此二大型種子非常不耐乾燥及低溫，當種子含水率分別被乾燥至約 40%與 30%時則完全喪失活力，且無法在 4℃ 以下之低溫存活，新鮮種子在 4℃ 濕藏時，壽命之維持分別不超過 60 與 1 日，故判斷此二種種子屬熱帶異儲型，建議此二種不具休眠的熱帶異儲型種子不應儲藏，洗淨後應即播。當草海桐種子被乾燥至含水率 1.9~5.9%，欖仁種子被乾燥至含水率 4.2~6.0%，在 -20 與 4℃ 經二年儲藏後活力仍未有下降趨勢，顯示此二種種子能耐乾燥且耐零下低溫環境，故判定其屬長壽命的正儲型，亦即可將種子進行長期儲藏以供日後利用，建議未來以儲存種子來進行本種種源的收集與長期保存時，應先將種子含水率降低到 3~7%，然後密封儲藏在 -20℃ 環境中。

【關鍵詞】台灣樹蘭、大葉山欖、草海桐、欖仁、種子儲藏行為、正儲型、熱帶異儲型

¹ 行政院農業委員會林業試驗所植物園組副研究員，通訊作者

² 台大森林環境暨資源學系教授

Germination and Storage Behaviors of Seeds of
Aglaia formosana, *Palaquium formosanum*, *Scaevola taccada*,
and *Terminalia catappa*

Jeng-Chuann Yang¹ Shing-Rong Kuo²

【Abstract】 The germination characteristics of four native coastal forest species of Taiwan were examined in this study. Meanwhile, the effects of the seed moisture content (MC) and storage temperature on germination were investigated to determine their seed storage behavior. The results showed that seeds of *Aglaia formosana*, *Palaquium formosanum*, *Scaevola taccada*, and *Terminalia catappa* exhibited no deep dormancy. In addition, the germination of *A. formosana* seeds mainly took place during 2~4 weeks under fluctuating temperatures of 30/20°C with 8 hours of light. Most of *S. taccada* seeds germinated during 2~5 weeks, and few seeds might irregularly germinate during 5~20 weeks. Seeds of *T. catappa* irregularly germinated during 5~12 weeks. Germination of *P. formosanum* seeds under fluctuating temperatures of 35/25°C was better than that under 30/20°C, and the seeds irregularly germinated during 1~9 weeks. Seeds of *A. formosana* and *P. formosanum* with large size were extremely intolerant of desiccation and freezing temperatures. They completely lost their viability when the MCs dropped to about 40% and 30%, respectively. Moreover, their viability completely deteriorated at storage temperatures of < 4°C, and the longevities of the fresh seeds at 4°C wet storage were less than 60 days and 1 day, respectively. Thus, seeds of these two species are tropical-recalcitrant seeds, and we recommend that the tropical-recalcitrant seeds with no dormancy should be sown immediately instead of being stored after depulping. In contrast, the seeds of *S. taccada* dried to 1.9~5.9% MCs and seeds of *T. catappa* dehydrated to 4.2~6.0% MCs still maintained their viability after 2-year storage at -20 and 4°C. Based on their tolerance of desiccation and sub-zero temperatures, seeds of *S. taccada* and *T. catappa* are qualified as orthodox. We suggest that these two orthodox seeds should be dehydrated to 3~7% MCs and then hermetically sealed before storage at -20°C when seed storage are adopted for plant germplasm collection and long-term preservation.

【Key words】 *Aglaia formosana*, *Palaquium formosanum*, *Scaevola taccada*,
Terminalia catappa, seed storage behavior, orthodox, tropical
recalcitrant

¹ Associate Scientist, Division of Botanical Garden, Taiwan Forestry Research Institute, 53 Nanhai Rd., Taipei 10066, Taiwan. Corresponding author, e-mail: yjc@tfri.gov.tw

² Professor, Department of Forestry and Resource Conservation, National Taiwan University, 1 Roosevelt Rd., Sec. 4, Taipei 10617, Taiwan.

I、前言

種子儲藏行爲(seed storage behavior)最先是以前成熟種子對乾燥的忍耐程度來加以分類，並被區分為正儲型(orthodox)與異儲型(recalcitrant)兩大類(Roberts, 1973)。正儲型種子能耐乾燥，當種子含水率(moisture content，本文部分以 mc 表示之)被降低至 5%(鮮重，本文以下的含水率均以鮮重表示之)時仍活力不失，此類型種子的儲藏壽命是隨著儲藏溫度與種子內水分含量的降低而延長，且這個關係是可經由數學模式推導預測的(Roberts, 1973)。

相對的，異儲型種子非常不耐乾燥，若其含水率降到 12~31%以下時，種子活力會隨著脫水程度的增加而持續下降(Roberts, 1973)。多種異儲型種子不僅非常不耐旱，甚至對溫度也很敏感，當所處環境溫度低於 10~15°C 時就容易衰敗死亡，尤其是產於熱帶的異儲型種子(Bonner, 1990)，因此，Hong and Ellis (1996) 以其對溫度的敏感性將之再區分為溫帶異儲型(temperate recalcitrant)及熱帶異儲型(tropical recalcitrant)兩類。溫帶異儲型種子的特性是不耐乾燥但可以在 0°C 附近的溫度下儲藏，種子含水率應維持在 35~50% 間，儲藏期間需維持其呼吸作用，故適當的氣體交流非常重要，在能保持較高的含水率及氣體交流情況下，其壽命可能達到 1~3 年。而熱帶異儲型種子較溫帶異儲型者更不耐乾燥及低溫，大都不能忍受近零度之低溫，甚而對 15~20°C 就呈敏感，種子很容易受低溫傷害而喪失活力，故即使存在較高的種子含水率及良好的氣體交流環境下，可儲藏期亦甚短，因具有活力的種子在高溫條件下短期內就會發芽，而為延長儲藏時間，以低溫來抑制發芽時又因臨界值難以確定而常使其活力喪失，故它們是最難達到儲藏目的之種子。熱帶異儲型種子的壽命亦較溫帶異儲型者短，如以龍腦香科樹種種子來看，79 種熱帶異儲型樹種中，種子壽命最長的是 1 年，最短的僅 14 天(Tompsett, 1987; 1989)。

除了正、異兩大類種子之外，Ellis et al. (1990) 發現阿拉伯咖啡(*Coffea arabica* L.)的種子含水率可以被乾燥到 5~10% 而活力不失，但當其被儲藏在 10°C 以下時則活力快速下降，他們首先將這種稍具耐旱性但不似正儲型種子具有高度耐旱性，且易受低溫傷害的種子命名為中間型。Hong and Ellis (1996) 謂當中間型種子被乾燥到含水率 10~12% 後大部分仍可存活，但當含水率再繼續下降時，種子活力就隨之降低。

台灣樹蘭(*Aglaia formosana* Hay.)又名紅柴，為楝科(Meliaceae)常綠中喬木，分

佈於菲律賓與台灣。台灣僅產於恆春半島沿岸海岸林中(Chang, 1993)。核果呈球形，徑約 1.3 cm，熟時呈橙紅色，成熟期為每年 7~8 月，每果僅一種子，種子長約 1.1 cm，徑約 1.0 cm。

大葉山欖(*Palaquium formosanum* Hay.)又名台灣膠木，為山欖科(Sapotaceae)常綠大喬木，分佈於菲律賓與台灣，台灣則分布於北部海岸、東部海岸、恆春半島、蘭嶼及綠島(Li and Yang, 1998)。果實為橢圓形核果，長約 4~5 cm，熟時由綠轉黑褐色，台灣南部的成熟期約在每年的 7~8 月。每一果實具種子 1~4 粒，但通常只有 1~2 粒種子，種子紡錘形，長約 3.9 cm，徑約 1.8 cm。

草海桐(*Scaevola taccada* (Gaertner) Roxb)又名水草、海蓬草，為草海桐科(Goodeniaceae)常綠直立性灌木或小喬木，通常高度低於 5 m，分佈於馬達加斯加、東南亞、熱帶澳洲、密克羅西尼亞(赤道以北菲律賓以東的群島)、澳洲東北部群島及夏威夷，台灣則廣泛分布於海邊沙地至珊瑚礁岩地(Huang, 1998)，為典型的海邊植物，其性喜陽光充足、潮濕、高溫的環境，且以其優良的耐鹽性、耐旱性、耐寒性與抗強風性，及生長快速、野外造林成活率佳等優點，故成為建造第一線海岸防風林的最佳原生植物之一(鄧書麟等，2006)。核果狀的果實呈球型，徑約 10~15 mm，成熟時肉質的外果皮會由綠色轉白色，中果皮為木栓質，以利其海漂傳播，子房 2 室，每室一胚珠。在台灣南部的果熟期有二次，於每年的 2~3 月及 8~9 月成熟。種子球形，一端呈尖刺狀，表面具不規則稜狀突起，徑約 4 mm(圖 1)，然而此外觀上呈單一球形的種子卻是由 2 枚半球形種子所組成，但 2 個種子都同時具有種仁者僅約佔 10%，通常只有一個發育，甚或 2 個種子內都不具種仁。

欖仁(*Terminalia catappa* L.)為使君子科(Combretaceae)落葉大喬木，廣泛分佈全球熱帶海邊地區。台灣原生於南部海岸林與蘭嶼(Li and Lo, 1993)。核果呈扁橢圓形，兩邊均具有龍骨狀突起，長約 5~6 cm，成熟時由綠轉暗紅色，台灣南部的果熟期為每年 8~9 月，每一果實有種子 1 粒，種子長約 5.1 cm，寬約 3.2 cm，厚約 2.1 cm。

過去有關此四台灣原生海岸林樹種種子的正式研究報導稀少。廖芳瑾等(1995)曾採集屏東縣獅子鄉內獅村的野生草海桐種子進行一系列的發芽研究，結果發現以 5 月採收的種子具有最高的發芽率，以 7 月採收的種子其發芽率最低，發芽溫度以 35°C(12 小時光照)/20°C 變溫較佳，在 25°C(12 小時光照)定溫下種子幾乎無法

發芽，另以濃硫酸、熱水、機械破壞及紅光照射等發芽前處理均無法提高發芽率。本研究期能以較精細的試驗設計，來明瞭這四種種子的發芽特性及儲藏行為，以作為未來建立原生海岸林樹種育苗造林體系之基本資料。

II、材料與方法

(I) 果實採集與處理

本研究四樹種的 5 批種子的採集時間與地點資料列於表 1。各批果實採收時均已呈成熟顏色。這四種肉質果採回後置於溫室噴水使果肉糜爛，待果肉或果皮軟化後立即洗出或取出種子。經汰除雜質的潔淨種子隨即以水選及人工手選等方式來汰除空粒及瑕疵種子。各批種子的基本資料與新鮮種子發芽率資料分別列於表 2 與表 3。

表 1 本研究四樹種 5 批種子之採集日期與地點資料

Table 1. Information on collection dates and seed sources of the 5 seedlots of 4 tree species used in this study

中名 Vernacular name	學名 Scientific name	採集時間 Collection date	採集地點 Collection location	經緯度 Latitude, longitude	海拔高度 Elevation (m)
台灣樹蘭	<i>Aglaia formosana</i> Hay.	2006/8/5	恆春 (Hengchuen)	21°58'N, 120°48'E	305
大葉山欖	<i>Palaquium formosanum</i> Hay.	2006/8/6	恆春 (Hengchuen)	21°58'N, 120°48'E	280
草海桐(第1批)	<i>Scaevola taccada</i> (Gaertner) Roxb	2007/8/21	恆春 (Hengchuen)	21°67'N, 120°43'E	30
草海桐(第2批)	<i>Scaevola taccada</i> (Gaertner) Roxb	2007/9/5	太麻里 (Taimalee)	22°37'N, 121°00'E	15
欖仁	<i>Terminalia catappa</i> L.	2007/9/28	恆春 (Hengchuen)	21°58'N, 120°48'E	290

表 2 本研究四樹種 5 批種子之基本資料

Table 2. Information on seed characteristics of the 5 seedlots of 4 tree species used in this study

種名 Species	含水率測定取樣數 Determination of MCs	新鮮種子含水率 (鮮重) Moisture content (%, FW basis)	每公升粒數 Number of seeds /L	千粒重 ¹⁾ Thousand-seed-weight (g)
台灣樹蘭 <i>A. formosana</i>	1 seed × 4 replicates	52.2 ± 1.1	1,288 ± 40	523 ± 21
大葉山欖 <i>P. formosanum</i>	1 seed × 4 replicates	38.2 ± 0.3	118 ± 2	5,336 ± 161
草海桐(第1批) <i>S. taccada</i>	10 seeds × 4 replicates	11.6 ± 0.1	15,113 ± 332	38.9 ± 1.4
草海桐(第2批) <i>S. taccada</i>	10 seeds × 4 replicates	12.7 ± 0.2	16,488 ± 160	36.8 ± 1.4
欖仁 <i>T. catappa</i>	1 seed × 4 replicates	19.1 ± 1.3	40 ± 2	4,801 ± 108

¹⁾Thousand-seed-weight was estimated at the moisture content shown.

表 3 本研究四樹種 5 批種子之發芽資料

Table 3. Information on germination of fresh mature seeds of the 5 seedlots of 4 tree species used in this study

種名 Species	發芽試驗取樣數 Determination of germination (seeds × replicates)	發芽期 Germination period (weeks)	新鮮種子發芽率 Germination of fresh mature seeds (%)	新鮮種子平均發芽日數 Mean germination time of fresh mature seeds (MGT, days)
台灣樹蘭 <i>A. formosana</i>	45 × 4	12	72.2 ± 7.8	18.7 ± 2.4
大葉山欖 <i>P. formosanum</i>	30 × 4	12	90.0 ± 3.3	26.8 ± 3.5
草海桐(第1批) <i>S. taccada</i>	25 × 4	20	71.0 ± 11.1	40.4 ± 3.9
草海桐(第2批) <i>S. taccada</i>	35 × 4	20	75.7 ± 10.8	26.0 ± 1.8
欖仁 <i>T. catappa</i>	25 × 3	16	86.7 ± 1.9	61.2 ± 5.5

(II)種子含水率測定、發芽方法、發芽速度之計算與統計分析

各批種子之含水率測定之取樣數、發芽試驗之取樣數、發芽期分別列於表 2, 與 3。種子含水率測定方法、發芽方法、發芽速度之計算與統計分析等均同於楊正釧等(2006)，但欖仁種子僅切取種仁(胚部、胚乳與子葉)進行含水率之測定。台灣樹蘭與草海桐的各處理種子均是在 30°C(8 小時光照) / 20°C(16 小時黑暗)變溫條件下發芽，但大葉山欖與欖仁的各處理種子則是在 35°C(8 小時光照) / 25°C(16 小時黑暗)變溫條件下發芽。

(III)濕藏處理

各批種子之濕藏溫度與儲藏時程試驗設計列於表 4，目的在瞭解低溫濕藏對此四種種子之保存效果。濕藏方法及條件同於楊正釧等(2006)。

表 4 本研究四樹種 5 批種子之濕藏試驗設計，發芽試驗取樣數與發芽期同表 3

Table 4. Treatment and germination assay of wet storage of the 5 seedlots of 4 tree species used in this study. The determinations and periods of germination were the same as those shown in Table 3

種名 Species	濕藏溫度 Temperature (°C)	濕藏時程 Wet storage duration
台灣樹蘭 <i>A. formosana</i>	4, 10	0.23, 0.47, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 18, 24 (months)
	15, 20	0.47, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 18, 24 (months)
大葉山欖 <i>P. formosum</i>	1, 4	1, 3, 5, 7, 14, 21, 28, 42 (days)
	15	1, 3, 7, 14, 21, 28, 42, 56, 70 (days)
	20	7, 14, 21, 28, 35, 42, 56, 70, 84, 98, 126 (days)
草海桐(第1批) <i>S. taccada</i>	4	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 24 (months)
草海桐(第2批) <i>S. taccada</i>	4	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 24 (months)
欖仁 <i>T. catappa</i>	1, 4, 15	0, 1, 2, 3, 4, 6, 9, 12 (months)

(IV)乾藏種子之含水率控制與試驗設計

種子含水率之控制目的在獲得約 2%~新鮮種子含水率間，呈不同等級含水率的次種子組(sub-seedlot)。在控制各級種子含水率期間，當某一「次種子組」之含水率達到預定值時，需取出以鋁箔袋密封，置於約 4°C(草海桐)或 25~28°C(台灣樹蘭、大葉山欖與欖仁)之環境，平衡 3~5 日後再進行含水率測定。當各「次種子組」含水率確定符合試驗設計期望值後，立刻分裝密封，以維持於爾後儲藏期間的含水率均能恆定不變。各種分裝完成的種子之乾藏溫度及時程如表 5 所列。各種種子之含水率控制方法及過程如下：

- 1.台灣樹蘭：新鮮種子含水率為 52.2%，將種子置於約 29~30°C，相對濕度 36~38% 的環境下，以電風扇吹拂來使種子乾燥，控制所得之六級含水率分別是 14.8%(乾燥 36 小時)、20.7%(乾燥 20 小時)、28.2%(乾燥 15 小時)、39.8%(乾燥 7 小時)、44.2%(乾燥 3.5 小時)與 52.2%(未乾燥)(表 5)。
- 2.大葉山欖：新鮮種子含水率為 38.2%，將種子置於約 29~30°C，相對濕度 36~38% 的環境下，以電風扇吹拂來使種子乾燥，控制所得之五級含水率分別是 15.3%(乾燥 48 小時)、16.9%(乾燥 44 小時)、19.2%(乾燥 40 小時)、32.6%(乾燥 18 小時)與

38.2%(未乾燥)(表 5)。

3.草海桐：本研究二批新鮮種子含水率分別為 11.6%與 12.7%，均是以內置分子篩(molecular sieve)與純水的風扇式壓克力箱來使種子乾燥或吸濕。第 1 批新鮮種子的含水率為 11.6%，控制所得之 5 種等級含水率分別是 1.9%(乾燥 76 小時)、5.9%(乾燥 5 小時)、8.7%(乾燥 2 小時)、11.6%(無乾燥吸濕)與 14.8%(吸濕 30.5 小時)(表 5)。第 2 批新鮮種子的含水率為 12.7%，控制所得之 5 種等級含水率分別是 2.4%(乾燥 44 小時)、5.9%(乾燥 5 小時)、8.6%(乾燥 2.8 小時)、11.2%(乾燥 0.6 小時)與 14.8%(吸濕 27 小時)(表 5)。

4.欖仁：新鮮種子含水率為 19.1%，主要是將種子置於約 26~28℃，相對濕度 40~45%的環境下，以電風扇吹拂來使種子乾燥，控制所得之三種等級之含水率分別是 4.2%(電扇吹拂 2.1 天後用分子篩再脫濕 2 天)、6.0%(電扇吹拂 2 天)與 9.3%(電扇吹拂 5 小時)(表 5)。

表 5 本研究四樹種 5 批種子之乾燥儲藏試驗設計，發芽試驗取樣數與發芽期同表 3

Table 5. Dry storage assays of the 5 seedlots of 4 tree species used in this study. The determinations and periods of germination were the same as those shown in Table 3

種名 Species	乾藏種子含水率 MCs of dry storage (% FW basis)	儲藏溫度 (°C) Storage temperature	乾藏時程 (months) Dry storage duration
台灣樹蘭 <i>A. formosana</i>	14.8±0.1, 20.7±0.6, 28.2±0.4, 39.8±1.7, 44.2±2.0, 52.2±1.1	—	0
大葉山欖 <i>P. formosanum</i>	15.3±3.3, 16.9±1.2, 19.2±2.2, 32.6±2.3, 38.2±0.3	—	0
草海桐(第1批) <i>S. taccada</i>	1.9±0.2, 5.9±0.1, 8.7±0.1, 11.6± 0.1, 14.8±0.1	-20, 4, 15	0, 3, 6, 9, 12, 18, 24
草海桐(第2批) <i>S. taccada</i>	2.4±0.1, 5.9±0.1, 8.6±0.1, 11.2± 0.2, 14.8±0.3	-20, 4, 15	0, 3, 6, 9, 12, 18, 24
欖仁 <i>T. catappa</i>	4.2±0.2, 6.0±0.1, 9.3±0.2	-20, 4 15	0, 3, 6, 9, 12, 18, 24 0, 6, 12, 24

III、結果與討論

(I)新鮮種子的發芽

1.台灣樹蘭新鮮種子以 30/20℃ 變溫經 12 週所得的發芽率與平均發芽日數分別是

72.2%與 18.7 日(表 3)，種子集中在 2~4 週發芽，且在第 11 週後就不再有發芽記錄數，發芽 12 週後將未發芽種子剪開，發現都已腐敗，故此結果顯示台灣樹蘭種子不具休眠性。

2.大葉山欖新鮮種子以 30/20℃ 變溫經 12 週所得的發芽率與平均發芽日數分別是 55.6%與 20.8 日(表 3)，種子主要在第 2~3 週內集中發芽，且在第 11 週後就不再有發芽記錄數(圖 1)；當以 35/25℃ 變溫經 12 週所得的發芽率與平均發芽日數分別是 90.0%與 26.8 日(表 3)，種子主要在第 1~5 週內集中發芽，且在第 9 週後就不再有發芽記錄數(圖 1)。以上結果顯示大葉山欖的發芽溫度以 35/25℃ 變溫明顯優於 30/20℃ 變溫者，且其種子不具深度休眠性。

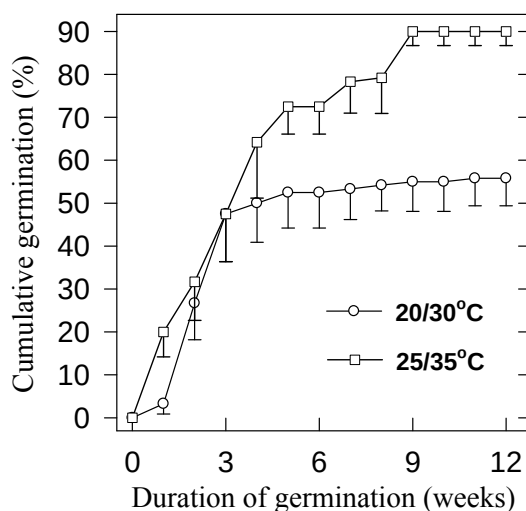


圖 1 大葉山欖新鮮種子於 30/20℃ 與 35/25℃ 變溫發芽之累積發芽率曲線

Fig. 1 Cumulative germination curves of fresh mature seeds of *Palaquium formosanum* at fluctuating temperatures of 30/20 and 35/25°C

3.草海桐第 1 批新鮮種子以 30/20℃ 變溫經 20 週所得的發芽率與平均發芽日數分別是 71.0%與 40.4 日(表 3)，主要集中在第 2~4 週發芽，但在第 4~20 週都仍有少數零散發芽記錄(圖 2)。第 2 批新鮮種子以 30/20℃ 變溫經 20 週所得的發芽率與平均發芽日數分別是 75.7%與 26.0 日(表 3)，主要集中在第 2~5 週發芽，第 13 週後不再發芽記錄數(圖 2)。上述結果顯示草海桐種子應不具休眠性，但有少數種子需要較久的時間才能發芽，這可能與種子的成熟度有關，第 2 批種子的採收日期較

第 1 批晚了 15 天，因此推斷第 2 批種子有較佳的成熟度，故能在較短的時間內呈集中的發芽(圖 2)。

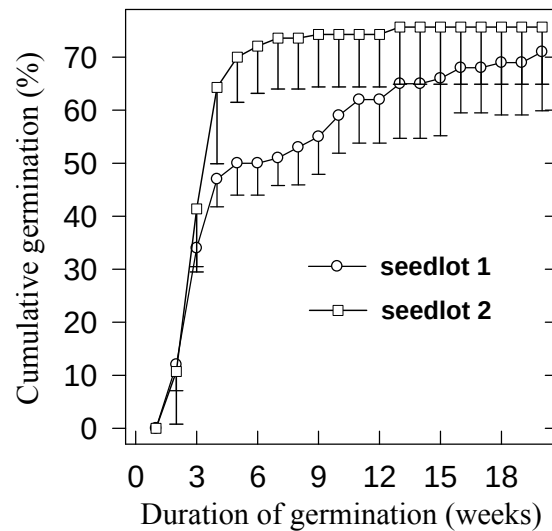


圖 2 二批草海桐新鮮種子之累積發芽率曲線

Fig. 2 Cumulative germination curves of fresh mature seeds of the 2 seedlots of *Scaevola taccada*

4. 欖仁新鮮種子以 30/20℃ 變溫經 16 週所得的發芽率與平均發芽日數分別是 86.7% 與 61.2 日(表 3)，主要在第 5~10 週發芽，第 14 週後即不再有發芽記錄數，此結果顯示欖仁種子不具深度休眠性，但種子需要較長的時間完成吸潤才能發芽。

(II) 乾藏與濕藏對種子壽命之影響

1. 台灣樹蘭

不同乾燥程度對台灣樹蘭種子發芽率的影響見圖 3。六級含水率種子在乾燥控制剛完成時的發芽率分別是 $72.2 \pm 7.8\%$ (52.2% mc)、 $33.3 \pm 2.2\%$ (44.2% mc)、0%(39.8% mc)、0%(28.2% mc)、0%(20.7% mc)與 0%(14.8% mc)，顯示本種種子對乾燥非常敏感，含水率稍降就能使種子死亡殆盡，是無法進行乾藏的種子。

台灣樹蘭新鮮種子以濕水草維持住原含水率儲藏在 4、10、15 與 20℃ 對種子活力之效應見圖 4、圖 5 及圖 6。當濕藏在 4℃ 經 30 日後，發芽率顯著下降至 15.6%，60 日後完全喪失活力(圖 4)。當濕藏在 10℃ 經 14 日後，發芽率顯著下降至 43.3%，60 日後完全喪失活力(圖 4)。當濕藏在 15℃ 經 14 日後發芽率為 69.4%，與新鮮種

子者未呈顯著差異($p>0.5$)，當 15°C 濕藏時間達 30 日後，種子會開始在此無光環境下發芽，且在儲藏 90 日內，具有活力種子幾乎全會在此黑暗潮濕的環境中發芽完畢(圖 5)。當濕藏在 20°C 時，經 14 日後發芽率為 68.3%，與新鮮種子者未呈顯著差異($p>0.3$)，但當 20°C 濕藏時間達 30 日後，種子會開始在此無光環境下發芽，且在儲藏 60 日內，具有活力種子幾乎全部發芽完畢(圖 6)。

