

2016^年 平地造林試驗及監測研討會

論 文 集

日 期：105 年 12 月 22 日（星期四）

地 點：林業試驗所森林研究大樓 12 樓國際會議廳

協辦單位：行政院農業委員會林務局、中華林學會、台灣糖業股份有限公司



行政院農業委員會林業試驗所 編印

2016年平地造林試驗及監測研討會

論文集

【目錄】

1. 平地造林混合林生長之探討..... 1
(邱志明* 鍾智昕 彭炳勳 唐盛林)
2. 速生高纖維樹種之平地造林試驗..... 9
(許原瑞* 鍾振德 蔡佳彬)
3. 平地造林樹種對空氣汙染物淨化功能評估..... 17
(蘇子豪 陳千佩 劉瓊霏*)
4. 平地造林混農林業經營方法及效益評估..... 23
(蔡佳彬* 湯適謙)
5. 鰲鼓平地森林園區之白千層林分健康性調查..... 33
(何坤益* 魏玟璿 程一善)
6. 平地造林病蟲害健康管理研究..... 41
(吳孟玲* 莊鈴木)
7. 大農大富平地森林園區三種棲地類型的鳥類群聚比較..... 47
(葛兆年* 許詩涵 陳一銘 王相華)
8. 以野生動物評估大農大富河道之生態功能..... 53
(陳一銘* 葛兆年 李宜龍 陳立瑜)
9. 以森林生態服務功能做為大農大富平地森林園區之主題式規劃構想..... 57
(王培蓉*)
10. 運用公民科學監測平地森林鳥類資源..... 63
(楊懿如* 薛惠芳)
11. 平地造林光蠟樹、杜英、楓香之疏伐研究..... 69
(邱志明 鍾智昕 彭炳勳* 唐盛林)
12. 樸門農法於林下作物栽植之應用..... 75
(徐嘉君*)
13. 從台灣製材業現況看未來平地造林主產物初步加工可能合作夥伴..... 79
(詹為巽* 林俊成)
14. 平地造林木之裝飾產品開發及商品化：以風倒木為例..... 83
(張勵婉* 林謙佑 葉定宏 朱麗萍 張乃航 徐露玉)
15. 平地森林園區廢耕地鳥類群聚與植被關係之調查..... 87
(葛兆年* 王相華 許詩涵 陳一銘)

平地造林混合林生長之探討

邱志明^{1*} 鍾智昕² 唐盛林² 彭炳勳²

^{1*} 行政院農業委員會林業試驗所森林經營組研究員兼組長，100 臺北市南海路 53 號，通訊作者。

² 行政院農業委員會林業試驗所森林經營組助理研究員。

【摘要】為瞭解平地造林純林和混合林之生長狀況，調查花蓮地區 5 種樹種，分別為光蠟樹、檫木、烏心石、楓香、杜英塊狀混植，共 40 區及屏東地區 3 種樹種，分別為桃花心木、印度紫檀、苦楝塊狀混植，共 12 區，純林和混合林之生長由 8 年生時設區，13 年生時，經 6 年之調查及 5 年之定期生長，各樹種之差異皆極顯著，結果如下，花蓮地區，13 年生材積總生長，杜英>楓香>烏心石>光蠟樹>檫木，材積定期生長，楓香>杜英>檫木>烏心石>光蠟樹。楓香 5 年定期生長，胸徑可達 3.37 cm，材積 37.91 m³/ha，而生長速度慢者，光蠟樹 5 年定期胸徑生長，僅 1.19 cm，材積 7.95 m³/ha。屏東地區材積總生長量為苦楝>桃花心木>印度紫檀，材積定期生長，苦楝>桃花心木>印度紫檀，其材積總生長 134.49 m³/ha，而印度紫檀僅 37.78 m³/ha，其 5 年之定期生長胸徑桃花心木達 5.05 cm，材積苦楝達 59.98 m³/ha，桃花心木 47.03 m³/ha，樹種之總生長和定期生長發現，杜英、苦楝、光蠟樹生長有減緩之勢，而桃花心木、楓香和檫木之生長有後來居上之勢，不同樹種純林和混合林總生長及 5 年定期生長量之快慢，視兩種混合樹種之生長速度而定，屏東之苦楝和花蓮之杜英差異顯著，餘皆不顯著。一般生長速度快者和生長速度慢者混植，生長速度快者混合林較大，生長速度慢者，純林較大。兩者生長速度差不多者，視立地環境、林齡、生長特性而異，又本試驗隨著林分林齡之增加，不同樹種間之競爭將加劇，且總生長和定期生長樹種間生長速度有別，因此，此變化之趨勢可能改變，必須持續監測才能確認結果。

I、前言

自 1990 年前後，為因應環境之變遷及社會的需求，由美國發展出來之新林業及生態系經營，引進森林生態學新知，修正以往林業經營之觀念與作法，即以木材生產為單一導向，並大面積皆伐與建造單純林為目標；但就自生態遺傳學之觀念言之，人工單純林之物種歧異度小，基因資源貧乏，易遭受氣象、生物及疫病為害，另一方面天然林之物種歧異度大，但如不施予適當的經營，讓其自生自滅，不僅生態系演替速度緩慢，且多趨向於劣生性演化(dysgenic evolution)，無法達到人們所需求之預期狀態。因此如何謀求符合經濟、生態及社會考量的生產與保育策略及作法，成為一重要思考之課題。混合林經營(mixed forest management)是一種符合「多樣性」之育林策略，對於提高林分之結構(structure)，功能(function)及

組成(composition)之多樣性有相當大之助益。導入生態經營理念之後，林業機關已建立之各種形式混合林，目前已面臨許多問題，如種間和種內競爭演替之問題，留存比率之問題，不同陽性樹種、陰性樹種混合密度之問題，這些資料甚為欠缺，因此，必須進一步監測、評估，掌握林木生長競爭和物種演替消長變化等動態資訊，以決定混合林分適當之物種和配置比例、形式及時間系列之變動及經營效益，以做為後續混合林經營，樹種選擇配置之參據，以提升植林減碳、碳吸存效果、林地生產力及生物多樣性，以提升人工之多元效益。

本報告針對花蓮地區 5 種重要平地造林樹種光蠟樹、檫木、烏心石、楓香、杜英及屏東地區之桃花心木、苦楝、印度紫檀之純林和混合林設區進行調查，胸徑、樹高、材積、總生長及每公頃成活株數和各項 5 年定期生長和枯死率，以作為後續造林樹種混植選擇及中後期經營撫育之參據。

II、材料與方法

本試驗配合台糖花蓮區處大富大農平地造林，不同樹種以塊狀建造混植之方式，形成混合林，其建造方式以行距 3.3 m，株距 2 m，每公頃栽植 1,500 株，每一樹種栽植 6 行，長度 30-100 m 不等，兩樹種毗鄰處即為混合林，於兩側則為兩樹種之純林，如圖 1 所示，以消除同一樣區立地環境之變異。

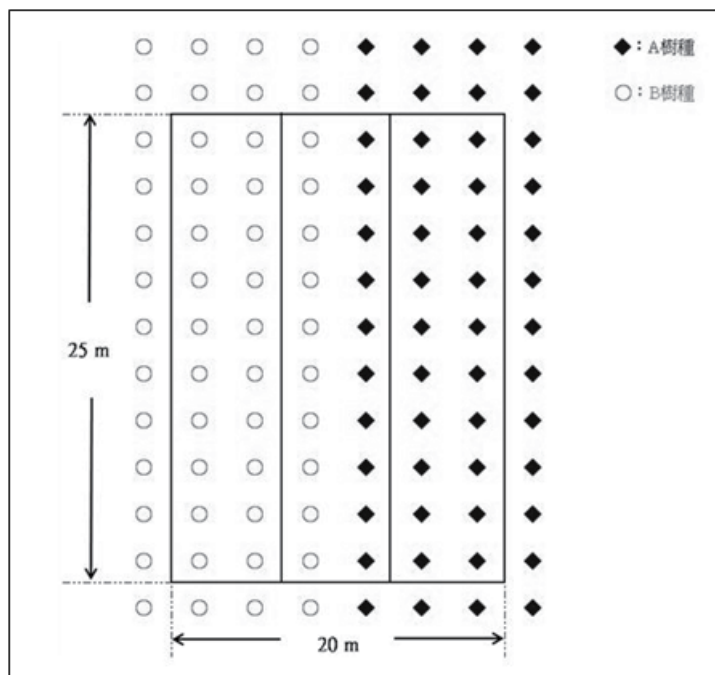


圖 1、混合林樣區示意圖

(I) 花蓮地區

本計畫在 8 年生時(2011)開始設區，選擇造林最多樹種及依據現況，每木編號，每年並進行生長性狀之調查，至 2016 年，林齡 13 年生時，共完成 5 次調查，所有樣區皆未進行除伐或疏伐，共設置光蠟樹和欖木混植 7 個樣區；光蠟樹和烏心石混植 4 個樣區；光蠟樹和楓香混植 6 個樣區；光蠟樹和杜英混植 4 個樣區；欖木和烏心石混植 4 個樣區；欖木和楓香混植 5 個樣區；欖木和杜英混植 6 個樣區；楓香和杜英混植 4 個樣區，亦即 5 種樹種，共 40 個樣區，每一樣區 4 小區，共 160 個小區。

(II) 屏東地區

在 2011 年林齡 8 年生時，同花蓮地區，選擇台糖屏東區處，四林及萬隆農場，依現有之平地造林現況及選擇造林最多之樹種，進行設區調查，至 2014 年，林齡 13 年生時，其完成 5 次調查，桃花心木和印度紫檀混植 4 個樣區；桃花心木和苦楝混植 4 個樣區；印度紫檀和苦楝混植 4 個樣區，共 3 種樹種，12 個樣區，48 個小區。

III、結果與討論

(I) 花蓮地區

1. 總生長：8 年生設區，至 13 年生，胸徑、材積總生長。

- (1) 杜英：胸徑純林 12.9-14.8 cm，平均 13.61 cm，混合林 13.9-16.3 cm，平均 15.04 cm，胸徑純林和混合林差異顯著， $F=4.95$ ， $P=0.035$ 。材積純林 68.3-105.4 m^3/ha ，平均 81.77 m^3/ha ，混合林 74.6-97.3 m^3/ha ，平均 85.51 m^3/ha ，差異不顯著。
- (2) 光蠟樹：胸徑純林 8.1-9.7 cm，平均 8.8 cm，混合林 8.9-11.3 cm，平均 9.8 cm。材積純林平均 31.98 m^3/ha ，混合林 38.65 m^3/ha ，差異皆不顯著。
- (3) 烏心石：胸徑純林平均 11.4 cm，混合林 11.8 cm。材積純林平均 44.29 m^3/ha ，混合林 46.38 m^3/ha ，差異不顯著。
- (4) 欖木：胸徑純林平均 9.6 cm，混合林 9.5 cm。材積純林平均 30.45 m^3/ha ，混合林 28.87 m^3/ha ，差異皆不顯著。
- (5) 楓香：胸徑純林平均 12.6 cm，混合林 12.6 cm。材積純林平均 67.03 m^3/ha ，混合林 71.02 m^3/ha ，差異不顯著。

若不區分各別混植之樹種，5 種樹種至 13 年生時總生長經變異分析結果，樹種間之胸徑、樹高、材積總生長差異皆極顯著，而每公頃成活株數差異不顯著，而純林和混合林胸徑差異顯著($F=5.27$ ， $P=0.023$)，樹高顯著邊緣

($P=0.060$)，材積及每公頃成活株數皆不顯著，造成胸徑差異顯著，材積差異不顯著之原因主要受樹高及每公頃成活株數影響所致(邱志明、鍾智昕，2015)。

2. 定期生長：即 8-13 年生 5 年間之定期生長。

- (1) 杜英：胸徑純林平均 3.4 cm，混合林 3.3 cm，。材積純林 3.62 m³/ha，混合林 39.6 m³/ha，5 年枯死率純林 0.9-3.8 %，年平均 2.4 %，混合林 1.4-4.7 %，平均 3.2 %，差異皆不顯著。
- (2) 光蠟樹：胸徑純林 1.1 cm，混合林 1.30 cm。材積純林 6.96 m³/ha，混合林 8.95 m³/ha，年枯死率純林 2.34 %，混合林 2.41 %，純林和混合林差異皆不顯著。
- (3) 烏心石：胸徑純林平均 1.86 cm，混合林 1.89 cm。材積純林平均 8.97 m³/ha，混合林 12.55 m³/ha，年枯死率純林 2.24 %，混合林 0.98 %，差異皆不顯著。
- (4) 欖木：胸徑純林平均 1.07 cm，混合林 1.30 cm。材積純林 6.96 m³/ha，混合林 8.95 m³/ha，年枯死率純林 1.69 %，混合林 1.19 %，差異皆不顯著。
- (5) 楓香：胸徑純林平均 3.42 cm，混合林 3.33 cm。材積純林平均 36.24 m³/ha，混合林 39.57 m³/ha，年枯死率純林 1.04 %，混合林 2.41 %，差異皆不顯著。

若不區分各別之混植之樹種，8-13 年生，5 年定期生長，不同樹種經變異分析，胸徑、樹高、材積、枯死率差異皆極顯著，其不同樹種胸徑定期生長經 tukey 測驗可分為 4 群，大小順序為楓香 3.37 cm，欖木 2.375 cm，烏心石 1.878 cm，杜英 1.693 cm，光蠟樹 1.186 cm，材積分 3 群大小順序為楓香 37.9 m³/ha 杜英 15.72 m³/ha，欖木 12.56 m³/ha，烏心石 10.76 m³/ha，最小為光蠟樹 7.95 m³/ha，枯死率分 2 群，杜英 14.0 % 光蠟樹 11.9 % 較高，其次為欖木 8.2 %，烏心石 8.1 %，最小為楓香 3.8 %，純林和混合林差異皆不顯著。至 13 年生總生長和 8-13 年生，5 年間之定期生長，不論胸徑、樹高、材積、枯死率，總生長和定期生長，不同樹種大小順序不同，此顯示不同樹種生長趨勢不同(邱志明、鍾智昕，2015)。

(II) 屏東地區

1. 總生長：至 13 年生時，胸徑、材積總生長。

- (1) 苦楝：胸徑純林平均 13.10 cm，混合林平均 15.69 cm (差異極顯著， $F=17.17$ ， $P=0.001$)。材積純林平均 111.11 m³/ha，混合林平均 157.67 m³/ha (差異顯著， $F=8.41$ ， $P=0.0116$)。
- (2) 桃花心木：胸徑純林平均 15.59 cm，混合林平均 14.12 cm。材積純林 85.24 m³/ha，混合林 72.59 m³/ha，差異不顯著。

(3) 印度紫檀：胸徑純林平均 11.11 cm，混合林平均 10.12 cm。材積純林平均 39.91 m³/ha，混合林 35.66 m³/ha，差異皆不顯著。

若不區分各別混植之樹種，3 種樹種至 13 年生總生長經變異分析結果。各樹種間之胸徑、樹高、材積總生長差異皆極顯著($P<0.01$)，而每公頃成活株數並無顯著($P=0.0285$)，而純林和混合林差異皆不顯著。3 種樹種，經 tukey 測驗，胸徑分為 2 群，桃花心木和苦楝最大，分別為 14.85 cm，14.39 cm，印度紫檀最小為 10.62 cm，材積總生長分 3 群，苦楝達 134.39 m³/ha，其次桃花心木 78.92 m³/ha，最小為印度紫檀 37.78 m³/ha，每公頃成活株數以苦楝最高 1091 株，其次為桃花心木 938 株，印度紫檀 848 株。

2. 定期生長：

(1) 苦楝：胸徑純林平均 2.66 cm，混合林平均 3.93 cm，在顯著邊緣 $P=0.07$ 。材積純林平均 46.24 m³/ha，混合林平均 73.72 m³/ha，差異顯著， $F=6.37$ ， $P=0.024$ 。5 年間年平均枯死率純林平均 2.0%，混合林 2.3%。

(2) 桃花心木：胸徑純林平均 5.24 cm，混合林平均 4.86 cm。材積純林 47.66 m³/ha，混合林 46.40 m³/ha。5 年間年平均枯死率純林平均 3.62%，混合林 0.73%。

(3) 印度紫檀：胸徑純林平均 3.16 cm，混合林平均 2.82 cm。材積純林平均 20.82 m³/ha，混合林 19.03 m³/ha。5 年間年平均枯死率純林 4.89%，混合林 4.72%。

3 種樹種 8-13 年，5 年間定期生長經變異分析結果，胸徑和材積差異極顯著，枯死率差異顯著，而 3 種樹種純林和混合林差異不顯著。不同樹種大小順序之變化，桃花心木 5.05 cm，苦楝 3.29 cm，印度紫檀 2.99 cm，材積苦楝 59.98 m³/ha，桃花心木 47.23 m³/ha，印度紫檀 19.92 m³/ha，枯死率最高為印度紫檀 24.2%，其次為苦楝和桃花心木約 10.9%。

比較胸徑總生長和定期生長，不同樹種大小順序之變化，趨勢不一樣，顯示苦楝初期生長速度最快，但 8-13 年生以後被桃花心木趕上，而印度紫檀皆最小，而總生長和定期生長材積、每公頃成活株數、枯死率，3 種樹種變化趨勢一致。

(III) 純林和混合林

以材積生長為例，發現光蠟樹和欖木、烏心石、楓香、杜英混植，光蠟樹混合林皆大於純林；而欖木、楓香、皆純林大於混合林。欖木和光蠟樹、楓香、杜英混植，欖木純林皆大於混合林；烏心石、楓香、杜英，則是混合林大於純林。而楓香和杜英混植，杜英混合林大於純林，楓香純林和混合林約略相等。而枯死率純林和混合林大小之趨勢並不明顯。其原因主要受林木本身生長特性、生長競爭、立地環境和氣候(乾旱和颱風)影響。由總生長和定期生長之結果發現，總生長，杜英>楓香>烏心石>欖木>光蠟樹，定期生長，楓香>欖木>烏心石>杜英>光蠟樹，

由此可知，樹種生長量順序有差異，其原因為不同樹種生長特性所造成，亦造成純林和混合林未鬱閉前和鬱閉後，或初期和中後期生長之差異。

桃花心木和苦楝混植，以材積定期生長為例，桃花心木純林大於混合林，苦楝則混合林大於純林。苦楝和印度紫檀混植，苦楝混合林大於純林，印度紫檀則純林大於混合林，桃花心木和印度紫檀混植，桃花心木混合林大於純林，而印度紫檀亦混合林大於純林，主因印度紫檀枯死率較高所致，但若以胸徑生長則純林和混合林在伯仲之間，另一原因印度紫檀冠形開展，桃花心木幼齡冠形較窄，(林金樹等，2012)。其原因總生長為苦楝初期生長速度大於桃花心木及印度紫檀；而印度紫檀和桃花心木混植，純林和混合林之生長則在伯仲之間。

表 1. 花蓮地區平地造林純林和混合林總生長和定期生長(5年)之比較

樹種	胸徑(cm)		材積(m ³ /ha)		株數 (株/ha)	枯死率 (%/yr)	樣區數	
	總生長	定期生長	總生長	定期生長				
光蠟樹	純林	9.69	1.36	41.56	11.48	1166	2.4	7
	混合林	11.03	1.59	50.11	14.95	1063	1.2	
欖木	純林	9.52	2.27	31.76	13.70	1243	1.7	
	混合林	9.01	2.08	27.70	11.75	1269	0.9	
光蠟樹	純林	8.08	1.06	16.37	0.74	840	6.2	4
	混合林	8.89	1.01	23.13	2.59	960	4.4	
烏心石	純林	10.97	2.15	38.18	6.31	1110	3.8	
	混合林	11.33	1.53	35.98	7.00	1050	1.0	
光蠟樹	純林	8.25	0.83	29.61	5.69	1280	1.2	6
	混合林	9.09	1.11	33.53	6.21	1160	2.9	
楓香	純林	12.43	3.04	67.78	32.85	1270	1.1	
	混合林	11.30	2.56	62.46	29.82	1480	0.0	
光蠟樹	純林	8.87	0.95	33.84	7.17	1260	0.9	4
	混合林	9.97	1.35	41.82	8.90	1110	1.9	
杜英	純林	14.81	1.95	105.64	22.11	1275	2.8	
	混合林	16.34	2.18	97.28	26.66	1020	2.9	
欖木	純林	9.20	2.57	24.63	9.96	1095	3.5	4
	混合林	9.77	2.29	32.16	11.52	1140	2.9	
烏心石	純林	11.78	1.58	50.39	11.62	1260	0.9	
	混合林	12.30	2.26	56.77	18.10	1230	1.0	
欖木	純林	10.09	2.49	37.29	16.20	1152	1.2	5
	混合林	10.08	2.74	30.86	11.92	1104	2.0	
楓香	純林	13.23	3.12	83.04	45.93	1296	0.7	
	混合林	14.44	3.58	97.88	58.04	1296	0.0	
欖木	純林	9.43	2.42	27.08	13.11	1120	1.1	6
	混合林	9.58	2.32	26.39	11.57	1080	1.5	
杜英	純林	13.31	1.53	74.86	12.65	1090	3.8	
	混合林	14.91	1.49	84.91	5.11	980	4.7	
楓香	純林	12.14	4.38	45.92	29.23	975	1.5	4
	混合林	12.35	4.15	50.30	31.08	930	1.9	
杜英	純林	12.86	1.35	68.27	15.58	1215	0.9	
	混合林	13.91	1.82	74.64	19.04	1110	1.4	

表 2. 屏東地區平地造林純林和混合林總生長和定期生長(5 年)之比較

樹種	胸徑(cm)		材積(m ³ /ha)		株數 (株/ha)	枯死率 (%/yr)	樣區數	
	總生長	定期生長	總生長	定期生長				
桃花心木	純林	16.52	4.63	79.01	29.67	765	6.7	4
	混合林	15.39	4.59	85.87	51.81	840	0.6	
印度紫檀	純林	11.38	2.87	39.95	18.05	765	5.6	
	混合林	11.43	3.25	48.81	26.40	870	3.9	
桃花心木	純林	14.65	5.85	91.48	65.66	1095	1.2	4
	混合林	12.86	5.14	59.31	40.99	1050	0.8	
苦楝	純林	13.44	2.29	118.26	44.42	1110	1.5	
	混合林	15.34	2.44	161.86	59.54	1140	0.9	
印度紫檀	純林	10.84	3.45	39.87	23.58	885	4.7	4
	混合林	8.81	2.39	22.51	11.66	870	6.1	
苦楝	純林	12.75	3.04	103.97	48.05	1095	2.9	
	混合林	16.04	5.41	153.48	87.90	1020	4.0	

速生高纖維樹種之平地造林試驗

許原瑞^{1*} 鍾振德² 蔡佳彬³

^{1*}行政院農業委員會林業試驗所蓮華池研究中心研究員兼主任，100 臺北市南海路 53 號，通訊作者。

²行政院農業委員會林業試驗所育林組副研究員。

³行政院農業委員會林業試驗所六龜研究中心副研究員。

【摘要】2009 年 7 月起分別在屏東四林及花蓮大富、大農，台南新化等地區共建立 10.85ha 優良品系桉樹造林試驗地。早期建立的試驗地至 2016 年底止，歷經季節性乾旱、夏季颱風侵襲，對造林地造成不同程度的損失。各品系在各試驗地表現不同，屏東四林試區 GU 品系雖然生長快速，然並無法適應台灣西南地區的乾旱及颱風逆境，GUT5 品系耐旱適應能力優於另外 2 品系，6 年生烏心石及光蠟樹之平均樹高生長不到桉樹類的 1/2。花蓮大富試區以 GU 品系表現較佳，但受颱風損害嚴重無法成林。大農試區歷經颱風造成葉量受損，但近期調查枝葉量已恢復。新化耐紬小蜂之桉樹以 K41、URO 表現最佳，在歷次調查中皆未發現受紬小蜂感染，同時具有優良的生長表現。短期經濟林監測樣區各地區造林初期成活及生長表現良好，但不同地區受到不同程度颱風災害；各地可選出適合當地優良品系。

I、前言

桉樹屬(*Eucalyptus spp*)多數生長快速，許多熱帶和亞熱帶國家都引進大規模造林，並進行育種，以獲得生長更快速的品系。巴西在 1940 年代引進桉樹類造林，主要用途為纖維及生質能源，2009 年巴西人工林面積 6.3 百萬公頃，其中 70%為桉樹，30%為松樹。巴西為桉樹育種最成功的國家之一，在巴西桉樹伐期短(2-6 年)品系造林地具高生產力，年生產量達 40 – 80 m³，平均含皮年生產量(MAI)達 60m³/ha/yr，木材爐乾比重約 0.45-0.5，因樹齡及品系而異(Laercio Couto,2011)。

台灣自 1896 年開始引入桉樹類，引種試驗的結果顯示玫瑰桉(*E. grandis*)、尾葉桉(*E. urophylla*)及赤桉(*E. camadulensis*)較適合台灣低海拔淺山坡地及邊際農地的造林(陳正豐等, 1990)，1987 年林試所自澳洲引進 20 種桉樹，分別在台灣四個地區進行造林適應性試驗(陳正豐等,1995)，此結果對於桉樹類在台灣的樹種適應、生長表現、風害、蟲害等有更深入的了解。花蓮的邊際農地，在集約管理下的桉樹林分，2.5 年生尾葉桉林分生產量可達 39 ton/ha/yr(Horng, 1992)；另外玫瑰桉 3 年生林分年平均生產量估算，最高可達 34 m³/ha(陳振榮等, 1997)。1992 年桉樹類全台造林面積達 3000 ha(黃耀熙, 1992)，造林地以台糖公司的低生產力土地，農場邊際土地、坡地、丘陵地、溪邊、畜殖場週邊及管理不易之畸零地等為主。

台灣全年各類紙品總產量達 450 萬噸以上，消費量達 490 萬噸以上，除廢紙

回收製漿外，每年進口人造林木片約 162 萬噸，自產僅 0.32 萬噸(造紙公會)。桉樹類為短伐期速生樹種，因品系及生育地差異，一般造林後 6 - 10 年即可伐採利用，可供小徑木工業用材及短纖製漿原料。在台灣菇菌業者以桉樹代替相思樹做為太空包原料，伐木業者自行採運之收購單價最近年間由 400 元/噸上升至 856 元/噸。

II、材料與方法

(I) 試驗地概況

造林試驗地包括屏東四林農場、花蓮大富及大農農場、台南新化農場等 4 處台糖公司土地。除新化農場試區為淺山坡地外，其餘皆位於平坦農地。為檢測選育桉樹耐枝癭蝨小蜂品系在不同地區的適應與生長表現，將短伐期經濟造林地納入監測範圍。監測造林及樣區內容如表 1。各樣區監測內容以各品系生長表現為主，量測項目包括樹高、胸徑生長及成活適應能力。

表 1、速生桉樹類造林試區及監測樣區摘要

地點	完成日期	面積(ha)	樹種或品系
(1)屏東四林	2009/07/23	2.32	TL031、GU、GUT5、烏心石
(2)花蓮大富	2010/01/26	3.65	TL031、GU、CG44、烏心石
(3)花蓮大農	2011/01/27	2.68	烏心石、桉樹 29 營養系
(4)台南新化	2012/05/26	2.20	相思樹、桉樹營養系
(5)苗栗造橋	2014/04/02	0.60	短期經濟林桉樹監測區。
(6)台南玉井	2014/08/20	3.35	短期經濟林桉樹監測區。
(7)花蓮富里	2015/01/29	1.96	短期經濟林桉樹監測區。
(8)台南新化	2015/10/05	0.67	短期經濟林桉樹監測區。
(9)花蓮鳳林	2015/11/04	2.51	短期經濟林桉樹監測區。

(II) 造林試驗

2009 年 7 月至 2012 年 5 月共設置四處大面積造林試驗地。

- 屏東四林試區：株行距 2×2m，各小區內以原生闊葉樹烏心石(*Michelia compressa*)列狀混植，小區內栽植時以 7 排桉樹+ 3 排烏心石排列，四小區合併為一重複大區，同一品系塊狀栽植成一大區。每一品系(樹種)重複四次，本試區造林後即遇冬季乾旱，致烏心石造林苗木大量枯死，補植時改採較為耐旱的光蠟樹(*Fraxinus formosana*)。

2. 花蓮大富試區：株行距 2×2m，台糖公司同時於同一林地造林楓香 (*Liquidambar formosana*)及光蠟樹，試區調查時同時將其列入生長監測試區，每一樹種調查 50 株，4 重複，各 200 株，比較樹種之生長表現。
3. 花蓮大農試區：造林株行距 2×2m，小區面積為 20×20m(即 10 株×10 行)，共 47 區，台糖公司同時造林之楓香試區調查時同時將其列入生長監測試區，調查 50 株，4 重複，共 200 株，比較樹種之生長表現。
4. 台南新化試區：於 2011 年 6 月 1 日完成桉樹 CG43 及赤桉品系造林(表 1)，株行距 2×2m。但 2011 年 11 月發現部分品系感染桉樹枝癭蚜小蜂，因而於 2012 年 2 月伐除，未受蟲害之品系則留存並持續觀察。2012 年新育耐桉樹枝癭蚜小蜂之桉樹品系 URO 純系及 GUT5 雜交種子苗、赤桉優良品系 K1、K41 扦插苗，於 5 月重新造林，定期生長調查並檢測桉樹枝癭蚜小蜂之感染率。

