

南仁山森林苗木更新動態、碳收支及植物物候之研究

內政部營建署墾丁國家公
園管理處委託研究報告

(九十六年度)

南仁山森林苗木更新動態、碳收支 及植物物候之研究

內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十六年十一月

(國科會 GRB 編號)

PG 9605—0047

南仁山森林苗木更新動態、碳收支 及植物物候之研究

受委託者：國立屏東科技大學

研究主持人：郭耀綸

研究助理：彭世賢

內政部營建署墾丁國公園管理處委託研究報告

中華民國九十六年十一月

目次

表次.....	III
圖次.....	V
摘要.....	VII
第一章 緒論.....	1
第二章 材料與方法.....	5
第一節 試驗地概述.....	5
第二節 小苗更新動態樣區的設置.....	6
第三節 小苗一日碳收支.....	7
第四節 植物物候調查.....	8
第三章 結果與討論.....	15
第一節 小苗組成與物種豐量.....	15
第二節 小苗更新樣區樹苗出生死亡動態.....	20
第三節 小苗的高生長.....	23
第四節 九種樹苗在森林現地的光合作用率日化.....	27
第五節 九種樹苗在森林現地一日碳收支.....	39
第六節 整體物候表現.....	42
第七節 物候表現各論.....	44
第八節 五年間開花、結果物候表現.....	52
第九節 三年間結果表現百分比.....	56
第四章 結論與建議.....	59
第一節 結論.....	59
第二節 建議.....	61
附錄一 南仁山樣區木本植物名錄.....	63
附錄二 96 年度「南仁山森林苗木更新動態、碳收支及植物物候之研究」服務企劃書評審會紀錄.....	67
附錄三 96 年度「南仁山森林苗木更新動態、碳收支及植物物候之研究」委託研究期中簡報審查會議紀錄.....	71

附錄四 96 年度「南仁山森林苗木更新動態、碳收支及植物物候之 研究」委託研究期末簡報審查會議紀錄.....	77
參考書目	81

表次

表 2-1 南仁山古湖樣區迎風坡森林物候調查之樹種及樣木株數	9
表 2-2 本物候調查分級與說明	12
表 3-1 仁山迎風坡森林南側樣區 2002 年 7 月至 2007 年 7 月五年間的小苗組成動態變化	16
表 3-2 南仁山迎風坡森林北側樣區 2004 年 8 月至 2007 年 7 月三年間的小苗組成動態變化	17
表 3-3 南仁山 2007 年 7 月調查到所有小苗的數量及密度	19
表 3-4 南仁山迎風坡森林 2005 年至 2007 年不同月份 45 個小苗樣區樹苗出生及死亡數	20
表 3-5 南仁山迎風坡森林 45 個小苗樣區 2007 年不同月份新生株數	22
表 3-6 南仁山迎風坡森林 2005 年至 2006 年出生之新生小苗有機會存活半年及一年之株數及該期間小苗實際存活率	23
表 3-7 南仁山迎風坡森林南側 20 個小苗樣區生長健全不同高度級樹苗每年之淨高生長	25
表 3-8 南仁山迎風坡森林 20 個樣區莖部生長健全之新生苗不同苗齡之苗高	26
表 3-9 供試 9 種樹苗各 4 株之單株苗高、葉片數及葉面積	28
表 3-10 供試 9 樹種 2007 年各月份白天平均淨光合作用率及光量	38
表 3-11 供試 9 種樹苗之暗呼吸率、夜間碳支出、白天碳收穫及單株一日淨碳收穫	40
表 3-12 南仁山 21 種林木 2006 及 2007 年展葉、花開、果熟之物候高峰期(月)	43
表 3-13 南仁山迎風坡森林 21 種林木 2006/9~2007/11 之物候表現	50
表 3-14 南仁山迎風坡森林 21 種林木 2002~2007/11 花與果期之比較(月)	54

表 3-15 南仁山 21 種植物 2005/1~2007/9 結果表現百分比
之比較.....57

圖次

圖 2-1 台灣長期生態研究南仁山古湖樣區位置.....	5
圖 2-2 南仁山小苗及物候調查樣區.....	6
圖 2-3 南仁山步道物候觀察樣木配置示意圖.....	10
圖 2-4 步道 3.4 k 南側樣區物候觀察樣木配置示意圖.....	11
圖 3-1 供試 9 種樹苗 2007 年 8 月 30 日淨光合作用率及光量之 日變化.....	30
圖 3-2 小葉樟、大頭茶及台灣八角樹苗 2007 年不同月份淨光 合作用率隨光量之變化.....	31
圖 3-3 台灣蕘花、恆春石斑木及長尾尖葉楮樹苗 2007 年不同 月份淨光合作用率隨光量之變化.....	32
圖 3-4 白柏、白匏仔及野牡丹樹苗 2007 年不同月份淨光合作 用率隨光量之變化.....	33
圖 3-5 供試 9 種樹苗淨光合作用率隨測定時光量之變化.....	34
圖 3-6 供試 9 種樹苗在低光條件下淨光合作用率隨光量的變化.....	35
圖 3-7 黑暗開始照固定光強度後 4 種樹苗的淨光合作用率隨時 間的變化.....	37
圖 3-8 供試 9 種樹苗白天碳收穫與白天累計光量的關係.....	41

摘要

關鍵詞：墾丁國家公園、小苗更新、物候、光合作用、碳收支

一、研究緣起

生態學是研究生物與其環境交互作用的科學，需對該生態系的物理環境與生物環境有所瞭解，而小苗更新動態及植物物候現象的觀察，是瞭解森林生態系組成與功能不可或缺的項目。生長在森林樹冠下層低光環境的植物，其光合作用光補償點通常很低，會低於植物生長處微環境的盛行光量，如此在白天葉片所固定的碳水化合物始能供應植物全株代謝所需的能量，若有剩餘的能量，才能使植株長出新的組織(根、莖、葉)，逐漸成長。要瞭解林下苗木一天中碳收支是否平衡，需測定該植株一天的碳支出(呼吸率)與碳收穫(淨光合作用率)，兩者的差值若為正值，則該植株一天的碳收支為正值，植物可生長。

二、研究方法及過程

小苗更新動態的調查，有助於瞭解森林的組成、結構及演替過程。本研究於墾丁國家公園南仁山生態保護區，步道 3.4 K 南北側森林共設置 45 個面積 1 m^2 的樣區，觀察樹高小於 1 m 植株的高生長，以及小苗每個月的出生死亡動態變化，並在南側森林測定 9 種樹苗各 4 株的光合作用率日變化，計算樹苗葉部的一日碳收支。本研究也在步道 3.4 K 南側森林調查 21 種迎風坡森林樹種，共 118 株樹木每個月的物候表現。

三、重要發現

2007 年 7 月記錄到動態樣區內共有 68 種植物，共計 1460 株，密度平均為 32.5 株 m^{-2} ，以日本賽衛矛、台灣八角及恆春石斑木的小苗密度最高，平均 1 m^2 面積分別有 4.2、3.9 及 3.1 株。由出生到苗高大於 10 cm，台灣八角、恆春石斑木、九節木、大頭茶、小葉赤楠需有三年的生長。2007 年至 11 月

止記錄到新生苗 390 株，死亡小苗 218 株，出生株數大於死亡株數。在小苗一日碳收支方面，9 個樹種的日平均光合作用率在 $1.1\sim 2.4 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 之間，各種樹苗淨光合作用率隨著葉部照到的光量而增加。本研究計算得知各種樹苗在林下環境的一日碳收支均為正值，供試 9 樹種中野牡丹單株一日碳收支為最高者，一日可淨收穫 73 mg 的 CO_2 。物候調查的 21 種樹種中，2007 年有 20 種有明顯的開花物候，但只有 17 種有結果的物候。統計 2002 年至 2007 年五年間樹種的物候表現，發現每年都有結果的樹種有台灣八角、南仁山欖木及大頭茶等 11 種。

四、主要建議事項

小苗更新動態、植物物候，以及植物生理對環境適應的反應等，都需長期監測才能得到生態系運作的面貌，國家公園管理處應有長期經費支持。

立即可行之建議-生態保護區基礎生態資訊需長期監測

主辦機關：墾丁國家公園管理處

協辦機關：大學或研究機構

- (一) 本計畫所監測的小苗更新動態、植物物候表現，以及各種樹苗在林下環境的一日碳收支，這三項都是生態系重要的基礎資訊，也都需要長期的監測才能看出變化趨勢，只有短期間的調查是無法了解生態現象的全貌，因此上述監測項目需要長期的經費支持。
- (二) 由小苗更新動態的數據發現，南仁山迎風坡的森林，小苗組成及數量都比台灣北部的福山森林多，值得重視。此種豐富且珍貴的生物多樣性現況是國家公園設立保護區始能維持的結果。由此可見生態保護區的設立對本國的生物資源的保存與永續利用具有正面的價值，應持續維持南仁山生態保護區目前良好的遊客人數管制及警力巡守，並增加教育宣導措施。

ABSTRACT

Keywords: Kenting National Park, regeneration, plant phenology, photosynthesis, carbon budget

We measured growth performance and photosynthetic activities of tree seedlings growing in the Nanjenshan Ecological Reservoir of Kenting National Park. Forty-five 1 m² seedling plots were set up for monitoring the regeneration dynamics and growth of tree seedlings less than 1 m in heights. Diurnal courses of net photosynthesis and carbon budgets in seedlings of 9 species were also monitored. In addition, we observed the phenology of 118 matured trees of 21 species. There were totally 1460 seedlings of 68 species recorded in the seedling plots in July 2007. The average density of these seedlings was 32.5 seedlings per m² with *Microtropis japonica*, *Illicium arborescens*, and *Rhaphirolepis indica* var. *hiiranensis* having higher density, which were 4.2, 3.9, and 3.1 seedlings per m², respectively. It took three years for new recruits of *I. arborescens*, and *R. indica* var. *hiiranensis*, *Psychotria rubra*, *Gordonia axillaris*, and *Syzygium buxifolium* to grow from germination to more than 10 cm in height. We recorded 390 new recruits and 218 deceased seedlings in 2007. In the aspect of daily carbon budget, the 9 tested species showed a daily photosynthesis of 1.1 ~ 2.4 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Net photosynthesis of each species increased as light received by leaves increased. The carbon budgets of each seedling were all positive in our study, where *Melastoma candidum* among the 9 species fixed the most carbon in a day (85 mg). In our 2007 phenology investigation of 21 species, 20 species had significant flowering stage but only 17 species bore fruits. The phenology investigation from 2002 to 2007, we found 11 species including *I. arborescens*, *Eurya nitida*, and *G. axillaris* bore fruits every year.

第一章 緒 論

墾丁國家公園陸域的南仁山生態保護區，保存著台灣僅存的低海拔原始森林，蘊育極高的物種多樣性，蘇鴻傑教授認為此區是全台灣生物多樣性的熱點(hot spot)，應予以高度的保護，並應積極在此區進行監測和研究，建立本土獨特的生態知識，提供人民永續利用。

南仁山生態保護區位於台灣南端恆春半島東側，每年 10 月至翌年 3 月有東北季風吹襲。因受風力影響程度不同，南仁山區迎風和背風區森林有著不同的微氣象，生育著組成種類極為不同的植物，植群形相(physiognomy)也截然不同。因為東北季風對南仁山區不同方位、不同地形、不同海拔高的生育地有不同的影響程度，造成此區極多樣化的微生態系，因此造就本區有極多樣化的植物組成，故成為全台灣生物多樣性最高的熱點。此區迎風生育地因受季風直接影響，冬季溫度較低，因此有許多可忍受風吹的溫帶樹種在此生育，而背風區溫度較高，生育著熱帶樹種。南仁山區目前已記錄的植物有 1238 種之多，木本植物包括喬木和灌木多達 200 種以上，其中有 20 種樹種為台灣特有且稀有的樹種，例如希蘭灰木、恆春山茶、恆春楨楠、台灣柯、烏心石舅、細葉茶梨、小葉樟等。若能瞭解此區優勢種及稀有種的更新動態及其物候表現，則可增加我們對此區森林如何維持其動態平衡，以及各樹種更新特性的知識。

植物的更新是森林演替的一個重要因素，原有樹種能否在當地持續的佔有優勢，新樹種能否進入當地佔有一席之地，或取代當地的樹種，關鍵於每一樹種子代是否能在該地順利的建立。植物子代的建位有幾個重要的時期：開花結果的物候分化、果實(種子)掉落與傳播、種子發芽，小苗存活與生長至成樹，每個時期都可能是一個重要瓶頸。在這些一連串的過程中，受到許多外在因素的影響，因此也成就了植群未來的命運。對許多植物而言，由種

子萌芽至建立階段，是植物族群對干擾和環境變化最敏感的時候，因此也是植群最脆弱的時期。此時期不同樹種產生的不同更新策略，使不同種小苗在不同生育地的組成和分布產生了明顯的差異。因此，林下小苗的組成、豐富度和分布，可能影響到該森林組成結構的動態變化。

小苗季節性的出生死亡與生長，可能受到不同的生物和非生物因子的影響。生物因子中如高的小苗死亡率常與高的小苗密度，或同種母樹的距離有相關。其它生物因子包含病原菌、草食動物的吃食、地被植物的競爭等。非生物因子中有乾旱、雨水與地表逕流沖蝕、颱風機械干擾、光資源不足等。雖然大部分的耐陰樹種的種子可以在林下低光環境萌芽，但小苗的生長量與存活率經常受限於光資源的不足，因此林下小苗的成長很慢，只有在林隙產生，光資源增加時才會有較快的生長，也會有較高的存活率。至於那些樹種的更新苗能成活成長，那些樹種的更新苗在種子萌發後短期間內即會死亡，這與該樹種小苗的生理特性有很大的關係。

生長在森林樹冠下層低光環境的植物，其光合作用光補償點通常很低，會低於植物生長處微環境的盛行光量，如此在白天葉片所固定的碳水化合物始能供應植物全株代謝所需的能量，若有剩餘的能量，才能使植株長出新的組織(根、莖、葉)，逐漸成長。要瞭解林下苗木一天中碳收支是否平衡，需測定該植株一天的碳支出(呼吸率)與碳收穫(淨光合作用率)，兩者的差值若為正值，則該植株一天的碳收支為正值，植物可生長。植物葉部的碳支出與碳收穫是可藉光合作用測定儀器在森林現地量測，但莖部與根部一天的碳支出量，目前在測定儀器及技術上仍有困難，學界多以活組織的生物量，來推估單位時間該部位維持生存所需耗用的能量，進而估算其碳支出量。若能在森林現地測得某植株單位時間葉部的碳收支情形，再以少數破壞取樣法精確計算同種植株活體組織的生物量，則可估算其碳收支是否平衡。由此估算值可預測該植株是否能繼續存活，是否能有顯著的生長量。

本研究目標為瞭解南仁山迎風坡森林內樹苗出生、死亡及生長之更新動態。藉由量測樹苗的碳收支情形，可瞭解該樹苗健康狀況，由此推測其是否能在林下存活或將死亡，並推估其生長潛力。藉由觀察 21 種林木一年間的物候現象，可解釋不同林木更新動態的原因。由上述調查可提供南仁山森林在未受干擾及受干擾後，在森林更新上的調適及反應，可增進我們對該森林生態系功能方面的瞭解。

第二章 材料與方法

第一節 試驗地概述

本研究小苗更新動態調查於墾丁國家公園南仁山生態保護區內進行。根據本研究室設於南仁湖邊的氣象站，由 1996 年至 2004 年的氣象監測顯示，南仁山年雨量約 3000 mm，年均溫在迎風坡與背風坡分別為 22.7°C 及 24.0°C；每年 10 月至翌年 3 月此地盛行東北季風，風季時迎風與背風生育地的平均風速分別達 5.2 及 1.7 m。本研究所調查的小苗樣區，位於南仁山森林長期生態研究(LTER)團隊所設立的古湖永久樣區(Fan et al. 2005)¹ (圖 2-1、圖 2-2)東方，其森林形象與組成與古湖永久樣區的迎風陡坡森林極為類似，是南仁山區典型的受東北季風影響顯著的森林。

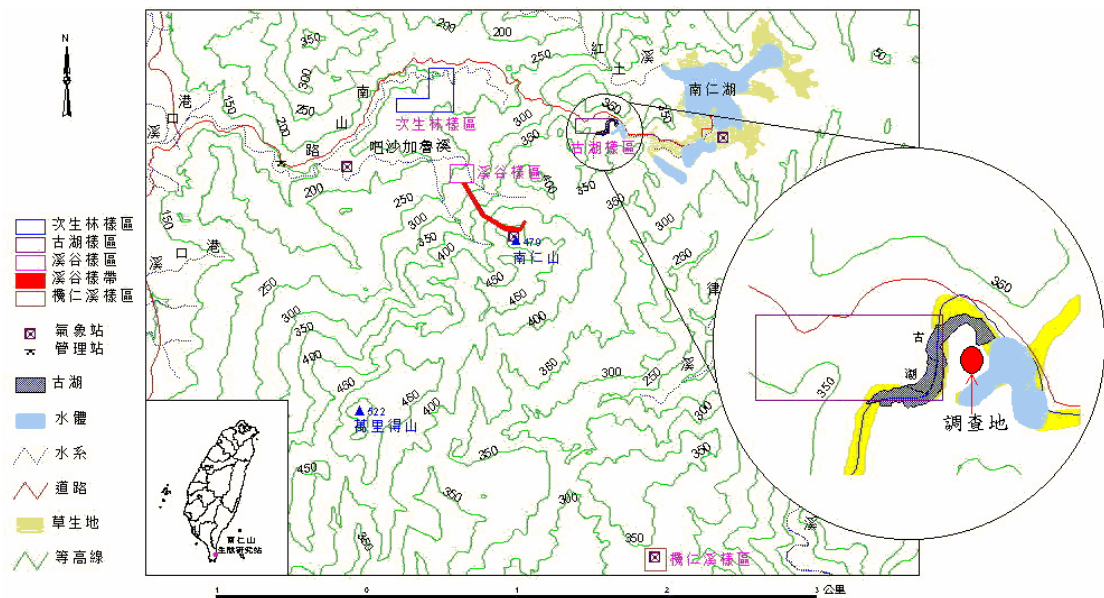


圖 2-1. 台灣長期生態研究南仁山古湖樣區位置

(資料來源：本研究)

¹ Fan, S.W., Chao W.C., Hsieh C.F., Woody Floristic Composition, Size Class Distribution and Spatial Pattern of a Subtropical Lowland Rainforest at Nanjen Lake, Southermost Taiwan (Taiwania 50(4): 307-326, 2005)

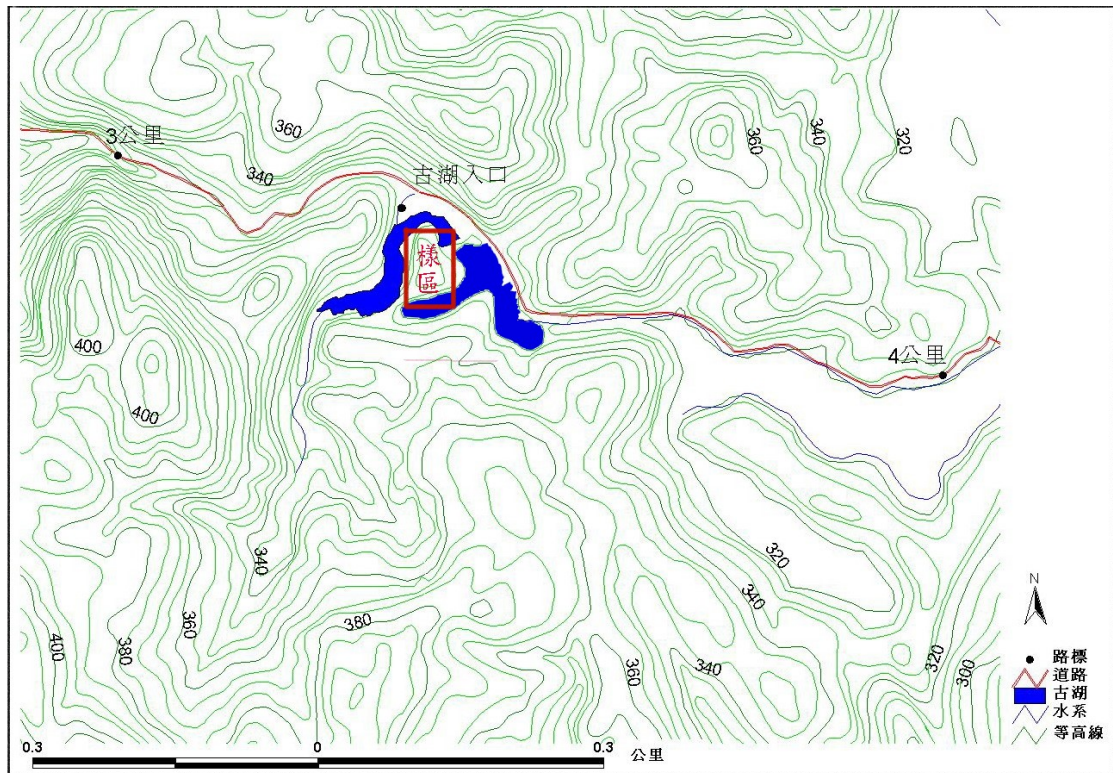


圖 2-2. 南仁山小苗及物候調查樣區

(資料來源：本研究)

