

第十四屆

環境保護林經營管理研討會

論文集



林業試驗所中埔研究中心
600嘉義市文化路432巷65號
TEL:05-2311730



2019

日期 2019年11月07日

地點 林業試驗所中埔研究中心

指導單位 行政院農委會林業試驗所

主辦單位 林業試驗所中埔研究中心

林業試驗所中埔研究中心 第十四屆環境保護林經營管理研討會議程表

日期：108年11月7日(四)

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	
09:00~09:05	開幕式	傅昭憲主任	林業試驗所 中埔研究中心
09:05~09:30	貴賓致詞		
	第一部分議程	主持人：傅昭憲 主任	
09:30~10:00	評估有益微生物直接應用在苗圃的效益-以中興苗圃牛樟扞插苗為例	林瑞進	嘉義大學森林 暨自然資源學系
10:00~10:30	都市林結構調查法及其在碳儲存與吸存推估方法之探討	謝漢欽	林業試驗所 森林經營組
10:30~11:00	茶敘、海報與本中心執行 國家植物園方舟計畫成果展示		
11:00~11:30	臺東地區海岸林植食性昆蟲調查研究	范義彬	林業試驗所 技術服務組
11:30~12:00	臺灣原生三種松樹種子的採收、發芽與儲藏	楊正釗	林業試驗所 植物園組
12:00~13:30	午餐		
	第二部分議程	主持人：鄧書麟 副研究員	
13:30~14:00	雲林平原區動植物多樣性探討-國土生態綠廊	何宗恆	嘉義大學森林 暨自然資源學系
14:00~14:30	保護罩與保護管凹地直播法應用於花蓮新城海岸地區直播成效之探討	黃俊元	林業試驗所 太麻里研究中心
14:30~15:00	嘉義市植物園土壤夯實造成樹木生物力學衰退之研究	詹明勳	嘉義大學森林 暨自然資源學系
15:00~15:10	休息		
15:10~15:40	都市公園樹木長期監測之探討-以臺北市大安森林公園為例	邱祈榮	臺灣大學森林環境 暨資源學系
15:40~16:10	金崙海岸復育造林的策略與成果	洪聖峰	林業試驗所 恆春研究中心
16:10~16:40	竹南海岸林分現況與生物多樣性之探究	謝名彥	嘉義大學森林 暨自然資源學系
	賦歸		

目 錄

研討會論文

評估有益微生物直接應用在苗圃的效益-以中興苗圃牛樟扞插苗 為例.....	4
都市林結構調查法及其在碳儲存與吸存推估方法之探討.....	9
臺東地區海岸林植食性昆蟲調查研究.....	14
臺灣原生三種松樹種子的採收、發芽與儲藏.....	20
雲林平原區動植物多樣性探討-國土生態綠廊.....	25
保護罩與保護管凹地直播法應用於花蓮新城海岸地區直播成效之 探討.....	31
嘉義市植物園土壤夯實造成樹木生物力學衰退之研究.....	38
都市公園樹木長期監測之探討-以臺北市大安森林公園為例.....	39
金崙海岸復育造林的策略與成果.....	45
竹南海岸林分現況與生物多樣性之探究.....	52

海報發表

108 年度中港園區公私協力景觀提升計畫成果評估.....	59
四湖溼地森林變遷與植生復育監測之研究.....	60
四湖濱海植物之收集與經營策略.....	61
玉山杜鵑複合群種子及苗木之形態差異.....	62
埤子頭植物園引種策略與都市林教育園區植生調查.....	63

評估有益微生物直接應用在苗圃的效益

-以中興苗圃牛樟扦插苗為例

林瑞進^{1)*}、陳浩宇¹⁾、康素菁²⁾、劉昭盈²⁾、張怡萱³⁾、劉癸君³⁾

¹⁾國立嘉義大學森林暨自然資源學系。60004 嘉義市鹿寮里學府路 300 號。

²⁾林務局嘉義林區管理處。60049 嘉義市林森西路 1 號。

³⁾林業試驗所中埔研究中心。60081 嘉義市文化路 432 巷 65 號。

*通訊作者，E-mail: linerm@mail.ncyu.edu.tw。

前言

牛樟(*Cinnamomum kanehirae* Hay.)屬樟科(Lauraceae)樟屬(*Cinnamomum*)，為臺灣特有樹種，也是全民造林運動所列的獎勵樹種之一(林務局 1998)。牛樟主要分布於海拔 200-2,000 m 之山區，為優良的建材及工藝材料。然而，由於牛樟長期受到過度人為採伐及盜伐，使得牛樟族群現今在野外面臨枯竭稀少的困境，根據 2017 臺灣維管束植物紅皮書名錄，牛樟物種的受脅類別列為「瀕危」(Endangered)等級。近年來又由於牛樟芝廣被研究並證實其效益，更間接導致牛樟木材的價格在市場長期居高不下，並為闊葉樹種中木材價格最高，因而使得林農對牛樟苗木需求量提高。

牛樟苗木的培育自 1990 年代起林業試驗所及林務局設立多處的牛樟母樹採穗園，扦插育苗體系遂成為苗木主要的供應來源，因此現行牛樟造林皆以扦插苗為大宗。扦插苗具有能保留母樹遺傳性狀並易於大量生產為其重要優勢，然而，扦插苗的根系不具主根為一大缺點；現行苗圃牛樟培育多以容器育苗，所用介質又非帶有菌根菌的森林土壤，導致苗圃培育出的苗木無法受真菌感染產生菌根。根系問題使得牛樟苗木在造林初期常常難以適應造林的逆境環境，使得造林存活率及生長表現不佳。

菌根係指真菌與植物根系共生所形成的結合體，為自然界中的普遍現象(Frank 2005)。學者研究牛樟根菌結合體證實牛樟可與叢枝菌根菌(arbuscular mycorrhizal fungi, AMF)及暗色隔膜內生菌(dark septate endophyte, DSE)形成共生關係(洪祥凌等 2014)。暗色隔膜內生菌是一種深色具隔膜的內生真菌(Jumpponen et al. 1998)，其生態功能及對植物的效益近年來陸續有研究證實，並且具有分布廣泛可與多數宿主共生的特性。目前暗色隔膜內生菌對牛樟苗木的效益也已經被證實(洪祥凌 2015, Lin 2016)，透過接種暗色隔膜內生菌能促進牛樟苗木的生長量，尤其是地下部根系的生物量。

現今已知林木菌根能促進苗木生長、適應逆境已是不爭之事實，應用菌根技術融合育苗作業應為林業發展的重要趨勢。由於苗木接種後在行政程序上需要進行驗收，而現行菌根檢驗的程序多是依賴染色觀察，但此種方法不易執行且可信度有限，此技術上的瓶頸致使學術研究的成果無法成功應用到苗圃實務面。藉由分子生物技術基礎的方法，設計特異專一性引子能夠偵測特定物種的存在(Goodwin et al. 1995, Atkins et al. 2005, Glen et al. 2007)。針對接種用的菌株序列設計專一性引子，再對植物根部的 DNA 進行聚合酶連鎖反應及膠體電泳，其結果能直接證實根系中特定菌種的存在，此法的優點是快速且準確性高，可應用於苗圃的菌根驗收，突破目前遇到的障礙。

材料與方法

一、材料來源

牛樟扦插苗：由中興苗圃所培育的二年生牛樟扦插苗 (105 年所培育苗木) 供試驗使用。試驗苗木選擇依據是以苗高約在 25 cm，主幹生長明顯，選取時拔除雜草、修除長出盆外根系及修剪萌生側芽，以利主幹生長。所使用育苗容器為上徑 12 cm，下徑 7 cm，高 14 cm 之黑色塑膠軟盆。育苗介質不更換，為原現場苗圃介質。菌株：本研究以嘉義大學林木菌根研究室提供 4 株從牛樟根菌結合體分離出之內生真菌為試驗材料，分別為 CkDB5、CkYC2、CkYC14 以及 CkYL14。

二、戳洞植菌法

避免破壞容器土球，使用十字型螺絲起子在植物基部周圍介質戳 3 個孔洞，深度約 10 cm，3 個孔洞相對位置呈三角形，將接種源傾倒於孔洞中；此法不僅讓受傷根系最少，亦可將接種源直接附著於根系附近，讓菌根菌快速接近根系，發揮菌根菌之效益。

三、根部染色及 DNA 萃取

將植物根段浸於 10% KOH 溶液中，放置 48 hr 後，以蒸餾水清洗根部數次以去除 KOH。再加入 H₂O₂ 於試管內，漂白根部至透明後。再以 1% HCl 進行酸化處理，加入錐蟲藍-乳酸酚(trypan blue-lactophenol) 1hr，退染後將根段置於顯微鏡下觀察並拍照(吳繼光、林素禎，1998)。本試驗將根段以液態氮急速冷凍後，使用染色體 DNA 萃取套組 (Plant/Fungi Genomic DNA Purification Kit) 方法進行 DNA 萃取。

四、苗木淨生長表現測定

苗高生長量：使用鋼尺為測量工具，取苗木莖部與容器介質表土交界面(地際)至苗木梢端頂芽的距離為一次苗高，苗木若有多個側枝則以其距離較高者為苗高。植株鮮和乾重量：將苗木以清水清洗乾淨，之後再將其分為地上部及地下部，秤其鮮重，

再分別放入烘箱，然後再以 $70 \pm 5^\circ\text{C}$ 烘乾至恆重以秤取各部位之乾重，每處理共測定 10 棵苗木。

五、暗色隔膜內生菌對牛樟苗木影響程度(responsiveness)

參考 Mandyam *et al.* (2012) 表示暗色隔膜內生菌對宿主植物的影響程度的公式加以計算，以評估暗色隔膜內生菌對苗木的影響程度。

六、苗木葉部葉綠體含量測定

秤取牛樟成熟葉片鮮重 0.05 g，置於研鉢中，以適量液態氮研磨成粉末狀後加入 10 mL 85% 丙酮(acetone) 萃取，過濾並定積至 10 mL 以分光光度計(spectrophotometer; Hitachi U-2000)測定其在波長 645 及 663 nm 之吸光度。

七、專一性引子設計及測試

首先對 CkDB5 菌株的 5.8S rDNA 和 28S rDNA 基因間隔序列 (ITS 區域) 設計專一性引子 DB5-1F/DB5-1R，引子序列如下：DB5-1F:5'-TGT CAT CTG TGC TGA ACC CC-；DB5-1R:- TTG GAG TGT GTA ATG GCG CT-3'。25 μL 反應溶液中含 12.5 μL 2X Taq DNA Polymerase、2 μL 引子對、7.5 μL ddH₂O、3 μL DNA template。PCR 反應器所設定之反應程式為 95°C 預熱 5 min；再以 95°C 變性 30s， 55°C 黏合 30s， 72°C 延展 30s 進行 29 個循環；最後再以 72°C 反應 5min，完成 PCR 反應。PCR 產物經電泳跑膠後經 EtBr 染色，使用電泳照相系統觀察電泳結果。

結果與討論

一、牛樟根菌結合體觀察

利用光學顯微鏡進行根菌結合體觀察，在 CkYC14、CkYL14 及 CkDB5 接種處理組發現根內具有暗色隔膜內生菌特有之微菌核(microsclerotia)構造，而 CkYC2 處理組僅有發現菌絲感染根部組織的情形，對照組則無明顯菌根特徵。

二、暗色隔膜內生菌對牛樟扦插苗生長量的影響

在培養 7 個月後，在淨苗高生長量部分，經 Duncan's DMRT 測驗結果得知，僅 CkYL14 接種組與對照組及 CkYC2 接種組間呈現顯著差異 ($p < 0.05$)，其餘處理組 (CkYC14 及 CkDB5 接種組) 間差異不顯著。其值以 CkYL14 接種組 (7.2 ± 3.0 cm) 最大，其次依序為 CkDB5 接種組 (5.6 ± 2.2 cm)、CkYC14 接種組 (5.4 ± 1.6 cm)，最小則為對照組 (4.6 ± 2.5 cm) 及 CkYC2 接種組 (3.9 ± 1.9 cm)。

在地上部乾重部分，經 Duncan's DMRT 測驗結果得知，僅有 CkYL14 及 CkDB5 接種組與 CkYC2、CkYC14 接種組及對照組間呈現顯著差異 ($p < 0.05$)。其值以 CkYL14 接種組最大 (14.7 ± 7.2 g)，其次依序為 CkDB5 接種組 (13.2 ± 2.7 g)、CkYC14 接種組 (9.1 ± 2.4 g)，最小則為對照組 (7.0 ± 1.8 g) 及 CkYC2 接種組 (6.2 ± 1.5 g)。

在地下部乾重部份，經 Duncan's DMRT 測驗結果得知，CkYC14 及 CkYL14

接種組與對照組呈現顯著差異 ($p < 0.05$)，其餘處理組 (CkYC2 及 CkDB5 接種組) 間差異不顯著。其值以 CkYL14 接種組最大 (7.4 ± 2.5 g)，其次依序為 CkYC14 接種組 (7.4 ± 1.3 g)、CkDB5 接種組 (6.1 ± 1.8 g)，最小則為 CkYC2 接種組 (6.5 ± 3.3 g) 及對照組 (4.8 ± 2.0 g)。

在全株乾重部分，經 Duncan's DMRT 測驗結果得知，CkYC14、CkYL14 及 CkDB5 接種組與對照組呈現顯著差異 ($p < 0.05$)；但在所有接種組中僅 CkYC14 接種組與 CkYL14 接種組、CkYL14 及 CkDB5 接種組與 CkYC2 接種組間呈現顯著差異。其值以 CkYL14 接種組最大 (22.0 ± 7.8 g)，其次依序為 CkDB5 接種組 (19.3 ± 3.9 g)、CkYC14 接種組 (16.5 ± 3.2 g)，最小則為 CkYC2 接種組 (12.7 ± 3.7 g) 及對照組 (11.8 ± 2.6 g)。

另外，參考 Mandyam *et al.* (2012) 計算表示暗色隔膜內生菌對宿主植物的影響程度，以苗木全株乾重計算，其計算結果如**錯誤! 找不到參照來源。**，且從各個處理的數值皆為正值可知本試驗用於接種的這 4 株菌株對牛樟扦插苗皆為正影響。其中，以 CkDB5 處理值 (0.36) 最大，其次為 CkYL14 (0.35) 及 CkYC14 處理 (0.25)，CkYC2 處理值 (0.02) 則最小。

三、暗色隔膜內生菌對牛樟葉片葉綠素濃度的影響

在葉綠素 a 濃度部份，其數值經 Duncan's DMRT 測驗結果得知，僅有 CkDB5 接種組與對照組呈現顯著差異 ($p < 0.05$)，其餘處理組 (CkYC2、CkYC14 及 CkYL14 接種組) 差異不顯著。其值以 CkDB5 接種組最大 (1.22 ± 0.03 mg g⁻¹)，其次依序為 CkYC14 接種組 (1.12 ± 0.01 mg g⁻¹)、CkYL14 接種組 (1.06 ± 0.01 mg g⁻¹)、CkYC2 接種組 (1.01 ± 0.47 mg g⁻¹)，最小則為對照組 (0.82 ± 0.24 mg g⁻¹)。

在葉綠素 b 濃度部份，其數值經 Duncan's DMRT 測驗結果得知，所有接種組 (CkDB5、CkYL14、CkYC14 及 CkYC2 接種組) 與對照組皆呈現顯著差異 ($p < 0.05$)；但在所有接種組中 CkDB5、CkYL14 及 CkYC14 接種組與 CkYC2 接種組亦呈現顯著差異。其值以 CkDB5 接種組以及 CkYL14 接種組最大 (0.35 ± 0.01 mg g⁻¹)，其次依序為 CkYC14 接種組 (0.34 ± 0.05 mg g⁻¹)、CkYC2 接種組 (0.30 ± 0.03 mg g⁻¹)，最小則為對照組 (0.24 ± 0.20 mg g⁻¹)。

在葉綠素 a+b 濃度部份，其數值經 Duncan's DMRT 測驗結果得知，所有接種組 (CkDB5、CkYL14、CkYC14 及 CkYC2 接種組) 與對照組皆呈現顯著差異 ($p < 0.05$)；但在所有接種組中僅 CkYC2 接種組與 CkDB5 處理組呈現顯著差異，其餘處理組 (CkYC14 及 CkYL14 接種組) 差異不顯著。其值以 CkDB5 接種組最大 (1.57 ± 0.03 mg g⁻¹)，其次依序為 CkYC14 接種組 (1.46 ± 0.02 mg g⁻¹)、CkYL14 接種組 (1.40 ± 0.01 mg g⁻¹)、CkYC2 接種組 (1.31 ± 0.44 mg g⁻¹)，最小則為對照組

($1.06 \pm 0.04 \text{ mg g}^{-1}$)。

四、專一性引子對 PCR 增幅反應

本試驗使用 DB5-1F 與 DB5-1R 作為引子對，針對純培養 CkDB5 菌株 (*Ascomycota* sp.) 及接種牛樟扦插苗木根段進行 PCR 增幅，結果得到產物僅有 329bp 大小之單一片段。尤其牛樟苗經接菌後在苗圃環境培養 7 個月後的根系抽取之核酸，以此引子對進行 PCR 反應可增幅出特定片段，顯示所設計之引子對於 CkDB5 菌株具有高度專一性。

另外，本試驗將純培養下 CkDB5 菌株萃取出之核酸經序列稀釋 10X、100X、1,000X 後以 DB5-1F 與 DB5-1R 引子對進行 PCR 增幅，結果在稀釋 100X 可增幅出一微弱之片段，此稀釋倍率所含之 DNA 濃度為 $0.096(\text{ng}/\mu\text{L})$ ，反映此引子對的靈敏度。經接種牛樟根段的核酸同樣經序列稀釋後以此專一性引子對進行增幅，結果顯示在稀釋倍率 1 倍及 10 倍時亦可得到預定大小片段的產物。

牛樟做為我國重要經濟造林樹種，為提升苗木品質及造林績效，林業育苗作業未來應積極選擇優良的菌根菌接種於苗圃所培育苗木，使苗木在出栽前就能形成良好的菌根，以提升成苗在造林地的適應能力及存活率。

林木菌根效益在學界已有長久的研究證實，惟在實務上一直難以將實驗室成果應用到林業森林苗圃，其原因主要一為菌株種源難以大量培養，二為在行政程序上難以建立一快速、簡便的菌根驗收機制。暗色隔膜內生菌近年來已被證實在生態系中扮演著與菌根菌相似功能的角色，並且具有可以人工方式大量增殖其種源的特性。本次試驗也嘗試利用分子生物技術開發一苗圃苗木菌根快速驗收的機制；綜合上述，解決了目前菌根技術難以推廣的兩個主要問題。本試驗結果亦證實，暗色隔膜內生菌可促進牛樟扦插苗生長，尤其以 CkDB5、CkYL14 及 CkYC14 這 3 株菌株效益較佳，未來若能將其應用於全省牛樟苗培育，不僅可利用其促進牛樟苗木生長的特性，更能促進根部生長，期待暗色隔膜內生菌能成為林業新尖兵。

(參考文獻請逕洽作者)

都市林結構調查法及其在碳儲存與吸存推估方法之探討

謝漢欽^{1)*}、黃俊元²⁾、蔡茲樺¹⁾

¹⁾林業試驗所森林經營組。10066 臺北市中正區南海路 53 號。

²⁾林業試驗所太麻里研究中心。96341 臺東縣太麻里鄉大王村橋頭 6 號。

*通訊作者，mickey@tfri.gov.tw。

摘要

為全面了解整體都市林都結構的調查方法與樹冠層結構調查項目，如何精確地應用都市林碳儲存與吸存的生態系服務功能及效益評估；本報告以美國林務署發展 20 多年來的 i-Tree 系統為基礎，以其探討都市林的結構項目的調查方法與項目內涵，並特別舉出都市林冠層的調查項目如何應用於都市林碳儲存與吸存的推估，介紹其相關推估法則與公式。本報告特別強調都市林冠層的葉面積指數與生物量的現地調查與推算方法，期望以此調查基礎為開端，從中借鏡以利發展本土都市林結構的調查方法，作為後續乾沉降空氣汙染物移除、降溫節能、雨水截流與水質改善，乃至有揮發性有機氣體成分估算等各項都市林生態系服務功能的量化推算與金錢價值的效益評估的科學依據。