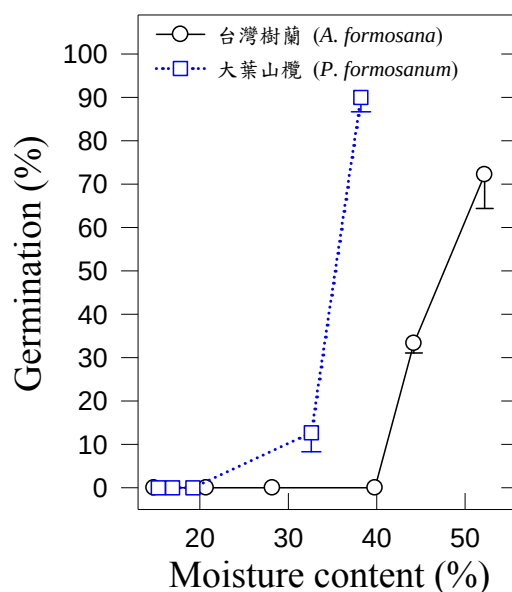


圖 3 不同含水率 (%，鮮重) 對台灣樹蘭及大葉山欖種子發芽率之影響

Fig. 3 Effects of seed moisture content (% on a fresh-weight basis) on the germination percentage of seeds of *Aglaia formosana* and *Palaquium formosanum*. Vertical bars represent standard error of the mean

由以上數據顯示台灣樹蘭種子非常不耐乾燥及不耐低溫，故判斷屬熱帶異儲型。本種種子濕藏在 4 與 10°C 時短期內就衰敗死亡殆盡，濕藏在 15°C 與 20°C 時，僅能在短期內(約 14 日)保持不發芽，故以上乾藏、濕藏條件均非其儲藏良方。

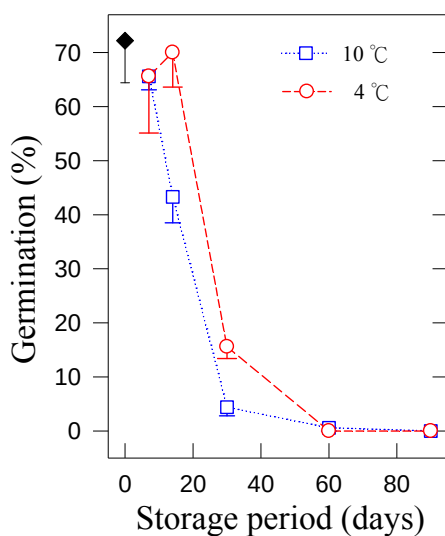


圖 4 不同儲藏溫度 (4 與 10°C) 對台灣樹蘭濕藏種子發芽率之影響

Fig. 4 Effects of 4 and 10°C storage with moist sphagnum for 0~90 days on the germination percentage of *Aglaia formosana* seeds. The filled diamonds (◆) represent germination percentage of fresh mature seeds. Vertical bars represent standard error of the mean

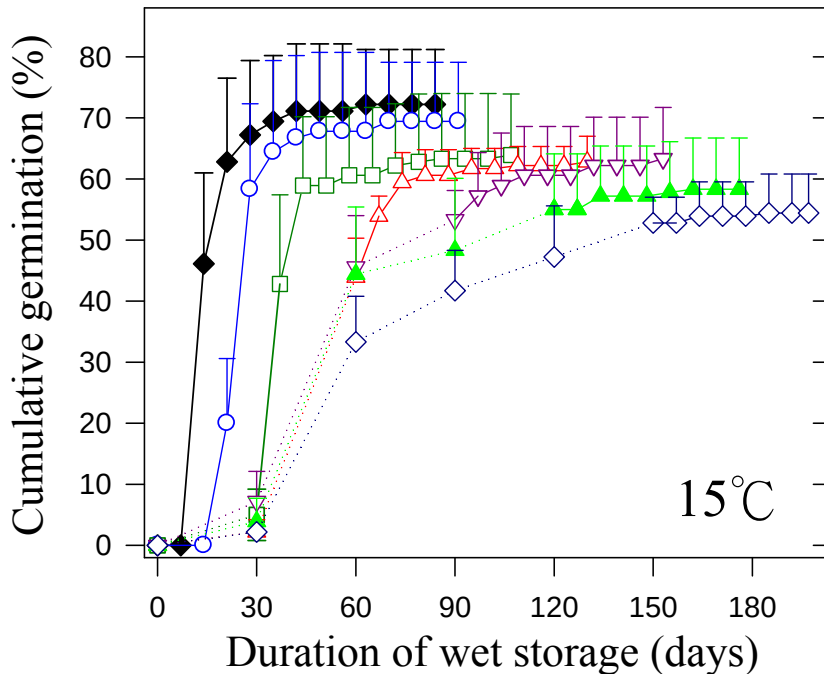


圖 5 台灣樹蘭種子於 15°C 濕藏經 0~150 日後之累積發芽率曲線。虛線表種子在 15°C 黑暗濕藏環境中自行發芽之累積發芽率曲線，實線表種子經濕藏後移至 30/20°C 變溫發芽之累積發芽率曲線

Fig. 5 Cumulative germination curves of *Aglaia formosana* seeds at 15°C wet storage for 0~150 days (○, 14 days; □, 30 days; △, 60 days; ▽, 90 days; ▲, 120 days; ◇, 150 days). Dotted lines (.....) and solid lines () represent cumulative germination percentages in the dark at 15°C wet storage and at fluctuating temperatures of 30/20°C with 8 hours of light after the periods of wet storage as indicated, respectively. The filled diamonds (◆) represent cumulative germination percentages of fresh mature seeds. Vertical bars represent standard error of the mean

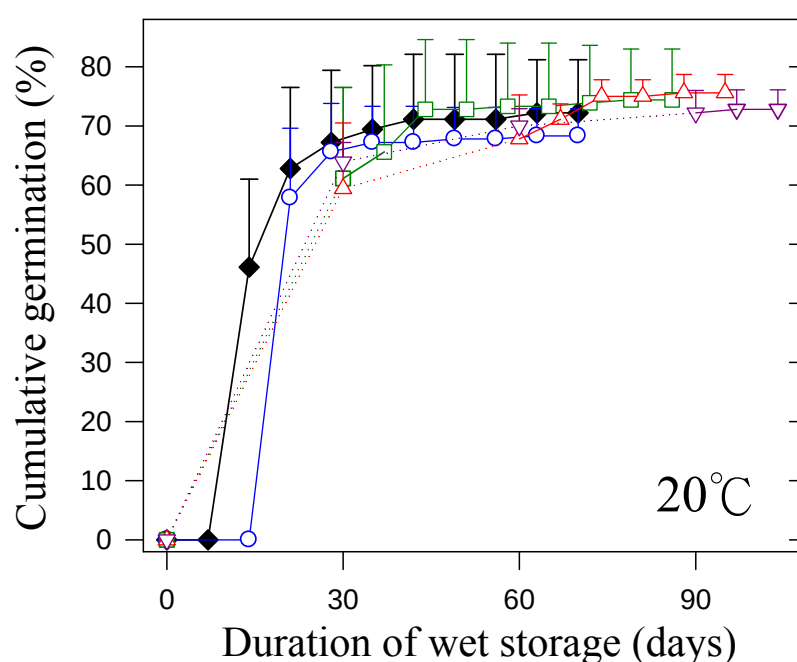


圖 6 台灣樹蘭種子於 20°C 濕藏經 0~90 日後之累積發芽率。虛線表種子在 20°C 黑暗濕藏環境中自行發芽之累積發芽率曲線，實線表種子經濕藏後移至 30/20°C 變溫發芽之累積發芽率曲線

Fig. 6 Cumulative germination curves of *Aglaia formosana* seeds at 20°C wet storage for 0~90 days (○, 14 days; □, 30 days; △, 60 days; ▽, 90 days). Dotted lines (.....) and solid lines () represent cumulative germination percentages in the dark at 20°C wet storage and at fluctuating temperatures of 30/20°C with 8 hours of light after the periods of wet storage as indicated, respectively. The filled diamonds (◆) represent cumulative germination percentages of fresh mature seeds. Vertical bars represent standard error of the mean

2.大葉山欖

不同乾燥程度對大葉山欖種子發芽率的影響見圖 3。五級含水率種子在乾燥控制剛完成時的發芽率分別是 $90.0 \pm 3.3\%$ (38.2% mc)、 $12.7 \pm 4.4\%$ (32.6% mc)、 0% (19.2% mc)、 0% (16.9% mc)與 0% (15.3% mc)，顯示本種種子非常不耐乾燥，種子水分稍喪失就能使其大量死亡，故其亦是無法進行乾燥儲藏的種子。

大葉山欖新鮮種子以水草為介質濕藏在 1°C 與 4°C 時，經 1 日後即完全喪失活力。當濕藏在 15°C 經 1 日、7 日、14 日與 21 日後，發芽率分別為 $49.2 \pm 6.8\%$ 、 $52.5 \pm 2.8\%$ 、 $55.0 \pm 2.9\%$ 與 $56.7 \pm 7.5\%$ ，與新鮮種子相較後均呈顯著差異($p < 0.0005$)(圖 7)，且當 15°C 濕藏時間達 28 日後，種子會開始在此無光環境下發芽，在儲藏 56 日內，具有活力種子幾乎全會在此黑暗潮濕的環境中發芽完畢(圖 7)。當濕藏在 20°C 經 7 日與 14 日後，發芽率分別為 $65.0 \pm 12.6\%$ 與 $60.8 \pm 2.8\%$ ，與新鮮種子相較後均呈顯著差異($p < 0.03$)(圖 8)，且當 20°C 濕藏時間達 21 日後，種子會在此無光環境下開始自行發芽，在儲藏 42 日內，具有活力種子幾乎全部發芽完畢(圖 8)。

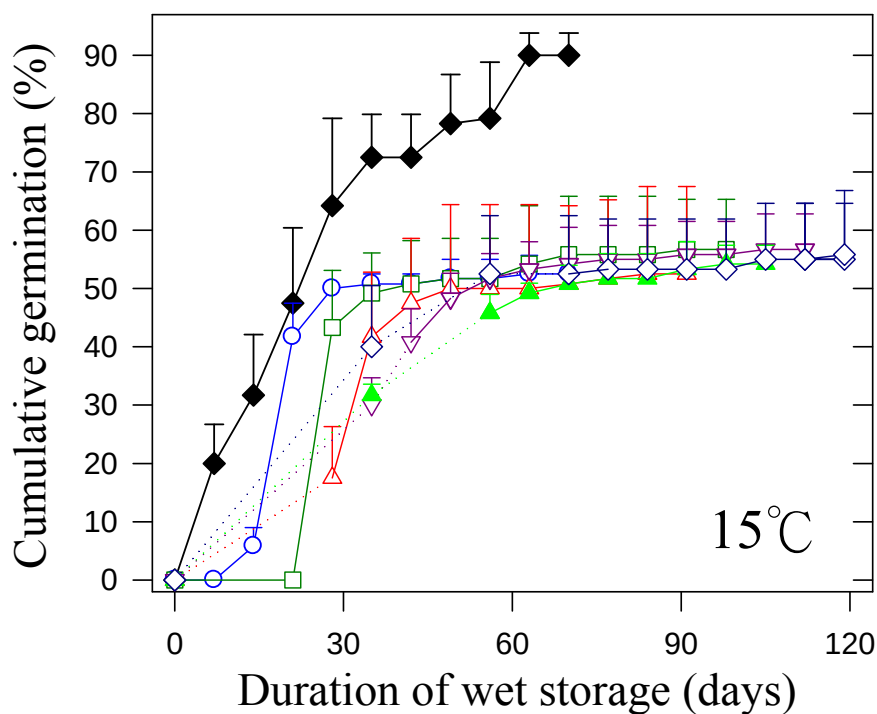


圖 7 大葉山欖種子於 15°C 濕藏經 0~70 日後之累積發芽率。虛線表種子在 15°C 黑暗濕藏環境中自行發芽之累積發芽率曲線，實線表種子經濕藏後移至 $35/25^\circ\text{C}$ 變溫發芽之累積發芽率曲線

Fig. 7 Cumulative germination curves of *Palaquium formosanum* seeds at 15°C wet storage for 0~70 days (○, 7 days; □, 21 days; △, 28 days; ▽, 42 days; ▲, 56 days; ◇, 70 days). Dotted lines (.....) and solid lines () represent cumulative germination percentages in the dark at 15°C wet storage and at fluctuating temperatures of 35/25°C with 8 hours of light after the periods of wet storage as indicated, respectively. The filled diamonds (◆) represent cumulative germination percentages of fresh mature seeds. Vertical bars represent standard error of the mean

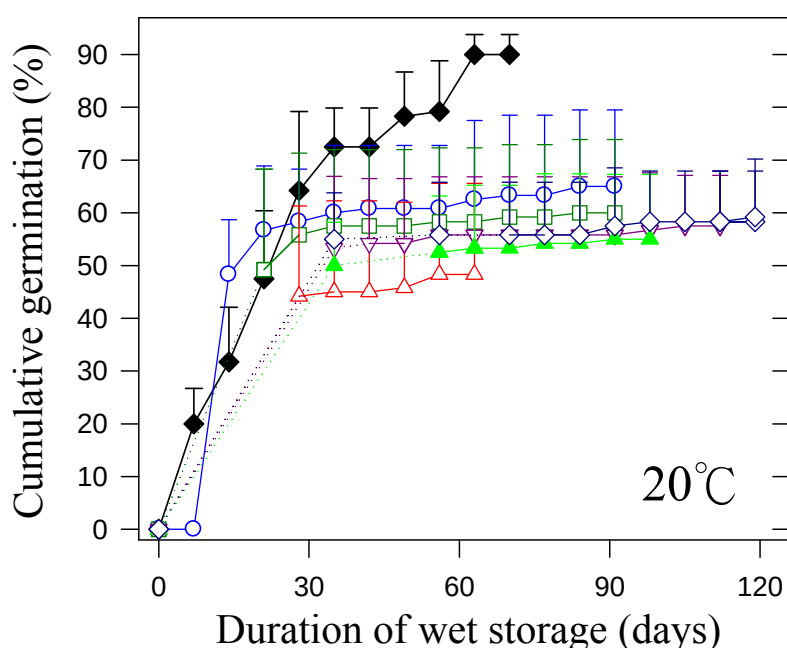


圖 8 大葉山欖種子於 20°C 濕藏經 0~70 日後之累積發芽率。虛線表種子於 20°C 黑暗濕藏環境中自行發芽之累積發芽率曲線，實線表種子經濕藏後移至 35/25°C 變溫發芽之累積發芽率曲線

Fig. 8 Cumulative germination curves of *Palaquium formosanum* seeds at 20°C wet storage for 0~70 days (○, 7 days; □, 21 days; △, 28 days; ▽, 42 days; ▲, 56 days; ◇, 70 days). Dotted lines (.....) and solid lines () represent cumulative germination percentages in the dark at 20°C wet storage and at fluctuating temperatures of 35/25°C with 8 hours of light after the periods of wet storage as indicated, respectively. The filled diamonds (◆) represent cumulative germination percentages of fresh mature seeds. Vertical bars represent standard error of the mean

由以上數據顯示大葉山欖種子非常不耐乾燥及不耐低溫，故判斷屬熱帶異儲型。本種種子濕藏在 1 與 4℃ 時於 1 日內就衰敗死亡殆盡，濕藏在 15℃ 與 20℃ 時，分別僅能在 21 日與 14 日內保持不發芽，故結果顯示以上乾藏、濕藏條件均無法有效地長期保持大葉山欖種子之活力。

3. 草海桐

(1) 4℃ 層積(濕藏)對草海桐種子發芽的效應

本研究草海桐第 1 批種子在 4℃ 層積 4 個月後，其種子發芽率尚有 57.0%，與新鮮種子(71.0%)並無顯著差異($p>0.1$)，但當層積時間延長至 6 個月後，其發芽率降至 2.0%，至 8 個月後種子完全喪失活力(圖 9)。第 2 批種子在 4℃ 層積 3 個月期間，其種子發芽率尚能維持在 59.3~67.1% 的高活力狀態，與新鮮種子發芽率(75.7%)相較後未呈顯著下降($p>0.05$)，且當層積時間延長至 4 個月時，其發芽率顯著降至 46.4%($p<0.01$)，且在經層積 4~8 個月期間發芽率呈持續之下降($p<0.005$)，層積 8 個月後幾乎完全喪失活力(發芽率僅剩 0.7%)(圖 9)。

另第 1 批種子在 4℃ 層積 2 個月期後發芽之平均發芽日數為 46.5 日，與新鮮種子平均發芽日數(40.4 日)相較後未呈顯著差異($p>0.1$)，但當層積時間延長到 4 個月後，其平均發芽日數已顯著提高到 76.0 日($p<0.0005$)，爾後種子快速步入死亡(圖 9)。而第 2 批種子在經 4℃ 層積 2 個月內發芽之平均發芽日數為 27.3~30.3 日，與新鮮種子平均發芽日數(26.0 日)相較後未呈顯著差異($p>0.05$)，但當層積時間延長到 3 個月後，其平均發芽日數已顯著提高到 45.5 日($p<0.001$)，且在經層積 4~6 個月期間平均發芽日數呈持續之上升，在層積 6 個月後已顯著提高至 64.6 日($p<0.0001$)，爾後種子亦快速衰敗(圖 9)。

由上述結果可知，4℃ 層積無法有效提升草海桐種子的發芽率，亦無法降低其平均發芽日數以提高發芽整齊度，顯然此處理對草海桐種子在育苗發芽作業上不具實用價值。而且當草海桐種子在此低溫濕藏的環境中，當時間超過 3 個月後就可能會讓其種子活力顯著下降，故低溫濕藏並非短暫儲藏草海桐種子的可行方法。

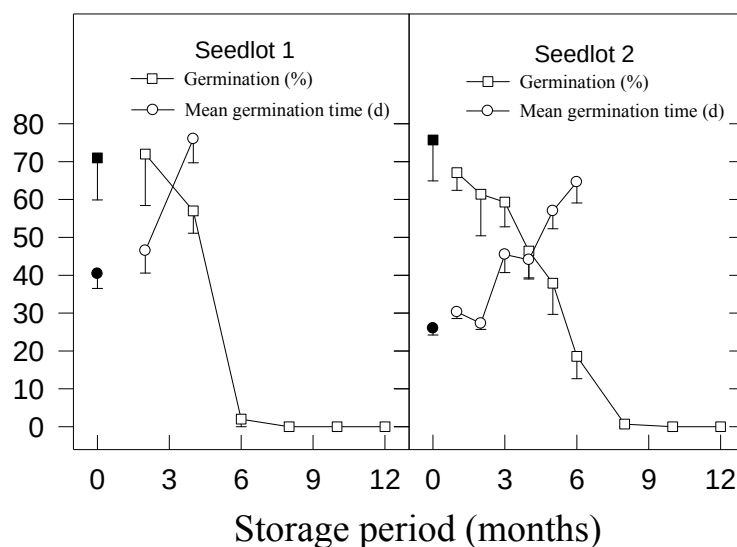


圖 9 經 4°C 層積 1~12 個月對二批草海桐種子發芽率(□)與平均發芽日數(○)之影響。■與●分別為各批新鮮種子之發芽率與平均發芽日數

Fig. 9 Effects of 4°C stratification for 1~12 months on the germination percentage (□) and mean germination time (○) of *Scaevola taccada* seeds. Filled circles (●) and squares (■) represent the mean germination time and germination percentage of fresh mature seeds. Vertical bars represent the standard error of the mean

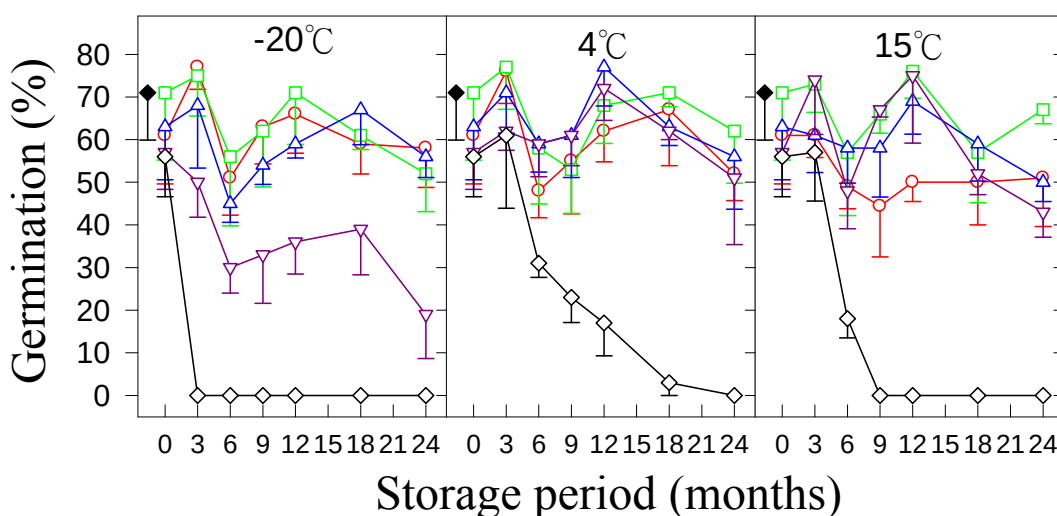


圖 10 不同種子含水率(鮮重)在三種儲藏溫度(-20, 4 與 15°C)經 24 個月對第 1 批草海桐種子發芽率之影響。◆為新鮮種子之發芽率

Fig. 10 Effects of storage temperatures (-20, 4, and 15°C) and seed MC (moisture content, on a fresh-weight basis) on the germination percentage of the seedlot 1 seeds stored for up to 24 months. Survival of seeds with the 5 MC levels significantly differed ($p < 0.0001$), but no significant difference ($p > 0.05$) was found if the 8.7, 11.6, and 14.8% MC sub-seedlots were excluded from analysis for all temperatures. The initial germination percentage of fresh mature seeds was $71.0 \pm 11.1\%$ (◆). MCs of seeds: ○, $1.9 \pm 0.2\%$; □, $5.9 \pm 0.1\%$; △, $8.7 \pm 0.1\%$; ▽, $11.6 \pm 0.1\%$; ◇, $14.8 \pm 0.1\%$. Vertical bars represent the standard error of the mean

(2) 含水率、溫度與儲藏時間對草海桐種子活力之影響

本研究草海桐第 1 批種子在 0~24 個月乾藏期間，各級含水率與不同儲藏溫度對發芽率的影響見圖 10，五級含水率種子在乾燥控制剛完成後隨即以 30/20°C 變溫經 20 週所得的發芽率分別是 61.0%(1.9% mc)、71.0%(5.9% mc)、63.0%(8.7% mc)、57.0%(11.6% mc)與 56.0%(14.8% mc)，彼此間或與新鮮種子之起始發芽率(71.0%)相較後均無顯著差異($p > 0.1$)。當種子儲藏在 -20°C 時，14.8% mc 者在儲藏 3 個月後就完全喪失活力；而 11.6% mc 者在儲藏 6 個月後其發芽率顯著下降到 30.0%($p < 0.005$)，且在儲藏 24 個月後之發芽率僅剩 19%，其餘三級含水率較低的種子在儲藏 24 個月後之發芽率相近，分別為 58.0%(1.9% mc)、52.0%(5.9% mc)與

56%(8.7% mc)，均無顯著下降趨勢($p>0.05$)(圖 10)。當種子儲藏在 4℃時，14.8% mc 者之活力在儲藏期間呈持續下降，於 24 個月後死亡殆盡，其餘四級含水率種子在儲藏 24 個月內，其發芽率與新鮮種子者相較後均無顯著差異($p>0.05$)，經 24 個月儲藏後之發芽率分別是 52.0%(1.9% mc)、62.0%(5.9% mc)、56%(8.7% mc)與 51%(11.6% mc)(圖 10)。而當儲藏在 15℃時，14.8% mc 者之活力快速下降，在儲藏 9 個月後即完全喪失活力，而 11.6% mc 與 8.7% mc 者之發芽率在儲藏 24 個月後其發芽率分別為 43.0%與 50.0%，已呈顯著下降($p<0.05$)，其含水率較低的二級種子在儲藏 24 個月後其發芽率則未呈顯著下降趨勢($p>0.05$)(圖 10)。

本研究草海桐第 2 批種子在 0~24 個月乾藏期間，各級含水率與不同儲藏溫度對發芽率的影響見圖 11，五級含水率種子在乾燥控制剛完成後隨即以 30/20℃變溫經 20 週所得的發芽率分別是 67.9%(2.4% mc)、73.6%(5.9% mc)、78.6%(8.6% mc)、65.7%(11.2% mc)與 67.1%(14.8% mc)，彼此間或與新鮮種子之起始發芽率(75.7%)相較後均無顯著差異($p>0.1$)。當種子儲藏在-20℃時，14.8% mc 者在 3 個月後就全數死亡；而 11.2% mc 者在儲藏 0~18 個月期間的活力並未顯著下降，但在儲藏 24 個月後發芽率已顯著下降到 36.4%($p<0.005$)；其餘三級含水率較低的種子在儲藏 24 個月後之發芽率分別為 60.7%(2.4% mc)、62.9%(5.9% mc)與 55.0(8.6% mc)，均未有顯著下降趨勢($p>0.05$)(圖 11)。當種子儲藏在 4℃時，14.8% mc 者之活力在 0~24 個月儲藏期間呈持續下降，於 24 個月後完全喪失活力，其餘四級含水率種子在儲藏 24 個月內發芽率與新鮮種子之發芽率相較後均無顯著差異($p>0.05$)，經 24 個月儲藏後之發芽率分別是 58.6%(2.4% mc)、74.3%(5.9% mc)、76.4%(8.6% mc)與 75.0%(11.2% mc)(圖 11)。而當儲藏在 15℃時，其結果與儲藏在 4℃者相似，但 14.8% mc 者之活力下降的更快，在儲藏 9 個月後即死亡殆盡，其餘四級含水率種子在儲藏 24 個月後其發芽率均未呈顯著下降趨勢($p>0.1$)(圖 11)。