2014 年起，配合短伐期經濟林之推動，將農民申請完成造林區列入監測樣區，範圍涵蓋南、北、東部，包括苗栗造橋；台南新化、玉井；花蓮富里、萬榮、鳳林；台東長濱等地區。

III、結果與討論

(I) 造林試驗各試區生長表現

各試驗地桉樹類生長快速，尤其是位於東部大農及大富兩試驗地早期生長甚為優異，各試驗地同時以原生樹種混植或將試區相鄰之台糖同時造林的原生闊葉樹加以調查比較，更顯現桉樹類之快速生長。但近年來歷經多次颱風侵襲，致造林地損害嚴重，甚至全毀，無法再度收集造林資料，茲將屏東四林、花蓮大富、大農等試驗地生長資料整理如表 2。

表2、桉樹類及闊葉樹造林試區初期及6年生長表現

造林地	屏東四林		花蓮大富		花蓮大農	
林齡(月)	72		51		60	
營養系	H(m)	DBH(cm)	H(m)	DBH(cm)	H(m)	DBH(cm)
TL031	13.2	11.8	13.6	12.4		
GU	16.3	12.0	16.0	12.1		
GUT5	14.3	12.9				
CG44			11.8	9.5		
CG43					14.0	10.0
烏心石	5.6	7.0	4.4	4.0	4.5	8.0
楓香			1.8	2.4	4.6	5.5
光蠟樹			3.7	3.4		

桉樹樹高為推算值。

花蓮大農試區因地形保護，桉樹生長表現優於東部其他區域，生長調查結果顯現，全林分蓄積生長主要受颱風影響，颱風造成立木存活逐年下降，致前期生長無法累積於造林地上(表 3)。

表 3、大農試區造林各期生長與蓄積(m³)

調查日期	林齡(月)	樹高 cm	胸徑 cm	存活率%	MAI(m ³ /ha/yr)
2011.2	1	25	-	100.0%	-
2012.1	12	540	4.03	93.8%	-
2013.1	24	908	6.71	82.9%	15.07
2014.1	36	1301	8.5	61.7%	17.18
2014.7	42	1293	8.38	41.1%	9.47
2014.10	45	1311	8.66	33.3%	7.75
2015.1	48	1315	8.72	32.1%	7.12
2016.1	60	1373	9.65	25.2%	5.73
2016.10	69	1446	10.8	22.6%	5.89

*材積式 $V=DBH^2*0.79*H*0.45$

台南新化試區位於台灣西南地區，氣候、土壤等條件與其他各試區不同，於 2011 年 6 月 1 日完成桉樹類優良營養系造林。造林初期桉樹類生長快速，然於當年 11 月即發現感染桉樹枝癭小蜂，尤其是桉樹品系 CG43 及部份自行選育的 K 系列品系，因此於 2012 年 2 月將感染之各品系全數伐除，未感染之品系留存，同時進行耐小蜂品系選育。最近一次的生長調查(2016/7/6)資料顯示，未感染之耐小蜂各品系生長優良(表 4)，由於樹高太高不易調查，以胸徑生長而言，URO 品系最佳，50 個月的生長達 11 公分。各品系除 GUT5 及 GUT5×TG47 存活率較差外，其於各品系皆在 80 以上。選育 K 系列的 K1、K41 則具有存活率高的特點，其中 K41 品系平均胸徑生長亦達 10 公分。

以造林蓄積而言，新化農場耐小蜂品系選育造林 50 個月後生長表現優於其他試區，K41 具有最佳蓄積表現，其次為 URO 品系。

表 4、新化農場耐小蜂品系選育造林生長與蓄積

品系	林齡(月)	樹高 m	胸徑 cm	成活率%	MAI (m ³ /ha/yr)
URO	50	12.6	11	63.7%	20.72
GUT5	50	10.4	8.9	30.0%	5.29
GUT5X48	50	11.9	9.5	83.0%	18.97
GUT5XTG47	50	12.1	9.5	60.0%	13.94
K41	50	12.1	10	100%	25.83
K1	50	8.7	5.7	100%	6.02

*材積式 $V=DBH^2*0.79*H*0.45$ ；K1、K41 為營養系造林，餘為種子苗造林。

(II) 短伐期經濟林推動桉樹監測區生長

2013 年政府推動短期經濟林造林輔導，同時林務局委託本所執行「桉樹優良品系採穗園建立」計畫，培育耐(抗)桉樹枝癭小蜂品系桉樹苗木，提供予短期經濟林申請者進行造林。由 2012 年起本所即進行耐小蜂品系選育及雜交育種及測試，並已獲得相當不錯的成果，2014 年 4 月即以育成之耐(抗)桉樹枝癭小蜂品系桉樹苗木在苗栗造橋進行造林。至目前共設置 6 個監測樣區，各樣區生長表現概述如下：

1. 苗栗造橋樣區：

提供 15 個耐(抗)桉樹枝癭小蜂品系桉樹，2014 年 4 月 2 日完成造林，栽植距離 2m x 2m。2014 年 5 月 21 日進行第 1 次生長及成活率調查。但於 2015 年 8 月遭受蘇迪勒颱風重創樣區。最近一次調查於 2016 年 10 月 11 日(表 5)。

表 5、苗栗造橋耐小蜂品系造林 1 及 30 個月後生長表現(cm)

調查日期 品系	2014.5.23		2016.10.11	
	H (cm)	成活率%	DBH(cm)	H(m)
3003	49.1	80.0	7.0	8.6
3101	56.5	66.3	6.2	6.2
3229	58.0	38.0	5.2	5.8
3505	38.8	88.0	6.5	3.5
3524	58.0	96.0	8.6	10.8
3702	41.0	87.5	4.1	4.7
3804	60.4	88.0	8.3	8.9
3806	59.3	88.0	6.0	7.4
3808	70.6	96.0	8.4	8.9
4001	44.9	28.0	4.2	4.1
K41	62.8	100	7.7	8.7
U1	53.8	92.0	4.3	5.5
U3	56.6	84.0	7.5	9.8
U49	50.5	61.9	5.5	4.5
U5	60.1	76.0	5.3	6.7

各品系雖然遭受颱風侵襲受損，但仍有 10 個品系造林存達 80% 以上；樹高生長表現皆達 3.5-10.8 公尺，本造林地至少可選育出 5 個成活率高、生長快速品系供為苗栗地區造林推廣之用。

2. 台南玉井樣區

2014 年申請，並以小地主大佃農形式進行桉樹造林，本所提供 14 個耐(抗)

桉樹枝癭小蜂品系桉樹，於 2014 年 8 月完成造林，栽植距離 2m x 2.5m。2014 年 9 月 23 日進行第 1 次生長及成活率調查。2015 年 8 月蘇迪勒颱風一樣重創樣區。最近一次調查於 2016 年 10 月 13 日，各品系生長表現如表 6。

表 6、台南玉井耐小蜂品系造林 1 及 26 個月後生長表現(cm)

品系	調查日期	
	2014.9.23	2016.10.23
	H (cm)	DBH(cm) 成活率(%)
3003	68.7	* *
3101	69.2	5.6 80.8
3229	85.4	4.8 53.8
3505	65.0	5.0 62.0
3702	80.6	6.6 26.9
3803	71.3	7.1 70.0
3804	77.7	6.8 96.2
3806	81.3	5.0 96.2
3808	84.3	6.3 90.0
K41	86.1	6.7 97.3
U1	57.4	5.0 88.5
U3	88.4	* *
U49	46.9	3.0 48.1
U5	75.7	* *

*颱風損害嚴重，未再調查。

各品系雖然遭受颱風侵襲受損，但仍有 5 個品系造林存達 80%以上；2 年生胸徑生長表現差異大，介於 3.0 至 6.8 公分間，本造林地至少可選育出 3 個成活率高、生長快速品系供為台南玉井地區造林推廣之用，如透過造林技術改善，生長快速的各品系以可加以考慮混植於造林地中，降低颱風災害損傷。

3. 花蓮富里樣區

花蓮富里短期經濟林桉樹造林區共提供 17 個耐(抗)桉樹枝癭小蜂品系桉樹。於 2015 年 1 月 29 日完成造林，栽植距離 2m x 2.5m。2015 年 3 月 3 日進行第 1 次生長及成活率調查。2016 年 10 月 17 日進行生長及成活率調查(表 7)。

表 7、花蓮富里耐紬小蜂品系造林 1 及 21 個月後之生長表現

調查日期	2015.3.3		2016.10.17	
	H (cm)	成活率(%)	H (cm)	成活率(%)
3101	55.6	98.7	108.7	100
3103	39.2	100	173.2	92.0
3229	73.0	94.0	113.5	80.0
3505	51.2	100	202.0	96.0
3702	55.6	97.1	117.1	88.0
3803	33.9	100	164.1	100
3804	32.8	100	228.8	65.0
3805	37.5	100	276.7	90.9
3808	35.0	100	308.6	92.3
3901	42.4	100	251.0	98.0
3902	52.1	100	364.2	100
3903	56.3	100	280.8	92.3
3910	39.0	100	225.8	100
4001	36.4	100	147.0	100
K41	66.4	100	258.2	96.6
U1	32.8	100	451.3	81.3
U5	44.7	100	309.2	76.9

21 個月各品系生長表現良好，造林初期雖遭受颱風侵襲，影響並不大，各品系造林存達率高；樹高生長表現在 5-10 公尺，本造林地至少可選育出 5 個成活率高、生長快速品系供為花蓮富里地區造林推廣之用。

4. 花蓮萬榮、台南新化、花蓮鳳林監測樣區

另外提供花蓮萬榮、台南新化、花蓮鳳林等短伐期造林地苗木並輔導造林，監測造林木生長表現，各地之初期生長表現如表 8、九。

表 8、花蓮萬榮耐紬小蜂品系造林 21 個月後生長表現(cm)

調查日期 品系	2016.10.19		
	H (m)	DBH (cm)	成活率(%)
3101	5.4	3.6	94
3229	7.0	5.7	88
3702	5.3	3.4	98
K41	4.7	3.3	100

台南新化短期經濟林桉樹造林，提供 7 耐(抗)桉樹枝癭小蜂品系桉樹。2015 年 10 月 5 日完成造林，栽植距離 2m x 2.5m。2015 年 11 月 25 日進行第 1 次生長及成活率調查。2016 年 7 月 6 日進行生長及成活率調查，10 個月造林木生長表現優良，各品系表現樹高介於 2.0-5.3 公尺之間，但隨後而至的連續颱風嚴重毀損本造林地。

花蓮鳳林短期經濟林桉樹造林，提供 7 耐(抗)桉樹枝癭小蜂品系桉樹。2015 年 11 月 4 日完成造林，栽植距離 2m x 2.5m。2016 年 1 月 13~14 日進行第 1 次生長及成活率調查。2016 年 7 月 13 日生長調查(表 9)。

表 9、花蓮鳳林耐小蜂品系造林 7 個月後生長表現(cm)

調查日期 品系	2016.7.13	
	H (cm)	成活率(%)
3702	85.4	92.0
3905	95.3	96.0
3908	58.6	71.4
3909	103.7	100

IV、結語

台灣西南部屏東地區缺乏高山屏障及具有明顯的季節性乾旱，加上由礫石堆積的形成的部分平原地區，桉樹類生長表現並不理想。以台灣過去桉樹類造林的生長資料而言，雲嘉南地區受中央山脈屏障，颱風及乾旱狀況不如屏東嚴重，選擇適當品系，應可發展桉樹造林。花東地區全年雨量均勻分布，桉樹造林木生長量優於屏東地區。但歷年颱風通過或影響東部的機率比西部高，對林木所造成的傷害通常也較西部來的嚴重。因此，桉樹類造林地區以西部淺山優於屏東平原，優於花蓮地區。另外，桉樹具速生特性，造林初期根系發展尚未完成，極易遭受風害，但此缺陷可借由育林技術及田間規劃加以改善。

政府推動調整耕作制度短伐期樹種造林政策，希望發揮土地生產功能，降低政府補貼支出及提高農民造林收益，桉樹類列為樹種選項之一。桉樹木材用途除原來發展的紙漿等工業用材外，在台灣林木禁伐狀況下，菇木業者已將桉樹類木材代替相思樹等作為太空包的原料，由於菇木原料材短缺，桉樹造林材收購價格亦逐步調高。為避免紙漿材長途運送增加採運成本，而降低桉樹類的造林意願，發展以桉樹類木材作為菇木栽培太空包原料樹種之一，可提高桉樹類的造林意願及增加菇木栽培料源。

平地造林樹種對空氣汙染物淨化功能評估

蘇子豪¹ 陳千佩¹ 劉瓊霖^{2*}

¹ 國立中興大學森林學系

^{2*} 國立中興大學森林學系教授，台中市南區興大路 145 號，通訊作者。

【摘要】平地造林對於生態系服務之功能眾多，其中在淨化空氣汙染物的功能上具有非常重要的角色。大氣中存在相當多人為排放的空氣汙染物，如懸浮微粒、硝酸鹽及硫酸鹽等，且在排放後容易滯留於環境中。森林除了可以透過表皮氣孔吸收氣態汙染物外，也能藉由植體表面截留粒狀汙染物，因此除了控管汙染源的排放外，透過平地造林來淨化空氣品質亦頗具功效。本報告針對中部地區之臺中外埔農場及彰化溪州農場 2 處造林地進行截留試驗，研究針對空氣汙染物中較常見的總懸浮微粒 (Total suspended particulates, TSP)、硝酸根 (NO_3^-) 及硫酸根 (SO_4^{2-}) 等，並依樣區不同比較不同樹種在截留空氣汙染物的差異。結果顯示在粒狀汙染物截留中，外埔農場的白千層截留量最高 ($107.29 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)，臺灣欒最低 ($27.86 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)。溪州農場則以茄苳最高 ($137.92 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)，光蠟樹最低 ($10.22 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)。而在 2 處共通樹種中，硝酸根的截留量皆呈現出茄苳最高；水黃皮次之；而白千層最低的情況。硫酸根則為白千層最高；茄苳次之；水黃皮最低的趨勢。其中溪州農場之臺灣欒樹在硝酸根及硫酸根中，皆呈現穿落水輸入量低於林外雨輸入量的情況，顯示其吸收效果相當良好。另於臺中市之南屯、大里及霧峰等 3 個空氣品質測站周圍，選擇相同的 5 個樹種進行截留能力試驗，結果顯示苦楝及樟樹的單位葉面積截留能力顯著高於水黃皮 ($p < 0.05$)，且水黃皮在硝酸根及硫酸根的截留效益上亦相當不佳。若進一步考量單株林木的截留能力，於大里地區中苦楝有較高的截留效果 ($22.09 \pm 2.89 \text{ g tree}^{-1} \text{ week}^{-1}$)，水黃皮仍呈現最低之趨勢 ($3.84 \pm 1.45 \text{ g tree}^{-1} \text{ week}^{-1}$)。

I、前言

臺灣中部地區空氣汙染相當嚴重，包含火力發電廠、科學園區、工業區及鋼鐵廠等皆座落於此，並因地形及氣候條件之不同而有汙染擴散上的差異。尤其入冬後由於雨量稀少且存在逆溫現象，再加上透過季風所帶來的境外汙染，導致空氣品質更加劣化。除了管控現有的排放源外，樹木藉由葉片或枝幹表面的截留，以及表皮氣孔的吸收，而使空氣汙染物能有效的從大氣中移除。

平地造林除了其潛在的經濟應用外，在生態服務價值中，淨化空氣之效益占有一席之地。透過植物地上部表面的截留，可使環境中的大氣懸浮微粒濃度有效降低，並經由降雨淋洗後重新恢復其截留能力。本研究選定臺中市外埔農場及彰

化縣溪州農場兩處造林地進行試驗，針對林地內各樹種對大氣懸浮微粒的截留，及人為汙染排放較多的硝酸鹽和硫酸鹽以穿落水之計算方式具體量化。另於臺中市以行道樹來進行截留試驗，透過縮小尺度，使環境背景汙染達均質化，進而探討各樹種截留空氣汙染物能力之高低，以供未來選擇栽植樹種時，在考量淨化空氣汙染效益上能有實際可參考的科學量化數據。

II、材料與方法

(I) 試驗樹種

本試驗於臺中市外埔農場選定白千層、茄苳、水黃皮、樟樹、無患子及臺灣欒等 6 樹種；彰化縣溪州農場則選定白千層、茄苳、水黃皮、臺灣欒樹、苦楝及光蠟樹等 6 樹種。另於臺中市內針對南屯、大里及霧峰等 3 處，環保署設有空氣品質監測站，各選取相鄰之茄苳、水黃皮、樟樹、苦楝及臺灣欒樹等 5 樹種進行空氣汙染物截留能力試驗。

(II) 試驗方法

1. 穿落水：

於各樹種下方放置混沉降收集裝置，同時於樣區內選擇空曠且不受周圍林冠遮蔽或干擾的開闊地，以混沉降方式收集林外雨。水樣過濾後 ($0.45\ \mu\text{m}$) 將濾膜烘乾秤重並和取樣漏斗面積進行換算，可得每場次單位林地面積的粒狀汙染物截留量，再將年度中各樹種穿落水的粒狀汙染物輸入量減去林外雨粒狀汙染物輸入量，加總即為不同平地造林樹種之粒狀汙染物年淨輸入量。硝酸鹽及硫酸鹽則以離子層析儀 (DX-120, USA) 測定濾液之 NO_3^- 及 SO_4^{2-} 含量，並依前述方法計算年淨輸入量 (年截留量)。

2. 葉片採集：

於距地 5 m 處分別在樹種不同方位隨機取樣，並依樹種葉面積差異而取數十至數百片不等，取樣時避免震動並挑選葉形完整且未受昆蟲或菌類影響之葉片，迅速封入夾鏈袋中避免汙染。將葉片以適量去離子水徹底沖洗乾淨及定量後取出，含有懸浮微粒的溶液以 $0.45\ \mu\text{m}$ 之濾膜過濾後烘乾秤重，濾液以離子層析儀測定 NO_3^- 及 SO_4^{2-} 含量，葉片則經掃描而獲得葉面積後再透過乾沉降日數進行計算，可得各樹種單位時間及葉面積下的空氣汙染物截留量。

(III) 試驗設計

臺中外埔及彰化溪州農場皆以穿落水法進行試驗，可推估各樹種的粒狀汙染物、硝酸根及硫酸根於每年每公頃林分的截留總量。而臺中市行道樹試驗則改以實地採集葉片之方式，除了可具體瞭解各樹種單位時間及葉面積下的汙染物截留量外，由於南屯、大里及霧峰等 3 區皆有設置空氣品質測站，因此可藉由測站的懸浮微粒濃度資料與測得之截留量進行相關性分析，且各區由於皆在測站方圓 500 m 內選擇相同的 5 種樹種進行 3 重複試驗，樹種間分布相鄰而能有效比較出各樹

種的截留能力高低。

III、結果與討論

(I) 平地造林對空氣汙染物截留量

1. 粒狀汙染物：

粒狀汙染物 (粒徑大於 0.45 μm) 年截留量於臺中外埔農場各樹種由高至低分別為白千層 ($107.29 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、水黃皮 ($76.78 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、茄苳 ($68.38 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、樟樹 ($67.02 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、無患子 ($40.98 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) 及臺灣欒樹 ($27.86 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)。彰化溪州農場則分別為茄苳 ($137.92 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、苦楝 ($49.13 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、白千層 ($40.36 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、臺灣欒樹 ($19.07 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、水黃皮 ($12.05 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) 及光蠟樹 ($10.22 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)。在粒狀汙染物截留上，此 2 處造林地各樹種截留量並無一致趨勢，顯示二區域在環境汙染濃度上的差異性，且整體而言外埔農場的截留量要高於溪州農場。

2. 硝酸根：

硝酸根 (NO_3^-) 年截留量於臺中外埔農場各樹種由高至低分別為樟樹 ($75.05 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、茄苳 ($43.98 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、水黃皮 ($27.71 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、白千層 ($24.19 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、無患子 ($17.78 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) 及臺灣欒樹 ($7.23 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)。彰化溪州農場則分別為茄苳 ($64.40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、水黃皮 ($29.86 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、苦楝 ($10.12 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、光蠟樹 ($9.67 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) 及白千層 ($3.97 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)；而臺灣欒樹則出現穿落水輸入量低於林外雨輸入量的情況，顯示臺灣欒樹對於硝酸根的吸收大於淋洗及淋溶作用，約吸收 $8.02 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 。在硝酸根截留上則可發現二地的共通樹種存在一定的高低趨勢，而溪州農場的臺灣欒樹則顯示出對氮的需求量較高。

3. 硫酸根：

硫酸根 (SO_4^{2-}) 年截留量於臺中外埔農場各樹種由高至低分別為白千層 ($65.47 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、樟樹 ($54.34 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、茄苳 ($14.92 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、無患子 ($12.32 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、水黃皮 ($8.57 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) 及臺灣欒樹 ($3.37 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)。彰化溪州農場則為白千層 ($63.47 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、茄苳 ($47.00 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、水黃皮 ($4.41 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、苦楝 ($4.23 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) 及光蠟樹 ($0.99 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)；而臺灣欒樹同樣也出現了穿落水輸入量低於林外雨輸入量的情況，約吸收 $2.05 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 。硫酸根的截留情況與硝酸根類似，二地共同樹種之截留趨勢相同，且溪州農場的臺灣欒樹同樣表現對硫的需求性，顯示其對該離子吸收效果良好。

(II) 行道樹截留試驗

1. 粒狀污染物：

南屯測站各樹種粒狀污染物截留量由高至低分別為樟樹 ($14.94 \pm 2.40 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、苦楝 ($14.04 \pm 3.95 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、茄苳 ($10.75 \pm 1.65 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、臺灣欒樹 ($9.88 \pm 2.70 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$) 及水黃皮 ($6.32 \pm 1.20 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)。大里測站分別為臺灣欒樹 ($22.95 \pm 2.36 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、苦楝 ($21.91 \pm 2.87 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、茄苳 ($17.65 \pm 5.76 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、樟樹 ($15.01 \pm 4.00 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$) 及水黃皮 ($13.72 \pm 5.16 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)。霧峰測站則分別為臺灣欒樹 ($43.43 \pm 9.75 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、茄苳 ($39.48 \pm 14.26 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、苦楝 ($33.30 \pm 11.51 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、樟樹 ($26.22 \pm 0.43 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$) 及水黃皮 ($8.63 \pm 4.90 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)。平均 3 測站結果顯示，苦楝及樟樹之截留能力顯著高於水黃皮 ($p < 0.05$)。

2. 硝酸根：

南屯測站各樹種硝酸根截留量由高至低分別為樟樹 ($4.39 \pm 0.75 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、苦楝 ($3.69 \pm 1.40 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、臺灣欒樹 ($3.48 \pm 1.16 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、水黃皮 ($0.60 \pm 0.51 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$) 及茄苳 ($0.59 \pm 0.07 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)。大里測站分別為茄苳 ($3.40 \pm 1.70 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、樟樹 ($3.32 \pm 0.59 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、苦楝 ($2.60 \pm 1.03 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、水黃皮 ($2.13 \pm 0.59 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$) 及臺灣欒樹 ($1.23 \pm 0.72 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)。霧峰測站則分別為苦楝 ($5.78 \pm 1.16 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、茄苳 ($4.68 \pm 0.38 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、樟樹 ($3.87 \pm 0.38 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、臺灣欒樹 ($2.16 \pm 1.20 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$) 及水黃皮 ($1.05 \pm 0.76 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)。平均 3 測站結果顯示，苦楝及樟樹之截留能力顯著高於水黃皮 ($p < 0.05$)，與粒狀污染物截留趨勢相同。

3. 硫酸根：

南屯測站各樹種硫酸根截留量由高至低分別為臺灣欒樹 ($2.06 \pm 1.04 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、苦楝 ($1.59 \pm 0.25 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、樟樹 ($1.50 \pm 0.38 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、水黃皮 ($1.34 \pm 0.30 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$) 及茄苳 ($0.84 \pm 0.42 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)。大里測站分別為臺灣欒樹 ($3.11 \pm 1.01 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、茄苳 ($2.81 \pm 0.75 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、苦楝 ($1.32 \pm 0.17 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、樟樹 ($1.22 \pm 0.39 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$) 及水黃皮 ($1.15 \pm 0.21 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)。霧峰測站則分別為茄苳 ($2.33 \pm 0.81 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、臺灣欒樹 ($1.85 \pm 0.83 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、苦楝 ($1.81 \pm 0.09 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)、樟樹 ($0.94 \pm 0.21 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$) 及水黃皮 ($0.65 \pm 0.26 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ week}^{-1}$)。平均 3 測站結果顯示，苦楝及臺灣欒樹之截留能力顯著高於水黃皮 ($p < 0.05$)。

4. 環境濃度相關性：

依據各空氣品質測站之 PM₁₀(粒徑小於 10 μm) 資料，取乾沉降 7 日之平均值後，與各樹種截留量進行相關性分析，結果顯示各樹種隨著環境 PM₁₀ 濃度升高，而亦呈現截留量增加的趨勢，且全樹種截留量資料與環境 PM₁₀ 濃度之相關性達顯著水平 ($r = 0.687, p = 0.002$) (圖 1)。

5. 樹種截留能力：

由於考量樹種淨化空氣汙染物效益時，並不能單純以單位葉面積之截留能力高低作為樹種栽植的選擇依據，實際上仍需考量樹種之葉面積指數及樹冠幅，進而推估單株林木所能截留的汙染物總量來進行比較。如以本試驗之大里測站為例，各樹種單株截留量由高至低分別為苦楝 ($22.09 \pm 2.89 \text{ g tree}^{-1} \text{ week}^{-1}$)、臺灣欒樹 ($15.78 \pm 1.62 \text{ g tree}^{-1} \text{ week}^{-1}$)、樟樹 ($8.18 \pm 2.18 \text{ g tree}^{-1} \text{ week}^{-1}$)、茄苳 ($6.64 \pm 2.16 \text{ g tree}^{-1} \text{ week}^{-1}$) 及水黃皮 ($3.84 \pm 1.45 \text{ g tree}^{-1} \text{ week}^{-1}$) (圖 2)。然而同一樹種在各區域間生長變異相當大，同時各樹種對於空氣汙染的耐受性也不盡相同，因此若以淨化空氣能力作為栽植樹種之考量時，仍應以相同生長條件下各樹種在單位土地面積上所存在的葉面積，作為截留能力比較之計算依據。綜合上述試驗可發現水黃皮無論在單位葉面積截留量、硝酸根、硫酸根或單株截留量上皆屬截留能力較差之樹種，可能歸因於其葉表過於光滑而不利於空氣汙染物的截留所致。