第二節 小苗更新動態樣區的設置

於 2002 年 7 月在南仁山路步道 3.4 K 南側樣區森林，設置 20 個小苗樣區，樣區長、寬分別為 2 m 及 0.5 m，面積 1 m²。初設置時樣區周圍在林床上以黃色尼龍繩圍繞，但因凋落物常遮蓋住繩子，難以辨認樣區邊界，故於 2004 年 8 月將所有樣區邊界以市售灰色 PE 塑膠水管(直徑 30 mm)組合連接成長方形框，並離地 5 cm 架高，如此可方便的地確認樣區位置及邊界。小苗樣區位置的選定是依本研究目的「了解更新苗的生長及出生死亡動態變化」，原則上要選取較多種類及苗木豐量較高的樣區，因此樣區位置的選定是以主觀的方式在面積約 3000 m² 的森林內，選擇苗木物種豐度與豐量較高之處設

置小苗樣區。此法雖然犧牲了此森林小苗組成數量的代表性(非逢機選取)，但可得到較多種類的小苗，可監測其生長量及死亡情形，具有生態意義。2003年9月3日杜鵑颱風侵台，南仁山森林遭受極大損害，倒木斷枝隨處可見，研究區的森林形成許多倒木孔隙，長出許多陽性樹種小苗，因此在10月於孔隙地增設4個小苗樣區觀察孔隙更新情形。2004年2月於步道3.4 K北側森林，依同樣方式另設10個小苗樣區，同年8月再增設11個樣區，共21個樣區。北側森林的森林形相與林木組成均與南側森林類似，但海拔較南側森林高約30 m，位於稜線側面，也會受到東北季風直接衝擊。至2004年8月，南側森林有24個小苗樣區，北側森林有21個樣區，合計45個小苗更新動態監測樣區。初設置時樣區內所有高度低於1 m的木本植物均以書寫編號的塑膠牌標定，記錄樹種、植株高度及葉片數。葉片數超過10片的植株只記錄葉片多。初次調查時所標定的植株視為老苗，之後才長出的小苗視為新生苗。原則上每月均複查一次，遇有新生苗則鑑定樹種後編號掛牌標定，並記錄高度與葉片數。調查時若發現苗木已死亡，即回收塑膠編號掛牌。有時候小苗與標示牌均失蹤，則暫時不列入死亡，若連續兩次均找不到則視為死亡。由於林木在小苗階段葉部型態與成熟葉片不同，也有部分樹種在小苗階段型態很類似，難以區分，例如白匏仔與蟲屎，小葉木犀與鐵雨傘，有時候在初次標定時會有認錯情形，待稍長大可正確辨認時即予更正。由上述調查可得知一年中那些月份有較多新生苗出現，不同林木在何時有較高的出生、死亡事件，並可得知不同植株高度級的小苗一年的淨高生長量有何不同。

第三節 小苗一日碳收支

為了解生長在迎風坡森林內不同樹種的小苗，一天中葉片吸收CO₂總量(碳收穫)是否能超過呼吸作用時CO₂的釋出量(碳支出)，使其碳收支能達正值，本研究選取樣區內小苗株數較多的9種樹苗供測定。此9種樹苗包括6種耐陰樹種的小葉樟、大頭茶、台灣八角、台灣蕘花、恆春石斑木及長尾尖

葉櫨，另為 3 種為非耐陰性的白柏、白匏仔及野牡丹。此 9 種樹苗每種選取 4 株，原則是選照到光的程度差異較大的 4 個單株，苗高儘量一致，約在 30~50 cm 之間，各單株予以編號並標定號碼。

碳收支的測定是以攜帶式光合作用測定系統(LI-6400,LI-COR,USA)，將 CO₂ 濃度設定在 400 ppm，光量與葉溫則不予控制，測定各苗木接受到林下實際光量情況下的淨光合作用率。每個測定日於上午 7:00 開始，每隔 90 分鐘進行一輪的測定，至 17:00 截止，一天測定 7 輪的光合作用日變化情形。研究開始時(2007 年 5 月至 7 月)供試 9 種樹苗是分兩天測定，第一天測定 5 種，第二天測定 4 種。自 2007 年 8 月至 11 月，因操作已熟練，可在一天內測定所有的 9 種樹苗的光合作用日變化。2007 年 9 月因下雨頻繁，影響現地的測定工作，因此該月未能成功的進行光合作用測定。於本年 7 月對每個樹種測定光量為零時的 CO₂ 釋出率(暗呼吸率)，由此計算碳支出率。所有樹種各個單株每個月均量測其苗高及葉片數，於 2007 年 7 月時並量測各單株所有葉片的長度與寬度，並摘取同種但不供碳收支研究的其它樹苗的葉片供計算葉面積標準曲線，由此計算各樹苗單株的總葉面積。

第四節 植物物候調查

一、研究材料

(一) 樣木的選取

在古湖樣區邊的迎風坡森林選取 93 株成熟母樹作為觀察樣木，計 13 科 18 種；自 1 km 至 3.5 km 於近溪谷之步道邊緣選取 25 株觀察樣木，計 5 科 5 種；總計 16 科 21 種 118 株。監測的樹種包括迎風優勢樹種的嶺南青剛櫟、長尾栲、錐果櫟、捲斗櫟、大頭茶、日本賽衛矛共 6 種，迎風特徵種的大明橘、小葉赤楠、恆春石斑木、唐杜鵑、珊瑚樹、恆春楨楠及武威山新木薑子共 7 種，廣泛分布種台灣八角及奧氏虎皮楠 2 種，台灣特有且稀有樹種細葉茶梨、希蘭灰木、松田氏冬青、南仁山柃木及銹葉野牡丹共 5 種，以及稀有樹種攬仁舅，合計 21 種。所調查之樹種與取樣株數如(表 2-1)所示。樣木選

取健康的植株，每一樹種調查株數為 5-8 株。

(二) 樣木配置

在每一株樣木上繫掛標有樹種名稱、序號之蘭花牌，並目視繪出步道、觀測鐵塔與樣木間之相對位置(圖 2-3 及圖 2-4)。

表 2-1. 南仁山古湖樣區迎風坡森林物候調查之樹種及樣木株數

科名	樹種	學名	株數
殼斗科	長尾尖葉槲	<i>Castanopsis cuspidata</i>	5
	錐果櫟 ³⁾	<i>Cyclobalanopsis longinux</i>	5
	捲斗櫟	<i>Cyclobalanopsis pachyloma</i>	6
	嶺南青剛櫟	<i>Cyclobalanopsis championii</i>	7
八角茴香科	台灣八角 ³⁾	<i>Illicium arborescens</i>	8
茶科	細葉茶梨 ¹⁾	<i>Anneslea lanceolata</i>	5
	南仁山柃木 ²⁾	<i>Eurya nitida</i>	6
	大頭茶	<i>Gordonia axillaris</i>	5
薔薇科	恆春石斑木 ³⁾	<i>Rhaphiolepis indica</i>	6
冬青科	松田氏冬青 ²⁾	<i>Ilex lonicerifolia</i>	5
衛矛科	日本賽衛矛	<i>Microtropis japonica</i>	5
灰木科	希蘭灰木 ¹⁾	<i>Symplocos shilanensis</i>	7
虎皮楠科	奧氏虎皮楠	<i>Daphniphyllum glaucescens</i>	5
樟科	恆春楨楠 ¹⁾	<i>Machilus obovatifolia</i>	5
	武威新木薑子	<i>Neolistsea buisanensis</i>	5
茜草科	欖仁舅	<i>Neonauclea reticulata</i>	6
桃金娘科	小葉赤楠	<i>Syzygium buxifolium</i>	5
杜鵑花科	唐杜鵑	<i>Rhododendron simsii Planch</i>	6
忍冬科	珊瑚樹	<i>Viburnum odoratissimum Ker</i>	6
野牡丹科	銹葉野牡丹 ²⁾	<i>Astronia formosana</i>	5
紫金牛科	大明橘	<i>Myrsine seguinii</i>	5

¹⁾保育等級為受威脅之台灣特有種；²⁾稀有之台灣特有種；³⁾台灣特有種

(資料來源：本研究)

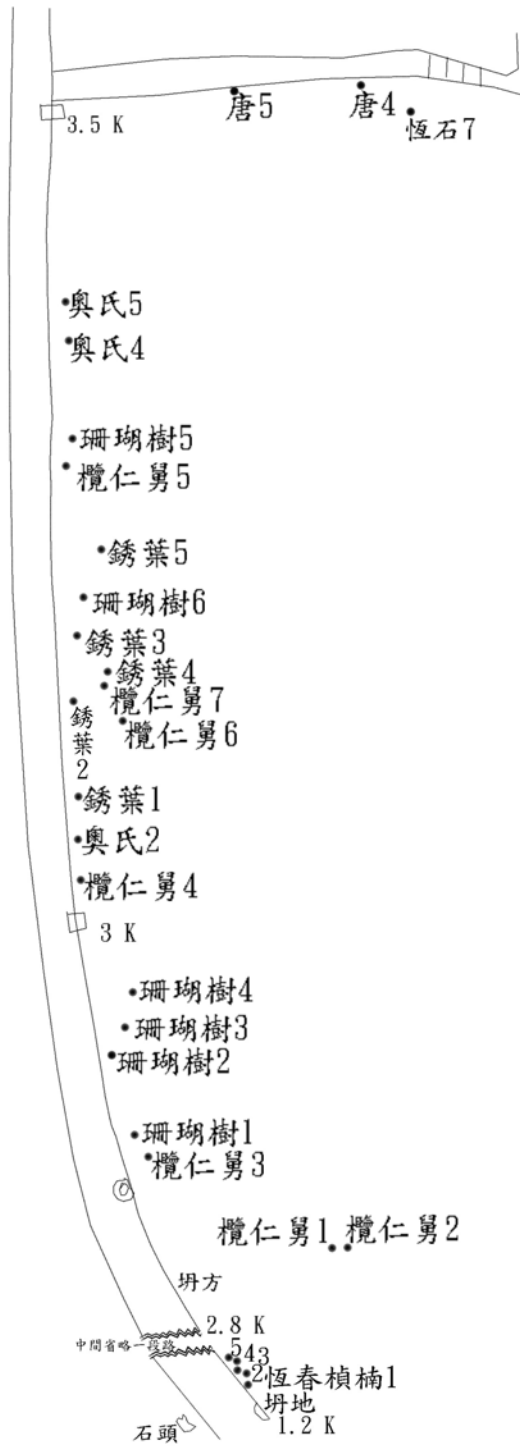


圖 2-3. 南仁山步道物候觀察樣木配置示意圖

(資料來源：本研究)

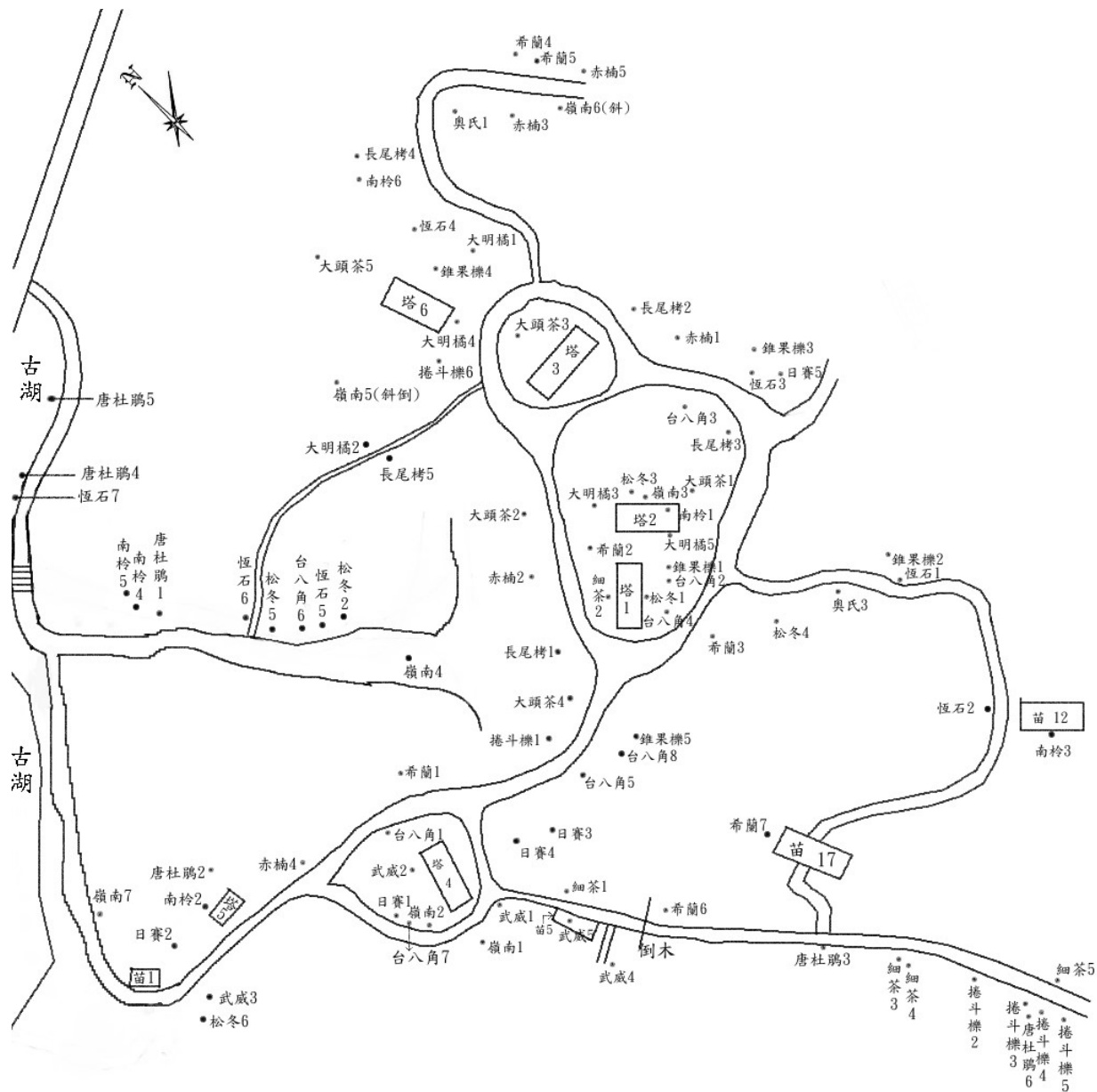


圖 2-4. 步道 3.4 k 南側樣區物候觀察樣木配置示意圖

(資料來源：本研究)

二、研究方法

(一) 調查項目

觀察的物候現象包括落葉、抽芽、展葉、開花、結果、落果等重要項目之開始及持續的時間。

表 2-2. 本物候調查分級與說明

	分級	代碼	說明
芽	芽膨大期	B	芽苞鱗片有淡綠色或是頂芽開裂
	芽開放期	B'	已見嫩芽間或是新生苞片伸長
葉	始展葉期	BL	新生葉 1~2 片平展
	展葉盛期	NL	新生葉半數以上平展
	生活期	L	樣木營養生活期間
	始落葉期	OL	葉片老化，葉片呈現紅、黃或褐色
花	落葉末期	XL	葉片完全凋落，剩枝條
	花出現期	fB	花蕾或花序明顯出現
	開花始期	f	1~2 朵花開
	開花盛期	f	半數以上花開
果	開花末期	f'	少許花+幼果+宿存花萼
	著果期	F	果實已成形但未成熟
	果成熟期	F'	半數以上果實為成熟顏色
	果落始期	F''	種子開始飛散或掉落
	果落末期		種子幾乎飛散或掉落

(資料來源：本研究)

(二) 計量方式

物候現象呈明顯表現者(例如新葉、落葉、大量開花、結果等)，以表現狀態佔樹冠面積之百分比定量記錄，給予 0 到 100 之百分等級。

其中樹冠面積百分比之計量方式，初次記錄參照台灣長期生態研究樣區之『闊葉樹林物候調查作業準則』中調查方法內『樹冠可通視』狀況下處理方式(郭誠孟，1997)。引用內文如下：

記錄植物各物候期出現豐度的方法，可透過畫有 100 個 2 cm × 2 cm 小正方形框的正方形透明壓克力板，觀測樹木樹冠與各物候期，觀測時調整樹木、

壓克力板與觀測者之間的距離，使觀測之樹冠頂部及底部，或是冠幅之左右兩側，與壓克力板上的正方框之上下邊緣或側緣切齊。計算樹冠範圍所佔的方格數(a)，及各項物候期所佔之方格數(b)與顏色，以公式 b/a 作為該物候期之出現風度百分比。當所觀察的物候期對象所佔的位置未填滿 $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 小正方框格(不足一格)時以一格為計算。

(下載文件網站：台灣長期生態研究網 <http://lter.npust.edu.tw/>)

之後記錄以首次記錄數據為基準，每次觀察再加以增減表現量值，如遇到大規模物候變化或歷經半年記錄時間，再以透明壓克力板觀測修正記錄量值。

(三) 觀測方法

於樣區內有 6 座鋁管鷹架，鷹架 1.8 m，其中 4 座為 2 層高，其餘 2 座為單層，以肉眼直接觀望樹冠層之物候變化。由於較高倍率的望遠鏡只能視及一定距離外之物體，此視距會造成鷹架上觀測近距離樣木時之限制，而若干距離鷹架較遠之樣木，則使用 10×25 倍數之望遠鏡觀測。逐月記錄該樣木所表現物候之豐富度，以單一植株為單位，記錄時間軸上各物候所出現之豐富度變化。

(四) 調查週期

物候觀察記錄以一個月為調查週期，但在春夏季時每月做 2 次調查。第一次調查於 2006 年 9 月 30 日，最後一次調查為 2007 年 11 月 10 日，研究時間有 14 個月，總計有效調查次數為 20 次。

第三章 結果與討論

第一節 小苗組成與物種豐量

本研究於2002年7月在南仁山步道3.4 k南側森林設置20個面積為1 m²的小苗樣區，進行小苗更新動態的長期觀察，當時共記錄到56種木本植物高度小於1 m的植株，其中有52種小苗自當時開始即一直存在樣區內沒有消失(表3-1)。經過一年，此56種中江某的小苗死亡，不再是小苗群聚的組成分子，但此期間新加入蟲屎此物種，植物組成仍維持56種(表3-1)。至2004年7月，細葉茶梨與華八仙小苗消失，但新加入白柏，組成種數降至55種。至2005年7月，疏花紫珠消失而加入白匏仔；至2006年7月又加入三叉虎，2007年7月再加入野牡丹，小苗組成增加至57種。由表3-1可知在五年間消失4種植物，包括台灣珍貴稀有的細葉茶梨，此4種均為耐陰樹種，而新加入的5種除了三叉虎之外，蟲屎、白柏、白匏仔及野牡丹均為典型的擾動後才出現的陽性植物。在此期間2003年9月的杜鵑颱風及2005年7月的海棠颱風，對南仁山森林有極為顯著的擾動，許多林木傾倒或枝幹折斷，產生許多樹冠孔隙，有利於陽性植物的萌發與生長。野牡丹於2007年大量發生，至11月大多植株已達1.0~1.8 m，佔據樣區內大多數光資源較高的微生育地，對原有樹苗的生長可能有不利的影響。

南仁山步道3.4 k北側樣區在2004年8月調查到有59種木本植物的小苗，其中有55種在2004年8月至2007年7月三年間均持續存在(表3-2)。2005年8月此樣區消失短尾葉石櫟但新增紅果金粟蘭，仍維持59種的小苗組成；隔年(2006年8月)原有的血桐消失，但新增白柏及山菜豆二種，組成種數增加至60種；再隔一年(2007年7月)，消失了三叉虎及壺灌木，但新增樹杞一種，物種數與三年前一樣，都是59種(表3-2)。

表 3-1 南仁山迎風坡森林南側樣區 2002 年 7 月至 2007 年 7 月五年間的小苗組成動態變化

	2002 年 7 月	2003 年 7 月	2004 年 7 月	2005 年 7 月	2006 年 7 月	2007 年 7 月
五年均存在之樹種(52 種)						
台灣八角、日本賽衛矛、長尾尖葉槲、恆春石斑木、細脈赤楠、九節木、鐵雨傘、大頭茶、小葉赤楠、大明橘、小葉木犀、台灣蕘花、武威新木薑子、金平氏冬青、香楠、奧氏虎皮楠、廣東瓊楠、樹杞、山黃梔、毛雞屎樹、杜英、南仁山灰木、山豬肝、台灣黃杞、狗骨仔、紅果金粟蘭、台灣紅豆、江某、紅楠、領垂豆、鐵冬青、南仁山柃木、烏來冬青、嶺南青剛櫟、銳脈木薑子、福木、錫蘭饅頭果、楊桐葉灰木、福建賽衛矛、錫蘭饅頭果、南仁五月茶、革葉冬青、捲斗櫟、紫珠、唐杜鵑、港口木荷、雞屎樹、小葉樟、軟毛柿、大錦蘭、竹柏						
	2002 年 7 月	2003 年 7 月	2004 年 7 月	2005 年 7 月	2006 年 7 月	2007 年 7 月
五年內消失或新增(N)之樹種						
	江某	(消失)	-	-	-	-
	細葉茶梨	細葉茶梨	(消失)	-	-	-
	華八仙	華八仙	(消失)	-	-	-
	疏花紫珠	疏花紫珠	疏花紫珠	(消失)	-	-
	-	蟲屎(N)	蟲屎	蟲屎	蟲屎	蟲屎
	-	-	白柏(N)	白柏	白柏	白柏
	-	-	-	白匏仔(N)	白匏仔	白匏仔
	-	-	-	-	三叉虎(N)	三叉虎
	-	-	-	-	-	野牡丹(N)
小計	56 種	56 種	55 種	55 種	56 種	57 種

(資料來源：本研究)