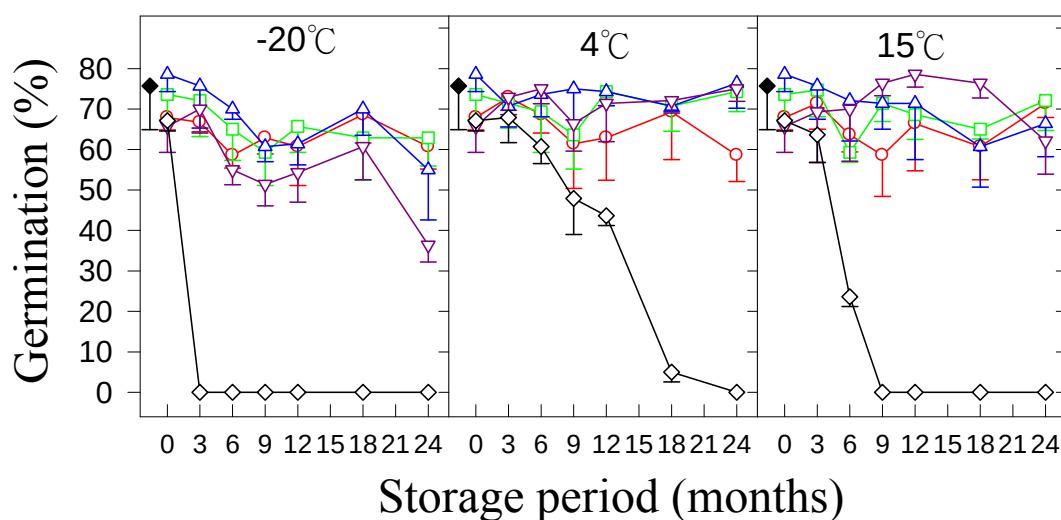


圖 11 不同種子含水率(鮮重)在三種儲藏溫度(-20, 4 與 15°C)經 24 個月對第 2 批草海桐種子發芽率之影響。◆為新鮮種子之發芽率

Fig. 11 Effects of storage temperatures (-20, 4, and 15°C) and seed MC (moisture content, on a fresh-weight basis) on the germination percentage of the seedlot 2 seeds stored for up to 24 months. Survival of seeds with the 5 MC levels significantly differed ($p < 0.0001$), but no significant difference ($p > 0.05$) was found if the 11.2 and 14.8% MC sub-seedlots were excluded from analysis for all temperatures. The initial germination percentage of fresh mature seeds was $75.7 \pm 10.8\%$ (◆). MCs of seeds: ○, $2.4 \pm 0.1\%$; □, $5.9 \pm 0.1\%$; △, $8.6 \pm 0.1\%$; ▽, $11.2 \pm 0.2\%$; ◇, $14.8 \pm 0.3\%$. Vertical bars represent the standard error of the mean

上述結果顯示當草海桐種子含水率被降至 1.9~5.9%，於-20°C、4°C 與 15°C 經 24 個月之儲藏仍不失活力，符合正儲型種子耐旱及耐零下低溫之特性(Hong and Ellis, 1996)，故判定其儲藏性質屬正儲型。

廖芳瑾等(1995)謂以春末夏初的 5 月所採收的草海桐種子具有最高的發芽率 (61%)，而以夏季 7 月採收的種子發芽率最低(僅 6.7%)，然而本研究的二批種子採於 8 月下旬及 9 月上旬，以 30/20°C 變溫發芽 20 週均獲得良好的發芽率(71.0%與 75.7%)，此結果上的差異以及不同季節草海桐種子之發芽品質，均仍待採集多批試材以進行較精細的研究來加以分析釐清。但根據我們的觀察紀錄，生長於台灣南部的草海桐雖然終年可以開花結實，但仍有二次明顯的主要果實成熟期，為獲取

大量的優良品質種子，我們建議應在每年的 2~3 月及 8~9 月，此二次果實大量成熟的季節來採收，且可以外果皮的狀態來判斷其成熟度，當大部分果實的肉質外果皮由綠色轉為白色且呈膨大狀時，即是良好的採收時間點。

草海桐為典型的海漂植物，以其不易腐朽的木栓質中果皮造成適當的浮力來進行漂流傳播。其果實在海中漂流經 120 日後發芽能力不會降低。在不含鹽分的介質中發芽時，經海水浸潤過的種子其發芽速度較乾燥種子快 1~2 週，但當播種於高鹽度的土壤時，其發芽率與發芽速率會顯著降低(Lesko and Walker, 1969)。

4. 欖仁

(1) 1°C、4°C 與 15°C 層積(濕藏)對欖仁種子發芽的效應

欖仁種子在 1°C 層積 1 個月後，種子發芽率已驟降至 18.7%，至 3 個月後種子幾乎完全喪失活力(圖 12)。在 4°C 層積 3 個月後，其種子發芽率已稍降至 72.0%，然與新鮮種子(86.7%)相較後尚未呈顯著差異($p>0.05$)，但當層積時間延長至 4 個月後，其發芽率已顯著降至 34.7%，至 6 個月後種子完全喪失活力(圖 12)。在 15°C 層積 6 個月期間，其種子發芽率均未呈顯著下降趨勢($p>0.05$)，濕藏 6 個月後種子發芽率仍高達 88.0%(圖 12)。

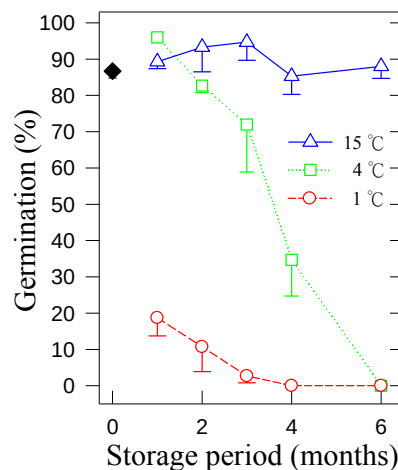


圖 12 不同儲藏溫度 (1, 4 與 15°C) 對欖仁濕藏種子發芽率之影響

Fig. 12 Effects of 1, 4 and 15°C storage with moist sphagnum for 0~6 months on the germination percentage of *Terminalia catappa* seeds. The filled diamonds (◆) represent germination percentage of fresh mature seeds. Vertical bars represent standard error of the mean

另欖仁種子在 1°C 層積 2 個月期後發芽之平均發芽日數為 29.2 日，與新鮮種子平均發芽日數(61.2 日)相較後已呈顯著差異($p<0.0001$)(圖 13)，然此時種子活力已嚴重喪失，隨後即死亡殆盡(圖 12)。當欖仁種子在 4°C 層積 2 個月期後發芽之平均發芽日數已顯著下降至 38.6 日($p<0.0001$)(圖 13)，層積 3 個月期後發芽之平均發芽日數再降為 27.5 日，層積 4 個月期後發芽之平均發芽日數則為 28.8 日(圖 13)，然此時種子活力已顯著下降(圖 12)。當欖仁種子在 15°C 層積 6 個月期間其活力雖未衰敗，然其平均發芽日數則呈逐步之下降趨勢，且在層積 1 個月後其平均發芽日數已顯著下降至 32.9 日($p<0.0001$)(圖 13)，層積 6 個月期後發芽之平均發芽日數再降至 17.4 日(圖 13)，我們推斷此平均發芽日數的下降與種子的吸潤有關，亦即種子在 15°C 濕藏期間逐漸完成了發芽時所需的水分吸收，一旦轉到 35/25°C 發芽時就能在短時間內完成發芽，而降低了平均發芽日數。

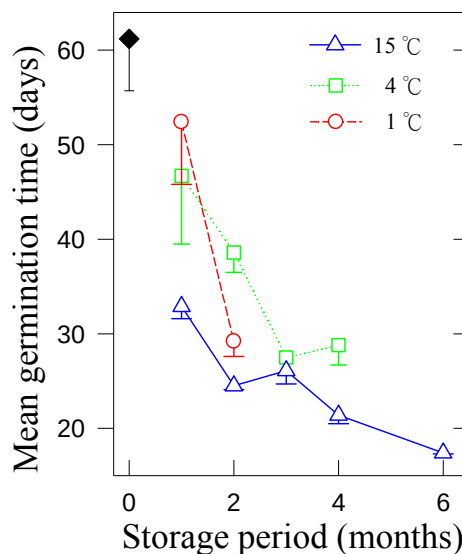


圖 13 不同儲藏溫度 (1, 4 與 15°C) 對欖仁濕藏種子平均發芽日數之影響

Fig. 13 Effects of 1, 4 and 15°C storage with moist sphagnum for 0~6 months on the mean germination time of *Terminalia catappa* seeds. The filled diamonds (◆) represent mean germination time of fresh mature seeds. Vertical bars represent standard error of the mean

由上述結果可知，1℃與 4℃層積無法有效提升欖仁種子的發芽率，且在短期內就可能導致大量種子衰敗死亡，顯然此處理對欖仁種子在育苗發芽作業上不具實用價值。而 15℃層積雖不能提高欖仁種子發芽率，但能顯著降低其平均發芽日數而提高發芽整齊度，故 15℃濕藏可以作為 6 個月內短暫儲藏欖仁種子的可行方法。

(2)含水率、溫度與儲藏時間對欖仁種子活力之影響

本研究欖仁種子在 0~24 個月乾藏期間，各級含水率與不同儲藏溫度對發芽率的影響見圖 14，三級含水率種子在乾燥控制剛完成後隨即以 35/25℃變溫經 16 週所得的發芽率分別是 88.0%(4.2% mc)、93.3%(6.0% mc)與 97.3%(9.3% mc)，彼此間或與新鮮種子之起始發芽率(86.7%)相較後均無顯著差異($p>0.1$)。當種子儲藏在 -20℃時，9.3% mc 者在儲藏 3 個月後發芽率顯著下降到 21.3%($p<0.001$)，於 18 個月後完全喪失活力(圖 14)；而含水率 4.2% mc 與 6.0% mc 者在儲藏 24 個月後發芽率分別為 86.7%與 88.0%，均無顯著下降趨勢($p>0.5$)(圖 14)。當種子儲藏在 4℃時，9.3% mc 者在儲藏 3 個月後發芽率顯著下降到 6.7%($p<0.0001$)，於 6 個月後就幾乎死亡殆盡；而含水率 4.2% mc 與 6.0% mc 者在儲藏 24 個月後活力均無顯著下降趨勢($p>0.1$)，發芽率分別為 84.0%與 96.0%(圖 14)。而當儲藏在 15℃時，9.3% mc 者在儲藏 12 個月後發芽率顯著下降到 58.7%($p<0.03$)，於 24 個月後再下降到 21.3%；而含水率 4.2% mc 與 6.0% mc 者在儲藏 12 個月後活力均無顯著下降趨勢($p>0.05$)，但在 24 個月後活力已顯著下降($p<0.0001$)，發芽率分別為 40.0%與 37.3%(圖 14)。

上述結果顯示當欖仁種子含水率被降至 4.2~6.0%，於 -20℃與 4℃經 24 個月之儲藏仍不失活力，符合正儲型種子耐旱及耐零下低溫之特性(Hong and Ellis, 1996)，故判定其儲藏性質屬正儲型。

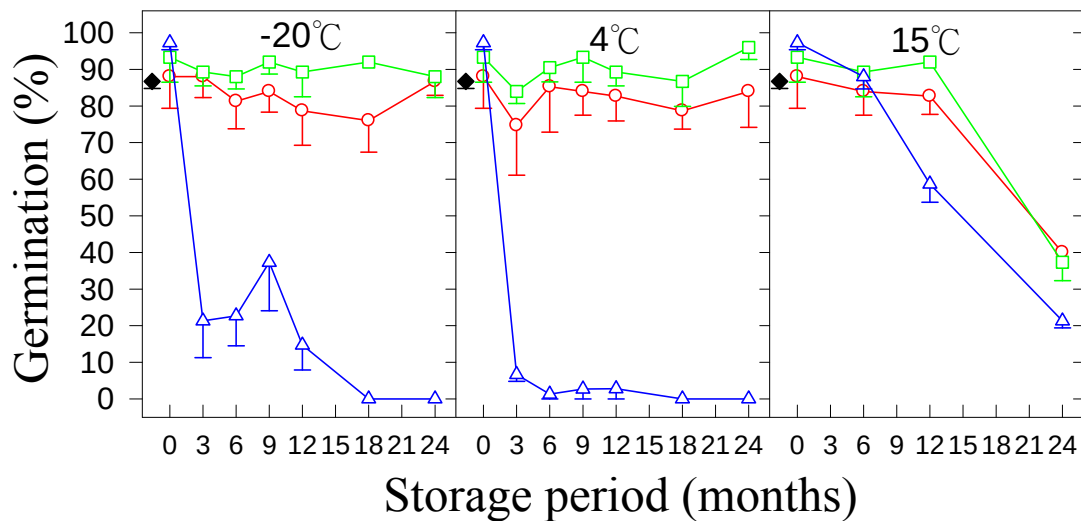


圖 14 不同種子含水率(鮮重)在三種儲藏溫度(-20, 4 與 15°C)經 24 個月對欖仁種子發芽率之影響。◆為新鮮種子之發芽率

Fig. 14 Effects of storage temperatures (-20, 4, and 15°C) and seed MC (moisture content, on a fresh-weight basis) on the germination percentage of *Terminalia catappa* seeds stored for up to 24 months. Survival of seeds with the 3 MC levels significantly differed ($p < 0.0001$), but no significant difference ($p > 0.05$) was found in seeds at -20 and 4°C storage while the 9.3% MC sub-seedlots were excluded from analysis. The initial germination percentage of fresh mature seeds was $86.7 \pm 1.9\%$ (◆). MCs of seeds: ○, $4.2 \pm 0.2\%$; □, $6.0 \pm 0.1\%$; △, $9.3 \pm 0.2\%$. Vertical bars represent the standard error of the mean

Hong and Ellis (1996)以槭樹科(Aceraceae)、南洋杉科(Araucariaceae)、龍腦香科(Dipterocarpaceae)、殼斗科(Fagaceae)與桃金娘科(Myrtaceae)等 5 科 94 種之成熟種子千粒重與含水率來分析此二介量與種子儲藏行為的相關性，結果發現異儲型成熟種子的含水率在 36~90%，並謂若低於 35%者應該不屬異儲型，而含水率在 23%以下者屬正儲型，中間型種子的含水率約在 23~55%。種子千粒重低於 25 g 者應屬正儲型，高於 13,000 g 者應為異儲型，而介於 30~13,000 g 者則正、異與中間型都可能。本研究結果顯示草海桐與欖仁種子屬正儲型，草海桐的成熟種子含水率約為 11~13%，千粒重僅約 35~40 g，而欖仁成熟種子含水率約為 18~20%，千粒重約 4800 g (表 2)，另本研究結果顯示台灣樹蘭與大葉山欖種子屬異儲型，台灣樹

蘭成熟種子含水率約為 52%，千粒重約 523 g，而大葉山欖成熟種子含水率約為 38%，千粒重約 5300 g (表 2)，以此四種成熟種子之含水率與千粒重對儲藏性質之關係性，均符合上述 Hong and Ellis (1996) 之評估值。

台灣產的大型熱帶異儲型種子，即使維持住其成熟種子之含水率並在通氣良好的條件下，亦都不能忍受 4℃ 以下之低溫，如蘭嶼木薑子、毛柿、蘭嶼肉豆蔻(楊正釧等，2008a)、福木與鐵色種子(楊正釧等，2008b)，而本研究中的台灣樹蘭與大葉山欖種子亦是。這些不耐低溫的種子通常對 10~15℃ 即呈敏感，而若保持種子水分且濕藏在約 15~20℃ 稍高的溫度時，則將導致在短期內發芽，故它們是難以用整粒種子形式來進行基因保存利用的樹種。然而，各種異儲型種子的耐溫限度或儲藏最適溫度都有賴進行精細的試驗才能明確界定之。總之，若純為生產苗木，對不具休眠的熱帶異儲型種子，或發芽儲藏特性尚未明瞭者，建議採收後應隨即洗淨播種。若不得已必須短暫儲藏時，需以膨鬆粗水草為介質，供氧濕藏在約 15~20℃ 環境中，或許稍能抑制發芽，即使如此，可能有很多種種子仍會在數日內發芽，而且，某些對低溫甚為敏感的熱帶異儲型種子，此作法仍有喪失部分種子活力之危險。

V、謝誌

感謝江則誼、江潔茹、李淑梅、李婉禎、李瓊美、林美華、沈慧娥、曾怡瑛、曾鳳儀、黃凱郎、劉冠宏等諸君協助種子處理及發芽試驗等工作，另感謝徐大興先生協助採收草海桐果實。

VI、引用文獻

楊正釧、林讚標、郭幸榮 (2006) 台灣油杉種子的儲藏性質。台灣林業科學 21(2):179-189。

楊正釧、郭幸榮、李瓊美 (2008a) 蘭嶼木薑子、毛柿與蘭嶼肉豆蔻種子的發芽與儲藏性質。中華林學季刊 41(3):287-299。

楊正釧、郭幸榮、李瓊美 (2008b) 福木、鐵色與臭娘子種子的發芽與儲藏性質。林業試驗所中埔研究中心第三屆環境保護林經營管理研討會論文集，第 65-83 頁。

廖芳瑾、許哲峰、許博行 (1995) 草海桐種子之發芽試驗。國立中興大學實驗林研

究彙刊 17(2):159-170。

鄧書麟、呂福原、沈勇強、潘昱光 (2006) 臺灣濱海鹽溼地造林技術與適生樹種調查。臺灣林業32(1):30-35。

Bonner, F. T. (1990) Storage of seeds: potential and limitations for germplasm conservation. *Forest Ecology and Management* 35:35-43.

Chang, C. E. (1993) Meliaceae. In: Editorial Committee of the Flora of Taiwan. *Flora of Taiwan*. 2nd ed, Vol. 3, Taipei, Taiwan: Department of Botany, National Taiwan University. pp. 550-564.

Ellis, R.H., T. D. Hong and E. H. Roberts (1990) An intermediate category of seed storage behaviour? *Journal of Experimental Botany* 41:1167-1174.

Hong, T. D. and R. H. Ellis (1996) A Protocol to Determine Seed Storage Behavior. IPGRI Technical Bulletin no. 1. Rome: International Plant Genetic Resources Institute. 62 pp.

Huang, T. C. (1998) Goodeniaceae. In: Editorial Committee of the Flora of Taiwan. *Flora of Taiwan*. 2nd ed, Vol. 4, Taipei, Taiwan: Department of Botany, National Taiwan University. pp. 803-805.

Lesko G. L., R. B. Walker (1969) Effect of sea water on seed germination in two Pacific atoll beach species. *Ecology* 50:730-734.

Li, H. L. and Lo, H. C. (1993) Combretaceae. In: Editorial Committee of the Flora of Taiwan. *Flora of Taiwan*. 2nd ed, Vol. 3, Taipei, Taiwan: Department of Botany, National Taiwan University. pp. 933-935.

Li, H. L. and Yang, T. Y. A. (1993) Sapotaceae. In: Editorial Committee of the Flora of Taiwan. *Flora of Taiwan*. 2nd ed, Vol. 4, Taipei, Taiwan: Department of Botany, National Taiwan University. pp. 83-87.

Roberts, E. H. (1973) Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technology* 1:499-514.

Tompsett, P. B. (1987) A review of literature on storage of dipterocarp seeds. *Forest Seed Problems in Africa*. Dept. Forest Genetics, Swedish Univ. Agri. Sci., Umea, Sweden. pp. 348-365.

Tompsett, P. B. (1989) Predicting the storage life of orthodox tropical forest tree seeds. *Tropical tree seed research*. ACIAR proceeding No. 28. ACIAR, Canberra, Australia. pp. 93-98.

四湖海岸防風林下具天然更新潛力樹種之研究

鄧書麟^{1,5}、許原瑞²、王志斌³、吳欣瑾⁴、徐浚騰⁴、陳宥銓⁴、劉紋雯⁴

【摘要】台灣海岸防風林主要以木麻黃純林方式經營，雖造林容易速成，但由於長期面對風災、鹽霧、乾旱及病蟲危害等惡劣環境壓力，木麻黃呈現衰老、死亡，加上不易更新，恐難達成永續經營之目標。本研究透過已建立的四湖海岸混合林更新現況調查，分析結果顯示，四湖海岸防風林上層木株數平均 $2,274 \pm 495$ 株/ha，其中木麻黃僅餘 297 ± 201 株/ha，木麻黃族群結構呈老齡林狀態的常態分布（鈴形）曲線，且林下又缺乏更新苗出現，顯見此族群呈現衰退並形成孔隙。此外，林分中以潺槁樹、台灣海棗、構樹、欖仁及蘭嶼羅漢松等具有較佳的更新能力。至於林帶高度組成以木麻黃樹高最高，平均約 18 m，最高可達 25 m，其他樹種高度均不及木麻黃，平均樹高超過 10 m 以上者有肯氏南洋杉、大葉山欖等 14 種。

【關鍵詞】海岸防風林、孔隙、天然更新、族群結構

¹ 行政院林業委員會林業試驗所中埔研究中心助理研究員。

² 行政院林業委員會林業試驗所中埔研究中心主任

³ 中埔研究中心四湖工作站站長。

² 中埔研究中心研發助理

² 中埔研究中心通訊作者

I、前言

台灣四面環海，又位居季風帶上，夏秋之際復有颱風肆虐，因此海岸防風林對沿岸地區之飛砂安定、作物生產及生活環境保護等，均扮演極關鍵性角色。據前清志書所載，早於光緒初年即有相關防砂造林之記述，惟正式進行總體規劃造林與研究調查，則始於日據時代。然在造林之初，因在樹種選定上欠缺經驗，故雖曾嘗試相思樹、松類...與黃槿等多達數十種造林樹種進行栽植，但效果不彰。直至日人自 1897 年引入木麻黃試植後，因其對飛砂具有強固之能力，且兼具耐旱、耐鹽及耐貧瘠等多項特性，遂一躍成為台灣與各離島地區海岸造林的先驅樹種，在廣達一萬餘公頃的海岸林帶裡，木麻黃成就了今日綠色長城的奇蹟(昇益川，1924；陳財輝等，1990)。

由於木麻黃類植物與固氮菌種間具有共生能力，因此即便在土壤貧瘠之處，亦能呈現高度抗旱與耐鹽性質。然木麻黃林分一直多採純林方式經營，雖造林容易速成，但由於長期面對風災、鹽霧、乾旱及病蟲危害等惡劣環境的侵蝕，林分隨著木麻黃的衰老、死亡，漸次在林地內形成枯立木或因風災造成風倒或幹折等現象，終致於林內產生諸多大小不一之孔隙，並連年擴大形成風洞，進而降低整體環境保安的機能(林渭訪等，1953；盛志澄、康瀚，1961；鄧書麟等，2005、2007；許博行，2006；高貴珍，2006)。且依長期觀測與相關研究顯示，木麻黃林分在本島地區甚難自我天然更新，故依現有林分方式經營，恐難達永續經營之目標。

海岸防風林之建造，實藉由人為力量，在極短時間內改變自然環境，並創造一全新的生態系模式(劉一新等，1992)。然長久以來，濱海地區雖不乏多次新植造林經驗，但在西海岸地區的防風林帶，卻始終欠缺以天然更新方式達成永續經營之實例，究其因素應與種實雨來源、種子庫、林地枯落物覆蓋與累積情況、雜草競爭以及水分供應等有關（林睿思等，2009）。鑒於台灣西海岸造林環境惡劣，而木麻黃純林之缺點又如前述，因此本中心（林業試驗所中埔研究中心）自 81 年起即陸續於木麻黃林內孔隙進行間植作業，或配合各項試驗工作於林內實施多樹種孔隙或帶狀更新作業。其理念係透過複層林營造方式可以避免因為大孔隙下造林對林帶防風機能所帶來的破壞，同時配合選拔適生的耐陰性海岸樹種進行林下更新作業，以達事半功倍之效。因此，四湖木麻黃防風林帶在近 20 年的經營下，已逐漸形成多樹種混合之複層林相，同時林下亦隨著更新苗木的持續發生而產生變

化，而這些改變亦隱含探討西海岸防風林天然更新的重要訊息；惟各試區零散混雜不易整合，為能通盤了解四湖海岸林的基礎資料與執行成效，故針對四湖海岸防風林內早期及近年各項試驗地現況予以全面調查，同時評估不同樹種栽植後的適應性及更新能力之潛力，以為海岸造林樹種選定推廣時可靠之依據，並供未來海岸林經營策略之釐訂。

II、材料與方法

（I）四湖海岸防風林緣起

台灣海岸林之相關研究，肇始於民國 28 年（即日據時期昭和 14 年；1939）由台灣總督府於台南州北港所設置的耕地防風林試驗站，其任務偏重於耕地防風林建造技術之研究。光復後雖曾短暫由台南縣農改場接管，惟旋於民國 42 年改隸於林業試驗所管轄，後因限於該試驗地面積過於狹隘，遂於民國 82 年遷建至雲林縣四湖鄉，新設立四湖工作站，並專責海岸防風林相關研究與推廣工作。

（II）樣區環境概述

本研究樣區設於四湖工作站內之海岸木麻黃試驗林帶，該林地緊鄰林厝寮海岸，年雨量平均為 2,043 mm，雨量集中於夏季，每年乾季為 10-12 月，此時平均降雨量低於 50 mm。平均風速以 2 月份時 4.9 m/sec 最高，風向除 6-8 月吹南風外，其餘各月主要風向皆為北北東。年均溫約 23.5℃，以 1 月平均氣溫最低，惟仍可達 17.5℃。土壤為沙質土，pH 值約 7-8，海拔高度約 0-3 m。現存木麻黃林帶係因民國 75 年（1986）韋恩颱風災害後由雲林縣政府於民國 76 年（1987）所重建，林帶寬度介於 200-300 m (陳財輝，1999)。