關鍵字：都市林調查、碳吸存、i-Tree、C 吸存、葉面積指數

前言

由美國林務署與眾多合作夥伴於 2006 年開發的 i-Tree，是一個持續發展，架構在公開網域的軟體系統，可提供都市及社區林業分析與生態服務效益評估工具；目前已實際成功應用於美國二十多個大城市及若干加拿大都會、澳洲、墨西哥及英國倫敦市的都市森林生態系服務功能的益評估上。本系統藉由一系列完整的在地樹木組成與結構調查資料，結合所在地的土地利用類型、氣象資料、空氣汙染、社會經濟與等資料，經由數個科學研究開發的計量模式，用於估算都市林能賦予的 CO₂ 儲存和吸存、減少周邊建物電能使用量、空氣汙染物淨化、暴雨截流和逕流減緩，乃至房地產價值提升等生態服務效益與經濟價值。其所估算的效益與價值能協助整個都市及社區加強他們對都市林多元效益的認知、乃至有利於後續都市林經營計畫擬定和長期監測，增進都市社區人民的健康與福祉。

i-Tree 系統主要由 i-Tree Eco、i-Tree Canopy、i-Tree Hydro、i-Tree Vue、i-Tree Landscape 5 大模組，其中 i-Tree Eco 是主要核心架構，事實上是由先前美國林務署東北實驗站研發 UFRO (Urban Forest Effect) 模式持續發展而成，UFRO 模式是其主要估算及評價的專業發展模式。系統設計包含了都市林的調查方法和分析運算

程式，透過這個模組，可以讓使用者明確了解都市林的結構成分。其使用的方式可以對整個都市社區每一棵樹木進行調查，或者以都會為對象，透過調查樣區的設計，進行隨機抽樣或分層抽樣後，再針對取樣結果進行樹木 22 個主要結構變項進行調查，最後結合當地空氣汙染與氣象資料，輸入系統來量化都市林結構、進而估算都市林生態服務效益的貨幣價值。

然而，由美國林務署與眾多合作夥伴開發的 i-Tree 系統，目前仍是一個只能妥善適用於北美各大都市會都市林生態服務效益評估的有利工具。過去 4 年在本所的先驅研究，已將少數都會公園樹木調查的結構資料「套用」i-Tree，在國內逕行的都市林生態效益評估；但難以提供一個足以被都市經營管理者所接受的客觀分析結果。究其主要原因在於 i-Tree Eco 運算模組的樹種資料庫沒有臺灣本土樹種，而且臺灣所處的地理氣候區為亞熱帶相對於美國所在的溫帶地區，在樹種上有很大的差異；另外仍需要收集國內都市林調查時，當地區氣候、氣象、空氣汙染等即時觀測資料。

本報告探究 i-Tree Eco 系統的都市林結構調查模組，將助於從林業人員的觀點，理解在都市林的框架下如何評價樹木二氧化碳儲存與吸存量對環境與生態效益，期望能為臺灣本土的都市林木評價系統的發展奠下堅實的基礎。

研究方法

一、模組內涵分析

藉由與 i-Tree 系統建置相關的科學研究、技術文獻與案例分析下列 i-Tree 系統模組：(1)UFRO-A 都市林組成與結構的地面調查(由下而上)與空中(由上而下)調查的內涵與方法。(2)針對 UFRO-C 模組於都市林對 CO₂ 儲存與吸存生態系服務效益評估方法與模式。

二、推估模式與發展

進一步將 i-Tree 系統引入臺灣都市林生態服務效益評估，針對系統估算變項、參數、模式及依據的相關資料進行討論與分析，針對結構估算與生態效益估價模式提出具體可行性建議及未來具體發展方向。

結果與討論

一、都市林結構調查項目探討

透過文獻回顧了解 i-Tree ECO 模組於都市林組成與結構的地面調查與空中調查相互配合的方法--完成解析 i-Tree ECO 模組對都市林木取樣及立木調查林木測計方法學，係針對從航空照片或衛星影像判識的樹木覆蓋圖，依據主要土地利用型進行事前分層縫機取樣(如圖 1)或事後等間隔網格，分層縫機取樣、樣區採用圓形樣區面積為 0.04 ha。在每一樣區內記錄胸高直徑大於 2.54 cm 每一棵樹的樹種、株

數、所在土地利用類型、樹高、胸徑、枝下高、兩個方向冠幅、樹冠層生長狀況(含枯損百分比、曝光量及葉子所占樹冠百分比用於葉面積以及樹冠生物量估測)。此外亦含蓋樣區內之數高低於 30cm 灌木層之測量及所屬地被狀況。

樣區調查時在 18.32 m 有效範圍內，記錄樣區內每一單木與建築物的距離與方位，以及是否屬於行道樹，共 16 項重要調查項目(如圖 2)。此外也針對地面調查有關樹木冠層的單木屬性，及遮蔽係數透過個別樹種以建立有效的迴歸式，及包括樹木間重疊的競爭指數等 3 個重要轉換因子，依據樣區內樹木種類組成計算樹冠層的葉面積、葉生物量，了解其相關聯的估算公式所需的變項及模式參數。

二、碳儲存與吸存推估方法之探討

透過文獻回顧了解 i-Tree ECO B 模組針對都市林木存在對 C 儲存與年度淨吸存量估計及生態效益貨幣價值的估算模式及計價方法——了解其估算的內涵。本模組係透過 i-tree 技術報告及其應用之學術研究文獻，從中完成解析 UFRO-B 模組於都市林地上部及地下部生物量(兩者間的轉換比率)對大氣中 C 儲存與年度吸存淨量之估算方法。本模組係針對不同樹種間相關轉換係數，根據研究報告上的取得各個樹種的生物量與胸徑或數高相關的生長曲線模式(異速生長迴歸式)、依個別林木的樹種之不同徑級決定年生長率，年枯死率及不同地別決定生物量分解速率；再透過樣區內現地調查林木狀況、葉面積生物量、林木組成與競爭狀況(如圖 3)等變項，建立估算公式。最後其生態效益評估係使用美國都市林木對邊際社會成本貨幣期望價值(每噸的美金貨幣價值)，獲得生態效益價值估算。

結論

本報告透過 i-Tree 系統建置內含之相關科學研究與技術文獻回顧，充分了解了 i-Tree Eco 系統模組(Urban Forest Effects, UFRO-A 及 UFRO-A 模組)的都市林 A. 結構調查方法內涵與以及如何運用 A 模組的充份調查資料項目，用於 C 儲存與 C 淨吸存、生態系統服效益評估的法則與模式依據。初步將 i-Tree 系統引如何進行都市林全面調查方法引介並將都市林對二氧化碳儲存與吸存的估算變項、參數、模式及依據進行討論與分析。針對結構估算與生態效益估價模式提出具體可行性建議及未來具體發展方向。



圖 1. 從 Sentile 2 衛星影像判識的綠色空間覆蓋圖進行事前分層縫機取樣。

樣區記錄資料(UFORE基本需求)

- ▶ 為了UFORE分析所需要的最低限度樣區數據：
 - 樣區編號
 - 在地圖上的土地利用分類
 - 測量單位(公制or英制)
 - 土地覆蓋類型
 - 樣區的樹木覆蓋範圍百分比(%)
- ▶ 為了樣區取樣與調查需求，需要下列樹木調查資料：
 - 樹種
 - 樹木胸徑資料(單株立木的取樣數)
 - 樹木胸徑資料(胸徑大小+紀錄高度)
 - 整體樹高
 - 枝下高
 - 樹冠幅
 - 樹冠缺失度 (%)
 - 樹冠回枯
 - 樹冠受光環境(Crown Light Exposure, CLE)
 - D#：鄰近建築物的方向
 - S#：鄰近建築物的距離

圖 2. I-Tree Eco UGFORE -A 模組，逢機樣區內基本的調查項目。

樹木調查項目說明(三)

- ▶ **樹冠滴水線內不透水層面積百分比(%IMP)**：在樹冠滴水線範圍內，地表不透水層所占的面積百分比，若樹冠超出樣區範圍，整體百分比依然採計超出樣區的面積
- ▶ **樹冠滴水線內灌叢面積百分比(%SHURB)**：在樹冠滴水線範圍內，灌叢或灌木所占的面積百分比，若樹冠超出樣區範圍，整體百分比依然採計超出樣區的面積
- ▶ **樹冠受光環境(Crown Light Exposure)**：以0 - 5分級紀錄樹木整體的受光狀況。若樹冠的頂部與側面的四個方位為開放環境可在正午時受陽光直射則各加1級，最多為5級(表示樹冠頂部與四個方向享有完整光照)，最小為0級(表示樹木完全被壓無法受陽光直射)，如下圖所示：



圖 3. I-Tree 樣區內樹冠光環境 CLE 指標分級示意圖，CLE 指標可代表林木間得競爭狀況，應用於都市林碳吸存估算時示為一個重要指標。

(參考文獻請逕洽作者)

東地區海岸林植食性昆蟲調查研究

范義彬^{1)*}

¹⁾林業試驗所技術服務組。10006臺北市南海路60號。

*通訊作者，E-mail:ybfan@tfri.gov.tw。

前言

害蟲綜合管理(IPM, integrated pest management)的觀念肇始於1960年左右，在1966年Smith和Reynolds將其定義為：為維持生態系平衡下運用多種可行的防治方法，使害蟲的族群密度維持在經濟危害水平之下；最簡單的說法便是利用各種方法讓害蟲的族群動態降至經濟危害水平之下，是一個預防、綜合的方式來經營管理我們的植栽。而害蟲防治(pest control)的意義是指植物害蟲發生後採取之防除害蟲的手段或方法，這是一種事後的補救工作，有點像是頭痛醫頭、腳痛醫腳，無法根本解決植物病蟲害的問題。

在害蟲綜合管理中，害蟲的定義是植食性昆蟲(phytophagy)對植物的取食已經超過經濟危害水平，對人類的利益已造成危害者，才稱為害蟲。因此不同的經濟作物，依據其栽植目的、經濟價值而有不同的經濟危害水平、不同的防治時機和防治方法。例如園藝作物中的花卉和高經濟價值的水果，它們的經濟危害水平非常低，只要受到一點危害，便會對其品質造成非常大的損失，因此它們的害蟲綜合管理必須非常嚴密及精緻；而造林木和綠化植物的經濟危害水平非常高，若非植株被植食性昆蟲的取食已經危害到其生存或是影響到景觀，一般輕微的影響可以使用一些簡便、無毒害的防治方法便可以使害蟲的族群降至經濟危害水平之下，無須實施藥劑防治。

因為環境條件苛刻，海岸林的建造更為困難，因此海岸造林樹種植食性昆蟲生活習性和族群動態的調查，是蟲害管理的預防工作，是造林成敗的當務之急。

材料與方法

一、調查樣區與海岸造林樹種

調查樣區以林業試驗所太麻里研究中心第四林區海岸林及金崙高架橋下臺9線412K+600-413K+200保安林復舊造林。

調查時間為108年4-6月間。在以上兩地海岸林的造林樹種中篩選重要且數量較多的樹種：水黃皮、欖仁、臺灣欒樹、苦楝、黃槿、繖楊、光臘樹、相思樹、木麻黃、臺灣海棗、蘭嶼羅漢松、宜梧、白水木等13種樹種，每一樹種至少20株。

二、植食性昆蟲的發生率及為害程度調查

植食性昆蟲(phytophagy)的定義是指以植物體的根、莖、葉、花、果實為食的昆

蟲。植食昆蟲依其口器的不同，又可區分為咀嚼式口器植食昆蟲和刺吸式口器植食昆蟲。在現場能直接鑑定植食昆蟲種類者，拍照存證，幼蟲或難以直接鑑定者，帶回研究室飼養或製作標本加以鑑定。

植食性昆蟲的發生率(%)：植食性昆蟲取食株數 n /調查株數 N

植食性昆蟲的為害程度：

單株為害程度 a ：依為害程度由低到高、由輕微到非常嚴重分成1~5級。

單一樹種總為害程度 $A=(a_1+a_2+a_3+\dots)/N$ 。

結果與討論

一、兩樣區的植食性昆蟲

在太麻里海岸林調查 10 個樹種：水黃皮、欖仁、臺灣欒樹、苦楝、黃槿、光臘樹、相思樹、木麻黃、宜梧、白水木，發現咀嚼式口器植食昆蟲 2 目 9 科 11 種，刺吸式口器植食昆蟲 1 目 4 科 6 種，合計 3 目 13 科 17 種。以鱗翅目蝶、蛾幼蟲 10 種最多，除了蛀心捲葉蛾幼蟲蛀食新芽幼枝，其餘 9 種蝶、蛾幼蟲及絨毛大黑花金龜取食葉部組織。刺吸式口器植食昆蟲均屬於異(半)翅目的介殼蟲、粉蝨、椿象，除了螺旋粉蝨在葉背取食，其餘 4 種介殼蟲、1 種椿象均在枝幹吸食樹液。

在金崙海岸林調查 8 個樹種：水黃皮、欖仁、苦楝、黃槿、繖楊、臺灣海棗、蘭嶼羅漢松、白水木，發現咀嚼式口器植食昆蟲 2 目 7 科 8 種，刺吸式口器植食昆蟲 1 目 4 科 4 種，合計 3 目 11 科 12 種。以鱗翅目蝶、蛾幼蟲 7 種最多，除了蛀心捲葉蛾幼蟲蛀食新芽幼枝，其餘 6 種蝶、蛾幼蟲取食葉部組織，星天牛成蟲啃食樹皮，嚴重時造成環剝。刺吸式口器植食昆蟲均屬於異(半)翅目的粉蝨、蚜蟲、椿象，除了羅漢松蚜吸食嫩芽、螺旋粉蝨在葉背取食，其餘 2 種椿象均在枝幹吸食樹液。

表 1. 太麻里海岸林植食昆蟲調查

種類	水黃皮	欖仁	臺灣欒樹	黃槿	光臘樹	相思樹	木麻黃	宜梧	苦楝	白水木
沖繩絨毛弄蝶	30% 0.4									
棉捲葉野螟				5% 0.05						
大避債蛾		75% 0.75		15% 0.15			10% 0.1			

褐斑毒蛾			5%	0.05					5%	0.05								
臺灣黃毒蛾							5%	0.05										
小白紋毒蛾			5%	0.05														
桔肖毛夜蛾			5%	0.05														
蛀芽捲葉蛾	5%	0.1																
霜降天蛾								5%	0.05									
紅緣燈蛾								5%	0.05				5%	0.05			10%	0.15
絨毛大黑花金龜	5%	0.05																
褐圓盾介殼蟲					5%	0.1										5%	0.1	
椰子櫛圓盾介殼蟲					25%	0.55												
額瘤副盾介殼蟲																15%	0.3	

吹棉介殼蟲										5%	0.1	30%	0.3				
螺旋粉蝨	65%	0.8	55%	0.55						15%	0.15						
黃星椿象	5%	0.05														20%	0.2

表 2. 金崙海岸林植食昆蟲調查

種類	水黃皮		欖仁		黃槿		繖楊		臺灣海棗		蘭嶼羅漢松		苦楝		白水木	
黑星弄蝶									20%	0.25						
棉捲葉野螟					5%	0.15	50%	0.9								
褐斑毒蛾			5%	0.05												
小白紋毒蛾			5%	0.05												
蛀芽捲葉蛾	95%	1.1														
豆天蛾	5%	0.1														
普三色星燈蛾															10%	0.1
星天牛														15%	0.15	
星天牛食痕														55%	0.8	
羅漢松蚜											15%	0.15				
螺旋粉蝨	5%	0.1	60%	0.6			10%	0.1								
黃星椿象															10%	0.1
紅姬緣椿象															5%	0.1

*綠色欄位為發生率，白色欄位為為害程度

由於兩地的造林時間、環境、樹種不同，太麻里海岸林造林時間超過 5 年，金崙海岸林造林時間少於 3 年，因此太麻里的植食性昆蟲種類較多，2 地皆有出現的植食昆蟲有 6 種：棉捲葉野螟、褐斑毒蛾、小白紋毒蛾、蛀芽捲葉蛾、螺旋粉蝨。

植食性昆蟲依寄主植物多寡區分成以下三型：

多食性昆蟲(polyphygous)：寄主植物超過 2 個科以上者。

寡食性昆蟲(oligophygous)：寄主植物僅在 1 個科或科內幾個屬或種者。

單一食性昆蟲(monophygous)：寄主植物僅有 1 個種者。

沖繩絨毛弄蝶、黑星弄蝶、豆天蛾、霜降天蛾、蛀芽捲葉蛾、棉捲葉野螟、羅漢松蚜為寡食性昆蟲，其他的螺旋粉蝨、褐斑毒蛾、臺灣黃毒蛾、小白紋毒蛾等等為多食性昆蟲。

二、植食性昆蟲的發生率及為害程度

在臺東海岸林調查 13 個樹種，共發現 3 目 18 科 22 種植食昆蟲，發生率超過 50% 以上的，在太麻里有大避債蛾 75%(欖仁)、螺旋粉蝨 65%(水黃皮)、55%(欖仁)三種發生在 4 個樹種；在金崙有棉捲葉野螟 50%(繖楊)、蛀芽捲葉蛾 95%(水黃皮)、星天牛食痕 55%(苦楝)、螺旋粉蝨 60%(欖仁)四種發生在 4 個樹種。

為害程度超過 0.5 以上的，在太麻里有大避債蛾 0.75(欖仁)、螺旋粉蝨 0.8(水黃皮)、0.55(欖仁)、椰子橢圓盾介殼蟲 0.55(臺灣欒樹)三種發生在 3 個樹種；在金崙有棉捲葉野螟 0.9(繖楊)、蛀芽捲葉蛾 1.1(水黃皮)、星天牛食痕 0.8(苦楝)、螺旋粉蝨 0.6(欖仁)四種發生在 4 個樹種。

一般植食性昆蟲發生率高，相對為害程度亦會提高，但椰子橢圓盾介殼蟲在臺灣欒樹上發現率 25%，因為單株上該介殼蟲寄生主幹和枝條上，數量非常多，為害程度才達到 0.55。

三、應予防治的植食性昆蟲和樹種

植食性昆蟲以植物體的根、莖、葉、花、果實為食的昆蟲，咀嚼式口器植食昆蟲對植物體危害最嚴重的是蛀食根或莖幹，以及刺吸式口器昆蟲數量龐大時亦會造成植物體枯萎。

依據以上原則，可以列為害蟲，亟需防治的太麻里欖仁上的大避債蛾 75%-0.75、螺旋粉蝨 55%-0.55、水黃皮的螺旋粉蝨 65%-0.8，在金崙繖楊上的棉捲葉野螟 50%-0.9、水黃皮上的蛀芽捲葉蛾 95%-1.1、苦楝上的星天牛食痕 55%-0.8、欖仁上的螺旋粉蝨 60%-0.6。