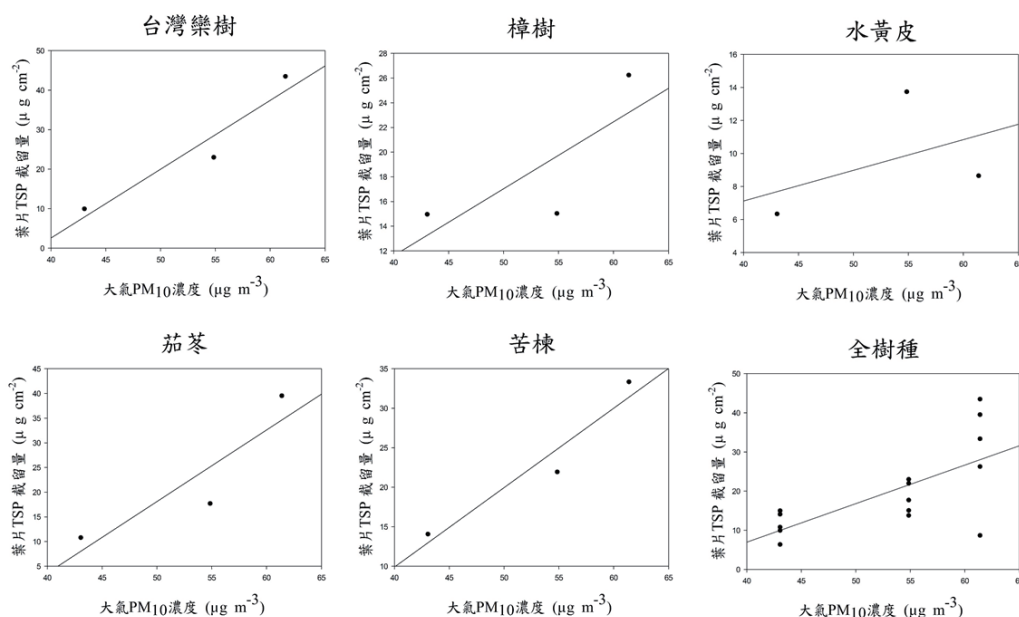


圖 1. 各樹種葉片總懸浮微粒 (TSP) 截留量與環境 PM₁₀ 濃度相關性分析圖。

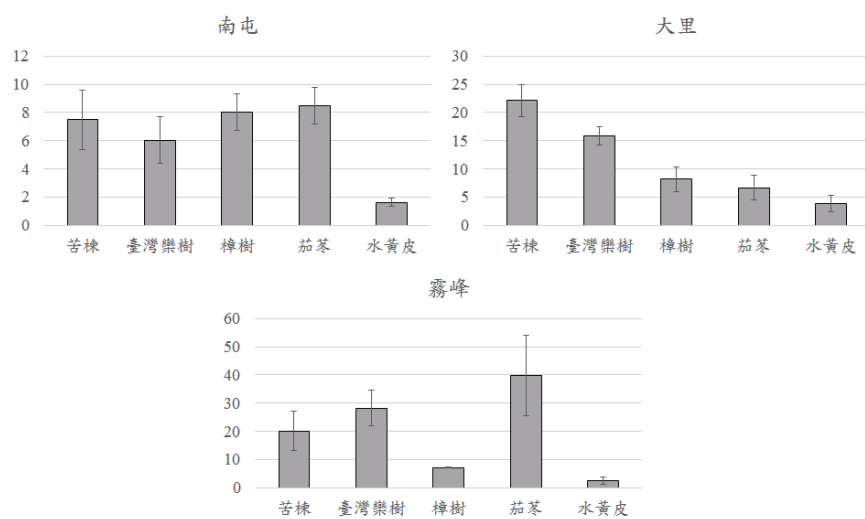


圖 2. 各樹種於南屯、大里及霧峰之單株總懸浮微粒截留量柱狀圖。(單位: $\text{g tree}^{-1} \text{ week}^{-1}$)

平地造林混農林業經營方法及效益評估

蔡佳彬^{1*} 湯適謙²

^{1*}行政院農業委員會林業試驗所六龜研究中心副研究員，100 臺北市南海路 53 號，通訊作者。

²行政院農業委員會林業試驗所森林經營組助理研究員。

【摘要】混農林業在國外行之多年，已發展出相當多元的技術，被認為是可解決糧食危機與氣候變遷衝擊之土地利用方式。對於平地森林經營而言，造林初期林主或經營者可混植需光量高之農作物，增加作物帶來之短期收入，並減少造林刈草支出。造林木成林鬱閉後，林下栽植需光量較低之農作物，可增加林主收入。在農作物管理過程中，所進行之施肥及灌溉，也同樣可促進造林木之生長。本報告中新植造林並同時混植農作物之試驗，與混植農作物之林木不論其樹高或胸徑，均較未混植之對照區有較佳之生長。就 5 年生之光蠟樹而言，混植香蕉、鳳梨及未混植之樹高分別為 10.4、10.0 及 8.8 m，胸徑分別為 13.1、13.0 及 10.9cm。光蠟樹造林 1 年後再進行毛豆混植，混植作物區 5 年生之光蠟樹樹高較未混植為高，分別為 7.3 及 5.9m，胸徑也同樣混植作物區優於未混植區，分別為 7.5 及 5.8cm。平地造林已成林之造林地，林下栽植咖啡之 13 年生無患子平均胸徑為 10.5cm，栽植山蘇之 23 年生混合林平均胸徑 14.7 cm，仍穩定的成長。調查結果顯示，這些造林木已可調節林下之光度及溫濕度微環境，適宜耐陰性作物咖啡及山蘇之生長。蒐集各項作物混農經營成本並進行成本效益分析，以採收當年度之產地平均價格進行分析，其益本比為 1.97~1.07。

I、前言

行政院農業委員會為鼓勵輔導平地造林，於 2009 年 4 月 15 日訂定「平地造林直接給付及種苗配撥實施要點」，明定申請獎勵造林之土地除栽植符合規定樹種外，需無其他設施或農、雜作物。隨著時空環境變遷，農委會考量平地造林之土地區位以平地範圍之農牧用地為主，農民將農地轉作造林屬「降限利用」，其林下栽植農作物，未涉其他補貼項目之新增，且未違 WTO 相關規範，亦無違反土地相關使用規定及農發條例第五十五條之精神。因此農委會於 2014 年 11 月 5 日發布修正該要點關於混農的部份，在不影響獎勵造林木正常生長之情形下，不再限制栽植農雜作物。

林木造林栽植至伐期，其林分之發育過程大致可分為四個階段，即未鬱閉前之林分建造期(stand initiation stage)、林木排他期(stem exclusion stage)、林木再侵入期(understory reinitiation stage)和老熟期(old growth stage)。在第一期林木造林之初，幼苗必須和周遭雜草競爭，否則即被雜草凌壓而枯死，因此，必須進行一年 3-4

次除草，以免除雜草之凌壓，才能使苗木旺盛生長，直至苗木高度超過雜草或是林木樹冠鬱閉，遮蔽陽光，進入林分發展階段第二期，才能充分利用陽光、地力。因此，在林木未鬱閉前之階段，如何充分利用空間、陽光、土地之優勢，混植他種農作物，進行光合作用，充分利用地力，又可減少刈草、灌水甚至施肥等撫育管理費用。根據國外學者的研究歸納，林地增加碳吸存之經營措施，除了造林、復育等方法外，混農林業亦為一種可採用之方式，此外，農作物之收成亦可增加林主及農民之收入，而對造林木之適當管理，不但可促進造林木生長，使樹冠提早鬱閉，縮短林分之發育達到排他期之時間，進入另一經營階段。因此，可利用平地造林初期及成林後選擇適合之農作物實施混農經營，將可一舉數得，預期可提升植林減碳效益，增加就業機會，減少林木撫育作業費用，增加林主作物收入。

II、材料與方法

平地造林混農林業經營試驗，於 2011 年起陸續於台灣西部及東部設置試驗地。最初進行的試驗為在台糖公司屏東區處四林農場進行光蠟樹新植造林，並於行列間混植香蕉、鳳梨及毛豆等農作物的試驗。2013 年後選擇台糖公司屏東區處及花蓮縣光復鄉私有地，進行林下栽植咖啡及山蘇之混農林試驗。

表 1. 平地造林混農林業經營設置樣區明細

類型	地點	林木		作物		
		樹種	造林時間	種類	栽植時間	收穫時間
新植造林並 混植作物	屏東四林	光蠟樹	2011.5	香蕉	2011.7	2012.8
			2011.7	鳳梨	2011.9	2013.6
				毛豆	2012.12	2013.3
林下栽植	屏東林後	無患子	2003	咖啡	2013.12	2016
	花蓮光復	樟樹等	1993	山蘇	2014.5	2016

(I) 造林樹種及農作物選擇

1. 新植造林並混植作物

試區位於台糖公司屏東區處四林農場第 17 區。2011 年進行光蠟樹造林。在光蠟樹造林初期，陸續於林木行列間栽植香蕉、鳳梨及毛豆等短期農作物。農作物於 2012-2013 年間陸續完成採收。光蠟樹目前為 5 年生，設置 32mx32m 樣區各 4 個，造林木行株距 3.3mx2m。

2. 林下栽植

(1) 咖啡

試區位於台糖公司屏東區處林後農場第 29 區。上木現為 13 年生之無患子，原始栽植之行株距 3.3mx2m。於 2013 年 12 月完成林木行列間之咖啡栽植作業，咖啡品種為阿拉比卡，栽植密度為 1,500 株/公頃(行株距 3.3mx2m)，2016 年咖啡開始結實。

(2) 山蘇

試區位於花蓮縣光復鄉，所栽植之種類為南洋山蘇。上木為於 2013 年農地獎勵造補助造林 20 年期滿之混合林，樹種主要包括樟樹、小葉南洋杉、陰香等，每公頃原栽植株數為 2,000 株。設置 20mx25m 樣區 6 個。設有自動灌溉系統，每日澆水早晚各 1 次。

(II) 造林木及農作物各項生長性狀量測

1. 造林木

調查造林木之各項生長性狀包括胸徑、樹高等資料。

2. 農作物

咖啡測量其樹高、側枝數、開花結實率及結果量。

山蘇調查單位面積蕨菜之產量。

(III) 微環境調查

於咖啡、山蘇試區及林外對照區定期調查光度(Li-cor, Li-250)，並設置溫濕度 datalogger(Hobo, pro v2)，收集溫濕度資料。

(IV) 成本效益評估

作物生產成本調查項目包含種苗、材料、肥料、病蟲害防治及人工費等。

人工費費用各種作物調查項目：

1. 鳳梨:採苗、修整種苗、種苗運輸、定植、補植、施肥及採收等作業。
2. 香蕉:定植、架設支柱、砍除徒長苗及老葉、灌溉管理、施肥及採收等作業。
3. 毛豆:定植、施肥、灌溉管理及採收等作業。
4. 山蘇:定植、施肥、除草、採收、病蟲害防治等作業。

各項作物分別蒐集採收期間行政院農業委員會農糧署網站之年平均產地價格，其中各品項分別為：鳳梨(17 號)，香蕉(內銷)，毛豆(帶莢)；另山蘇以業者自行至市場販售價格進行分析。

成本效益評估方法則以益本比法進行分析。

III、結果與討論

(I) 新植造林並混植作物

同時栽種農作物及長期林木之混農林業經營法，在美國混農林業之分類上屬

於田籬間作(Alley cropping)，可在成林前提供短期收入。對於造林木之生長也有正面的助益。

作物栽植時設有噴灌設施，作物生長至採收前期間施肥量如下：

香蕉：台肥四號複合肥料(含尿素、過磷酸鈣、氯化鉀)，每株約 1.5~2.0 公斤，分 6 次施用。

鳳梨：尿素 210 公斤/公頃，過磷酸鈣 440 公斤/公頃，酸硫鉀 320 公斤/公頃等肥料施作基肥，並分 4 次施用。

毛豆：硫酸銨 300 公斤/公頃，過磷酸鈣 290 公斤/公頃及氯化鉀 50 公斤/公頃，分別於基肥、播種後 15 天及結莢初期施用。

1. 光蠟樹混植鳳梨、香蕉

2011 年 5 月完成光蠟樹造林。香蕉混植於 2011 年 7 月，2012 年 8 月完成採收。鳳梨混植於 2011 年 9 月，2013 年 6 月完成採收。光蠟樹最近 2 年之生長調查結果，如表 2 所示。

表 2. 混植不同作物處理之光蠟樹造林木生長情形

調查日期	混植香蕉		混植鳳梨		對照	
	H(m)	DBH(cm)	H(m)	DBH(cm)	H(m)	DBH(cm)
2015.3	6.0	7.0	6.9	8.7	5.7	6.5
2015.11	8.8	11.0	8.2	10.4	7.0	8.7
2016.3	9.4	11.7	8.9	11.5	7.6	9.4
2016.11	10.4	13.1	10.0	13.0	8.8	10.9

2. 光蠟樹混植毛豆

2011 年 7 月完成光蠟樹栽植，2012 年 12 月完成毛豆播植，2013 年 3 月完成毛豆採收作業。最近 2 年光蠟樹生長調查結果如表 3 所示。

表 3. 混植毛豆及未混植處理光蠟樹造林木之生長情形

調查日期	混植毛豆		對照	
	H(m)	DBH(cm)	H(m)	DBH(cm)
2015.03	4.4	4.0	3.2	2.9
2015.11	5.4	5.7	4.3	4.2
2016.03	6.3	6.5	5.1	4.9
2016.11	7.3	7.5	5.9	5.8

由表 2 及表 3 之結果顯示新植造林並混植作物之林木生長有優於未栽植作物之林木區之情形。

(II) 林下栽植

在林木冠層下栽種農作物之混農林業經營法，在美國混農林業之分類上屬於森林農作(Forest farming)，在到達林木輪伐期前，可提供林主或經營者其他收入。

1. 無患子林下栽植咖啡

本試驗上木無患子於 2003 年造林。2013 年 12 月於林下栽植咖啡。

2016 年 2 月 25 日調查時，無患子胸徑 10.1cm，樹高 10.47m，林分密度為 1,693 株/公頃；咖啡高度 127.4cm，密度為每公頃 1,600 株，每株平均有 17.9 支側枝。林下相對光度 48.2%。2016 年調查結果如表 4。

表 4. 林後農場無患子林下栽植咖啡試區生長及光度調查結果

調查日期	上木胸徑 (cm)	上木樹高 (cm)	咖啡高度 (cm)	咖啡 側枝數	開花著果 株數(%)	相對光度 (%)
2016-2-25	10.1	1047.3	127.4	17.9	-	48.2%
2016-5-10	-	-	142.7	23.9	77.2%	3.2%
2016-7-28	-	-	129.2	23.8	54.7%	23.3%
2016-10-3	10.5	1052.6	152.6	27.7	48.5%	67.2%

2016 年 7 月 8 日尼伯特強烈颱風過境，樣區上木無患子枝條折損甚多，颱風後樣區相對光度因而大幅提高。為經營管理之便，當咖啡高度達 2m 以上即將其去頂，復加上颱風後部分咖啡傾斜，因而高度下降。2016 年咖啡果實於 10 月陸續成熟，於 10 月 5 日、10 月 14 日、11 月 4 日及 12 月 1 日分別採收 1,445、1,592、481、687g，合計 4,205g。2016 年 6 月期間試區溫濕度變化如表 5、6 所示。

表 5. 無患子林下栽植咖啡試區 2016 年不同月份之溫度變化

月份	平均值(°C)			最高值(°C)			最低值(°C)		
	林下	對照	林下/對照	林下	對照	林下/對照	林下	對照	林下/對照
1	18.8	18.9	99.5%	29.2	29.6	98.6%	5.4	5.2	103.8%
2	19.3	19.3	100.0%	33.2	33.3	99.7%	6.8	7.1	95.8%
3	21.0	21.5	97.7%	32.9	33.1	99.4%	9.5	10.9	87.2%
6	27.6	29.6	93.2%	34.4	40.7	84.5%	23.6	23.5	100.4%
7	28.3	29.3	96.6%	36.7	40.7	90.2%	23.1	23.6	97.9%
8	26.9	27.7	97.1%	33.5	36.9	90.8%	23.0	22.9	100.4%

林下與對照區之月平均溫度及最高值，以 6 月份差距最大，林下比對照分別低 2°C 及 6.3°C，林下僅為對照之 93.2% 及 84.5%。

表 6. 無患子林下栽植咖啡試區 2016 年不同月份之相對濕度變化

月份	平均值(%)			最高值(%)			最低值(%)		
	林下	對照	林下/對照	林下	對照	林下/對照	林下	對照	林下/對照
1	92.3	92.0	100.3%	100	100	100.0%	51.9	59.4	87.4%
2	81.4	79.0	103.0%	100	98.3	101.7%	51.9	59.4	87.4%
3	86.4	82.3	105.0%	100	100	100.0%	39.2	43.0	91.2%
6	92.7	83.6	110.9%	100	100	100.0%	51.5	45.6	112.9%
7	89.6	84.6	105.9%	100	100	100.0%	56.5	42.4	133.3%
8	97.6	95.4	102.3%	100	100	100.0%	73.2	60.6	120.8%

林下之相對濕度平均值各月份均高於對照。但林下 1-3 月的最低值皆較對照區為低。

2. 人工混合林下栽植山蘇

於 2015 年 10 月及 2016 年 11 月調查山蘇栽植區上木之胸徑。試區之樹種組成及平均胸徑資料如表 4 所示，混合林樹種主要以小葉南洋杉、陰香、樟樹等為主，約佔 67%。平均胸徑 2015 年調查時為 13.6cm，2016 年成長為 14.7 cm。林分密度為 2015 年調查時為 1,013 株/公頃，2016 年因颱風為害及部分林下被壓木枯死，降為 907 株/公頃。相對光度於 2015 年 9 月 2 日調查時為 6.43%。

山蘇全年可採收，春、秋二季產量最佳，夏季高溫及冬季寒流時產量較少。盛產時通常 2 星期採收 1 次。人工混合林山蘇試區於 2016 年 5 月 22 日進行產量調查。結果如表 8。

依據農糧署網站資料，2015 年全國山蘇的拍賣市場交易量為 265,439 公斤，全年售價最高為 7 月之 195.4 元/公斤，最低為 3 月之 82 元/公斤，全年交易金額為 29,709,899 元。山蘇試區(人工混合林)2016 年不同月份試區溫濕度變化如表 9、10 所示。

表 7. 山蘇栽植區之上木基本資料

樹種	株數/公頃		平均胸徑(cm)		最大胸徑(cm)		最小胸徑(cm)	
	2015 年	2016 年	2015 年	2016 年	2015 年	2016 年	2015 年	2016 年
小葉南洋杉	253	247	20.9	22.3	38.5	40.5	6.2	6.3
陰香	280	233	12.7	13.8	22.0	24.9	3.8	7.0
樟樹	153	127	15.4	16.3	27.4	28.4	7.0	7.0
台灣欖	87	80	2.4	2.9	4.1	4.4	0.8	1.3
茄苳	60	60	10.7	12.4	15.2	17.8	3.8	5.0
毛柿	33	33	3.2	4.0	4.3	4.8	2.3	3.3
千年桐	27	27	3.4	5.8	4.5	7.1	2.3	4.7
苦楝	27	20	27.5	37.6	42.0	43.7	3.0	26.0
大葉楠	20	20	3.9	5.6	4.1	6.5	3.6	4.9
肖楠	13	0	7.1	-	7.3	-	6.8	-
桃花心木	13	13	8.6	8.9	15.0	15.3	2.1	2.5
烏心石	13	13	5.6	7.2	6.3	7.9	4.9	6.4
檳榔	20	20	12.1	12.2	13.0	13.1	11.7	11.7
蟲屎	7	7	3.3	7.4	-	-	-	-
血桐	7	7	2.8	6.7	-	-	-	-
平均	1013	907	13.6	14.7				

表 8. 人工混合林林下栽植山蘇單次採收記錄

樣區	山蘇	採收量	售價 A	收入 A	售價 B	收入 B
	株數/ha	(斤/ha)	(元/斤)	(元/ha)	(元/斤)	(元/ha)
1	13,960	104.8	55	5,766	120	12,580
2	11,860	49.0	55	2,695	120	5,880
3	12,240	59.3	55	3,263	120	7,120
平均	12,687	71.1	55	3,908	120	8,527

表 9. 人工混合林下栽植山蘇試區 2016 年不同月份之溫度變化

月份	平均值(°C)			最高值(°C)			最低值(°C)		
	林下	對照	林下/對照	林下	對照	林下/對照	林下	對照	林下/對照
1	17.4	18.0	96.7%	25.7	27.8	92.4%	8.2	8.7	94.3%
2	15.6	16.3	95.7%	28.8	33.0	87.3%	7.3	9.2	79.3%
3	17.2	18.1	95.0%	27.8	29.3	94.9%	8.4	10.6	79.2%
4	23.3	24.7	94.3%	31.5	33.8	93.2%	17.2	18.2	94.5%
5	24.7	26.0	95.0%	33.1	35.2	94.0%	18.4	19.1	96.3%
6	26.6	28.6	93.0%	33.2	36.7	90.5%	22.0	22.7	96.9%
8	25.8	27.5	93.8%	33.3	34.7	96.0%	21.9	22.7	96.5%
9	24.6	25.6	96.1%	29.2	32.2	90.7%	20.4	20.9	97.6%

林下與對照區之月平均溫度及最高值，以 6 月份差距最大，林下比對照分別低 2°C 及 3.5°C，林下僅為對照之 93.0% 及 90.5%。

表 10. 人工混合林下栽植山蘇試區 2016 年不同月份之相對濕度變化

月份	平均值(%)			最高值(%)			最低值(%)		
	林下	對照	林下/對照	林下	對照	林下/對照	林下	對照	林下/對照
1	98.0	96.7	101.3%	100	100	100.0%	74.2	63.5	116.9%
2	93.1	92.5	100.6%	100	100	100.0%	50.1	44.2	113.3%
3	94.2	91.7	102.7%	100	100	100.0%	61.6	52.0	118.5%
4	92.1	86.0	107.1%	100	100	100.0%	66.0	59.1	111.7%
5	95.1	91.7	103.7%	100	100	100.0%	61.1	57.8	105.7%
6	92.4	85.2	108.5%	100	100	100.0%	60.1	53.3	112.8%
8	98.6	93.6	105.3%	100	100	100.0%	74.3	56.2	132.2%
9	99.6	97.3	102.4%	100	100	100.0%	74.3	65.5	113.4%

林下之相對濕度各月份平均值及最低值均高於對照。

(III) 成本效益分析

2016 年調查山蘇成本及業者販售價格，成本分為種苗費、材料費、肥料、病蟲害防治及人工費等，合計 247,931 元/ha，售價平均為 91.7 元/kg，平均粗收益為 294,357 元/ha，益本比為 1.18。

2013 年完成鳳梨、香蕉及毛豆之成本調查，現將其與山蘇綜合整理如表 11。

表 11. 各項作物混農林經營平均年生產成本

項目(元/公頃) \ 作物	鳳梨	香蕉	毛豆	山蘇
種 苗 費	51,819	20,835	10,260	58,210
材 料 費	12,359	58,600	3,450	12,809
肥 料	31,627	40,061	9,000	43,250
病蟲害防治	18,283	41,250	9,440	21,362
人 工 費	135,175	131,927	37,050	112,300
合 計	249,263	292,673	69,200	247,931

說明：鳳梨平均栽植密度為 17,273 株/公頃，香蕉平均栽植密度為 1,389 株/公頃，毛豆平均栽植密度為 187,500 株/公頃，山蘇平均栽植密度為 12,687 株/公頃。

本計畫中混農林業經營之各項作物成本效益分析如表 12 所示。由表 12 之各項作物混農林經營成本效益分析結果，以採收當年度之產地平均價格進行分析，其益本比為 1.97~1.07，由於農作物之價格隨不同因素而呈現波動情形，益本比亦隨農作物價格而變動。

表 12. 各項作物混農林經營成本效益分析

項目 \ 作物	鳳梨	香蕉	毛豆	山蘇
成 本 (元/公頃)	249,263	292,673	69,200	247,931
平均產量 (公斤/公頃)	22,368	26,599	4,352	3,210
粗收益 (元/公頃)	491,201 ⁽¹⁾	582,518 ⁽¹⁾	73,897 ⁽¹⁾	294,357 ⁽²⁾
益本比	1.97	1.99	1.07	1.18

說明：⁽¹⁾ 以產地平均價格(101 年)進行分析。(鳳梨：21.96 元/公斤，香蕉：21.9 元/公斤，毛豆：16.98 元/公斤，山蘇：91.7 元/公斤)

⁽²⁾ 以業者自行至市場販售價格(105 年)進行分析

鰲鼓平地森林園區之白千層林分健康性調查

何坤益^{1*} 魏苡璿² 程一善²

^{1*} 國立嘉義大學森林暨自然資源學系教授兼系主任，嘉義市鹿寮里學府路 300 號，通訊作者。

² 國立嘉義大學森林暨自然資源學系研究生

報告承林務局嘉義林管處鰲鼓平地森林園區林分鹽滯危害調查與改善試驗(101-05-26)計畫補助

【摘要】本研究以鰲鼓農場內白千層(*Melaleuca leucadendra*)林分為研究對象，調查園區內白千層林分於濕季及乾季之森林健康等級。發現研究樣區內土壤多為乾燥之狀態，土壤性質從中酸性到強鹼性，依據主成分分析之萃取因素結果討論，白千層林分在乾濕季中具較大影響力之因素皆為土壤反應因素及林木生長因素。使用判別分析得知鰲鼓農場中森林健康等級，介於林分健康至林分輕度不健康等級。土壤鹽度多為極低鹽度，北邊與邊緣之樣區多呈中至高鹽度，而南邊之樣區則為低鹽度居多，並期以研究之結果提供鰲鼓農場之人員能及時調整營林策略，以達到營林之目的。

I、前言

鰲鼓農場位於嘉義縣東石鄉西北側，北港溪與六腳大排之出海口間，早期為臺灣糖業公司填海造陸，從事農漁牧事業及種植甘蔗的農場，但自地層嚴重下陷，海水入侵地下水層，農場逐漸沒落荒廢。地勢低窪加上周邊海堤圍繞，大雨過後魚塢及舊有農田之積水不易退去，而形成水塘，久而久之因為這些水塘濕地之棲地吸引越來越多候鳥與留鳥棲身及停留於此，加上平地造林政策的推動使台糖公司在此進行大面積的造林，栽植白千層、小葉欖仁、木麻黃等各類樹種，其成長的狀況因樹種而異。由於白千層在農場內的成長狀況較佳，近年許多新栽植的造林地也都以種植白千層為主。

森林的健康越來越受到重視，許多歐洲國家自 1984 年度陸續進行大面積的森林健康調查，瞭解林分在人為或天然干擾下之生長狀態。美國自 1990 年基於制定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監測，以獲得森林生態系現況、變化與長期趨勢的資訊，以了解環境變遷對森林生態系的影響。森林健康狀況為森林管理及經營策略的重要依據，對於育林及森林資源的管理與利用皆有明顯的影響力，因此利用完善的森林健康性監測與評估，採取系統取樣進行森林生態系健康的監測，除可獲得森林生態系現況、變化和長期性的趨勢的資訊，也可合理的預測林分未來的變化，及時針對森林健康狀態適當的調整營林策略以達經營之目的。本研究以鰲鼓農場內白千層之造林地，作為主要的調查對象，擬定鰲鼓農場造林地具體可

行的調查項目，並建構主要影響因子或判別函數，評估林木健康情形，以期提供林業機關經營管理的參考。

II、材料與方法

(I) 樣區設置

自 2012 年 9 月到 2014 年 2 月期間，在農場內每 500 m 帶狀系統取樣設置樣區，樣區為 10 m×20m，面積 0.02ha 之長方形樣區。本研究在農場內共設置 16 個樣區，其分布位置如圖 1 所示。本研究分別於濕季之 9 月與乾季翌年 1 月結束前，進行林地環境因素、林木生長情形、林木樹冠型態及視覺辨識變數等調查。

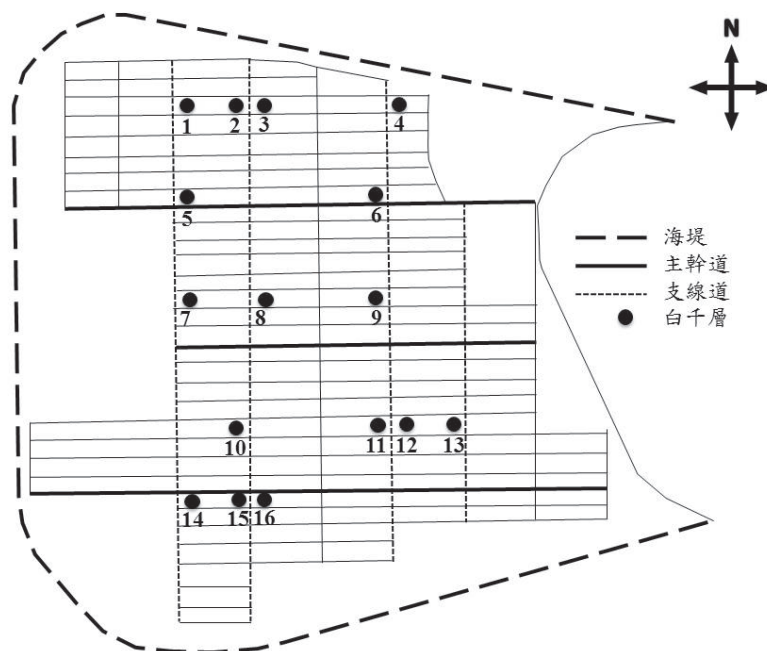


圖1.樣區位置圖

(II) 林地環境因素

1. 氣象因子：蒐集嘉義地區之氣象資料，嘉義地區全年氣溫以 7 月最高，1 月最低，降雨期為 4-9 月，10 月到翌年 1 月為乾季。
2. 土壤因子：每樣區內隨機選定 5 處土壤取樣點，分別挖取深度 0-30 cm 及 30-60 cm 的土壤作為樣本充分混合均勻置於陰涼處陰乾後，經過孔徑 20 mesh(0.84 mm)的篩網過篩後，進行含水率、土壤 pH 值及土壤鹽度分析。

(III) 林木生長調查：林木生長通常表現於直徑生長、高生長及冠層。

(IV) 林木樹冠形態：利用樹冠直徑、樹冠比、樹冠密度、樹冠透視度、冠層枯梢等 5 項目，依加拿大評估調查方法，以視覺辨識協助輔助判視。

(V) 視覺辨識變數：森林健康程度普遍使用視覺判定(Visual estimation)輔助觀測變

項，共根部損傷、樹皮損傷、葉部損傷、蔓藤危害、病蟲危害、基部萌蘗、林下更新等 7 項。

(VI) 統計分析：透過量化與可實測的調查項目，加強其評估之客觀性之主成分分析，再藉由因素分析建立林分之健康指標，以利評估其健康性等級，利用判別分析進行驗證。使用 SPSS 12 統計套裝軟體進行統計分