（III）資料統計與分析

本研究於試驗林地內逢機取 13 個樣區，每樣區標準面積為 0.05 ha (20 m×25 m)，每樣區由 10 個小區（每小區 5 m×10 m）組成，合計共 130 個小區（圖 1）。樣區內進行每木調查，上層木區分為成木（DBH>5 cm）及幼樹（DBH<5 cm，樹高>130 cm）2 級，量測項目包括樹高、胸徑（DBH）、枝下高及冠幅等，同時紀錄林木生長狀況、更新苗數量及地被狀況，所得結果據以分析評估林分結構與

組成、上層木與更新苗之間的關聯性，並藉以推介適生樹種於西海岸造林之用。

依據所調查的喬木胸徑經分級後，分別描繪出不同更新族群之胸徑分布圖，藉以預估該族群過去與未來之消長情形，同時探討其天然更新情況，以供未來選種之參考(葉慶龍、范貴珠，1998；劉棠瑞、蘇鴻傑，2005)



圖 1 本研究樣區位置圖

III、結果與討論

(I) 防風林之組成與更新狀態

全區調查結果，成木 (DBH > 5 cm) 平均約 $1,530 \pm 477$ (株/ha)，幼樹 (DBH < 5 cm，樹高 > 130 cm) 約 744 ± 292 (株/ha)，因此推估本海岸林內上層木密度可達 $2,274 \pm 495$ (株/ha)。另依調查結果，林下更新苗數量平均更高達 $6,530 \pm 5291$ (株/ha)，依此數量相較於幼樹株數 (744 ± 292 株/ha) 則高出 8.7 倍，顯見四湖海岸林下種子庫種子的萌發並無困難，但如何由幼苗長成上木卻需面臨彼此間嚴重的生存競爭與適應性選汰問題。

就上層木 (成木與幼樹組成) 各樹種於小區內出現頻率分析結果，出現頻率較高的前 10 種樹種依次為木麻黃 (52.3%)，欖仁 (26.2%)，潺槁樹 (22.3%)，黃槿 (19.2%)，海欖果 (18.5%)，構樹 (16.9%)，白千層 (12.3%)，繖楊 (10.8%)，銀葉樹 (10.0%) 與水黃皮 (9.2%) 等，合計樣區內上層木出現樹種有 49 種。至

於林下更新苗在各小區內出現頻率的比較結果，出現頻率較高的樹種（前 10 種）依次為潺槁樹（57.7%），台灣海棗（40.0%），構樹（30.8%），欖仁（30.0%），蘭嶼羅漢松（27.7）海欖果（25.4%），春不老（21.5%），銀合歡（14.6%），繖楊（13.1%）及台灣欖樹（12.3%）等，計 49 種。

總和上層木與更新苗全部出現的樹種種類計 59 種，其中可透過上層木經天然下種後長成幼苗者計 34 種，但以潺槁樹、欖仁、構樹、海欖果、繖楊、蘭嶼羅漢松、銀葉樹、台灣海棗、銀合歡及茄苳等樹種之更新苗數量較多，且其上木生長情況較良好。此外，雖有上層木，但卻無更新苗發生者，計有木麻黃、小葉南洋杉、刺桐、黃連木、金龜樹、火焰木及印度橡膠樹...等 15 種，而現存上木株數較多的樹種為木麻黃與小葉南洋杉兩種，其中木麻黃已明顯呈現衰退現象；至於小葉南洋杉雖生長良好，可惜同樣面臨缺乏更新苗之困境，至於其他樹種不但上木出現數量不多，林下亦無更新苗出現。

林帶組成高度以木麻黃樹高最高平均約 18 m，最高可達 25 m 左右，為構成第一線防風林帶高度的最重要樹種，除此之外其他樹種高度均不及木麻黃，平均樹高超過 10 m 以上者目前有肯氏南洋杉（10 m），台灣欖樹（10 m），黃欖（10 m），欖仁（10 m），小葉南洋杉（11 m），苦楝（11 m），海欖果（11 m），白千層（12 m），印度紫檀（12 m），肯氏蒲桃（12 m），藍花楹（12 m），榕樹（13 m），大葉合歡（13 m）及大葉山欖（13 m）等，但其中藍花楹、榕樹及大葉合歡等僅有零星幾株，數量不多。

（II）主要樹種之族群結構分析

木麻黃引入台灣後，雖短暫解決海岸造林的困境，但由於其在逆境下壽命不長，復又欠缺天然更新能力，故需不斷重複造林。因此，透過現存木麻黃林分，混植台灣鄉土海岸樹種的間植方式，遂成為現階段木麻黃純林林相改良作業的主要方向(朱木生，1995)。然而複層林營造方式雖可避免因為大孔隙下造林對林帶防風機能所帶來的破壞，但光度卻成為更新過程中極重要的限制因子(陳明義，1995；王相華等，1995；Pritchett and Fisher, 1998)，因此透過選拔適生的耐陰性海岸樹種進行林下更新作業，應可達事半功倍的成效(李新鐸等，1993)。如甘偉航(1987)曾建議在防風林破裂林分孔隙下，以修枝及伐除障礙木的方法，於林下栽植更新；

何坤益等(1996)以大葉山欖(*Palaquium formosanum*)、苦楝(*Melia azedarach*)、樹青(*Planchonella obovata*)、金龜樹(*Pithecellobium dulce*)、厚殼樹(*Ehretia resinosa*)、瓊崖海棠(*Calophyllum inophyllum*)、刺桐(*Erythrina variegata*)、白千層(*Melaleuca leucadendron*)及欖仁(*Terminalia catappa*)等樹種於木麻黃防風林下空隙地進行混合栽植試驗，發現初期淨生長以苦楝、刺桐生長最好，而以瓊崖海棠及樹青較差；王志斌 (2006) 則探討四湖海岸木麻黃林下光度對水黃皮、海欖果及欖仁苗木生長之影響。然以上相關研究對於混合栽植後新植樹種有否發生天然更新之情事，卻欠缺持續監測研究。

由於胸徑分級圖可視為齡級結構，除可據以推測族群未來的消長演替方向外，同時可視為植物天然更新的指標(劉棠瑞、蘇鴻傑，2005)，總體而言，近十餘年來於四湖進行的混合造林與林下更新作業，已在四湖防風林呈現出具體的成效，部分區域也有間植的造林樹種正逐漸取代木麻黃之趨勢，因此透過胸徑分級圖針對四湖海岸林的混合造林地進行相關天然更新潛力之評估。依調查結果，上層木株數平均 $2,274 \pm 495$ 株/ha，但實際上木麻黃僅餘 297 ± 201 株/ha，其族群結構如圖 2，呈老齡林狀態的常態分布（鈴形）曲線，此與鄧書麟等（2007）探討四湖海岸木麻黃林下海欖果天然更新特性之研究及陳財輝等(1990)，就苗栗海岸地區不同齡級之木麻黃防風林進行生長調查研究所得之結果均非常相似，即其樣區內木麻黃株數均呈下降趨勢及衰退，加上於林下缺乏更新苗出現，因此推估終將被其他樹種所陸續取代。至於林下其他樹種生長與更新狀態，主要以潺槁樹、欖仁、構樹、海欖果、銀葉樹及繖楊表現較佳，其族群結構如圖（3-8），均呈反 J 形曲線，此屬耐陰性樹種之特性，說明其幼苗可在林下生長，由於擁有大量的苗木與子代，並可維持穩定的更新持續力(劉棠瑞、蘇鴻傑，2005)，故為一穩定且持續成長之族群結構，推估將可漸次取代老朽的木麻黃上木，成為海岸林分第二線林帶的主體。

（Ⅲ）、木麻黃人工純林演替之推估

另單就園區內木麻黃純林保留區進行分析顯示，上木以木麻黃為主，但林分內則已形成大小不一之孔隙。樣區內成木之平均株數約 800 ± 39 株/ha，其中木麻黃即佔 580 ± 32 株/ha（約 72.5%），孔隙內出現的先驅樹種以黃槿 120 ± 20 株/ha 及潺槁樹 80 ± 10 株/ha 較佔優勢。幼樹株數約 960 ± 82 株/ha，依次為黃槿、潺槁

樹及銀合歡等。林下出現的更新苗平均約 400 ± 50 株/ha，主要為潺槁樹幼苗，其他零星出現有台灣海棗、銀合歡、欖仁及瓊崖海棠等樹種之幼苗，惟並無木麻黃之更新苗木出現。地被植物在孔隙較大處以鋪地黍為主，猩猩草與大花咸豐草為次，另有零星林投灌叢散生其間。

雖目前四湖海岸防風林內僅存之人工純林面積並不大，但長期未受人為之擾動，推估其林下孔隙演替之開始為草生期，植物主要以禾本科與菊科植物為主，其後進入灌木及先驅樹種期，樹種主要由黃槿、潺槁樹、銀合歡與欖仁等組成，其中潺槁樹出現並暫時形成優勢，推測應由鳥類自鄰近樣區攜來種子傳布所致。

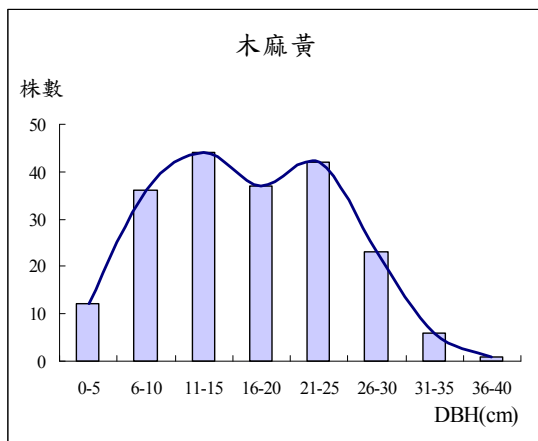


圖 2 木麻黃族群結構圖

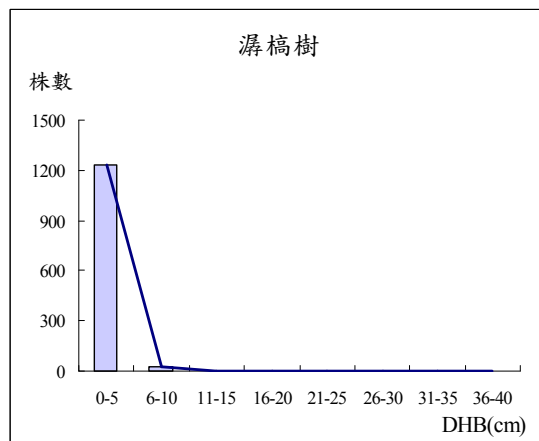


圖 3 潺槁樹族群結構圖

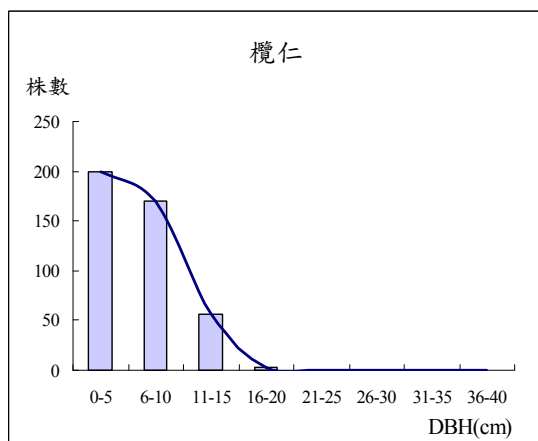


圖 4 欖仁族群結構圖

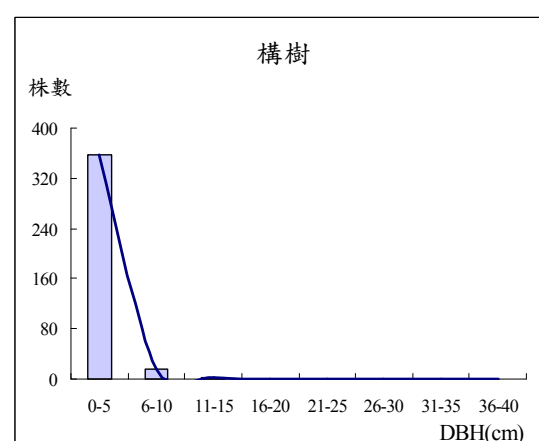


圖 5 構樹族群結構圖

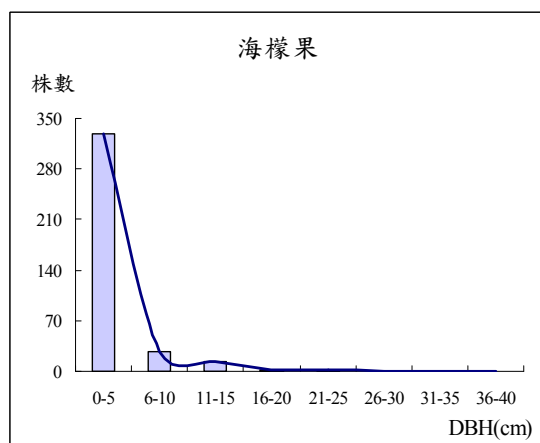


圖 6 海檬果族群結構圖

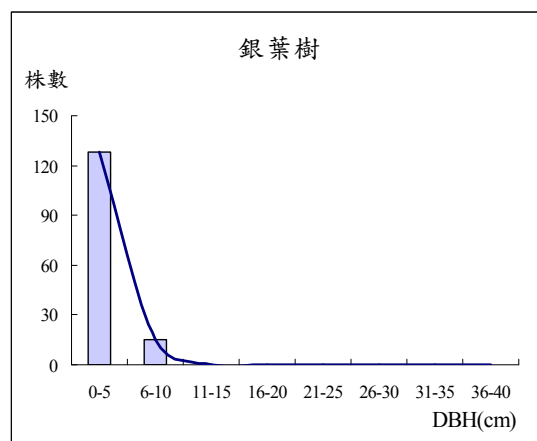


圖 7 銀葉樹族群結構圖

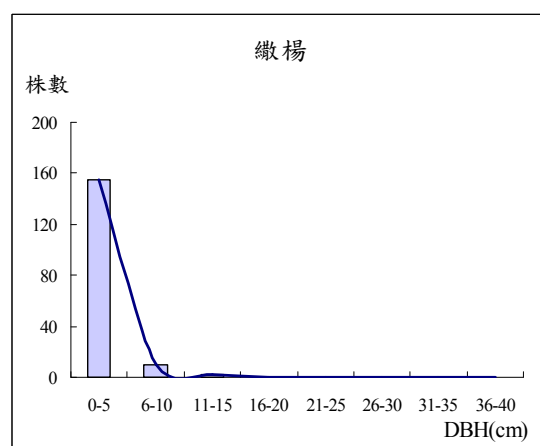


圖 8 繖楊族群結構圖

IV、結論

海岸地區由於受環境逆壓條件之影響，使生育地普遍敏感，常因局部條件即成為限制因子，或引發其他生態上的問題。森林可視為空間上的異質，時間上變動的流動鑲嵌體，故干擾形成的大小孔隙，是連續且必然之現象，亦是族群變動發展中必要之過程。海岸地區由於長年受海風、砂粒與鹽分的侵蝕加上每逢夏季颱風的侵襲以及入冬後強烈東北季風的吹拂，遂為木麻黃林的主要干擾因子，遭受干擾的木麻黃林分出現枯立木、幹折或風倒等受害現象，為最主要的孔隙製造者。因此如就生態的角度來探討海岸林的演替過程時，或可針對木麻黃的生長特性而將木麻黃林帶視為海岸林造林先驅樹種的角色，嗣後透過二階段造林的模式，來營造永續經營的海岸林帶，實深具生態上的意涵。

由於木麻黃在本島地區由於欠缺天然更新之要件，因此任其自然演替，最終恐未符國土保安之需求，況只仰賴木麻黃單一樹種進行造林，雖短期易收成效，但物種歧異度太低，整體林帶的抗害能力不易提昇，如星天牛與黑角舞蛾的危害，即是最佳例證。因此透過混合造林或林下更新等措施，利用木麻黃林下或孔隙處間植適生海岸樹種，如前述潺槁樹、欖仁、構樹、海欖果、銀葉樹及繖楊等，除可有效改善樹種組成，提高物種多樣性外，更可有效改良海岸林之林分結構，達到國土保育的目標。

最後必須說明的是，木麻黃依舊為優良且可靠之海岸造林先驅樹種，有其不可抹滅之貢獻。且就林帶高度而言，木麻黃上木高度維持在 18m 左右，而其他樹種在海岸地區的生長高度卻始終不及，在防風機能的考量上，實遠低於原有木麻黃林帶所提供之效能，因此建議第一線的更新方式仍應以木麻黃的建造為主，至於第二線的防風林建議應採用複層林營造的模式漸次取代現有木麻黃上木，採用多樹種混合栽植的方式，不但增加物種歧異度，並可避免環境變遷及病蟲危害發生時造成大面積損害並確保防風機能之維繫。

V、參考文獻

- 王志斌 (2006) 四湖海岸木麻黃林下光度對水黃皮、海欖果及欖仁苗木生長之影響。國立嘉義大學 森林暨自然資源研究所碩士論文 99 頁。
- 王相華、郭耀綸 (1995) 墾丁高位珊瑚礁原始林下茄苳新生幼苗之族群動態。林業試驗所研究報告季刊 10(4): 383-389。
- 甘偉航、胡大維 (1987) 海岸防風林破壞跡地林下栽植更新試驗。林試所研究報告季刊 2 (1):
- 朱木生 (1995) 台東木麻黃海岸林現況(三)木麻黃天然更新介紹。台灣林業 21(7): 36-41。
- 何坤益、陳怡萱、鄧書麟、莊安靖 (1996) 木麻黃防風林空隙地的更新栽植。林業試驗所簡訊 14: 13-15。
- 林渭訪、薛承健、鄭宗元、王仁禮、章樂民 (1953) 台灣省沿海防風植物生態及適應性之調查報告。台灣省林業試驗所合作報告第2號 第64~65頁。
- 林睿思、陳宜敏、王經文、廖天賜、楊凱愉、陳忠義、許立勳、陳財輝 (2009) 台

- 中港區木麻黃天然更新可行性之研究。林業研究季刊 31(2): 47-60。
- 高貴珍 (2006) 孔隙對苗栗縣海岸木麻黃物種多樣性之影響。國立中興大學森林學系碩士論文。68頁。
- 許博行 (2003) 木麻黃在海岸複層林的角色與天然更新之可行性。林業試驗所中埔研究中心九十二年海岸防風林營造研討會論文集 第 28-30。
- 許博行 (2006) 海岸木麻黃林分易衰老原因之探討。台灣林業 32(2): 40-44。
- 盛志澄、康瀚 (1961) 台灣之防風林。農復會特刊第 32 號。
- 陳明義 (1995) 台灣海岸林生態學之經營。林業試驗所百週年慶學術研討會論文集 第 221-226。
- 陳財輝 (1999) 四湖海岸木麻黃林的養分動態。國立中興大學森林學系博士論文。139 頁。
- 陳財輝、呂錦明、沈慈安 (1990) 苗栗海岸地區不同齡級木麻黃防風林生長調查。林業試驗所研究報告季刊 5(1): 17-24。
- 葉慶龍、范貴珠 (1998) 台東台灣獼猴自然保護區之植群生態研究。中華林學季刊 31(4): 307-324。
- 劉一新 洪富文 沈慈安 林國銓 陳財輝 (1992) 台灣西部重要海岸防風林生長現況之評估。台灣林業 18(2): 25-31。
- 鄧書麟、何坤益、陳財輝、王志斌、高銘發 (2005) 台灣西海岸防風林造林策略與樹種之選介。台灣林業 31(1): 62-67。
- 鄧書麟、沈勇強、何坤益、呂福原、李玟樑、張怡萱 (2008) 四湖海岸木麻黃林下海欖果天然更新特性之研究。中華林學季刊 40(4): 519-534。
- 劉棠瑞、蘇鴻傑 (2005) 森林植物生態學。台灣商務印書館 462 頁。
- 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 925 頁。
- 臧潤國、徐化成 (1998) 林隙(GAP)干擾研究進展。林業科學 34(1): 90-98。
- 昇 益川 (1924) 木麻黃の造林試驗。台灣總督府中央研究所林業部彙報第三號。
- Pritchett, W. L. and R. F. Fisher (1998) Properties and Management of Forest Soils (2nd ed.), John Wiley & Sons, pp. 224-227.

台東卑南溪口南岸保安林環境效益分析

邱祈榮¹ 陳財輝² 林欣德³ 林瑜儒⁴

【摘要】台東市區經常受到季節風向等氣候因素影響，造成卑南溪大量揚塵進入市區，嚴重影響市民生活品質，卑南溪南岸 2519 及 2502 號保安林緊臨卑南溪出海口段，是台東市區減少揚塵危害的第一道重要防線。本研究分析 2519 及 2502 號保安林歷年土地利用之變遷，並結合實地測量保安林內外之微環境風速與落塵數據，探討保安林地的減風與滯塵效益。研究結果顯示，1988 至 2008 年土地利用整體變遷率為 55.75%，且 20 年間均為森林的覆蓋的土地，該面積僅占 2008 年森林面積的 11%。顯示在過去 20 年間，保安林內的森林歷經多次的破壞與重建，使防風林功效受到嚴重影響。在研究過程中，為比較減風理論模型之實用性，依照不同減風環境設計出六條測線，進行風速林前、林中與林後實際風速量測。結果顯示減風理論模型具有實用性，且減風效果較佳之測線，保有較完整鬱蔽的林帶、並在設置上以多段式為主，而高度在 7 公尺上下。另外透過減風理論模型，估算不同年度森林面積的有效減風區域，做為評估減風效益的量化依據。在滯塵效益評估方面，比較林內外的落塵量，顯示保安林攔阻揚塵量多達市區落塵量的 5.86 倍，並可量化每月林內落塵量，進而估算整體森林區域每月的滯塵數量，做為量化評估滯塵效益之依據。總結上述，初步已發展出卑南溪口南岸 2519 及 2502 號保安林減風及滯塵的效益估算方法，可做為日後量化評估保安林功效的參考。透過保安林的實際效益被量測與估算，可以提高設置保安林之說服力，及彰顯設置之效益。【關鍵詞】：防風保安林、土地變遷、風速、滯塵效應

Analysis of the Efficiency of Windbreak Forests Along the South

¹ 國立臺灣大學森林環境暨資源學系助理教授，台北市羅斯福路四段 1 號。 Assistant Professor, School of Forestry and Resource Conservation, National Taiwan University.

² 行政院農業委員會林業試驗所育林組研究員，100 台北市南海路 53 號。 Senior Researcher, Division of Silviculture, Taiwan Forestry Research Institute. 53, Nan-Hai RD., Taipei 100, Taiwan, ROC.

³ 國立臺灣大學森林環境暨資源學系碩士，台北市羅斯福路四段1號。 Master, School of Forestry and Resource Conservation, National Taiwan University.

⁴ 國立台灣大學森林環境暨資源學系研究助理，106 台北市羅斯福路 4 段 1 號。通訊作者。EMAIL: zarodream@gmail.com.

Bank of Beinan River, Taitung

Chyi-Rong Chiou、Shin-Der Lin、Yu-Ru Lin

【Summary】The Taitung city often suffers dust invasions incoming from Beinan River as a result of seasonal wind and weather changes. The windbreak forests numbered 2519 and 2502 located near at the mouth of Beinan River are the most important dust barriers the city. This research concentrates on the land usage changes for windbreak forests 2519 and 2502, combined with the wind velocity and dust fall surrounding the area to discuss the effects of wind reduction and dust collection for these forests. According to research, the rate of land use changes for the forests between the years 2008 and 1988 was 55.75%. However, the area of the forests in 2008 only covers 11% of the area in 1988; not only that, all the destruction and reconstruction during the 20 years have weakened the purpose of the forests. During the research, in order to compare how different models affect the reduction of wind velocity, six different test routes were designed using different wind reduction environments in order to conduct the measurement of wind speed before and after it enter and leaves the forest. Overall, the experiment above shows that the effective models all had more complete and shielded forest structures, were multi-staged, and were approximately 7 meters tall. The data collected through using wind velocity reduction models built to measure the area of effect for decreasing wind velocity in the forests for each year will be evaluated according to quantity. The amount of dust within the forest is approximately 3 to 4 times the amount accumulated in the city—the amount of dust for the entire area can be deducted from the quantitative measurements of the amount of dust collected in the forest per month, which can then be used to calculate the effects of capturing dust. As concluded from above, ways to calculate the wind velocity reduction and dust collection in quantitative measurements from the windbreak forests numbered 2519 and 2502 are already being worked on; the information collected can be used as an example for future windbreak forests. Through actual measurements, observation, and calculation, proposals for establishing more windbreak forests would be increasingly persuasive, and further emphasize the benefits of creating them.