以本研究結果可以做為森林經營管理病蟲害管理的依據。

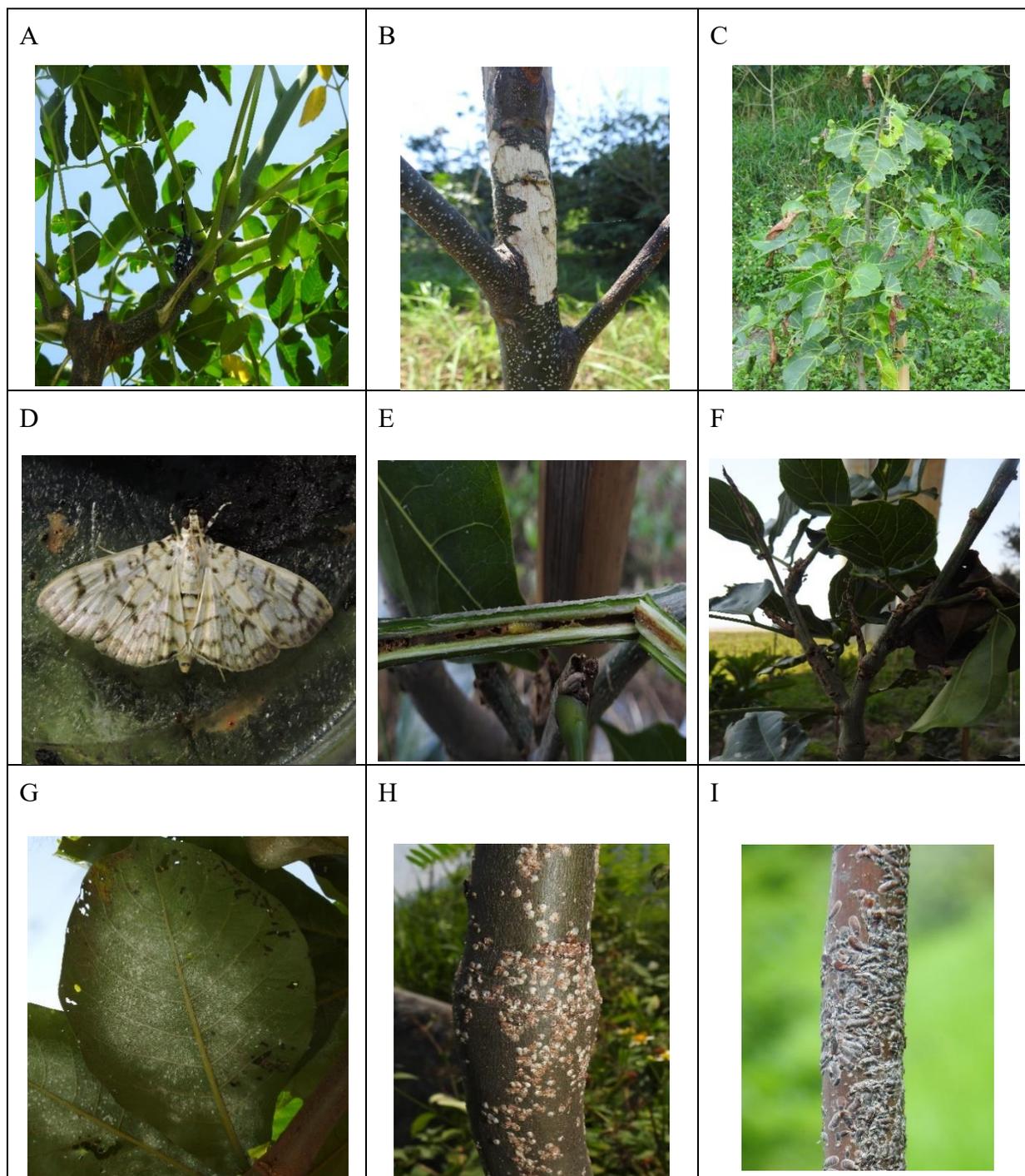


圖 1. 臺東地區海岸林重要植食性昆蟲：

A.星天牛。B.星天牛食痕。C.繖楊上的棉捲葉野螟造成的葉捲。D.棉捲葉野螟成蟲。
E.蛀芽捲葉蛾幼蟲蛀食水黃皮的嫩莖。F.蛀芽捲葉蛾造成水黃皮的莖梢枯死。G.欖
仁上的螺旋粉蝨。H.臺灣欒樹上的椰子橢圓盾介殼蟲。I.苦楝上的額瘤副蝟盾介殼
蟲。

(參考文獻請逕洽作者)

臺灣原生三種松樹種子的採收、發芽與儲藏

楊正釗^{1)*}

¹⁾林業試驗所植物園組。10006臺北市南海路53號。

*通訊作者，E-mail:yjc@tfri.gov.tw。

前言

臺灣原生的松科(Pinaceae)植物有 6 屬 9 種，其中松屬(*Pinus* spp.)有 4 種，本文就常被作為造林用的臺灣華山松(*Pinus armandii* Franchet var. *masteriana* Hayata)、臺灣五葉松(*Pinus morrisonicola* Hayata)及臺灣二葉松(*Pinus taiwanensis* Hayata)等 3 種松樹，將林試所種子庫過去所累積的種子採集、發芽與儲藏等精確數據資料加以整理分析，以作為當前實際採種及育苗作業的基本參考資料。

松果的採集

種子成熟度影響日後育苗的發芽率、幼苗生長量及成苗率等甚鉅，當松果轉變為成熟的顏色時(由深綠色逐漸乾熟轉為褐色)，種子才會有最好的品質。毬果尚未成熟所得的松子，其發芽率一定會較低，即使胚部成熟能夠發芽，也會因為種子內部養分累積尚未足夠，而使其幼苗活勢有較差的表現。

臺灣松屬樹種的果實都是堅硬的木質化毬果，果實大小都在 5 cm 以上，某株母樹的毬果產量是否達到採收標準，能直接由肉眼或配合望遠鏡來觀察判斷。當採種人員到達母樹現場時，必須靠現場經驗及使用望遠鏡仔細觀察，以判斷有大量掛果的母樹是否值得攀爬採種。某株看起來大量結果的松樹，卻很可能這些毬果都是去年甚或前年就成熟，但尚未掉落的已開裂黑褐色舊果，這些宿存的毬果內其實均不具有效種子，因此，只有掛著大量當年新鮮成熟果實的母樹才值得攀樹採種。當松果先端一半達成熟的褐色或先端開始裂開時，就是良好的採收時間點，若延遲至 12 月下旬以後才採收，往往會因鳥獸取食，或部分果實熟裂讓種子飄散而減少收量。此外，成熟時松脂會從裂開的毬果內滲出，所以果實上會附著白色黏稠物，此點亦是判斷松果是否達成熟階段的準則之一。這三種松樹的種子空粒率通常都不低，此可能與各單株當年的授粉狀況及胚胎發育有關，為避免採獲大量空粒種子而利不及費，應在某單株母樹攀樹採種前，先採樣剪開種子以評估其空粒率，此步驟實為必要。建議當某株母樹的種子空粒率高於 50% 時，則應該放棄採收。

因易結果的成熟松樹通常都很喬大，尤其臺灣華山松往往高達 40 公尺以上，所以必須僱請專業爬樹工上樹來進行採種。採收時必會截枝收果，損傷母樹在所難免，然建議應只針對掛果較多的面向進行截枝採果，採收量勿超過整體樹冠的 1/4，並禁止直接鋸斷大樹枝如是殺雞取卵的採種行為，而是使用較長的鉤刀，只截斷徑

約 3 公分以下且有大量掛果的枝條，即應以上述較為友善的採種作業，來控制並減低對母樹所造成的傷害。

松果及松子的處理

剛從母樹採收下來尚未完全開裂之新鮮松果，因水分含量仍豐故頗為沈重，運回後應立即攤開乾燥以使毬果儘速裂開，不建議以傳統的日曬法來乾燥毬果，因此法易遭天候影響，一旦連日陰雨就無法確實掌握乾燥時程，且有讓果實種子發霉的危險，另戶外曝曬也有使種子易遭受感染、遭動物吃食、溫度過高使種子老化而降低活力及耗費人力等等缺點。林試所種子庫近年所自行開發的「節能省工冷乾技術」，能使松果在室內乾燥 1~3 天後就完全開裂，接著以網篩震盪機篩出種子，松子經去翅、洗淨及液選淘汰輕空粒後，隨即將精選種子以急速低溫乾燥機將種子含水率迅速降到約 5%，再以鋁箔袋密封後於-20°C 進行長期儲藏，此一系列簡單迅速的操作模式能使松子維持最佳的活力品質。

過早採收或成熟度不足的松果採回後，即使經完善的乾燥設備處理，仍可能有部分毬果難以裂開，亦即無法裂開的啞果比率會較高，甚至亦可能全部均為啞果，此情況應剪開種子判斷其種仁飽滿度，若種仁多呈乾扁，且顏色偏黑褐而非正常的純白色，則終究應予捨去。此外，有部分的臺灣二葉松及少數的臺灣五葉松，即使是在 11 月中下旬~12 月等適當採種季節所採獲的已熟毬果，亦可能因當年的天候因素或各單株本身的遺傳特性，而有高比率無法乾燥開裂的乾啞果，這些啞果可用弓型夾或桌上型虎鉗先予以夾破，產生裂痕後浸水 12 小時，等乾果內部吸入水分後再急速乾燥，如此反覆操作 2~3 次後，應該就能促使其開裂而取得種子，然這些額外的處理過程會耗費大量的人力經費。

臺灣原生三種松樹種子的發芽與育苗數據

一、臺灣華山松(*P. armandii* var. *masteriana*)

針葉大喬木，樹高可達 40 m，胸徑 1 m 以上，為臺灣特有變種，分佈於臺灣中北部海拔 2,300~3,000 m 的森林中。線型葉 5 針一束，長度 7~15 cm。果實成熟期為 11 月~12 月中旬，成熟時毬果由深綠色逐漸變為褐色。成熟毬果呈長橢圓形，長 8~16 cm，果徑約 6~8 cm，平均果長 10.6 ± 2.2 cm，平均果徑 6.8 ± 0.9 cm。每個長度 7~10 cm 的毬果有種子 57 ± 8 粒，長度 10~15 cm 者則每果有種子 72 ± 9 粒，平均每個毬果具有種子 66 ± 11 粒。種子不具翅，但周圍有稜，呈稍壓扁之不規則卵圓形。一般成熟毬果的種子空粒率約為 20~40%。毬果經乾燥熟裂後的種子含水率已降低至約 8~11%，種子平均長度為 11.6 ± 0.6 mm，寬度 7.6 ± 0.8 mm，厚度 4.7 ± 0.3 mm，千粒重為 189.9 ± 1.6 g，每公升粒數為 $3,545 \pm 261$ 粒，一般未經汰選的種子其發芽率約為 $60.7 \pm 22.1\%$ ，但經水選淘汰浮水輕粒者的發芽率可高達 $98.0 \pm 1.4\%$ (表 1)。臺

灣華山松種子具休眠性，新鮮種子以30/20°C變溫發芽(每日8小時的30°C；50~80 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 光照，及16小時的20°C；黑暗。以下同)，經12週後，僅有約64%具活力種子能順利發芽，且是在第4~12週中零散發芽；當發芽期再延長至24週後，亦僅有69%具活力種子能完成發芽，因此推估臺灣華山松的成熟種子約有30~40%具深度休眠性，推論應為硬厚種殼所導致的機械性休眠。以4°C低溫層積2個月的發芽前處理就能完全解除臺灣華山松種子的休眠性，經此處理的種子隨即轉入30/20°C變溫環境中，可在12週內能完全發芽完畢，且發芽主要集中在第2~8週。推估經淘汰空粒的臺灣華山松精選種子每公升約可育成出栽苗木1,945株，每公斤則約可育成2,890株(表2)。

表1.三種臺灣原生松樹的種子基本資料(除最後一項外，均為精選種子之平均數據)

樹種名稱	臺灣華山松	臺灣五葉松	臺灣二葉松
種子長度(mm)	11.6 ± 0.6	11.8 ± 0.9	4.6 ± 0.3
種子寬度(mm)	7.6 ± 0.8	5.5 ± 0.3	2.4 ± 0.1
種子厚度(mm)	4.7 ± 0.3	3.6 ± 0.2	1.5 ± 0.1
乾裂果實之種子含水率(%)	8~11	7~10	7~9
種子千粒重(g)	189.9 ± 1.6	81.6 ± 1.4	6.58 ± 0.03
每公升種子粒數	3,545 ± 261	5,960 ± 149	78,038 ± 610
精選種子發芽率(%)	98.0 ± 1.4	95.3 ± 0.9	83.1 ± 4.5
未精選種子發芽率(%)	60.7 ± 22.1	53.3 ± 13.3	59.7 ± 14.1

表2.三種臺灣原生松樹種子的儲藏性質與育苗所需精選種子量(去翅種子)推估。育苗工作者亦可依照自己的發芽及育苗技術，調整以下的發芽率及成苗率指數，以計算推估出自己的育苗所需種子量。

樹種名稱	種子儲藏性質	每公升種子育苗株數 ¹⁾	每公斤種子育苗株數 ²⁾	每生產10000株苗所需種子公升數	每生產10000株苗所需種子公斤數
臺灣華山松	正儲型	1,945	2,890	5.1	3.5
臺灣五葉松	正儲型	2,700	5,600	3.7	1.8
臺灣二葉松	正儲型	31,000	60,600	0.32	0.17

¹⁾每公升種子育苗株數=每公升粒數(表1)×發芽率(表1)÷100×0.8(估計一般採種商所交付種子的發芽率為表1所列平均之80%)×成苗率 0.6或0.7(以臺灣華山松發芽種子之成苗率為70%；臺灣二葉松及臺灣五葉松之成苗率為60%來計算)。

²⁾每公斤種子育苗株數=1000/千粒重(表1)×發芽率(表1)/100×1000×0.8(估計一般採種商所交付種子的發芽率為表1所列平均之80%)×成苗率0.6或0.7(同上)。

二、臺灣五葉松(*P. morrisonicola*)

針葉大喬木，樹高可達30 m，胸徑可達1.2 m以上，為臺灣特有種，分佈於臺灣全島海拔300~2,300 m山區，常與闊葉樹混生，但因本島海拔500 m以下山區多遭人為開發，故目前本種在低海拔地區也不常見到。線型葉5針一束，長度約8 cm。果實成熟期為11月~12月上旬，成熟時毬果由深綠色轉褐色。成熟毬果呈長橢圓形，長8~12 cm，徑約5~7 cm，平均果長 9.5 ± 0.9 cm，平均果徑 6.1 ± 0.4 cm。每個毬果平均具有種子 64 ± 10 粒。種子具翅，去翅種子呈兩端尖銳之長卵形~長紡錘形。成熟果實的種子空粒率一般約為20~50%。毬果經乾燥熟裂後的種子含水率已降低至約7~10%，去翅種子平均長度 11.8 ± 0.9 mm，寬度 5.5 ± 0.3 mm，厚度 3.6 ± 0.2 mm，千粒重為 81.6 ± 1.4 g，每公升粒數為 $5,960 \pm 149$ 粒，一般未經汰選的種子其發芽率約為 $55.3 \pm 13.3\%$ ，但經液選淘汰浮水輕粒者的發芽率可高達 $95.3 \pm 0.9\%$ (表1)。臺灣五葉松種子不具休眠性，新鮮種子於30/20°C變溫發芽時可在12週內發芽完畢，且主要集中在第2~8週中發芽。推估臺灣五葉松精選種子每公升約可育成出栽苗木2,700株，每公斤乾燥至含水率約5%的種子則約可育成5,600株(表2)。

三、臺灣二葉松(*P. taiwanensis*)

針葉大喬木，樹高可達40 m，胸徑可達80 cm以上，亦為臺灣特有種，分佈於臺灣全島海拔750~3,000 m之開闊向陽地，常形成天然純林，大片純林的發生常與火災息息相關。線型葉2針一束，長度約8~11 cm。果實成熟期為11月~12月，成熟時毬果由深綠色轉為褐色。成熟果橢圓形，常常先端呈漸尖狀，長約6~7 cm，果徑約3.5~5 cm，發育良好的未開裂毬果平均果長 5.9 ± 0.5 cm，平均果徑 3.7 ± 0.2 cm。每個毬果平均具有種子 94 ± 28 粒。種子具翅，去翅種子呈一端尖銳之長卵形。成熟果實的種子空粒率一般約為30~50%。毬果經乾燥熟裂後的種子含水率已降低至約7~9%，去翅種子平均長度 4.6 ± 0.3 mm，寬度 2.4 ± 0.1 mm，厚度 1.5 ± 0.1 mm，千粒重為 6.58 ± 0.03 g，每公升粒數為 $78,038 \pm 610$ 粒，一般未經汰選的種子其發芽率約為 $59.7 \pm 14.1\%$ ，但經液選淘汰浮水輕粒者的發芽率可達 $83.1 \pm 4.5\%$ (表1)。臺灣二葉松新鮮種子不具休眠性，當用30/20°C變溫發芽時，可在播種後4週內完全發芽，且主要集中在第2週中大量發芽。推估臺灣二葉松種子每公升約可育成出栽苗木31,000株，每公斤經乾燥種子則約可育成約60,600株(表2)。

臺灣原生三種松樹種子的儲藏性質與長期儲藏條件

臺灣華山松種子可以耐乾燥，將新鮮種子快速乾燥至含水率2.5~8.7%時，種子發芽率完全不會下降，再將如此乾燥的種子儲藏在4°C及-20°C經2年後，其種子活力完全沒有衰減現象。臺灣五葉松種子亦具耐旱性，將新鮮種子快速乾燥至含水率2.3~4.6%時，種子活力未見衰減，當此乾燥種子儲藏在4°C及-20°C經2年後，仍能

完全維持其種子活力。相同地，臺灣二葉松種子也甚耐旱，將新鮮種子馬上乾燥至含水率1.5~8.3%時，種子發芽率並未顯著下降，這些種子儲藏在4°C及-20°C經2年後，其種子活力也未見顯著下降趨勢。因此，這三種松樹種子以其能耐乾燥又耐零下低溫儲藏的特性，判斷均屬正儲型種子。這三種松樹均是具有長壽命的種子，都是可以儲藏種子方式來進行保種的樹種，建議將潔淨的新鮮種子，先以液選方式淘汰空粒及輕粒後，再立即以快速乾燥方式將種子含水率分別降到3~7%(臺灣華山松及臺灣二葉松)及2~5%(臺灣五葉松)，隨即密封儲存在-20°C環境中，以進行長期的儲藏保種作業。

結論

三種臺灣特有松樹-臺灣華山松、臺灣五葉松及臺灣二葉松的種子都屬耐乾旱且長壽命的正儲型，故可用儲藏乾燥種子的方式來進行這三樹種的種源蒐集及保種作業。臺灣華山松種子具休眠性，可以4°C低溫層積處理2個月來解除之，而臺灣五葉松及臺灣二葉松的種子則不具休眠性。經液選淘汰空粒與輕粒的臺灣華山松優良種子，每公升約可育成出栽苗木1,945株，每公斤則約可育成2,890株；臺灣五葉松精選種子則每公升約可育成2,700株，每公斤約可育成5,600株苗木；種子體型最小的臺灣二葉松，其每公升精選種子約可育成31,000株，每公斤約可育成60,600株苗木。

(參考文獻請逕洽作者)

雲林平原區動植物多樣性探討-國土生態綠廊

何坤益^{1)*}、何宗恆¹⁾

¹⁾國立嘉義大學森林暨自然資源學系。60004 嘉義市鹿寮里學府路 300 號。

*通訊作者，E-mail: kyho@mail.ncyu.edu.tw

前言

臺灣西部地區的沿海濕地可視為生物多樣性的熱點，也是許多野生動物之重要棲地(李建志等，2010)，然而早期該地區為農業發展鼎盛區域，對於平原地區有著高度的農業開發(許炳修等，2003)，其中不乏對溪流地區有開發現象，而現今臺灣地區仍有溪流正面臨著開發而導致環境遭受破壞的壓力，因此濱水帶(riparian zone)是許多專家學者致力於研究的地帶，目前已證實濱水帶可降低水溫、過濾雜質、穩定河性、提供野生動物遷徙及棲息之場所，和供給生物所需食物來源(葉明峰，2003；Bennett *et al.*, 1994; Hess and Fischer, 2001)。

臺灣早期大多森林生態研究報告著重在高海拔地區人為干擾較少的原始森林做調查，近年來也有許多報告針對河口或海岸地區生物資源調查(黃朝慶，1988)以及低海拔地區溪流植群調查(陳銘賢，1990)。如能結合雲林地區各地之風俗林植群、農田生態系、廢耕地等地形，將會形成一踏腳石系統(stepping stone system)，進而提供生物遷徙，達到綠色網絡的藍圖構想，其中風俗林是由早期之沙丘林經時間的推移慢慢形成的，多座落於田野之間，目前因平原區多數遭受人為開發，使得原有存在的風俗林遭切割而有破碎化現象。

生物多樣性涵蓋植物及動物面向，植物的分佈及繁衍多數依靠動物的傳遞，且兩者常具有緊密聯接之關係，如植食性鼠類受火災干擾使得族群數下降，進而影響高級消費者如蛇類之族群數量(陳芬蕙、胡正恆，2018)。不同植被地貌所能提供野生動物棲息的環境亦有所不同，進而造就生物之多樣性及複雜性，如能針對區域之保全對象生物進行了解及監測，得知其利用棲地之關係，進一步進行保護規劃。