III、結果

(I) 土壤資料

1. 土壤含水率：各樣區間的含水率可知本區土壤含水率介於 3.4-18.5 %。
2. 土壤 pH 值：樣區內土壤 pH 值測定結果為中酸性至強鹼性，pH 5.64-8.71 間。
3. 土壤鹽度：土壤電導度範圍介於 6-1434 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 之間，第 1、4、5、7、13、14 樣區呈現中鹽度至高鹽度反應，其餘樣區則為極低鹽度及低鹽度反應。

(II) 生長資料

生長調查資結果，胸徑淨生長量最高為第2樣區淨生長達 5.52 ± 2.52 cm，樹高淨生長最大亦為第2樣區，其樹高淨生長量為 3.04 ± 1.39 m，枝下高淨生長量最高為第8樣區之 0.84 ± 0.38 m，冠幅淨生長量第2樣區達到 1.73 ± 0.77 m。

(III) 健康性分析

1. 濕季分析

針對已收集之20項相關變數，刪除未達顯著差異之3變項，應用主成分分析進行變異成份萃取(表1)，萃取5個因素的累積特徵值總合為13.075，占總變異量的76.91 %，表現具有相當解釋力。藉由轉軸後因素矩陣結構，將加權分數值較高的部份分為一組，分析影響鰲鼓農場濕季白千層林分健康性的五大因素，依序為土壤反應因素、林木生長因素、樹冠活力因素、危害損傷因素、更新萌蘗因素。

表1. 鰲鼓農場濕季白千層林分健康性主成分分析轉軸後因素矩陣結構

指標變數	因素萃取				
	土壤反應	林木生長	樹冠活力	危害損傷	更新萌蘗
30-60cm 土壤含水率	0.950	-0.064	0.039	0.006	-0.118
0-30cm 土壤含水率	0.940	-0.071	-0.020	-0.022	-0.179
30-60cm 土壤電導度	0.910	-0.141	-0.033	-0.036	-0.242
0-30cm 土壤電導度	0.896	-0.173	-0.046	-0.026	-0.253
30-60cm 土壤 pH 值	0.766	-0.012	0.166	-0.074	0.134
0-30cm 土壤 pH 值	0.742	-0.155	0.062	-0.109	0.144
樹高	-0.188	0.927	0.116	-0.059	0.106
活樹冠	-0.178	0.911	0.058	-0.043	0.037
胸高直徑	-0.171	0.870	0.167	-0.083	0.119
冠幅直徑	0.002	0.812	0.056	-0.068	-0.036
樹冠密度	0.069	0.097	0.944	0.043	-0.066
樹冠透視度	0.080	0.172	0.929	-0.019	-0.049
病蟲為害	-0.015	-0.460	-0.076	0.720	-0.074
葉部損傷	-0.163	0.222	0.313	0.664	-0.035
樹皮損傷	-0.042	-0.328	-0.372	0.568	0.151
林下更新	-0.009	0.092	-0.209	-0.147	0.697
萌蘗	-0.224	0.041	0.072	0.145	0.692

2. 乾季分析

針對已收集之20項相關變數利用主成分分析進行萃取結果，共萃取5個因素包含17項相關變數，此5個因素的特徵值總合為13.051，占總變異量的76.77%，代表其具有相當之解釋力。主成分分析因素萃取出17個變數包含於5個因素(表2)。藉由轉軸後因素矩陣結構之結果，將加權分數值較高的部份分為一組，分析影響鰲鼓農場乾季白千層林分健康性的五大因素，依序為土壤反應因素、林木生長因素、樹冠活力因素、損傷危害因素、枯梢蔓藤因素。

表2. 鰲鼓農場乾季白千層林分健康性主成分分析轉軸後因素矩陣結構

指標變數	因素萃取				
	土壤反應	林木生長	樹冠活力	損傷危害	枯梢蔓藤
0-30cm 土壤含水率	0.953	-0.123	0.055	0.020	0.139
30-60cm 土壤電導度	0.936	-0.109	0.027	0.112	0.133
30-60cm 土壤含水率	0.928	-0.057	0.093	0.088	0.143
0-30cm 土壤電導度	0.877	-0.132	0.020	0.161	0.203
30-60cm 土壤 pH 值	0.774	-0.040	0.018	-0.240	-0.275
0-30cm 土壤 pH 值	0.751	-0.213	0.049	-0.209	-0.293
樹高	-0.181	0.917	0.098	-0.138	-0.077
活樹冠	-0.165	0.904	0.050	-0.071	-0.136
胸高直徑	-0.183	0.858	0.137	-0.196	-0.026
冠幅直徑	-0.064	0.805	0.103	0.078	-0.021
樹冠密度	0.070	0.105	0.956	0.050	-0.015
樹冠透視度	0.057	0.178	0.944	0.006	-0.006
根部損傷	0.137	-0.028	0.274	0.669	0.021
樹皮損傷	-0.111	-0.284	-0.382	0.583	-0.059
病蟲為害	-0.080	-0.501	-0.076	0.509	-0.146
枯梢率	0.066	0.004	-0.065	0.049	0.751
蔓藤危害	0.056	-0.311	0.123	-0.342	0.588

3. 綜合分析

在濕季之健康性分級中除第 4、5、13、14、15 樣區屬林分輕度不健康等級外，其餘皆為林分健康等級；在乾季之健康性分級中屬林分輕度不健康等級的有第 2、4、5、7、9、13、14、15 樣區，增加了 3 個樣區。

表 3. 白千層 (*Melaleuca leucadendra*) 各樣區乾濕季之健康等級

樣區 編號	平均分數		健康等級		健康等級之分數			
	濕季 ¹	乾季 ²	濕季	乾季	2012.09	2013.01	2013.09	2014.01
1	1.522	0.764	I	I	2.278	1.043	0.765	0.484
2	0.805	2.131	I	II	-0.935	1.252	2.545	3.009
3	0.605	1.251	I	I	-0.034	1.740	1.244	0.762
4	4.405	5.160	II	II	3.651	5.576	5.159	4.744
5	1.750	3.689	II	II	-0.147	3.628	3.646	3.750
6	-3.164	-2.961	I	I	-3.785	-3.666	-2.542	-2.256
7	1.293	2.043	I	II	0.238	1.425	2.347	2.661
8	-1.061	0.010	I	I	-2.769	-1.136	0.648	1.156
9	1.556	2.829	I	II	0.316	3.254	2.796	2.404
10	-8.051	-8.105	I	I	-10.387	-10.068	-5.714	-6.142
11	-2.234	-3.092	I	I	-2.712	-5.499	-1.755	-0.685
12	-8.908	-8.818	I	I	-9.588	-10.016	-8.228	-7.619
13	3.528	4.490	II	II	1.779	2.931	5.276	6.048
14	1.931	2.766	II	II	0.697	2.243	3.165	3.288
15	2.774	3.140	II	II	1.365	1.022	4.183	5.257
16	0.562	0.908	I	I	-0.614	-0.592	1.737	2.408

註：I 林分健康等級(平均分數<1.645)，II 林分輕度不健康等級(平均分數>1.645)。

1)：濕季表示2次9月之資料；2)：乾季表示2次1月之資料。

IV、討論

(I) 林地環境因素

為瞭解林地土壤中實際之含水狀況，本研究進行土壤含水率之測定，以便即時進行灌溉或設置排水設施，以確保植生正常生長。屬於較為乾燥的狀態，且大部分樣區之土壤含水率有緩慢下降的趨勢。可看出表層土壤與底層土壤的含水率差異不大，且大多呈現底層土略高於表層土的現象，此現象顯示表層土壤結構孔隙空間多，水分滲入底層土壤，但也表示在乾旱季底層土壤的水分係受毛細現象而上升至表層蒸散。許博行(2006)表示濱岸區域之土壤主要為砂粒所構成，排水容易，但若地勢低窪，下雨後易淹水，形成淹水與乾旱交替的環境，此種極端的環境易產生苗木的適應不良。

土壤 pH 值結果呈現表層土壤與底層土壤之 pH 值並無顯著差異，但底層土之 pH 值較表層土稍高，調查樣區中多為極低鹽度及低鹽度反應，對於一般林木生長並無嚴重影響，可能會對敏感林木生長造成限制，但位於鰲鼓農場北面及邊緣的

第1、4、5、7、14樣區及位於園區內人工濕地旁的第13樣區，皆呈現中鹽度至高鹽度反應，此鹽度會對於大多數的林木生長造成限制，僅耐鹽林木能生長。鹽分藉由滲透作用進入林木組織，再加上林木本身的蒸散作用，使得組織內部鹽分濃度增高，因此導致林木枯萎死亡。將4次調查結果做比較，可發現9月份的鹽度整體較1月份的鹽度低，應是調查前幾個月為降雨季節，土壤經過降雨及排鹽溝的設置，可將土壤中的鹽分淋洗，故鹽度較低，而1月份之前為乾季，雖有少量的降雨，但大多數時間皆為乾燥環境，使得土壤底層的鹽分因蒸散作用隨毛細現象上升到土壤表層，故鹽度較高。

現地觀察鰲鼓農場內於降雨期非常容易淹水，且當地所淹的水為鹽水，屬於中高鹽度的北面及邊緣樣區，其所淹的水鹽度甚高於屬低鹽度及極低鹽的中間區域樣區，導致北面及邊緣地區的樣區土壤更易殘留過多的鹽分。土壤鹽分對於大多苗木之形質生長有抑制作用，當土壤鹽分上升時苗木之苗高及地際直徑以及種子發芽率皆有下降之趨勢，且隨時間的增加，高鹽度對於苗木生長抑制越顯著，而苗木之各部位乾重以及總乾重也隨土壤鹽度之增加而有顯著的抑制之趨勢。

(II) 健康性分析

樣區2健康等級下降(表3)，推測原因為枯梢增加、樹皮受損害增加、蔓藤危害增加及病蟲危害變多所導致；樣區7下降之原因推測為土壤鹽度增加加上樹冠密度下降、樹冠透視度增加所致；而樣區9推測其下降之原因為枯梢率的增加所導致，且3個樣區之土壤pH值皆為下降。各樣區所面臨之逆境各有相異之處，故本研究以表列方式將林分呈現不健康之樣區，針對各樣區所監測現況及可能造成不健康原因進行摘要重點整理，藉此了解環境逆壓對於林木所造成之影響。

多數不健康之樣區多位於北面及邊緣地區，故受風危害的程度較高，導致樹冠密度低、樹冠透視度高及枯梢率較高的情形發生，隨著氣流所夾帶的鹽沫及沙粒會覆蓋在林木葉表，影響葉片呼吸及光合作用等生理過程，進而影響林木正常生長及生理需求。且土壤鹽度分級多為中高鹽度，土壤中含有極高的鹽份，導致林木生長受阻、形質不佳；以及多數有表層土壤之含水率高於底層土壤之現象，此現象顯示表層土壤結構孔隙較少，水分不易滲入底層土壤，使得林木根部所能吸收之有效水分減少，易造成林木生長障礙，且降雨期來臨時，易產生逕流而造成土壤大片沖蝕或淹水現象，且土壤表、底層之含水率高低，易影響林木根系於土壤中之發展，Sudmeyer *et al.* (2004)於澳洲南部海岸人工林的研究報告指出，於土壤層50 cm以上之土壤中，根的數量與土壤含水率呈現負相關，換言之，土壤中含水率越高，其林木根系之發展易遭受阻礙。並且多數不健康樣區也有樹皮受損嚴重及遭受病蟲危害的情形發生。

依據主成分分析之萃取因素結果觀點討論，在濕季與乾季的白千層林分中具較大影響力之因素皆為土壤反應因素及林木生長因素，顯示各樣區之土壤反應及林木生長主導著健康等級的優劣，可見屬於不健康等級的樣區有其共通點，多為

土壤反應較其它樣區惡劣，一但土壤含水率、電導度及 pH 值之變動便影響其生長及生理作用，進而導致整體林分健康程度降低，而樹冠狀態亦為重要影響原因，風對樹冠所造成的危害同樣為林木生長之逆壓，樹冠活力偏低也會影響林木的生理作用，故樹冠密度及樹冠透視度於鑑別林木健康程度中亦佔相當比例，由其負荷量可知其影響性。危害損傷因素中所包含之病蟲危害、葉部損傷、根部損傷及樹皮損傷亦為影響原因，屬於不健康樣區之危害損傷因素皆明顯異於其他樣區，顯示病蟲危害為影響因子。

基於鰲鼓種子計畫理念中生態價值觀念，為保護鰲鼓農場之生態系統、區域性微氣候、物種、棲地多樣性及基因多樣性，將雖然是屬於林分輕度不健康之林分，但其位於野生動物重要棲息環境上，其輕微不健康之環境更適合周圍濕地的鳥類進入棲息，故應讓其繼續維持在目前的狀態，不宜再行擾動。另外有鑑於鰲鼓種子計畫理念的環境教育意義中，希望藉由認知、學習與體驗，進而產生對自然環境之認同及關懷，藉此提升人民自然美學之素養，故須將園區中央易到達觀看的區域，因其為整體景觀之表現，應將其健康程度改善至林分健康較為適當。

V、結論

本研究樣區之土壤含水率介於 3.4-18.5%，屬於較為乾燥的狀態，且大部分樣區之土壤含水率有緩慢下降的趨勢；土壤 pH 值之分級為中酸性至強鹼性，pH 值介於 5.64-8.71 之間；土壤電導度範圍介於 6-1434 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 之間，鹽度級為極低鹽度至高鹽度，位於鰲鼓農場北面及邊緣的樣區及位於園區內人工濕地旁的樣區，呈現中鹽度至高鹽度的分級，其餘樣區多為極低鹽度及低鹽度，而在 9 月份的鹽度分級整體較 1 月份的鹽度分級低。主成分分析因素萃取出 17 個變數包含於 5 個因素之中，依據因素轉軸矩陣將 5 個因素命名，依序為土壤反應因素、林木生長因素、樹冠活力因素、危害指標因素、枯梢萌蘖因素，5 個因素佔總變異數的 76.34% 以上具有相當的解釋力，在濕季之健康性分級有 5 個樣區屬林分輕度不健康等級；在乾季之健康性分級中增加了 3 個林分輕度不健康等級的樣區，整體而言鰲鼓農場內白千層林分乾季其林分健康性較低。鰲鼓農場區內屬於林分輕度不健康之林分，若位於野生動物重要棲息環境上，雖屬於林分輕度不健康等級，但基於鰲鼓種子計畫的理念，其輕微不健康之環境更適合周圍濕地的鳥類進入棲息，故應讓其繼續維持在目前的狀態，不宜再行擾動；但在園區中央遊客易到達觀看到的區域，為整體景觀之表現，應將其健康程度改善至林分健康之等級較為適當。

平地造林病蟲害健康管理研究

吳孟玲^{1*} 莊鈴木²

^{1*} 行政院農業委員會林業試驗所森林保護組研究員兼組長，100 臺北市南海路 53 號，通訊作者。

² 行政院農業委員會林業試驗所森林保護組助理研究員。

【摘要】本研究主要針對毗林農地、混農林地及新興造林樹種(短伐期樹種)之病蟲害相進行監測，包括三項擬解決問題，一為毗林農地病蟲害監測(新增雲林地區新造林區)，評估雲林新造林林地(小面積)與毗林農地(主要為短期性或經濟作物)，探討病蟲害間是否具交叉感染問題及防治影響，藉此研究數據分析評估，更可解明造林地對毗林農地病蟲害之影響。二為進行平地造林各重要樹種(以短伐期樹種為主)病蟲害監測及防治研究，擬建立其發病及防治管理日誌，並出版各樹種病蟲害健康管理手冊，以提供林農造林健康管理之需要，及提高強化林地病蟲害防治成效。三為混農林地之病蟲害監測及評估，提出合宜混農作物及樹種評估及病蟲害管理建立，可提供混農政策實施之病蟲害管理參考。(1)毗林農地病蟲害監測方面，104年及105年以雲林古坑之咖啡為評估目標，發現常見病蟲害有炭疽病、褐眼病及銹病，蟲害則有介殼蟲、潛葉蛾及咖啡果小蠹，其中又以咖啡炭疽病、銹病及咖啡果小蠹較為嚴重，除影響植株健康外，咖啡果小蠹更直接影響咖啡果之產量。整體上來說，病蟲害發生率與毗林與否與之影響並不大，而與管理方式有較大的關連。此外，105年並於南投蓮華池進行咖啡炭疽病防治試驗，以不同濃度之亞托敏水懸劑及得克利水基乳劑進行試驗，發現藥劑施用對炭疽病來說，在提升著果率及降低葉片的黑斑及圓斑病徵上都有明顯的成效，但藥劑濃度與藥劑種類間則未發現明顯的差異。(2)平地造林各重要樹種病蟲害監測及防治研究方面，104年調查台東太麻里之千年桐，105年則以南投蓮華池之相思樹為調查對象，經調查後發現，千年桐病害以褐斑病為主，相思樹則是銹病為主，於每年4月後普遍發生，皆屬於局部葉部病害，其餘病蟲害則甚輕微。(3)混農林地之病蟲害相監測方面，104年調查屏東四林農場咖啡與無患子之混植，發現咖啡主要病害為炭疽病、蟲害則為青蛾蠟蟬。雖未發現咖啡病蟲害與混農林地間有明顯關連，但因無患子白蟻發生嚴重，加上林地田間管理較為不易，故具有交互感染之風險。整體而言，在毗林農地及混農林地中，樹木的種植對作物的病蟲害並無明顯的影響，尤其病蟲害一般多具有寄主專一性，作物通常受影響程度較低，但由於咖啡為木本作物，因此仍須考慮交互感染的可能性。

I、前言

本研究主要進行平地造林、毗林農地、混農林地及新興造林樹種病蟲害相監測。內容包括三個方向，一為毗林農地病蟲害監測，二為進行平地造林各重要短

伐期樹種之病蟲害監測及防治研究，三為混農林地之病蟲害監測及評估。於98~101年期間，本研究以花蓮、屏東的毗林農地為主，目標作物包含水稻、柑桔、鳳梨、香蕉及西瓜，結果發現毗林農地與獨立農地之病蟲害發生情形無明顯的差異，其中鳳梨及香蕉是最適合栽種之作物(本部分結果已於101年研討會發表)。102年~103年則以雲林毗林農地為主，對象作物包含花生、玉米、柑桔及鳳梨，發現花生、玉米及鳳梨皆適合毗林農地之栽種，柑桔則可能有較高之蟲害風險。同時也針對花蓮大農大富之休耕地進行調查，發現休耕地與鄰近農地的病蟲害並無明顯關聯。另於平地造林重要樹病蟲害健康管理方面，也完成了杜英及楓香的病蟲害監測調查。更於屏東四林農場之混農林地之病蟲害相監測上，發現鳳梨及香蕉仍是混農林業農作物之優先考量(本部分結果已於103年研討會發表)。104年~105年透過雲林毗林農地咖啡病蟲害調查、短伐期樹種千年桐與相思樹之病蟲害健康管理，以及屏東混農林地咖啡之病蟲害調查，持續探討平地造林病蟲害之影響。

本研究期能藉由評估雲林新造林林地與毗林農地，探討病蟲害間是否具交叉感染問題及防治影響，藉此研究數據分析評估，更可解明造林地對毗林農地病蟲害之影響。並經由進行平地造林各重要短伐期樹種之病蟲害監測及防治研究，建立其發病及防治管理日誌，並出版各樹種病蟲害健康管理手冊，以提供林農造林健康管理之需要，提高強化林地病蟲害防治成效。更其透過混農林地之病蟲害監測及評估，提出合宜混農作物及樹種評估及病蟲害管理建立，可提供混農政策實施之病蟲害管理參考。

II、材料與方法

(I) 毗林農地之病蟲害調查

針對咖啡，以雲林縣古坑鄉作為樣區，104年共選取毗林及獨立各3條咖啡種植區，每區30株，共計180株，以目視判定各項病蟲害發生比例，全年共計進行3次調查。105年針對樣區中主樣的病蟲害，包含炭疽病、銹病及咖啡果小蠹，詳細調查其發生比例，每株並隨機選取20顆咖啡果，計算咖啡果小蠹之危害情形，全年共計進行5次調查。

(II) 咖啡炭疽病防治試驗

105年以南投蓮華池為樣區，以23%亞托敏水懸劑及25.9%得克利水基乳劑，進行炭疽病防治試驗，每種藥劑分別配置2種不同之稀釋倍率，分別為23%亞托敏水懸劑稀釋2000倍、23%亞托敏水懸劑稀釋3000倍、25.9%得克利水基乳劑稀釋1500倍及25.9%得克利水基乳劑稀釋2250倍，含未施藥之對照組，共計5區，每區調查50株樣樹，每區將於施藥後觀察炭疽病之發病情形。

(III) 平地造林重要樹種病蟲害健康管理

104年樹種以短伐期樹種千年桐為主，樣區為台東太麻里伊麻林道，每次調查

20株樣樹，共進行4次樹種之病蟲害相調查。105年樹種以短伐期樹種相思樹為主，樣區為南投蓮華池，每次調查20株樣樹，共進行4次樹種之病蟲害相調查。

(IV) 混農林地之病蟲害調查

104年以屏東四林農場為樣區，評估對象為咖啡與無患子的混植，共選取6條咖啡種植區，每區20株，共計120株，以目視判定病蟲害發生情形，共計調查3次。

III、結果與討論

(I) 雲林古坑毗林農地104年進行3次咖啡蟲害調查監測，共計調查咖啡樣株540株次，105年進行5次咖啡蟲害調查監測，共計調查咖啡樣株900株次。

1. 整體來說，雲林地區的咖啡病蟲害包含咖啡炭疽病、褐眼病、銹病、潛葉蛾、咖啡果小蠹及介殼蟲。其中最主要的為咖啡炭疽病、銹病及咖啡果小蠹，除影響植株健康外，咖啡果小蠹更直接影響咖啡果之產量，於發生嚴重的期間，即使於田間吊掛了大量的誘殺器，仍有超過70%的咖啡果都受害。基本上毗林與否與病蟲害發生率的關係並不明顯，而與結果情形及管理方式如修剪、除草等會有較大的關連。
2. 根據104年調查結果，發現病害主要為炭疽病、褐眼病及銹病。炭疽病於各月皆超過80%，於獨立樣區及毗林樣區間並無明顯的差異。褐眼病3月於獨立樣區發生嚴重，8月褐眼病發病率大幅降低，銹病則大幅提升，但於獨立樣區與毗林樣區並無明顯差異，推測應與田間管理有較大關聯。
3. 根據104年調查結果，發現蟲害方面以潛葉蛾、咖啡果小蠹及介殼蟲為主。其中潛葉蛾及咖啡果小蠹於各樣區發生率皆接近100%，為普遍存在於咖啡之蟲害。介殼蟲主要為黃綠介殼蟲，並誘發煤煙病，3月、8月危害率皆超過50%，於獨立樣區與毗林樣區並無明顯差異，主要應與田間管理有較大關連，11月因發生期已過，並未發現危害。
4. 根據105年調查結果，炭疽病及銹病於獨立樣區及毗林樣區間初期並無明顯差異，8月後毗林樣區發病率低於獨立樣區，可能與毗林樣區的修剪與除草較為頻繁有關。
5. 根據105年調查結果，咖啡果小蠹於毗林及獨立樣區皆發生，初期獨立樣區發生率略高於毗林樣區，8月後發生嚴重，毗林樣區反明顯高過獨立樣區，8月受害果比例達56.2%，10月受害果更達71.2%，但考慮周遭造林樹種並無咖啡果小蠹之寄主植物，加上獨立樣區於6月期間結果期間結果量明顯少於毗林樣區，因此推測是毗林樣區結果量較大，造成感染原較多之故。

(II) 咖啡炭疽病防治試驗，完成4次南投蓮華池5個防治樣區調查，包含施藥前1次及施藥後3次，合計調查1000株次。

1. 整體來說，藥劑施用對炭疽病來說，在著果率的提升及減少葉片的黑斑及圓斑病徵上，都出現明顯的成效，但不同的藥劑濃度與不同的藥劑種類間，則未出現明顯的差異。
2. 果實方面，4月施藥後於施藥組及對照組皆無病徵出現，8月再度出現病徵，得克利組(D1、D2)炭疽病發病率略低於亞托敏(A1、A2)組，對照組著果率雖明顯低於施藥組，但因果實稀少，並未觀察到炭疽病病徵。其中A1(亞托敏稀釋2000倍)組著果率明顯較佳，8月達299.4顆/株，其餘各施藥組(A2、D1、D2)分別為70.5顆/株、61.9顆/株及106.8顆/株。惟對照組僅3.3顆/株。
3. 葉片方面，黑斑及圓斑病徵之危害率，於施藥組初期雖無明顯下降，但病斑明顯較小且受害葉片較少，6月後發病率下降，且施藥組明顯低於對照組，但藥劑濃度與藥劑種類間並未發現明顯差異。

(III) 針對短伐期樹種，包含台東太麻里千年桐及南投蓮華池相思樹之病蟲害，進行調查樣區之設立及調查監測。計調查千年桐4次及相思樹5次，合計180株次。

1. 整體來說，千年桐病害以褐斑病為主，相思樹則是銹病為主，其餘病蟲害皆甚輕微。此兩種病害皆屬於局部葉部病害，對樹木健康通常不會有顯著影響，大部分情形可不需防治，必要時則可於發生早期以修剪或噴灑預防性藥劑來進行處理。
2. 千年桐於104年2月份因全數落葉，並未發現任何病蟲害。5月份開始出現褐斑病，危害率為50%，至8月份達90%，11月已至100%，危害情形逐月上升。8月與11月並有零星大盾椿出現，為害率僅5%。
3. 相思樹主要病害為銹病，105年3月份危害率為10%，之後各月份皆超過75%。6月份同時有一定程度之黑星病及煤煙病，8月份則有少量炭疽病，並未發現任何蟲害。

(IV) 屏東完成混農林業病蟲害調查監測，共計調查咖啡樣株360株次。

1. 整體來說，屏東地區的咖啡病蟲害主要為咖啡炭疽病及青蛾蠟蟬，但危害情形都甚輕微。基本上屏東咖啡病蟲害問題的發生，與混農林地的栽培方式並無直接的關連性，但相對於一般咖啡園，林地的田間管理可能較為不易，加上林木具有較多白蟻危害，因此仍有增加病蟲害之風險。
2. 咖啡病害主要為炭疽病，104年3月時發病率較高，達90.0%，但皆屬於枝條局部的輕微感染，8月發病率降至0.0%，這可能與當年上半年的降雨較少、氣候乾燥以及這段期間有進行清園及補植有關，造成原本輕微感染的炭疽

病菌族群量大幅降低，至11月發病率些許上升為13.3%。此外，樣區內咖啡有30%以上具雞屎藤或三角葉西番蓮纏繞，這應與田間管理有關。

3. 咖啡蟲害主要為青蛾蠟蟬，危害率約為30%，相較於咖啡，周圍纏繞植物受青蛾蠟蟬危害更為嚴重，因此主要問題仍在於田間管理。此外，樣區內無患子多有白蟻危害，至咖啡植株成長至一定大小後，可能會成為其潛在的威脅。

大農大富平地森林園區三種棲地類型的鳥類群聚比較

葛兆年^{1*} 許詩涵² 陳一銘² 王相華³

^{1*} 行政院農業委員會林業試驗所森林保護組副研究員，100 臺北市南海路 53 號，通訊作者。

² 行政院農業委員會林業試驗所森林保護組。

³ 行政院農業委員會林業試驗所植物園組研究員。

【摘要】花東縱谷位於中央山脈與海岸山脈之間，長久以來的農耕型態阻隔了兩側山脈中野生動物族群的交流。大農大富農場於 2002 年停止產糖並陸續造林後，迄今造林面積已達 1000ha，造林的綠帶取代原本開闊的農地，增加了野生動物利用的機會，進而提高了兩側野生動物族群交流的可能性。但自 2009 至 2010 年之鳥類調查顯示，可能由於樹種及棲地結構單純缺乏中下層植被覆蓋度，造林地與海岸山脈次生林地的鳥類群聚尚存在明顯差異。然而森林園區內除了造林地之外，尚有河道周邊未被開發使用的畸零帶狀區域以及蔗田廢耕後自然演替的區塊，此二類型棲地因未被開發利用而任其中植物自然生長及演替，因此植被類型與造林地不同。本研究希望藉由針對造林地、廢耕區以及河道周邊生態的調查，了解此三種棲地類型對鳥類群聚的影響，並在未來造林地以及周邊區域的整體規劃或經營管理時提供具體的建議，冀望可因此提升大農大富平地園區成為連結兩側山林野生動物資源廊道的可能性。自 2013 年至 2014 年於上述 3 類棲地進行鳥類調查，共記錄到鳥類 37 科 74 種 5508 隻次，包含 8 種台灣特有種以及 18 種特有亞種鳥類；其中 6 種為珍貴稀有之保育類鳥種，其他應予保育之鳥種則有 3 種。以烏頭翁有最高的記錄量，出現頻度最高的 5 個優勢鳥種，分別是竹雞、綠繡眼、烏頭翁、灰頭鷓鴣以及環頸雉。整合繁殖季與非繁殖季的資料，各棲地類型中，河道樣區的平均物種數、平均隻次、平均種豐富度以及多樣性指數皆是三類型棲地中最高。三種棲地類型進行群聚分析，則可發現各類型樣點的鳥類群聚各自成群，其中河道與廢耕區的群聚較為相近，造林地的群聚則是較為分散。造林地由於林業的經營與操作而較為缺乏草生地類型的環境，河道與廢耕區則具備與造林地不同的植被類型，因此有不同於造林地的鳥類群聚。河道與廢耕區增加平地森林園區的生物多樣性，建議現階段應予妥善維護，未來經由更為積極的規劃與經營管理，應有機會形成更多物種在兩側山林間交流的廊道。