【Keywords】 Windbreak Forest、Landuse Changes、Wind Velocity、Dust Retention Effect

I、緒言

卑南溪河口位於台東市區北方，中間以 2519 及 2502 號保安林相隔，市區內因受季節與盛行風影響，常年飽受沙塵的困擾，加上爲了提供居民綠化及遊憩空間，逐步規劃於保安林地內進行森林公園建置，使原本原生之防風木麻黃林減少，造成風沙防治的隱憂。有鑑於此，本研究首將先就保安林地內歷年土地利用變遷之情形進行量化分析，並同時進行減風與滯塵效益的實測，結果將可說明目前保安林地防治風沙之效果，並做爲日後評估保安林地效益的量化方法。

II、材料與方法

(I)研究地區

研究地區位於台東市卑南溪河口南岸 2519 及 2502 號保安林地內，兩塊保安林地由中華大橋做爲分界，以左爲 2519 號保安林地，以右爲 2502 號保安林地，保安林面積共有 313.96 公頃（圖 1）。2519 及 2502 號保安林範圍廣闊，早期因土地開發，將部分林地面積開放給農民開墾，後因考量整體防洪功能，因而開始循序向農民取回土地。近年來民眾對於公園遊憩用地的需求上升，台東縣政府因而將部分保安林地開發成立「台東森林公園」，以提供遊憩之用途。



圖 1 2519 及 2502 號保安林地範圍

(II)研究方法

由保安林地過去的歷史可發現，林地內之土地經多次的變動，爲了解過去土地利用變遷之趨勢，將進行各年代土地變遷之分析，並給予不同林相對應之權重

關係，計算出實際森林有效面積。再者，研究中更探討目前防風林之環境效能，將以減風效果與滯塵效應作為評估 2519 及 2502 號保安林地之方法。減風效益評估方面，利用 Wang 等人(2001)之減風模型理論為依據，配合不同條件設立測量線與測點進行實地風速測量加以比較，瞭解理論減風模型之適用性，進而配合不同年度森林面積，估算不同年代之有效減風面積。滯塵效應方面，選出有代表性的林分，依其前後與林分內放置落塵筒，估算出實際林內落塵沉積量，並比較台東市內落塵量，量化評估代表性林分化之滯塵效益。

1、土地利用變遷分析

土地利用的變遷分析首先須蒐集 1988、1991、1994、1997、2000、2003、2006、2008 八個年度之影像各期的航照影像，透過地物的判釋，將各期土地利用分別辨釋出來，繪製各年代之土地利用圖。土地利用分類以研究之目的做為分類的標準，共分為 12 類：森林、疏林、新植地、草生地、沙灘地、河灘地、裸露地、農耕地、道路、堤防、建物及水體。在土地利用圖繪製方面，首先依據分類類別給予嚴謹的判釋標準，而後將該分類應用於各時期的地圖繪製上，再將判釋結果，於螢幕上直接繪製成土地利用圖。

此外，並依據土地利用圖針對各年代土地利用類型之面積變化進行變遷分析，以了解各年代土地利用之間的損失、獲得、保留及繼承等變遷情況，研究中將使用變遷交叉分析表來處理，此方法可將前後二年度利用型間相互轉移的面積或比例進行列表，呈現出期間利用型間的轉移狀態。使用到面積變遷（率）表的相關研究可見如：周天穎、簡甫任、雷祖強（2003）在描述分析都會區土地利用變遷發展情形時，亦運用面積轉移量（機率）表呈現各土地利用型（都市及建成地區、植被、水體、裸露地、交通幹道）相互轉移的面積及轉移幅度，分析台中市北屯區整體及各行政區之開發情形。而馮豐隆、黃志成（1997）在對於惠蓀實驗林場的地景狀態進行研究時，亦透過各土地利用型間的轉移量和轉移率，來量化惠蓀林場年度間的轉變情形，來檢視該林場森林經營政策的轉變。

研究中援用 Pontius 等人於 2004 年時所做的分類土地變遷研究中的概念，在

其研究報告中，是將研究區域總面積視為 100 個單位，對各變遷狀態覆蓋面積進行換算，將各變遷面積以「其佔全研究區面積的百分比例」表示：

$$P_{ij} = 100 \times \frac{A_{ij}}{A}, \quad P_{i+} = 100 \times \frac{A_{i+}}{A}, \quad P_{+j} = 100 \times \frac{A_{+j}}{A}$$

將面積以百分比例的方式呈現，較單純以直觀面積量來表示，更有助於研究者從數據上掌握整體地景中各類型變遷的程度多寡、了解其佔整體地景變遷發生的重要性，在變遷指標運算上也較為容易，同時可將其轉換為交叉分析表呈現。藉由變遷交叉分析表可代算出多項變遷指標，如：不變率、變遷率、繼承率、獲得率、保留率、損失率等 6 種（Pontius et al., 2004），各項變遷指標的計算公式如下，計算後結果將能表現出兩年代之間之變遷情況：

$$\text{不變率} = \frac{\sum_{i=1}^k P_{ii}}{\sum_{i=1}^k P_{i+}} = \frac{\sum_{i=1}^k A_{ii}}{A}, \quad \text{變遷率} = 1 - \text{不變率} = G\% = L\%$$

$$\text{繼承率} = \frac{P_{jj}}{P_{+j}} = \frac{A_{jj}}{A_{+j}}, \quad \text{獲得率} = 1 - \text{繼承率} = \frac{G_j}{P_{+j}}$$

$$\text{保留率} = \frac{P_{ii}}{P_{i+}} = \frac{A_{ii}}{A_{i+}}, \quad \text{損失率} = 1 - \text{保留率} = \frac{L_i}{P_{i+}}$$

2、減風效益實測與比較

防風林之目的在於改變局部盛行風的方向與速度，並進而改變局部環境之溫度、濕度與土壤發散與植物蒸散量等氣候條件，因此風速進入防風林的減風變化，就成為了解防風效益的重要指標。

整理中央氣象局自 1996~2009 的台東測站資料，發現 PM₁₀ 濃度值在 75μg/m³ 以上時，風向以東北東（ENE）佔最大比率（約 20%），因此研究中的測線將以東北-西南的走向為主，同時因應不同林相與環境，歸納出六條具有代表性的測線，進行現場的實測，由左至右分別為：測線一：農田道路區、測線二：水域農田區、測線三：密林區、測線四：疏林區、測線五：道路公園區、測線六：水域密林區（圖 2）。研究中並採用 YK-2005AM 記錄式風速計，測量高度為 1.3 公尺，各測線施測的起始風速需要達到 3m/s 為準。且起始點風速需在 3m/s 以上，郭崇義與鄭

文伯（2007）曾在中部地區揚塵對於空氣品質影響的評估報告中提到，啟動河床之沙粒風速可以 3m/s 做為防風定沙的參考值，也因此在本研究中的實測中，並維持記錄 10~15 分鐘之風速值。

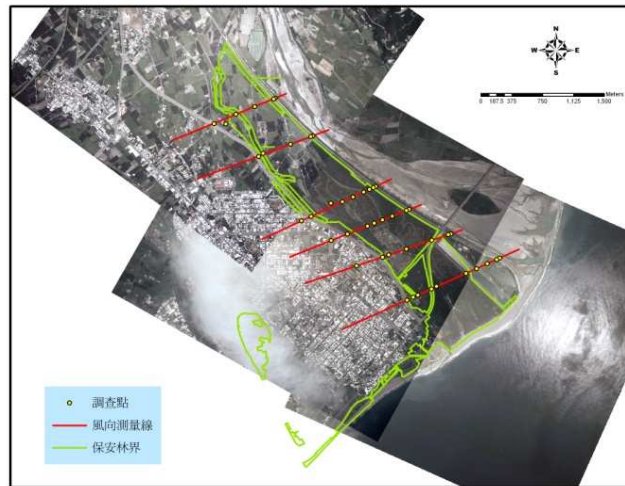


圖 2 減風效益風速測量線與測點

研究中更將實測之風速資料與過去 Wang 等人（2001）所提出林帶寬度與減風之理論做比較(圖 3)，來比較不同林分狀態的理論與實測減風效果。若其比較結果在可接受範圍之內時，將利用減風理論模式估算出歷年有效減風面積，以探討減風效果與實際森林有效面積之關係。圖中結果發現 3-5 倍樹高寬度之林帶，能減少近 65% 的風速，在風下 15 倍樹高距離之處約減低風速至開闊地風速之 77-80%。其模擬之結果也與先前之學者獲得近似之結果。

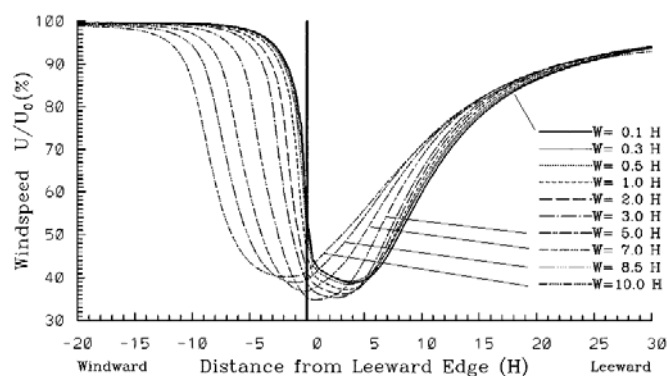


圖 3 不同寬度林帶附近之相對風速變化情形 (Wang 等人, 2001)

3、 滯塵效應分析

落塵量之測定以中華民國國家標準 CNS 3916 號「大氣中落塵量測定法」為準則，此標準適用於測定自然落下或被雨水沖下之大氣中固體塵粒量，其測定結果可作為大氣污染之相對性指標。落塵收集筒於 2009 年 11 月 24 日設置，總共 5 個，並以測線六為基準沿線設置，原因在於沿線林相較完整，同時腹地廣闊，可以將河堤對林前緣的影響降至最低；落塵筒設置由河口往市區依序為林前 2、林前緣、林內、林後緣、林後。2010 年 1 月 25 日落塵筒位置稍作調整，林後緣移往河堤上，成為林前 1，取消林後緣的設置，相關位置如圖 4。



圖 4 落塵筒設置相關位置圖。

III、結果討論

(I) 土地利用變遷分析

1、 歷年土地利用演變

土地利用經判釋後將進行數繪的工作（圖 5），之後將匯出統計成各年代土地利用面積（表 1），數據顯示，自 1988 年到 2008 年面積增長的有水體、堤防、建物、道路、草地，以上五種，面積下降的有農耕地，期間內上下震盪的則包含森林、疏林、新植地與裸露地。

表 1 2519 及 2502 號保安林地土地利用面積（公頃）

年代	水體	河灘地	建物	草地	疏林	堤防	森林	新植地	農耕地	道路	裸露地
1988	91.49	292.15	0.29	0.00	25.98	17.19	129.99	30.15	110.17	17.30	3.03
1991	42.49	312.51	0.79	0.00	45.75	17.02	152.38	7.91	112.80	18.51	3.15
1994	54.98	242.96	1.60	1.24	82.59	20.36	112.07	2.88	112.15	14.73	3.82
1997	66.87	219.08	2.62	2.72	55.59	23.52	100.46	34.66	110.68	21.76	2.26
2000	76.98	214.68	4.08	7.70	49.22	26.88	106.14	15.15	101.60	47.90	2.88
2003	100.64	178.52	4.68	13.62	32.51	34.26	134.00	22.78	97.12	51.12	4.16
2006	102.09	230.31	5.46	19.89	23.64	33.78	147.97	7.09	103.34	51.18	2.12
2008	105.58	208.05	5.16	12.90	19.60	32.74	147.17	19.78	100.48	54.58	0.90

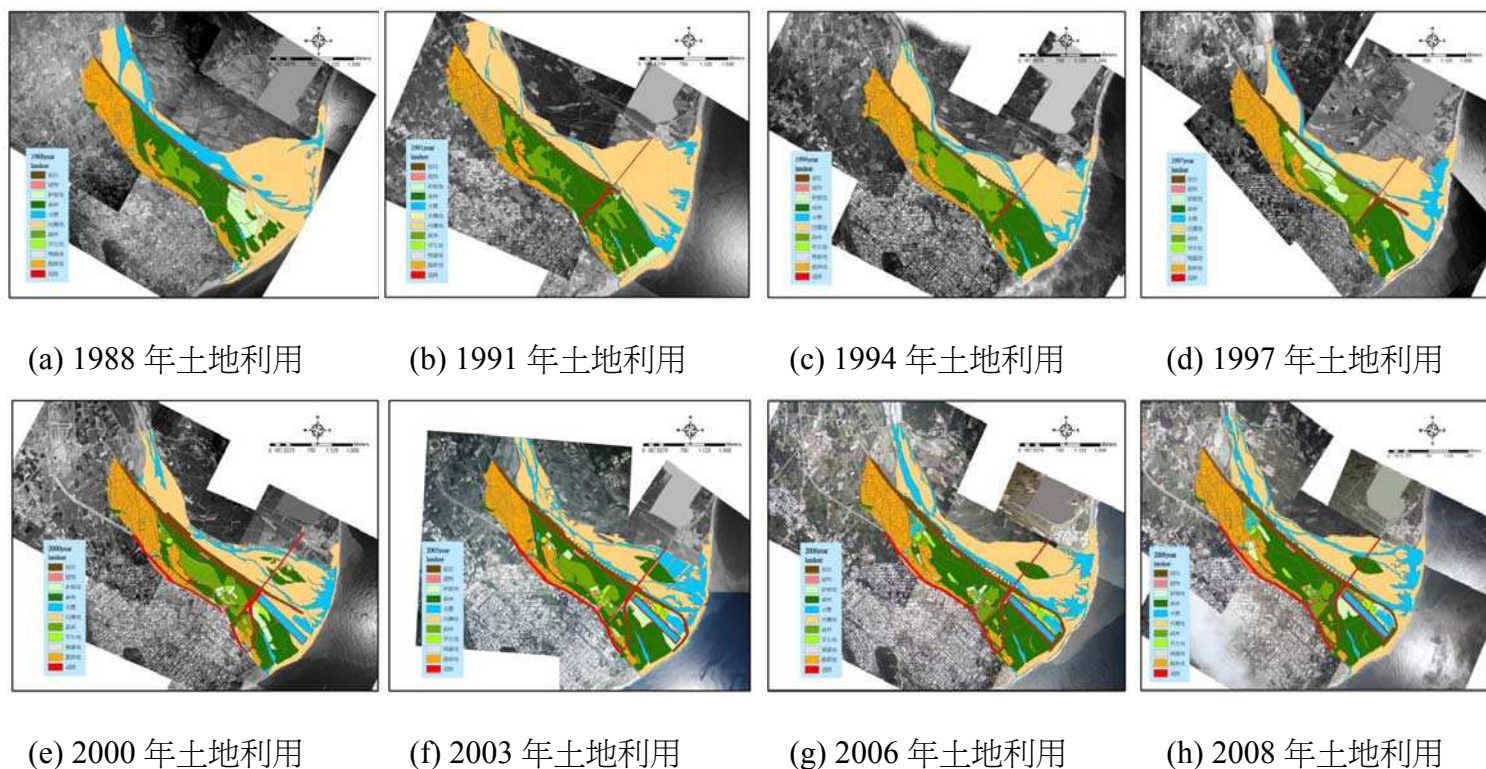


圖 5 不同時期土地利用圖

由歷年的演變可看出 1988 年之森林與疏林面積相當完整，在河口處有明顯的新植地栽植痕跡。1991 年中華大橋開始出現，將保安林地一分為二，東西兩邊分別為研究探討的 2519 與 2502 保安林地，此外，河口的新植地在這年長成疏林。緊接著在 1994 與 1997 三年內，2519 內之林地發生大規模的變化，森林面積減少，取而代之的是大面積的疏林與新植地。2000 年的土地利用更能預見今日台東森林公園的樣貌，右上角的活水湖邊界已經十分明顯，中華大橋拓寬道路，馬亨亨大道路形清晰可見，且森林公園內也開始進行建設與規劃，也從該年開始，建物、道路、水體、裸露地、堤防與裸露地均有明顯上升的趨勢，換句話說，2000 年將是土地利用變遷相當重要的一個時期。2003 年開始，河灘地與沙灘地整體面積減少，堤防與道路面積持續增加，農耕地下降到歷年最低點，然而森林的面積卻逐漸的在恢復當中。到了 2006 與 2008 年已可見到今日保安林地的樣貌，地景的變化也趨於和緩，森林與疏林的面積雖然慢慢回覆到 1988 年的樣貌，但數量、鬱蔽度與樹種已經有相當大的改變，再加上道路切割了原本完整的森林面積，在土地破碎化嚴重的情況下，勢必對減風的效果有相當大的影響。

2、 土地利用變遷分析

由前面的討論得知，保安林地 在 2000 年的土地變化上最為劇烈，因此，研究中將以 2000 年做為分界，進行 1988~2000 年、2000~2008 年及 1988~2008 年之土地利用變遷趨勢之比較。

從 1988 到 2000 年的變遷分析中可發現，除了河灘地、森林與農耕地外，其它人工建物或疏林整地後，新植地與疏林面積大增，因此證明從 1988-2000 是地景變動相當大的一個時期，計算後其整體變遷率高達 51.46%。2000 到 2008 年的變遷分析中與前一個時期相比，人為開發的程度趨緩，疏林與新植地面積減少，森林面積相對增加，裸露地大幅減少，建物與道路的成長的幅度也減少。整體來說，2000-2008 年間仍有大幅度變遷的情勢，但相較 1988-2000 年的情況已有漸緩的趨勢。但將尺度放大至 1988-2008 全年間，則可發現整個 2519 及 2502 保安林地之土地利用有高達 55.75%的變遷率(表 2)，換句話說，在 20 年間超過一半以上的地景變遷在該保安林發生。更進一步統計出，自 1988-2008 年間均為森林的面積為 20.10 公頃，但該面積僅占 2008 年森林面積的 11%，因此可證明保安林內之林地變動劇烈。

表 2 2519 及 2502 保安林地變遷表

地景整體		不變率				變遷率		
		44.25%				55.75%		
1988/2008	起始面積	保留率	損失率	損失面積	終期面積	繼承率	獲得率	獲得面積
水體	91.49	20.53%	79.47%	72.70	105.58	17.79%	82.21%	86.80
河灘地	292.12	44.14%	55.86%	163.19	208.04	61.97%	38.03%	79.11
建物	0.28	17.00%	83.00%	0.24	5.16	0.95%	99.05%	5.11
草生地	0.00	0.00%	0.00%	0.00	12.89	0.00%	100.00%	12.89
疏林	25.98	1.01%	98.99%	25.71	19.59	1.34%	98.66%	19.33
堤防	17.19	35.84%	64.16%	11.03	32.72	18.83%	81.17%	26.50
森林	125.47	55.71%	44.29%	55.57	147.17	47.49%	52.51%	77.27
新植地	30.15	23.15%	76.85%	23.17	19.77	35.29%	64.71%	12.79
農耕地	110.15	75.77%	24.23%	26.69	100.48	83.06%	16.94%	17.01
道路	14.64	13.33%	86.67%	12.69	54.56	3.58%	96.42%	52.61
裸露地	3.03	0.00%	100.00%	3.03	0.89	0.00%	100.00%	0.89
(空白)	102.46	42.23%	57.77%	59.18	106.10	40.78%	59.22%	62.83

(II)減風效應評估

台東市區長期飽受東北季風帶來的風沙所苦，為實際了解保安林地對於風沙之效益，因而將針對保安林地內之風速進行實際調查。首先，研究中利用模擬減風理論推估出實際有效的理論減風面積，將結果應用於歷年的土地利用中，推估歷年理論有效面積值。研究將於東北季風盛行之 11 月 24 號~11 月 26 號進行現場風速之實測，並將實測結果與理論模擬風速進行比較，歸納出較佳林帶設計。

1、減風效應理論

研究以 Wang 等人（2001）的風速與林高寬之變化表為基礎，該理論強調太寬的林帶會讓風在離開林帶前就開始恢復速度，太窄的林帶有較長的保護區，中等寬度的林帶減低的風速最多，並透過曲線圖表示不同寬度林帶相對應之風速變化情形。研究將結合理論與實測數據進行比較分析，提出較佳的防風林設計條件，

並同時應用在推估歷年防風林實際減風面積之中。

2、理論與實測減風效應比較

測線一（圖 6），當風越過堤防地表上並無任何阻擋，但因為堤防為不透風之建築，因此當盛行風撞上堤防，空氣被擠壓，風的走勢將會往上，依據 Oke (1987) 的理論，當風越過障礙物，將會在後方產生風速的空洞區（10~15 倍樹高），也就是前兩個實測點位的位置，並接著在進入尾流區時，風速慢慢回升直到下一個障礙物前，風受到障礙物的擠壓而產生加速的現象，也就是圖中點位 1-4 的情況。測線二（圖 7）則位於平坦空曠的農地，與理論差距甚小，因此算是較符合理論情況的測線。

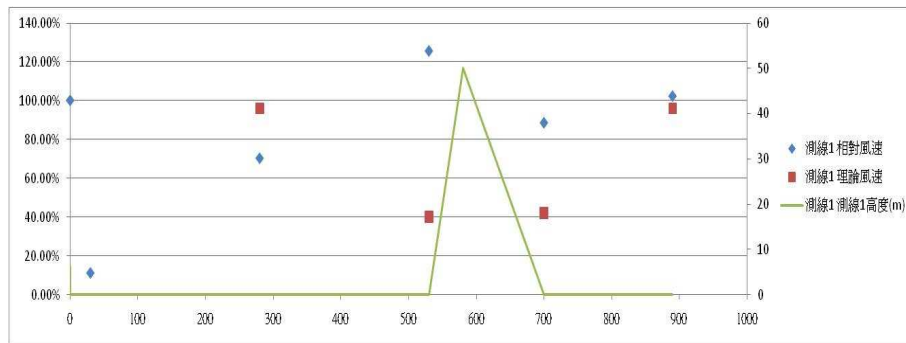


圖 6 測線一理論與實測風速比較

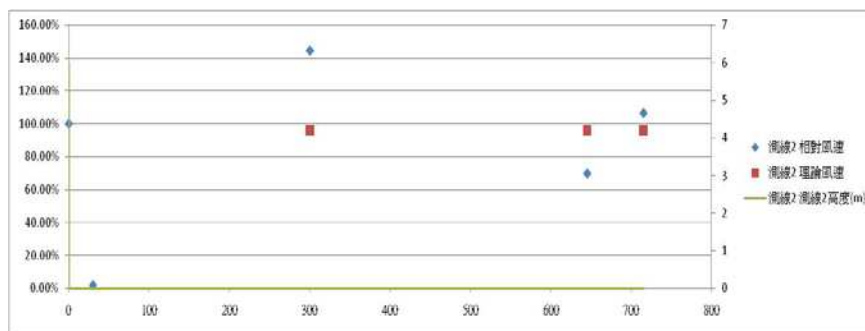


圖 7 測線二理論與實測風速比較

測線三（圖 8）為風通過茂密林區的測線，由比較可得知在保安林內風速下降會比理論來的低，且在離開林後之風速，也能得到較理論值為佳的防風效果。江永哲與吳約西（1986）的實驗中，期兩者認為分段式霖代將能使峰通過時產生多次的突縮斷面，進而提高林帶耗損風能之功效，此結果也應證於側線三中。

與測線三作比較，測線四（圖 9）的理論值平均較實測值低，可能的情况為測線四之林帶穿透度較測線三為高，因此阻風效果較差。兩條測線的差異在於測線三之林相較為鬱蔽，測線四則較為稀疏，因而測線三較測線四在林內之減風效果為佳，這同時也印證 Caborn F. (1957) 所提到，較緻密的林帶在風下處容易產生亂流，因此林帶後會有明顯無風的狀況。此外，最後一個點位之實測結果數據與理論質差異較大，經反覆驗證因為實驗誤差導致，將給予移除。

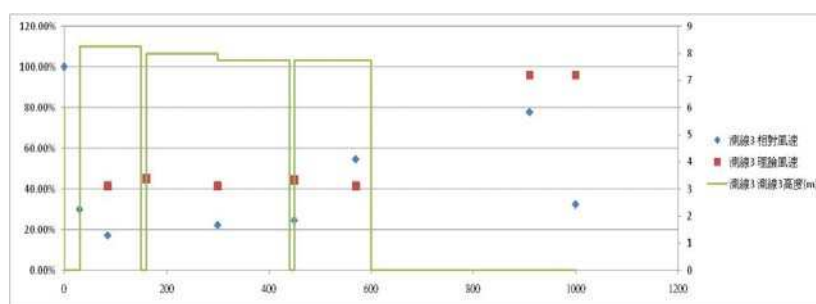


圖 8 測線三理論與實測風速比較

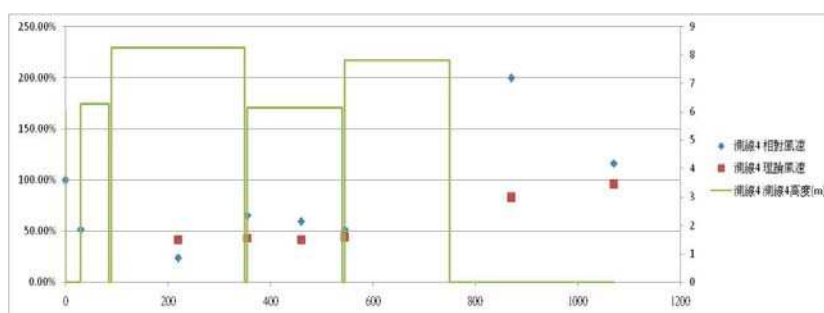


圖 9 測線四理論與實測風速比較

測線五（圖 10）橫跨中華大橋兩側，在橋後方之實測風速均低於理論值相當多，在實際勘查的結果，初步推測可能為中華大橋走向與盛行風向交叉之結果，將風引導到另一邊，在加上中華大橋為實體建物，且高度甚高，因此在背風處可明顯的感受到風速銳減的趨勢。

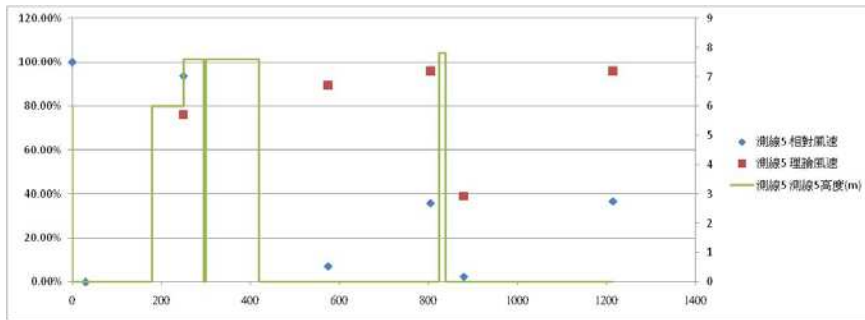


圖 10 測線五理論與實測風速比較

測線六（圖 11）之風速在越過山丘後，其實測風速較理論為低，原因在於山丘後之活水湖區域，其四周均由森林與中華大橋所包圍，產生一個讓風停留的環境。位於林帶後方之點位，因為該地為農耕地與竹林之使用，因此在高度 1.3 公尺的條件下，受到地面物的影響甚大，因此造成上述的結果。但整體上實際值均較理論值來的低。