本研究進行雲林縣新虎尾流域之濱水帶、周邊廢耕地及風俗林之監測，調查樣區內之每木胸徑及林下地被覆蓋度、歧異度，及六項環境因子，並進行各樣區動物相監測，試圖尋找出雲林平原地區植物社會演替階段及影響植群分化的主要因子及物種瞭解，期望透過此調查及分析能為日後森林經營管理有所貢獻。

材料與方法

一、植群調查方法及分析

本試驗植群調查以新虎尾溪為主軸，並於溪流兩旁尋找廢耕地及風俗林等地型設置樣區，溪流樣區設置方法採用平行於河道設置 20 個 5×20 m² 之長方形樣區

進行植群調查，由於樣區未跨越河道，就定性定量的觀點而言是能取到較均質的環境；另於河流旁尋找 5 處廢棄地及 12 處風俗林，同理設置 $5 \times 20 \text{ m}^2$ 之長方形樣區。

(一)植群分析

依據各樣區調查所得資料，使用 Wisconsin 學派常用的重要值指數作為分析 (Important Value Index, IVI)，木本植物以胸徑及各樣區出現之株數，換算為相對優勢度、相對頻度及相對密度，三者加總得出重要值指數，每一樣區指數恆為 300，經轉換以 100 % 為基準，製成符合 PC-ORD 6.0 套裝軟體分析格式的原始矩陣表 (raw matrix)。

(二)歧異度分析

歧異度指數以生物社會的豐富度及均勻程度的組合所表示，本試驗採用種類豐富度 (SR)、Simpson 氏優勢度指數 (C)、Shannon 氏歧異度指數 (H)、均勻度指數 (e) 等四種公式探討樣區內木本層及地被層之歧異度。

(三)植群分類及降趨對應分析

分類方法以多變數分析法中的群團分析法 (Cluster analysis, CA) 進行植群分類之探討，將所得各區之 IVI 值輸入 PC-ORD 套裝軟體進行分析 (McCune and Mefford, 1997)，相似度計算採用 Sørensen 相似性指數 $IS = 2w/(a+b)$ ，依相似性高低依序將兩樣區先後合併，最後繪製成一樹狀圖 (dendrogram) 以表示植群的分類結果，選擇一適當之相似性水準，將樹狀圖切分為多個群團。

藉由降趨對應分析法 (Detrended Correspondence Analysis, DCA) 可表示出物種於空間分布上差異，經計算各樣區環境因子與植群的相關性後得出各序列軸，此時序列軸之單位 (SD) 相當於 β 歧異度，故其數值越高代表物種於軸上的轉換程度越高，1~1.4 之間表示物種可能轉換一半，當達到 4 SD 以上代表兩樣區間無共同物種 (蘇鴻傑，1987、1996)。

二、環境因子分析

生育地上的環境因子對於植物的生長與分布是有顯著的影響的，因此為植群社會進行分類時，尚須考慮生育地之環境因子，並討論其相關性 (蘇鴻傑，1987)。

(一)海拔高

使用掌上型衛星定位儀器於樣區中心測得海拔高度及樣區座標。

(二)距海遠近

以樣區中心點座標為基準，測定與出海口之直線距離。

(三)土壤性質

自樣區利用土壤取樣器於樣區各頂點及中心點等 5 點，挖取深度為 0-20 cm 之 100 g 表土，以及 20-40 cm 之底土層 100 g，並將 5 點充分混合均勻成一樣本代表

該區土壤，採回之土壤樣本置於室內鋪平陰乾，經過 20 mesh(0.84 mm)篩網過篩備用(陳仁炫，2008)。分別分析 pH 值、EC 值、有機質、以及質地等四項因子。

三、動物調查方法及分析

(一)監測點設置

監測區域為新虎尾溪之中游、中下游、下游三區域，於各區域尋找溪流、農田、以及平地造林等三種不同類型樣區。溪流樣區延著溪流設置一條 300 m 之調查樣線，以 20 m 為間距共設置 7 個陷阱，3 個區域合計 21 個；農田區沿線以 20 m 為間距設置 5 個陷阱，3 個區域合計 15 個；於各區域選定三處平地造林，每一處放置 3 個陷阱，3 個區域合計 27 個，整體試驗總計擺放 63 個鼠籠，將針對雲林平原區不同植生塊集進行小型哺乳類調查，調查期間自 2019 年 4 月至 8 月，各月底進行五天四夜調查，總計 1260 個籠夜。

並於三區之溪流、農田、以及平地造林各設置一臺紅外線自動相機，合計 9 臺，將相機固定於離地高度約 60 cm 之樹幹上，鏡頭朝向地面約 45° 進行地面拍攝。

(二)多樣性分析

本研究以 1 小時出現之同一隻個體作為 1 張有效照片，如 1 張照片內有 2 隻以上的不同個體，則各個體皆視為一筆有效資料(Chiang *et al.*, 2007)，影像資料皆攜回研究室進行判釋，以出現頻度指數(Occurrence Index, OI)作為相對豐富度之比較基準，目前相關動物調查研究中，多以出現頻度指數作為不同研究或樣點之相對豐富度比較參考依據(陳一銘等，2015；陳芬蕙、胡正恆，2018)，由於假設拍攝到影像次數越多，代表該種類於該樣點之相對豐富度越高，OI 值之計算公式： $OI = (\text{一物種於該樣點的有效照片數} / \text{該樣點的總工作時數}) \times 1000 \text{ 小時}$ 。

結果與討論

一、植群結果與討論

(一)樣區植群概述

於整體雲林平原區 37 個樣區中，共記錄到 107 種微管束植物，分別為 44 科 92 屬，其中單子葉植物有 6 科 15 屬 15 種；雙子葉植物有 37 科 76 屬 90 種；裸子植物有 1 科 1 屬 2 種，生活型以草本居多達 47 種，佔據整體生活型 43.93% 之多，喬木 26 種(23.36%)，灌木 20 種(18.69%)以及藤本 15 種(14.02%)，草本種類之多推測可能原因為部分樣區屬於溪流區域，受到河水感潮之影響抑或是季節性洪水，使得部分樣區孔隙釋出，致使有多數草本植物能進行空間上之競爭。整體樣區木本相對重要值前十大物種，以構樹(*Broussonetia papyrifera*)最為優勢 IVI 值達 28.57%，其次為血桐(*Macaranga tanarius*)(10.64%)、月橘(*Murraya paniculata*)(11.4%)、及苦楝(*Melia azedarach*)(11.36%)等；而地被之相對重要值指數方面以月橘(20.45

%)為最優勢，其次為大黍(*Megathyrsus maximus*)(9.49%)、三角葉西番蓮(*Passiflora suberosa*)(7.02%)、以及構樹(5.88%)，最優勢之月橘多數生長於風俗林樣區，其林下多以月橘為強烈優勢種。

(二)歸群結果及降趨對應分析

植群型分類是依據群團分析(CA)，使用 Sørensen 相似性指數，依據樣區相似性分群趨勢(約於 45% 的相似性水準)，將 37 個樣區切分為四個林型(圖 1)，分別為 A 型蘆葦—五節芒型(*Phragmites australis* - *Miscanthus floridulus* subtype)、B 型：銀合歡—白茅型(*Leucaena leucocephala* - *Imperata cylindrica* type)、C 型：構樹—象牙木型(*Broussonetia papyrifera* - *Diospyros ferrea* type)、D 型：血桐—黃槿型(*Macaranga tanarius* - *Hibiscus tiliaceus* type)

透過 CA 進行初步分群後，將 37 個樣區分為 4 個林型，再經由 DCA 分析後，得知序列軸 1 長達 76.99 SD，正常情性下梯度長如介於 1-1.4 SD 之間，表示物種轉換率可能達一半，當超過 4 SD 以上代表兩樣區間無共同物種，表示樣區於軸 1 兩端所包含的物種經過多次轉換，物種組成已受改變，且空間表現上有壓縮效應(圖 2)，因此將 A 型剔除，以剩餘三型群團進行 DCA 分析，得出新的三軸長度，分別為 3.01、3.29、1.93 SD，第 1 軸之長度已明顯將至 4 SD 以下，且序列軸 1 及 2 皆略高於 3 SD，顯示樣區在此兩軸(軸 1、2)的空間分佈有參考價值(圖 2)。

軸 1 與砂粒含量、有機質、Shannon 歧異度指數、種類豐富度呈現極顯著正相關，與 EC 值、海拔高呈顯著正相關；與黏粒和粉粒含量呈現極顯著負相關、與 pH 值、Simpson 優勢度指數呈現負相關，代表樣區越往軸 1 右端分佈，其土壤方面組成愈偏向砂質土，有機質及鹽分含量愈高，且植群歧異度及種類豐富度越高；軸 2 與砂粒含量呈現正相關；與粉粒、黏粒含量呈現負相關，代表樣區愈往軸 2 上端分佈，土壤組成較偏向砂土之組成。

由於第 3 軸與各項環境因子間並無任何顯著關係，因此以 1、2 軸所呈現的空間分佈較具參考價值，根據圖 2 可看出其餘三型於空間分佈上是有所區隔，分布於軸 1 右端，表示所屬生育地土壤有機質是較高的，且鹽分也同樣較高，探究其林

分組成得知此群團(D 型)多以黃槿、血桐為優勢種，地理位置位於濁水溪南岸之保安林，土壤鹽分之高可能原因為攔截來自濁水溪的鹽沫所致。

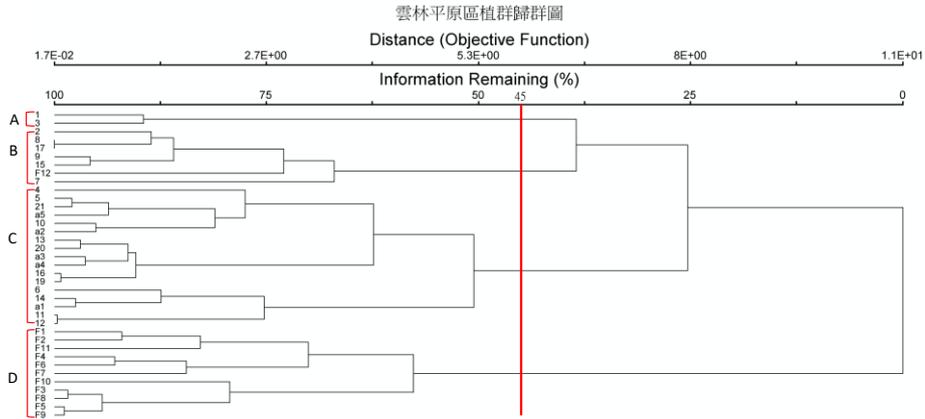


圖 1. 雲林平原區植群矩陣群團分析樹狀圖。

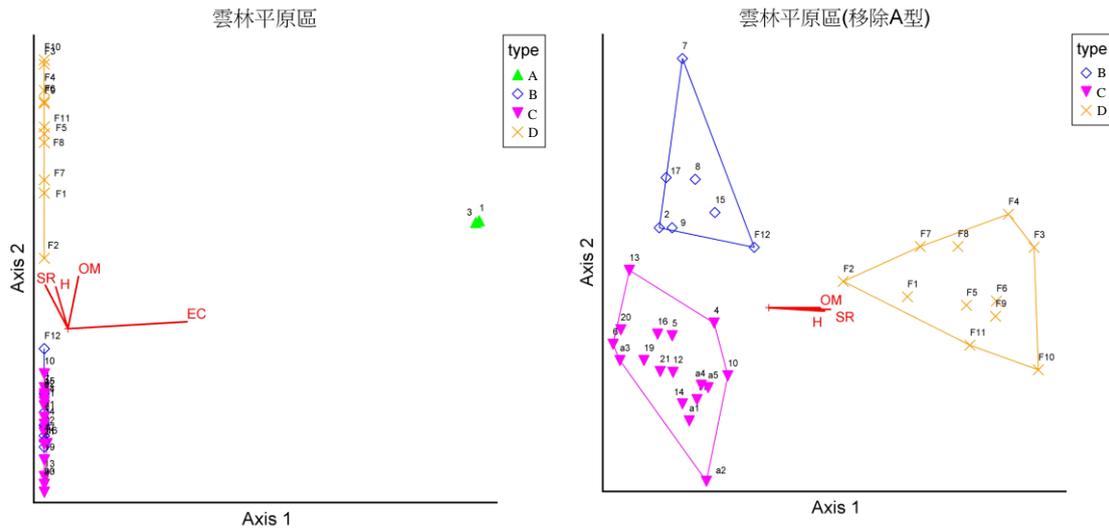


圖 2. 移除 A 型與否之降趨對應分析結果比較。

二、動物相結果與討論

本研究自 2019 年 4 月至 8 月間，9 臺相機總工作時數為 17,272 小時，記錄到之哺乳類動物有：小黃腹鼠(*Rattus losea*)、白鼻心(*Paguma larvata taiwana*)、赤背條鼠(*Apodemus agrarius*)、赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus roberti*)、臭鼩(*Suncus murinus*)、鬼鼠(*Bandicota indica*)、與臺灣野兔(*Lepus sinensis formosus*)等 7 種以及無法辨識之鼠科(Muridae)動物。

根據表 1，白鼻心、赤背條鼠、臺灣野兔此三種僅於溪流地區有記錄到，但並未於農田區或平地造林區有發現，而鬼鼠雖僅於溪流地區之相機記錄到，但於活動式陷阱捕捉試驗中於農田區有捕捉之紀錄。排除無法辨識之鼠類動物之外，其餘可辨識鼠類動物中以赤背條鼠之 OI 值最高達 8.62，而小黃腹鼠(0.43)、鬼鼠(1.29)等皆是豐富度較低的情形。

根據三種不同地貌所記錄到種類之多寡，初步研判溪流區之地形環境也許較適合提供哺乳類之利用，其中溪流所記錄到之哺乳類動物多以小型哺乳動物為主，推測此現象可能原因為新虎尾溪之高灘地範圍狹小，Budd *et al.* (1987)提出河流之寬度對於生物棲息之影響，認為 9-30 m 之河流足以提供動物之短程遷徙，但如能提供物種棲息之功能則寬度需達到 30 m 以上較為理想，而新虎尾溪南北岸高灘地寬度皆約 15-20 m，因此推測無法足以提供野生動物於此棲息，僅可提供野生動物做短暫遷徙。

表 1. 以紅外線自動相機於雲林平原區三種不同地貌拍攝之哺乳動物 OI 值

物種	樣區類型		
	溪流(n=3)	農田(n=3)	平地造林(n=3)
小黃腹鼠	0.43 ^a	0.4	0
白鼻心	1.3	0	0
赤背條鼠	8.62	0	0
赤腹松鼠	0.43	1.6	2
臭鼩	3.46-10.78	0.48-10.41	1.47-2.31
鬼鼠	1.29	0	0
臺灣野兔	0.43	0	0
無法辨識之鼠科鼠類	2.17-43.97	2.86-44.84	0.49-0.77

^a 個別樣點中該物種 OI 值範圍。如為 0 表示該物種未於此紀錄到。

(參考文獻請逕洽作者)

保護罩與保護管凹地直播法應用於花蓮新城海岸地區 直播成效之探討

黃俊元¹⁾、謝漢欽²⁾、胡元瑋¹⁾、陳建璋³⁾*

¹⁾林業試驗所太麻里研究中心。96431 臺東縣太麻里鄉大王村橋頭 6 號。

²⁾林業試驗所經營組。10066 臺北市中正區南海路 53 號。

³⁾國立屏東科技大學森林系。91201 屏東縣內埔鄉學府路 1 號。

*通訊作者，E-mail: zzzjohn@mail.npust.edu.tw。

前言

海岸林經營困難重重，除了砂質土壤保水性差、貧瘠、高溫、強風、飛砂及鹽霧等逆壓因子外，西部海岸林因地層下陷及海水倒灌造成林地長期淹水，形成高鹽分之鹽濕地，東部海岸林更因颱風導致林木毀損，暴潮侵蝕海岸林地，導致海岸線內縮。研究顯示近 75 年來，臺東地區海岸線平均退縮 59~71 m 之間，海岸線內縮速率平均每年約 1 m(陳文俊&郭金棟 2005)。臺灣東部每年可能遭受颱風暴潮的危害，造成海岸林第 1 線林帶孔隙是否持續新植造林的困境。直播造林的優點在於成本較袋苗造林低(Wennström et al. 1999, Pétursson and Sigurgeirsson 2004)，直播苗根系完整及適應力佳(Graber 1988, Rasmussen et al. 2003)，但缺點是實施條件嚴格，成效難以預期(Putman and Zasada 1986)。芬蘭研究人員於 1970 年利用 seed shelters 進行直播造林使用，提供利於種子發芽及促進幼苗生長的環境(Dominy and Wood 1986)。保護管凹地直播法係運用林木天然更新機制，藉由實施時間及地點避開某些天然更新限制因子，運用凹地結合保護管(seed shelters)營造利於林木更新之生育環境。臺灣東部木麻黃(*Casuarina* spp.)海岸防風林易受暴潮為害產生林分孔隙，而保護管凹地直播法是一種低碳及成本較低的造林方法，此法可提供暴潮危害風險高地區之海岸林孔隙造林之方案(黃俊元等 2019)。

2018 年以木賊葉木麻黃(*Casuarina equisetifolia*)為直播樹種，選擇花蓮新城海岸防風林孔隙進行直播試驗，使用 3 種型式之保護管，分別為紙杯(食用紙)、紙管(再生紙)及竹管(金絲竹(*Bambusa vulgaris*))，試驗結果紙杯及紙管之保護管遭受鼠婦(*Pill millipede*)啃食，喪失保護管功能，而竹管則是透光性低，使得多數幼苗因光量不足死亡，研究顯示木麻黃生育環境之相對光度>40%，幼苗能夠正常生長(劉瓊霖&許博行 2014)。保護管凹地直播法係運用微地形的特性，提供幼苗生育環境具有較多的土壤水分，但直播初期若遭逢長時間未降雨之非典型氣候型態，增加幼苗枯死的風險，影響直播成效。因此，本文的試驗目的(一)選擇透光性高的透明塑膠杯為保護管，防範保護管遭受鼠婦啃食失效，提供花蓮海岸地區直播造林作業之參

考；(二)發展具有類似溫室(greenhouse-like)效果之保護罩凹地直播法，提供幼苗更佳的生育環境，因應長期未降雨之非典型氣候型態，提高直播成效；(三)探討保護罩與保護管凹地直播法的成效差異，發展多元的直播造林方法。

材料與方法

一、試驗地環境

花蓮新城海岸地區之第 2618 號防風保安林(約 150 ha)，土壤屬於砂質土及砂質壤土，地勢平坦，為防止風、砂及潮害，以保護新城居民及耕地之安全。保安林內第一線林帶的木麻黃，保護第二線主林帶的海岸原生樹種，林相鬱閉完整。2005 年經海棠、泰利、龍王等強烈颱風侵襲，保安林遭受重創，使得第一線林帶之木麻黃日漸稀疏，增加第二線主林帶的逆境危害。依據 2000~2009 年之花蓮氣候觀測，花蓮地區平均年溫度約 23.6°C，平均最高溫度為 7 月份 29.8°C，平均最低溫度為 1 月份 19.2°C，年平均風速約 2.9m/s，年平均相對溼度為 77.7%，降雨量為 2,061.5 mm，降雨大多集中在 6-10 月(黃隆明 2010)。

二、試驗設計

花蓮新城海岸防風林之第一線林帶，地被覆蓋低的林地，具有少量木麻黃天然更新幼苗。2018 年 11 月選擇第一線林帶地被覆蓋率約 50% 的孔隙(X:312433,Y:2662646)進行直播試驗，試區內地被植物以馬鞍藤(*Ipomoea pescaprae*)及蔓荊(*Vitex rotundifolia*)為優勢種。直播試驗木賊葉木麻黃種子於2018年10月在臺東市海岸地區的木麻黃防風林內收集，種子的發芽率為47%。