I、前言

花東縱谷位於中央山脈與海岸山脈之間長久以來一直以農耕為主要土地利用型態，因此阻隔了兩側山脈中野生動物族群的交流。如今造林政策的推行為這個問題帶來新的契機，獎勵造林推行之後許多原本廢棄的耕地變轉為造林。台糖企業為響應政府推動之平地造林運動，自 2002 年起陸續在廢棄或生產力不良的甘蔗農田進行造林工作，其中又以花蓮縣光復地區大農大富農場最具代表性。造林的綠帶連結了兩側山脈的森林，原本開闊的農地轉變為林蔭，增加了野生動物利用的機會，也提高兩側山脈動物族群交流的可能性。但自 2009 至 2010 年針對大農大富平地造林區及周邊農地與闊葉次生林等棲地進行鳥類調查，發現造林地於造林樹種及棲地結構單純缺乏中下層植被覆蓋度，與海岸山脈次生林地的鳥類群聚尚存在明顯差異。大農大富園區內有數條河道或溝渠貫穿其中，河道的座落造成周邊常會出現畸零未被使用的區域，這些未被利用區域的植物隨著時間自然演替，形成參雜木本植物的茂密灌叢或稀疏至濃密不等的長草，這些環境中植群的垂直結構有些便如同闊葉次生林中一般複雜，因此常可觀察到與造林地中不同種類的鳥種。另外在大農大富平地森林園區日地月池東南側之蔗田，約於 10 餘年前廢耕後，歷經天然演替成為雜木林、高茅草、灌木叢、以及短草地交錯鑲嵌，區內曾經觀察到不曾於造林地其他區塊記錄過的哺乳動物。因此本研究希望藉由針對造林地、廢耕區以及河道周邊生態的調查，了解此三種棲地類型對鳥類群聚的影響，並在未來造林地以及周邊區域的整體規劃或經營管理時提供具體的建議，冀望可因此提升大農大富平地園區成為連結兩側山林野生動物資源廊道的可能性。

II、材料及方法

(I) 樣區設置

1. 河道雜木林(R)：於馬佛溪(R1)、大農溪(R2)、大和溪(R3)、加來灣水道(R4)及嘉農溪(R5)各設置 6 樣點，共設置 30 調查樣點。R1 河岸較為天然，沿線的植被主要為銀合歡、構樹、鹽膚木以及下層的五節芒、象草與大花咸豐草；R2 河岸為水泥護岸，沿線植被主要為光蠟樹、樟樹以及下層的大花咸豐草、象草、五節芒；R3 河道寬度最寬，環境相對較為開闊，有較大面積沒有植被覆蓋，植被主要為檫木、陰香以及下層的大花咸豐草、象草、五節芒；R4 水道為水泥護岸構成的灌溉溝渠，沿線植被主要為檫木、赤楊、光蠟樹以及下層的大花咸豐草、象草、五節芒；R5 亦為寬闊之河道，水泥護岸周邊除裸露之河床外，主要植被為光蠟樹、陰香以及下層的大花咸豐草、五節芒、象草。

2. 廢耕區(DA)：座落大農大富平地森林園區日地月池東南側，約於 10 餘年前廢耕後，歷經天然演替成為雜木林、高茅草、灌木叢以及短草地交錯鑲嵌，區域內樹木以苦楝、野桐、小葉桑、台灣紫珠、菲律賓饅頭果及外來種銀合歡為主，灌木以野牡丹、馬櫻丹、台灣馬桑為主，草本則以五節芒、大花咸豐草、霍香薊為主。共設置 12 調查樣點。
3. 造林地(P)：大農大富平地森林園區內具大範圍的造林，主要的造林樹種為台灣肖楠、烏心石、光蠟樹、台灣檫、楓香、茄苳、大葉楠、樟樹、陰香、杜英、台灣欒樹、台灣赤楊、無患子、苦楝、水黃皮與烏柏。本試驗設置的 9 個樣點中，主要的樹種為杜英、光蠟樹、檫木、楓香與陰香，草本則是以大花咸豐草、五節芒、紫花霍香薊、密毛小毛蕨為主。

(II) 鳥類調查方式

於 3 至 5 月(繁殖季)及 8 至 10 月(非繁殖季)，每個月選擇晴朗天氣至選定之樣點於日出至日出後 3 小時之間，在每調查樣點進行 6 分鐘之定點調查，記錄定點 50 公尺範圍內所目擊及聽到的鳥種及隻次。

(III) 資料分析

鳥類調查資料以 Microsoft Excel 建檔，群聚變數中的種豐富度以 Margalef species richness index (d) 計算， $d = (S-1) / \ln N$ 。鳥類多樣性指數以 Shannon-Wiener diversity index (H') 計算， $H' = -\sum (P_i \ln (P_i))$ 。均勻度以 Pielou's Evenness Index (J') 計算， $J' = H' / H_{max} = H' / \ln S$ 。利用 SAS v.8 統計程式採取變方分析 (ANOVA) 及 Duncan's Multiple Range Test 檢定各樣區間及兩兩樣區間之鳥類群聚變數有無差異。鳥類群聚分析 (Cluster analysis) 則以 PRIMER 5.2 軟體進行分析，分析前先將僅有 1 次紀錄的鳥種刪除，再將各鳥種調查隻次取平方根轉換，以多維尺度 (MDS, nonmetric multidimensional scaling) 及群集分析 (CLUSTER)，比較 4 種類型棲地的鳥類群聚組成在空間上的分布型態。此外，將取平方根轉換後的資料算出 Bray-Curtis 相似性矩陣，再進行相異度分析 (ANOSIM test)，求出相異度係數值 (Global R)，來代表各種棲地鳥類群聚間的相異度，鳥類群聚之代表種則以 (SIMPER test) 來分析。

III、結果與討論

於 3 類棲地內共記錄到鳥類 37 科 74 種 5508 隻次，其中包含五色鳥、烏頭翁、畫眉、小彎嘴及大彎嘴等 8 種台灣特有種鳥類以及大冠鷲、竹雞、台灣夜鷹、環頸雉及灰腳秧雞等 18 種特有亞種；其中大冠鷲、灰面鵟鷹與環頸雉等 6 種為珍貴稀有之保育類鳥種，其他應予保育之鳥種則有台灣山鷓鴣、燕鴿與紅尾伯勞 3 種。若將繁殖季與非繁殖季分開來看，繁殖季時共記錄 35 科 62 種 2516 隻次；非繁殖

季則是記錄到 33 科 51 種 2991 隻次。包含中杜鵑、樹鵲、灰林鴿、白鵲鴿及短翅樹鶯等 22 鳥種僅在繁殖季有記錄到；小雨燕、紅尾伯勞及赤腹鶉等 11 鳥種則是僅在非繁殖季有記錄，繁殖季出現的鳥種類較為多樣，可能與在園區內繁殖的鳥種有關，而非繁殖季則有較少的鳥種但較多的數量，則可能與鳥類過境或度冬時的集群現象有關聯。各鳥種之間以烏頭翁有最高的記錄量，繁殖季記錄到 294 隻次，非繁殖季則是記錄到 607 隻次。出現頻度最高的 5 個鳥種，分別是竹雞、綠繡眼、烏頭翁、灰頭鷓鴣以及環頸雉，分別在 50、49、48、47 及 46 個樣點有記錄(總數 51 個樣點)。

整合繁殖季與非繁殖季的資料，造林地(P)共記錄到 20 科 31 種 400 隻次；廢耕區(DA)記錄到 27 科 37 種 1368 隻次；河道樣區(R)則是記錄到 37 科 37 種 6739 隻次。三種棲地類型進行 MDS 分析，則可發現各類型樣點的鳥類群聚各自成群，其中 R 與 DA 的群聚較為相近，P 群內群聚則是較為分散，其中也有 1 個樣點與 R 較為接近(圖 1)。檢視各棲地類型的多樣性指數，河道樣區(R)的平均物種數、平均隻次以及平均種豐富度皆是三類型棲地中最高，分別為 21.3 ± 2.6 種、 124.7 ± 43.5 隻次以及 4.25 ± 0.52 (K-W test, $p < 0.0001$)，而多樣性指數也是以河道樣區較高 (2.61 ± 0.25 , K-W test, $p < 0.0001$)(表 1)。

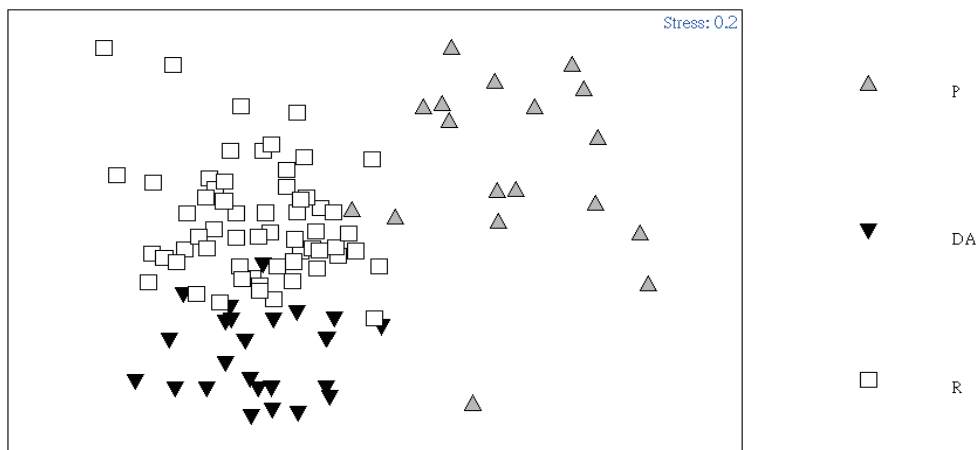


圖 1、大農大富森林園區造林地(P)、廢耕區(DA)與河道(R)共 3 種棲地類型鳥類群聚分布圖

表 1、花蓮縣光復鄉大農大富森林園區之造林地(P)、河道(R) 及廢耕區(DA)等各類型棲地中之平均物種數、平均隻次、平均種豐富度、均勻度平均以及多樣性指數平均，以各棲地之 K-W test 比較統計值及顯著水準。

	樣點	平均物種數	平均隻次	平均種豐富度	均勻度平均	多樣性指數平均
繁殖季	DA	12.2±2.9	43.3±12.8	2.98±0.61	0.85±0.04	2.1±0.24
	P	11.3±3	27.4±10.3	3.12±0.59	0.91±0.07	2.16±0.28
	R	17.4±2.5	58.7±9.4	4.04±0.55	0.91±0.03	2.57±0.15
	<i>p</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0005	<0.0001
非繁殖季	DA	12±1.7	71.5±28.4	2.62±0.43	0.83±0.1	2.04±0.26
	P	8.7±2.9	17.2±7	2.72±0.71	0.91±0.05	1.91±0.3
	R	15.3±2.7	66±41.6	3.51±0.58	0.85±0.12	2.3±0.34
	<i>p</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0577	0.0004
整合	DA	16.7±2.4	114.1±25.5	3.33±0.52	0.81±0.06	2.25±0.21
	P	15.3±2.7	44.5±15.6	3.79±0.55	0.89±0.04	2.4±0.15
	R	21.3±2.6	124.7±43.5	4.25±0.52	0.86±0.08	2.61±0.25
	<i>p</i>	<0.0001	<0.0001	0.0002	0.0007	<0.0001

繁殖季時，無論物種數、記錄隻次、種豐富度與多樣性指數均是 R 區最高，但在非繁殖季時，DA 區記錄到最高的平均隻次(71.5±28.4, K-W test, $p < 0.0001$)，而 P 區則是有稍微較高的均勻度(0.91±0.05, K-W test, $p = 0.0577$) (表 1)，顯示繁殖季與非繁殖季時，鳥類群聚情形是有變化的，ANOSIM 分析結果顯示繁殖季時的鳥類群聚確實與非繁殖季時顯著不同(Global $R = 0.135$, $p = 0.001$)。以雙因子 ANOSIM 分析，同時考慮繁殖季/非繁殖季以及棲地類別，則繁殖季/非繁殖季對鳥類群聚的影響顯著(Global $R = 0.29$, $p = 0.001$)，棲地類別對鳥類群聚也是非常顯著(Global $R = 0.675$, $p = 0.001$)。

使用 SIMPER 分析法得到各棲地類型中影響其鳥類群聚結果最大的鳥種前 5 名及其對群聚相似度之貢獻百分比，再將鳥種依照其棲地的偏好種類分類為 4 大類，包括非邊緣森林型、森林邊緣、開墾地型、草生地型(表 2)。影響繁殖季造林地鳥類群聚的前 5 名鳥種中，非邊緣森林型的鳥種便有 3 種；非繁殖季時除了環頸雉 1 種開墾地型鳥種外，其餘都是非邊緣森林型鳥種。影響繁殖季廢耕區鳥類群聚的前 5 名鳥種中，除了山紅頭 1 種非邊緣森林型鳥種外，其餘皆為草生地型以及開墾地型鳥種；非繁殖季時則增加為 2 種非邊緣森林型鳥種。影響繁殖季河道區鳥類群聚的前 5 名鳥種中，有 3 種非邊緣森林型鳥種以及草生地型與開墾地型各 1 種；非繁殖季時則轉換為草生地型與非邊緣森林型各 2 種以及開墾地型的烏頭翁 1 種。此結果顯示了造林地與河道、廢耕區相比，較為缺乏草生地/灌叢結構，而各鳥種在不同時期對棲地可能有不同的偏好與選擇。因此河道與廢耕區應該提供了更多鳥種的棲地需求，增加了平地森林園區的生物多樣性，建議現階段應維護河道與廢耕區的植被狀態及其生物多樣性。

表 2、SIMPER 分析法所得花蓮縣光復鄉大農大富森林園區之造林地、廢耕區及河道等各類型棲地中之代表性鳥種與其對群聚相似度的貢獻度百分比，以及其所偏好的棲地類型(非邊緣森林型 F、森林邊緣型 FE、開墾地型 FM、草生地型 G)

	繁殖季			非繁殖季		
	物種	貢獻度%	類別	物種	貢獻度%	類別
造林地	綠繡眼	25.05	F	綠繡眼	20.83	F
	樹鵲	22.18	F	環頸雉	12.44	FM
	烏頭翁	8.69	FM	黃眉柳鶯	11.76	F
	竹雞	8.39	F	竹雞	9.32	F
	褐頭鷓鴣	7.39	G	樹鵲	7.91	F
廢耕區	烏頭翁	21.73	FM	灰頭鷓鴣	23.29	G
	灰頭鷓鴣	14.64	G	山紅頭	18.14	F
	白腰文鳥	11.37	G	烏頭翁	16.38	FM
	山紅頭	11.21	F	畫眉	10.67	G
	畫眉	9.31	G	小彎嘴	10.4	F
河道	烏頭翁	15.49	FM	烏頭翁	12.21	FM
	綠繡眼	14.81	F	綠繡眼	11.45	F
	灰頭鷓鴣	7.99	G	灰頭鷓鴣	10.72	G
	樹鵲	7.6	F	褐頭鷓鴣	8.84	G
	山紅頭	7.31	F	竹雞	8.27	F

造林地可能因為林業的經營及操作而缺少結構的複雜性，Rotenberry (1985)的研究指出植物物種組成的多樣性會對鳥類族群的多樣性造成很大的影響，而大農大富森林園區中 2002-2004 年為例，造林樹種介於 1 至 7 種，其中單一樹種造林面積占 12.4%，2-7 種樹種混植面積占 87.6%，故冠層喬木種類極為單純，且樹木年齡相似且高度單一。MacArthur and MacArthur (1961)的研究便指出鳥類多樣性會隨著枝葉層高度的多樣性的增加而遞增，再加上台糖公司造林以木材生產為主要目標，並且定期清除下層灌木及地被植物等雜木及雜草，故造林地完全沒有次冠層喬木及灌木層。地被層植物亦相當單純，在 20m×20m 的調查樣塊中，大花咸豐草、紫花藿香薊、兩耳草及昭和草等植物覆蓋度幾乎大於 10%，地被植物平均有 12.5±4.4 種(n=20)，可知人工造林不論上層或地被層之植物種類少且數量不均勻。而河道與廢耕區相對較少人為經營，植被結構較趨向自然狀況，若能繼續維持其自然狀態，或者規畫較為積極的生態造林手段，加速植生演替趨向次生林結構，應有機會為兩側山林更多物種提供相互交流的廊道。

以野生動物評估大農大富河道之生態功能

陳一銘^{1*} 葛兆年² 李宜龍³ 陳立瑜³

^{1*} 行政院農業委員會林業試驗所森林保護組技佐，100 臺北市南海路 53 號，通訊作者。

² 行政院農業委員會林業試驗所森林保護組副研究員。

³ 行政院農業委員會林業試驗所森林保護組。

【摘要】本研究藉野生動物群聚探討大農大富平地造林區中河道之生態功能，2013-2015 年於 5 條河道進行自動相機調查，共獲得 3051 筆哺乳動物影像資料，含較大型的野生動物 8 種及家貓、家犬。動物的出現頻度(OI 值)由高至低分別為：鼬獾、野兔、白鼻心、山羌、犬、貓、食蟹獾、野豬、麝香貓與赤腹松鼠。野生動物在不同水道的上、中、下游間出現情形沒有差異，無原生林出現率較高的趨勢，僅家犬於下游出現率高。動物出現率差異主要表現於不同的河道間。分別探討各物種出現情形，發現所有動物的出現頻度在河道間有顯著差異。其中鼬獾、白鼻心普遍出現各河道，其 OI 值甚至高於鄰近次生林，應能藉大農大富行東西族群交流。文中也探討其他各種野生動物在不同河道的表現差異。未出現於河道(與造林地)的物種為台灣獼猴、長鬃山羊與穿山甲。家貓與家犬的出現率不低，未來應注意其變動。馬佛溪之單次可攝得的種數高、人工化的大和溪最低，差異顯著。馬佛溪為連結大農大富東北角與海岸山脈之重要棲地。大農溪雖食肉目動物出現率高，然大量的固床工造成草食獸通行困難。加來灣溪中下游有良好的天然度，且有食蟹獾通行，但上游環境仍需改善。大和溪則過於人工化，缺少植被緩衝，生態功能低落。加農溪為僅有連接中央山脈之河道其上游山羌數量高於其他河道樣段，然至中、下游則有很大落差，顯示棲地因道路切割之影響，是未來以大農大富為生態廊道經營之挑戰。

I、前言

林試所野生動物研究團隊自 2009 年開始關注大農大富平地造林區作為野生動物棲息地之生態功能表現。由於大農大富具有連結中央山脈與海岸山脈的地理特殊性，有可能發展為兩大基因庫交流之生態廊道，為求審慎評估其發展的可能性，因此自 2012 年起開始觀測大農大富場域內不同型態之棲地中較大型哺乳動物的棲息情形，包括不同鬱閉度之造林地、廢耕荒地與不同結構之河道。並且藉海岸山脈原生林之動物群聚進行比較，以求了解造林地之生態功能、現況以及未來可能的發展方向。前期的研究結果明確的顯示雖然目前造林地的森林生態功能不夠充足，然而仍有部分野生動物遷入立足，而貫穿大農大富各區域的河道或許由於濱岸植生結構較為複雜，且干擾較少，其大部分野生動物的出現頻度都明顯高於造

林地，甚至其中的鮑獾與白鼻心出現頻度已高於海岸山脈原生林。基於 1.大農大富仍負有生產的功能，未來仍會有一定程度因撫育、收穫帶來的干擾；2.造林地欲達成完整的森林生態功能仍需相當時程；3.平地森林園區中野生動物各有不同的生態需求，單純以鬱閉成林為經營目標並非最佳之生態設計策略。我們認為河道是鑲嵌地景中極為重要的元素，其生態功能在短期內仍無可取代，應善加經營，因此對河道野生動物的現況以及變動趨勢有必要進行更深入的了解。

II、材料與方法

(I) 試驗地描述：

為了解大農大富平地森林園區水道植生帶之生態功能，選擇 5 條主要之水道進行野生動物調查，再將各河道在大農大富園區大致分為上、中、下游 3 等分，分別進行調查以瞭解與原生林的距離是否為影響野生動物分布之因子，同時有助於樣點均勻分配(系統取樣)。源自海岸山脈的河道有 4 條，自北而南依序為馬佛溪、大農溪、大河溪以及加來灣水道；除馬佛溪外，其他 3 條水道都僅於雨後數日間可見流水，為荒溪的型態。馬佛溪的河床寬廣、堤防老舊、植生覆蓋完整，且有次生林發育，是天然度最高的棲地。大農溪中上游河道雖已高度水泥化，但上游左岸緊鄰一處原有 70 公頃，為野生動物熱點的荒地，其邊岸的植被較完整，由於雨季逕流量不大，河道中長滿高大的象草，形成人員難以穿越的屏障，對野生動物是良好的屏障，河道中央布置大量的水泥固床工，可視為最大的生態缺陷。大和溪兩側皆有完整的水泥堤防以及防汛用柏油路，由於雨季逕流大，雖然河道寬達 20 米，兩岸幾無緩衝植生，是高度人工化的河道。加來灣溪上游為加來灣部落及自強外役監獄，河道束窄且水泥邊岸垂直，極不利野生動物通行，然其中、下游較為開闊，又因多處堤防損壞、河床墊高因此形成良好的濱水帶雜木植生，加來灣溪與大和溪都直接向西連通源自中央山脈的花蓮溪主流。源自中央山脈的河道僅有加農溪一條，加農溪即為花蓮溪上游主流，雖是主流，僅汛期短暫有水，平日仍為伏流的荒溪型態。上游樣區起始於中央山脈山邊的荒地，天然度較高，中游即有東線縱貫鐵路與台九線切割，因汛期大水量沖刷，中、下游僅有少量雜木生長。

(II) 調查方法：

調查時沿水道兩岸尋找野生動物可能通行之位置設置自動相機，相機調查點位盡量依系統取樣的原則平均分配於水道沿線，但仍會受現場植生狀態之影響，點位之間的距離通常至少 30m。均分為 3 段之樣段原則上每月皆有一部像機取樣，取樣時間原則上為一個月，並於次月移動至另一個取樣點，最終每段復因無法預期的失敗僅獲得 6-10 次的有效取樣。相機回收資料於實驗室判讀整理，每次取樣工作時間僅得 10 日以下者視為失敗而排除，10 分鐘內重複紀錄之動物經判識若可能為相同個體者視為同一事件。

(III) 資料分析：

動物之出現頻度定義為：某種動物之影像事件數 / 相機工作時數 x 1000 (OI 值)。視解釋問題所需，以每段所有取樣結果的平均值為單位進行分析時採無重複兩因子變異數分析(two-way ANOVA)；以單一相機特定物種的 OI 值為單位進行分析時則採無母數 Kruskal-wallis 檢定比較。

III、結果與討論

2013-2015 於大農大富 5 條河道進行相機取樣，共獲得 138 台次之有效取樣，總工作力量為 4356 天/相機，攝得脊椎動物影像 7954 筆，其中 3051 筆為哺乳動物，其餘包含至少 40 種以上的鳥類以及其他兩棲、爬蟲。較大型的野生動物有 8 種，家貓、家犬也穩定的出現在河道中，動物的出現頻度(OI 值)由高至低分別為：鼬獾、野兔、白鼻心、山羌、犬、貓、食蟹獾、野豬、麝香貓與赤腹松鼠。整體而言，各種野生動物在不同水道的上、中、下游間出現情形沒有差異，看不出接近原生林出現率較高的趨勢，僅在家犬有下游出現率高的情形(two-way ANOVA, $P=0.008$)。雖然以各樣段的平均值分析可以看出部分動物出現率差異主要表現於不同的河道間，然而從數據我們理解不同的物種對棲地的利用情形其實有很大的差異，為求具體合理的解釋，則有進一步各別檢視的必要。10 種動物於 5 條河道之出現頻度比較如圖 1。調查的 5 條河道在結構、水文、干擾等各方面有很大的不同，所有動物的出現頻度在河道間都得到顯著的差異。鼬獾在 4 條水道中都有活動，OI 值以遮蔽度高的大農溪最高、4 條水道間具有極顯著差異(Kruskal-Wallis test, $p=0.0005$)，其在大農溪的 OI 值高達 9，甚至高於鄰近次生林。白鼻心出現情形與鼬獾十分類似，同樣以大農溪最高，5 條水道間具有極顯著差異(Kruskal-Wallis test, $p=0.005$)，出現頻度也高於鄰近次生林。鼬獾與白鼻心應屬成功拓殖之物種，我們認為足以推論東西兩大山脈的族群能藉大農大富基因交流，建議可進一步以分子生物學探討。食蟹獾主要出現於加來灣溪與加農溪，少量出現於馬佛溪，5 條水道間具有顯著差異(Kruskal-Wallis test, $p=0.01$)，而除加來灣溪全線可見外，在加農溪僅在靠近中央山脈的上游溪段有發現，出現並不連續。麝香貓在大農溪有 6 筆記錄，OI 值為 0.35，除大農溪外，麝香貓在大和溪也有 2 筆記錄，但因為相機工作天數不足而未被納入。山羌在天然度最高的馬佛溪出現情形較高、分布也較均勻，除此在各河道的出現情形十分零散，河道間具有極顯著的差異(Kruskal-Wallis test, $p<0.0001$)，其在加農溪的出現頻度甚高，但主要是在靠近中央山脈的上游地區。野豬只在馬佛溪有較穩定的出現，其他各河道雖有出現零星足跡，但並沒有被取樣紀錄。野兔為傾向開闊地活動的野生動物，因此出現情形較特別，未出現在遮蔽度最高的大農溪，在各水道的 OI 值具有極顯著差異(Kruskal-Wallis test, $p<0.0001$)，以天然度最高的馬佛溪出現頻度較高。赤腹松鼠為典型的森林動物，大農大富全區僅在加農溪下游溪段之一個取樣點記錄過 3 次，

OI 值為 0.13，應屬偶然出現。家貓與家犬的 OI 值都在 0.4-0.5 之間，有一定的族群量。其中家貓未出現於加農溪；狗則未出現於大農溪，這 2 種動物對大農大富的野生動物必然產生負面影響，未來應加注意。調查中未出現的野生動物有台灣獼猴、長鬃山羊與穿山甲，雖然這 3 種動物在海岸山脈確有野生族群，但是並沒有辦法進入大農大富平地造林區。

綜合河道的棲地功能來看，天然度最高的馬佛溪其樣區上、中、下游都有野生動物棲息利用，單一次相機取樣可攝得的種數平均值即以馬佛溪最高、而人工化的大和溪最低，5 條水道間具有顯著差異(Kruskal-Wallis test, $p < 0.01$)。馬佛溪雖為南北流向，卻是大農大富東北角與海岸山脈生物交流的重要橋梁，也是鄰近社區很好的教育資源，可惜其下游已於 2016 年進行大規模的整治，失去部分功能。大農溪食肉目動物出現率高，可能與遮蔽度高以及上游緊鄰大面積的荒地有關，然而河床中大量的固床工造成草食獸的通行困難。加來灣溪的中下游有良好的天然度，同時為東西流向，有很好的廊道潛力，可惜其上游因聚落與水泥化，因此可能使野生動物(特別是草食獸)不易進入，然因食蟹獾最常利用而有其特殊性。目前加來灣溪上游經自強外役監、林務局與本所三方協調達成合作進行 4.7 公頃生態營林的共識，未來將對山區與平地森林野生動物的交流大有助益。大和溪雖過於人工化，缺少植被緩衝，因此在生態功能低落，不過因其連接加農溪且有少數麝香貓活動，未來仍應善加經營。大農大富僅有加農溪連接中央山脈主要生物基因庫，加農溪上游山羌數量高於其他河道樣段，然其與中、下游則有很大落差，而此處正是台九線與鐵路切割棲地之處。目前兩線都已有大規模的拓寬工程進行中，其影響更倍於以往，這是未來以大農大富為生態廊道經營需突破之挑戰之一。