表 3-2 南仁山迎風坡森林北側樣區 2004 年 8 月至 2007 年 7 月三年間的小苗組成動態變化

	2004 年 8 月	2005 年 8 月	2006 年 8 月	2007 年 7 月
三年均存在之樹種(55 種)				
台灣八角、日本賽衛矛、長尾尖葉槲、恆春石斑木、九節木、鐵雨傘、大明橘、大頭茶、小葉木犀、小葉赤楠、山黃梔、山豬肝、毛雞屎樹、台灣蕘花、白匏仔、金平氏冬青、南仁五月茶、奧氏虎皮楠、楊桐葉灰木、綠樟、廣東瓊楠、蟲屎、小葉樹杞、竹柏、武威新木薑子、香楠、軟毛柿、江某、南仁山柃木、野牡丹、福木、錐果櫟、雞屎樹、狗骨仔、瓊楠、桃葉珊瑚、菲律賓饅頭果、台灣天仙果、杜英、紅楠、銳脈木薑子、薄葉玉心花、小葉樟、烏心石舅、臭辣樹、革葉冬青、烏來冬青、嶺南青剛櫟、福建賽衛矛、細葉饅頭果、細脈赤楠、山紅柿、希蘭灰木、烏心石、疏花紫珠				
	2004 年 8 月	2005 年 8 月	2006 年 8 月	2007 年 7 月
三年內消失或新增(N)之樹種				
	短尾葉石櫟	(消失)	-	-
	血桐	血桐	(消失)	-
	三叉虎	三叉虎	三叉虎	(消失)
	壺灌木	壺灌木	壺灌木	(消失)
	-	紅果金粟蘭(N)	紅果金粟蘭	紅果金粟蘭
	-	-	白柏(N)	白柏
	-	-	山菜豆(N)	山菜豆
	-	-	-	樹杞(N)
小計	59 種	59 種	60 種	59 種

(資料來源：本研究)

小苗更新動態樣區所調查的 45 個小苗樣區，於 2007 年 7 月共調查到 68 種可鑑定種類的木本植物，總株數為 1460 株，平均密度為 32.5 株 m^{-2} 。在這 68 種中，數量最多的前五種為日本賽衛矛、台灣八角、恆春石斑木、九節木及鐵雨傘(表 3-3)，小葉赤楠與細脈赤楠的密度也很高，每 m^2 有 1 株以上。恆春石斑木及細脈赤楠被認定是台灣特有且稀有的樹種，南仁山生態保護區為其主要的分布地，此兩種小苗的數量在樣區內仍多，表示更新良好，可持

續維持族群豐量。在種數 68 種的小苗組成中，每 10 m² 面積株數不到 1 株(密度低於 0.1 株 m⁻²)的樹苗有 28 種，佔全體種數的 41%。這些種類中有 8 種的植株僅有 1 株，包含台灣特有且稀有的台灣紅豆樹、細葉茶梨及希蘭灰木 3 種；小苗株數僅 2 株的有 7 種，其中包括台灣特有且稀有樹種的烏心石舅等 7 種(表 3-3)。此資料顯示這些台灣特有且稀有的樹種天然更新的小苗的確很稀少，需特別加以重視。研究樣區中陽性樹種有白匏仔、白柏、蟲屎及野牡丹 4 種，以白匏仔的數量最多，每 m² 將近 1 株，這些陽性樹種在颱風破壞樹冠層後逐漸長出，但隨著樹冠逐漸鬱閉株數逐漸減少，但因生長速度很快，已有許多植株長成稚樹，達 1 m 高，佔據空間。

表 3-3 南仁山 2007 年 7 月調查到所有小苗的數量及密度(株 m⁻²)

樹種	株數	密度(株 m ⁻²)	樹種	株數	密度(株 m ⁻²)
日本賽衛矛	188	4.18	台灣天仙果	7	0.16
台灣八角	174	3.87	雞屎樹	7	0.16
恆春石斑木	139	3.09	福建賽衛矛	6	0.13
九節木	94	2.09	菲律賓饅頭果	6	0.13
鐵雨傘	74	1.64	捲斗櫟	5	0.11
小葉赤楠	59	1.31	銳脈木薑子	4	0.09
細脈赤楠	53	1.18	南仁五月茶	4	0.09
白匏仔	44	0.98	革葉冬青	4	0.09
大頭茶	44	0.98	小葉樹杞	4	0.09
長尾尖葉槲	40	0.89	台灣黃杞	4	0.09
大明橘	39	0.87	錐果櫟	3	0.07
小葉木犀	38	0.84	軟毛柿	3	0.07
金平氏冬青	34	0.76	綠樟	3	0.07
武威山新木薑子	33	0.73	嶺南青剛櫟	3	0.07
白柏	31	0.69	烏來冬青	3	0.07
奧氏虎皮楠	29	0.64	三叉虎	3	0.07
台灣蕘花	22	0.49	唐杜鵑	3	0.07
領垂豆	19	0.42	桃葉珊瑚	3	0.07
江某	17	0.38	大錦蘭	2	0.04
山黃梔	17	0.38	樹杞	2	0.04
紅果金粟蘭	16	0.36	細葉饅頭果	2	0.04
毛雞屎樹	15	0.33	臭辣樹	2	0.04
竹柏	15	0.33	烏心石舅	2	0.04
山豬肝	14	0.31	薄葉玉心花	2	0.04
南仁山柃木	14	0.31	港口木荷	2	0.04
蟲屎	13	0.29	恆春紅豆樹	1	0.02
華河瓊楠	12	0.27	烏心石	1	0.02
福木	12	0.27	疏花紫珠	1	0.02
野牡丹	12	0.27	瓊楠	1	0.02
紅楠	11	0.24	細葉茶梨	1	0.02
狗骨仔	10	0.22	鐵冬青	1	0.02
香楠	8	0.18	希蘭灰木	1	0.02
杜英	8	0.18	山红柿	1	0.02
小葉樟	8	0.18			
楊桐葉灰木	7	0.16			

(資料來源：本研究)

第二節 小苗更新樣區樹苗出生死亡動態

將本研究南北兩側共 45 個小苗樣區的資料合併，分析 2005 年至 2007 年三年期間不同月份樹苗的出生與死亡情形(表 3-4)。在新生苗出生株數方面，2005 年及 2007 年新生苗株數均在 350 株以上，2006 年新生苗較少，只有 236 株。死亡株數方面反而是以 2006 年死亡 251 株較多，2005 年及 2007 年均低於 250 株。上述資料顯示，整體而言此處森林小苗的出生株數是大於死亡株數，三年內合計出生 976 株，死亡合計只有 648 株，出生株數比死亡株數多出 51%，表示此區小苗更新狀態是健康的，生態功能健全。再比較不同月份的小苗出生狀況，發現每年不同月份小苗出生株數並無一定的趨勢，2005 年在 5~10 月有較多的出生株數，但 2006 年 4~7 月出生株數很少，2007 年 7~8 月出生株數亦較其它月份低(表 3-4)。在不同月份的死亡株數方面，似乎在颱風季節的 7~9 月有較多的死亡株數，例如 2005 年 7 月中旬的海棠颱風，2006 年 7 月下旬的傑米颱風，均帶來極高的降雨量，使樣區內的小苗被水沖走或被泥土覆蓋而死亡。在 2006 年 7 月 24 日至 8 月 4 日兩週內降下約 500 mm 的雨量，我們調查到樣區內有 84 株小苗死亡，為歷年來單月死亡株數最多的一次，佔全年死亡株數的 33%。

表 3-4 南仁山迎風坡森林 2005 年至 2007 年不同月份 45 個小苗樣區樹苗出生及死亡株數

	月 份												小計
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2005 年													
出生	-	-	10	19	41	70	-	52	42	40	15	11	350
死亡	-	-	12	7	19	9	-	44	22	34	20	12	179
2006 年													
出生	27	42	36	13	5	10	9	24	28	28	8	6	236
死亡	19	10	23	14	10	10	21	84	11	11	3	35	251
2007 年													
出生	-	-	78	49	54	45	28	20	42	34	40		390
死亡	25	23	10	3	20	5	40	23	43	15	11		218

(資料來源：本研究)

2007年3~11月樣區內共新生了390株小苗，分屬36種樹種(表3-5)。這35種中新生苗株數最多的是日本賽衛矛，有84株，佔全部新生苗總數的21.5%。本樹種新生苗數量極多，因此也是本區所有小苗組成種類68種中密度最高的樹種(表3-3)。日本賽衛矛在2007年3~11月各個月份都有新生苗產生。新生苗株數最多排名第二及第三的樹種為恆春石斑木與台灣八角，此二種也是所有小苗密度最高的前三名(表3-3)。這些有新生苗的36種中，新生苗株數低於10株及5株的種數分別有25種及16種，而在45個小苗樣區調查到的68種中，有32種樹種在這段期間均無任何小苗出生，佔總物種數的47%。新生苗在各月份出生的株數以3~6月有較多的趨勢，可達45株以上，7~8月出生量較低均不到30株。在不同月份出生的物種數方面，也是以春季較多，夏季較低(表3-5)。

各種新生樹苗在不同苗齡的存活死亡百分率方面，經統計2005年至2006年兩年期間，在45個小苗樣區內新生的小苗，截至2007年7月的存活死亡狀況(表3-6)，得知新生苗總株數在5株以上的有22種，其中陽性樹種的蟲屎與白匏仔的新生苗，在出生後有機會存活半年的植株的實際存活率分別僅有62及65%，出生後一年之存活率降分別低至33及48%；然而同樣被認定是陽性樹種的白柏與野牡丹，新生小苗出生後一年的存活率分別可維持在80及100%(表3-6)，可見此兩種小苗在當地的存活率較白匏仔高出甚多。上述4種樹種以外的18種樹苗中，小苗出生後半年內存活率達100%的有大頭茶、台灣蕘花、江某、小葉木犀、武威新木薑子、鐵雨傘及領垂豆等7種，其中後4種小苗出生後一年仍無死亡植株，維持100%存活率。表3-6的18種耐陰樹苗中，苗齡有機會達半年者，實際存活率在80%以下的樹種只有小葉赤楠、金平氏冬青、紅果金粟蘭及南仁山柃木等4種，苗齡有機會達一年，而實際存活率低至50%以下者只有金平氏冬青(43%)一種。由上述22種樹苗出生一年的實際存活率(表3-6)可知，陽性樹種的白匏仔與蟲屎小苗不易存活，耐陰種的金平氏冬青新生苗存活率亦低，而其餘樹種的新生苗有60%的植株可活過一年。本區耐陰樹種新生苗最多的前5種，恆春石斑木、九節木、

表 3-5 南仁山迎風坡森林 45 個小苗樣區 2007 年不同月份新生株數

樹種	月 份										小計
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
日本賽衛矛	15	10	4	17	5	5	13	9	6		84
恆春石斑木	14	6	6	7	3		1		2		39
台灣八角	7	11	5	6	1			1			31
大頭茶	5	2	4	3		1	2	1	6		24
金平氏冬青	5		1	2	5	3	4	4			24
九節木	4			1		2	7	2	5		21
細脈赤楠	1		6	2		3	3	2	3		20
紅果金粟蘭	1	1	6	2	1	2		1	4		18
小葉木犀		1	2		1	1		4	3		12
鐵雨傘	8	2	1	1							12
江某	1	2	2		2	1	1		1		10
小葉赤楠	2		1	1	1			1	3		9
大明橘	3	1	4								8
台灣蕘花	1	1	3		1			1	1		8
白匏仔	2	5		1							8
山黃梔	2	1			2			1	1		7
竹柏	1	1	4								6
武威新木薑子		2	2		1			1			6
南仁山柃木			2		2				2		6
野牡丹							6				6
白柏								2	2		4
毛雞屎樹	1	1	1								3
廣東瓊楠					2	1					3
領垂豆	3										3
蟲屎	1						1	1			3
香楠		1			1						2
紅楠						1			1		2
錐果櫟							2				2
楊桐葉灰木								2			2
三叉虎		1									1
台灣天仙果				1							1
長尾尖葉槲	1										1
柃木				1							1
小葉樹杞							1				1
黃杞							1				1
軟毛柿								1			1
合計	78	49	54	45	28	20	42	34	40		390

(資料來源：本研究)

日本賽衛矛、細脈赤楠及台灣八角，由苗齡半年到一年之間，前3種的新生苗存活率會降低11-14%，而台灣八角只降低3%，可見台灣八角新生苗若能活過半年，之後的死亡率即很低，可在南仁山迎風坡森林內持續健建立。

表 3-6 南仁山迎風坡森林 2005 年至 2006 年出生之新生小苗有機會存活半年及一年之株數及該期間小苗實際存活率。樹種有*標記者為非耐陰種，其餘為耐陰種，括號內數字為存活率

樹種	苗齡半年	苗齡一年	樹種	苗齡半年	苗齡一年
恆春石斑木	82 株(88%)	76 株(74%)	金平氏冬青	9 株(67%)	7 株(43%)
白匏仔*	57 株(65%)	54 株(48%)	大明橘	9 株(89%)	5 株(100%)
九節木	46 株(89%)	40 株(78%)	台灣蕘花	9 株(100%)	8 株(88%)
日本賽衛矛	43 株(88%)	23 株(74%)	紅果金粟蘭	9 株(78%)	9 株(67%)
細脈赤楠	39 株(97%)	37 株(89%)	野牡丹*	8 株(100%)	3 株(100%)
台灣八角	39 株(82%)	29 株(79%)	武威新木薑子	7 株(100%)	4 株(100%)
蟲屎*	26 株(62%)	24 株(33%)	鐵雨傘	7 株(100%)	6 株(100%)
大頭茶	18 株(100%)	17 株(82%)	奧氏虎皮楠	6 株(83%)	6 株(67%)
白柏*	18 株(83%)	15 株(80%)	江某	6 株(100%)	5 株(80%)
小葉木犀	17 株(100%)	12 株(100%)	南仁山柃木	5 株(60%)	5 株(60%)
小葉赤楠	12 株(67%)	10 株(60%)	頷垂豆	7 株(100%)	6 株(100%)

(資料來源：本研究)

第三節 小苗的高生長

南仁山迎風坡森林內的小苗，在生長期間常會遭昆蟲啃食、颱風危害或上層枝幹折斷倒伏而使莖部受機械損傷，使後期的高度反而比前期更低。為估算不同樹種苗木一年間的高生長量，本研究以 2002 年首次調查的 20 個小苗樣區的植株為樣本，檢視各樹種各個單株在研究期間莖部高生長的狀況，選取莖部生長正常，未受明顯折損的植株為統計樣本，計算各樹種不同高度級植株一年的淨高生長。表 3-7 列出 43 種樹苗由 2002 年至 2007 年 6 月各樹種苗高淨生長量，發現苗高在 1~10 cm 的 29 種樹苗中，台灣蕘花、大明橘及大錦蘭可長高 6~9 cm，大多數樹苗年淨高生長在 1~3 cm 範圍；苗高級 11~20 cm 的樹苗在 34 種中年淨高生長大於 5 cm 的只有頷垂豆、台灣蕘花、奧氏虎皮楠、杜英、嶺南青剛櫟及金平氏冬青等 6 種，淨高生長在 3~5 cm 的有 12

種，1~3 cm 的也有 12 種，大頭茶、紅楠、及捲斗櫟均低於 1 cm (表 3-7)。當植株長高後其年淨高生長量也會增加，例如台灣八角在苗高 41~50 等級的植株，一年即可長高 19 cm，而恆春石斑木該高度級的植株可長高 18.5 cm。然而有幾個樹種小苗一年間的淨高生長量仍很低，例如鐵雨傘、山黃梔、九節木、大明橘、小葉木犀、竹柏、南仁山柃木等。

統計新生苗木數較多的前 10 種樹苗，在生活史過程莖部未遭折損，高生長正常的植株，在不同苗齡時的苗木高度(表 3-8)，發現此 10 種樹種的新生苗木由種子萌發後的高度最小者為九節木(3.8 cm)，最高者為細脈赤楠(7.7 cm)。這些新生苗木苗齡滿一年時的高度範圍在 6.0~12.6 cm，以陽性樹種白柏的高生長最大，一年可長高 6 cm，其餘 9 種耐陰種小苗一年的淨高生長平均只有 2 cm；此 9 種苗木至苗齡滿三年時，苗高範圍在 8.1~12.9 cm，平均一年淨高生長約 2.5 cm，而白柏苗高已高達 25 cm，在一年內長高 12.4 cm。調查期間新生苗木苗齡滿三年的 8 種中，白柏實際苗高可達 44.8 cm，一年間長高近 20 cm，而其餘 7 種耐陰樹種的小苗高度仍僅在 11.7~21.3 cm 範圍，一年內淨高生長平均為 5.4 cm。在滿四年苗齡的 6 種樹種中，恆春石斑木、小葉赤楠及長尾尖葉槲苗木已可達 30 cm 以上，而台灣八角、日本賽衛矛及鐵雨傘的樹苗高度僅有 14~17 cm，高生長極為緩慢。

表 3-7 南仁山迎風坡森林南側 20 個小苗樣區，2002 年 7 月首次調查即出現，且莖部生長健全之樹苗，至 2007 年 6 月不同高度級樹苗每年之淨高生長(cm y^{-1})

樹種	苗木高度級					
	1-10 cm	11-20 cm	21-30 cm	31-40 cm	41-50 cm	> 50 cm
台灣八角	3.6±1.9 (24) ¹⁾	3.7±0.9 (22)	6.0±2.6(9)	5.8±1.4 (9)	19±10.2 (3)	11.8±6.8 (4)
恆春石斑木	2.6±0.4 (26)	3.6±0.8 (23)	12.3±4.1(10)	6.1±3.3 (4)	18.5±10.5(2)	18.0±3.7 (4)
日本賽衛矛	1.7±0.1(140)	1.5±0.2 (40)	1.7±0.7 (6)	6.3±2.6 (3)	5.5±2.1 (4)	5.5±2.1 (4)
鐵雨傘	2.1±0.3 (26)	3.7±1.4 (20)	5.8±1.0 (9)	3.1±0.5 (8)	3.1±0.9 (7)	5.4±2.2 (6)
領垂豆	3.1±0.6 (5)	7.5±3.1 (16)	6.8±1.9(13)	9.5 (1)	13.5 (1)	0.8±0.3 (2)
長尾尖葉櫛	1.1±0.1 (4)	3.4±1.9 (6)	9.2±2.8 (7)	3.0±1.0 (2)	6.5±1.5 (2)	24.3±6.6 (4)
小葉赤楠	3.2±0.8 (16)	3.2±0.8 (12)	6.0±2.7 (6)	12.5 (1)	6.5±2.7 (4)	1.8±1.0 (5)
大頭茶	1.4±2.4 (8)	0.6±0.2 (4)	4.3±2.3 (2)	6.5 (1)	14.0 (1)	6.0 (1)
山黃梔	2.2±0.3 (6)	1.9±0.4 (15)	2.0±1.5 (3)			
細脈赤楠	2.8±0.4 (7)	1.2±0.4 (9)				6.8±5.3 (2)
九節木	2.1±0.6 (31)	3.2±0.8 (17)	2.9±0.3 (5)	4.0 (1)		
台灣蕘花	7.5±3.9 (4)	7.5±0.0 (2)	13.5 (1)	5.0 (1)		
大明橘	6.8±5.3 (8)	2.1±0.6 (7)	3.3±1.9 (3)	2.7±0.2 (3)	3.8±3.3 (2)	5.7±4.9 (3)
小葉木犀	1.0±0.3 (10)	1.8±0.9 (3)	4.6±3.2 (4)	4.5±2.4 (4)		5.0±1.0 (2)
奧氏虎皮楠	1.6±0.7 (4)	7.5±3.0 (3)	9.2±3.4 (5)	12.5 (1)	3.0±2.0 (2)	50.8±34.2 (3)
大錦蘭	9.0±7.0 (3)		1.9±0.9 (4)	5.0±1.5 (3)		
竹柏	3.1±0.1 (6)	1.8±0.3 (3)				
杜英	4.2 (1)	18.0 (1)				
香楠	2.2±0.3 (8)	2.1±0.1 (10)				
嶺南青剛櫟	1.0 (1)	5.0 (1)				
烏來冬青	4.0 (1)	4.3±2.5 (3)	19.0 (1)			
唐杜鵑	1.8±0.9 (4)	4.0 (1)	16.5 (1)	4.8±0.4 (3)	3.0 (1)	
鐵冬青	3.3 (1)	2.3±0.9 (4)				
山豬肝	1.7±0.4 (3)	3.4±1.1 (2)	27.5 (1)		5 (1)	19 (1)
紅果金粟蘭	25.0 (1)	3.2±1.4 (5)	9.0 (1)		5.5 (1)	
武威新木薑子	4.6±2.2 (11)	2.9±1.1 (8)		32.0 (1)		9.5±2.3 (16)
紅楠	5.2 (1)	0.0 (1)				
細葉饅頭果	3.5 (1)					11 (1)
江棗	1.5±1.5 (2)					
福木		4.4±1.1 (8)	5.0±1.3 (5)	10.6±2.7 (4)		
廣東瓊楠		3.8±0.9 (5)	6.8±0.3 (2)			
楊桐葉灰木		4.5±1.5 (2)	8.6±6.3 (2)	38.5 (1)	19.2±9.9 (3)	
捲斗櫟		0.0 (1)		10.0 (1)	1.3±0.8 (2)	6.8±3.3 (4)
台灣黃杞		2.8±1.2 (2)	3.0±0.7 (4)	6.0 (1)	8.5 (1)	8.5 (1)
南仁山柃木		2.0 (1)	2.5±2.3 (3)			2.0 (1)
金平氏冬青		6.3±4.6 (3)				
軟毛柿		3 (1)				34 (1)
毛雞屎			2.3±1.5 (4)			
小葉樟			7.0 (1)	6.3±1.0 (3)	7.8±2.0 (5)	17.8±8.3 (2)
港口木荷			7.0 (1)		4 (1)	10.8±1.3 (2)
革葉冬青						1.0±0.3 (3)
狗骨仔						8.4±2.4 (5)
南仁五月茶						0.0 (1)