(一) 保護管凹地直播與覆土直播試驗

試驗比較2種直播方法，每個直播方法設置3個樣區(3 m×7.5 m)，每個樣區內設置10個播種點(sowing spots)，播種點間距為1.5 m×1.5 m。保護管凹地直播(處理組)使用保護管(高18 cm、兩端直徑6 cm及11 cm)配合凹地直播法(圖1-A)；覆土直播(對照組)未使用保護管及凹地處理，僅於林地淺播覆土1 cm，並於播種點旁插立10 cm之塑膠鐵絲作為標記。2019年1月進行施肥5 g，處理組於保護管外側最底部施肥，對照組則於幼苗旁約2 cm處淺施覆土3 cm。2019年5月進行第2次施肥，每個播種點施肥量3 g，肥料使用緩效型化學肥料(slow-release fertilizer；好康多180天型: N-P-K= 14-11-13)。

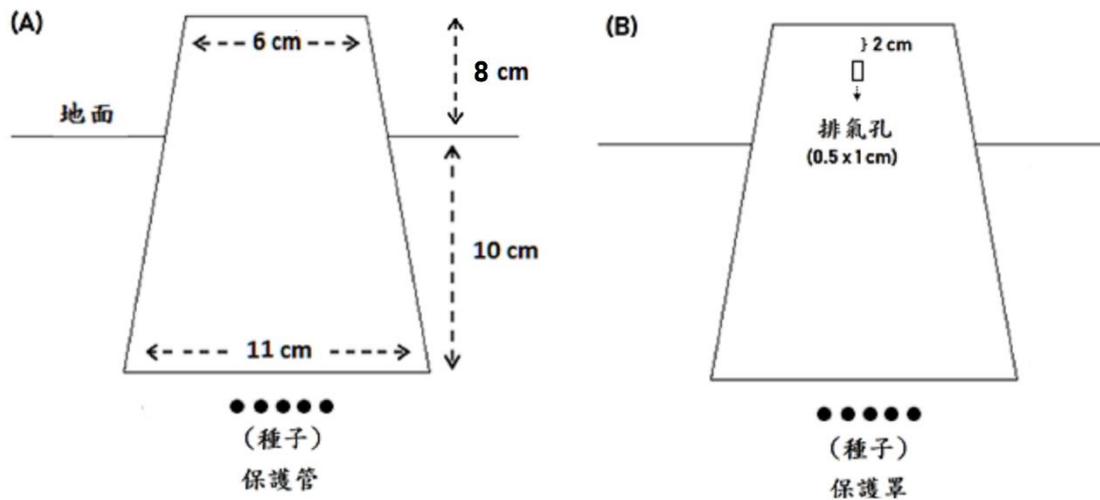


圖 1. 2019 年保護罩與保護管凹地直播法剖面圖。

(二) 保護罩與保護管凹地直播試驗

保護罩與保護管凹地直播試驗，分別設置3個樣區(9 m×7.5 m)，樣區內劃設3個小區(3 m×7.5 m)，小區內設置10個播種點。保護管(圖1-A)為聚丙烯(Polypropylene, PP)材質，為杯底割除之塑膠杯(高18 cm、兩端直徑6 cm及11 cm)；保護罩(圖1-B)使用相同型號之塑膠杯，僅於距杯底2 cm處設置1處排氣孔(0.5 cm×1 cm)。2019年1月於保護管(罩)外側最底部施肥5 g(因於保護罩內施肥會導致幼苗遭受霉菌危害)。肥料為緩效型化學肥料(好康多180天型: N-P-K= 14-11-13)。2019年5月保護罩處理頂部割除後，同時與保護管處理進行第2次施肥，每個小區進行2種不同施肥方式，分別為管內施肥(保護管內施肥)及管外施肥(保護管外側最底部施肥)，每個播種點之施肥量為3 g，使用緩效型化學肥料(好康多180天型: N-P-K= 14-11-13)。試驗於2019年4月及8月時進行保護管(罩)周圍30 cm之地被植物清除各1次。

三、生長性狀調查

試驗以播種點為觀測單位，播種點內不論長出幾株直播苗視同 1 個幼苗數(Palmerlee and Young 2010)。2019年1、5及9月調查播種點之幼苗發生率、存活率、建立率及苗高。苗高調查為量測播種點內最高的幼苗1株。

四、微氣候監測

2019年5月設置2組氣象記錄器(HOBO H21-USB Micro Station, USA)，分別連接土壤水分(Soil Moisture Smart Sensors, S-SMC-M005)及溫溼度(Temperature/RH Smart Sensor, S-THB-M002)感測器各三組，分別監測地表、保護管及保護罩內土壤深度1 cm之土壤體積含水量及空氣中的相對濕度。每30分鐘記錄1次，監測15天。

五、統計分析

木賊葉木麻黃直播試驗調查資料，使用T-test或雙因子變異數分析(two-way ANOVA)比較不同處理間的差異。以上各項試驗檢定使用SPSS Statistics 26.0統計軟體進行分析。

結果與討論

一、保護管凹地直播與覆土直播試驗

2018年11月進行2種直播試驗結果顯示(表1)，播種2個月後(2019年1月)，2種直播方式的幼苗發生率即達到最高，保護管凹地直播(處理組)之幼苗發生率 $97\pm 3\%$ 顯著優於覆土直播(對照組) $7\pm 3\%$ ($P<0.05$)。直播10個月後(2019年9月)，2種方法之幼苗存活率 $>90\%$ 。2019年9月處理組之幼苗建立率 $90\pm 6\%$ 顯著優於對照組 $7\pm 3\%$ 。直播苗生長初期，處理組苗高 5 ± 0 cm顯著優於對照組 3 ± 1 cm，但至2019年9月處理組苗高 23 ± 2 cm高於對照組 20 ± 6 cm，兩者無顯著差異。本試驗結果與2018年臺東太麻里地區之直播試驗結果一致，因凹地提供利於更新的微環境(Lähde and Tuohisaari 1976, Sahlén 1984, Putman and Zasada 1986)，使幼苗獲得充足的土壤水分促進生長(圖2-A)，同時也證實木賊葉木麻黃在花蓮新城海岸防風林具有天然更新的障礙，地表之土壤水分無法使多數的木麻黃種子發芽生長，天然更新苗僅局部零星於林地發生，並無法填補木麻黃林分孔隙(黃俊元等 2015)。因此，試驗結果可支持冬季期間受東北季風影之迎風面地區，選擇適當時機(11~1月)及地點，運用保護管凹地直播法可於海岸林暴潮危害高風險地區之造林應用。

表 1. 花蓮新城海岸林第一線林帶保護管凹地直播與覆土直播試驗成果

生長性狀	處理	2019年1月	2019年5月	2019年9月
幼苗發生率(%)	處理組 ¹⁾	$97\pm 3^{a2)}$	97 ± 3^a	97 ± 3^a
	對照組	7 ± 3^b	7 ± 3^b	7 ± 3^b
幼苗存活率(%)	處理組	100 ± 0^a	100 ± 0^a	93 ± 4^a
	對照組	100 ± 0^a	100 ± 0^a	100 ± 0^a
幼苗建立率(%)	處理組	97 ± 3^a	97 ± 3^a	90 ± 6^a
	對照組	7 ± 3^b	7 ± 3^b	7 ± 3^b
苗高(cm)	處理組	5 ± 0^a	11 ± 0^a	23 ± 2^a
	對照組	3 ± 1^b	10 ± 1^a	20 ± 6^a

¹⁾處理組(保護管凹地直播)；對照組(覆土直播)。

²⁾不同英文字母表示處理間具有顯著差異($P<0.05$)。

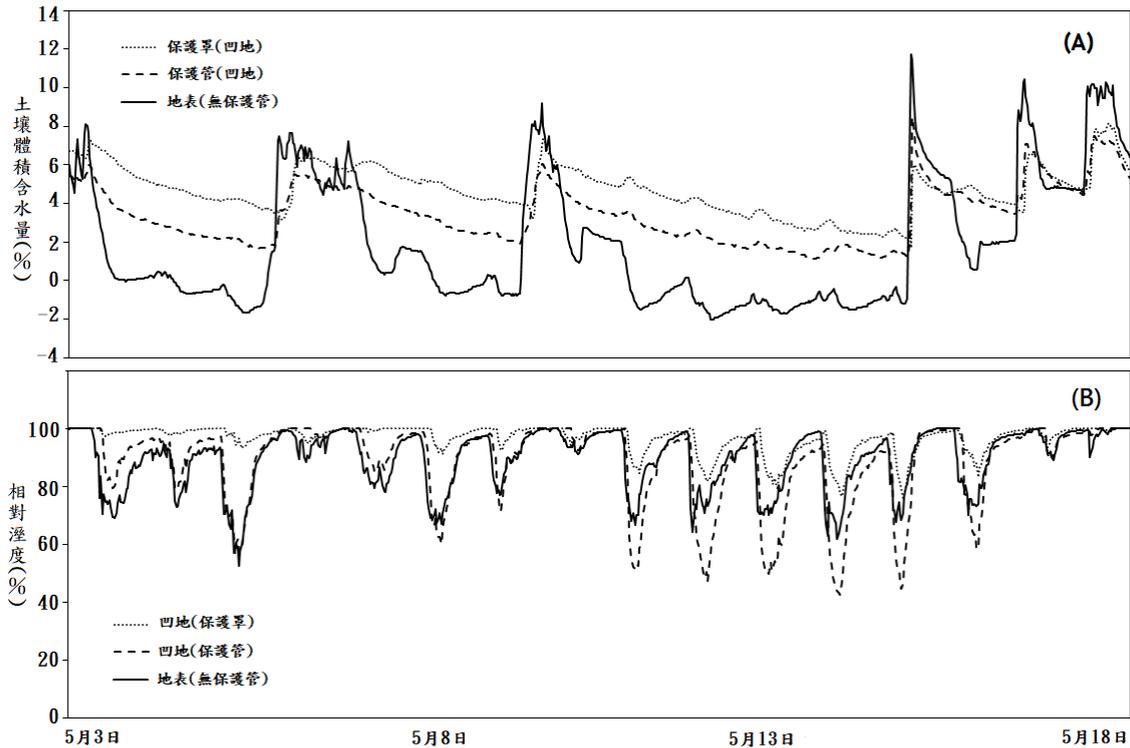


圖 2. 2019 年花蓮新城試區地表、保護管及保護罩內相對溼度及土壤深度 1 cm 之土壤水分反應。

二、保護罩與保護管凹地直播試驗

保護罩與保護管凹地直播試驗結果，2種方式培育之直播苗，幼苗發生率於播種2個月後達到100%，至2019年5月幼苗存活率及建立率 $>95\%$ ，兩者間雖無顯著差異，但使用保護罩處理之幼苗建立率高達100%優於保護管處理97%(表2)。直播6個月後，保護罩處理苗高 16 ± 1 cm顯著優於保護管處理 14 ± 1 cm ($P<0.05$)。保護罩處理之生長性狀優於保護管的原因，圖2顯示保護罩處理之土壤水分含量高於保護管處理，同時保護罩內之相對溼度也高於保護管處理(圖2-B)，使得保護罩處理之直播幼苗具有較佳的生育環境。為何保護罩內的土壤水分及相對溼度高於保護管處理，主要的原因在於保護罩幾乎是密閉式之空間，僅於上端設計1處排氣孔進行氣體交換，因此特殊的設計，可使保護罩內之土壤水分經由蒸散作用汽化成水蒸氣，所以保護罩的水蒸氣因難以蒸散至空氣中，經過冷後又凝結成水滴，使保護罩內產生如同滴灌的效果，因此幼苗具有較多的水分，尤其是面臨長時間未降雨時，保護罩內的環境類似溫室具有較高的相對溼度，以因應非典型長期間未降雨之乾旱環境。

三、施肥方式對幼苗生長的影響

保護管(罩)處理直播6個月後(2019年5月)的結果，苗高僅介於14~16 cm，經現場觀察幼苗植株生長呈現養分不足的情形，經將2019年1月於管外施肥之緩效型肥料挖開，發現肥料遭地被植物之根系完全包覆，如同腫瘤般依附於保護管底部生長，

造成直播苗生長初期的養分及水分遭受地被植物的掠奪，影響幼苗的生長。為證實施肥方式會影響幼苗生長，於是2019年5月進行第2次施肥試驗，比較管內施肥與管外施肥對幼苗生長的差異，4個月後試驗結果顯示，管內施肥處理苗高淨生長量 20 ± 1 cm顯著高於管外施肥苗高 14 ± 2 cm($P<0.05$)，再次將第2次管外處理的肥料挖開，同樣發生地被植物根系包覆肥料的情形。使用保護罩凹地直播雖然能提供幼苗較佳的生育環境，但若於保護罩內施肥除了導致植株遭受霉菌危害之外，採用管外施肥結果，肥料養分又遭受地被植物掠奪，影響幼苗生長。然而花蓮地區因冬季降雨頻率及雨量均較臺東地區高，直播期間遭逢長時間未降雨之非典型機率較低，即使於地被覆蓋率50%的孔隙直播，使用保護管凹地直播10個月後(2019年9月)之幼苗建立率仍高達91%(表2)，若試驗初期使用管內施肥，幼苗的高度應會 $>36\pm 2$ cm，因此花蓮地區使用保護管凹地直播具有較佳的執行成效。經比較臺東太麻里與花蓮新城地區於地被覆蓋度50%的直播結果，臺東6個月直播結果，幼苗建立率僅為25%，但花蓮10個月後幼苗建立率 $>91\%$ ，顯示花蓮地區具有較佳的直播成效。保護管凹地直播法能夠成功建立幼苗的關鍵，在於幼苗生長初期，需經由施肥促進幼苗生長，提高海岸逆境的適應力及存活率，保護罩凹地直播法若能克服施肥的問題，應可建立成效佳及穩定的直播方法。

表 2. 花蓮新城海岸林第一線林帶保護管(罩)凹地直播之 2 種施肥方式試驗成果

生長 性狀	處理	2019 年 1 月		2019 年 5 月		2019 年 9 月		平均
		保護罩	保護管	保護罩	保護管	保護罩	保護管	
幼苗發 生率(%)	管內施肥	-	-	-	-	100±0	100±0	100±0 ^a
	管外施肥	-	-	-	-	100±0	100±0	100±0 ^a
	平均	100±0 ^a	100±0 ^a	100±0 ^a	100±0 ^a	100±0 ^a	100±0 ^a	100±0
幼苗存 活率(%)	管內施肥	-	-	-	-	98±2	93±3	96±2 ^a
	管外施肥	-	-	-	-	96±3	89±5	92±3 ^a
	平均	100±0 ^a	97±2 ^a	100±0 ^a	97±2 ^a	97±2 ^a	91±3 ^a	94±2
幼苗建 立率(%)	管內施肥	-	-	-	-	98±2	93±3	96±2 ^a
	管外施肥	-	-	-	-	96±3	89±5	92±3 ^a
	平均	100±0 ^a	97±2 ^a	100±0 ^a	97±2 ^a	97±2 ^a	91±3 ^a	94±2
苗高 (cm)	管內施肥	-	-	-	-	34±3	36±2	35±2 ^a
	管外施肥	-	-	-	-	29±3	27±3	28±2 ^b
	平均	-	-	16±1 ^a	14±1 ^{b1)}	32±2 ^a	32±2 ^a	32±2
淨生長 量(cm)	管內施肥	-	-	-	-	18±3	22±1	20±1 ^a
	管外施肥	-	-	-	-	13±3	15±3	14±2 ^b
	平均	-	-	-	-	16±2 ^a	18±2 ^a	17±1

¹⁾不同英文字母表示處理間具有顯著差異($P<0.05$)。

(參考文獻請逕洽作者)

嘉義市植物園土壤夯實造成樹木生物力學衰退之研究

詹明勳¹⁾、傅昭憲²⁾、鄧書麟²⁾

¹⁾國立嘉義大學森林暨自然資源學系。60004 嘉義市鹿寮里學府路 300 號。

²⁾林業試驗所中埔研究中心。60081 嘉義市文化路 432 巷 65 號。

*通訊作者，E-mail：mhchan@mail.ncyu.edu.tw。

摘要

嘉義樹木園肯氏南洋杉與巴西橡膠樹林分為民眾喜愛之休閒運動區，高密度頻繁踩踏造成土壤結構破壞並且夯實的逆境，然而造成樹木的倒伏及枯死相關機制並不清楚；土壤夯實對於樹木根系與生長的衝擊影響已有相關的生理與生物學調查研究。本研究調查分析土壤夯實對於樹木根部、樹幹及樹冠生物等生物學性質的衰退對力學影響效應，進一步了解逆境生育地樹木加速倒伏枯死的機制。

嘉義市植物園肯氏南洋杉林分與巴西橡膠樹林分提供對照區與實土壤 2 組對照的試驗區，生物學調查分析根部之相對根密度生物量與深度分布，樹幹之生長量，樹冠之健康與活力狀況。力學調查分析根部瞬間拉斷抵抗力，樹幹徑向彎曲強度、縱向壓縮強度，樹冠之枝條彎曲強度。

土壤夯實生育地逆境衝擊肯氏南洋杉與巴西橡膠樹木根部、樹幹與樹冠生物學性質產生衰退性的降低；同時 2 種樹木根部、樹幹與樹冠力學性質也產生衰退性的降低；但是樹幹縱向壓縮強度增加。長期高頻度的逆境影響樹木生物學之生長、健康活力與防禦能力，同時也顯著降低樹木力學性質，樹木倒伏與枯死的風險增高。

關鍵字：土壤夯實、逆境、肯氏南洋杉、巴西橡膠樹、生物力學

(參考文獻請逕洽作者)

都市公園樹木長期監測之探討-以臺北市大安森林公園為例

邱祈榮¹⁾*、鄧翔耀¹⁾、徐仕璿¹⁾

¹⁾國立臺灣大學森林環境暨資源學系。10617 臺北市羅斯福路 4 段 1 號。

*通訊作者，E-mail：esclave@ntu.edu.tw。

前言

樹木生長資訊的掌握，為樹木管理單位進行樹木管理參考的重要依據，亦為評估林生健康狀態的重要資訊。都市樹木生長因其生長環境，與林地環境差異甚大，造成在生長方面可能與林地樹木生長有所不同，因此有必要針對都市樹木進行長期監測，以掌握都市樹木的生長資訊。都市公園樹木與行道樹生長環境有所不同，行道樹生長立地條件常因樹穴及周遭環境變異較大，故先以都市公園樹木間測為對象。

調查與監測兩個名詞常被混用或誤用，原則上，調查為單次執行調查工作，較屬於一次性資源盤查工作，其調查方法可以自由選用適當方法；監測則為多次調查所構成，時間間隔可定期或不定期，但前後次調查結果須可進行比較，因此調查方法設定上，就應該考量基線建立及結果可比較性，意謂監測的前後次調查方法最好一致或符合統計比較的要求。基於此，本文目的乃針對都市公園樹木發展適用的長期監測技術，做為未來進行都市公園樹木長期監測之參考。期望透過可參考監測技術的建立，逐步建立國內都市公園樹木生長資料庫，更能比較掌握都市公園樹木的生長狀況，協助管理單位完善樹木管理工作。

材料與方法

以臺北市大安森林公園為研究地區，該公園位於臺北市大安區，於 1994 年 3 月 29 日正式對外開放，四周由新生南路、信義路、復興南路及和平東路環繞，面積約 26 公頃，由臺北市政府工務局公園路燈工程管理處負責管理與維護。

監測項目與分析方法說明如下：

一、樹木位置調查

選用公分級 GPS 接收器，但因在林下衛星校準不易，且大安森林公園內樹木間距多大於 2m 以上，因此將容許精度誤差設定為 1m。儀器精度應先進行評估，確保符合精度要求。精度評估乃利用已知座標控制點之絕對座標進行點位測量，最後估計觀測點與控制點之間的誤差。選用已知座標控制點分別為大安森林公園之四個控制點，及臺灣大學三個控制點，作為觀測點測量參照之準確座標。經量測比較後，各控制點與觀測點之誤差皆小於 10 公分，RMSE 為 3.6 公分，誤差最大上限為 7.3 公分，最小下限為 1.3 公分，顯示正常測量時，儀器精度應可控制精度在±10 公分