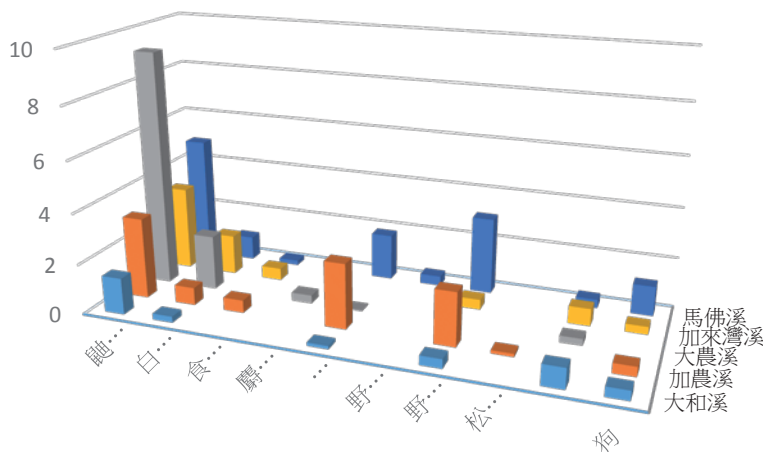


圖 1. 2013-2015 年大農大富 5 條河道之野生動物出現頻度比較圖，以 OI 值(影樣事件數/相機工作時數 x 1000)呈現

以森林生態服務功能做為大農大富平地森林園區之主題式規劃構想

王培蓉^{1*}

^{1*} 行政院農業委員會林業試驗所林業經濟組副研究員，100 臺北市南海路 53 號，通訊作者。

【摘要】本文企圖提出從傳統森林經營觀點的兩個面向，以大農大富園區做為操作案例，說明人工林經營如何成為氣候調適策略及基地營造的藍本。從自然的、防災的角度，了解風水土木的特質，也就掌握了解決問題的能力；從過去試圖導引自然的力量，到現在順應自然的力量而趨吉避凶，吾人更能在多變的自然力量下，獲得生存與維繫生活能力的調適之道。本文嘗試傳達的另一個想法，即森林所具有的環境功能與多重效益，不必然發揮它的效用，而須透過人為設計而強化(而非妨礙)功能的展現，而這樣的能力必須奠基於長期的觀測、知識累積與反復驗證。就此，若能打造一處調適中的森林科學場域，應可符合當前的需要與各界的期待。

I、前言

2008 年起政府擘劃「臺灣經濟新藍圖系列」，於 97 年度起推動「愛台 12 建設」，推動八年六萬公頃的造林計畫，且包括設置 3 個一千公頃的大型平地森林園區，大農大富園區即為其一。大農大富園區位於中央山脈與海岸山脈之間，約 1,250 公頃，原為台糖糖廠的蔗田，現大部分已造林成功，惟仍存有少量的民間農用租地零星分布其中。

2011 年 5 月大農大富平地森林園區以「國際藝術節」正式開幕，此接著 2013 花蓮翱翔季活動，2014 花東花海季，2016 年辦理第二屆平地森林 FASHIAU (風簫) 風箏節，成為花東地區著名地景。現園區內相關設施與活動仍在增設中。

本文之發想起因於平地造林試驗與監測團隊全赴現地勘察樣區時，筆者對園區所見，深覺森林專業能發揮的空間頗多，故不揣淺陋，提出幾點規劃構想，期能拋磚引玉，將能成為多方參與的精彩規劃。

II、材料與方法

(I) 文獻回顧與理論參考

1. 理論部分包括：森林生態系經營、地景規劃、水土保持、自然哲學等。
2. 既有規劃案：參考林務局 2010 年委託築境公司之「花蓮大農大富平地森林園區整體規劃成果報告書」。

(II) 現地勘察：由理論建構配合現場實際狀況，提出假說，並與圖資及降雨等氣象資料交互比對。

(III) 建構規劃構想，並與團隊成員溝通討論，以確立構想之可行性。

III、結果與討論

(I) 自然的森林—人為強化森林多重效益的保護效果

森林治理的要素不外乎水與土，針對東部地區土壤淺薄、地下水甚豐，但枯水期又長的特質，對颱風季節的強降雨型態，必須要有長期的想法。由於園區位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊接合處，主要水系花蓮溪的水勢由南向北。再加上許多灌溉溝渠，與道路切割，造成多處淹水區。當瞬間降雨量太大，且原有河道寬度或深度不足時，勢必溢流到耕地或植栽區，積水時間依水量大小，短則月餘，長則兩三月，即足以造成林木枯死。接下來漫長的枯水期，原積水退去，又無林木保護，易致地力耗損。若再植林，隔年復又浸水，成活率不佳，反而浪費人力物力投入。

本文認為工程量體式的河道加深與加高，長期而言只滯砂而未滯洪，過多的量體反倒在極端事件中製造更大的危害。若依循自然法則，可行的作法為：

1. 河流溝渠緩衝帶的保留：現有溝渠為防洪前線，於易淹水區宜予加倍加寬，提供足夠的瞬間洪峰流量。為了讓行水區足以有效排水，緩衝帶不宜栽植高莖作物；平時可供任意生長初期演替植被，或於旱季配合時令可小面積栽植短期收穫農作，以保持河道功能。
2. 道路設計與水文流向：從基地圖可見，圖區道路呈方格狀排列，常跨越排水溝渠，僅保留小口徑的涵管；或與排水溝渠平行，因道路路面加高，使周遭區域在溝渠容量不足的設計下，即漫流而出。本文認為，溝渠加寬後將影響現有道路廢止，成為行水區的一部分，在平時可以簡易鋪面的便道做經營管理用；至於遊客或車行道路，最好能避開溪流與溝渠的兩側，在跨越溝渠時，架高處理，以免影響豪大雨等級的水路。
3. 減少地表逕流：根據水文調查在屏東泗林的資料顯示，造林地表層土壤最終入滲率小於該地區 50 年機率年降雨強度，致平地造林地每 50 年發生漫地流，造林地底層土壤最終入滲率小於 1 年機率年降雨強度，故平地造林地每年發生飽合地表逕流(盧惠生, 2010)。目前尚缺花蓮資料的佐證，但狀況應相近似。因此，若能增加排水溝渠密度與寬度，應能有效導引地表逕流匯集至渠道，減少土壤沖蝕與淹水的可能性。
4. 野生動物棲地與廊道：從現有動物相調查發現，河床極有可能為野生動物的生態廊道，連續的河道有可能成為野生動物在不同棲地間移動的廊道。對蝶類、鳥類、小型哺乳類等動物，影響群聚與使用的差異可能是棲地類型、植群的結構，或植群帶的連續性(葛兆年等, 2015)。雖然此項調查仍

在進行，但增加河床寬度並保持植生覆蓋連且穩定，應能供給野生動物移時必要的隱密通道，間接達成棲地營造的效果。

(II) 防(救)災的森林：

2001年7月29日臺灣花蓮縣光復鄉大興村遭到桃芝颱風侵襲導致嘉濃溪爆發土石流災情，總計全村184戶中近150戶遭土石流掩埋，共27人死亡、16人失蹤及8人受傷。由於大興村位處在兩條溪流從山谷到平原區的匯流處，即谷口沖積扇，也是土石方的堆積段，村民利用建造堤防來抑制河道的流向，導致河道寬度縮減，縮減後的土地則用於建造房舍和種植檳榔。桃芝颱風的降雨量達156 mm/hr，導致山林無法吸收過多的水量而引發土石流，約150萬 m^3 土石衝入河道後越過堤防淹沒村莊。殷鑑不遠，面對強度高且愈趨頻繁的環境災害，除了服從大自然的生態規劃，更可將大農大富營造為森林庇護所，不但可做為動植物的棲地，也將成為附近居民在天然災害發生時緊急避難所。森林原本就有抗風與延緩降雨沖蝕的效果，本文提出在災後，一個救災的森林所需符合的特色：

1. 可食地景/混農林業：林間孔隙、河岸開闊地、洪氾區、林地邊緣與林下，均能混植各種草生或短期作物，在設計與管理時，結合當地農改場、學校、志工團體、原民部落已掌握的知識系統，鼓勵當地民眾參與食物森林的設計、栽培管理及收穫，短期可建立區域型自給自足的糧食生產的供給與維持，長期則期望能打造具氣象災害韌性的生產系統。
2. 果園：為了增加多樣性食物來源，適度的擇地栽植適當的果樹應可納入現有園區規劃來考量。在土壤排水較佳且肥力較好處，散狀栽植，不施肥施藥，維持地表植生覆蓋，對土壤及環境並不會造成任何負面的傷害，相反的，還能提供野生動物食源，並在必要時供應緊急存糧。
3. 河川養殖：蜆是花蓮的主要水產養殖產業，在溪流與淡水亦可繁殖。蛤蜊、蜆及牡蠣的殼，能捕捉 CO_2 形成碳酸鈣的殼，能封存 CO_2 達千年之久，比樹木的固碳與減緩溫室效應的效果還強大。蜆富含高白、礦物質與胺基酸，以「換肉率」觀之，比起牛、羊、豬等大型畜養動物，頗有取而代之之勢。

(III) 知識的森林--森林博物館

整體園區是保留給樹木與野生動物，人為量體不必大量集中，但必須顧及基本設施。園區以森林知識為基礎，發散為不同主題，由主題展示連結必要設施，如飲水、單車打氣、廁所，再由不同主題點藉由不同樹種組成的綠色廊道連結下一個主題點。因為沒有特定的入口與中心點，訪客可以悠閒自在的無目的閒逛，發現園區的趣味，也可以針對主題而專一性的拜訪駐點科學家。

1. 水土保持教室水文氣象站：主要從風、水、土的角度了解氣象災害的區域型影響層面，也可包含了解不同地面覆蓋的沖蝕效果等試驗的展示與資料蒐集。同時蒐集不同植被的微氣候效應，包括溫溼度調節、防風與土壤性質的差異。另外，也能透過在地知識對氣候變遷的觀察與感知，建立小區域防災知識體系。
2. 種子銀行：採種、保種與育苗，原本即是林學的重要研究領域，在當地透過土壤種子庫，了解原生植物的變遷；透過採集種子與栽植，了解遺傳基因變異的奧妙，都是成立種子銀行與苗圃能夠觀察而驗證的知識。此外，種子延伸的利用課題，更可衍生出各種產品，適於地方產業開發利用。
3. 生命教育館：以野生動物研究及外來種監測為主要工作，兼營野生動物救傷養護，以傳遞野生動物的生態知識、動物保育、動物倫理與哲學等議題，並成為訓練、教學、研究的基地。
4. 樵夫工坊：以森林知識為主軸的樵夫工坊，將建造為常態性的疏伐修枝示範作業基地，針對園區內林分密度進行監測並適度疏開，營造異齡林及混濬林，都可以成為此處的工作重點。樵夫工坊亦可針對疏伐徑級，分別採用手斧、手鋸、鏈鋸及集材機等不同機具，進行工時效率分析及作業示範點。所遺材料，部分可用於園區裝置藝術的更新，部分可用於樹幹解析及木材辨別，其餘可做太空包、木屑堆肥、童玩與文創商品。
5. 林間廚房：多層次的森林是傳統上重要的食物來源，園區的核心可導入混農林業的概念，將森林地景融入食用、藥用、工藝用、觀賞用等植栽，所產食材可提供園區工作人員及遊客的日常食物，也可營造為食物體驗與旅遊烹飪的課程。
6. 手作工坊：製作工具與用品是人類演化的一大進展，透過非機器量產的、自己動手做的工藝活動，體現手作文化的原創精神與個體性。在此地可採用園區內現有素材，以手工或簡易工具製作樹皮、萃取植物染料、精油、燒木炭等，透過手作也時保存地方植物知識與世代相傳的技藝。

(IV) 知識的森林--科學家駐村計畫

共享聚落是文創領域常運用的概念，此一平台將上述各據點的空間與資源對外公開，經由計畫書審核的程序，遴選國內外相關領域的學者/研究者，來此進行駐地研究、科普講座及成果的推廣展示。它同時是知識的、創新的，也是交流互動的科學家與社區交流互動的平台。藉由不同科學家來此駐村，可以將原本的據點活化、轉型、改造，展現出不同的樣態並豐富既有的內涵。

園區也可以是科學家的實驗站，凡舉需要試驗地的各大專院校或試驗機構，針對育苗、人工林經營、林下栽植或混農林業於適當的基地劃設樣區後，即可由園區統籌規劃，負責樣區的經常管理工作，這些工作也可以成為科學家駐村及交流訪問的項目之一。

IV、小結

本文所構想的森林園區，以依循自然法則、強調氣候變遷的社區因應模式，提供森林知識累積、散播的一處活的場域。建造這樣的一處園區，需要的是時間、強大的在地社群能量、充分的討論，首要確定我們「不做什麼」而非「要做什麼」；要做的事，也不一定要馬上做；現在沒想到的事，也不見得以後不能做。很少的預算，就可以開始執行；很多的預算，能做得更好。規劃方案有極大的彈性、多元的參與，隨著時間與人員的更迭而調整它的樣貌。

明朝劉基的《郁離子》：「人，天地之盜也。天地善生，盜之者無禁，惟聖人為能知盜，執其權，用其力，攘其功，而歸諸己。非徒發其藏，取其物而已也。庶人不知焉，不能執其權，用其力；而遏其機，逆其氣，暴夭其生息，使天地無所施其功。則其出也匱，而盜斯窮矣。」聰明的使用自然資源，必須回歸大自然的力量，觀察萬物原本的生息，學著了解其間的奧妙，才是安身立命之道。

ⁱ 可參見花蓮大農大富平地森林園區整體規劃報告(2011)：「東西向之排水渠道主要收納由海岸山脈及中央山脈溪溝之降雨逕流，由於海岸山脈緊鄰基地且含砂石量頗豐，因此常造成基地內灌溉及排水渠道淤積。」

ⁱⁱ 此部分見解與規劃報告書 p.13-1：「緩衝綠帶內應栽植包含喬木、灌木、地被之複層植栽。複層植栽除可充分發揮攔阻及過濾地面逕流功效外，並可美化景觀及保護野生動植物之棲息地。」頗有出入，值得各界再討論。

ⁱⁱⁱ 摘自維基百科。

^{iv} 對照委託規劃報告，類似於「創意木工場」的概念。

運用公民科學監測平地森林鳥類資源

楊懿如^{1*} 薛惠芳²

^{1*}國立東華大學自然資源與環境學系副教授，花蓮縣壽豐鄉大學路二段1號，通訊作者。

²國立東華大學自然資源與環境學系

【摘要】大農大富平地森林園區有豐富的鳥類資源，社區居民從 2014 年開始持續接受培訓成為公民科學家，進行鳥類監測調查。本研究於 2014 年 11 月至 2016 年 7 月，由研究人員及社區公民科學家，在園區進行鳥類監測調查，以了解鳥類群聚組成及變化。2014 年-2015 年以專家為主的調查共發現鳥種數 71 種，公民科學家們於 2015 年-2016 年調查共紀錄 70 種，2014 年之後的調查鳥種數高於 2010-2011 年調查的 48 種，顯示大農大富平地森林園區鳥類群聚組成可能隨著環境及管理方式的變遷產生變化。灰林鴿、紅鳩、綠繡眼、白尾八哥、烏頭翁、花嘴鴨及紅冠水雞等七種在兩年度調查都是優勢種，顯示這些種類在園區內有穩定的族群量。位於平森園區北方的日地月池樣區及馬佛溪樣區以地面雜食者及樹冠雜食者為主，平森園區南方的大富樣區則以樹冠雜食者、樹冠植食者、水域肉食者及水域雜食者為主。整體而言，園區內以樹冠雜食者所占隻次為最多；全部樣區優勢種前三排名皆屬於森林性鳥種，分別為灰林鴿、紅鳩及綠繡眼；表示園區森林食物資源充足，足夠提供鳥類覓食。本研究發現經過長期培訓之後，可讓公民科學家具備調查能力，未來有必要持續結合在地資源，進行鳥類監測，作為平地森林園區土地利用管理的依據與支援。

I、前言

大農大富平地森林園區(以下簡稱：平森園區)位於花蓮縣光復鄉，總面積約為 1138.48 公頃。平森園區造林計畫始於 2002 年，將原本的蔗田改植原生樹種，期在平地建立森林景觀。2011 年於此共記錄到地棲昆蟲 12 目、兩棲類 11 種、爬蟲類 6 種、鳥類 48 種與哺乳動物 6 種(黃國靖、楊懿如、許育誠、吳海音，2011)，對照鄰近海岸山脈的物種組成，平森園區森林性動物的種類與數量仍有限。黃國靖等人(2011)建議未來可結合在地資源及選取適當動物種類進行監測，作為造林區管理的依據。

其中森林性動物又以鳥類遍布多個消費階層，在生態上扮演著重要的角色，有關鳥類生態與行為的研究有很多，這些研究可以增強鳥類在環境監測上的用途，並減少錯誤的風險(李培芬等人，2008)。綜合上述因素，鳥類適合當作指標性物種(indicator species)，若在一地區找出鳥類的優勢種，進行數量的監測，並分析族群的變化情形，將會瞭解當地的環境變遷，當一優勢種鳥類逐漸減少時，就代表這

個環境不利於整個生態系的延續 (biodiversity indicators in Taiwan : <http://biptaiwan.blogspot.tw/>)。

傳統的監測是由科學家們來進行，往往需要專業的技術且經費昂貴，雖然科學家們的監測資料準確度與效率很高，但科學家們需要蒐集的資料可能來自於不同的地點，假設需監測的地點是位於偏僻的地區，或者監測的範圍很大，那麼傳統監測對於科學家來說就會是一件很費力的事情 (Moller, Berkes, Lyver, & Kislalioglu, 2004)，如果可以由社區居民來協助蒐集資料，可以減少監測所需的時間與經費，也可補足科學家蒐集資訊上不足的地方 (彭安琪、盧道杰、林雅、蔡博文、鍾明光，2011)；除此之外，透過監測也可增強社區居民瞭解當地環境變遷情形，假設發現環境有問題，還可以聚集社區居民一起討論出解決方式，並加以實行，如此一來就可以增進社區參與，並且增加社區居民們的凝聚力 (彭安琪等人，2011)。

本研究目的為針對大農大富平地森林園區執行社區參與鳥類監測公民科學計畫，收集鳥類調查資料，以了解平地森林鳥類群聚組成及變化。

II、材料與方法

(I) 研究地點

本研究為了解平森園區不同地區的鳥類群聚組成，設置位於平森園區南方的大富樣區(加里灣溪、賞鳥平台、台糖有機田)、平森園區北方的日地月池樣區(月池、食物森林、北環自行車道)及馬佛溪樣區，所規劃的樣區包含樹林、草地、建物及水域四種主要棲地類型。

(II) 招募及培訓公民科學家

2014 年 11 月-2015 年 7 月邀請社區居民擔任溝通者，協助研究團隊至平森園區鄰近社區辦理說明會及培訓工作坊，招募民眾自願參與森林脊椎動物監測計畫。共辦理 4 次室內課程及 8 次室外培訓課程，每次 3 小時，參與人數共計 80 人。

2015 年 8 月-2016 年 1 月研究團隊以參與 2014 年-2015 年調查的公民科學家們為對象，採取臉書報名的方式招募參與者，參與平森園區每月一次的調查，調查時間約從上午 6:00-9:00，每次調查前會利用臉書發文的方式進行工作分配，工作分配可分為組長、紀錄、調查、上傳、攝影及教學組，調查後的資料會公布於臉書，供公民科學家們參考。

2015 年 8 月-2016 年 1 月參與調查人數介於 8 人-17 人之間，平均人數為 13.5 人，人數有下降的趨勢，因此決定於 105 年 1 月及 5 月舉辦培訓課程，希望可以藉此招募新的公民科學家，增加調查的參與人數，2016 年 1 月培訓後人數介於 13 人-26 人之間，平均人數為 22.6 人，人數有上升的趨勢，明顯的比培訓前多。

2015 年 8 月-2016 年 7 月參與調查人數共計 79 人，每次調查出席人數不一，有 32 人僅參與 1 次，參與 6 次以上有 15 人，其中 3 人參與 12 次課程。

(III) 研究方法

1. 野外調查

2014年11月與社區民間組織主要幹部討論設計4條鳥類調查路線(馬佛溪、日地月池、加里灣溪、富興生態農場)，由專家為主公民科學家為輔，在清晨進行鳥類數量及棲地調查，每季調查一次(2014年秋、冬，2015年春、夏)。2015年8月改為每月調查一次，由計畫研究人員帶領公民科學家進行調查，主要範圍和前一年度相似，但因為參與的公民科學家人數較多，為了讓調查能更有系統化及效能，方法採用定點調查(馬佛溪、北環自行車道、月池、食物森林、加里灣溪、賞鳥平台、台糖有機田)，為求每個樣區調查到的面積範圍一致，每個樣點的偵測範圍為半徑50公尺的圓面積之內，在六分鐘內將目擊、聽到的鳥類數量、棲地、行為記錄下來，六分鐘結束便停止紀錄前往下個點。

2. 調查表

2014年開始製作鳥類調查表，並依照公民科學家的需求做變更，調查表主要以紀錄時間、樣區、隻次數、生活型態、種類、棲位及行為，調查表起初為填空式的表格，且利用代號填寫，105年1月起改用勾選式的表格，方便公民科學家們填寫。調查表起初主要以紀錄目視的鳥類，但後來經討論後認為紀錄鳴唱的鳥類可以紀錄到較少件的鳥類，105年3月起增加紀錄鳴唱的鳥類。

III、結果與討論

(I) 優勢鳥種

2014年-2015年鳥類調查結果共計35科71種2029隻次，2015年-2016年鳥類調查結果共計31科70種2189隻次。2014年-2015年調查優勢種鳥類前十名分別為灰林鴿(23%)、紅鳩(7%)、綠繡眼(7%)、白尾八哥(7%)、洋燕(6%)、烏頭翁(4%)、花嘴鴨(3%)、紅嘴黑鵝(3%)、棕背伯勞(3%)、紅冠水雞(2%)。2015年-2016年調查優勢種鳥類前十名分別為灰林鴿(11%)、紅鳩(9%)、花嘴鴨(8%)、綠繡眼(8%)、烏頭翁(7%)、紅冠水雞(5%)、白尾八哥(4%)、環頸雉(4%)、牛背鷺(3%)及大卷尾(3%)。灰林鴿、紅鳩、綠繡眼、白尾八哥、烏頭翁、花嘴鴨及紅冠水雞等七種在兩年度調查都是優勢種，顯示這些種類在園區內有穩定的族群量，其中除了秋冬降遷到平地的灰林鴿，都是平地常見的鳥類。

(II) 同功能群

參考丁宗蘇(1993)依照不同棲地類型之鳥類同功群分類，2015年-2016年將平森園區鳥類分為為肉食性猛禽、地面植食者、地面蟲食者、地面雜食者、地面肉食者、灌叢植食者、灌叢蟲食者、灌叢雜食者、樹冠植食者、樹冠蟲食者、樹冠

雜食者、空中飛擊者、水域肉食者及水域雜食者。根據 2015 年 8 月-2016 年 7 月調查結果，分析各季節同功能群的隻次數如表 1，分母為樣區的目視總隻次數，分子為一樣區同功能群的目視隻次數。秋季時，大富樣區的樹冠雜食者最多、日地月池樣區及馬佛溪樣區的地面雜食者最多；冬季時，大富樣區的樹冠植食者最多、日地月池及馬佛溪樣區的樹冠雜食者也最多；春季時，大富樣區的水域雜食者最多、日地月池樣區的地面雜食者最多、馬佛溪樣區樹冠雜食群最多；夏季時，大富樣區的水域肉食者最多、日地月池及馬佛溪樣區的樹冠雜食者也都是最多。整體而言，位於平森園區北方的日地月池樣區及馬佛溪樣區以地面雜食者及樹冠雜食者為主，平森園區南方的大富樣區則以樹冠雜食者、樹冠植食者、水域肉食者及水域雜食者為主。

表 1. 大富、日地月池及馬佛溪樣區各季節同功能群目視隻次數(-表示無資料)。

同功能群	2015/8-2015/10(秋)			2015/11-2016/1(冬)			2016/2-2016/4(春)			2016/5-2016/7(夏)		
	大富 (N=282)	日地 月池 (N=138)	馬佛溪 (N=135)	大富 (N=439)	日地 月池 (N=162)	馬佛溪 (N=72)	大富 (N=157)	日地 月池 (N=165)	馬佛溪 (N=45)	大富 (N=162)	日地 月池 (N=121)	馬佛溪 (N=29)
水域肉食者	10%	8%	4%	3%	9%	3%	5%	6%	-	39%	5%	-
水域雜食者	18%	8%	-	14%	17%	-	38%	28%	-	19%	21%	3%
地面肉食者	3%	3%	2%	4%	4%	8%	1%	2%	-	8%	4%	7%
地面蟲食者	-	-	-	-	3%	-	6%	1%	-	-	17%	-
地面植食者	-	-	-	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
地面雜食者	5%	49%	57%	6%	25%	18%	18%	42%	29%	14%	14%	10%
肉食性猛禽	-	1%	-	-	1%	-	1%	-	-	-	2%	-
空中飛擊者	6%	12%	16%	4%	9%	13%	3%	2%	7%	13%	7%	17%
樹冠植食者	2%	1%	-	56%	-	-	-	-	-	-	-	-
樹冠蟲食者	-	-	-	-	-	1%	-	-	-	-	-	-
樹冠雜食者	51%	7%	14%	7%	27%	32%	23%	13%	56%	6%	23%	45%
樹幹啄木者	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1%	-
灌叢植食者	4%	12%	4%	7%	6%	7%	-	-	-	-	-	-
灌叢蟲食者	-	-	3%	-	-	3%	-	-	-	-	1%	10%
灌叢雜食者	1%	-	-	-	-	-	-	2%	-	2%	7%	7%

研究也發現 2015 年-2016 年全年度調查鳥類調查同功能群組成，以樹冠雜食者調查 506 隻次(23.1%)為最多，地面雜食者 426 隻次(19.5%)次之，其餘依序為水域雜食者 340 隻次(15.5%)、樹冠植食者 258 隻次(11.8%)、水域肉食者 155 隻次(7%)、空中飛擊者 153 隻次(7%)、灌叢雜食者 101 隻次(4.6%)、灌叢蟲食者 80 隻次(3.7%)、

地面肉食者 56 隻次(2.6%)、地面蟲食者 52 隻次(2.4%)、灌叢植食者 36 隻次(1.6%)、樹冠蟲食者 19 隻次(0.9%)、肉食性猛禽 7 隻次(0.3%)。

(III) 討論

根據黃國靖等人於 2010 年-2011 年在花蓮大農大富調查的結果顯示，共發現鳥種數 48 種。2014 年-2015 年以專家為主的調查共發現鳥種數 71 種，公民科學家們於 2015 年-2016 年調查共紀錄 70 種，2014 年之後的調查鳥種數高於 2010-2011 年調查結果，顯示大農大富平地森林園區鳥類群聚組成可能隨著環境及管理方式的變遷產生變化。本研究同時也發現經過長期培訓之後，可讓公民科學家具備調查能力，未來得以協助科學家進行調查的工作。

本研究發現 2014 年-2015 年及 2015 年-2016 年全部樣區優勢種前三排名皆屬於森林性鳥種，分別為灰林鴿、紅鳩及綠繡眼。而 2015 年-2016 年園區鳥類以樹冠雜食者所占隻次為最多，表示園區森林食物資源充足，足夠提供鳥類覓食。建議未來持續調查及分析優勢種及各樣區同功能群組成，了解園區鳥類群聚組成變化。

基於上述現象，認為有必要持續結合在地資源，進行鳥類監測，作為平地森林園區土地利用管理的依據與支援。

平地造林光蠟樹、杜英、楓香之疏伐研究

邱志明¹ 鍾智昕² 唐盛林² 彭炳勳^{2*}

¹ 行政院農業委員會林業試驗所森林經營組研究員兼組長。

² 行政院農業委員會林業試驗所森林經營組助理研究員，100 臺北市南海路 53 號，*通訊作者。

【摘要】杜英、光蠟樹、楓香三種樹種，其單株生長經疏伐後 5~7 年之定期(淨)生長發現，單株生長及胸徑生長，三種樹種不論總生長或淨生長皆強度>中度>弱度>對照；林分枯死率：理論上應對照>弱度>中度>強度，但若氣候颱風干擾，則可能強度疏伐枯死率或受害率最大。林分生長，以每公頃材積生長表示，三種樹種顯示 3 種樣態。光蠟樹，材積現存量和淨生長，皆以對照區>弱>中>強，此表示林分疏伐太早或太強。林木生長勢持平，弱度疏伐最佳。杜英，材積現存量對照區>中>強，淨生長強度、中度稍大於對照區。林木生長趨勢衰退，因此必須盡速疏伐。楓香，材積現存量和淨生長，不同疏伐度皆大致相同甚至強度疏伐之淨生長已超過對照，強度疏伐最佳，林木生長勢旺盛。