¹⁾括號內為苗木株數
(資料來源：本研究)

表 3-8 南仁山迎風坡森林 20 個樣區莖部生長健全之新生苗不同苗齡之苗高(cm)

樹種	初始苗高	滿一年	滿二年	滿三年	滿四年	滿五年
台灣八角	5.4±0.3 (28) ¹⁾	7.6±0.4 (28)	9.0±0.9 (13)	11.7±1.3 (11)	16.2±2.2 (6)	
日本賽衛矛	6.4±0.7 (26)	7.9±0.7 (26)	11±1.1 (10)	12.5±2.1 (5)	14.1±3.8 (4)	
九節木	3.8±0.3 (10)	6.0±0.7 (10)	7.5±2.5 (2)			
細脈赤楠	7.7±0.4 (34)	10.4±0.6 (34)	13.0±3.1 (3)	11.0±2.0 (2)		
恆春石斑木	5.8±0.4 (32)	7.0±0.4 (32)	9.6±1.3 (11)	18.7±3.3 (3)	37.5±4.5 (2)	
白柏	6.4±0.8 (8)	12.6±1.6 (8)	25.0±3.5 (4)	44.8±9.8 (4)		
大頭茶	4.7±0.4 (9)	6.8±0.7 (10)	8.1±1.1 (7)			
小葉赤楠	4.6±0.5 (14)	6.1±0.6 (14)	8.9±1.3 (8)	21.3±10.8 (2)	30.5±16.5 (2)	61.0±0.0 (1)
長尾尖葉櫨	6.9±0.5 (11)	8.7±0.9 (11)	11.2±2.1 (6)	17.4±5.2 (4)	32.0±11.0(2)	
鐵雨傘	5.4±0.4 (21)	8.5±0.7 (21)	12.9±2.3 (7)	17.1±3.8 (4)	16.7±2.0 (3)	20.5±5.5 (2)

¹⁾括號內為苗木株數

(資料來源：本研究)

第四節 九種樹苗在森林現地的光合作用率日變化

為了解迎風坡森林，林下樹苗白天碳收穫與夜間碳支出，兩者的收支是否會平衡，故選取 9 種樹種，每種 4 株，測定各株樹苗白天不同時段的光合作用率日變化。已於 2007 年 5-11 月，每個測定日於 7:00 至 17:00 測定此 9 種樹苗的光合作用日變化一天，以 8 月 30 日為例，各樹種光合作用及光量的日變化示如圖 3-1。由該圖可知在清晨 7:00-8:00，以及下午 15:00 以後，林內光量均很低，因此各樹種的淨光合作用率在 $0-1.0 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 之間，中午期間會有較高的光量，使各樹種苗木的淨光合作用率提高，尤其是白柏與野牡丹可有高過 $6 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 的淨光合作用率(圖 3-1)。

本研究碳收支供試 9 樹種各 4 個單株的苗高、單株葉片數及單株葉面積基本資料如表 3-9 所示。這 9 種樹苗中，大頭茶、台灣薨花及白匏仔的單株葉片數較少，都在 10 片以下，而台灣薨花的單葉面積較另二種更小，因此其單株葉面積平均僅有 51cm^2 ，恆春石斑木葉片也很小，單株葉面積平均只有 85cm^2 ，其餘 7 種樹苗各單株的葉面積多在 100cm^2 以上(表 3-9)。樹苗有較多的葉片，較大的單株葉面積對 CO_2 固定量會有助益，有利苗木的生長。

各樹種 4 株樹苗白天不同時段測得的瞬間淨光合作用率與測定時光量的關係，列如圖 3-2，3-3 及 3-4。圖 3-2 顯示小葉樟、大頭茶、台灣八角不同月份的測定日樹苗淨光合作用率與光量多呈直線正相關，但在不同的測定日此兩因子迴歸式的斜率變化仍大，例如小葉樟在 5 月時迴歸線的斜率可高達 0.0573，在 11 月為 0.031，而 6 月、8 月及 10 月僅在 0.02 及 0.03 之間，而該斜率在 7 月時低至 0.0052(圖 3-2)。小葉樟在 7 月的測定日，當光量高於 $150 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 時，其淨光合作用率並不會隨光量的提高而明顯增大，大頭茶在相同測定日有類似的情況，光合作用率與光量關係迴歸線的斜率只有 0.0085，台灣八角在 8 月的表現也類似。

表 3-9 供試 9 種樹苗各 4 株之單株苗高(cm)、葉片數及葉面積(cm²)。測定日期為 2007 年 7 月

樹種		1	2	3	4	平均
小葉樟	苗高	46	26	43	54	42±6
	葉片數	40	13	27	32	28±6
	單株葉面積	341	123	138	179	195±50
大頭茶	苗高	61	58	14	15	37±13
	葉片數	9	12	10	6	9±1
	單株葉面積	317	612	181	92	300±114
台灣八角	苗高	21	26	33	24	26±3
	葉片數	11	16	16	13	14±1
	單株葉面積	126	208	356	159	212±51
台灣蕘花	苗高	30	36	30	28	31±2
	葉片數	18	4	2	4	7±4
	單株葉面積	93	55	18	37	51±16
恆春石斑木	苗高	44	31	49	63	47±7
	葉片數	8	10	14	10	11±1
	單株葉面積	62	67	151	61	85±22
長尾尖葉槿	苗高	41	59	26	58	46±8
	葉片數	10	25	8	20	16±4
	單株葉面積	136	246	108	248	185±37
白柏	苗高	63	54	88	78	71±8
	葉片數	15	10	23	15	16±3
	單株葉面積	152	94	422	250	229±72
白匏仔	苗高	82	75	35	56	62±11
	葉片數	8	11	3	9	8±2
	單株葉面積	330	465	49	235	270±88
野牡丹	苗高	43	24	32	37	34±4
	葉片數	15	9	7	11	11±2
	單株葉面積	282	180	246	486	298±66

(資料來源：本研究)

台灣蕘花、恆春石斑木及長尾尖葉槲在各測定日測得的淨光合作用率與測定時的光量也多呈直線正相關(圖 3-3)，台灣蕘花在 10 月及 11 月兩次測定時迴歸線的斜率可達 0.40 以上，但其它 4 日則低於 0.03；恆春石斑木在 7 月、8 月有很高的斜率，但在 10 月照到 $150\sim 250 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 的光量時，淨光合作用率卻未能提升，然而在同一光量範圍淨光合作用率與光量有良好的正相關，淨光合作用率可高達 $8.0 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，為極高的生理表況(表 3-3)。

供試 9 種樹苗中，白柏、白匏仔及野牡丹這 3 種屬於非耐陰樹種，它們在各月份光合作用日變化測定時，淨光合作用率與光量亦有顯著直線正相關，且在照到較高光量時淨光合作用可有快速的提升(圖 3-4)，淨光合作用率與光量的迴歸線斜率大多數的測定日是大於 0.02，表示這些非耐陰的樹苗對光量的提高有很好的利用效率。若合併同一樹種 4 株樹苗在 6 個測定日的所有數據，則此 9 種樹苗在南仁山森林現地的淨光合作用率與光量的關係並不完全是呈直線正相關(圖 3-5)。此 9 種樹苗中，恆春石斑木、白柏及白匏仔上述關係是有顯著直線正相關，且決定係數可達 0.7 以上，而台灣八角、台灣蕘花及野牡丹淨光合作用率隨光量而增大的關係，是呈自然對數關係，但小葉樟、大頭茶、長尾尖葉槲這 3 樹種卻是以二次曲線表示時有較高的決定係數，表示此 3 樹種在較高光量時(約高於 $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)，其淨光合作用率並不比較低光量時高。為比較在低光條件下各樹苗光合作用率對光量的利用效率，本研究以不同月份各單株光合作用日變化測定時，光量低於 $100 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 條件下測得的數樣當樣本，繪製各樹種淨光合作用率隨光量變化的趨勢圖(圖 3-6)。結果發現在低光條件下，各樹種該趨勢均呈直線正相關，迴歸線的斜率以長尾尖葉槲的 0.0511 最大，其次為台灣蕘花(0.0434)、小葉樟(0.0397)，而恆春石斑木、野牡丹與大頭茶等 3 樹種迴歸線的斜率在 0.0361~0.0364 之間，3 樹種很接近；斜率高於 0.03 的另有白匏仔與白柏，供試 9 樹種中以台灣八角的斜率最低。上述結果顯示，本研究 6 種耐陰樹種，除了台灣八角之外，另 5 種光合作用對光量的利用效率是大於非耐陰種，這是合於學理的結果。至於為何台灣八角光合作用對低光的利用效率如此低，目前仍無足夠的資料可解釋。

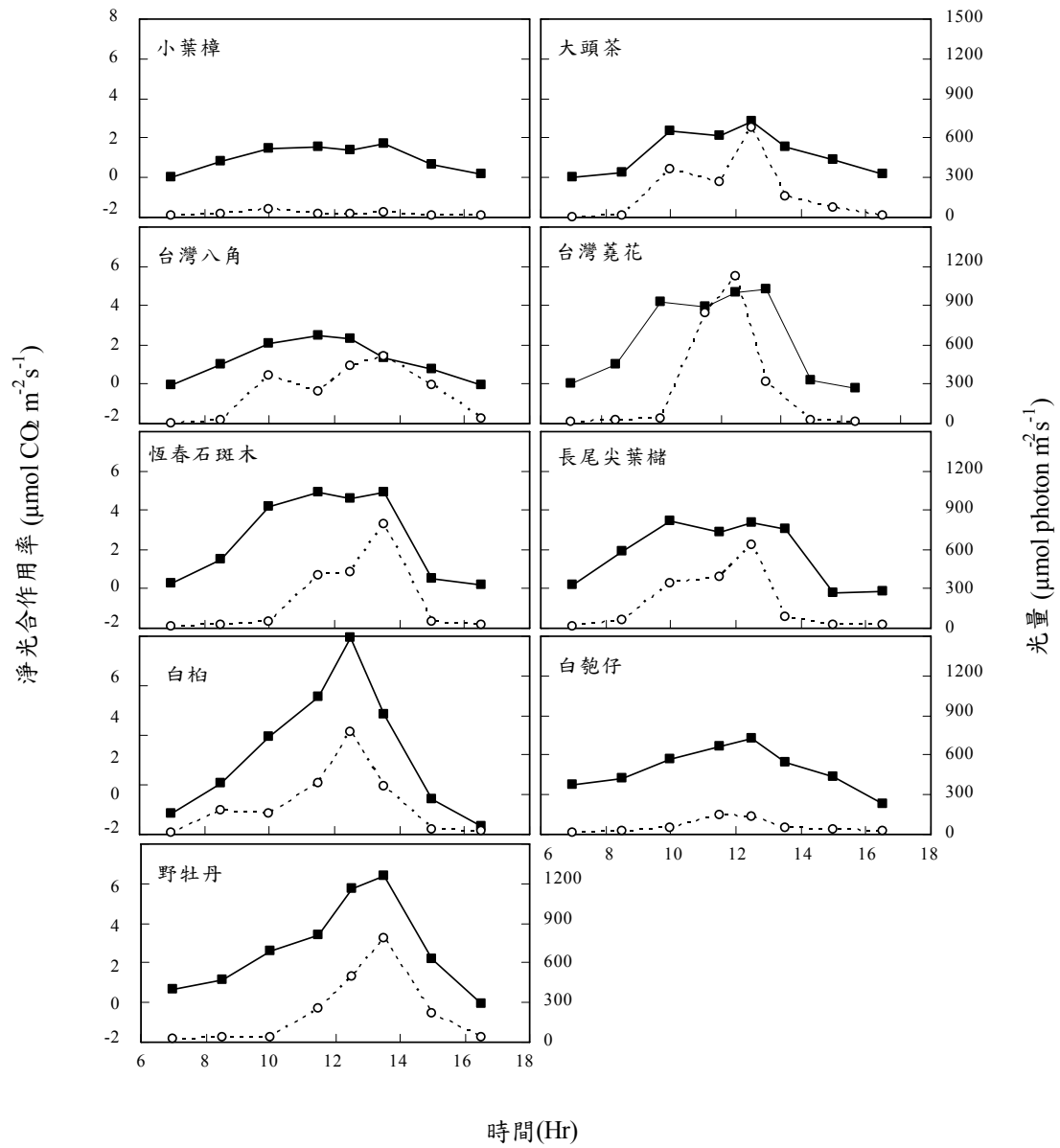


圖 3-1. 供試 9 種樹苗 2007 年 8 月 30 日淨光合作用率(■)及光量(o)之日變化
(資料來源：本研究)

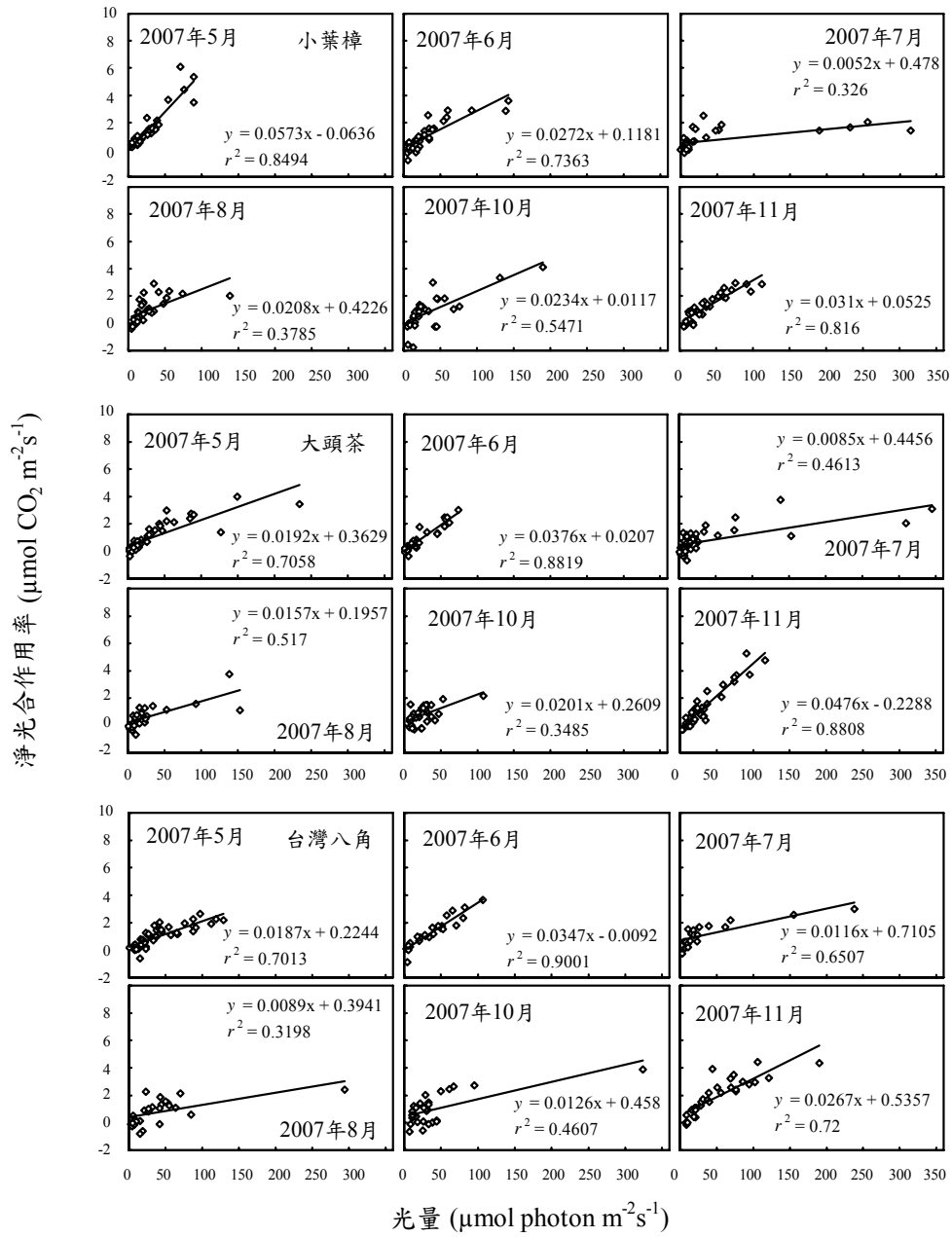


圖 3-2. 小葉樟、大頭茶及台灣八角樹苗 2007 年不同月份淨光合作用率隨光量之變化

(資料來源：本研究)

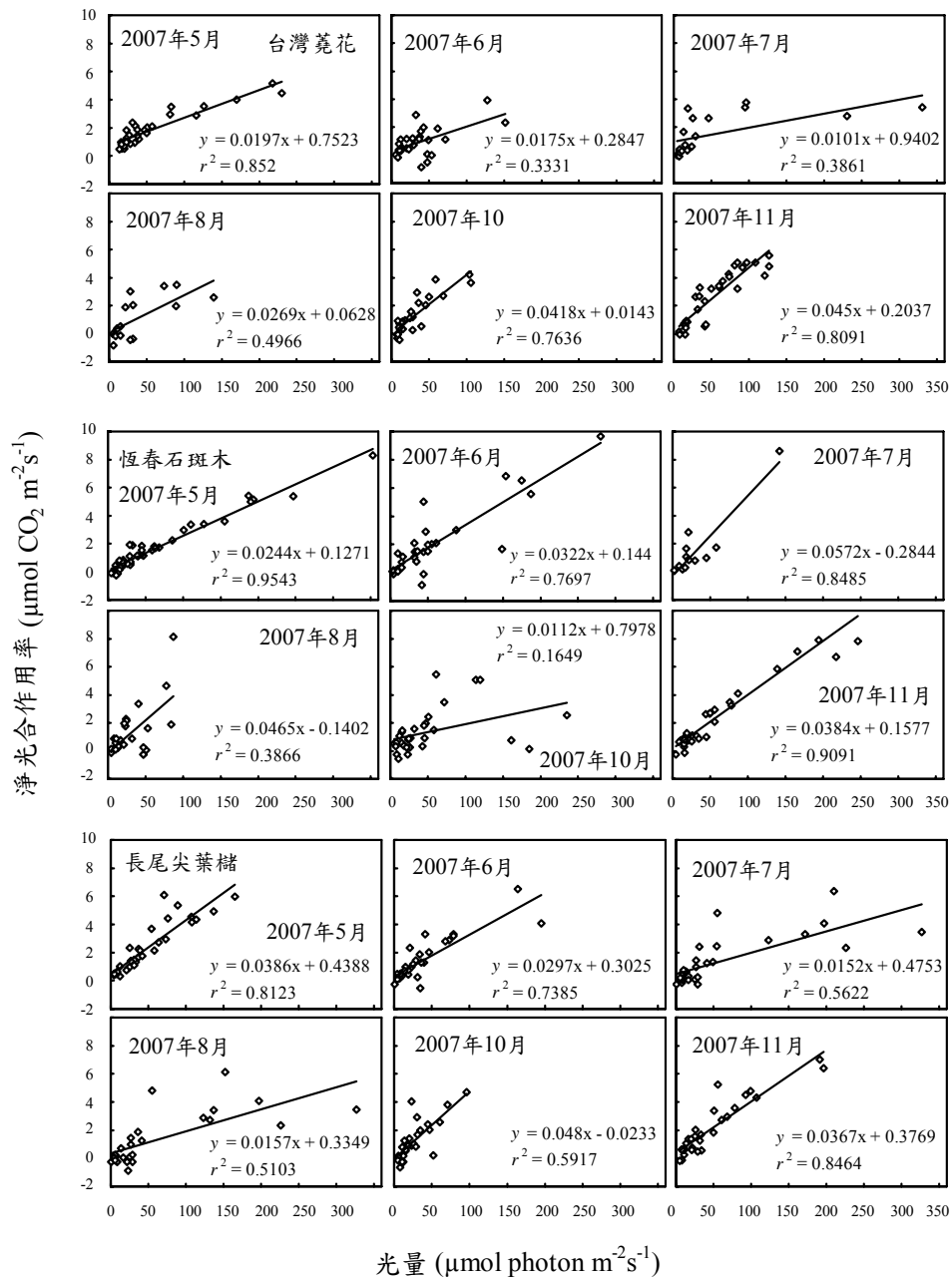


圖 3-3. 台灣莧花、恆春石斑木及長尾尖葉櫛樹苗 2007 年不同月份淨光合作用率隨光量之變化

(資料來源：本研究)