以內。

二、樹木數量監測

為追溯過去大安森林公園樹木數量的變動情形，乃收集自設立以來的歷年正射航空照片，7 個時期共 23 張影像，透過前後期影像比對，可以建立不同時期的樹木數量及位置。

三、樹木樹種辨識

樹種辨識依據「第二版臺灣植物誌 (Flora of Taiwan, 2nd edition)」所採植物分類系統及各樹種之形態描述，並參考 2014 年調查資料作為對照，若有疑義時，將特別註記並諮詢專家確認。

四、樹木性狀監測：樹高、胸高直徑、冠幅

(一)樹高

由於都市樹木樹高量測需要較精準，未採用林地樹高調查常用測高器，改以可精準量測高度的雷射測距儀與測高桿替代。經比較測高桿法及雷射測距儀法後，量測誤差設定在 0.5m 以內，視樹木狀態視情況選用適當方法進行量測。實務選用量測方法原則為：區內樹高低於 10m 或是樹梢頂端主幹不明顯時，為確保準確性及提高調查速度，將以測高桿進行量測；當樹木樹高高於 10m 且主幹明顯可分辨，則以雷射測距儀法作為量測方法。

(二)胸高直徑

胸高直徑(DBH)，指樹木從基部算起達到胸部高度(一般為 1.3m 處)時樹幹橫斷面之直徑，常用於量測胸高直徑的工具有直徑捲尺與輪尺兩種：直徑捲尺係以正圓為概念，捲尺刻劃上已將圓周長度轉化成直徑長度，可以直接讀取直徑數值，量測上較輪尺費時，且量測時繞過樹幹要保持水平量測較不易，同時量測非正圓之樹幹亦有不適用情形。輪尺為一種類似游標尺的工具如，可將副尺打開夾住物體進行量測。經比較後，本次普查選用輪尺法進行胸高直徑量測。所用輪尺最小量測單位為 0.2cm，記錄至小數點後 1 位，故量測誤差設定為 0.1cm。

(三)冠幅

樹木之冠幅為樹冠的水平直徑，為從一端樹冠邊緣至另一端樹冠邊緣之水平距離。由於冠幅並非皆為正圓形，本次量測所用的方法為測定預先指定一個方向(南北或東西向)之樹冠直徑，在測定其呈直角方向之第二直徑，再求二者平均值。距離量測儀器為雷射測距儀，並輔以直角鏡來確保量測點在樹冠最外緣正下方。

五、分析方法

(一) 樹種豐富度分析

樹種豐富度 (Richness) 針對園區內所有調查對象之樹木，依照科、屬、種層

級分類進行，並分析園區樹種多樣性與個別樹種之株數統計。

(二) 受威脅樹種評估方法

根據國際自然保護聯盟(IUCN) 發行之《國際自然保護聯盟瀕危物種紅色名錄》(簡稱：IUCN紅皮書)及我國臺灣植物紅皮書編輯委員會發行之《2017臺灣維管束植物紅皮書名錄》(簡稱：臺灣紅皮書)，針對園區內名列以上紅皮書名錄中之樹種進行園區受威脅樹種評估。

(三) 受保護樹木評估方法

根據「臺北市樹木保護自治條例」第二條規定之一者，即為受臺北市所保護之樹木。受保護樹木標準如下：

- (1) 樹胸高直徑0.8公尺以上者。
- (2) 樹胸圍2.5公尺以上者。
- (3) 樹高15公尺以上者。
- (4) 樹齡50年以上者。
- (5) 珍稀或具生態、生物、地理及區域人文歷史、文化代表性之樹木，包括群體樹林、綠籬、蔓藤等，並經主管機關認定者。

(四) 樹木空間分布分析

方法為透過地理資訊系統軟體，將2019年調查之樹木GPS座標位置與大安森林公園地圖資料進行套疊，以分析園區內之樹木分布密度 (tree density) 與樹冠覆蓋率 (coverage) 情況，掌握公園內樹木分布特性。

(五) 歷年樹木數量變遷分析

透過歷年正射航空照片前後期影像比對，建立不同時期的樹木數量及位置，進行歷年樹木數量變遷分析。

(六) 樹木性態值分析

樹木性態值分析為樹木之樹高、胸徑與冠幅等項目之分析。方法為依不同樹種，分析其平均胸徑、平均樹高、平均樹冠與各項母體標準差等並進行樹種間比較，以瞭解不同樹種之生長特性與當前生長狀態。

(七) 樹木形狀比分析

形狀比 (樹高/胸徑) 之值，為林木抗風力和製材率之重要指標，除受樹種特性影響外，形狀比亦受林分每公頃株數及立地環境影響。一般而言樹木形狀比愈高，代表林木抗風力較弱，樹幹容易風折或倒伏，故針對高形狀比之樹木進行分析。由於部分樹木屬於幼齡階段導致有高形狀比情況，而其風險實屬甚微，故分析時將其排除。篩選標準為樹木胸徑小於 10 公分者即不列入。

結果與討論

一、樹種豐富度分析

種涵蓋 49 科、95 屬、146 種之木本植物，共計有 6,010 株樹木，具有相當之樹種豐富度。其中株數排名第一為垂榕，其株數為 628 株，占全區 10.4%；排名第二為黑板樹，其株數為 611 株，占全區 10.2%；排名第三為正榕，其株數為 484 株，占全區 8.1%。株數達 100 株以上僅有 12 種樹，共計 3,859 株，占全區 64.2%，而園區內樹木種類達 146 種，顯示樹種數量極度不均勻，顯見園區內大部分樹種之株數僅占微小比例。建議適度調整園區不同樹種組成比例，提高園區其餘不同樹種之株數，避免一旦遭逢災變病害而致使樹木損失過大。

二、受威脅樹種評估方法

經查列入「國際自然保育聯盟(IUCN)紅皮書 (IUCN Standards and Petitions Subcommittee 2017)」及「2017臺灣維管束植物紅皮書」中之受威脅樹種共計有 11 科、12 屬、12 種：水社柳、蘭嶼羅漢松、竹柏、楓港柿、流蘇樹、榔榆、蒲葵、菲島福木(福木)、尖尾長葉榕、印度紫檀、大葉桃花心木、風箱樹(珠花樹)等。建議未來可藉由定期且密集之監測，確實掌握受威脅樹種生長情形，除有助於維繫園區生物多樣性，更對都市生態復育與環境教育之發展有益。

三、受保護樹木評估方法

經查臺北市文化局網站資料，目前受保護樹木資料係以民國 99 至 100 年(2010-2011 年)間所普查之資料為基礎；而本園區內既有受保護老樹計有：正榕 4 株、印度橡膠樹 2 株、木麻黃 1 株等，共計 7 株。其中，正榕與印度橡膠樹因氣生根(鬚根)密集且多數與主幹合生，故胸徑測量值可能存在之誤差相較其他樹種為高。根據本次調查結果，除目前既有 7 株受保護樹木外，亦發現園內仍存有不少符合規定標準而未列入受保護樹木者。針對目前園區內之受保護樹木，建議進一步評估其樹木健康度，例如受保護之木麻黃，其主幹因腐朽而致整體樹幹結構不佳，儘管樹幹部分已有大半折損不復存，仍不可忽略其可能存在風險。

四、樹木空間分布分析

園區樹木密度最高之區域，該區域每單位面積(100m²)株數達10株以上，多集中於大水池及生態復育池等區域。樹木密度較低之區域，其每單位面積(100m²)株數為5株以下，多為草地或人工設施如兒童遊樂場等。而園區單位面積(100m²)樹冠覆蓋率在80%以上占有不小比例，且有樹木之區域其樹冠覆蓋率多為40%以上，而覆蓋率40%下則多屬於園區周圍人行道或鄰近草地及人工設施四周區域。針對樹木密度較高之區域，建議進行定期監測以瞭解該區域樹木生長情形，並根據監測結果對樹木密度進行必要調整，使樹木彼此間獲得充分生長空間。而針對樹木密度較

低之區域，宜根據區域屬性進一步評估提高單位面積樹木密度之可能性，以促使園內各區域能充分發揮其空間效益。

五、歷年樹木數量變遷分析

透過 7 次不同年度正射航空照片前後期影像比對，其樹木數量變遷如下表：

表 1. 1994-2018 樹木數量變遷分析表

年度	維持	增加	減少	總數
1994	4899			4899
2002	4848	933	51	5781
2005	5544	255	237	5799
2008	5683	129	116	5812
2011	5762	55	50	5817
2014	5760	312	57	6072
2018	5824	17	248	5841

其中 2002-2008 樹木減少數量較多，且集中於北端臨信義路區域，應是受到捷運施工移除樹木所致，2014-2018 所減少的 248 株樹木，應是受到 2014 年蘇迪勒颱風風倒影響。2011-2014 新增樹木多集中於信義路邊緣，為捷運完工栽植樹木所致。樹木為本園區作為一大型都市森林公園最基本且核心之資源，為利於資源長久經營，建議未來宜持續監測園區內樹木變遷情形，並減少因施工或颱風造成的樹木減少情形。

六、樹木性態值分析

根據性態值分析結果，將竹類排除比較，各樹種平均胸徑最大前十者依序為：大葉合歡（54.6公分）、白千層（51.1公分）、印度橡膠樹（50.9公分）、木麻黃（47.4公分）、華盛頓椰子（44.8公分）、黃果垂榕（42.0公分）、垂榕（40.4公分）、芒果（39.4公分）、大葉桉（37.5公分）、黑板樹（37.4公分）。平均樹高最高前十者依序為：大葉合歡（22.8公尺）、尖尾長葉榕（16.4公尺）、黃果垂榕（15.7公尺）、肯氏南洋杉（15.4公尺）、黑板樹（13.5公尺）、垂榕（13.1公尺）、木麻黃（12.2公尺）、芒果（11.9公尺）、印度橡膠樹（11.3公尺）、小葉欖仁（11.3公尺）。平均冠幅最寬前十者依序為：大葉合歡（17.5公尺）、山黃麻（10.8公尺）、印度橡膠樹（10.4公尺）、臺東漆（9.0公尺）、黃果垂榕（8.8公尺）、盾柱木（8.8公尺）、九丁榕（8.7公尺）、垂榕（8.5公尺）、菩提樹（8.4公尺）、木麻黃（8.2公尺）。

七、樹木形狀比分析

樹木形狀比分析結果，園內形狀比大於 80 且胸徑大於 10 公分之樹木（不含竹類）有：大葉桉 1 株、芒果 1 株、水黃皮 2 株、垂榕 5 株、黑板樹 3 株、亞歷山

大椰子 1 株、阿勃勒 3 株、正榕 7 株、烏白 2 株、艷紫荊 2 株、印度紫檀 12 株、棟樹 1 株、鳳凰木 3 株、福木 1 株、光蠟樹 1 株、陰香 1 株、茄冬 1 株、木棉 1 株、琴葉榕 1 株及臺灣欒樹 1 株，共計 50 株。針對高形狀比樹木，建議未來宜定期監測，並優先列入防範風害處置對象，作法例如透過適當修枝以改善林木擁擠程度，或於颱風季來臨前設立臨時性支架加強結構之穩固等作法，以降低危害風險，提升園區整體安全。

本次調查限於時間與經費，並未針對樹木健康度進行評估，但於調查期間根據參與之調查人員所見，樹木主幹帶有輕重程度不一腐朽情形者不在少數。另部分區域之樹木其生育地土壤因人為過於頻繁踩踏而密實，致使每逢持續性大雨後，積水完全消退時間可達數日，顯見土壤環境之排水性不佳，恐連帶造成樹木根系因缺氧而損其生理健康。建議未來將樹木整體健康度列入監測調查計畫，以利長久保存園區樹木資源且有助相關管護作業規劃。

近年來全世界都市樹木帶來的生態服務，為社會大眾所關心，其效益價值估算亦是經營管理單位與社會大眾溝通的有效說明。美國林務署所推動 i-Tree 系統，已廣為世界上許多都市所採用，國內林業試驗所亦積極引入國內使用。本調查目前僅著眼於樹木的基本調查，未來可依據 i-Tree 估算生態服務效益所需的調查項目予以擴充調查，再配合臺北市相關環境資訊，應可做為推算大安森林公園每年樹木的生態服務效益，彰顯公園生態效益。

本次調查透過調查方法比較確立、調查精度建立與分析項目多樣化，建構出都市公園樹木長期監測的基本雛形，希能未來能夠在此架構上，逐漸發展出適用於都市公園樹木完整長期監測體系，不但可建立都市公園樹木生長資訊，並能作為公園樹木維護管理的重要依據。

(參考文獻請逕洽作者)

金崙海岸復育造林的策略與成果

洪聖峰^{1)*}、林照松¹⁾

¹⁾林業試驗所恆春研究中心。94644 屏東縣恆春鎮墾丁里公園路 203 號。

*通訊作者，E-mail: hsf@tfri.gov.tw。

前言

一、動機及目的

道路工程開發常涉及地景植被破壞，因此先進的觀念已經將環境復舊視為工程的一部分。而植生復舊工作因所處位置條件而各有其難點，其中以海濱惡劣的環境因子為最。公路總局西部濱海公路南區臨時工程處進行省道臺 9 線南迴公路改善工程，新建金崙高架路段以達到截彎取直目的，取道農業委員會林務局臺東林區管理處所轄位於金崙溪出海口之海濱保安林地。保安林地攸關水土穩定及國土保安，除此之外，為了維護道路安全及加強使用年限，復舊造林勢在必行，且非成功不可，金崙高架橋下植生復育即為難度極高之海岸造林任務。

眾所周知，南迴公路臺東海岸沿線的侵蝕作用劇烈，海岸線退縮速度快，屬於華倫亭海岸分類中的「離水侵蝕退夷海岸」(Valentin, 1952)。公路總局為了這段道路維護，歷年投入人力物力的密度，高居全國之冠。例如南迴公路南興路段三公里的海岸線，僅一次性防護就要花費新臺幣 9.24 億元，平均每公里的代價是 3.06 億元。抵抗海岸退縮，以往常用築海堤或投入消波塊的方式，雖然可達成部分防護效果，但灰色冰冷的水泥硬體破壞或阻礙了天然海景，且價格高昂。培育一片健全的海岸森林，形成自然防禦綠帶，是另一個阻止國土流失的方式。海岸林不僅可解決海岸線退縮的問題，也可達到破風效果，植物枝葉亦可過濾攔截鹽分與沙塵，若有颱風大雨來襲形成大浪，海岸林可抵銷部分能量，防止暴潮衝擊陸岸土石或甚至海水衝進入內陸，可見海岸林確實具有較全面的國土保安功能。最重要的是，植物是具有溫度的有機生命體而非冰冷的水泥構築，遭受破壞後，只要植物一息尚存，就可自行恢復，這是水泥設施無法比擬的。但是很少人願意在海邊種樹，因為臨海環境惡劣，土壤差、風大、日照強、鹽分高，常常投入很多時間跟金錢卻成效不彰。海岸造林雖然是一項極為困難的任務，但卻是一定得做的事，如果能成功造林，不但可抵抗國土流失及海岸退縮，對景觀營造也有極高價值。

二、重點及原則

(一) 以植物生理為考量

植物是一類生命形式，有其複雜的多樣性，因此生存空間涵蓋地球各式的環境。不同種類植物各有其適應的環境，沙漠植物可耐高溫乾旱，但移植到生存條件優渥

的雨林中卻必死無疑；反之，雨林植物亦斷不可能存活於沙漠中。其實變化不用如上述的極端，僅緯度差異就能使植物適應不良而無法生存，如溫帶櫻花不能種在熱帶低海拔區域，所以我們不會在墾丁觀賞到櫻花美景。植物生理潛能是否發揮以及潛能極限為何，是植物能否存活適應的關鍵，而這個關鍵卻常常被嚴重忽略。檢視以往的植樹造林，失敗的原因大都可歸結到植物生理問題。

(二) 因應環境條件的壓力

前已述及植物生理的重要性，而植物生理潛能發揮的主要作用就是抵禦環境壓力。環境壓力是否大於植物生理潛能極限，或潛能尚未完整誘發之前的壓力緩解，都是造林能不能成功的重要因素。環境因子最主要是指日照、水分、風、土壤組成、鹽分等，每個因子都影響植物的存活與生長。

(三) 重視人為條件的影響

主導造林操作的是人，人可以透過累積的知識進行縝密的規畫以及審慎的執行，想盡辦法協助植物成活，人也可以輕易的就讓造林失敗。造林失敗若是因內在不當設計或輕忽操作，尚可立即檢討改進重新邁向成功，但若是外在人為有意或無意的破壞，則難以應對防範。若可使外在負面的影響反轉為正面的助力，那將是最理想的處置方式。

材料與方法 (策略)

一、土壤介質：

全臺各類濱海惡劣環境都仍存在可適應植物種類，然而其栽植成活關鍵在於抗壓潛力是否能發揮。初植時最為重要在於植物根系養成，若根系能存活並發育健全，是植株成活的保障，正是臺灣俗諺所謂「樹頭顧乎在，不怕樹尾作風颱」的道理。根系的養成可分為 2 階段，初期以癒傷及新根誘發為重點，後期以健壯及深扎為重點。植物在定(移)植時一定會發生根部傷害，主要就是失去主吸水的根毛，次要就是根部機械性傷口；根毛恢復需長出新根，傷口則需避免感染並快速癒合。之後如果根可伸展到土壤保持水分及供應養分之有效深度，則此植物應該就可放任自然。

(一) 保水劑使用

根系養成，也就是新根誘導及根部茁壯，就柔弱的樹苗而言，很難在野地土壤條件下達成，需要許多人為輔助，保持水分是第一個挑戰。保持水分當然需要灌溉，但是在本基地(尤其南區)烈日曝曬下，土(砂)表溫度輕易可以達到 50°C 以上，蒸發散作用旺盛，土壤水分快速流失。若持續灌溉花費太高，且對植物抗性的誘導也不利，所以高分子聚合物保水劑的應用就顯得很實際。保水劑可吸收大量水分(類似尿布吸水物質)形成膠狀物，再於乾燥環境中緩慢釋放，如此循環以保障植物根部

水分供應，直到自然分解。

(二) 植穴改良

為了樹苗初期的根部養護，除了保水劑之外，統合性植穴改良是我們應對惡劣土壤條件的對策。所謂植穴改良是指挖出栽植用的植穴後，填入客土介質，讓根部可以獲得較佳的生長環境，保障初期成活。客土配製方法為「砂質壤土：有機肥：保水劑 = 200 公升：100 公升：200 公克」，在林業試驗所恆春研究中心的苗圃場預拌，裝袋後載運至栽植現場使用。

二、天候逆境

臺東海岸的主要天候逆境包括風(焚風、東北季風、颱風)、烈日高溫、海霧鹽分等，同樣需要加以減輕傷害程度，讓樹苗有機會成長茁壯。

(一) 土(砂)堤構建

在南區(為純海濱沙灘)東緣構築砂堤作為遮蔽物，主要作用是局部擋(破)風，也希望能暫時性抵擋長浪侵襲，當然浪若夠大夠持續，難免會被衝破。一般在有風影響的造林案件，都採用防風籬處理。本案規畫初期也曾考慮使用防風籬，後來放棄的原因有二，其一是希望樹苗抗耐風潛能可以盡早誘發，防風籬在本基地中僅能擋東北季風，對焚風及颱風無效，而非乾燥的東北季風正好給予樹苗抗風能力的誘發條件；其二是考慮所建置的防風籬若遭颱風破壞，對植栽及灌溉網絡將造成嚴重損壞，得不償失。砂堤易流失崩塌，所以在構築完成後立即栽植地被定砂植物，樹苗栽種則以林投為主，若林投可以成林，擋(破)風及擋浪效果將會大幅提升。

(二) 輔助灌溉

苗木缺水很容易枯死，所以灌溉在苗期是必要的撫育措施。除了供應所需水分這一主要作用外，降溫及洗去鹽分在本案中也是很重要的目的，所以在焚風或海霧發生時(後)，噴灌可以有效降低傷害。在保水劑的作用下，無降雨的情況由初植的2次/週減少到1次/週以下，不過分灌水也跟誘發抗逆潛能有關，如促使葉片革質化及健全氣孔開闔能力等。減少水分供應也可促使根向深處發育，也就是讓根自己找水之意。