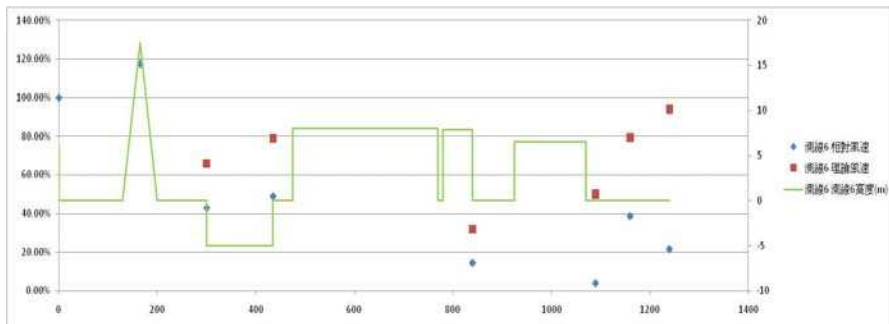


圖 11 測線六理論與實測風速比較

整體來看，經由理論的推估與實際的施測，發現在前面討論中所提到防風效果較佳的測線 3、5、6，其理論值幾乎都高於實測值，而防風效果較差的測線 1、2、4 則在比較後實測值高於理論值。此結果說明，卑南溪河口防風林其減風效果取決於其林相完整與否，若林相完整，其理論風速高於實測風速，故減風效果會被低估；若林相不佳時，其理論風速低於實測風速，故減風效果會被高估。故未來應用此理論減風效益時，仍應注意其林相狀況，必要時可予以適度調整。

3、歷年有效減風面積

透過判讀歷年的航照圖，可獲得不同年代的土地利用型態，研究中將森林、疏林、新植地與草生地四類選出，並以 2009 年現地調查林高結果做為 Wang 等人（2001）之理論防風曲線設定基準，推估歷年有效減風面積。統計後，透過航照圖所判釋之森林面積平均高度為 8m、疏林為 6m、新植地為 4m、草生地為 2m。此外，依據實測結果，2519 及 2502 號保安林地內林相，其林帶寬度幾乎為林高之 10 倍或以上，因此假設中將以 10 倍樹高之海岸林寬為準，做為推論歷年有效減風面積之標準，計算後得到相對風速低於 50% 為 3 倍樹高、50~70% 為 9.5 倍樹高、70~90% 為 21 倍樹高。

此外，依現場觀測樹高數據，卑南溪南岸保安林區在 Wang 等人（2001）的理論下，主要以 10 倍樹高之海岸林寬為主，研究中更將理論風速值由 50% 與 70% 分隔開來，分隔成三個級距，此外，為了更精確表達實際減風的面積，因此分別給予不同之風速級距合適的比率，如相對風速 50% 以下為實際減風效果在 0~50% 之間，取中間值為 25%，因此其實際有效之面積=相對風速 50% 以下之面積 $\times 0.75$ ，此法將應用於計算歷年實際有效減風面積上。將上述結果應用於各年代之四種土地利用，模擬減風範圍並計算出各年有效減風面積（表 3），並繪製成圖（圖 12）。

表 3 保安林地實際有效減風面積（公頃）

	年代	1988	1991	1994	1997	2000	2003	2006	2008
相對 風速	50%以下	167.04	175.83	167.04	158.24	152.08	169.64	176.48	177.35
	50~70%	21.68	24.11	10.35	11.76	22.31	23.38	24.89	15.23
	70%以上	12.27	12.25	16.92	5.59	1.37	4.85	12.91	6.85
	總計	200.99	212.19	194.31	175.60	175.76	197.87	214.28	199.43



圖 12 2008 年實際有效減風區域

依據保安林地有效減風面積的統計得知，2000 年在所有年代中之減風總面積自 1988 年開始下降，此時也是保安林地開發的時期，總面積到 1997 及 2000 年為最低，而後林地開始新植與栽種，因此自 2003 開始有回升的趨勢，並在 2006 年達到最高，而後，雖然在 2008 年因乾燥炎熱導致火災所燒去活水湖左下方約 8 公頃的土地，但整體防風林有效減面積已逐漸回復到以往的防風效能。

(Ⅲ) 滯塵效應結果

2010 年 2 月至 2010 年 6 月份落塵量檢測結果如（表 4），初步檢測結果大致上以林內的落塵量較多，6 月份例外。由表 4 可看出，6 月份 PM10 的平均值較低且風速大於 3m/s 小時數也較少，顯示揚塵發生的情形減輕可能使林內的落塵量大為減少，而 6 月份每個落塵筒收集到的落塵量也比其他月份少。

表 4 落塵量檢測結果（單位：公噸/平方公里/月）

落塵量	月 份				
	201002	201003	201004	201005	201006
位 林前	5.11	18.76	13.33	8.95	3.01
置 林前緣	4.40	10.03	18.96	3.67	0.79
林內	11.67	18.97	25.73	9.34	1.67
林後	10.83	8.84	16.63	4.84	1.20
落塵收集 起	20100126	20100226	20100327	20100430	20100528
日期 迄	20100225	20100326	20100429	20100527	20100623
PM10 平均	29.18	42.94	36.02	28.87	24.80
降雨量	14.40	49.00	50.80	64.80	56.00
風速大於 3m/s 小時數	82	103	146	63	19
東檢站落塵量	2.80	3.63	2.83	0.99	1.25

在探討保安林攔截揚塵的滯塵效益方面，各月份林內落塵筒檢測到的落塵量，與風速大於 3m/s 小時數呈明顯正相關，風速大於 3m/s 小時數越多，林內的落塵量也越多，顯示當風速較高時，保安林發揮減風及滯塵的效益也較大；林內落塵量與台東市區（東檢站）的比較，依照各月份的變化，大約為台東市區的 1.33 倍（6 月）至 9.43 倍（4 月），五個落塵收集週期的落塵量分別為 11.67、18.97、25.73、9.34 與 1.67 公噸/平方公里/月，也就是 2010 年 2 月至 2010 年 6 月五個月間，每一平方公里的保安林能有效攔阻揚塵量達 67.38 公噸，相較於同時期台東市區（東檢站）的落塵檢測量 11.5 公噸，保安林攔阻揚塵量多達市區落塵量的 5.86 倍。

在落塵量數據與落塵實際於地面堆積程度方面，本研究自保安林周邊收集有機質含量較低之泥沙，經過粒徑分析，篩取粒徑與落塵筒收集到的落塵相近的泥沙樣本，先泡水後取 10 立方公分，經過烘乾與秤重，採取與落塵量相同之計算方式，得到 10 立方公分之泥沙相當於落塵量 154.53 公噸/平方公里/月，再經過換算

得到 10 立方公分之泥沙平均散佈於落塵筒內厚度僅有 0.01415 公分的結果（落塵筒直徑為 30 公分），亦即落塵量 154.53 公噸/平方公里/月時，實際堆積於地面的平均厚度僅 0.01415 公分/平方公里/月，若衡量實際落塵量檢測結果，則堆積於地面的落塵厚度就更少。

IV、結論

本研究探討卑南溪南岸 2519 及 2502 號保安林地之防風減風及滯塵效益，由結果得知，保安林地內之土地利用在過去 20 年內歷經大幅度土地利用轉換，且整體變遷率超過五成，此外，透過理論與實測的比對，得出多段式林帶、高度在 7 公尺以上與鬱蔽度這三點成為防風效果較佳的指標，提供未來設置防風林的準則，同時以減風理論為依據，可推論出歷年實際有效之防風面積，得知減風面積自 1988 年開始，歷經減少而後開始回升，近幾年已恢復至原本的有效面積。落塵結果上，各月份林內落塵筒檢測之落塵量，與風速大於 3m/s 小時數呈明顯正相關，且在保安林內設置之落塵筒，其所蒐集之落塵量高出無防風林保護之市區測站 5 倍之多。以上之研究結果將可有效說明卑南溪南岸防風林之減風及滯塵效益，其方法可做為日後保安林研究之參考。

V、引用文獻

中華民國行政院經濟部，環保統計網頁

<http://www.moea.gov.tw/~mecostat/EXPLAIN/ch04/065.htm>

行政院環境保護署網站：<http://www.epa.gov.tw/>

行政院環境保護署空氣品質監測網

<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/zh-tw/YearlyDataDownload.aspx>

江永哲、吳約西(1986)分段式防風林耗損能量(風力)之風洞測驗，中華水土保持學報，17(2)：27-41。

周天穎、簡甫任、雷祖強（2003）都市地區土地利用變遷量化分析之研究，台灣土地研究，6(1)：105-130。

郭崇義、林傳堯、林昭遠、黃隆明、望熙榮（2007）中部地區河川揚塵對空氣品質影響評估計畫期末報告。行政院環境保護署。

馮豐隆、黃志成（1997）惠蓀林場土地利用之地景排列何變遷，中華林學季刊，
30(4)：387-400。

Caborn, J.M. (1957) Shelterbelts and Microclimate. Forestry Commission bulletin No.

29 Edinburgh:HER MAJESTY'S STATIONERY OFFICE

Oke T.R. (1987) Boundary Layer Climates. Routledge

Pontius, Robert G., Emily Shusas, Menzie McEachern (2004) Detecting important
categorical land changes while accounting for persistence, Agriculture, Ecosystems
and Environment, 101 : 251-268.

Wang, Hao, Eugene S. Takle, and Jinmei Shen 2001 Shelterbelts and windbreaks:
mathematical modeling and computer simulation of turbulent flows. Ann.Rev. Fluid
Mech. 33:549-86

宜蘭南澳海岸防風林分狀態變遷之解析

劉永正、林世宗、邱祈榮、陳財輝

【摘要】台灣海岸防風林以往多以木麻黃樹種建造成單純林，在部分地區木麻黃林林相老化而影響防風林的功能。因此為瞭解木麻黃防風林林相及其林分屬性變遷過程，並探討影響因素，以提供海岸保安林永續發展策略參考。本研究以宜蘭縣南澳地區之南澳段海岸防風林為對象，利用不同時期之航照影像資料，經數化與校正後判釋該海岸林面積範圍及其林分屬性，以轉移機率矩陣分析各期間林分屬性類型之轉換變化，並由現存木麻黃之林分結構與空間分布探討木麻黃林完整性與健康性。研究結果顯示該防風林於 1983 年至 2008 年於內側至土堤間已為銀合歡、其他闊葉樹林型及草灌叢取代，防風林內木麻黃天然更新亦受限制，同時受颱風等影響致木麻黃僅殘存於防風林外圍呈與海岸線平行之帶狀分布，木麻黃林分密度稀疏，林木多已受風害，尤其中大徑級林木，顯示木麻黃林分結構嚴重破裂，亟需復育建造以維護海岸保安功能。

【關鍵詞】海岸防風林、木麻黃、林分健康、航照判釋、林相變遷

1. 林務局南投林區管理處奧萬大國家森林遊樂區技士
2. 國立台灣大學森林環境暨資源學系助理教授
3. 農委會林業試驗所研究員
4. 國立宜蘭大學森林暨自然資源學系教授。通訊作者:stlin@niu.edu.tw

I、前言

台灣本島地勢狹長，與相鄰島嶼位處太平洋西側，為典型的海島型氣候，海岸線總長達1,139公里。由於地理位居要衝，不僅夏秋有颱風來襲，春冬更有強勁的季節風（沈勇強等，2007）。如果濱海地區沒有保安林的屏障，局部地區微氣候難以獲得改善，且過度砍伐將使得強風、濃鹽長驅直入，而缺乏林帶遮蔭，陽光直接照射，並且造成生態環境的破壞（陳財輝、黃隆明，2006）。因此海岸防風林對海岸地域之飛砂安定、作物生產及生活環境的保護極為重要。

海岸林生態環境極為複雜，不僅生育地常屬貧瘠，且鹽霧、飛砂、高溫、乾燥、淹水等多項危害因子為海岸林營造上最大之問題（陳財輝，1987）。目前海岸保安林之樹種以木麻黃類（*Casuarina spp.*）為主，木麻黃類原產於澳洲，在南洋及其他熱帶地方分布極廣，由於其生長快速、樹性強健，且具有優良的抗風、耐鹽、耐旱特性，所以在1897年被引入台灣試植（甘偉航、胡大維，1987），速即成為本省海岸防風林之主要樹種。然而木麻黃在純林經營上會有結構不健全、容易衰老及易罹患病蟲害等問題，且受海岸環境、氣候影響及人為利用等干擾，往往造成林地產生許多大小不一的孔隙，進而因風災造成風倒或幹折等現象。

台灣東部海岸因位處颱風侵襲之路徑，而易受颱風的干擾，該地之防風林除木麻黃人工林一般植物均難以適應，要如何保持長久良好狀態以安定飛砂、減緩風害砂塵，保護耕地免於受到飛砂之掩埋而致荒廢，並制止砂丘移動，以保護海岸鄰近地區居民及交通之安全，是為一重要課題。

本研究以宜蘭縣境內編號第 2727 號南澳地區南澳段海岸保安林木麻黃林分為主要調查對象，透過 1983 年至 2008 年間不同時期的航測影像資料，進行繪製歷次航測照片，判釋海岸防風林林相變遷，分析各個時期該林相內土地利用類型之變動，並調查分析區域內現存木麻黃林分與林木性態，評估林相完整性與木麻黃健康性，並探討影響因素作為後續防風林維護與更新措施之參考。

II、材料與方法

（I）研究區域概況

試驗地位於宜蘭縣蘇澳鎮最南方，屬於板岩層岩岸，範圍從南澳溪河口以南、

澳尾山以北，東臨太平洋，西邊緊鄰朝陽海岸社區後接著蘇花公路。根據宜蘭縣南澳鄉武塔村的武塔雨量測站資料顯示，自1979至2007之年平均降雨量為 2,670 mm，月平均降雨量以12至4月的降雨量較低，約在100 mm以下（圖1），9至10月的降雨量較高都在400 mm以上，高量的降雨應是受到東北季風所帶來的雨量的影響，以及颱風所引進的大量降雨（經濟部水利署，2007）。溫度則以蘇澳氣象站的資料表現，在此地區的年平均溫度約為 22.4℃，夏季的7月溫度最高（28.5℃），冬季的1月溫度最低（16.3℃）（經濟部水利署，2007）。

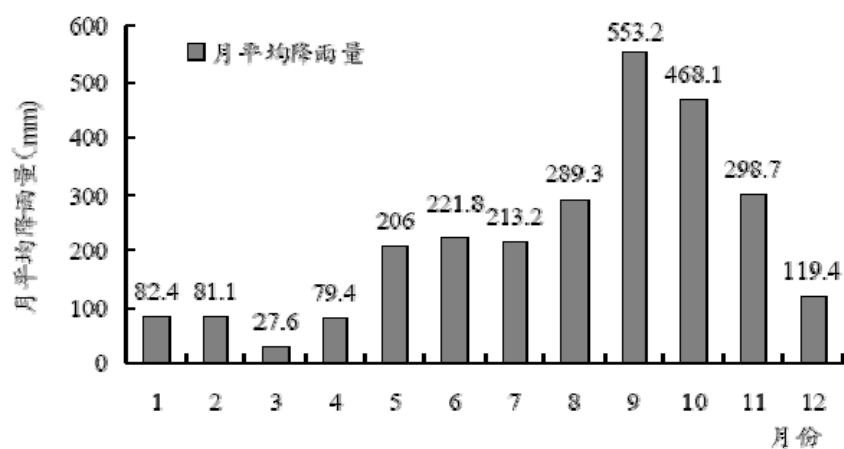


圖1. 1979至2007年武塔雨量測站之月平均降雨量

根據中央氣象局統計，1958至2006年間共有41個颱風由宜蘭、花蓮間登入，颱風挾帶豐富水氣，故侵襲時往往帶來豪雨，而這種豪雨又受制於颱風路徑、地形、強度、水氣含量、移動速度、雲雨分布等不同因素影響，而使各地降雨量產生很大差別。（<http://www.cwb.gov.tw/V6/index.htm>）。

由於大南澳附近有村落、田園分布，因此為防風害、潮害之影響，在1937年11月20（日治時期）首次編入防風保安林建造，於台北州淡水郡八里庄大南澳，面積50.98 ha。於2002年3月至12月保安林檢訂調查後，於2005年2月18日公告為宜蘭縣蘇澳鎮南溪段面積11.15 ha及朝陽段面積7.92 ha，總面積為19.07 ha。本研究範圍即為南澳段之防風林。林相組成是木麻黃、其他闊葉樹、草生地，其中以木麻黃林型占87.9%，面積比例最高，其次為其他闊葉樹林占11.61%。

（Ⅱ）研究方法

1、歷年土地利用航照圖蒐集

林務局農林航空測量所製作之1983、1992、1993、1999、2000、2002、2005、2006及2008年等9個年期之航空照片為基圖，並結合農林航測所出版1/5,000正射影像圖及1/10,000相片基本圖資料，輔助劃定本研究區內之林分類型加以分類，以確定本研究之調查對象。

2、航照圖影像數化及校正

首先以2005年期航照圖已完成檢訂數化之正射影像圖為基準，藉以人工手繪標定控制點，輔以電腦細部影像判釋座標，進行細部微校，於圖面繪製清繪手稿，進行9期影像控制點判釋。另外將各期航照圖展示於電腦螢幕上，使用ArcGIS軟體進行區塊數化；透過目視法進行圖層的顏色、陰影、組織、形狀及位置上的區分，以完成螢幕數化工作。

3、歷年林分類型分類及數化

（1）照片判釋

藉由袖珍立體鏡與指示照片（photo index）以人力方式判釋主要樹種與林型，參考範例將土地利用情形區分為木麻黃密林、木麻黃疏林、木麻黃新植、闊葉樹密林、闊葉樹疏林、草生地、裸露地、建地、道路、沙灘地及農地等11種林分類型。

（2）照片描繪

係根據照片判釋結果，經定位防風林範圍後描繪區劃各類型林相，繪製類型圖、林相圖，並利用ArcGIS軟體處理航照數位影像，完成各類型及林相分佈範圍繪製及面積計算作業。

4、林地空間分析

將9個時期之林分類型圖於ArcGIS軟體中進行圖層套疊分析，以瞭解各類型於9個時期間之分布及變遷情形。

5、林分變遷交叉分析

以變遷交叉分析方法（趙明君，2006）分析防風林各地景類型於不同時期的變化情形。透過以1983、1992、1993、1999、2000、2002、2005、2006及2008年等9個時期，兩兩相對不同時期互相比較之交叉表，呈現出兩時期地

景變化。

假設為 $k \times k$ 的矩陣， n 個樣本或像元數，有 k 種類別，縱向 j 為變遷分析中前期的資料， i 為後期的資料；為變遷前， k 種分類類別樣本或像元數；為變遷後， k 種分類類別的樣本或像元數。

$$\text{不變率} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n} \dots\dots\dots (1)$$

式中的 $\sum_{i=1}^k n_{ii}$ 為兩時期間地景類型未改變的區域面積 n 為總面積

$$\text{變遷率} = 1 - \text{不變率} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{繼承率}_i = \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \dots\dots\dots (3)$$

繼承率為第 i 型地景類型在後期之面積是由前期繼承而來的比例，如公式（3）以第 i 型地景類型在兩時期不變化的區域面積除以該型在後期之總面積。

$$\text{保留率}_j = \frac{n_{jj}}{n_{+j}} \dots\dots\dots (4)$$

保留率為第 j 型地景類型維持不變保留至後期之面積，佔前期該型地景類型之比例，如式（4）以第 j 型地景類型在兩時期間未變化之區域面積除以該型在前期之總面積。

$$\text{轉出率}_j = 1 - \text{保留率}_j \dots\dots\dots (5)$$

轉出率為第 j 型地景類型在兩時期間有變化的面積佔前期該型地景類型面積之比例，如式（5）以1減去該型之保留率而得。

$$\text{轉入率}_i = 1 - \text{繼承率}_i \dots\dots\dots (6)$$

轉入率為第 i 型地景類型在兩時期間有變化的區域面積佔後期該型地景類型面積之比例，如式（6）以1減去該型繼承率而得。

6、木麻黃林木生長調查

本試驗於2008年調查南澳地區海岸防風林之木麻黃林木，全區編號調查樹高1.3 m以上且胸徑1.0 cm以上之林木之胸徑（DBH）、樹高（H）及枝下高，同時記錄立木性狀。立木性狀定義如下：

- (1) 正常木：明顯有主幹且無出現基部分叉或基部群生狀況，樹冠完整。
- (2) 風折木：因風力使其主幹斷折者，樹冠不完整僅殘存枝葉。
- (3) 枯立木：林木已經枯死但依然豎立者。

使用Garmin GPSmap 60CSx衛星定位儀（公尺級）、Trimble Geo XT衛星定位儀（公寸級）等儀器測量林木生長位置，標定區域內各林木之位置，供判釋林木空間分布。

7、林木直徑級分析

將所測之林木胸徑以2 cm為一階級，進行直徑級分析以瞭解林分結構。

III、結果

（I）南澳防風林林分類型之變遷

依南澳防風林1983年航照圖判釋的結果顯示，以木麻黃密林及闊葉樹密林為主要林型，海岸防風林面積為14.63ha，木麻黃密林面積佔7.97 ha(55%)，闊葉樹密林面積佔2.68 ha(18%)，位於防風林內側沿土堤處，沙灘地亦有3.08ha(21%)，位於防風林北側南澳溪口（表1、圖2a）。經10年在1993年木麻黃密林自內側逐漸減少至5.88ha(40%)，闊葉樹密林卻由土堤處漸往外擴增至6.62ha，佔有比例為45%，已較木麻黃林為多，沙灘地則減少，應是在1992年前於溪口處有栽植木麻黃，開設道路、建地與農地亦有些微增加(圖2c)。1993至2002年間木麻黃密林則減至5.72ha(39%)，闊葉樹密林面積變動小，而是木麻黃疏林及闊葉樹疏林有增加。期間木麻黃密林減少，主要出現於1999年前，2002年木麻黃密林略增應是由木麻黃疏林生長所致(表1、表2、圖2c-f)。

2002與2005年的木麻黃林分變動較大，原本木麻黃密林約佔總面積之39%，而至2005年以後則沒有木麻黃密林之林型（表2），僅成疏林狀態之區塊（圖2-g、i），明顯呈現破碎化分布之情況，但闊葉樹密林在這段時間變動小。而於2005與2008年闊葉樹密林由6.70ha(46%)減少至5.54ha(38%)；闊葉樹疏林則漸增加至2.43ha(17%)；草生地亦增加至1.86ha(13%)（表3）。各林分屬性面積之變遷對應各時期所發生之颱風來看，南澳防風林主要林分類型之木麻黃密林，在受颱風侵襲後，其林分面積有減少之現象。

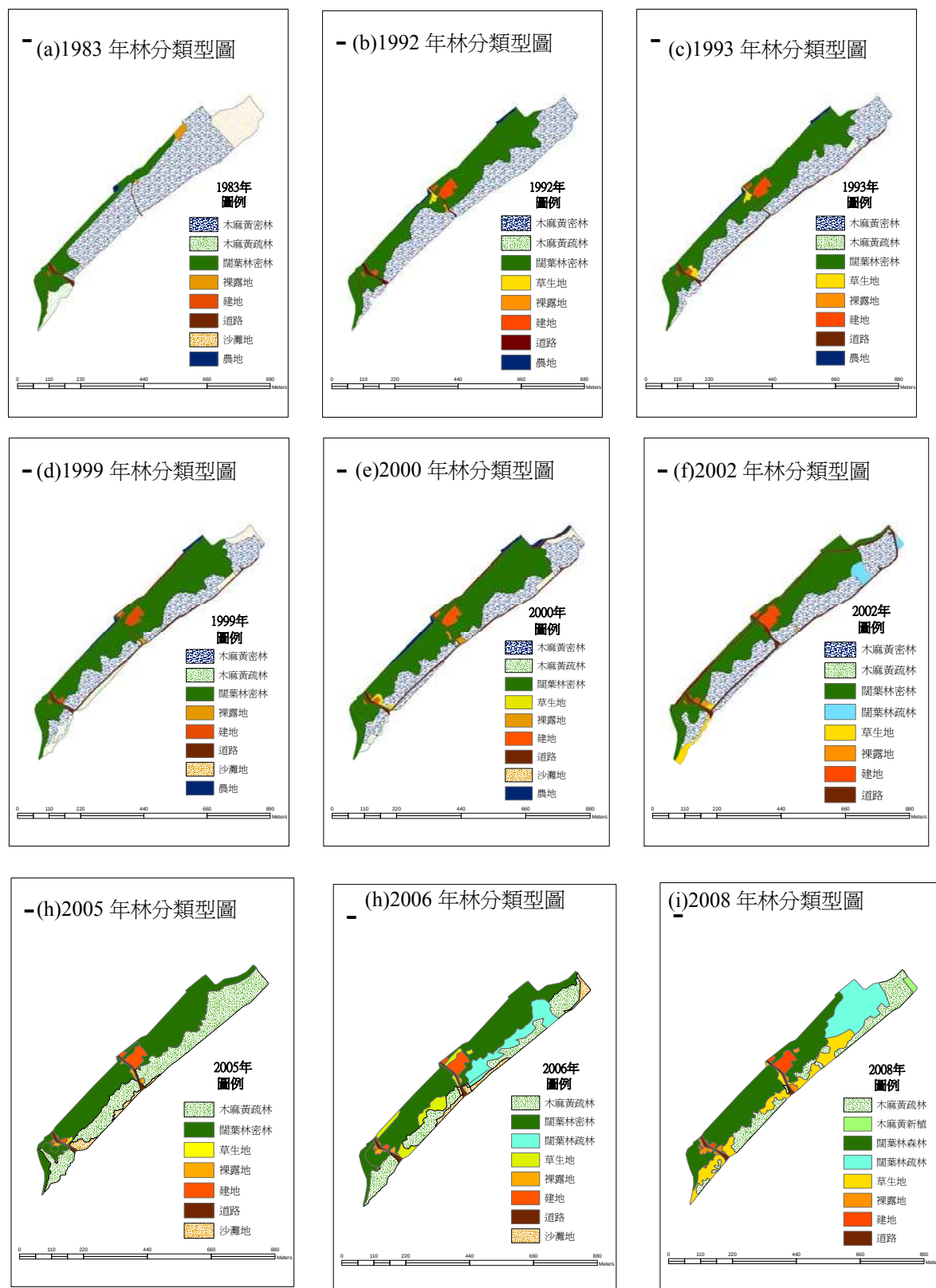


圖 2.1983 至 2008 年南澳防風林 9 個時期之林分類型

表1.南澳海岸防風林1983至2000年林分類型變遷

時間 林分類型	1983年		1992年		1993年		1999年		2000年	
	面積 (ha)	比例 (%)	面積 (ha)	比例 (%)	面積 (ha)	比例 (%)	面積 (ha)	比例 (%)	面積 (ha)	比例 (%)
木麻黃密林	7.97	55	6.37	44	5.88	40	4.45	31	4.35	30
木麻黃疏林	0.53	4	0.04	0	0.16	1	0.91	6	0.27	2
木麻黃新植	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
闊葉樹密林	2.68	18	6.60	45	6.62	45	7.64	52	7.83	54
闊葉樹疏林	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
草地	0	0	0.07	1	0.15	1	0	0	0.10	1
裸露地	0.15	1	0.03	0	0	0	0.03	0	0.07	0
建地	0.02	0	0.32	2	0.32	2	0.32	2	0.32	2
道路	0.18	1	0.18	1	0.50	4	0.64	5	0.74	5
沙灘地	3.08	21	0.84	6	0.81	6	0.44	3	0.35	2
農地	0.04	0	0.19	1	0.19	1	0.19	1	0.60	4
總合	14.63		14.63		14.63		14.63		14.63	