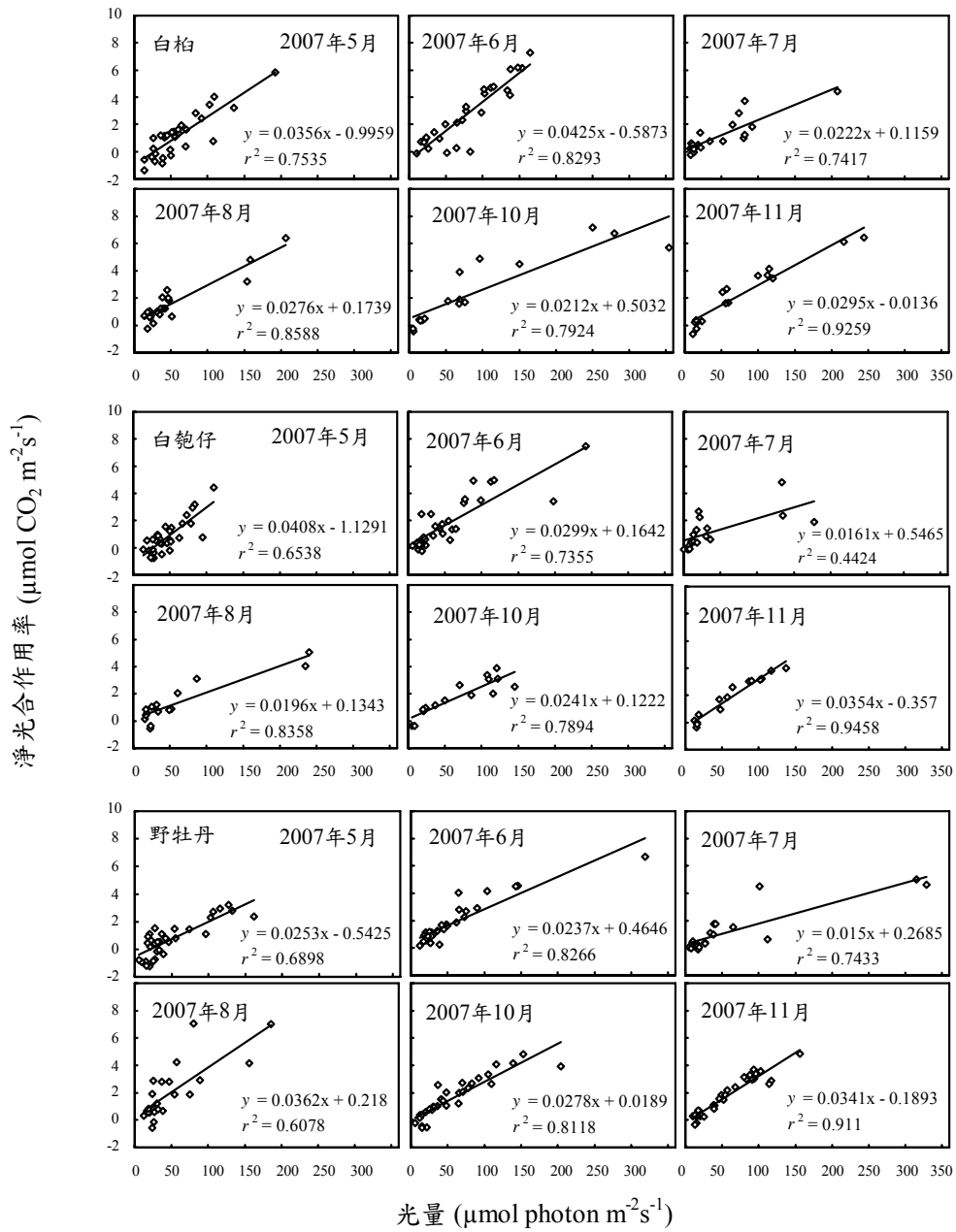


圖 3-4. 白柏、白匏仔及野牡丹樹苗 2007 年不同月份淨光合作用率隨光量之變化

(資料來源：本研究)

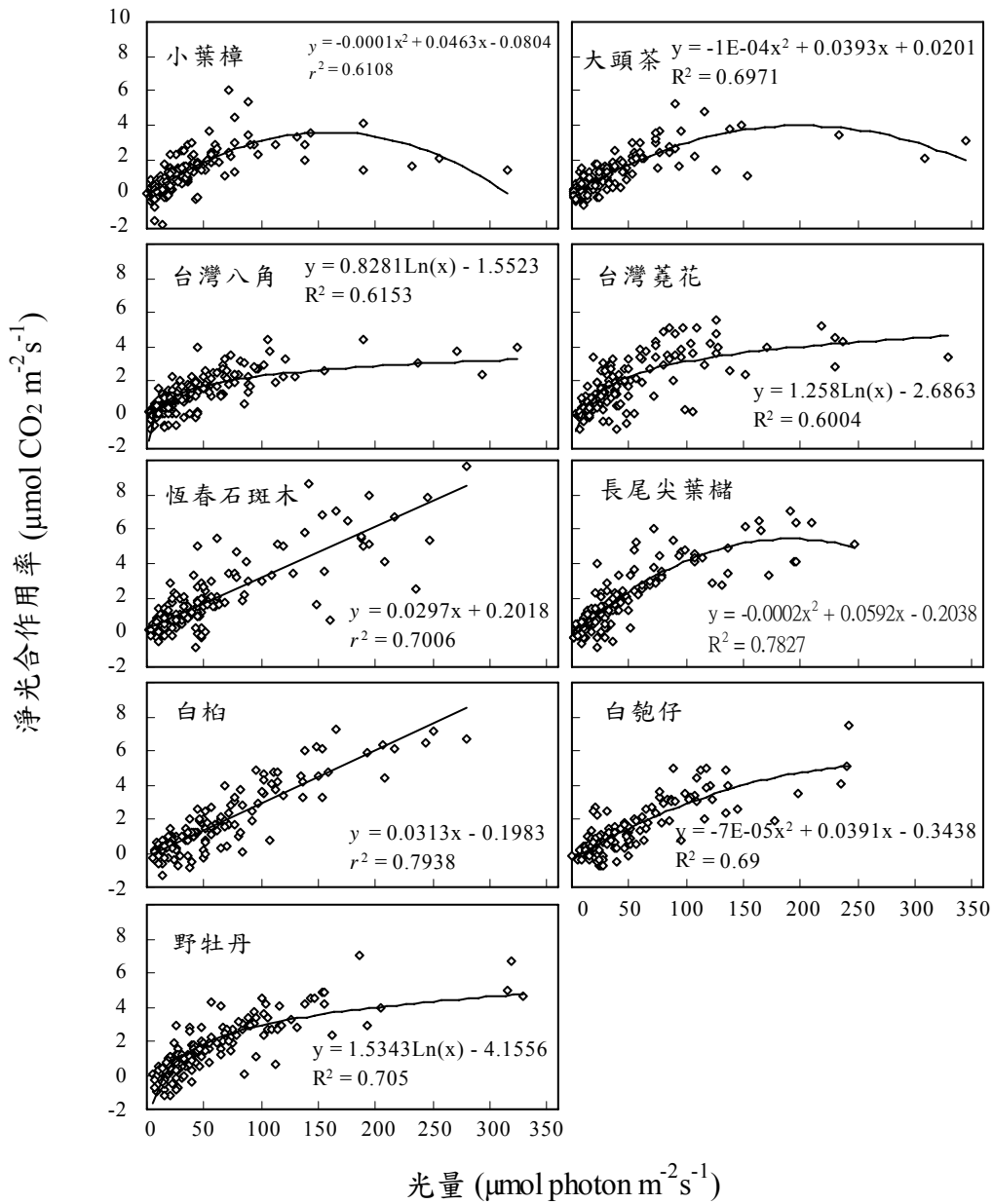


圖 3-5. 供試 9 種樹苗淨光合作用率隨測定時光量之變化。測定期間為 2007 年 5 月至 11 月。

(資料來源：本研究)

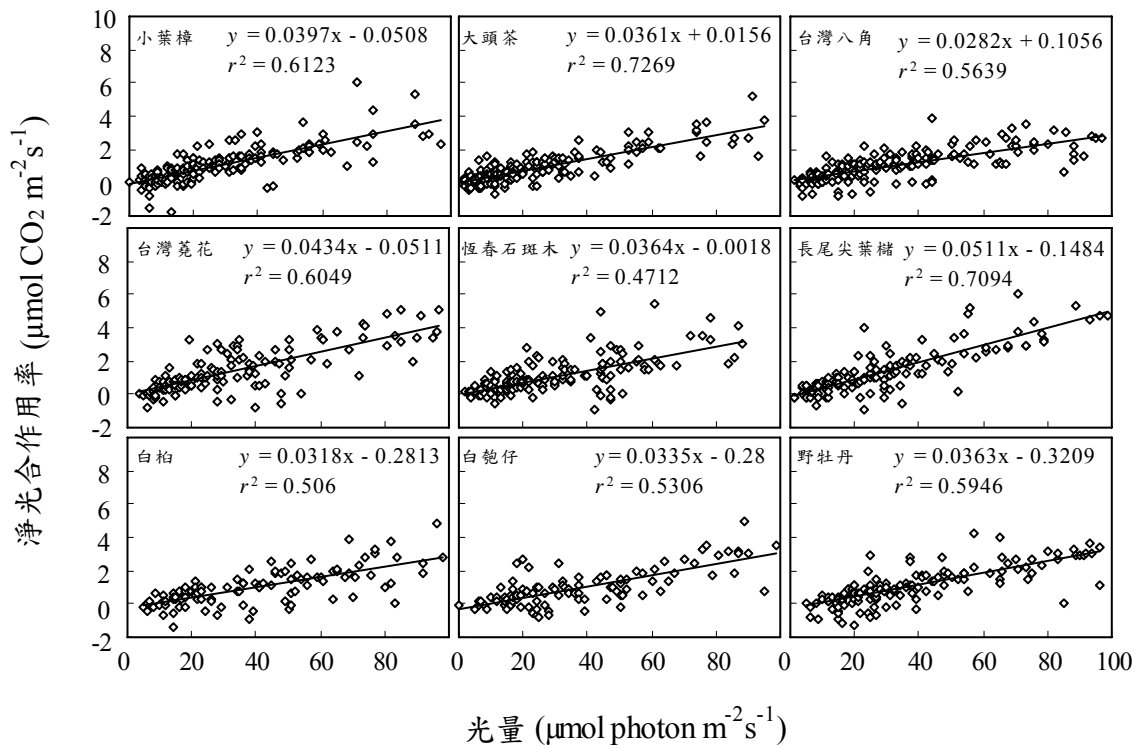


圖 3-6. 供試 9 種樹苗在低光條件下淨光合作用率隨光量的變化。測定期間為 2007 年 5 月至 11 月。直線迴歸式的斜率大小可代表各種樹苗光合作用對光量的使用效率。

(資料來源：本研究)

光量高於 $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 時，本研究有幾個樹種光合作用對光量的利用效率很低，此現象可以有兩項解釋，第一項是除了恆春石斑木、白柏及白匏仔外，其它 6 種在該處的光量條件下，淨光合作用率已接近飽和，光量再增強也不能將其能量轉移到卡爾文循環上，使 CO_2 固定速率提高。第二個可能原因，是這些原本生長在林下低光條件的樹苗，當葉部偶而照到約 $200\sim 300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 短時間稍高的太陽輻射(斑光)，此時葉綠體內進行光合作用所需的酵素 Rubisco 可能尚未完全有活性，而是需要一段時間的活化才能完全發揮這葉片應有的光合作用潛力，因此我們在林內對這些樹苗進行光合作用測定時，這些照到較高光量的葉片的光合作用機構仍處於尚未完全誘發的生理狀態。為了解本研究所測定的樹種光合作用機構完全誘發需要多少時間，研究人員在 2007 年 11 月 12 日下午選定兩種耐陰樹苗小葉樟、台灣八角，及兩種非耐陰樹苗白匏仔與野牡丹，4 種樹苗各一株，以鋁箔紙包住各樹苗的一片葉子，不使照到光，再於隔日上午將鋁箔移除，照以 $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 的光量，每隔 5 秒鐘記錄一筆該葉片的淨光合作用率數值。測定結果(圖 3-7) 發現小葉樟與台灣八角分別要照光約 40 及 30 分鐘，該葉片的淨光合作用率才會達穩定高值，亦即表示此二樹苗光合作用由黑暗開始，照 $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 的光量後要在 40 及 30 分鐘後，其光合作用機構才會完全誘發；然而白匏仔及野牡丹光合作用完全誘發分別約只需 20 及 15 分鐘(圖 3-7)。此結果表示我們在測定各樹種光合作用日變化時，當樹苗有機會照到稍高的光量時，它並不能立即表現出照到高光時應有的淨光合作用率，因為該葉片先前一直處於較低的光量條件，光合作用機構並未完全誘發。

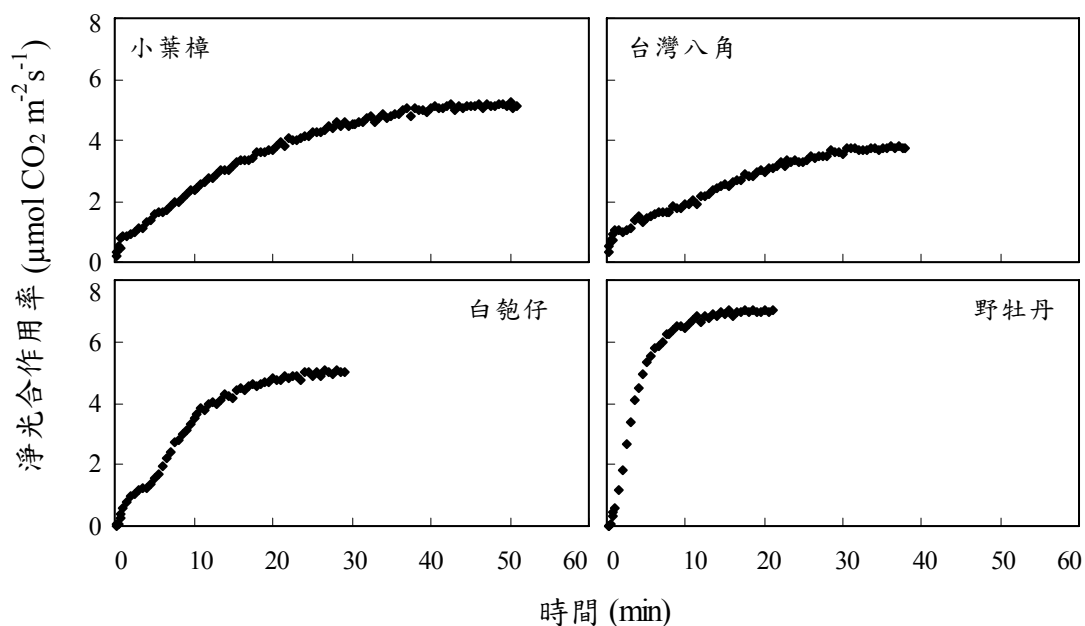


圖 3-7. 黑暗開始照固定光強度後 4 種樹苗的淨光合作用率隨時間的變化

(資料來源：本研究)

將 9 種供試樹種在 6 個測定月份的日平均淨光合作用率與日平均光量整理列於表 3-10。比較此 9 樹種 6 個測定日的日平均淨光合作用率，發現以非耐陰樹種白柏的 $2.41 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 最高，但耐陰樹種恆春石斑木與長尾尖葉槲該數值亦很高，分別可達 2.39 及 $2.19 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ，與白柏極為接近(表 3-10) 另一種耐陰樹種台灣蕘花的日平均淨光合作用率可達 $1.97 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ，比非耐陰種的野牡丹與白匏仔高；其餘 3 種，小葉樟、大頭茶及台灣八角的日平均淨光合作用率較低，僅在 $1.08 \sim 1.35 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 範圍(表 3-10)。檢視各樹種各測定日的日平均光量值，發現能照到較高光量的樹種其日平均淨光合作用率也會較高，兩者具有顯著相關($P < 0.05$)，顯示無論各樹種的耐陰性如何，能照到較高光量的植株，其一日平均淨光合作用率即會較高。

表 3-10 供試 9 樹種 2007 年各月份白天平均淨光合作用率($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$)及光量($\mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

樹種		5 月	6 月	7 月	8 月	10 月	11 月	平均
小葉樟	A	1.58±0.61	1.02±0.47	0.91±0.31	0.98±0.23	0.93±0.40	1.25±0.34	1.11±0.11
	PPFD	29±9	33±13	69±38	27±6	50±25	39±10	41±7
大頭茶	A	0.99±0.41	0.85±0.26	1.14±0.16	1.27±0.39	0.76±0.19	1.48±0.39	1.08±0.11
	PPFD	49±25	22±8	109±33	195±82	25±5	36±8	73±28
台灣八角	A	1.01±0.10	1.40±0.24	1.44±0.41	1.24±0.35	1.04±0.37	1.96±0.46	1.35±0.14
	PPFD	47±4	99±36	191±99	241±70	56±27	58±15	115±33
台灣蕘花	A	2.02±0.47	1.19±0.28	2.20±0.36	2.34±0.80	1.37±0.44	2.7±0.64	1.97±0.24
	PPFD	84±38	74±30	238±158	298±155	62±28	60±14	136±43
恆春石斑木	A	1.75±0.61	1.94±0.56	3.88±1.54	2.64±0.77	1.48±0.43	2.66±0.66	2.39±0.36
	PPFD	79±21	56±14	422±189	222±101	66±23	69±18	152±60
長尾尖葉櫨	A	2.49±0.61	1.58±0.48	3.50±0.84	1.82±0.57	1.2±0.43	2.56±0.72	2.19±0.34
	PPFD	57±18	77±47	397±123	197±82	46±14	80±33	142±56
白柏	A	1.34±0.10	2.75±0.28	2.19±0.32	3.36±0.94	2.54±0.93	2.25±0.80	2.41±0.27
	PPFD	90±13	126±29	326±73	244±92	97±37	77±26	160±41
白匏仔	A	0.88±0.29	1.99±0.49	2.08±0.59	1.31±0.39	2.00±0.51	1.95±0.56	1.70±0.20
	PPFD	52±7	70±15	232±71	60±18	119±57	89±35	104±27
野牡丹	A	0.71±0.30	2.19±0.35	1.72±0.01	2.76±0.83	2.06±0.64	1.77±0.49	1.87±0.28
	PPFD	50±10	107±44	154±16	233±98	165±112	60±15	128±28

(資料來源：本研究)

第五節 九種樹苗在森林現地一日碳收支

為計算小苗一日碳收支，需估算苗木經由呼吸作用消耗的 CO_2 總量(碳支出)，以及藉光合作用吸收固定的 CO_2 總量(碳收入)。在碳支出方面，本研究測定各樹種 4 種苗木在光量為零時的 CO_2 釋出率(暗呼吸率)，結果列如表 3-11。供試 9 種樹苗的暗呼吸率差異很小，最大者為白柏的 $0.5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ，最小者為恆春石斑木的 $0.14 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ，陽性樹種的白匏仔與野牡丹在此樣區植株的暗呼吸率很低，分別只有 0.21 及 $0.19 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ，而耐陰種的台灣蕘花暗呼吸率達 $0.44 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ，與白柏很接近。在本試驗地下午 6 時起至隔日清晨 7 時前，林下小苗能接受的光量均甚低(約在 $0-5 \mu\text{mol photon m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)，各樹苗的淨光合作用率多為負值，因此將此 14 小時當做無淨碳收穫，只有碳支出的期間。將表 3-11 各樹苗暗呼吸率乘以 14 小時，得到夜間碳支出總量，並將 $\mu\text{mol CO}_2$ 換算成 CO_2 的重量，該數值的單位變成 $\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ 14h}^{-1}$ (表 3-11)。至於各樹苗碳收入方面，將表 3-10 供試 9 種樹苗在 2007 年 5 月至 11 月各月測得的白天光合作用率平均值，乘以白天能進行光合作用的小時數(10 小時)，計算出各種樹苗的白天碳收入量，單位為 $\text{g CO}_2 \text{ 10h}^{-1}$ (表 3-11)，再將白天碳收入減去夜間碳支出，求得每 m^2 葉片的一日碳收穫。因為本研究有計算各供試樹苗的單株葉面積，因此將各樹種一日碳收穫乘以各樹種的平均單株葉面積，最後得到各單株的一日碳收支總量(表 3-11)。在此 9 種樹苗中，單株一日碳收支最大者為野牡丹，依序為白柏、白匏仔及長尾尖葉槭，單株一日碳收支範圍在 $56\sim 73 \text{ mg CO}_2 \text{ d}^{-1}$ 之間，其餘 4 種都低於 $35 \text{ mg CO}_2 \text{ d}^{-1}$ 。

表 3-11 供試 9 種樹苗之暗呼吸率、夜間碳支出、白天碳收入、單株葉面積及單株一日碳收支

樹種	暗呼吸率 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	碳支出 ($\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ 14 h}^{-1}$)	碳收入 ($\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ 10 h}^{-1}$)	一日 碳收穫 ($\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)	單株 葉面積 (cm^2)	單株一日 碳收支 ($\text{mg CO}_2 \text{ d}^{-1}$)
小葉樟	-0.23±0.05	-0.51	1.79±0.31	1.28±0.31	195±50	21±3
大頭茶	-0.18±0.03	-0.40	1.75±0.41	1.35±0.41	300±114	29±7
台灣八角	-0.28±0.07	-0.62	2.13±0.17	1.51±0.17	212±51	31±7
台灣蕘花	-0.44±0.09	-0.98	3.14±0.41	2.16±0.41	51±16	10±2
恆春石斑木	-0.14±0.03	-0.31	3.75±1.05	3.44±1.05	85±22	34±17
長尾尖葉槿	-0.28±0.05	-0.62	3.41±0.47	2.79±0.47	185±37	56±18
白柏	-0.53±0.08	-1.18	3.88±0.40	2.70±0.40	229±72	59±19
白匏仔	-0.21±0.04	-0.47	2.65±0.31	2.18±0.31	270±88	66±25
野牡丹	-0.19±0.04	-0.42	2.88±0.17	2.46±0.17	298±66	73±16

(資料來源：本研究)