(三) 加強撫育

以手工進行除草可避免機械除草誤傷樹基，並避免施用殺草劑以免影響樹苗，且也是表示對環境友善的態度。雖然花費在短時間內會較高，但是若發生機械傷害或藥害，損失將會更大。另外，樹基養護、劣枝剪除、追施肥料工作也是本案撫育工作的重要項目。撫育期至少2個物候週期(2年)，本案規劃為2.5年，撫育除了提高成活及加速成長之外，也同時著重在誘發生理潛能以對抗逆境。

三、慎選樹種

(一) 重視植物生理

以前言述及的植物生理潛能極限做為選擇植物種類的原則，搜尋相關文獻並實地踏查，於臺灣南部及東南部海岸線現勘，以對造林基地環境壓力具強大抗耐性植物種類為選擇標的。

(二) 第一線濱海植物

以現勘之場域最靠近海岸線的植物做為候選物種，基本上必需經得起海水潑灑、海霧侵襲、適應海砂介質、抗耐強風等能力。

(三) 多層次混植

本造林案選用樹種均為海濱棲地羅列於第一線的濱海植物，以抗逆境能力再細分為3等級，本文稱之為1、2、3線植物，各線代表性植物如表1。將造林基地依土壤狀況分為具表層土壤及砂質表層2種，再依離海距離概分為極劣、惡劣、劣3等級，分別種植細分後之1、2、3線植物。3等級間設緩衝帶，緩衝帶內混植兩線植物，亦即造林基地內含1線植物帶、1+2線植物帶、2線植物帶、2+3線植物帶及3線植物帶。栽植區邊緣屬於人行動線部分者，以具觀賞價值的樹種進行收邊，如蘭嶼羅漢松、棋盤腳等。

表 1. 不同土壤狀況下之 3 線代表性植物

栽植類型	具表層土壤		砂質表層	
	植苗	直播	植苗	直播
1線	林投、文殊蘭	林投、文殊蘭	林投、文殊蘭	林投、文殊蘭
2線	黃槿、欖仁、草海桐、蘭嶼樹杞、土沉香	蓮葉桐、葛塔德木、棋盤腳	林投、黃槿、草海桐、海檬果	蓮葉桐、葛塔德木、棋盤腳
3線	銀葉樹、台灣海棗、繖楊、海檬果、蘭嶼羅漢松	欖仁、繖楊、瓊崖海棠、海檬果		欖仁、繖楊、瓊崖海棠、海檬果

(四) 直播應用

樹苗栽植必需經過苗圃育苗程序，可高效率促進苗期生長，快速獲得健康苗木。但育成之苗木體質較柔弱，栽植到野地會發生適應問題，且植物經移(定)植會發生根系傷害情況，所以栽植苗折損率高，撫育至適應成活時間也較長。若將種子直接播種於造林地，雖然發芽率低、初期成長緩慢，但實生根系健全，耐逆境能力高，預後佳。所以本案採取植苗與直播雙套並行的方式進行植栽工作，2種方式優缺點互補，相輔相成。排列如圖1所示。

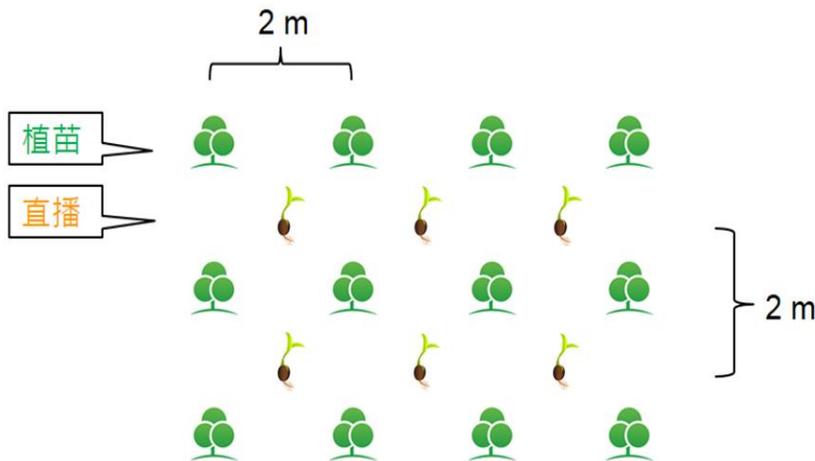


圖 1. 植苗與直播並行之配置方式。

結果與討論 (成果)

一、造林現況

本案基地介於鐵路與海岸之間，鐵路下有一涵洞是金崙村往海邊的通道，出涵洞往東即造林基地範圍，但需留通道供作交通之用，此預留通道則將造林基地切割為南北 2 區(圖 2)，進行衛星定位並計算面積，得到北區為 1.32 ha，南區為 0.92 ha，總計 2.24 ha，符合公路總局環評承諾的 2.07 ha 基本要求。栽種完成後，以植穴為計算單位(直播法 1 植穴可能不只 1 株)，其中地被定砂植物濱刀豆及馬鞍藤未列入計算；北區最北端另設試驗區，苗木成活 1836 株，其餘北區栽植 3427 植穴，成活 3148 植穴；南區栽植 4313 植穴，成活 3965 植穴；總成活 8949 植穴，平均每公頃成活 3995 植穴，符合林務局造林標準及環評承諾要求。栽植樹種包含臺灣樹蘭、克蘭樹、苦楝、構樹、瓊崖海棠、林投、文殊蘭、葛塔德木、紅頭李欖、鵝鑾鼻蔓榕、水黃皮、蘭嶼樹杞、草海桐、白水木、繖楊、黃槿、欖仁、海欖果、土沉香、蘭嶼羅漢松、臭娘子、臺灣海棗、苦林盤及棋盤腳等 24 種。

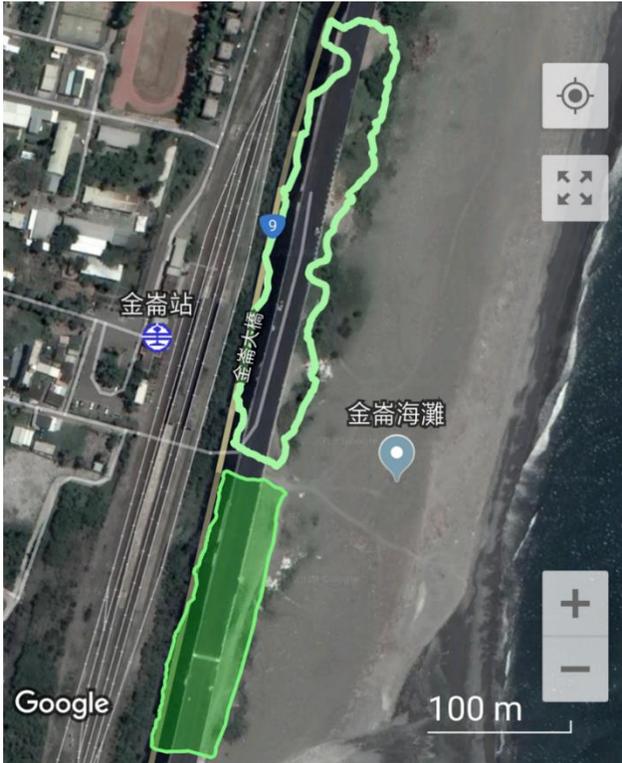


圖 2. 金崙高架橋下保安林復育基地圖。

二、成果檢討

(一) 保水劑效果

造林期間突發狀況最為嚴重的是豪雨河水暴漲及颱風長浪波及，這兩種狀況都會導致灌溉設施毀損，此狀況自栽植至今已發生超過 10 次，災害後應避免水源供應中斷太久，其中最長紀錄是災後 1 週才恢復供水，在災後豔陽曝曬下苗木仍能安然度過，推測應與保水劑功能發揮有關。

(二) 砂堤與地被

颱風侵擾是本案最大隱憂，尤其南區純為海濱沙灘，長浪暴潮可能將此處恢復為沙灘。108 年 8 月白鹿颱風登陸，其造成的浪就曾侵入南區，大到上噸重的漂流木被浪推過砂堤進入栽植區。於災後勘查發現，除了部分灌溉管線被壓毀及部分植栽被輾壓傾倒外，並無重大災情，砂堤及其上的地被並未流失，可見砂堤保護栽植區的功能已顯現，而定砂地被也在保護著砂堤。

(三) 樹種與栽植

栽植後經過一年多的觀察，植苗種類均顯現良好成活率，許多苗木生長表現優良，其中以黃槿最佳，部分植株栽植一年高生長達 200 公分以上，其餘棋盤腳、欖仁、蓮葉桐、繖楊、林投等的高生長表現都很好。直播種類生長亦不差，除白水木無一發芽外，其餘均有成苗，其中又以欖仁表現最佳，部分苗木已達 60 公分高，其餘如瓊崖海棠、文殊蘭、臺灣海棗、林投等表現都不錯。直播與植苗的詳細生長

觀察與比較，目前正在進行中。一年多期間經歷完整的逆境考驗，包括東北季風、焚風、颱風、鹽霧、烈日、海水潑灑等，仍一片生氣盎然，可見所選樹種對本造林地適應良好。觀察未成活苗木分布，發現在高架橋柱周圍最為嚴重，推測應是風束效應造成。

三、成效與評價

- (一) 本案簽約後立刻進行規劃設計，構想初成即參與「106 年度交通工程環境影響評估追蹤考核」評比，獲委員一致好評並助主辦單位獲獎。
- (二) 於 108 年 8 月協助辦理公路總局西部濱海公路南區臨時工程處對土地經管單位林務局臺東林區管理處之交地驗收程序，以超越標準的造林成績順利通過驗收，獲二單位一致讚許。
- (三) 因造林成果斐然，被喻為「太平洋之綠濱」，並獲邀參與「臺 9 線南迴公路改善工程技術論壇」專題。

誌謝

本案由林業試驗所恆春研究中心承接，實質為三方共同完成，尚包含大部苗木提供者中埔研究中心，以及北端試驗區執行者太麻里研究中心，特此表達謝忱！

(參考文獻請逕洽作者)

竹南海岸林林分現況與生物多樣性之探究

何坤益^{1)*}、謝名彥¹⁾

¹⁾國立嘉義大學森林暨自然資源學系。60004 嘉義市鹿寮里學府路 300 號。

*通訊作者，E-mail: kyho@mail.ncyu.edu.tw。

前言

防風林為海岸生態區域的綠色堡壘，為大自然賦予的一片天然擋風牆。竹南海岸林由於早期林務局的努力之下而形成了完整的林分，且自從西元 2004 年被通報該地區發現大量斯氏紫斑蝶(*Euploea sylvestre*)蛹殼後，成為第一個被證實的紫斑蝶春季繁殖熱點(徐瑞娥、徐慶宏，2005)。由於早期海岸林完整的保護下，使斯氏紫斑蝶幼蟲的唯一食草--武靴藤(*Gymnema sylvestre*)大量攀附於木賊葉木麻黃(*Casuarina equisetifolia* L.)生長，使紫斑蝶生態得以連年延續不息。

但近年來海岸林相有變遷趨勢，由於氣候變遷以及木麻黃族群有老熟現象，使得林分疏開、孔隙出現，而連年受到颱風侵襲之下導致林內部分孔隙有擴大趨勢。且初步探勘發現林分內所留存之木麻黃大多為老齡級且株距甚大。海岸林若是缺乏持續維護管理，極易呈現衰退現象並使孔隙區域持續增加並擴大，致使其防護功能日益下降(鄧書麟、沈勇強，2006)。因此竹南海岸林之更新與孔隙區塊之恢復，實為當前迫切需要解決之棘手議題。

竹南海岸林當前顯示急待更新需求與可能受阻之狀況，人工復育的導入可說是勢在必行。而任何育林及林分復育作業啟動之前，掌握林分狀況為首要工作。竹南海岸林當前缺乏內部植群組成與其他林分狀況相關資料，縱使海岸林需要人工輔助更新之事實呈現於眼前，仍難以規劃合適於此林分之任何育林與造林作業。因此對於更新工作來說，植群調查乃為必要前置工作(陳芬蕙，2014)。了解竹南海岸林植群組成、孔隙分布及林分狀況，有利於管理者將後續的育林與更新作業規畫及導入竹南海岸林。

本研究目的為尋求竹南海岸林合適復育方式。成功的復育計畫，必須經過詳細的規劃及評估，掌握竹南海岸林之林分現況及植物相組成，實為不可或缺之步驟，利於後續衰退海岸林林分之恢復與更新作業之規劃。

材料與方法

一、研究地點環境概述

竹南海岸林位於苗栗縣竹南鎮，海岸林分沿海岸線北起自龍鳳漁港，南至中港溪出海口，為全長約 4 km，面積約 150 ha 的國土保安林，屬於保安林中的飛砂摺止林(編號 1311 號)。曾被內政部營建署評估為臺灣西海岸保存最完整的生態系。

根據竹南氣象站(測站經度 120.8888；緯度 24.7089)提供資料顯示：竹南鎮 2017 年氣象資料中，年均溫 23.03 °C，年平均降水量為 113.7 mm，年平均陣風風速 1.9 m/s。其中，降水量主要集中於夏季 6 月份，高達 685.5 mm；大部分陣風方向以東北風為主。海岸林由北至南被規劃為假日之森、親子之森以及長青之森三段，其中斯氏紫斑蝶之春季重要繁殖地主要集中於長青之森區段(詹家龍，2008)，顯示該區域為竹南海岸林重要之生態生育地，故十分具有研究價值。因此本研究區域主要以長青之森區域為主。

二、植群調查方法與分析

本研究於竹南海岸林長青之森區域進行樣區拉設及植群調查工作。本研究採用多樣區法(Multiple-plot method) (Cain and Castro, 1959)。於林分內均勻設置 29 個 10×10 m² 方型樣區，樣區內植物採取全面調查方式，胸徑大於 1cm 以上之木本植物，均列為喬木層，記錄其名稱、胸高直徑(DBH)及株數；胸徑不足 1 cm 之木本植物、草本植物及蕨類植物則歸類為地被層，記錄其名稱並以覆蓋度估算。

(一)植群分析

首先將林分內所調查之資料以 Excel 2016 軟體整合，將所調查植物種類進行編碼，並輸入樣區及植物種類代碼、木本植株之胸徑，並計算木本植物之重要度指數(importance value index, IVI)和地被植物之重要值(importance value, IV)，決定植物於樣區內之優勢程度(劉崇瑞、蘇鴻傑，1983)，而所得之重要度指數經轉換以 100% 為基礎，依 Gauch (1982)之八分制(octave scale)將其轉換為 10 級以簡化數據及變異。將林分內各樣區之重要度指數經 Excel 2016 計算後，再以 PC-ORD 6.0 (McCune and Mefford, 2011) 進行歸群分析，並採取 Sørensen 相似性指數及 Group Average 之樹狀連結法進行分析，並繪製樹形圖(dendrogram)，探討樣區間植群關係與分類組成。植群命名方式則配合列表比較法(Tabular comparison) (Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974)，以優勢種作為植群命名原則。

(二)生物多樣性分析

由於地被植物為複雜植物社會，故將木本植物與地被植物之種類歧異度分別進行分析(Ludwig and Reynold, 1988)。本研究以四種生態歧異度指數計算樣區植群種類之歧異度，分別為種類豐富度(Menhinick, 1964)、Shannon 歧異度指數(Shannon and Wiener, 1963)、均勻度指數(Pielou, 1966)、Simpson 歧異度指數(Odum, 1975)。

(三)降趨對應分析

透過 CA 進行初部分群後，再經由降區對應分析(Detrended Correspondence Analysis, DCA)。經計算各樣區環境因子與植群的相關性後得出各序列軸，其數值越高代表物種於軸上的轉換程度越高，根據前人研究：梯度長若介於 1-1.4 之間，

表示物種轉換率已達到一半，而當超過 4 SD 以上代表兩樣區間無共同物種，特徵值由於經過 DCA 的重新刻劃和降趨步驟，已不能代表變方的總和的百分比(蘇鴻傑，1987、1996)。

三、蝴蝶食草及生態調查

(一) 武靴藤攀附樹種調查

有鑑於林分內武靴藤可能不只攀附於單株樣木，因此木質藤本僅測量該藤本最初攀緣之支持木(顏立紅等，2007)。研究方式則是於林分內均勻且隨機選定 60 株具武靴藤攀附之樣木，測量並紀錄其攀附之樹種、於樣木之攀附高度(m)、攀附之投影面積(m²)、胸高直徑(mm)、上方遮蔽程度(上方遮蔽面積/武靴藤投影面積×100%)，判釋武靴藤攀附於不同樹種之生長情形。

(二) 武靴藤及紫斑蝶物候調查

生態育林更新導入，配合當地物種生態習性及物候實為不可或缺步驟。武靴藤為斯氏紫斑蝶幼蟲食草，調查其物候並監測紫斑蝶成蟲於竹南海岸林活動高峰期，能使更新作業得以避開紫斑蝶繁殖期，甚至得以配合武靴藤結果期導入更新作業，利於天然更新下種，做為參考。紫斑蝶調查方式：穿越線調查法、捕蟲網捕捉法、幼蟲蟲體調查法。武靴藤物候調查，於研究地區選定 15 株武靴藤作為物候調查對象，並記錄各月份生長變化。觀察物候有：抽芽期、展葉期、葉成熟期、始花期、花盛期、花末期、著果期。

四、林分干擾調查

(一) 入侵草毯處理

由於探勘發現林分內之孔隙開闊區域具有大黍族群所形成之厚實草毯層覆蓋，可能成為當地林木以及其他植物小苗之限制因子，又後續孔隙區域若須導入育林手段，勢必要具有最有利之草毯層移除手段。因此本研究對於大黍草毯層規劃了 4 種不同處理手段對於 3 種不同林木小苗的適應性觀察試驗。所使用之苗木有：木麻黃、白水木及武靴藤。所使用的處理發法有：割除、挖掘、割除後覆蓋、對照組。以 ANOVA 變異數分析觀察 4 種處理對於 3 種小苗的適應性差異。

(二) 沿岸至林分內立木高度變化

藉以此調查，觀察沿海沙丘完整性與否，對於後方林分生長狀況影響情形。依據調查數據，提出沿海產生風洞效應的區域，應加以強化補植及防風攔砂手段之導入的建議。本研究於長青之森區域平均規劃 5 條穿越線進行調查，觀察沿海至林分內陸的立木高度變化，並記錄距海遠近。觀察樹種以木麻黃、黃槿為主要調查對象。不同樹種的林分高度，對應距海遠近，調查資料經由整理並繪製折線圖比較，觀察不同穿越線的林分變化顯著性，藉此尋找出風洞效應影響區域，提出應加強區

域的建議。

結果與討論

一、植群調查結果與討論

本研究於竹南海岸林植物調查一共紀錄到 36 種植物，資料經整理後發現共含 28 科 36 屬。其中雙子葉植物種類最多，一共包含 22 科 30 屬 30 種，單子葉植物則含有 2 科 5 屬 5 種。所調查的植物種類當中原生種共具 24 種，歸化種共具 12 種。依據苗栗縣政府(2010)計畫報告提到：竹南海岸林附近的調查共紀錄有 92 科 255 屬 316 種植物，以草本居多。調查地點類型包含竹南海岸林長青之森、親子之森、假日之森、龍鳳漁港、中港溪口，尚包括周遭果園、紅樹林、草生灌叢、農耕地、沙灘草生地、人工建物及人工溼地。由於前人研究調查地類型多樣且不全於林分內進行，因此相較之下，本研究所調查的植物種類遠低於前人研究所調查數量。