I、前言

巴黎全球氣候協意 105 年 11 月 4 日在美、中、歐盟、印度、日本等經濟體陸續批准後生效，「巴黎氣候協定」是全球應對氣候變遷的關鍵一步，台灣也不能自外於減排之列，台灣各部門，經濟部之減碳規劃為下修電力排放係數，加強再生能源推廣，交通部則為推動大眾運輸及普及電動機車，環保署為推動循環經濟，垃圾變能源，農委會則為加強造林及推廣人工林疏伐，農地建置綠能設施，輔導沼氣發電及推動生物碳應用。而和林業相關則為加強造林推展人工林經營撫育疏伐及生物碳之應用。

對林業部門而言，新植造林(afforestation)或再造林(reforestation)及經營撫育被視為增加碳吸存與減緩氣候改變的重要方法，特別是生產效益不高之邊際農地造林，更被認為是增加陸域生態碳吸存的植林地區 (IPCC, 2006)。造林後，造林樹木藉由光合作用將二氧化碳固定於林木體內，隨著林齡增長與林木的更新與代謝，不僅造林林木碳量增加，造林生態系統其它部位碳庫(carbonpools)，如死有機物質(枯枝落葉、枯立木與枯倒木等)與土壤有機碳等亦隨之增加。

農平地造林，由於栽植之樹種以潤葉樹為主，和山地或國有林地以針葉樹為主大不相同，因所有權大都屬於自然人或公司法人團體，其經營目的，主要以經濟及景觀價值為主，生態及碳吸存效益為輔。且平地造林主要為潤葉樹，至 105 年累計造林面積已達 1 萬 5 仟餘公頃，且主要以經濟經營目標，在林木樹冠鬱閉，產生彼此競爭時，不同立地、不同樹種、不同林齡，每公頃最適之林分株數，如

何決定?困擾著林業相關單位及林農。

青壯林齡樹冠鬱閉，疏伐後每公頃留存之適當株樹，依立地環境、林木生長狀況及樹種特性而定，因樹高反應生育地環境與生長狀況，冠幅反應樹種生長特性，因此本報告以樹高及冠幅來決定不同樹種之林木適當株距。本計畫探討花蓮縣光復鄉大富大農之台糖造林地，選擇造林最多及生長最快且已鬱閉之3種樹種，進行不同疏伐程度之探討，以做為平地造林中後期撫育管理之依據。

II、材料與方法

選擇花蓮地區造林面積最多之樹種杜英、光蠟樹及楓香，在不同年度進行單株下層疏伐試驗。以下層疏伐方式進行選木，優先伐除形質不良及生長不良之立木，疏伐木則搬出利用。疏伐度依林分現況採用三或四種疏伐處理，逢機區集設計，每一區集4種處理，共4區集。林木留存株數，大致依樹高及樹種特性(冠幅)來決定適當株距。

(I) 杜英(98年疏伐)

林齡7年生，疏伐前平均胸徑12.5 cm，樹高8.1 m，材積59.2 m³/ha。

1. 強度疏伐：留存株數700株/ha，約樹高之45%
2. 中度疏伐：留存株數900株/ha，約樹高之40%
3. 對照區：不疏伐，約1,400株/ha

(II) 光蠟樹(99年疏伐)

林齡7年生，疏伐前平均胸徑7.3 cm，樹高6.7 m，材積21.6 m³/ha。

1. 強度疏伐：留存株數700株/ha，約樹高之50-55%
2. 中度疏伐：留存株數900株/ha，約樹高之45-50%
3. 弱度疏伐：留存株數1,100株/ha，約樹高之40-45%
4. 對照區：不疏伐，約1,400株/ha

(III) 楓香(100年疏伐)

林齡9年生，疏伐前平均胸徑10.6 cm，樹高7.7 m，材積34.0 m³/ha。

1. 強度疏伐：留存株數600株/ha，約樹高之50%
2. 中度疏伐：留存株數800株/ha，約樹高之45%
3. 對照區：不疏伐，約1,100株/ha

III、結果與討論

(I) 杜英

1. 淨生長

杜英於7年生時(98年)，進行不同強度疏伐，林分疏伐前每公頃株數約1390

株，平均胸徑 12.7 cm，樹高約 8.1 m，材積約 57 m³/ha，經疏伐後林分組成及結構，強度疏伐留存 700 株/ha，中度疏伐留存 900 株/ha，對照區約 1390 株/ha。疏伐 7 年後，胸徑之淨生長強度 4.73cm，中度 3.58 cm，對照 2.88 cm，材積 7 年淨生長強度 41.54 m³/ha，中度 41.38 m³/ha，對照 39.12 m³/ha。可發現了單木胸徑之淨生長，強度、中度疏伐皆大於對照區，亦即材積淨生長量已超過對照區。

疏伐後不論強度、中度、對照區及胸徑、樹高、材積，淨生皆以第 1 年最大，第 2 年次之，在疏伐後 5 年時淨生長量最低，其原因可能受當年氣候及颱風災害影響，枯死率增加。杜英在林齡 10 年生以後，生長趨勢已緩和。

2. 枯死率

7 年期間枯死率，強度 9.8%，中度 4.2%，對照 17.3%，不同年度之枯死率趨勢並不明顯，僅在疏伐後 5 年時有較高之枯死率，其原因可能為 2014 年 7 月 21-23 日麥德姆颱風路徑經過侵襲本試驗地。

(II) 光蠟樹

1. 淨生長

光蠟樹於 7 年生時(99 年)，進行不同強度疏伐，林分疏伐前每公頃株數約 1400 株，平均胸徑 7.2 cm，樹高約 6.7 m，材積約 21 m³/ha，經疏伐後林分組成及結構，強度疏伐留存 700 株/ha，中度疏伐留存 900 株/ha，弱度疏伐留存 1100 株/ha，對照區約 1430 株/ha。疏伐 5 年後，胸徑之淨生長強度 4.79 cm，中度 3.77 cm，弱度 3.55 cm，對照 2.64 cm，材積 5 年淨生長強度 28.48 m³/ha，中度 26.74 m³/ha，弱度 35.23 m³/ha，對照 36.87 m³/ha。單木胸徑之淨生長，強度疏伐皆大於對照區，但材積淨生長量仍以對照區較大，可能原因為疏伐時林木剛開始鬱閉，但競爭不激烈，林木還處於旺盛生長或疏伐強度過大所致。

2. 枯死率

疏伐後 5 年之枯死率，強度 9.3%、中度 6.7%、弱度 3.7%、對照 4.7%，此短期結果和一般之趨勢相反，一般對照區因林分每公頃株數最多，競爭最激烈，因此自我疏伐最嚴重，枯死率最多，強度疏伐留存木最少，競爭較不激烈，枯死率應最少，但林分枯死率除彼此競爭、自我疏伐外，尚受氣候、病蟲害、動物或其他人為因素影響，但受颱風危害可能最大(2009-2015 年颱風路徑經過侵襲本試驗地計有 2009 年 8 月 5-10 日莫拉克及 2014 年 7 月 21-23 日麥德姆颱風)，太強度之疏伐，減緩抗風力，致林木倒伏幹折較大，因此，需進一步監測，瞭解其原因及變化。

(III) 楓香

1. 淨生長

楓香於 9 年生時(100 年)，進行不同強度疏伐，林分疏伐前每公頃株數約

980 株，平均胸徑 10.8 cm，樹高約 7.9 m，材積約 34 m³/ha，經疏伐後林分組成及結構，強度疏伐留存 600 株/ha，中度疏伐留存 800 株/ha，對照區約 1100 株/ha。疏伐 5 年後，胸徑之淨生長強度 4.85cm，中度 4.04 cm，對照 3.68 cm，材積 5 年淨生長強度 45.55 m³/ha，中度 39.37 m³/ha，對照 43.32 m³/ha。可發現單木胸徑之淨生長，強度、中度疏伐皆大於對照區，材積淨生長量強度疏伐已超過對照區。若加上已收穫之疏伐量，可知林分適時疏伐，可增進林地之生產力。

2. 枯死率

5 年枯死率，強度 0.8%，中度 2.6%，對照 4.3%，不同年度之枯死率趨勢並不明顯，對照區因林分每公頃株數最多，競爭最激烈，因此自我疏伐最嚴重，枯死率最多。

表 1. 杜英疏伐 7 年後之林分各項生長性狀與枯死率

林分狀態 (林齡)	株數 (株/ha)	胸徑(cm)		樹高(m)		材積(m ³ /ha)		疏伐材積 (m ³ /ha)	枯死率 (%)
		平均	淨生長	平均	淨生長	平均	淨生長		
疏伐前(7)	1390	12.92		8.40		57.37			
疏伐後(7)	675	13.60		8.63		39.26		17.55	
七年(14)	615	18.30	4.70	10.03	1.40	80.09	40.83		9.3
疏伐前(7)	1380	12.50		7.77		57.39			
疏伐後(7)	845	13.11		8.03		46.03		11.49	
七年(14)	810	16.69	3.58	9.84	1.81	87.41	41.38		4.2
未疏伐(7)	1415	12.33		8.06		62.77			
七年(14)	1185	15.21	2.88	9.47	1.42	101.89	39.12		17.3

表 2. 光蠟樹疏伐 5 年後之林分各項生長性狀與枯死率

林分狀態 (林齡)	株數 (株/ha)	胸徑(cm)		樹高(m)		材積(m ³ /ha)		疏伐材積 (m ³ /ha)	枯死率 (%)
		平均	淨生長	平均	淨生長	平均	淨生長		
疏伐前(7)	1515	7.32		7.22		23.50			
疏伐後(7)	710	8.19		7.76		14.78		8.55	
五年(14)	645	12.98	4.79	9.82	2.05	43.26	28.48		9.3
疏伐前(7)	1385	7.11		6.46		19.15			
疏伐後(7)	905	7.67		6.73		14.66		4.40	
五年(14)	845	11.44	3.77	9.05	2.32	41.41	26.74		6.7
疏伐前(7)	1400	7.28		6.51		20.54			
疏伐後(7)	1100	7.73		6.76		18.49		2.02	
五年(14)	1060	11.28	3.55	9.20	2.44	53.72	35.23		3.7
未疏伐(7)	1430	7.64		6.96		23.26			
五年(14)	1360	10.85	3.22	8.87	1.91	60.13	36.87		5.1

表 3. 楓香疏伐 5 年後之林分各項生長性狀與枯死率

林分狀態 (林齡)	株數 (株/ha)	胸徑(cm)		樹高(m)		材積(m ³ /ha)		疏伐材積 (m ³ /ha)	枯死率 (%)
		平均	淨生長	平均	淨生長	平均	淨生長		
疏伐前(9 年)	980	10.94		7.84		33.23			
疏伐後(9 年)	625	11.89		8.30		28.26		4.97	
五年(14 年)	620	16.74	4.85	10.70	2.39	73.81	45.55		0.8
疏伐前(9 年)	965	10.65		7.94		34.33			
疏伐後(9 年)	790	10.95		8.06		30.39		4.19	
五年(14 年)	770	14.99	4.04	9.99	1.93	69.76	39.37		2.6
未疏伐(9 年)	1140	10.10		7.51		34.64			
五年(14 年)	1095	13.78	3.68	9.27	1.76	77.95	43.32		4.3

樸門農法於林下作物栽植之應用

徐嘉君^{1*}

^{1*} 行政院農業委員會林業試驗所植物園組助理研究員，100 臺北市南海路 53 號，通訊作者。

【摘要】本研究以實務操作為主，選拔位於壽豐鄉近東華大學與平和社區，台糖公司所屬、面積約 6 分大的樟樹造林地，運用永續的樸門自然農法，進行林下作物的栽植試驗。試驗初始先進行周遭水資源、土壤、光照、等試驗基地現況的觀察，其次則依據微環境差異來設計分區並進一步規劃試驗地。於試驗基地環境觀測的同時則開列栽植物種清單及收集苗木，隨後利用目前不同高度、密度的造林現況，做不同林下作物的種植試驗與記錄。林下作物種植清單的開列原則，乃兼顧生態系健康及確保不同季節收穫，以及能充分運用整座林份的立體空間。內容共包含食用作物、蜜源植物、藥用植物、香料植物、染料作物、編織作物及攀緣植物等等。經過將近 2 年的試驗觀察，目前已能掌握基地內各分區的光照及土壤沃力分布、四季水分供給情形、主要作物病蟲害等等，並提供本試驗基地的適合栽種作物名單。此外試驗地內觀察到不少令人振奮的生態復育現象，不但紀錄到鳳蝶與椿象的繁殖，甚至還有蛇類的出沒，顯示本研究採用多樣化的作物林下栽植，對提高生物多樣性，確有顯著成果。希望未來能進一步結合當地社區資源，發揮平地造林除了林木生產以外的生態及生物多樣性功能，逐步建立兼顧永續與生產的混林農業操作方法

I、前言

我國加入 WTO 後，國內農業生產結構面臨調整，故針對釋出之農地，林務局於 2002 年開始推動「平地景觀造林及綠美化計畫」，其中，台糖公司有很大面積的農地，在經過十幾年後，已蔚然成林，期望往生產、生活與生態的多目標方向發展，譬如說，林務局在 2011 年起陸續完成了 3 處平地森林園區的整建工作，以增加民眾休閒旅遊空間並帶動在地產業永續發展，未來更期望能成為環境教育的推展場域。

樸門(permaculture)這個字源自於 permanent(永恆)加上 agriculture(農業)，是澳洲學者模里森(Bill Mollison)和他的研究生洪葛蘭(David Holmgren)在 1978 年首次提出的概念，樸門農法的精神乃是透過觀察及模擬自然界生態系統的運作，來維持一個永續而自給自足的農業生產系統，其後漸漸被引申到社會結構層面，因為一個永續而穩定的社會結構乃是維持永續的農業生產系統的要件，所以樸門有時候也被引申為 permanent(永恆)加上 culture(文化)，成為一個關注整個人類生活方式的運動。

樸門永續設計運動，不只影響了澳洲對於環境規劃的發展，也促成了全世界開始重新反省單一作物大量生產、慣行農法的操作模式。樸門的哲學可以應用到任何生活層面，教導人們實際運用生態的法則來設計生活、生產的方法，自 1970 年代從澳洲發源以來，目前已推行至 100 多個國家，並有上百萬人參與學習並實踐於生活中。而這場樸門運動在世界各地所累積的智慧與經驗，當有助於我們發展當前平地造林之永續經營管理及策略。

早在史前時代，熱帶地區的原住民便採用林木伴生栽培的耕作方式，於林地生態系中，種植可供人食用的水果、堅果、灌木、香料或蔬菜等農作物，這種可以長期經營且維護成本低廉的混林農業，如今仍能在如蘭嶼等原住民文化中觀察到。

為發展多元運用平地造林成果之理念，本研究擬運用永續的樸門農法，結合在地的資源及生產特性，開拓平地造林除了林木生產以外的生態及生產功能，建立一資源循環利用的混林農業生產的操作方法，逐步建構結合「生產」與「生態」的平地造林農場。

II、材料與方法

(I) 試驗地描述

本試驗地位於花蓮縣壽豐鄉平和社區，在東華大學西南方直線距離 1 公里左右的台九線附近，基地面積 5819 平方公尺(6 分地)，上木為 5-7 公尺高，胸徑約 20 公分的 15 年生的樟樹造林木，基地為兩塊面積大小差不多的矩形林地合成(圖 1)，在交接處的樟樹造林木因天然死亡，其光照度較高，近台九線的鄉道上有一來自西邊淺山區域荖溪的灌溉溝渠，終年水源充沛。

(II) 試驗方法

1. 基地環境觀察

樸門農法的精神即是適地適用，根據不同基地的物理、化學環境以符合生態永續的方式進行農作生產與土地利用，強調的是低程度的管理達到農作生產的目的，所以也被稱作為懶人農法，因為樸門農法不會花費太多能源去改造地景或設置灌溉設施，因此針對基地微氣候與四季的變化的觀察，便成為選擇適當農作物的重要先決條件，因此計畫初始便針對基地周遭水資源、土壤、基地規劃、食物、廢棄物等不同角度的觀察、並設計分區，以建立一資源循環利用、生物多樣性的生產方法。

2. 基地環境整理與乾式廁所建置

先期作業為購置除草機，在基地內進行除草及環境整理等作業，由於基地靠近省道，於除草環境整理時亦同時清理出為數不少的垃圾，樸門農法基本上不使用翻土及額外施肥的作業，所以基地內的落葉及除草後的乾草，都

被用做落葉堆肥以改良土壤，此外本試驗亦收集了香蕉苗木，選擇基地內較潮濕空曠之處種植，營造樸門農法中重要的香蕉圈乾式廁所。

3. 開列苗木清單、苗木收集以及試驗種植

根據本計畫參與者的生態知識，及對當地現有作物的觀察，以及市場上取得程度的難易，進行初步苗木清單的開列作業，種植清單開列原則，乃兼顧生態系健康及確保不同季節收穫，以及能充分運用整座林份的立體空間。內容包含食用作物、蜜源植物、藥用植物、香料植物、染料作物、編織作物及攀緣植物等等(表 1)，其次進行苗木的收集，包含自行育種、野外採集及購買，於基地不同光照及濕度條件分區內，進行試驗種植。

III、結果與討論

(I) 林下作物栽種現況

目前於基地內不同程度濕度及光照區域共栽植了多年生及一年生作物將近 50 種，經過將近 2 年的試驗觀察，發現雖然於試驗起始 2015 年的春季便適逢大旱，但未進行人工灌溉的試驗基地內，多數的作物仍然生長良好，並未枯死，推測雖然上層造林木會阻擋光照，卻可維持林分內穩定的溼度，採用複層林栽植農作物的食物森林的確為一節省水資源的生產方法。

然而需要充分光照的火龍果及枇杷、土芒果等果樹，則在未施肥的狀況下呈現生長停滯的現象，此外多數的草本農作物以及攀緣藤類，則遭受嚴重的蝸牛啃食危害，此外發現樟樹上木於土壤中所釋出的精油可能有著毒他作用，影響部分作物的生長狀況。不過在試驗基地內發現許多昆蟲及兩棲爬蟲類出沒的紀錄，例如食用柑桔類的鳳蝶，以及食用蘿藦科的斑蝶幼蟲，此外也有鼠類的掠食者王錦蛇等等，可見增進林下作物的多樣性，也能夠促進全體造林地的生物多樣性。

(II) 作物推薦名單

經過將近 2 年的栽植試驗，目前試驗基地林內適應良好的作物有檸檬香茅、山黃梔、七葉蘭、香水檸檬、台灣天仙果(羊奶頭)、薑黃與土肉桂，此外光照較充足的林緣或破空處的作物如芭樂、桑葢、無花果生長狀況尚可，而其餘多年生作物如咖啡、刺五加、野牡丹、馬利筋、冇骨消則在第 2 年尾聲全數陣亡。

(III) 試驗基地內目前遇到的問題與可能的解決方法

前述的蝸牛危害，除了可以考慮在林下放牧攝食軟體動物的鴨鵝，也可以改栽植較不易受蝸牛危害的厚質葉片木本作物，例如台灣天仙果與柑橘類作物，但由於這一類作物在市面上較受歡迎，所以田間試驗期間也遭受不少順手牽羊的問題。此外臨田施作除草劑噴灑，以及農藥施佈，也會對本試驗地內造成一定的生態衝擊並污染灌溉水源，未來建議在與臨田與道路接壤區域，栽植綠籬，以減少可能的除草劑危害或竊盜事件。有關樟樹上木可能影響土壤性質產生獨他作用，

並且過度遮蔭等問題，則在明年度考慮將試驗地擴大到其它落葉性喬木如楓香、無患子等不同物種造林地，或許這類樹種更適合林下作物的栽植推廣。

此外未來考量與鄰近社區之勞動力結合進行維護管理工作，可嘗試與附近社區住民一起往地社區結合的經營管理目標，並以週末工作坊方式，完成訓練推廣活動。

造林在地的資源特性與生產特質，發掘利用平地造林進行農作生產可能面臨的問題與解決策略。經過一年的試驗觀察，目前已能掌握基地內各分區的光照及土壤沃力分布、四季水分供給情形、主要作物病蟲害等等，並提供本試驗基地的適合栽種作物名單，給其他造林試驗地作為參考。

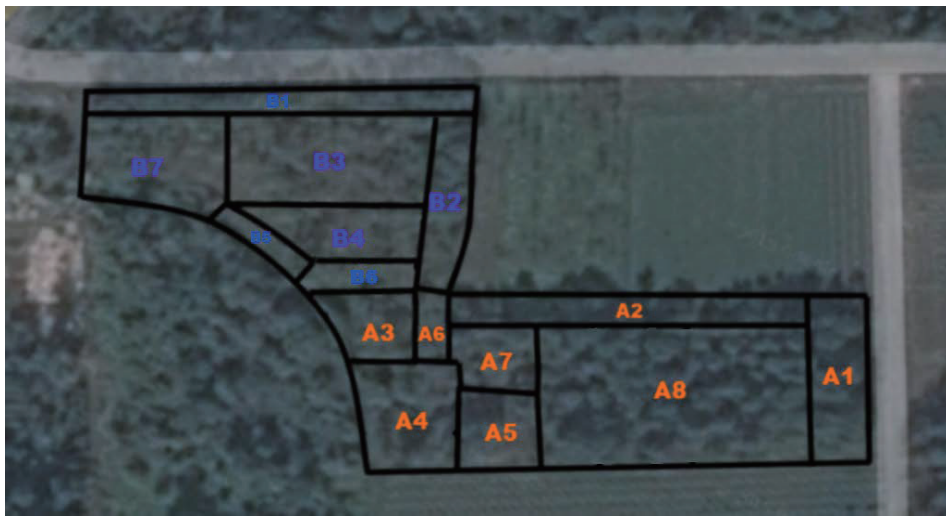


圖 1. 本試驗地衛星空照圖，編號表示不同作物的種植分區 A3-A7 為上木較稀疏、光照度較高的區域。

從台灣製材業現況看未來平地造林主產物初步加工可能合作夥伴

詹為巽^{1*} 林俊成²

^{1*} 行政院農業委員會林業試驗所林業經濟組助理研究員，100 臺北市南海路 53 號，通訊作者。

² 行政院農業委員會林業試驗所林業經濟組研究員兼組長。

【摘要】平地造林推動迄今已接近 20 年，且其以經濟經營為主要目標，當輪伐期屆滿，首要面對的問題之一即各造林地所產出之原木需經過初步加工製材方能進行後續利用。因此，本研究透過訪查目前台灣仍有營業之製材廠，調查目前國內製材廠之原料使用、產品內容及是否有使用國產材等資訊。結果顯示國內製材廠大多生產模板、裝潢用材等建築相關產品，以及製材、板材等實木製品，提供營造商或後續加工廠使用。另外，目前僅約不到 3 成之製材廠有使用國產原木進行生產，主要原因係國產材料不足，以及樹種部分並未能完全符合需求。因此，未來平地造林林木伐採後，依據不同樹種木材特性，期能藉由本研究結果做為尋找合適之初步加工合作對象。

I、前言

林木自林地伐採運出，經過一連串的加工過程，最後成為木製家具、木器、裝潢材料等，為國民生活與木工業發展所需的必要原料。台灣地區由於環保意識抬頭及國土保安的時代趨勢，自 1990 年起國內林木伐採量迅速減少，但國內對於林木產品的需求並未降低，因此廠商為求原料數量的穩定，以供持續性生產，自然只能倚靠進口一途。近年來國內每年對木材之需求量約為 600 萬 m³，但國產材生產量僅約 4~6 萬 m³，木材自給率不足 1%。有鑒於此，農委會林務局為求對國內林業與林產資源妥善應用，及有效推展國家林業產業，針對國內自產林木與國產林業資源進行相關策略研擬，並提出期望於五年內達成國產材自給率 3% 之政策目標。

而有關台灣現有林木資源部分，其中平地造林自 91 年起迄今，部分林地已近 20 年生，且平地造林大多所有權屬以公司法人或者私有自然人為主，與主要目標為保護國土、涵養水源等公益功能之山坡地國有林相比，平地造林之主要經營目的大多以經濟經營為目標。另外，多數平地造林地於生長階段依經營目標經過如修枝、疏伐等撫育措施，理應具備相當優良之材質，且平地造林栽植樹種係以闊葉樹為主，與當前國產木材多為柳杉、杉木等針葉樹不同，當輪伐期屆滿後可提供國內相關林產業多元原料供應來源之一。而林木自林地伐採運出後，除少數特殊之用途外，必須經過製材工作方能進行進一步之加工。因此，本研究透過調查目前仍有進行製材工作之業者之現況，探討當前國內林產業於林木資源加工部分

之實際情形，並找尋國內潛在國產材合作廠商，以作為後續國產材生產及林地經營規劃之參考。

II、材料與方法

(I) 訪查對象

本研究目標對象為全台仍有進行製材工作之木材加工廠，故依據 104 年木材同業工會及經濟部工業司與商業司公布之廠商資料，彙整出各縣市木材加工廠名單，再經電訪確認廠商屬性後，篩選目前仍有營業之製材廠進行訪查行程規劃工作。

(II) 研究方法

本研究透過設計問卷並親赴各製材廠現場訪談方式進行，首先針對原料來源、原料類型、用量需求、生產產品種類及銷售對象、是否有(或曾經)使用國產原木或製材作為生產原料，以及是否使用國產材之原因等，進行調查問卷之設計。並依據前述仍有進行製材工作之業者清單，親赴現場進行訪談交流與問卷填答工作。

III、結果與討論

目前台灣地區仍有營業之製材廠約有 150 家左右，本研究共訪查 135 家製材廠，主要集中於北部地區之新北市及新竹縣，中部地區為台中市、雲林縣及南投縣，南部地區為嘉義縣市、高雄市，東部地區則主要集中於宜蘭縣地區。根據訪查所收集之問卷資料，進行問卷各項目之統計結果如下：

(I) 製材場基本資料

根據本訪查結果，國內製材業目前員工人數部分平均為 10 人以下，其中員工 3 人以下之小型工廠約佔 17%，而員工 4~10 人之工廠為大宗，共佔約 60%；員工年齡部分，超過半數之工廠員工平均年齡大於 50 歲(60%)；外籍勞工部分，大多數工廠並無聘用外籍勞工(74%)；工廠設備如大剖台、小剖(帶鋸機)、多片鋸等木工機械等數量部分，其中大剖為有進行原木製材之工廠必備之設備，有超過 90% 之工廠具備 1 台以上之大剖台，設備總數則視工廠規模及產品類型而定，以總數 3~5 台為大宗(53%)。

(II) 原料需求與來源

原料使用部分，可分為「原木」及「製材」兩大類，經統計，原木佔用量 75% 以上，且原木及製材有八成以上為自國外進口，分別約 86%及 95%。原料取得來源部分，原木有超過七成之工廠有向原木代理商購買(77%)，自行進口或採購國內原料之廠家均約 20%左右；製材之來源亦以向代理商購買為(52%)多數，其次為自行進口(33%)及採購國內原料(22%)。

(III) 生產產品類型與銷售管道

各受訪木工廠所生產產品類型部分，所佔大宗為生產「建築用相關木製品」(83%)，例如木門、門框、工程用支架、模板及裝潢用材等，其次為生產製材、集成材等「實木產品」，約有 38%之工廠生產，其餘如「木製家具及零件」、「木器(雕刻品、木器皿等)」(17%)及「木質容器(木箱、棧板等)」(15%)、「其他木製品」(14%)等類型產品則較少廠家生產。受訪木工廠所生產之產品之銷售對象方面，以販售給「建築用木製品製造業」(42%)、「營造業」(41%)及「零售商」(39%)為主，其餘尚有販售給「木製家具製造業」(19%)及「外銷出口」(17%)等銷售管道。

(IV) 國產材使用情形

本研究訪談之木工廠中有 29%有(或曾經)使用台灣國產材，其中有 32 家目前仍有使用國產材進行生產，使用之樹種以柳杉、杉木、相思樹、台灣杉及香杉等為主，與近 5 年來不同樹種伐採量相當吻合，而其中又以有使用柳杉及杉木之廠家最多。進一步分析有使用國產材之木工廠所生產產品，有使用國產材之木工廠所生產之產品中，80%廠家生產「建築用細木製品及木做成品」，並且佔國產材用量約 75%，其中又以「模板」及「木製地板、壁板」為大宗，分別佔總用量之 31%及 21%左右。其次約有 50%廠家有生產「實木製品」如「製材」及「合板」等，佔全部用量之 14%左右。用量佔第三之產品為「木條及飾條」，亦有約 13%廠家生產。