將同一種樹苗各別植株在各測定日的白天碳收穫累積值與當天白天累積光量進行迴歸分析，發現兩者具正相關，多呈指數關係(圖 3-8)，但供試 9 種樹苗中有 6 種兩者的關係具顯著正相關($p < 0.05$)，白匏仔的 p 值為 0.053，而小葉樟與白柏該兩因子的相關性並不顯著(p 值分別為 0.211 及 0.207)。此結果表示供試樹苗大多數可藉苗木白天照到的光資源來估算其一日 CO_2 固定總量，尤其是恆春石斑木，該迴歸式的決定係數高達 0.8354，一日碳收穫隨苗木可用光資源而變動的樣式很明確。

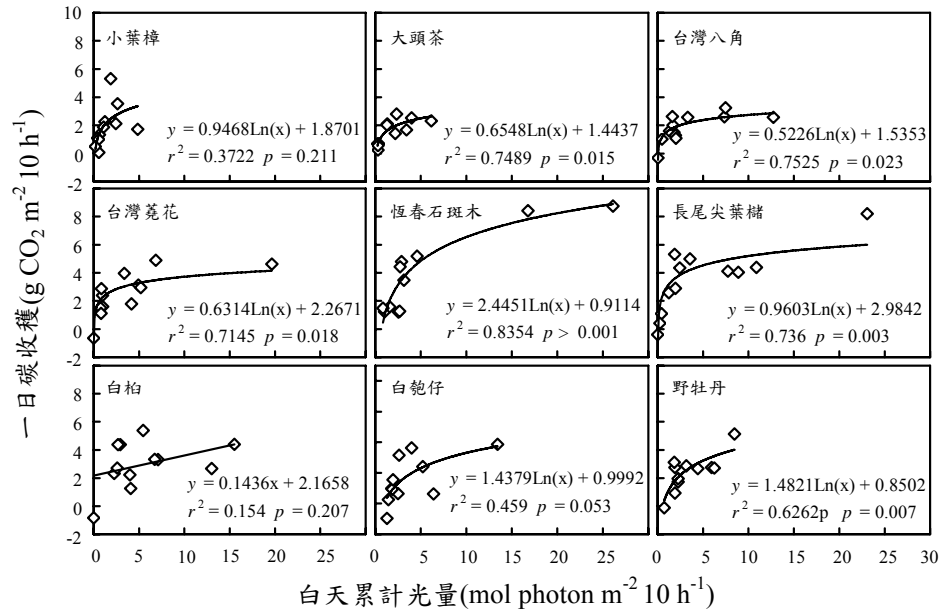


圖 3-8. 供試 9 種樹苗白天碳收穫與白天累計光量的關係。圖上各點為單株在不同月份測定日此 2 項目的累計值。

(資料來源：本研究)

第六節 整體物候表現

於 2006 年 9 月至 2007 年 11 月間，觀察南仁山 21 種林木，每種 5-8 株，總計 118 株樣木的物候表現。在此期間整體而言，展葉高峰期集中在 2 月至 5 月，各樹種平均展葉量約佔整體樹冠的 10 至 40% 之間。

觀測期間有明顯開花之物種共 20 種(表 3-12)，包括長尾尖葉槭、捲斗櫟、嶺南青剛櫟、台灣八角、細葉茶梨、南仁山柃木、大頭茶、恆春石斑木、松田氏冬青、日本賽衛矛、希蘭灰木、奧氏虎皮楠、恆春楨楠、武威新木薑子、攬仁舅、小葉赤楠、唐杜鵑、珊瑚樹、銹葉野牡丹、大明橘等，僅錐果櫟沒有開花之物候表現。開花高峰期在 1 月至 4 月的有長尾尖葉槭、捲斗櫟、嶺南青剛櫟、台灣八角、細葉茶梨、南仁山柃木、大頭茶、恆春石斑木、松田氏冬青、日本賽衛矛、奧氏虎皮楠、唐杜鵑、珊瑚樹等 13 種，5 月至 8 月的有攬仁舅、小葉赤楠、銹葉野牡丹、大明橘等 4 種，開花盛期在 9 月至 11 月的有希蘭灰木、武威新木薑子及恆春楨楠等 3 種。

觀察期間有結果之物種(表 3-12)，包括錐果櫟、捲斗櫟、嶺南青剛櫟、台灣八角、細葉茶梨、南仁山柃木、大頭茶、恆春石斑木、松田氏冬青、日本賽衛矛、希蘭灰木、奧氏虎皮楠、恆春楨楠、武威新木薑子、小葉赤楠、唐杜鵑、珊瑚樹等 17 種。此次調查期間結果主要於 1 至 5 月間(日本賽衛矛、珊瑚樹)、5 至 7 月間(捲斗櫟、希蘭灰木、武威新木薑子、恆春石斑木、松田氏冬青、台灣八角、唐杜鵑)，以及 9 月至 11 月(錐果櫟、嶺南青剛櫟、細葉茶梨、南仁山柃木、大頭茶、恆春楨楠、小葉赤楠、奧氏虎皮楠)，結果之時期較不一致，其中南仁山柃木、大頭茶、武威新木薑子、唐杜鵑及珊瑚樹的結果期較長，果期持續 4 個月以上。結果量方面，捲斗櫟、台灣八角、南仁山柃木、日本賽衛矛、奧氏虎皮楠、武威新木薑子、唐杜鵑、珊瑚樹等 8 種結果量較高，平均結果量約佔整體樹冠 30 至 40%，其中珊瑚樹結果量高達 50 至 60%，為所有調查樹種中結果量最高者，其它 9 種樹種的結果量，僅佔

整體樹冠的 5 至 25%，結果量零星。在觀測期間未發現開花現象但有結果表現的樹種為錐果欖(表 3-12)。

表 3-12. 南仁山 21 種林木 2006 及 2007 年展葉、花開、果熟之物候高峰期(月)

	展葉期	開花盛期	果熟期	果熟時間
長尾尖葉欖	3~4、7~11	3~4	11	5
錐果欖	3~4			
捲斗欖	3~6、8~11	3~4	6、11	6
嶺南青剛欖	3~5、7~11	3		
台灣八角	2~3、7~9	2~4		
細葉茶梨	2~11	9~12、3~4	9	5
南仁山柃木	11、2~5	1~2	12、8	5
大頭茶	3~11	1~4	9~10	5~7
恆春石斑木	3~7、9~10	2~4	9	2
松田氏冬青	3~7	4~5	11	6
日本賽衛矛	11~12、4~5	9、1~2	3	4
希蘭灰木	3~4	9	11、7	2
奧氏虎皮楠	3~4、8~9	3~5	10~11	6
恆春楨楠	3~6、8~9	9~10	10~11	2
武威新木薑子	2、4~5	9~1、7~9	4~9	2
欖仁舅	3、5~7、9	5~8	9~11	2
小葉赤楠	2~3、9~11	6~8	9~11	4
唐杜鵑	2~11	1~3	7~9	5
珊瑚樹	11	2~3	3~7	3
鏽葉野牡丹	2~3、5、8~9	6~7		
大明橘	3~4、6~7	2~11		

(資料來源：本研究)

第七節物候表現各論

於 2006 年 9 月至 2007 年 9 月間，觀察南仁山 21 種林木之物候表現，各種植物的展葉、落葉、花、果表現，如(表 3-13)所示。

1. 長尾尖葉櫨

葉長橢圓形，先端長尾狀漸尖，長 4~10 cm，表面光滑暗綠色，葉背銀灰色。展葉期表現於 3 至 4 月與 7 至 11 月，調查期間僅 11 月發生落葉現象，花期亦集中在 3 月至 4 月，於 2007 年 7 月 19 日觀察到樣木 4 號有著果現象，至 11 月始發現果成熟期，果熟所需時間約五個月，在 2002 年觀察結果期是 6 月至 11 月，其中 9 至 10 月是主要的果期，果為堅果，圓錐形。

2. 錐果櫨

此種為臺灣特有種。葉薄革質，長橢圓狀披針形，長 6~8 cm，葉背粉白色，展葉前有明顯的落葉現象發生，展葉期為 3 月至 4 月，過去在相同試驗區僅於 2002 年觀察到花期及果期，果為堅果，圓錐橢圓形，殼斗碗狀，2007 年 7 月 19 日前往調查時發現著果，但未發現開花，僅 1 號樣木著果約 10%，著果位置非樹冠外層，故不易察覺是否有開花結果，此樣木位於 1 號觀測塔旁，方便於樹冠層的觀測，但其它樣木無高塔就近觀察。於 8 月 24 日前往調查時發現，果已掉落，因為 8 月 6 日~19 日有三個颱風影響颱風，且從台灣東南部接近，因天災而使結果量降低。

3. 捲斗櫨

葉革質，披針形，長 7~14 cm，剛抽出之新葉均被金黃色至紫色之絨毛，至生長期脫落。展葉期為 3 至 6 月與 8 至 11 月，花期為 3 至 4 月。果為圓形堅果，深褐色，徑約 3 cm，外圍被殼斗所包覆，殼斗熟時邊緣展開略波浪狀，披金黃光澤絨毛，果期為 11 月，及 3 至 11 月，6 號樣木於 2007 年 4 月有果成熟，判定可能為 2006 年 11 月所著之果，於 6 月再次著果，於 11 月有果成熟，果熟所需時間約 6 個月，目前持續結果中，1 及 2 號樣木於 2007 年 7 月 19 日開始著果，但同時在地面發現有果未至成熟期即已掉落，此現象於 2005

年物候觀察亦有發現。

4. 嶺南青剛櫟

剛抽出之新葉披褐色毛，極為明顯，生長期之葉為厚革質，長橢圓狀倒卵型，邊緣反捲，葉背密生褐毛。展葉高峰期發生於11月、3至5月以及7至11月，略成一年兩次的展葉期，落葉期則不明顯。花期3至5月，主要集中在3月開花；於9月4日調查結果約10~20%，11月前往調查時發現大多果實落地，果色為暗綠色，疑似被風吹落。

5. 台灣八角

此種為臺灣特有種。葉軟革質，長約6~12 cm，展葉期於2至3月。花期表現於2至4月，1月即出現花苞，花瓣淡紅色，9片，花徑約1 cm左右，杯狀圓形。果為蓇葖果，排成單輪，長約3至3.5 cm，4月開始結果，目前持續結果中尚未成熟。為耐蔭種，但不耐強光，1號觀測塔旁之4號樣木，常接受強光，生長狀態不佳，於2007年7月調查時發現，無生活期，皆枯枝落葉。2007年10月調查時發現在4號塔旁之台灣八角7號樣木於離地200 cm處主幹被折斷落地，當時正值著果期。

6. 細葉茶梨

芽期表現不明顯，新葉為紅色，顏色醒目，展葉於2至3月，以及6至7月，有兩個高峰期，於2006年9月至2007年2月為落葉期。花粉紅色至粉紅色，花徑約2 cm，花期發生於9至12月，以及3至4月。2007年4月開始著果，仍持續中，但數量少，僅2至5顆，1號及4號樣木無發現結果現象，2007年9月底發現果熟，果熟所需時間略約6個月。9月果熟後，於10月調查時發現花出現期，暫定此種為花果期連續不間斷。

7. 南仁山柃木

無明顯芽期，在2006年11月及2007年2至5月展葉，4及5月為展葉高峰期，花期發生在1至2月，果期相當長，2007年1月開始著果，仍持續結果中，但僅2號與6號樣木有開花、結果之表現，6號樣木於2006年12月發現結果，之後並無再發現，可能掉落，2號樣木於2007年1月著果至7

月約 30~40%，7 月發現有 5%果顏色轉黑，9 月結果量剩 5%，其他樣木均維持在一般的生長狀態。2007 年 10 月調查時僅 1 號與 2 號樣木發現花出現期。

8. 大頭茶

展葉為 3 月至 11 月，落葉每月均有等量的發生。花白色，花瓣 5 瓣，花徑約 8 cm 左右，花期集中於 1 月至 4 月之間。果為蒴果，長橢圓形，長約 3 cm，種子具翅，長約 1 cm，果期在 2006 年 9 月至 10 月，以及 2007 年 3 月至 11 月，果期尚未結束，7 月發現果熟，蒴果開裂，部份具翅種子飛散，9 月大量果熟，種子飛散，而蒴果開裂後仍整年宿存於植株上。

9. 恆春石斑木

為臺灣之特有變種。無明顯芽期，葉長橢圓形至披針形，展葉期為 3 月至 7 月與 9 至 10 月，落葉每月均有等量的發生，聚繖花序頂生，花期於 2 月至 4 月，此調查期間僅 6 號及 7 號樣木於 5 月著果，果實球形，2007 年 7 月 19 日前往調查時未發現 7 號樣木的果，6 號樣木仍持續結果中；8 月 24 日調查 7 號樣木又有 10%著果，但 6 月 18 日及 9 月 24 日調查時兩樣木未見著果，果期出現週期不定，2002 年果期為 8 至 11 月，翌年 2 月與 5 月亦有少量結果的記錄。有結果之樣木在 9 月有果成熟，果熟所需時間約 2 個月。

10. 松田氏冬青

為臺灣特有種。無明顯芽期，展葉期 3 月至 7 月，剛抽出之新葉為紅色，樣木枯枝量較葉片數高，於 1 月少量落葉，僅 2 號樣木於 4 月及 5 月開花，花紫色，花小。果橢圓形，熟時紅色，長 8~10 mm，1 號樣木 7 月著果，至最後一次調查 9 月 29 日仍見結果中，結果量稀少僅佔整體樹冠的 5~10%；但 7 號未見開花，原因推測為開花處較高而隱密且花小，花期過短，故無記錄之。此次調查期間果期為 6 至 11 月，11 月有果成熟，果熟所需時間約 6 個月。

11. 日本賽衛矛

無明顯芽期，展葉期為 11 至 12 月，以及 4 至 5 月。花白色，花瓣 4 枚，花徑約 0.5 cm，花期發生於 2006 年 9 月至 2007 年 2 月，及 5 至 9 月，依此

看出唯有 3 至 4 月不開花，其餘月份皆可見其開花，但今年 6 月未記錄花期出現；主要的開花盛期發生在 1 至 2 月屬於冬季開花者。果為蒴果，橢圓形，長約 1.5 至 2 cm，4 號樣木果期發生於 2006 年 12 月至 2007 年 10 月仍持續結果中，結果量約佔整體樹冠的 30%，5 號樣木於 2007 年 4 月 15 日調查時發現果熟 2%，種子紅色，落地後紅色果皮不明原因去除，呈黃白色。

12. 希蘭灰木

此種為臺灣特有種，特產於臺灣南部南仁山。芽期不明顯，展葉期主要集中於 3 月至 4 月。短穗狀花序，腋生或叢生，花白色，花徑約 0.5 cm 左右，花期在 9 月。果倒卵狀橢圓形，熟時紫黑色，長約 0.8 至 1 cm，具結果表現之樣木僅兩株(1 及 3 號樣木)，目前僅 1 號樣木在 5 月至 7 月結果並果熟，而 7 月剩 1%熟果量，直到 8 月底，果才全脫落；3 號樣木於 7 月 19 日調查時發現有 20%著果量，但 8 至 9 月初未見其果，9 月 29 日才再記錄到 10%著果量，10 月增加到 20%；5 號樣木僅於 7 月 19 日記錄 1%果量，之後至 10 月底皆未見果實，但在 11 月再出現 5%著果量。果熟期在 11 月與 7 月，果熟所需時間約 2 個月。

13. 奧氏虎皮楠

無明顯芽期，葉簇生，葉緣略反捲，展葉期為 3 月至 4 月與 8 至 9 月，落葉每月均有等量的發生。花紅色，花期表現於 3 月至 5 月。著果期表現於 5 月，至 10 月底有果成熟約 5%，11 月增加至 40%，果熟所需時間約 6 個月。果期佔整體樹冠層 35~50%。

14. 恆春楨楠

為臺灣特有種，產於南部恆春一帶低海拔山區。葉片小呈倒卵形又稱倒卵葉楠，葉長 3 至 5 cm，展葉期 3 月至 6 月，落葉每月均有等量的發生。花白色，花瓣 6 枚，徑 0.5 cm，花期 2006 年 9 至 10 月，2007 年 8 月 24 日調查已見花苞出現，9 月大量出現花序，仍需觀察花期持續時間。核果壓縮球形，熟時黑色，徑約 1.5 cm，2007 年 9 月出現著果期，11 月在地面上發現大量成熟果實，果熟所需時間約 2 個月。2006 年果期表現於 10 至 11 月，兩年

間果期並無變化。

15. 武威新木薑子

臺灣僅見於南部武威山、南仁山一帶。芽期為2至3月，剛抽出之新葉披黃褐色毛，幼葉背灰白色，疏生白毛，葉橢圓形，簇生小枝端，長4~6.5 cm，展葉期為2月及4到5月，每月有均量之落葉現象，接受強光照射之樣木，葉呈色較黃。花米黃色，花期為2006年9至11月，以及2007年7至9月開花末期，10月再出現一批花出現期，仍持續開花中；依此推估花期可能為7至11月。果球形，徑約5 mm，熟時紅色，果期表現於3月至9月，仍持續中，7月已有果熟(紅色)，9月是果高峰期，11月再次著果，果熟所需時間約2個月。

16. 欖仁舅

葉倒卵形至寬橢圓形，長約14至26 cm，展葉期為3月、5至7月及9月。花白色，密球形頭狀花序，徑約4 cm，花出現期為5月下旬，7月花苞開放，花可宿存1至2年。花凋謝後，頭狀花序會腫大呈不規則形時即為著果期，果為蒴果，徑約3 cm，果期8至11月，仍持續中，8月底已見果熟脫落，11月種子幾乎飛散，果熟所需時間約2個月。

17. 小葉赤楠

芽期在6月，新芽為紅色，極為鮮艷，葉橢圓形或廣卵形，長1.5至3 cm，展葉期為2至3月與9至11月。花白色，徑約0.8 cm，繖狀花序，頂生於枝梢，花期為6至11月。果為球形漿果，徑約0.7 cm，成熟為黑紫色，9月著果期，11月發現果成熟期，果熟所需時間約為4個月。2002年果期為9至12月，2005年為8至10月。2007年11月13日學長前往調查時發現，有人上鐵塔採集一大袋的成熟果實，這行為嚴重影響到小葉赤楠之後監測之結果量。

18. 唐杜鵑

芽期在3至4月，葉橢圓狀披針形至卵狀橢圓形，長2至5 cm，展葉期為2至11月，落葉期每月均等量發生。花紅色，花徑約5至6 cm，2至6

朵叢生枝端，花期為 1 到 3 月主在冬季開花，部份樣木於 3 月時著果，8 月漸成熟，至 9 月仍著果中，觀察果期時需注意宿存果，避免混淆而使計量發生錯誤，但可記錄果宿存持續時間。果成熟所需時間約 5 個月。

19. 珊瑚樹

無明顯芽期，葉長橢圓形，革質，自 2006 年 9 月開始至 2007 年 6 月皆有明顯落葉現象，展葉期在 11 月、1 月及 3 月皆有觀察到少量表現，展葉較不定期，隔月展葉。花冠鐘形，白色，聚繖花序，花期表現於 2 至 3 月。果為核果，徑約 1 cm，果從紅色轉至紫黑色為成熟，果期表現自 1 月至 7 月，3 月果呈紅色到 7 月漸轉成紫黑色，於 6 月便有紅色果落地，於 8 月 6 日調查時枝條上已無果存在，表示果期結束，果熟所需時間 3 個月。

20. 鏽葉野牡丹

芽期表現在 3 月，2006 年為 1 月，葉橢圓形，革質，三出葉脈且側脈平行，葉長 9 至 18 cm，寬 4.5 至 7.5 cm，正面光滑且墨綠色，背面則密被棕褐色或近鐵鏽色的毛茸，展葉期為 6 月。花白色，花瓣 5 枚，花徑約 0.5 cm，花萼外佈滿鏽色毛茸，聚繖花序，花期從 5 月開始，至 9 月仍有 25% 開花盛期，持續開花中，果為蒴果略球形，尚未觀察到結果之物候表現，2005 年果期為 8 至 9 月。於 *Flora of Taiwan* (2002) 的名稱為大野牡丹。此種產台灣南部及蘭嶼。

21. 大明橘

無明顯芽期，葉為長橢圓狀披針形或倒披針形，葉叢生枝端，長 6 至 15 cm，展葉期集中在 3 月至 4 月與 6 至 7 月，落葉無明顯表現，花雌雄異株，花徑約 2 mm，花自 2 月出現到 11 月尚未見變化，仍呈花苞狀態，花長滿枝條，9 月花量有減少；果略球形，徑約 7 mm，熟時紫黑色，2007 年雖有大量花出現，但無開花，故無觀察到結果表現。

表 3-13. 南仁山迎風坡森林 21 種林木 2006/9~2007/11 之物候表現

樹種	月份	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
長尾尖葉櫨	展葉															
	落葉															
	花															
	果															
錐果櫨	展葉															
	落葉															
	花															
	果															
捲斗櫨	展葉															
	落葉															
	花															
	果															
嶺南青剛櫨	展葉															
	落葉															
	花															
	果															
台灣八角	展葉															
	落葉															
	花															
	果															
細葉茶梨	展葉															
	落葉															
	花															
	果															
南仁山柃木	展葉															
	落葉															
	花															
	果															
大頭茶	展葉															
	落葉															
	花															
	果															
恆春石斑木	展葉															
	落葉															
	花															
	果															
松田氏冬青	展葉															
	落葉															
	花															
	果															

(資料來源：本研究)