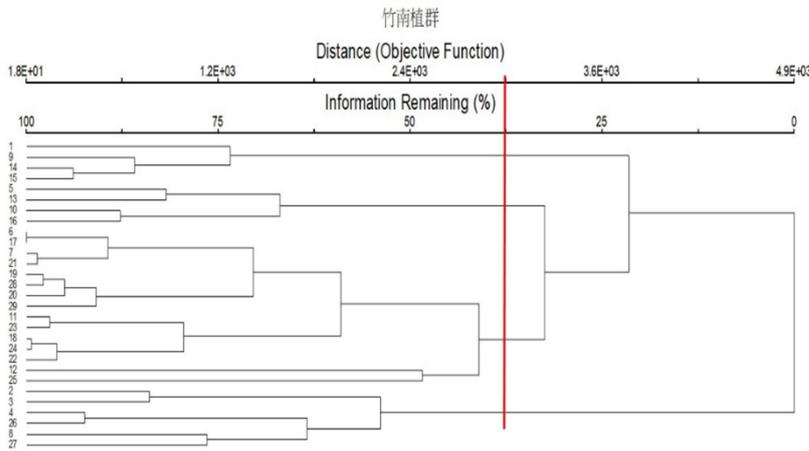


圖 1. 竹南海岸林地區植物社會群團分析樹形圖。

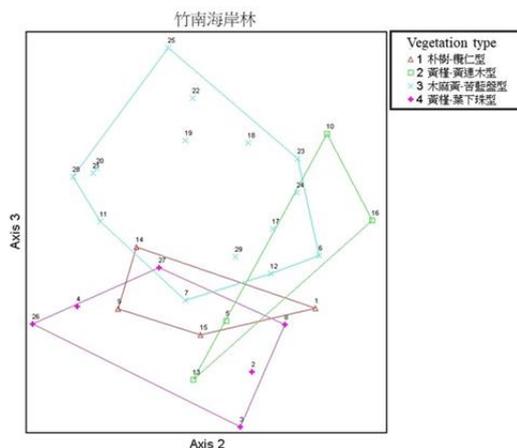


圖 2. 樣區於 DCA 序列軸 2、3 的空間分布。

本研究配合現地狀況依據群團分析(CA)，發現以 37.5%臨界值(information remaining)作為植群劃分依據最符合，可將林分植物社會分為 4 個植群型(圖 1)，配

合列表分析法以各類群之優勢種命名，可分為 4 種植群型：朴樹-欖仁型(*Celtis sinensis*- *Terminalia catappa* type)、黃槿-黃連木型(*Hibiscus tiliaceus* - *Pistacia chinensis* type)、木麻黃-苦藍盤型(*Casuarina equisetifolia* -*Clerodendrum inerme* type)、黃槿-葉下珠型(*Hibiscus tiliaceus*- *Phyllanthus urinaria* type)。

透過 CA 進行初部分群後，將 29 個樣區分為 4 個林型，再經由降區對應分析 (Detrended Correspondence Analysis, DCA)後，顯示三軸長度分別為 1.73、1.08、1.22 SD(表 5)。本研究梯度長介於 1 至 4 之間，則定義為具有空間分布之參考價值。使用 Spearman 相關性檢定，顯示軸 3 與 pH 值、EC 值呈現顯著負相關，與孔隙程度呈現極顯著正相關。而軸 1、軸 2 顯示沒有與任何環境因子有顯著相關。因此空間分布依據軸 3 所呈現之空間分布較有參考價值。

配合竹南海岸林樣區環境因子觀察顯示，DCA 空間分布樣區愈往軸 3 上方分布，表示樣區的孔隙程度愈大、土壤 pH 值愈酸、土壤鹽分濃度愈低。因此由 DCA 的空間分布觀察發現，木麻黃-苦藍盤型的樣區特色為孔隙程度高、土壤偏酸性土壤、鹽分含量低的生育環境；黃槿-黃連木型的樣區特色為中高度孔隙、土壤酸性偏中性、鹽分含量中度之生育環境；朴樹-欖仁型的樣區特色為低程度孔隙、土壤中性、鹽分含量中度之生育環境；黃槿-葉下珠型之樣區特色為低程度孔隙、土壤中性偏鹼、鹽分含量高之生育環境。

竹南海岸林樣區之 DCA 結果雖然可以見到空間分布情形(圖 2)，然而分布狀況並無前人研究植群調查研究結果明顯，且僅有軸 3 具有參考價值，所產生的 DCA 分布圖僅能選擇具有軸 3 的結果加以解釋。本研究 DCA 結果分布不明顯的原因，可能是由於林分係屬於早期人工造林，因此分布上不若自然生育地分布明顯，然而 DCA 結果仍可看出人工林建利多年後，有逐漸分化的趨勢。

二、蝴蝶食草及生態調查結果

此研究調查武靴藤於林分攀附之樹種，共記錄 5 種，分別為木麻黃、黃槿、構樹、苦楝及朴樹。結果顯示木麻黃得以提供武靴藤良好之生育空間及機會，因此攀附於其之武靴藤生育良好，然而木麻黃於臺灣海岸林生育環境難以天然更新已是既定事實，如作為竹南海岸林之更新樹種，實非長久之計。黃槿相對提供武靴藤之生長空間及機會較少，如欲兼顧竹南海岸林之紫斑蝶食草生態，實不推薦做為更新樹種選擇。朴樹、構樹、苦楝雖然統計上的結果對於武靴藤而言，生長情形並無明顯的優勢，然而可能是此三樹種引入林分時間點較晚，武靴藤攀附於其時間較短，因此當前生長差異無表現。由於構樹、苦楝、朴樹於北部海岸林冬季落葉之特性，不若黃槿一般地永久遮蔽冠層以下環境，實為作為武靴藤能攀附樹種之選擇，因此仍有待後續觀察。

依據調查顯示，斯氏紫斑蝶成蟲於竹南海岸林分活動最高峰為 5 月份，一共紀錄 126 隻次；最低月份為 1 月，一共紀錄 3 隻次。幼蟲方面，紀錄最高峰為 5 月份，一共紀錄 23 隻次；1-3 月及 7-12 月皆無幼蟲。竹南海岸林武靴藤物候調查結果顯示如圖 20，武靴藤的抽芽期介於 3-9 月份；展葉期介於 3-9 月份；葉成熟期介於 1-12 月份；始花期介於 4-8 月份；花盛期介於 4-9 月份；花末期介於 8-10 月份；著果期介於 10-1 月份。本研究紫斑蝶幼蟲現蹤其間為 4-6 月份，相較詹家龍(2008)學者過去研究的大發生期間 3 月份較晚，可能是受到近年全球暖化趨勢所影響。而 3-9 月皆為武靴藤嫩葉的發生期間，於竹南海岸林孵化的斯氏紫斑蝶幼蟲仍得以於此其間大量攝食生存所需的葉片。本研究斯氏紫斑蝶成蝶於 4-6 月份為大發生時期，武靴藤始花期 4-9 月份、花盛期 4-10 月份、花末期 8-10 月份皆正好於斯氏紫斑蝶於竹南海岸林世代交替期間，甚至留存於此區域而無前往北部地區的第二代，武靴藤的花蜜皆能提供成蝶生存必須。

本研究物候調查，除了得以更加了解林分與當地生態之間的關係，亦能提供竹南海岸林林分更新的建議與注意事項。斯氏紫斑蝶成蝶大發生期間為 4-6 月份，此期間正為紫斑蝶繁衍與幼蟲成長時期，故林分更新工作不建議於此時進行，如有必要進行更新維護作業，以不大面積擾動的更新手段進行更新作業為宜。10-1 月份為武靴藤著果期，此時亦為紫斑蝶群離開竹南海岸林時期，如更新手段需要大面積擾動宜於此時段進行，並且可以配合武靴藤著果期，整除地上厚實草毯層、枯枝落葉層，使其種子得以飛散至林地並接觸土壤，促進其天然更新成功機率。

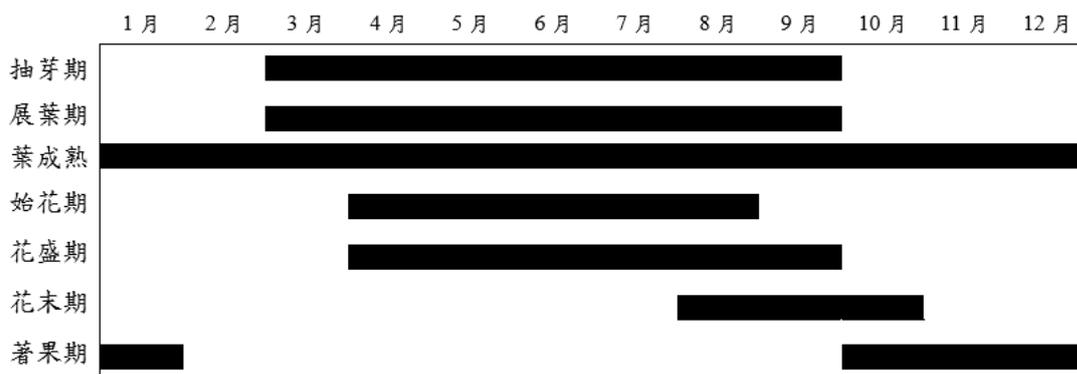


圖 3. 竹南海岸林武靴藤物候圖。

三、林分干擾調查結果

結果顯示四種對於大黍草毯層不同處理對於 3 種小苗適應性之觀察，以挖掘處理對於小苗之生長明顯較優，而對照組處理方式則不利於小苗生長。長期於現地觀察發現，挖掘處理由於移除了大黍地上層與地下層，小苗除了得以獲得更多的陽光以及生育空間之外，於地下部更不用與大黍競爭養分及水分。覆蓋與割除試驗現

階段觀察，於各樹種各有優劣，可能是觀察時間仍然較短，因此仍然需要拉長時間監測兩者對於小苗生長之影響程度。而對照組由於上述對於小苗之競爭條件皆存在，因此對於造林初期之小苗之生長十分不利。亦透過此試驗顯示了大黍對於造林小苗而言，屬於限制的外在因子。因此本研究建議造林地如有存在大面大黍族群佔據，移除植穴周圍大黍地上部及地下部之後，再行苗木建立於造林地為較佳作法。

沿岸至離分內陸調查結果，穿越線 1、2、5 之共同特徵為：沿海沙丘完整，且沿海第一線迎風林帶相對完整，因此迎風面林帶之後的林分發展較良好，得以形成大面積鬱閉且出現高度較高聳的立木；穿越線 3、4 共同特徵為：沿海第一線迎風林帶有破碎化情形，甚至有出現大面積裸地，迎風面林帶不完整的情形下，可能因此產生風洞效應，致使後方林分發展相對較不良，林分鬱閉情形較不良，且立木高度相對較低，直到靠近林分中段區域方能見到鬱閉完全，且出現高度較高的立木存在於林分。所有穿越線至人為活動干擾較大區域時，觀察到的林分立木高度皆有下降趨勢。因此竹南海岸林更新導入時，地點如為沿海區域，沙丘不完整時須輔助人工手段如攔沙網、堆砂籬進行攔砂堆沙及防風，並對於迎風面林帶補植木麻黃及黃槿等造林樹種，強化海岸林防護能力。如沿海第一線林帶結構完整，後方林分不論是導入更新，或是對於現存林分的發展亦順利許多。

(參考文獻請逕洽作者)

海報發表

108 年度中港園區公私協力景觀提升計畫成果評估

張怡萱^{1)*}、吳進益¹⁾、劉癸君¹⁾、傅昭憲¹⁾

¹⁾林業試驗所中埔研究中心。60081 嘉義市文化路 432 巷 65 號。

*通訊作者，E-mail：hsuan@tfri.gov.tw。

摘要

中港園區位處西部海岸，氣候環境有別於內陸型工業園區。由於西部區域雨量為臺灣本島雨量最少之處，年降雨量遠少於蒸散量，因此無法維繫鬱閉森林之組成，遂形成介於森林與草原之中間型的疏林群系，樹木僅散生其間。再加上長期受東北季風、烈日高溫及鹽霧之侵襲，如以自然演替之方式經營，實難達成環境保護及景觀美化之功效。因此，園區的綠美化經營須透過適當的育林技術來加以改善，並擬定有系統的撫育管理策略，以因應特殊氣候特色。

108 年度中港園區不僅重點區域之後續栽、補植，乃至撫育管理之專業技術與輔導，將歷年研究開發之資訊與技術，建立系統性之綠化管理機制，並予以轉移至園區，以提升園區綠美化工作之績效。期望在有限經費條件下為求環境綠化永續發展，分年分區重點綠帶的景觀性植物規劃與植栽，持續主動深入式的退縮地綠帶輔導與技術移轉，以期公、私綠帶共同成長，朝兼具環境保護功能與濱海植物特色的景觀化園區邁進。

海報發表

四湖溼地森林變遷與植生復育監測之研究

鄧書麟^{1)*}、鍾智昕²⁾、傅昭憲¹⁾、李育潔¹⁾、莊庭涵¹⁾

¹⁾林業試驗所中埔研究中心。60081 嘉義市文化路 432 巷 65 號。

²⁾宜蘭大學森林暨自然資源學系。26047 宜蘭市神農路一段 1 號。

*通訊作者，E-mail：dengsl@tfri.gov.tw。

摘要

海岸林長期經自然破壞及人為開發壓力，已從綠色長城漸趨破碎，對於海岸林應有的配置區位及其壓力來源均應釐清。以木麻黃海岸防風林為例，應用遙測技術進行林相變遷研究分析，瞭解海岸林內林分演替與植群變動，期能建立大尺度的海岸林監測系統，以遙測技術提供較精準與有效的資料來偵測海岸林林分演替、健康監測到林分老化或劣化的評估，以供未來海岸林與濱海濕地規劃之依據，並建立海岸生態監測系統，以達經營管理之效。運用衛星影像 Data Cube 資料監測不同時期四湖工作站鄰近之木麻黃海岸防風林變動情形，並就林分老化或劣化空間分布進行監測，結果顯示本研究區由 2000 至 2018 年時間軸來看海岸防風林大約維持 73.1%(sd=6.2)的比例，防風林樹冠覆蓋面積比較低的年代分別為 2003(57.8%)、2007(63.3%)與 2015 年(68.8)，其原因可能是受到颱風侵襲所致。

另將 2000-2018 各期影像的 NDVI 進行平均，就平均而言該區域的植生覆蓋尚屬良好。透過配飾時間與 NDVI 的直線迴歸模式，其斜率值呈現負值，顯示該區域的植生覆蓋是減少的趨勢，表示林木生長已發生衰退的現象。由斜率負值空間分布區域，可以發現本研究區域的防風林帶，逐漸出現破碎化的現象。綜言之，經過 Taiwan Data Cube 的衛星影像資料，可進行大尺度長時間監測長時間的海岸防風林的變遷，並得知可能減少的所在位置，以期提供相關的資訊進行整合營造之規劃。

海報發表

四湖濱海植物之收集與經營策略

鄧書麟^{1)*}、傅昭憲¹⁾、王志斌¹⁾、莊庭涵¹⁾、李育潔¹⁾

¹⁾林業試驗所中埔研究中心。60081 嘉義市文化路 432 巷 65 號。

*通訊作者，E-mail：dengsl@tfri.gov.tw。

摘要

臺灣四面環海，造就不同的海岸景色，蘊藏豐富的生物與景觀資源。但由於沿海地區因地理位置因素易受季風及颱風之影響，使其較其他生育地更為敏感及脆弱，若經破壞則需較長時間修復，另亦將嚴重影響沿海地區之生態及降低沿海地區生物之生產力，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其重要。為因應全球暖化造成的氣候與海洋巨變，可能對臺灣海岸、河口及溼地等自然環境產生的衝擊，預估未來生態海岸綠色需求，透過四湖海岸植物園為基地，針對臺灣海岸本土植物進行保種與育種。透過國家植物園方舟計畫之推動，建立完整的遷地保育措施，來補足就地保育系統遭各種天然災害威脅而喪失物種的可能風險，落實四湖海岸植物園「植物與海岸保護」之角色。

依 2017 年透過穿越線調查法所得之四湖轄區植物種類為基礎，本園區計有裸子植物 6 科 12 種，被子植物 55 科 129 種，合計 61 科 141 種。透過方舟計畫之推動，累計目前園區植物增為裸子植物 6 科 13 種，被子植物 72 科 229 種，合計達 78 科 242 種。總計增加 17 科 101 種植物。其中已栽植或成苗之珍稀植物中，屬嚴重瀕臨絕滅(CR)植物計有恆春哥納香、海南草海桐、小葉魚藤...等 7 種；瀕臨絕滅(EN)植物計有柿葉茶茱萸、桃實百日青、蘭嶼胡桐...等 16 種；易受害(VU)植物計有蘭嶼肉豆蔻、恆春皂莢、鵝鑾鼻蔓榕、雲林莞草...等 23 種，總計符合 IUCN 物種保育等級之植物種類達 46 種，本計劃後續將逐步建立各個珍稀植物繁殖計錄及培育要點，俾以符合未來生態海岸綠色的需求。

海報發表

玉山杜鵑複合群種子及苗木之形態差異

許玉貞¹⁾、張怡萱²⁾、劉癸君²⁾、林瑞進^{1)*}

¹⁾國立嘉義大學森林暨自然資源學系。60004 嘉義市鹿寮里學府路 300 號。

²⁾林業試驗所中埔研究中心。嘉義市文化路 432 巷 65 號。

*通訊作者，E-mail: linerm@mail.ncyu.edu.tw。

摘要

臺灣擁有 17 種原生種杜鵑花屬植物，其中分布最高的杜鵑就是玉山杜鵑；然而，玉山杜鵑、森氏杜鵑以及紅星杜鵑這 3 種臺灣特有種杜鵑花屬植物，目前合併為玉山杜鵑複合群，而在傳統鑑定上一直以來都是以植株、葉、花等特徵為分類的依據，在缺乏其蒴果及種子形態特徵的研究。因此本研究首次觀察這 3 種臺灣特有種杜鵑花屬植物之蒴果、種子及培育過程中苗木的變化等特徵進行觀察，探討三者之間的差異，以作為物種鑑定的其中一項參考依據，提供植物分類的佐證；以及在原生杜鵑的保育上提供協助。

海報發表

埤子頭植物園引種策略與都市林教育園區植生調查

蔡景株^{1)*}、洪昆源²⁾、劉耀謙³⁾、林佳璇³⁾、傅昭憲¹⁾

¹⁾林業試驗所中埔研究中心。60081 嘉義市文化路 432 巷 65 號。

²⁾林業試驗所森林化學組。10066 臺北市中正區南海路 53 號。

³⁾國立嘉義大學生物資源系。60004 嘉義市鹿寮里學府路 300 號。

*通訊作者，E-mail：cybg@tfri.gov.tw。

摘要

本研究為瞭解林業試驗所中埔研究中心埤子頭植物園現有植生狀況，進而作為日後都市林研究、園區經營管理與林業教育推廣之參考使用。從本次調查結果發現，埤子頭植物園內胸高直徑大於 10 公分之樹木共有 48 科，117 種，1,909 株，其中裸子植物共 6 種，283 株、被子植物共 111 種，1,626 株。而數量較多之總類者包含：福木 289 株、肯氏南洋杉 168 株、大葉山欖 131 株、臺灣梭羅木 128 株、蘭嶼羅漢松 103 株，占全部數量之 42.9%，另外胸高直徑大於 100 公分之樹木有槭葉翅子木與刺桐 2 種，其中刺桐胸高直徑達 259 公分(12 分枝)，為園區最大棵之樹木。

若以胸高直徑每 10 公分為級距，園區樹木以 10-19.9 公分 1,157 株最多，其次為 20-29.9 公分 355 株，再者為 30-39.9 公分 209 株、40-49.9 公分 107 株，以上級距之樹木占全部樹木之 95.76%，由上可見，埤子頭植物園樹木總類過於集中，且樹木尚不算高大，未來樹木引種栽種選擇，需多加留意，以發揮都市林教育園區之功能。

「第十四屆環境保護林經營管理研討會」論文集

發行人：張 彬

主 編：傅昭憲

執行編輯：鄧書麟、何雅齡

撰 稿 者：王志斌、何坤益、何宗恆、吳進益、李育潔、林佳璇、林照松、
林瑞進、邱祈榮、洪昆源、洪聖峰、胡元璋、范義彬、徐仕璿、
康素菁、張怡萱、莊庭涵、許玉貞、陳建璋、陳浩宇、傅昭憲、
黃俊元、楊正釗、詹明勳、劉昭盈、劉癸君、劉耀謙、蔡茲樺、
蔡景株、鄧書麟、鄧翔耀、謝名彥、謝漢欽、鍾智昕（依姓別筆
劃排列）

出 版 者：行政院農業委員會林業試驗所
100 臺北市中正區南海路 53 號
02-23039978

定 價：新臺幣 250 元

中華民國 108 年 11 月 出版