表2.南澳海岸防風林2002至2008年林分類型變遷表

時間 林分類型	2002年		2005年		2006年		2008年	
	面積 (ha)	比例 (%)	面積 (ha)	比例 (%)	面積 (ha)	比例 (%)	面積 (ha)	比例 (%)
木麻黃密林	5.72	39	0	0	0	0	0	0
木麻黃疏林	0*	0	5.71	39	3.15	21	2.78	18
木麻黃新植	0	0	0	0	0	0	0.11	1
闊葉樹密林	6.50	45	6.70	46	6.79	46	5.54	38
闊葉樹疏林	0.41	3	0	0	1.59	11	2.43	17
草地	0.33	2	0.03	0	0.82	6	1.86	13
裸露地	0.04	0	0.10	1	0.11	1	0.25	2
建地	0.41	3	0.42	3	0.42	3	0.42	3
道路	1.19	8	0.22	1	0.24	2	0.24	1
沙灘地	0	0	1.44	10	1.51	10	0.99	7
農地	0.03	0	0	0	0	0	0	0
總合	14.63		14.63		14.63		14.63	

* : 表列中數值並非為無，但因計算結果係為小數2位以下，概以0為統計數值。

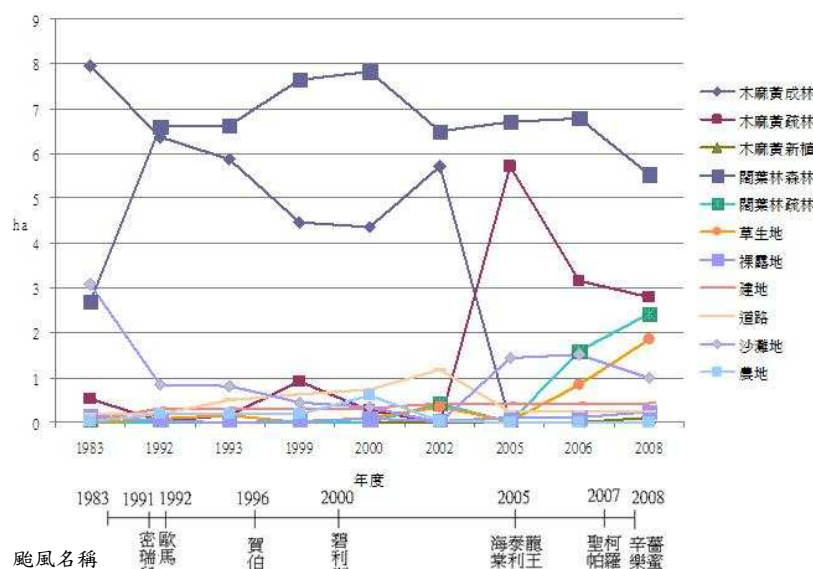


圖 3. 1983 至 2008 年 9 個時期南澳防風林之各林分屬性面積之變遷

(II) 林分類型變遷之交叉分析

由1983~2008年25年間之變遷率為78% (表4)，木麻黃密林之轉出最為顯著，木麻黃疏林從過去的0.53 ha增加至2.78 ha，闊葉樹密林由過去2.68 ha增加至5.54 ha，闊葉樹疏林增加了2.43 ha；建地、道路與裸露地皆增加，又以建地增加最多為0.4ha，其中新增加的利用型為木麻黃新植0.11 ha及草地1.86 ha的出現 (表3)。

表 3. 1983 年與 2008 年林分類型變遷之交叉對照表

(單位：ha)

2008 年 1983 年	木麻黃疏林	木麻黃新植	闊葉樹密林	闊葉樹疏林	草地	裸露地	建地	道路	沙灘地	總計	轉出
木麻黃密林	1.12		3.08	1.94	1.19	0.08	0.25	0.07	0.25	7.97	7.97
木麻黃疏林	0.14		0.01		0.34		0.01		0.03	0.53	0.39
闊葉樹密林	0.01		2.28		0.14	0.13	0.11	0.01		2.68	0.39
裸露地			0.13	0.01			0.01			0.15	0.15
建地							0.02			0.02	
道路			0.03			0.01	0.02	0.11		0.18	0.06
沙灘地	1.51	0.11		0.48	0.19	0.03		0.04	0.72	3.08	2.36
農地					0.01		0.01	0.02		0.04	0.04
總計	2.78	0.11	5.54	2.43	1.86	0.25	0.42	0.24	0.99	14.63	11.36
轉入	2.64	0.11	3.26	2.43	1.86	0.25	0.40	0.13	0.28	11.36	

表 4. 1983 與 2008 年林分類型變遷分析

林分類型 整體分析	不變率%				變遷率%			
	22				78			
1983/2008	起始面積(ha)	保留率%	轉出率%	轉出面積(ha)	終期面積(ha)	繼承率%	轉入率%	轉入面積(ha)
木麻黃密林	7.97	0	100	7.97				
木麻黃疏林	0.53	27	73	0.39	2.78	5	95	2.64
木麻黃新植					0.11	0	100	0.11
闊葉樹密林	2.68	85	15	0.39	5.54	41	59	3.26
闊葉樹疏林					2.43	0	100	2.43
草生地					1.86	0	100	1.86
裸露地	0.15	0	100	0.15	0.25	0	100	0.25
建地	0.02	86	14		0.42	4	96	0.40
道路	0.18	64	36	0.06	0.24	46	54	0.13
沙灘地	3.08	23	77	2.36	0.99	72	28	0.28
農地	0.04	0	100	0.04				

分析由1983年至2008年之林分變化，原先以木麻黃為主要的林分結構轉變為闊葉樹之林型，交叉分析得1983~2008年之變遷為78%（表4）。海岸林於25年間林相景觀產生強烈的劇變，其中變化除了人為活動如建造道路、農地、建築物的些微影響外，主要即為自然因素的影響效應，如颱風及東北季風。颱風侵襲的時期本區之林分組成會有明顯變動（圖3）。目前海岸防風林僅存面積破碎化分布之木麻黃疏林，邱祈榮等人（2007）提出海岸林之木麻黃林內常有孔隙形成後，則逐年隨之擴大，其原因為颱風影響效應已高出植物自行恢復生長的速率。推測本研究地區之木麻黃林分之變遷由密林轉為疏林及闊葉樹林，可能受自然干擾（颱風）危害影響甚大。另木麻黃密林轉變為疏林的原因，可能木麻黃林木陸續老化死亡有關，1983年至2008年已經過了25年，根據林昭遠等（1996）、許博行（2006a）、鄧書麟、沈勇強（2006）等學者的研究，木麻黃在海岸生長的壽命大約為20-30年，而木麻黃若要成林也需要些時間，因此木麻黃密林的消失，與此應有相當程度的關係。

（Ⅲ）南澳段海岸防風林木麻黃林分性態值

宜蘭縣南澳地區南溪段海岸防風林，於2008年4至5月間調查全區木麻黃林木共467株。以簡單統計值說明徑級分布結構，全區木麻黃林木平均胸徑為19.1cm、中位數為16.7cm。平均胸徑大於中位數，徑級分布偏度為0.90，林木徑級明顯呈現偏左分布，即此海岸防風林現存之木麻黃株數以小徑級為多。徑級分

布峰度為 0.55，則呈現徑級結構分布較分散，雖仍留存大徑木級木麻黃，但株數較少。就峰度與偏度得知全區木麻黃林木徑級分布較為分散且多數林木之徑級較平均值為小。

表 5. 木麻黃林木徑級結構敘述統計表

	全區	正常木	風折木	枯立木
株數	467	269	161	37
平均胸徑(cm)	19.1±11.0	14.4±8.0	25.5±11.6	24.5±10.8
中位數(cm)	16.7	13.7	22.8	23.0
峰度	0.55	2.75	-0.53	-0.76
偏態	0.90	1.04	0.53	0.19

1、正常木

其中無被害且正常生長之林木共有269株，約占全木麻黃林分之57.60%，以簡單統計值說明徑級分布結構，正常木麻黃林木平均胸徑為14.43cm、中位數胸徑為13.7cm，即分布株數最多之胸徑級較平均數高，表示未受害之木麻黃林木徑級集中於12-18cm之間；並由峰度與偏度得知，正常之木麻黃林木徑級分布較為集中，但多數林木之徑級較平均值為小。

2、風折木

遭受風害折斷枝幹，但仍有綠葉樹冠之風折木為161株約占全木麻黃林分之34.48%，平均胸徑為25.5cm、中位數為22.8cm，風折木之平均徑級大於全區林木之平均值，顯示受風折之林木多為較大徑級林木，其徑級分布峰度與偏度值（表5），顯示木麻黃風折林木徑級分布較為分散。

3、枯立木

已完全枯死無綠葉樹冠之枯立木37株，約占全木麻黃林木之7.92%，平均胸徑為24.5cm、中位數胸徑為23cm，枯立木之平均徑級亦大於全區林木之平均值，顯示枯立林木多為較大徑級林木，徑級分布峰度、偏度值（表5）得知枯立木徑級株數分布較分散，而以大徑木(32-34cm)為多。

南澳段海岸防風林現存之木麻黃林分枯立木與風折木所佔之比例相當高（圖5），當胸徑超過6 cm即開始有風害的情況出現，胸徑12~18 cm為此地木麻黃林木之主要組成。由各性狀林木數量比例顯示其受害情況嚴重，約佔各徑級之50%左右，而胸徑超過18 cm以上之健康林木數量，隨胸徑級之增加而快速減少，顯示成

木之木麻黃大徑級林木多已受風害而折損。

4、防風林現存木麻黃林分密度及空間分布

由林木在林分空間上的相對位置，有助於瞭解植物族群的散佈形態，以及植物在時間變化中的擴展趨勢（陳朝圳，1993），根據蔡呈奇、林世宗（2008）調查顯示，該防風林自土堤至防風籬之間的木本植物主要以銀合歡為主，灌木為林投，其次是血桐與構樹，在防風籬至第一線定砂籬之間多為木麻黃，灌木為草海桐，物種的分布位置有明顯差異，林投分布以防風林南側較多。小花蔓澤蘭及大葛藤在部份有明顯較高的覆蓋度，攀附林木，多出現在有喬木的地區中，會危及防風林林木的生長。前述分析之2008年林分類型僅存木麻黃面積為2.78ha(表2)，全株數為467株，其林分密度僅為168株/ha，就未受害之生立木而言，則僅為96.8株/ha，由林分密度與林木生長性狀表現已非完整之林分結構，現存木麻黃林僅於該防風林之外圍，於防風林內中側已為銀合歡及其他闊葉樹種取代，殘存之木麻黃則呈現與海岸線平行之散生帶狀之分布。



圖4.南澳地區海岸防風林木麻黃林木位置圖

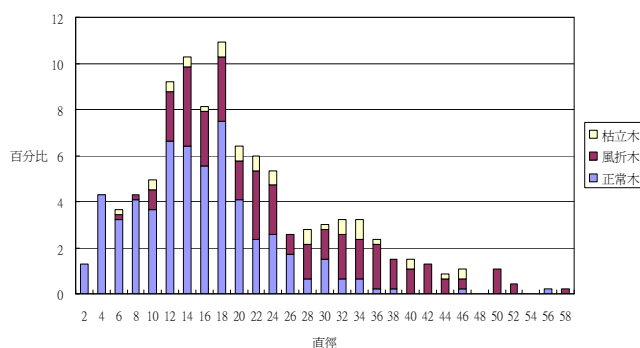


圖5.南澳段海岸防風林木麻黃徑級

分布圖

林分密度為林木生長空間之程度，其疏密程度由現存林之株數、大小及空間分布來決定。由本試驗地 2008 年調查結果可知，該海岸防風林現存未受害木麻黃 68.9 株/ha，其生長空間的程度僅零星分散呈疏林狀。依鄧江山（2008）訪查該海岸保安林（含朝陽段與南澳段）曾於 1975 年栽植造林木麻黃之記錄，至 2008 年調查南澳段防風林之木麻黃密度則明顯稀少，顯示此地之木麻黃林分已明顯劣化，皆顯示此地區木麻黃林木經 35 年後，其林分結構及林木性態及生長均已不佳。

該防風林於1983年闊葉樹已自土堤至防風籬往海岸沙灘方向延伸，木麻黃林受內側之銀合歡入侵及其他闊葉樹取代而縮減，外側則受海風衝擊而內縮，僅存與海岸線平行之帶狀分布，其空間分布以正常木多為中徑級林木分布於南端海岸沙灘一帶，風折木則自北端海岸一路往南延伸至第二道路處，枯立木則以北端海岸沙灘至工寮空地間第一條道路之間，小徑木多為後續補植之木麻黃或生長不良林木，防風林內未見有天然更新林木，僅於防風林外曾有天然下種之更新小苗，但均遭海潮侵蝕而消失，顯示木麻黃林受各種干擾及雖有結實更新潛力，但無法更新成長之限制而退化，對此海岸保安林如何復育成林以維護防風保安功能，是否可由闊葉林取代木麻黃林，或克服木麻黃更新之限制並營造木麻黃與闊葉樹種之喬木狀混合林等復育建造策略，為該海岸保安林維護刻不容緩之課題。

於2008年5月調查時發現木麻黃林外的沙灘上有木麻黃天然更新的小苗，再次證明木麻黃在光度環境條件許可下，是可以自行天然更新的（許博行，2006b）。然而在當年卡玫基、鳳凰等颱風災害後，這些木麻黃天然更新小苗皆已消失。此原因可能是由於颱風所產生的巨浪，致使風浪強度的增加，海灘被浪撲擊的面積擴大，逐漸侵蝕海岸造成海岸沙地鹽化，同時並帶來機械性的傷害，使得這些新生的木麻黃死亡，活不過第二年。在木麻黃林分衰老的此時，如何於現存防風林內促進木麻黃更新成林維持喬木林狀態發揮防風林功效是一重要的課題。

IV、結論

利用不同時期的航空照片及正射影像圖航測資料判釋南澳段海岸防風林林分屬性分布與變遷，從1983年至2008年歷經25年時間，顯然已無完整木麻黃林分，尤其2005年間遭到海棠、泰利及龍王等3個強烈颱風連續侵襲，顯示颱風為主要干擾因子。期間亦人為開發活動有農地、建地及道路，佔總面積甚微少，變動亦小顯示人為開發活動之干擾與破壞小。

至2008年木麻黃林木不僅分布範圍面積縮小，空間留存林木之空間分布也呈現不連續之帶狀分布於防風林外圍，防風林內側已由銀合歡及闊葉樹種取代。由殘存木麻黃林木徑級分布顯示，受經常性颱風強烈侵襲，將加速木麻黃受害，其中達40%以上林木受風折甚至已枯死。由1983年之木麻黃林分之總面積7.97ha且樹冠鬱蔽50%以上之成林狀態，歷經25年長期自然災害之干擾，該防風林急遽減

少為面積 2.78ha 且殘存為疏林狀態。現存林木平均胸徑僅為 19.1cm，徑級分布分散以小徑級林木為主，風折木及枯立木則以大徑級林木為多。就海岸防風林之木麻黃林林分密度及其結構分布、生長性狀顯示已呈嚴重劣化亟需復育建造。

V、參考文獻

- 甘偉航、胡大維（1987）海岸防風林破壞跡地林下栽植更新試驗。林業試驗所研究報告季刊 2(1):1-15。
- 沈勇強、劉癸君、林喻東、陳致維（2007）海岸防風林之效益評估。台灣林業 33(2):30-36。
- 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。
- 邱祈榮、趙明君、林朝欽、陳財輝（2007）林分孔隙分布圖之繪製及其應用探討：以花蓮德燕海岸林為例。台灣林業科學 22(2):159-172。
- 許博行（2006a）海岸木麻黃林分易衰老原因之探討。台灣林業 32（2）：40-44。
- 許博行（2006b）木麻黃成熟林分天然下種更新的研究（II）。行政院農業委員會林務局九十五年度科技計畫研究報告。
- 陳財輝（1987）台灣海岸林之生態環境與造林技術。現代育林 3(1):49-63。
- 陳財輝（2008）海岸防風林的營造與機能。興大農業 66:6-13。
- 陳財輝、黃隆明（2006）花蓮海岸防風保安林功能及營造對策。台灣林業 32(1):17-22。
- 陳朝圳（1993）地理資訊系統在森林經營管理上的應用—以自然保護區為例。國立中興大學森林學研究所博士論文。第 234 頁。
- 經濟部水利署（2007）中華民國九十六年臺灣水文年報第一部分-雨量。經濟部水利署。第 86 頁。
- 趙明君（2006）花蓮海岸林土地利用變遷與林分發展之研究。國立台灣大學森林環境暨資源學研究所碩士論文。
- 蔡呈奇、林世宗（2008）宜蘭縣蘇澳地區海岸防風林變遷與復育之研究。行政院農業委員會林務局羅東林區管理處。第 1-63 頁。
- 鄧江山（2008）環境識覺與社區林業之研究：以宜蘭縣海岸社區防風林為例。國

立宜蘭大學自然資源學系碩士論文。

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。

中港園區綠美化植栽之病蟲害調查初報

施欣慧^{1,3}、許原瑞²、吳進益²

【摘要】經濟部加工出口區中港園區位於台灣西部濱海地區，氣候分區屬夏雨型氣候，秋冬季節則有強勁東北季風吹襲；因基地為填海造陸之海埔新生地，土壤鹽分高且多貧脊。在此條件下，植物生長及綠美化植栽管理較為艱困。筆者於 2009 年開始，定期調查中港園區之病蟲害種類。園區中發現之病害種類有：炭疽病（病原菌：*Colletotrichum* spp.）、葉斑病（由 *Phyllosticta* sp.、*Phomopsis* sp.、*Pestalotiopsis* sp. ... 等病原菌引起）、煤煙病及褐根病（*Phellinus noxius*）；蟲害種類有：羅漢松粉蚜、榕樹管蓊馬、埃及吹棉介殼蟲、普三色星燈蛾、荊桐幼小蜂、褐圓盾介殼蟲及其他未知種類之蓊馬、介殼蟲和潛葉蠅等。此外，在園區內由於氣候環境所造成的頂端枯枝、枝葉稀疏、缺水萎凋或營養缺乏等生理問題，亦是園區植栽生長不良常見的主因，尤其是東北季風吹襲季節。園區內發生之病害種類，除褐根病菌和煤煙病外，其他葉部型病原菌在植物細胞產生傷口時較容易侵入感染，因此，在高溫、強風和鹽沫侵襲下，助長病害的發生。蟲害部份，夏季時，除普三色星燈蛾幼蟲易在白水木上造成較大危害外，其餘蟲害對植栽影響較輕微。園區內以黃槿、繖楊、臺灣海桐、海欖果、大葉山欖、欖仁樹、白樹仔、木賊木麻黃、千頭木麻黃、白千層、矮化後的台灣欖樹、無葉檉柳、草海桐、白水木、綠珊瑚樹種生長勢較強。

【關鍵詞】：中港園區、病蟲害調查

- 1 行政院農業委員會林業試驗所 六龜研究中心，高雄縣六龜鄉中興村 198 號
- 2 行政院農業委員會林業試驗所 中埔研究中心，嘉義市文化路 432 巷 65 號
- 3 通訊作者

I、前言

台灣地狹人稠，工業區廠房大多設置在土地貧瘠、氣候環境惡劣的濱海地區。此地區在強風、乾旱和鹽沫侵襲的嚴苛環境下，皆不利於植物生長。在濱海地區惡劣的氣候環境下，選擇環境保護林或綠美化樹種時，大多以抗風、耐旱和耐鹽性較強的樹種為主。然而，即使種植此類濱海植物，在惡劣環境下，各種植物仍不免遭受各類病蟲侵襲。

影響濱海植物健康因子，可分為三大類(圖 1)，分別是病原菌(病害)、昆蟲(蟲害)和生理性病害(氣候、土壤等環境)；其中，以氣候環境影響最為重要，亦為吾人所無法控制與改變，氣候環境直接影響植物生長，間接影響病害和蟲害的發生。一般植物病害依據病原菌感染的部位不同，可分成葉部型病害、根部型病害和枝幹型病害；蟲害則依不同口器形態所造成的食痕不同可分成：啃食葉片、潛食葉肉、刺吸(或銼吸)葉片及蛀食莖幹等。除了病害和蟲害外，在濱海地區，植物最常見的健康問題則是因氣候環境引起之生理性病害，例如：風害、鹽害、高溫、乾旱、土壤...等。

木麻黃引進台灣以來，一直都是台灣海岸防風林最主要的造林樹種，因此，過去數十年來有關濱海植物之健康管理大多著重於木麻黃的病蟲害研究(張&趙，1998)。近年來推動海岸生態造林，大量增加各類原生濱海植物做為防風樹種；為景觀需要，亦引入馴化種於邊海地區栽植。濱海工業區植物病蟲危害調查亦零星進行，因此其他濱海植物之病蟲害種類及防治方法，大多散見於各類研究報告或推廣性書籍中(趙等，1998；張等，1999；范&魯，2000；徐等，2002；楊，2008)。表 1 為整理自各類文獻資料，台灣濱海地區常見綠美化樹種曾經記錄的數十種病蟲害種類。

木麻黃引進台灣以來，一直都是台灣海岸防風林最主要的造林樹種，因此，過去數十年來有關濱海植物之健康管理大多著重於木麻黃的病蟲害研究(張&趙，1998)。近年來推動海岸生態造林，大量增加各類原生濱海植物做為防風樹種；為景觀需要，亦引入馴化種於邊海地區栽植。濱海工業區植物病蟲危害調查亦零星進行，因此其他濱海植物之病蟲害種類及防治方法，大多散見於各類研究報告或推廣性書籍中(趙等，1998；張等，1999；范&魯，2000；徐等，2002；楊，2008)。

表 1 為整理自各類文獻資料，台灣濱海地區常見綠美化樹種曾經記錄的數十種病蟲害種類。



圖 1 濱海植物健康影響因子

由表中不難發現，濱海植物的病害紀錄大多以褐根病(*Phellinus noxius*)和葉部型病害為主，例如：炭疽病、煤煙病、葉斑病...等；少數為其他根部性病害，如：靈芝根腐病；或枝幹型病害，如：赤衣病、褐色膏藥病等。樹木褐根病目前為台灣常見樹木病害，尤其在公園、學校或行道樹之綠美化植栽上容易發現(Ann et al., 2002)。褐根病對木本植物具致命之危害，尤其是老樹，近年來受到較大的關注，因此也有較多的報告及記錄發表。而在台中港北方之木麻黃防風林也曾因褐根病而造成 17%的死亡率(吳等, 2008)。由於褐根病大多藉由病根接觸感染傳播，因此，進行人工栽植、造林時，須避免種植帶有病根的苗木或隨意客土，方可避免此病害的擴散及發生率。炭疽病菌(*Colletotrichum* sp.)則是一類喜好高溫高濕的病原菌，當植物有傷口時，病原菌更易侵入感染。因此，夏季高溫加上午後雷陣雨的氣候環境，則有助於此病害的傳播與感染。此外，濱海植物的葉部病害，記錄的病原菌種類如：*Pestalotia*、*Phomopsis*、*Phyllosticta*、*Phoma*...等，皆為環境中常見的微生物種類，這類葉部型病原真菌在植物有傷口情況下，較容易侵入感染，形成葉斑、葉枯等病徵。有時，分離到的種類，甚至病原性很弱，不易侵入健康的植物細胞，但在前述的葉部物理傷害狀況下，亦可侵入。不論是炭疽病或是葉部型病害，這些病原菌皆在植物產生傷口時，發病會較為嚴重，但在植株上，致死率極低，只形成葉部斑點和造成提早落葉等病徵。而對於這類型病害的發生，受環境影響極大。

在學理上，病害的發生往往需要病害三角成立的情況，所謂的病害三角指的是植物、病原菌和環境等影響病害發生的三大因子，簡單的說唯有在適合的環境下，當病原菌碰到適當的寄主植物，才能成功的入侵感染，形成植物病害。因此，濱海植物由於受到環境逆境的影響，造成植株生長不良或容易產生傷口(可能經由鹽沫、強風或日曬等引起)，而形成一個適合病原菌感染的生長環境。因此，若能降低氣候環境對植物葉部的傷害，葉部型病害的發生率便會降低許多。

在濱海植物蟲害方面(表 1)，記錄的蟲害種類大多以鱗翅目幼蟲、同翅目、鞘翅目為主，少數為半翅目、縷翅目...等其他類昆蟲。依據食痕辨識危害昆蟲種類而言，鱗翅目幼蟲和鞘翅目昆蟲主要以啃食葉片或蛀食莖幹為主；同翅目、半翅目或縷翅目大多以刺吸式或銼吸式口器吸(銼)食植物汁液。此外，當同翅目昆蟲大

量繁殖時，其分泌的蜜露或排泄物，甚至會誘發煤煙病的發生(真菌以昆蟲排泄物或蜜露為養份，在植物葉片上形成一層黑色煤煙般的病徵)。這群生長在濱海植物上的昆蟲，平日對植物的危害甚小，但有時在環境適宜情況下，促使蟲體繁殖速度過快，而造成對植物大面積的危害。以黑角舞蛾(*Lymantria xyliana*)為例，此昆蟲食性廣泛，在 1983 年，嘉義、台中、苗栗、桃園、澎湖的木麻黃曾遭受黑角舞蛾的幼蟲危害，甚至在台中港區，木麻黃受害面積就高達 200 公頃(張&翁，1985)；而在 1995 年，台中港、雲林四湖和桃園觀音的木麻黃又再度被侵襲(Chao et al., 1996)。因此，針對這類型危害較嚴重的蟲害，則需定期監控害蟲的族群數量，在其數量快速增加時，立即進行防除工作。目前，學者也針對黑角舞蛾開發出性費洛蒙誘引劑，用以監測及防治黑角舞蛾之發生(洪等，2007)。