表 3-13 (續) 南仁山迎風坡森林 21 種林木 2006/9~2007/11 之物候表現

樹種	月份	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
日本賽衛矛	展葉															
	落葉															
	花															
	果															
希蘭灰木	展葉															
	落葉															
	花															
	果															
奧氏虎皮楠	展葉															
	落葉															
	花															
	果															
恆春槿楠	展葉															
	落葉															
	花															
	果															
武威新木薑子	展葉															
	落葉															
	花															
	果															
欖仁舅	展葉															
	落葉															
	花															
	果															
小葉赤楠	展葉															
	落葉															
	花															
	果															
唐杜鵑	展葉															
	落葉															
	花															
	果															
珊瑚樹	展葉															
	落葉															
	花															
	果															
銹葉野牡丹	展葉															
	落葉															
	花															
	果															
大明橘	展葉															
	落葉															
	花															
	果															

(資料來源：本研究)

第八節 五年間開花、結果物候表現

植物開花期結束後即接續結果之表現，本研究將其稱為穩定狀態。21 種林木中，開花期與結果期穩定之植物包括台灣八角、南仁山柃木、大頭茶、恆春石斑木、日本賽衛矛、希蘭灰木、奧氏虎皮楠、恆春楨楠、武威新木薑子、小葉赤楠、唐杜鵑及珊瑚樹等 12 種。開花期過後並沒有每次都接續結果的植物包括長尾尖葉槲、細葉茶梨、嶺南青剛櫟、松田氏冬青、欖仁舅、大明橘及捲斗櫟等 7 種。出現開花但不接續結果，或花期甚短，未觀察到開花即結果的有銹葉野牡丹、錐果櫟等 2 種。此次調查有結果表現但卻無記錄開花表現者為錐果櫟，原因可能為花期較短，開花時間與調查時間未重疊；樹冠百分比評估的視線死角，開花表現未在樹冠層。

本研究物候觀察的 21 種林木之開花期大多分布於 2 月至 5 月間，結果期大多分布於 7 月至 11 月間。結果期較短，少於半年之植物為錐果櫟、嶺南青剛櫟、恆春石斑木、松田氏冬青、希蘭灰木、恆春楨楠、欖仁舅、小葉赤楠、大明橘及珊瑚樹等 10 種。結果期達半年以上之植物為長尾尖葉槲、捲斗櫟、台灣八角、細葉茶梨、南仁山柃木、大頭茶、日本賽衛矛、武威新木薑子、奧氏虎皮楠及唐杜鵑等 10 種，其中以日本賽衛矛之結果期為最長，可達 6 至 12 個月(2002 年)。銹葉野牡丹尚無結果記錄，未確定結果所需時間。

南仁山迎風坡森林觀察 5 年物候，在結實間隔年度方面，發現 21 種林木中有 11 種每年皆可結果，包括台灣八角、南仁山柃木、大頭茶、日本賽衛矛、希蘭灰木、奧氏虎皮楠、恆春楨楠、欖仁舅、小葉赤楠、唐杜鵑及珊瑚樹。每年有開花但未每年皆有結實的物種包括松田氏冬青、恆春石斑木、細葉茶梨等 3 種。因為調查時間較短，故結實間隔年度尚不清楚的物種包括殼斗科的長尾尖葉槲、錐果櫟、捲斗櫟、嶺南青剛櫟等 4 種，此外尚有大明橘。2005 至 2007 年三年間未發現結果者為銹葉野牡丹。武威新木薑子為 2006 年 9 月才新加入觀察之植物，於 2007 年 3 月至 11 月有觀察到結果的表現。

本年度調查期間各物種的物候表現與前四年比較，發現部份物種開花結果時間有明顯改變(表 3-14)，例如恆春石斑木原為 7 至 9 月結果，本年提早

到 5 月即開始結果，小葉赤楠原為 8 至 10 月結果，本年提早在 6 月即開始結果。希蘭灰木以過去 5 年的物候表現來判斷，應是秋冬開花，春夏結果，但在 2004 年卻是在 5 至 6 月春夏季開花，間隔 6 個月後於 2005 年 1 月冬季結果。欖仁舅於 2002 年至 2005 年的開花結果期都是接續進行，但於 2006 年開花後未見結果，2007 年物候表現正常，開花結果是接續進行。

表 3-14. 南仁山迎風坡森林 21 種林木 2002~2007/11 花與果期之比較(月)

樹種	年代	花期	果期
長尾尖葉櫨	2002	3~5	6~11
	2004	5	--
	2005	--	--
	2006	2~3	--
	2007	3~4	7~11
	2002	3	11
	2005	--	--
	2006	--	--
	2007	--	7~9
	2005	--	1~3、6~10
	2006	--	9~12
	2007	3~4	4~11
	2002	1~5	8~11
	2004	3~6	--
	2005	--	--
	2006	--	--
	2007	3~5	9~11
	2002	1~3	3~11
	2004	2~3、5~7	3~4
	2005	1~4	3~11
	2006	2~3	3~11
	2007	2~4	4~11
	2002	1~3、11~12	3~9
	2004	2~4、8	--
	2005	1~3、10~11	--
	2006	2~4、10~12	3~9
	2007	3~4、10~11	4~9
	2002	1~2	7
	2004	2	--
	2005	10~11	1~8
	2006	1	3~8
	2007	1~2、10~11	1、2~9
	2002	1~3、12	3~10
	2004	2~3	3~5、7~9
	2005	1~3	6~10
	2006	1~3	2~11
	2007	1~4、10~11	3~11
	2002	3~4	8~11
	2004	--	--
	2005	--	--
	2006	3~5	7~9
	2007	2~4	5~11
	2002	1~4	5~8
	2004	3、5~9	--
	2005	7	7~10
	2006	--	--
	2007	4~5	6~11

(資料來源：本研究)

表 3-14.(續) 南仁山迎風坡森林 21 種林木 2002~2007/11 花與果期之比較(月)

樹種	年代	花期	果期
日本賽衛矛	2002	1、9~12	1~12
	2004	2~3、8	4~5
	2005	1~4、6	1~3、7~12
	2006	1~4、9~10	1~3
	2007	1~2、7~11	1~3、5~10
希蘭灰木	2002	8~10	1~3、9~3
	2004	5~6	--
	2005	9~11	1~4、6~8
	2006	1、9	9~11
	2007	9	5~11
奧氏虎皮楠	2002	3、8	--
	2005	2~5	5~11
	2006	2~3	4~11
	2007	3~5	5~11
恆春楨楠	2005	7~11	10~11
	2006	8~11	10~11
	2007	9~11	9~11
武威新木薑子	2006	9~12	--
	2007	1、7~11	3~11
欖仁舅	2005	5~7	7~9
	2006	5~8	--
	2007	5~8	8~11
小葉赤楠	2002	6~10	9、12
	2005	5~8	8~10
	2006	7~8	9
	2007	6~11	7~11
唐杜鵑	2002	1~3、12	4~11
	2005	1~4	4~11
	2006	1~5	1、10
	2007	1~3	3~11
珊瑚樹	2005	1~3	2~5
	2006	1~3	2~8
	2007	2~3	3~7
鏽葉野牡丹	2005	6~9	--
	2006	4~8	--
	2007	5~11	--
大明橘	2002	1~3、12	3
	2005	2~4	--
	2006	1	--
	2007	2~11	--

南仁山森林苗木更新動態、碳收支及植物物候之研究

(資料來源：本研究)

第九節 三年間結果表現百分比

比較 21 種林木於 3 年調查時間(2005 至 2007 年)內之結果表現百分比(表 3-15)，藉此瞭解植物結果之豐欠年。捲斗櫟之結果表現百分比以 30% 為豐年的界定，3 年之比較中以 2006 年及 2007 年結果表現百分比最多，界定為豐年。台灣八角之結果表現百分比以 25% 界定為豐年，以 2005 年及 2007 年結果表現百分比最多。南仁山柃木之結果表現百分比以 30% 界定為豐年，以 2005 年及 2007 年結果表現百分比最多。大頭茶之結果表現百分比以 25% 界定為豐年，以 2006 年及 2007 年結果表現百分比最多。恆春石斑木之結果表現百分比以 10% 界定為豐年，以 2006 年及 2007 年結果表現百分比最多。日本賽衛矛、希蘭灰木、奧氏虎皮楠、恆春楨楠、小葉赤楠、唐杜鵑及珊瑚樹 3 年之結果表現百分比都為均數，為常年結果。武威新木薑子為新加入之植物，尚未確定結果之豐欠年。

台灣西南部地區全年雨量分布不均，每年 11 月至翌年 4 月屬少雨的乾季，5 月至 10 月則屬雨季。本研究每個月均固定前往南仁山步道 3.4 K 樣區觀察植物物候表現及監測小苗更新動態。今年(2007 年) 3 月 25 日前往調查時，發現步道 3.4 K 我們稱為古湖之水潭，因長期缺少降雨而乾枯，湖底淤泥已嚴重龜裂，這是 10 年來從未出現的情形，唯調查當日未拍照存證。至今年 5 月中旬進入梅雨期後，雖有降雨，該湖已有部份積水，水色澄清透明，不像以往水體呈混濁褐綠色。至今年 7 月中旬湖底仍可見龜裂狀。隔一土堤與古湖相鄰的水潭(步道 3.5 K 處)在今年旱季水位明顯下降，但並未乾涸。

本年度上半年降雨量較往年少，2007 年 2 月 14 日至 5 月 14 日共 90 天，僅降雨 7.9 mm。將每年 11 月至翌年 4 月的累積雨量稱為乾季雨量，則 2007 年乾季雨量只有 63.2 mm，是物候觀察 5 年期間乾季雨量最少的一年。

表 3-15. 南仁山 21 種植物 2005/1~2007/11 結果表現百分比之比較(%)

樹種	2005	2006	2007
長尾尖葉櫟	0	0	10~20
錐果櫟	0	0	5~10
捲斗櫟	10~25	20~30	10~40
嶺南青剛櫟	0	0	10~20
台灣八角	5~25	5	10~40
細葉茶梨	0	0	5
南仁山柃木	10~40	10~20	10~40
大頭茶	5~15	10~30	10~25
恆春石斑木	0	5~10	5~10
松田氏冬青	5	0	5
日本賽衛矛	10~35	20~30	10~30
希蘭灰木	5~15	5~10	5~10
奧氏虎皮楠	10~30	20~30	10~20
恆春楨楠	10~20	10~20	10~25
武威新木薑子	-	-	10~20
攬仁舅	10~20	0	10~50
小葉赤楠	10~25	20~25	10~25
唐杜鵑	10~25	20~25	10~35
珊瑚樹	20~50	20~40	20~40
銹葉野牡丹	10~25	0	0
大明橘	0	0	0

(資料來源：本研究)

第四章 結論與建議

第一節、結論

本研究調查南仁山迎風坡森林的樹木組成及小苗更新動態，所獲重要結果如下。

- (1) 2007 年 7 月的調查資料顯示小苗組成共有 68 種，平均每個 1 m² 樣區有 14 種木本植物。
- (2) 小苗動態樣區中以日本賽衛矛、台灣八角及恆春石斑木的小苗密度最高，平均 1 m² 面積分別有 4.2、3.9 及 3.1 株。九節木、鐵雨傘、小葉赤楠及細脈赤楠小苗的密度也在每 m² 1 株以上。小苗密度每 10 m² 面積少於 1 株的有 28 種，包括台灣特有及稀有的烏心石舅、恆春紅豆樹、細葉茶梨及希蘭灰木等 4 種。
- (3) 在小苗出生死亡方面，2007 年至 11 月止記錄到新生苗 390 株，死亡小苗 218 株，出生株數大於死亡株數。新生苗以日本賽衛矛(84 株)、恆春石斑木(39 株)及台灣八角(31 株)等 3 種最多。新生苗株數以 7 月及 8 月較少，並無明顯新生苗高峰期。本年度小苗死亡較高的月份為 7 月(40 株)及 9 月(43 株)，可能與該兩月降雨量較多有關係。
- (4) 統計 22 種新生小苗在半年及一年期間的存活率，發現非耐陰種的蟲屎與白匏仔新生苗半年及一年的存活率分別約只有 65 及 40%，而耐陰種新生苗該兩期間的存活率較高，分別約為 90 及 80%，小葉木犀、大明橘、武威新木薑子等 6 種，新生苗一年間的存活率可達 100%。
- (5) 統計 40 種樹苗在 2002 年 7 月至 2007 年 6 月莖部未受損害，苗高生長正常者每年的淨高生長量，發現原本苗高在 1~10 cm 範圍的 29 種樹苗中，大多數樹苗一年可生長 1~3 cm，但台灣蕘花、大明橘及大錦蘭一年可長高 6~9 cm。由出生到苗高大於 10 cm，台灣八角、恆春石斑木、九節木、大頭茶、小葉赤楠需有三年的生長時間，而日本賽衛矛、鐵雨傘及長尾尖葉槲需生長二年，但細脈赤楠與白柏一年即可超過 10 cm，白柏新生苗生

長三年可高達 45 cm。

- (6) 測定南仁山迎風坡森林林下 9 種樹苗的光合作用日變化，發現所有供試樹種當林內可用光資源提高時，苗木的淨光合作用率均會顯著提高，尤其是恆春石斑木及白柏樹苗，其淨光合作用率隨光量增加而提高的表現甚為顯著。
- (7) 耐陰樹種小葉樟、台灣蕘花及長尾尖葉楮在某些測定日當苗木照到 $150\sim 300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 的較高光量時，其淨光合作用率並不會有顯著的提高，其原因可能是當時葉片光合作用誘發程度不足。經測定耐陰種的小葉樟及台灣八角，以及非耐陰種的白匏仔及野牡丹的光合作用誘發所需時間，前兩種需費時 30~40 分鐘，後兩種誘發時間較短，只需 10-20 分鐘。光合作用誘發所需時間的長短可能影響不同樹種苗木照到高光時，光合作用潛力表現的程度。
- (8) 在此 9 種樹苗中，單株一日碳收支最大者為野牡丹，依序為白柏、白匏仔及長尾尖葉楮，單株一日碳收支範圍在 $56\sim 73 \text{ mg CO}_2 \text{ d}^{-1}$ 之間，其餘 4 種都低於 $35 \text{ mg CO}_2 \text{ d}^{-1}$ 。
- (9) 物候調查的 21 種樹種中，2007 年有 20 種有明顯的開花，但只有 17 種有結果。開花高峰期在 1~4 月的有 13 種，6~8 月的有 4 種，有 3 種開花高峰期在 9~11 月。結果期各樹種差異較大，但以 9~11 月結果的樹種(8 種)較多。
- (10) 統計 2002 年至 2007 年五年間樹種的物候表現，發現每年都有結果的樹種為台灣八角、南仁山柃木及大頭茶等 11 種；隔一年才結一次果的為松田氏冬青；隔二年才結果者為恆春石斑木；細葉茶梨需間隔三年才結果。結果間隔年度尚無法確認的包括大明橘及捲斗櫟、錐果櫟、嶺南青剛櫟及長尾尖葉楮等 4 種殼斗科樹種。嶺南青剛櫟今年難得有果，第四章 結論與建議
上旬因強風而大量掉落，殊為可惜。

第二節、建議

生態保護區基礎生態資訊需長期監測-立即可行之建議

主辦機關：墾丁國家公園管理處

協辦機關：大學或研究機構

- (一) 本計畫所監測的小苗更新動態、植物物候表現，以及各種樹苗在林下環境的一日碳收支，此三項都是生態系重要的基礎資訊，也都需要長期的監測才能看出變化趨勢，只有短期間的調查是無法了解生態現象的全貌，因此上述監測項目需要長期的經費支持。
- (二) 由小苗更新動態的數據發現，南仁山迎風坡的森林，小苗組成及數量都比台灣北部的福山森林多，值得重視。此種豐富且珍貴的生物多樣性現況是國家公園設立保護區始能維持的結果。由此可見生態保護區的設立對本國的生物資源的保存與永續利用具有正面的價值，應持續維持南仁山生態保護區目前良好的遊客人數管制及警力巡守，並增加教育宣導措施。

附錄一：南仁山樣區木本植物名錄

Podocarpaceae 羅漢松科

Nageia nagi(Thunb.) O. Ktze. 竹柏

Aquifoliaceae 冬青科

Ilex cochinchinensis (Lour.) Loes. 革葉冬青

Ilex lonicerifolia Hayata var. *matsudai* Yamamoto 松田氏冬青

Ilex triflora Blume var. *kanehira* (Yamamoto) S. Y. Hu 金平氏冬青

Ilex uraiensis Mori & Yamamoto 烏來冬青

Araliaceae 五加科

Schefflera octophylla (Lour.) Harms 鵝掌柴

Celastraceae 衛矛科

Microtropis japonica (Fr. & Sav.) Hall.f. 日本賽衛茅

Clusiaceae 金絲桃科

Garcinia multiflora Champ. 福木

Cornaceae 山茱萸科

Aucuba chinensis Benth. 桃葉珊瑚

Daphniphyllaceae 虎皮楠科

Daphniphyllum glaucescens Bl. subsp. *Oldhamii* (Hemsl.) Huang
奧氏虎皮楠

Ebenaceae 柿樹科

Diospyros eriantha Champ. Ex Benth. 軟毛柿

Diospyros morrisiana Hance 山紅柿

Elaeocarpaceae 杜英科

Elaeocarpus sylvestris (Lour.) Poir. 杜英

Ericaceae 杜鵑花科

Rhododendron simsii Planch. 唐杜鵑

Euphorbiaceae 大戟科

Antidesma hiiranense Hayata 南仁五月茶

Glochidion rubrum Blume 細葉饅頭果

Glochidion zeylanicum (Gaerth.) A. Juss. 錫蘭饅頭果

Glochidion zeylanicum (Gaerth.) A. Juss. var. *lanceolatum* (Hayata)
M. J. Deng & J. C. Wang 批針葉饅頭果

Fabaceae 豆科

Archidendron lucidum Benth. 領垂豆

Ormosia hengchuniana Huang, Yang & Huang 恆春紅豆樹

Fagaceae 殼斗科

Castanopsis carlesii (Hemsl.) Hayata 長尾尖葉櫟

Castanopsis formosana (Skan) Hayata 台灣苦櫟

Cyclobalanopsis championii (Benth.) Oerst. ex Schott. 嶺南青剛櫟

Cyclobalanopsis longinux (Hayata) Schott. 錐果櫟

Cyclobalanopsis pachyloma (O. Seem.) Schott. 捲斗櫟

Lithocarpus amygdalifolius (Skan ex Forbes & Hemsl.) Hayata 杏葉石櫟

Pasania harlandii (Hance) Oersted 短尾葉石櫟

Illiciaceae 八角茴香科

Illicium arborescens Hayata 台灣八角

Juglandaceae 胡桃科

Engelhardtia roxburghiana Wall. 黃杞

Lauraceae 樟科

Beilschmiedia tsangii Merr. 華河瓊楠

Cinnamomum brevipedunculatum C. E. Chang 小葉樟

Cryptocarya chinensis (Hance) Hemsl. 厚殼桂

Litsea acutivena Hayata 銳脈木薑子

Machilus obovatifolia (Hayata) Kanehira & Sasaki 恆春楨楠

Machilus thunbergii Sieb. & Zucc. 紅楠

Neolitsea buisanensis Yamamoto & Kamikoti 武威新木薑子

Neolitsea hiiranensis Liu & Liao 南仁山新木薑子

Magnoliaceae 木蘭科

Magnolia kachirachirai (Kanehira & Yamamoto) Dandy 烏心石舅

Michelia compressa (Maxim.) Sargent 烏心石

Melastomataceae 野牡丹科

Melastoma candidum D. Don 野牡丹

Moraceae 桑科

Ficus superba (Miq.) Miq. var. *Japonica* Miq. 雀榕

Myricaceae 楊梅科

Myrica adenophora Hance 青楊梅

Myrsinaceae 紫金牛科

Ardisia cornudentata Mez 鐵雨傘

Ardisia quinqueгона Blume 小葉樹杞

Myrsine sequinii Lev. 大明橘

Myrtaceae 桃金娘科

Decaspermum gracilentum (Hance) Merr. & Perry 十子木

Syzygium buxifolium Hook. & Arn. 小葉赤楠

Syzygium euphlebium (Hayata) Mori 細脈赤楠

Oleaceae 木犀科

Osmanthus marginatus (Champ. Ex benth.) Hemsl. 小葉木犀

Opiliaceae 山柚科

Champereia manillana (Blume) Merr. 山柚

Proteaceae 山龍眼科

Helicia rengetiensis Masamune 蓮花池山龍眼

Rosaceae 薔薇科

Prunus phaeosticta (Hance) Maxim. 墨點櫻桃

Raphiolepis indica (L.) Lindl. Var. *hiiranensis* (Kanehira) Li 恆春石斑木

Rubiaceae 茜草科

Gardenia jasminoides Ellis 山黃梔

Lasianthus obliquinervis Merr. 雞屎樹

Psychotria rubra (Lour.) Poir. 九節木

Tarenna gracilipes (Hayata) Ohwi 薄葉玉心花

Tricalysia dubia (Lindl.) Ohwi 狗骨仔

Rutaceae 芸香科

Melicope semecarpifolia (Merr.) T. Hartley 山刈葉

Sabiaceae 清風藤科

Meliosma squimulata Hance 綠樟

Symplocaceae 灰木科

Symplocos glomerata Keng ex Clarke subsp. *Congesta* (Benth.) Noot.
楊桐葉灰木

Symplocos shilanensis Lin & Lu 南仁灰木

Symplocos theophrastaefolia Sieb. & Zucc. 山豬肝

Theaceae 茶科

Adinandra formosana Hayata 台灣楊桐

Anneslea fragrans Wall. Var. *lanceolata* Hayata 細葉茶梨

Camellia hengchunensis Chang 恆春山茶

Cleyera japonica Thunb. 紅淡比

Eurya nitida Korthals var. *nanjenshanensis* Hsieh, Ling & Yang

南仁山柃木

Gordonia axillaries (Roxb.) Dietr. 大頭茶

Schima superba Gardn. & Champ. var. *kankoensis* (Hayata) Keng

港口木荷

Ternstroemia gymnanthera (Wight & Arn.) Sprague 厚皮香

Thymelaeaceae 瑞香科

Wikstroemia taiwanensis C. E. Chang 台灣蕘花

96 年度「南仁山森林苗木更新動態、碳收支及植物物候之研究」

服務企劃書評審會議紀錄

開會日期：中華民國 96 年 5 月 15 日下午 2 時 0 分 記錄：陳玄武

開會地點：墾丁國家公園管理處大型會議室

主持（召集）人：施委員錦芳 李登志代

評審委員：

國立中興大學 王委員升陽

國立嘉義大學 陳委員瑞祥

墾丁國家公園管理處 李委員登志

墾丁國家公園管理處 馬委員協群

出席單位及人員：

服務廠商

墾丁國家公園管理處

王升陽

陳瑞祥

李登志

馬協群

李耀倫

傅松茂

參選單位簡報：郭教授耀綸簡報（詳如服務建議書）

評審委員提問及參選單位回應：

陳委員瑞祥

今年研究計畫目標相當明確，經調查 2 年多，也都將問題標示出；南仁山地區物種豐富，小苗更新以及物候觀察樹種太龐大，是否考慮針對重點樹種，如以往調查結果，那些樹種小苗特別多，或特殊樹種、特有種等等，加以詳細調查，以凸顯調查成果。