最後，為了解影響製材廠選擇進口或國產材之原因，本訪查進一步調查各廠家使用或未使用國產材之因素。結果顯示，因近年國內木材自給率低於 1%，因此主要未使用國產材之因素為原料來源及數量問題，以「國產材供應來源及數量不足」(72%)與「進口材供應來源及數量充足」(45%)為未使用之主因，另外「進口材種類符合需求」(31%)及「進口材價格較低」(19%)，亦為沒有使用國產材之重要原因，顯示目前國內所生產之原木材種不完全符合製材廠需求，或者同樣用途之木材，國產之價格並沒有優勢。有使用國產材的廠家部分，有 5 成(曾)使用國產材之受訪廠家勾選「符合產品(消費者)需求」，其次為「客製化需求」(41%)，顯示國產材製品還是有其市場，並非完全由進口材料取代。另外，「價格低廉」(15%)也是選擇使用國產材的因素，大多為使用「台灣杉」及「柳杉」的廠家勾選本項目，可見部分材種與進口原木相比於價格上仍有其競爭力。

(V) 平地造林可能合作廠商分布

平地造林面積共有超過 1 萬 5 千公頃，主要分布在屏東、花蓮、雲林、台南及嘉義等地，扣除規劃為平地森林園區之造林地約 4 千公頃外，仍有超過 1 萬公頃可提供林木生產之林地，而主要平地造林地分布區域其鄰近製材廠方面，以雲嘉南地區最多，目前共 41 家製材廠仍營運中，其中有 9 家目前有使用國產原木進行生產，而高屏地區目前亦有 19 家營運中之製材廠，其中有 5 家有使用國產原木。因此，未來平地造林主產物伐採後可以鄰近之製材廠為參考，再依據不同樹種類

型特性，選擇適合之合作對象，藉此可縮短原木運送距離，降低運輸成本。

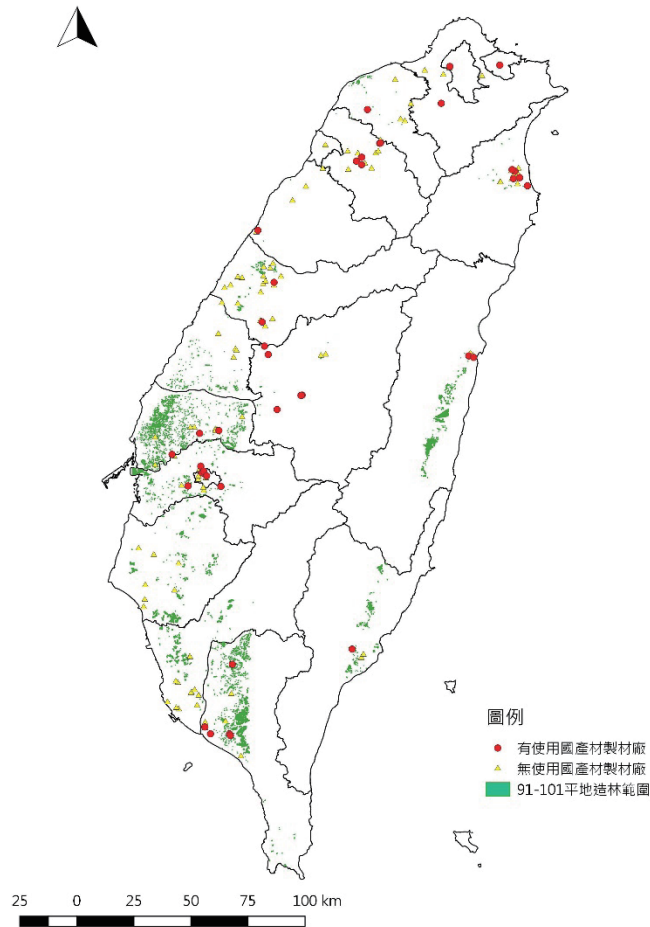


圖 1. 全臺製材廠與平地造林範圍分布圖

IV、結論

本研究調查製材業者現況可以發現，目前製材廠主要使用國外進口之原料進行加工生產，僅三成左右之工廠有使用國產材，而未使用國產材之主要原因係國產材料源不足且不穩定而未使用，或者因樹種不符合需求而未使用。而平地造林所栽植之樹種以闊葉樹為主，與目前由山區國有林或私有林農所生產之柳杉、杉木等針葉樹不同，應有更多元之利用方向，再加上所在地區位於平地，不論林木伐採或是搬運等費用自然較自山區運出低，具有較高之競爭力，且平地造林主要位於雲嘉南及高屏地區，所在地區與目前國內製材廠主要分布區域相近，另外，其實目前未使用國產材之製材廠大多仍是有意願使用國產材料進行加工，因此，未來期能有效的利用平地造林所生產之林木，以及後續造林規劃，讓國人有更多機會使用國產木材所製作之產品，以及提升我國木材自給率。

平地造林木之裝飾產品開發及商品化：以風倒木為例

張勵婉^{1*} 林謙佑² 葉定宏³ 張乃航⁴ 朱麗萍⁵ 徐露玉¹

^{1*} 行政院農業委員會林業試驗所福山研究中心副研究員，100 臺北市南海路 53 號，通訊作者。

² 行政院農業委員會林業試驗所植物園組助理研究員。

³ 行政院農業委員會林業試驗所恆春研究中心助理研究員。

⁴ 行政院農業委員會林業試驗所育林組副研究員。

⁵ 行政院農業委員會林業試驗所植物園組助理研究員。

【摘要】本研究從平地造林木之裝飾產品開發及商品化延伸而來，針對臺北植物園等都會林風倒木全株枝幹進行綜合利用評估，選擇了肯氏南洋杉、粗皮桉及樟樹等材料，應用其材質特性，開發具美感之工藝價值用途，期能將原屬廢棄之部位形塑成有用資材，創造潛在工藝經濟功用，增加風倒木材使用方法與價值。

I、前言

我國近年來每年木材需求量均超過 600 萬立方公尺，自 1989 年起天然林全面禁伐後，大部分由外國進口，國產材自給率不及 1%，然因國際環保意識高漲，逐漸訂定規範，限制木材出口，如何提升我國國產材生產潛能及自給率，降低國際輿論壓力，是我林業人的重要任務。依傳統木材利用方式而言，30 年生造林木不但未成熟材比例偏高，經製材後，製材率低，廢材率高，且木材物理性質也較不穩定，除非開發全材利用途徑，否則利不及費。

由於近幾年極端氣候加劇，颱風造成都會地區行道樹、公園路樹重大折損，管理單位往往為了盡快恢復城市面貌，這些倒毀的樹木通常很迅速直接進了廢棄場碾碎，從利用的角度來看實屬可惜。

另一方面，近年蓬勃興起的木工家具教室或細木作工藝課程，為忙碌的都市人提供一種抒發壓力的管道，其中不乏社會菁英每周固定進行實作，數年如一的案例。而這些課程使用的木料多半為進口木材，若能結合在地生產的國產材，將能提升木質生活器具的認同及強化地方特色。因此本研究希望透過多年來在造林木上對於掌握材料特性所進行的開發經驗，應用到城市行道樹風倒木的工藝利用上。

II、材料與方法

(I) 試驗材料

本試驗選取臺北植物園及周邊的風倒(折)木為材料，分述如下：

1. 肯氏南洋杉(*Araucaria cunninghamii*)-為引進樹種，輪生枝條，木材淺黃色，

木肌細緻，易產生藍變形成特殊色斑。

2. 粗皮桉(*Eucalyptus deglupta*)-為引進樹種，因樹皮有各種顏色，又稱為彩虹桉樹，木材紅褐色，木肌粗糙，木理交錯。
3. 樟樹(*Cinnamomum camphora*)-樹皮深縱裂，材色淺黃褐色，具怡人樟腦香氣。

(II) 試驗方法

1. 風災後，收集撿取適合的材料。
2. 將試材進行初步清理，掃除表面灰塵泥砂，兩端面初步修整整齊。
3. 截成適當長度，堆置氣乾，待後續使用。
4. 依木材特性，使用木工車床機械或雕刻工具等木工器械，進行工藝品設計及開發製作。

III、結果與討論

- (I) 聯合國糧食和農業組織 2007 年發表的《世界森林狀況報告》指出，在 2000 年到 2005 年期間，世界森林面積以每年 730 萬公頃的速度在減少，約相當兩個台灣的面積。全球森林面積逐漸減少、氣候變遷、環境失衡和物種絕滅都是未來人類生存環境所需面對嚴苛之挑戰。
- (II) 為激勵林農修枝撫育意願，藉以養成日後可預期之優質木材資源，本研究希望能善用身邊周遭可取得的風倒樹木，如能帶動風潮，除可達減廢目的、充分利用資源外，更可促進就業並進而提升林農經濟收益，實乃一舉數得。
- (III) 行道樹的樹種選擇雖有異於人工林樹種，但就裝飾工藝利用上仍不減其價值，在固碳減廢上也有其貢獻，木材工藝品的製作與收藏不但可以減少碳排，還可以有助於增添生活趣味，提升生活品質。
- (IV) 利用臺北植物園風倒(折)木開發藝品成果如下：



左圖：肯氏南洋杉輪生枝條的特性，應用以木工車床方式加工，可產生饒富趣味的效果。

右圖：樹皮深裂的樟木圓盤切面作為雕刻作品，除可同時表現樹皮和木材在

質感及顏色的差異外，還有樟木特有的芬芳氣味。



圖說：應用台北植物園內粗皮桉風折木，車製成殼斗造型的木盒，粗曠的木肌紋理增添作品的觀賞價值。

平地森林園區廢耕地鳥類群聚與植被關係之調查

葛兆年^{1*} 王相華² 許詩涵³ 陳一銘³

^{1*} 行政院農業委員會林業試驗所森林保護組副研究員，100 臺北市南海路 53 號，通訊作者。

² 行政院農業委員會林業試驗所植物園組研究員。

³ 行政院農業委員會林業試驗所森林保護組。

【摘要】大農大富平地森林園區的造林面積約 1000ha，然而園區內尚有小部分區域在原有蔗田廢耕後並未造林，形成長草、短草、灌木及樹木混生的自然演替區，經常有許多鳥類聚集。本研究於 2013 年 1 月至 11 月進行此區的鳥類與植被調查，發現樹林、灌木、長草、短草呈鑲嵌狀混生，但其覆蓋的比例、平均高度及物種在小區之間有所差異；長草為此區中覆蓋比例最高的植被類型，其次為樹林，最低者為灌木。此區的鳥類群聚組成與造林地不同，較為偏向鄰近海岸山脈之闊葉次生林地之鳥類群聚，其次清晨與傍晚的鳥類群聚有顯著差異，表示清晨與傍晚鳥類對此區有不同的利用方式，但是兩者之鳥類豐量、種豐富度、Shannon 多樣性指數以及均勻度皆無差異。鳥類對植被各有其不同的相關性，整體而言，鳥類在清晨對此區的利用，與樹木、灌木、長草及短草各有其相依性，但是鳥類與植被的相關性比傍晚來的少；傍晚鳥類夜棲此區，較多種鳥類與植被有顯著相關性，並且與灌木、長草及短草的關係比清晨更為密切。因此我們認為此區在清晨與傍晚有不同鳥類在利用，而且對此區植被有不同的利用方式；尤其此區提供鳥類夜棲場所，乃目前造林地缺少的生態功能。如果這些植被因外力而改變，與植被相依性較高的鳥類首當其衝會受到較大影響，園區的生物多樣性可能降低。因此我們建議儘量保留森林園區中唯一有長、短草、灌木及樹木相嵌的棲地，維持森林園區的生物多樣性，落實建造平地森林園區的理念。

I、前言

花蓮縣光復鄉之大農大富地區原為台灣糖業公司甘蔗生產區，自 2002 年響應政府平地造林運動，開始重新栽植闊葉樹，造林面積已達 1000ha，現在已蔚然成林。2009-2010 年調查大農大富地區之周邊農地、鄰近海岸山脈之闊葉次生林地及人工林地鳥類群聚發現農地與闊葉次生林地的鳥類群聚組成及主要物種不同，農地的鳥類群聚組成較不穩定且歧異度指數較低；人工林地與闊葉次生林地之鳥類群聚亦不相同，前者之種豐富度及歧異度指數較低；農地鄰近人工林地的鳥類群聚不同於周圍無造林農地，且前者歧異度指數較高。顯示農地若恢復為闊葉林

可穩定鳥類群聚結構並增加其多樣性，但目前尚年輕的人工造林並未恢復闊葉林的鳥類群聚與多樣性，應與人工造林之植被結構簡單及物種單純有關，不過人工造林在地景上仍有增進農地鳥類多樣性的作用。

此地由最早闊葉林覆蓋，至闊葉林被移除開發為農地使用，以致於農地重新種植闊葉林，但亦有部分農地成為廢耕之地任由植物自然演替；廢耕地對當地的生物及多樣性產生何種影響目前尚缺乏探究。初步觀察大農大富平地森林園區的廢耕區目前處於不同的演替序列，混雜先驅樹木、灌木、長茅草、短草，呈現鑲嵌狀的植被地景，並且有不同於造林地之鳥類群聚，因此本研究針對此廢耕區進行鳥類及植被調查，了解廢耕後自然演替的植群結構、組成，以及鳥類於此一鑲嵌狀植被地景的分布與棲地利用狀況，當可以對生物多樣性的經營提出較妥適的建議，達成平地造林維護生物多樣性的政策性目標。

II、材料方法

(I) 樣區設置

大農大富平地森林園區內日地月池之東側與南側有一片於甘蔗廢耕後放任植被自然演替之區域，面積約 40 ha，依據植群外表形相，選擇樹林(高度 ≥ 3 m)、灌叢(高度 < 3 m)、高草(高度 ≥ 1 m)、短草(高度 < 1 m)4 種植生類別佔不同比例之樣區共 12 處，於每 1 樣區設置 1 中心點，進行植被與鳥類調查。

(II) 植被調查

由樣區中心點往東、西、南、北 4 個方位分別拉出 4 條 50m 之穿越線，並於穿越線兩側各 2m 範圍為調查區域，樣帶的大小為 50 x 4 m 之樣帶，進行植群結構、組成調查。樣區之中心點以 GPS 加以定位，並於樣區圖上確認各中心點間之距離大於 100 m。

植被區分為樹林、灌叢、高草、低草 4 種類型。樹高 ≥ 3 m 之區塊視為樹林，紀錄其冠幅在穿越線上之覆蓋長度，記錄以及樣帶內每一單株之種類、胸徑、樹高、枝下高及冠幅。樹冠 < 3 m 視為灌叢，紀錄其冠幅在穿越線上之覆蓋長度，以及樣帶內記錄每叢灌木之種類、高度及冠幅。草高 ≥ 1 m 者為長草，紀錄其冠幅在穿越線上之覆蓋長度，以及樣帶內記錄其每一叢之主要組成長草的種類、平均高度及覆蓋範圍。草高 < 1 m 者為短草，紀錄其在穿越線上之覆蓋長度分別紀錄其每一之主要、組成種類、平均高度及覆蓋範圍。

(III) 鳥類調查

採用固定半徑定點調查法，每個月至各調查點調查鳥類種類及隻次，調查只在天氣良好時進行，於日出後 3 小時內完成，每 1 樣點停留 6 分鐘，依序記錄目擊或聽到的種類及數量。若察覺鳥類在相鄰樣點間移動，僅當作 1 筆記錄，以避

免重複計數。

(IV) 資料處理與分析

植被與鳥類調查資料以 Microsoft Excel 建檔。4 條樣帶的植被調查資料合併成該樣區資料，計算每樣區中樹木類的種數、平均高度、覆蓋度，灌木類的種數、平均高度及覆蓋度，長草類的種數、平均高度及覆蓋度，以及短草類的種數、平均高度及覆蓋度，共計 12 項植被變數。各植被類型之覆蓋比例由各樣區 4 條穿越線上所紀錄的植被覆蓋長度比例經計算後導出；樹林之平均高度為 4 條樣帶內各單株樹木之平均高度，灌叢、長草之平均高度為 4 條樣帶內各單叢之平均高度，短草之之平均高度為 4 條穿越線上紀錄每叢短草之平均高度。

鳥類物種豐富度以 Margalef species richness index (d) 計算， $d = (S-1) / \ln N$ ，多樣性指數以 Shannon-Wiener diversity index (H') 計算， $H' = -\sum (P_i \ln (P_i))$ 。均勻度以 Pielou's Evenness Index (J') 計算， $J' = H' / H_{max} = H' / \ln S$ 。利用 SASv.8 統計程式採取成對 t test 檢定清晨與傍晚之鳥類群聚變數有無差異。鳥類群聚分析則以 PRIMER 5.2 軟體進行分析，分析前先將僅有 1 次紀錄的鳥種刪除，再將各鳥種調查隻次取平方根轉換，以多維尺度(MDS, nonmetric multidimensional scaling) 比較 4 種類型棲地的鳥類群聚組成在空間及時間上的分布型態。此外，將取平方根轉換後的資料算出 Bray-Curtis 相似度矩陣，再進行相異度分析(ANOSIM test)，求出相異度係數值(Global R)，來代表各種棲地鳥類群聚間的相異度。並使用 Pearson correlation 分析鳥種豐量與各項植被變數之相關性。

III、結果與討論

(I) 植被

樹林、灌木、長草、短草在不同樣區內鑲嵌狀混生，但覆蓋的比例、平均高度及物種有所差異(表 1)。樹木紀錄 23 種，以苦楝、野桐、小葉桑、台灣紫珠、菲律賓饅頭果及外來種銀合歡為主，灌木紀錄 13 種，以野牡丹、馬櫻丹、台灣馬桑為主，多為花蓮低海拔次生林常見之種類。長草僅紀錄 3 種，包括 2 種高大禾草及 1 種月桃，低草的種類以菊科的大花咸豐草、霍香薊較占優勢，其餘種類零星分布。

樹林的平均高度落在 3.6-4.8m 之間，樣區 9-12 的樹林的覆蓋比例超過 40%，樣區 1-5 的樹林覆蓋比例在 10-25%之間，樣區 6-8 僅有少量的樹木覆蓋。灌叢的高度落在 1.5-2.7m 之間，覆蓋比例普遍不高，只有 3 個樣區超過 10%。長草的高度落在 1.5-3.2m 之間，樣區 3-12 的覆蓋比例均超過 40%，為此樣區中覆蓋面積最高的植被類型。短草的高度落在 40~70cm 之間，僅有樣區 1-2 的短草覆蓋比例高於 50%，其餘樣區的短草覆蓋比例都不高。

大農大富平地森林園區周邊山區次生林的平均高度約 8-10m。廢耕地樣區之樹林平均高度不及 5m，顯示此區域之森林尚處於生長發育階段，如無人為干擾，應會進一步的生長，提升其高度及胸高斷面積，並逐步擴張其覆蓋區域，壓縮其餘 3 種植被類型的覆蓋區域，可能間接對不同野生動物的活動造成不同程度之影響。

表 1、大農大富平地森林園區廢耕地 12 項植群變數統計值

樣區	短草			長草			灌叢			樹林		
	種數	平均高度(cm)	覆蓋比例(%)	種數	平均高度(cm)	覆蓋比例(%)	種數	平均高度(cm)	覆蓋比例(%)	種數	平均高度(cm)	覆蓋比例(%)
1	2	65.0	59.6	3	324.0	0.9	10	252.4	29.3	8	445.4	10.2
2	5	49.2	73.7	2	161.4	8.1	6	150.5	3.0	6	478.4	15.2
3	2	54.6	11.0	1	251.1	51	4	228.0	13.4	12	368.4	24.6
4	3	56.9	9.6	1	193.2	56.1	5	214.5	12.1	10	423.7	22.3
5	0	0	0	1	307.3	76.9	5	258.8	2.2	9	468.2	21.0
6	3	72.0	5.6	1	261.8	89.1	2	251.4	2.0	6	441.2	3.4
7	0	0	0	2	265.1	92.6	7	222.7	2.0	10	358.8	5.4
8	5	41.7	21.9	2	152.3	72.5	9	174.5	4.2	2	394.2	1.3
9	2	66.0	7.7	1	270.5	49.4	4	266.4	2.1	10	453.8	40.8
10	0	0	0	1	294.9	46.1	1	216.3	1.1	12	443.4	52.8
11	0	0	0	1	247.9	45.2	2	267.5	6.9	9	428.7	47.9
12	0	0	0	2	187.6	45.3	4	196.1	2.4	9	438.9	52.4

(II) 鳥類

自 2013 年 1 月起共累計 11 次調查資料，共記錄到 31 科 53 種 5404 隻次，其中有烏頭翁、台灣叢樹鶯、台灣畫眉、大彎嘴及小彎嘴等 6 種特有種鳥類以及大卷尾、紅嘴黑鵝、黑枕藍鶺鴒、褐頭鷓鴣及環頸雉等 14 種特有亞種，包含朱鷗、烏頭翁、台灣畫眉及環頸雉等 4 種珍貴稀有保育類鳥類以及其他應予保育的燕鴿。清晨記錄 29 科 46 種 2561 隻次，數量前 5 名的鳥類及數量分別為烏頭翁(766)、灰頭鷓鴣(332)、綠繡眼(289)、山紅頭(280)以及小彎嘴(145)；傍晚 26 科 43 種 2843 隻次，數量前 5 名的鳥類及數量分別為烏頭翁(1056)、灰頭鷓鴣(278)、綠繡眼(259)、山紅頭(229)以及畫眉(132)。這些優勢種中除了森林冠層型鳥類如烏頭翁、綠繡眼，與造林地的優勢種相同之外，其他森林下層型鳥類如山紅頭、小彎嘴在造林地並不常見。此區鳥類群聚已偏向鄰近海岸山脈之闊葉次生林地之鳥類群聚，其主要鳥種即為小彎嘴、山紅頭及烏頭翁等，與造林地鳥類群聚較為不同。

清晨與傍晚所調查到的鳥類群聚顯著不同(ANOSIM, Global $R=0.431$, $p=0.001$)，而造成差異之原因來自於：(1)日夜間使用該棲地的鳥種不同，大彎嘴、黑枕藍鶺鴒、綠鳩等 8 鳥種僅在清晨有紀錄；灰胸秧雞、夜鷹、黃頭鷺等 7 鳥種僅在傍晚有紀錄，以及(2)烏頭翁及白尾八哥等部分鳥種在傍晚會有較大數量聚集。但不論是鳥類豐量、種豐富度、Shannon 多樣性指數以及均勻度，在清晨與傍晚皆無差別(表 2)。

表 2、大農大富平地森林園區廢耕地清晨與傍晚鳥類群聚變數平均值(mean±sd)及 pair t test 比較結果(n=12)

	清晨	傍晚	顯著水準值
隻次	213.4 ± 38.7	236.9 ± 78.7	0.235
種豐富度	3.9 ± 0.3	4.1 ± 0.4	0.096
Shannon 多樣性指數	2.30 ± 0.12	2.32 ± 0.28	0.442
均勻度	0.75 ± 0.04	0.74 ± 0.10	0.397

清晨與傍晚的各種鳥類豐量與樹木覆蓋度等 12 項植被變數的相關性分析，得到清晨 8 種鳥類與植被變數呈顯著相關，共計有 15 個顯著的鳥種與植被變數兩兩相關性，其中屬於樹林的變數有 7 個、灌木 4 個、長、短草各 2 個。傍晚有 13 種鳥類與植被變數呈顯著相關，共計有 23 個顯著的鳥種與植被變數兩兩相關性，其中屬於樹林的變數有 8 個、灌木 6 個、長草 5 個、短草 4 個(表 3)。

表 3、大農大富平地森林園區廢耕地清晨與傍晚鳥類豐量與植被變數之關係

	黃眉柳鶯	綠繡眼	竹雞	灰頭鷓鴣	褐頭鷓鴣	小彎嘴	山紅頭	大捲尾	白尾八哥	黑臉鵪鶉	紅嘴黑鵪	烏頭翁	斑文鳥	棕背伯勞	環頸雉
清晨	樹林	覆蓋度	-	0.67*	-0.68*	-0.59*	-0.70*	-	-	-	-	-	-	-	-
	種數	0.76**	-	-0.63*	-	-0.69*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
灌木	平均高度	-	-	-	-	0.71*	0.59*	-	-	-	-	-	0.66*	-	-
	種數	-	-	0.69*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
長草	平均高度	-	-	-	-	0.58*	0.65*	-	-	-	-	-	-	-	-
	種數	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
短草	覆蓋度	-	-	-	-	0.70*	-	0.69*	-	-	-	-	-	-	-
	種數	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
傍晚	樹林	覆蓋度	-	0.63*	-	-0.61*	-0.77*	-	-0.67*	-0.59*	-	0.67*	-	-	-
	平均高度	-	-	-	-	-	-	-	0.60*	-	-	-	-	-	
灌木	種數	-	-	-	-	-	-	-0.80***	-	-	-	-	-	-	
	平均高度	-	-	-0.65*	-	-0.14*	0.60*	-	-	-	-	-	-0.60*	-	
長草	種數	-	-	-	-	-	-0.76***	-	-	-	-	-	-	0.79***	
	覆蓋度	-	-	-0.78***	0.67*	-	-	-	-	-	-	0.67*	0.74***	-	
短草	平均高度	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	種數	-	-	0.65*	-	-	-0.66*	-	-	-	-	-	-	0.66*	0.69*

* P<0.05 ** P<0.01 *** P<0.001 數及顯著水準

在清晨時段，鳥類與樹林變數有顯著關係者大多呈負相關，例如樹林覆蓋度越高、樹木種類越多，竹雞及褐頭鷓鴣數量越少，代表這些鳥類較少在樹林茂密處、樹種多的環境活動。反之，竹雞及褐頭鷓鴣較常出現在灌木種數高的棲地，因此這兩種鳥類明顯有不在林下而在較稀疏棲地活動的傾向。山紅頭與小彎嘴的數量則隨灌叢及芒草的高度而有增加的趨勢，並且皆在灌木及芒草覆蓋度較高之處有較大數量，因此這兩種鳥類應該偏好在灌木及芒草混生的環境中活動。至於大花咸豐草等短草類的棲地以大卷尾及褐頭鷓鴣有較為明顯的偏好。

與清晨相比，傍晚鳥類與植被的相關項目較多，主要是樹林以外的植被變數與鳥類的相關變多。不同於清晨的鳥類覓食、活動階段，傍晚鳥類逐漸進入夜間休息狀態，此時的觀察紀錄應與鳥類夜棲的習性較有關連。因此鳥類對於夜棲地的選擇，似乎與灌木、芒草及短草類的植被特性有較為密切的關係，與白天活動棲地不同。灰頭鷓鴣、烏頭翁及斑文鳥利用高芒草叢生之處作為夜棲地，尤其優勢種烏頭翁動輒數百隻結群夜棲，因此高芒草區成為非常重要的鳥類夜棲地。竹雞、環頸雉及棕背伯勞明顯選擇短草覆蓋度高的環境夜棲，前兩者在地面活動不易發現，紀錄數量理當偏低於實際數量，故真實夜棲數量應相當可觀，因此短草鑲嵌的棲地亦是極為重要的鳥類夜棲地。

以廢耕地長、短草、灌木及樹木鑲嵌的棲地特性，恰好提供了研究鳥類對不同植被利用的試驗地；綜合以上對清晨與傍晚鳥類棲地利用之分析結果，發現清晨活動的鳥類與樹木、灌木、長草、短草各有其相依的關係，而傍晚進入休息狀態的鳥類，增加了與長、短草及灌木分布的關聯，應是鳥類夜棲地與這些植被的相依性較高。因此這些不同的植被在清晨及傍晚各提供了不同功能予鳥類活動與棲息。

不同於廢耕地，大農大富森林園區之造林樹種不論種類或高度皆較單一，並且造林地定期清除下層灌木及地被植物等雜木及雜草，故造林地完全沒有次冠層喬木及灌木層，再者，地被層植物亦相當單純，在 20mx20m 的調查樣塊中，大花咸豐草、紫花藿香薊、兩耳草及昭和草等植物覆蓋度幾乎大於 10%，可知人工造林之植被結構較廢耕地來得單純，其在鳥類棲地方面的生態功能亦比較不足。

因此廢耕地能提供一些造林地目前尚欠缺的生態功能，並且維持大農大富森林園區較高的生物多樣性。如果廢耕地因外力而改變目前植被狀態，推測以上所提及與各項植被相依性較高的鳥類首當其衝會受到較大影響，生物多樣性亦有降低的可能性。因此我們建議目前應儘量保留森林園區中唯一有長、短草、灌木及樹木鑲嵌的棲地，維持森林園區的生物多樣性，落實建造平地森林園區的理念。



2016年平地造林試驗及監測研討會論文集

發行人 / 黃裕星

主編 / 邱志明

編輯 / 鍾智昕、唐盛林、彭炳勳

出版機關 / 行政院農委會林業試驗所

地址 / 台北市中正區(10066)南海路53號

電話 / 02-23039978

出版日期 / 中華民國106年1月

定價 / 新台幣300元

展售處 / 五南文化廣場

地址；40042台中市中山路6號

電話：04-22260330

國家書店

地址；10455臺北市松江路209號1樓

電話：02-25180207

ISBN / ISBN 978-986-05-1671-5

GPN / 1010600079