表 1 臺灣濱海地區常見綠化樹種之病蟲害紀錄

樹	種	病	害	蟲	害
1.木麻黃		白粉病、褐根病、幼苗猝倒病、苗根腐病、靈芝根腐病		鞘翅目：斑星天牛 同翅目：吹綿介殼蟲、草履蚧、棉蚜、長堅介殼蟲、大長尾粉介殼蟲 鱗翅目：南夜蛾、大避債蛾、一點蝙蝠蛾、咖啡木蠹蛾、青枯葉蛾、小白紋毒蛾、黑角舞蛾、相思擬木蠹蛾、荔枝擬木蠹蛾、木麻黃尖細蛾、白條茶褐夜蛾 等翅目：台灣白蟻 直翅目：台灣大蝗	
2.蘭嶼羅漢松	-			鱗翅目：黃帶枝尺蛾、台灣擬夜蛾、南方鬚尺蛾 同翅目：羅漢松粉蚜	
3.白水木	-			鱗翅目：小花斑蝶燈蛾、普三色星燈蛾	
4.大葉山欖		炭疽病、褐根病		鱗翅目：台灣黃毒蛾、柑毒蛾	
5.台灣欒樹		炭疽病、褐根病、白粉病、銹病		鱗翅目：褐蕊尾舟蛾、狹翅舟蛾 同翅目：欒樹圓尾蚜、長毛毛管蚜 半翅目：黃斑椿象	
6.水黃皮		炭疽病、褐根病、輪紋病、 <i>Ravenelia hobsonii</i>		鱗翅目：琉璃波紋小灰蝶、琉球絨毛弄蝶、金翅夜蛾、玉米穗蛾、豆莢野螟、端紫斑蝶、緬甸木蠹蟲 同翅目：水黃皮粉蝨、圍盾介殼蟲、軍配飛蝨 半翅目：刺槐小皺椿象	

承接表 1

樹	種	病	害	蟲	害
7.厚葉榕(榕樹)		炭疽病、褐根病、煤煙病、靈芝根腐病(<i>Ganoderma</i>)		鱗翅目：石牆蝶、圓翅紫斑蝶、黑斑擬燈蛾、圓端擬燈蛾、橙擬燈蛾、榕擬燈蛾、雙點褐姬尺蛾、無花果家蠶、雙點絹野螟、褐斑白蠶蛾、黑點大白蠶蛾、榕舞毒蛾、榕透翅毒蛾、… 鞘翅目：榕四星金花蟲、黃星天牛、無花果天牛、台灣青銅金龜、… 同翅目：網體蝨蚧、螺旋粉蝨、高背木蝨、紫膠介殼蟲、長堅介殼蟲、… 縷翅目：榕樹薊馬 等翅目：台灣白蟻 半翅目：油桐大椿象	
8.黃槿		炭疽病、褐根病、褐色圓星病(<i>Gnomoniella</i>)		鱗翅目：棉捲葉野螟 鞘翅目：錦葵金花蟲、黑絨厚象鼻蟲 同翅目：棟樹白介殼蟲、矛盾介殼蟲、黃槿木蝨	
9.夾竹桃		炭疽病、褐根病、赤衣病(<i>Erythricium</i>)、雲紋病(<i>Pseudocercospora</i>)		鱗翅目：夾竹桃天蛾、夾竹桃豔青尺蛾、綠翅褐緣野螟、 同翅目：夾竹桃蚧、綠介殼蟲、吹綿介殼蟲、桃蚧、椰子擬輪盾介殼蟲、大長尾粉介殼蟲、夾桃縷介殼蟲、擬褐金頂盾介殼蟲、蜜柑灰色介殼蟲、矛盾介殼蟲、球粉介殼蟲、工脊硬介殼蟲 縷翅目：花薊馬	
10.白千層		葉枯病(<i>Pestalotia</i>)、褐根病		鱗翅目：馬桑捲葉蛾、節角捲葉蛾、咖啡木蠹蛾	
11.相思樹		炭疽病、褐根病、赤衣病、藻斑病、靈芝根腐病(<i>Ganoderma</i>)、煤煙病、根瘤線蟲、葉枯病(<i>Phomopsis</i>)、銹病(<i>Poliotelium</i>)、圓星病(<i>Pseudocercospora</i>)、褐色膏藥病(<i>Septobasidium</i>)		鱗翅目：相思擬木蠹蛾、荔枝擬木蠹蛾、咖啡木蠹蛾、圖紋尺蠖蛾、大避債蛾、柑毒蛾、桃毒蛾、黑角舞蛾、大枯葉蛾、台灣黃毒蛾、青枯葉蛾、三點腳粗蛾、銀翅木掘蛾、小白紋毒蛾、綠刺蛾、龍眼天社蛾、黑點刺蛾 同翅目：長堅介殼蟲、大長尾粉介殼蟲、吹綿介殼蟲、柑桔粉介殼蟲 鞘翅目：赤腳銅金龜、台灣青銅金龜、小青銅金龜、斑星天牛、家天牛、青條天牛、三輪氏綠虎天牛、綾紋麻斑天牛、雜紋茶斑天牛、新島小蠹蟲 半翅目：黃斑椿象 縷翅目：赤帶薊馬、花薊馬、變葉木薊馬 等翅目：台灣白蟻 直翅目：台灣大蝗、背條土蝗	

承接表 1

樹	種	病	害	蟲	害
12.台灣海桐	-		鱗翅目：縱帶明波尺蛾		
			同翅目：烏白蚧		
13.草海桐	葉枯病(<i>Phyllosticta</i>)		同翅目：加州圓介殼蟲		
14.台東漆	藻斑病	-			
15.台灣樹蘭	炭疽病、藻斑病	-			
16.毛柿	藻斑病、炭疽病、葉赤枯病(<i>Phyllosticta</i>)	-			
17.瓊崖海棠	褐根病	-			
18.福木	葉斑病(<i>Phoma</i>)	-			
19.黃連木	褐根病、靈芝根腐病(<i>Ganoderma</i>)、葉斑病(<i>Cercospora</i>)、銹病(<i>Pileolaria</i>)	-			
20.海欖果	褐根病	-			
21.小葉南洋杉	褐根病	-			
22.恆春山枇杷(台灣枇杷)	炭疽病、褐斑病(<i>Phyllosticta</i>)、角斑病(<i>Pseudocercospora</i>)	-			
23.金龜樹	赤衣病(<i>Erythricium</i>)	-			
24.阿勃勒	褐根病、灰黴病(<i>Botrytis</i> sp.)、	-			
25.千頭木麻黃	-	-			
26.潺槁樹	-	-			
27.象牙樹	-	-			
28.土沉香	-	-			
29.白樹仔	-	-			
30.樹青	-	-			
31.蘭嶼樹杞	-	-			
32.鐵色	-	-			

資料來源：1.台灣植物病害名彙 4th(病害)(徐等，2002)。 2.工業區綠化樹種害蟲目錄(蟲害)(趙等，1998)。 3.工業區綠化樹種常見害蟲彩色圖鑑(蟲害)(范&魯，2000)。

II、中港園區病蟲害調查

林業試驗所中埔研究中心自 2004 年起接受經濟部加工出口區管理處中港分處委託，執行「加工出口區管理處中港分處環境保護林現況改善與營造」計畫，進行中港園區的綠美化作業，中港園區面積約 177 公頃，需綠化植栽區域包括行道樹、退縮帶、管理中心庭園、遊憩區及環保公園等，總面積 20 公頃上下，另外還有廠區自行綠美化部分，因此整個園區的綠資源相當豐富。執行迄今已近 6 年時間，園區內綠美化工程大多已完成栽植工作，並進入撫育期。在撫育階段，除了紀錄植物生長情形外，病蟲害管理也是一重要課題。因此，筆者從 2009 開始，定期調查中港園區現有植栽病蟲害種類，並提供適當的防治方法供現場人員參考，以下便園區內病蟲害調查所累積的結果。

(I)地理環境：

中港園區位於台中海岸邊，在氣候分類上屬夏雨型氣候，由於本區域年雨量為全台雨量最低之處，平均約 1,327mm，降雨不均，集中在梅雨季和夏季午後對流旺盛之雷陣雨及颱風，旱季長達 6-7 個月之久，且以冬季為甚；秋冬季節，又有強勁之東北季風吹襲(九月至隔年三、四月)。土壤方面，園區為填海造陸之海埔地，土質來源複雜貧瘠，冬季的東北季風夾帶鹽霧吹襲陸地，形成鹽分含量高且缺乏養分之砂質土為主。因此，中港園區在選植綠美化樹種時，大多以抗風、耐旱和耐鹽等樹種為主，為篩選濱海工業區適宜綠美化之植物，目前已栽植超過 100 種植物。

。

(II)病蟲害調查方法與結果

於 2009 年開始，至中港園區進行海岸綠美化樹種之病蟲害調查，目前共調查 5 次，調查時間分別為：2009.10.02、2009.12.23、2010.03.12、2010.05.31 和 2010.08.27，由於園區面積廣大，調查方法以隨機走訪觀察，記錄園區不同樹種發生的病蟲害種類，另外部分為現場人員提報。調查結果如表 2。

調查結果顯示，病害種類以常見的葉部病害，如：炭疽病(*Colletotrichum* spp.)、

葉斑病(病原菌：*Pestalotia*、*Phomopsis*、*Phyllosticta*)、煤煙病(由昆蟲引起之病害種類)為主，和文獻紀錄大致相符。由於這類型葉部病害的發生和惡劣的氣候有關，雖然會影響瞻觀，但對植物生長影響不大，可暫不處理。此外，千頭木麻黃為園區中唯一發現感染褐根病之樹種，此病害在該種植物病害名彙上並未記載，為一新記錄病害。

生理性病害方面，由於本區在秋冬季節東北季風強烈吹襲。因此，園區行道樹容易造成頂枯或枝葉稀疏，並以頂梢及北側為甚，葉片呈團狀生長，無法開展等現象，例如：疏脈赤楠、鐵色、水黃皮、蘭嶼樹杞...等。尤其在緯六路上的水黃皮，由於週遭尚未興建廠房，在空曠無遮蔽的情況下，於 2010 年三月份調查時，嫩葉全數呈現邊緣焦黑之情形，生長狀況極差。由於強風連續吹襲，植物新生枝葉處於動盪狀態，葉片氣孔無法正常運作，直接影響植物生長及水分生理運作。為了避免強風傷害，樹木經過適當矮化或設置防風網(籬)，則可降低強風的危害。例如：園區中的台灣欒樹，經過適當截幹矮化後，避免出頭頂風，生長情形才逐漸好轉。此外，密花山巴豆、水黃皮、毛柿、仙丹花等，則易出現葉片黃化之情形，葉片黃化的原因很多，如缺乏氮肥；土壤 pH 值偏高，致使養份有效性降低或缺乏某元素；強烈陽光照射，傷害葉片光合色素；水分逆境等。觀察迄今，園區內生長勢較強的樹種如下：黃槿、繖楊、臺灣海桐、海欖果、大葉山欖、欖仁樹、白樹仔、木賊木麻黃、千頭木麻黃、白千層、矮化後的台灣欒樹、無葉檉柳、草海桐、白水木、綠珊瑚...等。

蟲害調查方面，園區綠美化植栽大多以蚜蟲、介殼蟲、薊馬、潛葉蟲和鱗翅目幼蟲危害為主。調查時，有多數植物葉片有被昆蟲咬食的痕跡，依據食痕，推測應為鱗翅目幼蟲或金花蟲、金龜子等鞘翅目昆蟲危害，但因現場無法發現蟲體，故無法知道確切危害的種類。園區內，昆蟲危害十分普遍，但除普三色星燈蛾和刺桐釉小蜂危害較大外，其他則為零星發生且危害情形輕微。刺桐屬植物在園區為廠商種植，感染釉小蜂的情形十分嚴重，但此屬植物並非園區主要綠美化樹種，因此，只在局部發生。普三色星燈蛾則是以危害白水木為主，早在前三次的調查，普三色星燈蛾皆只是輕微發生，幼蟲危害面積不大；然而，在第四次調查時(2010.05.31)，在環保公園內的白水木上，發現大量的成、幼蟲，此區白水木被普三色星燈蛾幼蟲啃食近 1/4 葉片，危害十分嚴重；於 2010.08.30 再次調查時，普三

色星燈蛾的成幼蟲已明顯減少許多。

中港園區為填海造陸之工業區，蟲害的來源應以出栽苗木挾帶為主，以及週邊早期綠美化植栽所有。鄰近地區僅少數農田，由於昆蟲來源有限，因此推測中港園區之蟲害將不至於發生重大危害。

表 2 中港園區病蟲害調查結果

樹	種 病 害 / 生 理 性 種 類 蟲	害 種 類
蘭嶼羅漢松	煤煙病、葉斑病	羅漢松粉蚜
小葉南洋杉	葉斑病(<i>Phyllosticta</i> sp.) 移植失敗死亡	-
水黃皮	葉斑病(<i>Phomopsis</i> sp.) 嫩葉邊緣焦枯 全株生長不良	葉片遭啃食痕跡、桑粉介殼蟲
厚葉榕	葉斑病、煤煙病	榕樹管蓊馬、潛葉蟲、埃及吹綿介殼蟲
福木	葉斑病	-
密花山巴豆	葉片黃化	-
大葉山欖	葉斑病、頂端枯枝(風害)	褐圓盾介殼蟲
欖仁樹	頂端枯枝	葉片遭啃食痕跡
黃槿	-	葉蟬類、啃食葉片
繖楊	-	蟲癭
象牙樹	葉斑病	-
海衛矛	煤煙病	埃及吹綿介殼蟲
黃花夾竹桃	炭疽病	-
土沉香	-	蓊馬
九重葛	葉斑病	-
仙丹花	葉斑病(<i>Pestalotiopsis</i> sp.) 葉片黃化	-
毛柿	葉斑病、缺水、黃化	葉片遭啃食痕跡
艷紫荊	葉斑病(<i>Phomopsis</i> sp.)	避債蛾、黃斑椿象、
金龜樹	風害、枝葉稀疏	-

承接表 2

樹	種 病 害 / 生 理 性 種 類	蟲 害 種 類
疏脈赤楠	頂端枯枝(>50%)	-
阿勃勒	-	葉片遭昆蟲啃食
恆春山枇杷	葉斑病	葉片遭昆蟲啃食
黃槐	-	葉片遭昆蟲啃食
白水木	-	普三色星燈蛾
草海桐	-	潛葉蠅
白樹仔	葉斑病、頂端枝枯(風害)	介殼蟲
嶺南槐樹	煤煙病	-
蘭嶼樹杞	枝葉稀疏	-
台灣樹蘭	枝葉稀疏	-
荊桐屬植物	-	刺桐釉小蜂
樹青	葉斑病	-
木賊木麻黃	風害	-
千頭木麻黃	褐根病	-
白千層	葉斑病	褐圓盾介殼蟲
紅瓶刷子樹	-	螟蛾科幼蟲綴葉
台灣欒樹	矮化生長	-
龍柏	枝枯病	-
鐵色	葉斑病、頂端枯枝	-
刺裸實	-	介殼蟲

III、濱海地區植物保護與展望

濱海地區綠美化植栽因氣候環境影響，承受環境逆壓較大，容易出現病蟲害或生理性病害的問題。海岸地區綠美化工作執行不易，對於各類危害須以人為方式加以避免或降低，因此需加強人為撫育及管理，如能降低植物遭受強風、乾旱及鹽沫的影響，則有助於減少植物傷口，進而降低葉部病害及生理性病害的發生。降低風害以建立北方防風林帶及架設防風籬為主，尤其是單株大型植栽；乾旱則須以人工灌水來補充植物生長之需；鹽沫危害除可靠防風圍籬降低外，於發生時

須即時以淡水清洗植株及葉片，避免長期的鹽沫裹附而傷害植物組織。針對重大樹木病害，例如：褐根病，由於此病已成為台灣樹木的頭號殺手，且在日本琉球地區，也曾報導此病害導致約 11% 的防風林死亡，數量超過 200 株，危害海岸林長度約 515 公尺(Abe et al.,1995)，因此，為預防此褐根病擴展至海岸林，則需避免栽種染病苗圃培育之苗木，或隨意客土及移植樹木，方能降低褐根病之發生率。對已發生褐根病之植株，則須以人工清除、殺菌，並避免帶病土壤、植物體之擴散。

蟲害管理方面，依據 1966 年，學者將蟲害管理定義為「為維持生態系平衡下運用多種可行的防治方法，使害蟲的密度維持在經濟危害水平之下」，在此種管理觀念下，並非以趕盡殺絕的方式，而是在生態和經濟之間維持一個平衡點。因此，平日以監測方式，調查各樹種上出現之昆蟲種類，並紀錄危害情形，當發現有危害嚴重之害蟲種類出現時，在繁殖初期，即採取預防措施，避免其擴大範圍。而蟲害防治方法，則盡量以物理防治或生物防治為主，以減少對環境生態的衝擊，但若遇到危害嚴重的昆蟲種類時，可先以化學防治進行快速、有效的降低害蟲數量，再搭配其它防治方法作為平日防除之工作。

除了病蟲害管理外，中港園區首要克服的問題仍是以「氣候環境」為主，尤其是幾次調查結果呈現，園區內植栽雖有病蟲害發生，但危害情形大多輕微，而在無病無蟲的情況下，樹木仍然生長不良，這卻是因為氣候環境(如：乾旱、強風和鹽沫和土壤貧脊...等因子)所致。因此，在規劃濱海地區綠美化植栽時，要能減少氣候及土壤貧瘠等環境逆壓的衝擊為首重課題。濱海地區工業區規劃時，即應將環境綠美化及植物生長所需的環境條件加以注意，規劃足夠的防風林帶及面積及佈置區域；避免大量的南北向直通道路；植物栽植時避免獨立單株，以大塊狀、帶狀或群植來發揮互相保護的功能等；灌溉水線布置亦為重要之基礎建設。樹種選擇除需忍耐各類環境逆壓外，種植較多種類的植物亦可避免病蟲危害之擴大。栽種初期，植物根系尚未健全時，強風、乾旱更易加速植物的死亡，因此，不論是設立支架、防風設施、加強灌溉...等，都有助於植物的生長；在風勢強勁區域，則需避免種植高大樹種或給予樹木適當的矮化。這些防風措施建立後，間接的也能降低樹木病害的發生率。

中港園區的病蟲害調查結果只能呈現局部的濱海植物病蟲害種類，日後，在

海岸植物保護工作上，希望能於全台之濱海地區增設調查樣區，並調查濱海植物育苗苗圃之病蟲害種類，以完整紀錄海岸植物的病蟲害種類、動態，以加強病蟲害防治工作，供日後管理人員參考。

IV、參考文獻

- 李明仁。2006。台灣環境林的育林及保護。第一屆環境保護林經營管理研討會專刊，23-30 頁。
- 吳孟玲、陳一銘、葉文琪、莊鈴木。2008。病害對林木碳量之影響—以褐根病對台中港木麻黃影響為例。97 年度森林碳管理研討會專刊，85-90 頁。
- 洪巧珍、王文龍、李木川、蔡恕仁、林信宏。2007。黑角舞蛾(*Lymantria xylinea*)性費洛蒙誘捕系統之開發。植物保護學會刊 49:267-281。
- 范義彬、魯丁慧。2000。工業區綠化樹種常見害蟲彩色圖鑑。林業試驗所林業叢刊第 125 號。經濟部工業局。223 頁。
- 徐世典、張東柱、張清安、蔡進來、蔡東纂。2002。台灣植物病害名彙 4th。中華民國植物病理學會。386 頁。
- 張玉珍、翁永昌。1985。黑角舞蛾之形態、生活習性、猖獗及防治法。中華林業季刊 18:19-36。
- 張東柱、趙榮台。1998。木麻黃常見病蟲害防治手冊(林業試驗所林業叢刊第 91 號)。經濟部工業局。46 頁。
- 張東柱、謝煥儒、張瑞璋、傅春旭。1999。工業區綠化樹種常見病害防治手冊(林業試驗所林業叢刊第 99 號)。經濟部工業局。244 頁。
- 趙榮台、唐益國、蔡維傑。1998。工業區綠化樹種害蟲目錄。林業試驗所林業叢刊第 90 號。經濟部工業局。123 頁。
- 楊曼妙。2008。東沙環礁公園陸域昆蟲資源調查與監測(成果報告書)。海洋國家公園管理處委託辦理。71 頁。
- Abe, Y., Kobayashi, T., Onuki, M, Hattori, T. and Tsurumachi, M. 1995. Brown root rot of trees caused by *Phellinus noxius* in windbreaks on Ishigaki island, Japan-incidence of disease, pathogen and artificial inoculation-.Ann. Phytopathol. Soc. Jpa. 61:425-433.

Ann, P.J., Chang, T.T. and Ko, W.H. 2002. *Phellinus noxius* brown root rot of fruit and ornamental trees in Taiwan. Plant Dis. 86(8):820-826.

Chao, J.T., Achaefer, P.S., Fan, Y.B. and Lu, S.S. 1996. Host plants and infestation of casuarinas moth *Lymantria xylinea* in Taiwan. Taiwan J. For. Sci. 11:23-28.

四湖工作站木麻黃林下梨果竹生長調查之研究

張怡萱^{1、3)}、鄧書麟¹⁾、劉癸君^{1、2)}、許原瑞¹⁾

【摘要】本研究調查梨果竹栽植在木麻黃林林下一年之生長記錄並探討其是否適合做為海岸防風樹種。本研究結果發現初期木麻黃林蔭下之梨果竹生長情形、存活率較佳，但於冬季東北季風之濱海環境下，梨果竹之生長情形與存活率除生長停滯外並於冬季漸漸枯死存活率降低，冬北季風結束後、雨季開始之季節，梨果竹之高生長量及存活率雖稍有提高，但仍無法表現出較佳之生長情形亦無法形成叢生之竹林，顯示其無法適應濱海環境，因而推估梨果竹不適合濱海地區之造林防風樹種。

【關鍵詞】梨果竹、海岸防風樹種

1)行政院農業委員會林業試驗所中埔研究中心

2)國立嘉義大學農學研究所博士生

3)通訊作者

民眾對嘉義樹木園環境體驗與生態衝擊之研究

劉癸君¹、施俊宇²、林喻東²、劉儒淵³

【摘要】嘉義樹木園對於嘉義市居民而言，猶如自家後花園般的重要，是為嘉義市民日常休閒運動遊憩的重要場所之一。過多的遊客以及遊客不當的遊憩行為除了造成擁擠感之外，往往也是破壞植物園的最大殺手。因此本研究旨在探究嘉義樹木園針對參與遊憩的遊客進行問卷調查，探討遊客對樹木園環境體驗之滿意度情形。另外，我們亦使用既成事實分析法，針對園區的地被植群與土壤所遭受之衝擊型態與程度進行樣區調查評估外，並以電動生長錐之非破壞性檢測方式分析不同時期(遊憩使用前後)樹木年輪寬度的變化，探討遊客踐踏對樹木生長的影響。以目前植物園區內而言，本研究結果發現遊憩活動空間是為寬敞的。對於解說牌以及園區步道設計及涼亭數量，受訪者認為略顯不足。就以目前使用人數狀況來看，目前的使用狀況是可以接受的狀態，但若在早晨時間使用人數增加時，則會有擁擠至非常擁擠的感受。相反的，若目前使用人數減少 40%時，則受訪者認為遊憩活動空間已屬於寬敞而無擁擠感。而遊客踐踏樹木生長的影響，在綜合性的植群衝擊指數(IVI)評估結果顯示，園區內之遊憩衝擊主要集中在巴西橡膠樹展示區、肯氏南洋杉展示區與板根植物展示區等三處，其中南洋杉區的 IVI 值 80.38%，達到第 IV 級(非常嚴重)的衝擊程度；橡膠樹區的 IVI 值 70.65%，衝擊程度介於 III—IV 級之間(嚴重—非常嚴重)；而板根區的 IVI 值僅 30.03%，屬於第 I 級(輕微)的衝擊程度。本研究所採用的各項樣區調查介量，除樹木的胸徑減少率(DR)外，其他包括覆蓋度減少率(CR)、植相變異度(FD)、地被植物高度降低率(HR)與土壤硬度增加率(SHI)等 4 項之衝擊效應之分析結果，彼此間均具有顯著的相關性，均可單獨供為評估本園區遊憩衝擊程度的指標。

【關鍵詞】遊憩衝擊、植群衝擊指數、年輪、嘉義樹木園

¹ 行政院農委會林業試驗所中埔研究中心，通訊作者。

² 國立嘉義大學林業暨自然資源研究所碩士畢業生、副教授。

³ 臺灣發展研究院生態暨資源保育研究所研究員

國家圖書館出版品預行編目資料

環境保護林經營管理研討會論文集. 第五屆 / 王志斌等著 ; 許原瑞主編. - 臺北市 : 農委會林試所, 民 99.10
面 ; 公分
ISBN 978-986-02-4821-0(平裝)

1. 林業管理 2. 環境保護 3. 文集

436.707

99019253

「第五屆環境保護林經營管理研討會」論文集

發行人：黃裕星

主編：許原瑞

執行編輯：鄧書麟、劉癸君

撰稿者：王志斌、王彥棠、何坤益、林世宗、林喻東、林欣德、林瑜儒、
邱祈榮、吳進益、吳欣瑾、施欣慧、施俊宇、徐浚騰、許原瑞、
陳財輝、陳宥銓、郭幸榮、張怡萱、楊正釗、劉永正、劉癸君、
劉紋雯、劉儒淵、鄧書麟、韓明琦（依姓別筆劃排列）

出版者：行政院農委員會林業試驗所

100 台北市中正區南海路 53 號

02-23039978

工本費：新台幣 150 元

中華民國九十九年十月 出版

ISBN 978-986-02-4821-0



ISBN 978-986-02-4821-0



行政院農業委員會林業試驗所

100台北市中正區南海路53號 TEL: 02-23039978