郭教授耀綸

台灣特有種像數量較多如大葉楠等，為相當普遍的樹種，其他稀有植物如小葉樟、烏心石舅、細葉茶李等，則小苗數量少，若針對特有種做調查，則無法取得足夠的樣本。

陳委員瑞祥：可以針對數量較多的樹種進行詳細的調查。

王委員升陽

這二、三年看郭老師執行的研究計畫，覺得蠻感動的，要調查如此多的小苗。請教郭老師在所調查樣區中是否有無法分辨的小苗，如果有的話如何處理？另外，南仁山擁有超高的生物多樣性，是否調查小苗與母樹之間的關係，提出一套國家公園區物種天然更新與發展。

郭教授耀綸

有關無法分辨之小苗，在進行統計分析時暫不予以統計；小苗與母樹之關係，涉及族群動態與空間分佈，這一部分將來可以請教高醫大的老師，未來可以考慮嘗試；與國家公園經營管理之關係，以目前來說要將研究成果轉化成政策或執行作法，恐暫無法回應這樣的問題。

王委員升陽

依據郭老師這二年的研究成果資料，已達 natural 等級之期刊，如果可以發表於期刊上，將可提升國家公園的形象，造成媒體的焦點，替國家公園宣傳，讓大眾明瞭國家公園進行教育及科學研究。建議如此特殊的地理環境、植物的生長及生理等現象，以及從生物多樣性的角度切入，是目前最熱門的議題，以目前的研究成果可以考慮發表在期刊上，對國家公園推廣是正面的。

郭教授耀綸

在長期生態研究當中，最大的問題：為什麼樹可以在這裡生長？以目前這樣的研究無法回應如此的大問題。我在國科會的研究計畫中，嘗試將溫度作驗證，發現溫度不致於產生如此結果。目前認為季節風所造成的機械傷害等，是個人目前認為可能原因；曾將熱帶植物的小苗栽植於迎風坡，發現熱帶植物無法存活，推測是機械傷害之結果；東北季風是否為生態篩子，是未來長期研究的方向，因此，暫無法回應如此的大問題；南仁山對國家公園非常重要，風的作用相關的研究相當少，未來可以設法釐清。

王委員升陽

有關機械傷害之生物力學問題，黃老師對木材相關應力，有相當程度的研究，可以尋求協助或合作。另外，希望看見聚焦的資料，雖然族群動態較為困難，可由探討小苗更新及物候等，瞭解那些植物最能適應，以及如何應用之問題。

郭教授耀綸

要解決小苗與母樹之關係，屬世界級之題目，但方法學上有待突破。

可以提出大頭茶、珊瑚樹、大明菊等抗風樹種；墾丁國家公園標榜南仁山是熱帶森林，但其所占有面積並不大，大部分為迎風坡植相，未來可以設計較深入的問題，包括其生活史、抗風能力等等。

李委員登志

利用比較特殊的植物，給予其特色的名稱，如神木嶺南青剛櫟、處花台灣野牡丹等，提供教育推廣之用。

馮委員協群

第一個問題，有關碳收支的調查中，8個樹種中各有小苗4棵，請問郭老師小苗數量、大小是否OK，以及是否作標示。

第二個問題，植物呼吸作用為24小時，而碳支出只測定晚上時間，那白天部分的量是否不影響？

第三個問題，苗木淨高生長，若用比率的話，要呈現生長率高或是其他？

郭教授耀綸

所選取的小苗大小接近，其中取2棵較暗、2棵較亮的環境，株數方面如此設計已經算夠多了，若要再增加恐有困難。至於大小要完全相同，數量

較多的種類比較容易，對於稀少的種類，則比較困難。每株小苗均有標示。

白天所計算的淨值，已經扣除呼吸作用。

淨高生長可用相對高生長，但卻無法比較之標準，淨高生長則可以呈現。40%的小苗小於10公分，每年之生長量小，從5公分生長至10公分，需要5年，要強調小苗的年齡，如紅花八角高度10公分，需5年，如此發現苗木生長緩慢，呈現真實的生態現象。

李委員登志

南仁山物種豐富，是否可將如此生態系，利用人為方式移植至本處的關山BOT案基地，是否可行？ -

郭教授耀倫

關山地區之生態環境與南仁山完全不同，故不建議以人工方式去形塑南仁山植相，成功機率不高。銀合歡砍除後，進行植樹，先以陽性先驅樹種，形成鬱閉後，再栽植陰性樹種。

會議決議：本案評審結果，合格，請續辦議價事宜。

散會時間：96年5月15日下午16時00分。

96 年度「南仁山森林苗木更新動態、碳收支及植物物候之研究」
委託研究期中簡報審查會議紀錄

開會日期：中華民國 96 年 8 月 9 日下午 2 時 30 分 記錄：陳玄武

開會地點：墾丁國家公園管理處大型會議室

主持（召集）人：施委員錦芳 李登志

評審委員：

國立中興大學 王委員升陽 王升陽

國立嘉義大學 陳委員瑞祥 陳瑞祥

墾丁國家公園管理處 李委員登志 李登志

墾丁國家公園管理處 馬委員協群 馬協群

出席單位及人員：

國立屏東科技大學：鄧耀給 鄧賢 黃培瑜 楊雅萍

墾丁國家公園管理處 林欽旭

陳松茂 林文敏 陳文明 蔡乙攀 謝桂強
唐洪軒 郭曉文 蔡豐富

受委託單位簡報：郭教授耀倫簡報（詳如期中報告書）

評審委員提問及參選單位回應：

馬委員協群-問

1. 經比較 2005-2007 年之出生、死亡株數，發現 2007 年並無減少，推論與降雨量無相關，其相關性如何？
2. 於物候調查中，發現部分種類無觀察到開花，卻有結果情形，似乎不合乎常理，其可能的原因為何？
3. 另外古湖乾涸，其影響整個長期生態，是否是氣候變遷所造成？是一個不尋常的現象，

郭教授耀倫-答

根據所搜集氣象資料顯示，2007 年之雨量明顯較少，是否會影響小苗出生，因此嘗試與小苗出生株數進行比較，初步發現並無直接影響。由於小苗出生影響因子相當複雜，所得結果僅說明南仁山區雨量無直接影響小苗出生。

物候調查發現無開花卻有結果，確實不合邏輯，推測可能是觀察間隔太長或花朵太小、隱密，而致觀察不到開花現象。

古湖乾涸是一個很有意思的問題，以先前長期監測發現，有很多水生昆蟲及其他生物，其有機物質、礦物質相當豐富，因此水質經常是混濁的，現在卻很乾淨、清澈，其中生物相幾近歸零狀態。建議可以找相關研究人員進行深入探討，瞭解從無到有的過程。

陳委員瑞祥-問

本次資料呈現方式，結合了前幾年的研究成果，包括氣候條件、小苗生長等，相當不錯；建議期末報告時，同樣結合先前 3 年或 5 年研究資料，比較會有具體的成果呈現。

簡報中(P18)不同年齡的苗高，是否為平均苗木高度？若是的話會造成苗木會萎縮的錯覺，是否應該把受傷的部分扣除。

郭教授耀倫-答

同意陳委員的建議，期中報告將整合先前研究資料，做進一步的分析。

P18 表中確為平均苗高，且其樣本數均不相同。有關受機械傷害的部分，未來

將分成 2 個表格，以忠實呈現實際狀況。

王委員升陽-問

以郭老師野外調查經驗，認為小葉樟的光合作用與瞬間光量之關係較不尋常，這是否與光的品質有關，以及因各個樣區立地差異所致。針對有興趣之樹種，進行實驗室之研究。

所選定的樣區，立地環境會影響出生率及死亡率，因此應將各樣區之立地環境加以描述，並加入環境因子分析。

郭教授耀倫-答

需細分微環境，有測光強度等，發現有產生動態變化；感謝提醒環境之描述，將來能夠提供解讀各項結果。有關小葉樟呈現異常現象，經野外調查發現，小葉樟大多生長於陰暗、鬱閉的環境；給予強光不應無反應，推測應為斑光，植物照射斑光，必需一段時間，方能啟動光合作用；然時間不足，未能啟動光合作用，但卻測得較高的光量。

李委員登志-問

1. 每年有 100-200 株的新生小苗，請問這些種子從何而來及補充？
2. 今年比較乾旱，依理論而言新生小苗數量，應受影響才是，為何仍有相當多的小苗發生？
3. 若因颱風造成枝葉掉落，影響所調查的苗木，該如何處理？
4. 有些樹種碳收支負成長，可否依此作驗證？
5. 建議可以將物候觀察成果，應用於志工訓練。

郭教授耀倫-答

種子來源可分為二種，一為從上方母樹開花結果後掉落，另一為部分樹種具有休眠性，存在於土壤中，即所謂的土壤種子庫。

種子發芽需陽光、水分等配合，今年度乾旱新增苗木數並未減少，其可能之原因是土壤中含水率較高。

因天然災害所造成苗木傷害，視為自然環境的擾動，故不予移除，維持自然狀態。

在碳收支負成長方面，某些是自然傷害，無法用碳收支來驗證，可用統計無傷害之苗木。如恆春石斑木從資料看來，其合光作用率是較高，但其葉面積較小，故其碳收支可能不高，故葉面積與淨生長有關。

林秘書欽旭-問

1. 在淨高生長量表中，大部分樹種株數均減少，為何白柏在第3年卻增加？
2. 期中報告書第12頁表4中，為何2005年7月之資料空白？應加註原因。
3. 報告書之雨量統計表為何只到6月，請說明
4. 由表4中看出苗木死亡較多的月份，大致在7、8、9月，故死亡與雨量之絕對關係為何？
5. 表15與表17之雨量資料不符，請查明。
6. 由本研究初步建議長期監測，應需多少年？

郭教授耀綸-答

1. 由於出生與死亡之資料相當複雜，待事後重新計算，將再查清楚。
2. 造成空白資料，應為該年颱風造成道路中斷，無法調查所致。
3. 由於雨量統計為整個月份，本報告是於7月底繳交，故尚無7月份氣象資料。
4. 上半年明顯乾季，測試是否影響小苗發生，結果並無影響。
5. 資料不相吻合部分，將再仔細查清楚。
6. 長期監測需要多少年，很難回答此一問題；以物候調查為例，每年均有所不同，故很難給一個明確的數字。若時間太短，則所獲得的結論可能是錯的；以物候調查而言，建議至少5年。

林主任文敏-問

本研究是以小苗之高生長，除高生長外是否有側向生長之現象？

郭教授耀綸-答

目前並無作側向生長的記錄，但感謝林主任的提醒。理論上苗木為爭取生存空間，應是以高生長為優先，故以高生長作為生長表現。若是直徑生長，因數值過小，易產生誤差；另外還有葉片數均可供參考。

蔡技士乙榮-問

1. 苗木更新、生長，乾旱未影響，是否因為乾燥造成林下光量增加所致？光源照度是否呈現出？
2. 苗木多寡是否與林木種子生產之豐欠年有關？

3. 苗木生長：該區偏熱帶，理論上生長應較快，但就目前研究結果顯示高生長是比較慢的，是否有相同樹種在其他區域相關研究報告可供比較？另可以進行人工培植，以證明該苗木之遺傳性質。
4. 平均生長部分，建議將折損部分分離，較為合理。另可嘗試調查苗木根系發展的情形。

郭教授耀綸-答

1. 小苗增加與光量之關係，因時間已過，無法進行；當初有定期測定樣區之光量，但3個月才測1次，可以嘗試找原有資料比對看看。
2. 豐欠年部分可以呈現，將於期末報告提出。
3. 小苗高生長緩慢，是否為遺傳或環境因素所造成，確實可經人工培育可得出結果。
4. 淨高生長將分離機械傷害的部分。根系之研究則很難，無法得知其根系之發展。

謝桂楨-問

報告書中所採用雨量資料為恆春氣象站資料，為何不用南仁山？

郭教授耀綸-答

因南仁山的氣象儀器已損壞。

會議決議：本案評審結果一通過。

散會時間：96年8月9日下午16時00分。


96 年度「南仁山森林苗木更新動態、碳收支及植物物候之研究」

委託研究期末簡報審查會議紀錄

記錄：陳玄武

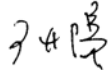
開會日期：中華民國 96 年 11 月 27 日下午 1 時 00 分

開會地點：墾丁國家公園管理處大型會議室

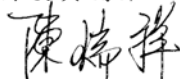
主持（召集）人：施委員錦芳 

評審委員：

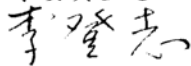
國立中興大學 王委員升陽



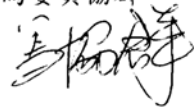
國立嘉義大學 陳委員瑞祥



墾丁國家公園管理處 李委員登志



墾丁國家公園管理處 馬委員協群

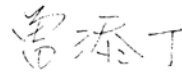


出席單位及人員：

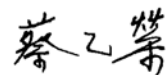
國立屏東科技大學：郭耀綸

墾丁國家公園管理處

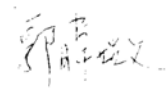





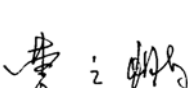





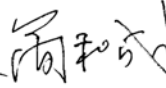












受委託單位簡報：郭教授耀綸簡報（詳如期末報告書）

評審委員提問及參選單位回應：

王委員升陽-問

3 年的資料完整，有太多的數據，但都無採用統計方式呈現，較為可惜，以瞭解樣本數及相關性等；若此一研究計畫持續進行，希望有統計分析。報告中有呈現出光線啟動光合作用，非常不錯，提出四個樹種，有些敏感有些則否，此一問題若詳加研究，可能就有一篇很好的研究報告。光合作用影響因子，如葉片厚度、氣孔數目等等基因的表現，若能將野外表現加上實驗室資料，可作為生態教育素材。物候的資料很不錯，展葉結果、開花數據與碳收支關係，如其開花時期之關係；先前自行研究代謝產物，發現開花前與開花後是不相同的，是不是能探討開花與碳收支之關係。另外，目前已瞭解樹種的碳收支，是否能推估南仁山地區碳收支的數據，將能為管理表現出南仁山生態保護區對碳保留及溫室效應的貢獻，及對整體環境的貢獻，對於墾管處的宣導有助益。

郭教授耀綸-答

1. 統計資料碳收支樹種間的比較，必需要做一年；物候資料則難做統計，僅以定性、描述性表示。
2. 有關光啟動光合作用只做 4 種，未來有興趣仍可納入研究，可結合王老師基因表現，是一個很棒的題目，是生態領域一個新的方向，未曾看過相關的研究；另植物是有生命的，無法看出，隨環境改變。如氣孔開啟等生理調控機制，王老師之建議未來可考慮執行。
3. 有關京都議定書的問題，本次所做的是小苗而非大樹，之前有作過一些樹種，2 年的觀察月變化，一棵樹可吸收多少 CO₂，以 1、2 種代表，可表示出推估南仁山迎風坡 1 公頃可固定 CO₂ 的數量，可表現出南仁山生態保護區的效益，並可做海報及短文，作為解說教材。

陳委員瑞祥-問

1. 3年成果可看出趨勢，今年的呈現方式不錯，此為長期性環境問題，希望這個計畫能夠繼續。3年資料苗木新死亡沒有與氣候比較，環境因子比較，進行討論比較好。
2. 樣區光照條件位置是否類似？目前看所有的數據，對個別差異是否有特殊發現。
3. 提及恆春石斑木有開花無結果，但資料中新生苗木又很多，為何？

郭教授耀綸-答

1. 特殊環境因子部分，去年有提出颱風的影響，今年則無重大的颱風，所以今年沒有再提出，
- 3年的報告可加入。期中報告曾提出3-5月乾旱，但出生死亡卻無影響，氣候變遷是否有影響，則無法看出。
2. 物候無法看出是否異常，必需長期調查始能推估，才能推測是否正常。

陳委員瑞祥-問

2005-2007年資料中，以2006年的資料較不相同，苗木數量及高峰的月份均不相同，當年是否有環境因子的影響，加入環境因子的討論。

郭教授耀綸-答

1. 2006年資料異常，無法看出其某種環境因子的影響。
2. 不同樣區環境亦不同，加上動態變化，孔隙、環境變異，每一個樣區均不同，很難表示出來；光較強的地方，光合作用旺盛，可以明顯看出。
3. 恆春石斑木5年都有調查，發現有一年沒有結果，並不是每年都無結果；另外，種子發芽的條件都不相同，如某些需經冬天低溫的刺激方能發芽如春化作用；熱帶樹種與溫帶植物亦不相同。

蔡技士乙榮-問

老師碳收支是以光照，是否考慮濕度、葉厚度、CO₂濃度、氣孔開放及氣孔密度等等？

郭教授耀綸-答

影響碳收支因素很多，光量是最直接立即的，其次為溫度，南仁山非常特殊，先前研究生研究卻發現：嶺南青剛櫟於冬季光合作用速率比較高，夏季則較低，與所認知不同。CO₂部分，全球CO₂增加，已獲植物生理學界證實對植物是屬正面；濕度部分則保留，南仁山區較濕，且變化較小，氣孔很少因乾旱而關閉，發現不是限制的因子，氣孔密度與光合作用則不成相關。

陳課長松茂-問

1. 台灣八角與恆春石斑木的LAI 多少最恰當？
2. 影響豐欠年重要因子，在經營管理上如何配合？隔年結實如細葉茶梨屬稀有樹種，如何作為？
3. 未來研究計畫，如何在供源與積儲機制角度來看碳收支。

郭教授耀綸-答

1. 多少葉面積比較恰當，只要葉片能置入葉箱，大小葉無影響；樹冠的上、下層葉片光合作用不同，上層較高，下層較低，若考慮整株碳收支，則必需分離計算。
2. 豐欠年部分是其遺傳表現，無法控制，若要採種，則必需瞭解結實狀況，並於結實年度採種。
3. 對於供源角度來看，生長速度快的植物，需要消耗較多的碳水化合物，目前並特別注意。以本研究調查結果：白柏、白孢子及野牡丹生長速度快，需要較多葡萄糖(碳水化合物)，則吸收CO₂進行光合作用，製作葡萄糖；其他生長慢，如台灣八角、小葉樟，則無強烈需求葡萄糖，其含量較低，只要能活下去，每一樹種生長策略不同。林業上用森林吸CO₂，那種什麼樹比較好，以生長比較快的樹種，把CO₂吸收到植物體內。明年計畫希望從CO₂著手，發現CO₂影響很大，將進行CO₂的濃度，以及土壤的呼吸，因根及微生物的呼吸會釋出CO₂，不同林地其CO₂會影響生產力。因此，明年將作迎風坡及背風坡林地土壤呼吸，再加上植物的碳收支。

會議決議：本案評審結果一通過審查。

散會時間：96 年11 月27 日下午14 時30 分。

參考書目

- 李松柏，1995，南仁山區亞熱帶雨林小苗更新之研究，國立台灣大學植物學系碩士論文。
- 郭耀綸、吳祥鳴，1997，黃心柿、毛柿及大葉山欖苗木光合作用與型態對不同光量的可塑性，中華林學季刊 30(2):165-185。
- 郭耀綸、范開翔，2003，南仁山森林倒木孔隙三年間的更新動態，台灣林業科學 18:143-151。
- 賴宜鈴，1996，南仁山亞熱帶雨林小苗更新及地被層植物之研究，國立台灣大學植物學系碩士論文。
- 鄭鈞騰、郭耀綸，2004，南仁山森林內的二氧化碳濃度梯度及其對林下小苗光合作用的影響，台灣林業科學 19(2):143-152。
- Fan, S.W., Chao W.C., Hsieh C.F. 2005. Woody Floristic Composition, Size Class Distribution and Spatial Pattern of a Subtropical Lowland Rainforest at Nanjen Lake, Southermost Taiwan. *Taiwania* 50(4): 307-326.