

# 墾丁國家公園南仁山森林更新 動態、物候及氣象之長期監測(2)

內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十五年十一月

(國科會 GRB 編號)

PG 9502—0332

# 墾丁國家公園南仁山森林更新 動態、物候及氣象之長期監測(2)

受委託者：國立屏東科技大學

研究主持人：郭耀綸

研究助理：林淑惠

內政部營建署墾丁國公園管理處委託研究報告

中華民國九十五年十一月



## 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.....	3
第一節 試驗地概述.....	3
第二節 森林組成與豐量調查.....	3
第三節 小苗更新動態樣區的設置.....	3
第四節 小苗樣區光量測定.....	5
第五節 更新苗的光合作用光補償點、暗呼吸率之測定.....	5
第六節 耐陰性樹苗與非耐陰性樹苗生理可塑性之比較.....	7
第七節 植物物候調查.....	8
第八節 氣象監測.....	9
第三章 結果與討論.....	11
第一節 森林樹種組成與物種豐量.....	11
第二節 小苗組成與物種豐量.....	12
第三節 小苗的高生長.....	16
第四節 小苗高度分佈.....	16
第五節 小苗出生死亡動態變化.....	19
第六節 颱風的影響.....	23
第七節 三十種樹苗在低光下的光合作用性.....	27
第八節 耐陰樹苗與非耐陰樹苗光合作用性狀可塑性的比較.....	29
第九節 氣象監測結果.....	35
第十節 物候觀察結果.....	37
第四章 結論與建議.....	47
第一節 結論.....	47
第二節 建議.....	48

附錄一 南仁山樣區木本植物名錄.....	49
附錄二 南仁湖氣象站各月氣象資料.....	53
附錄三 南仁山管制站各月氣象資料.....	63
附錄四 墾丁國家公園管理處委託研究計畫評審委員會會議紀錄 (服務計畫書評選).....	71
附錄五 墾丁國家公園管理處委託研究計畫評審委員會會議紀錄 (期中簡報).....	75
附錄六 墾丁國家公園管理處委託研究計畫評審委員會會議紀錄 (期末簡報).....	79
參考書目 .....	85

## 表次

表 2-1 南仁山迎風坡森林光合作用特性測定之樹種名稱、測定植株之高度及其耐陰性.....	6
表 2-2 南仁山植物物候調查之樹種及樣木株數.....	10
表 3-1 南仁山步道南北兩側樣區林木與小苗組成種類、頻度與密度.....	13
表 3-1 (續) 南仁山步道南北兩側樣區林木與小苗組成種類、頻度與密度.....	14
表 3-2 南仁山步道 3.4 K 南北兩側樣區 2006 年 6 月調查到所有小苗的數量及密度.....	15
表 3-3 南仁山 3.4 K 南側小苗樣區 2002 年 7 月至 2006 年 3 月間存活苗木不同初始苗高等級之淨高生長.....	17
表 3-4 南仁山迎風坡森林新生樹苗初生高度.....	18
表 3-5 南仁山步道南北兩側樣區 2005 年 3 月至 2006 年 6 月各月小苗出生及死亡株數.....	20
表 3-6 海棠颱風前 2 週(2005 年 7 月 5 日)、後 4 個月(11 月 19 日)、後 8 個月(2006 年 3 月 25 日)南北側小苗樣區之相對光量(%)變化.....	24
表 3-7 北側樣區海棠颱風過後低光(L)與高光(H)樣區 2005 年 8 月至 2006 年 3 月苗木不同高度級淨高生長量(cm).....	26
表 3-8 南側樣區海棠颱風過後低光(L)與高光(H)樣區 2005 年 8 月至 2006 年 3 月苗木不同高度級淨高生長量(cm).....	26
表 3-9 南仁山迎風坡森林 30 種試驗樹苗的光合作用光補償點、暗呼吸率、光量子效益及在光量 $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 之淨光合作用率( $A_{50}$ ).....	28
表 3-10 南仁山迎風坡森林生理可塑性測定之六種樹苗的光合作用光補償點平均值及範圍、暗呼吸率及光量 $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 時之淨光合作用率( $A_{50}$ ).....	30

表 3-11 供試樹種生長在強光與弱光生育地苗木 4 項生理性狀之可塑性指標值(PPI).....	33
表 3-12 供試樹種生長在強光與弱光生育地苗木 4 項生理性狀之可塑性指標值供試樹種生長在強光與弱光生育地苗木 4 項葉部形態之可塑性指標值(PPI).....	33
表 3-13 南仁湖氣象站 2006 年各月之氣象資料.....	35
表 3-14 南仁山管制站 2006 年各月之氣象資料.....	36
表 3-15 南仁山 20 種植物 2006 年展葉、花盛開、果熟物候高峰期(月).....	41
表 3-16 南仁山迎風坡森林 2006 年 1-12 月 20 種植物之物候表現.....	42
表 3-16 (續) 南仁山迎風坡森林 2006 年 1-12 月 20 種植物之物候表現.....	43
表 3-17 南仁山迎風坡森林 20 種樹木 2002~2006 年花期與果期之比較.....	44
表 3-17 (續) 南仁山迎風坡森林 20 種樹木 2002~2006 年花期與果期之比較.....	45

圖次

圖 3-1 南仁山小苗樣區 2006 年 3 月不同苗木高度級之株數分布.....	19
圖 3-2 南仁山迎風坡森林南北兩側樣區 2005 年 3 月至 2006 年 10 月各月份小苗平均密度的動態變化.....	21
圖 3-3 苗木物種多樣性指數(Shannon-Wiener index)2002 年 7 月至 2006 年 10 月之動態變化.....	22
圖 3-4 南仁山迎風坡森林 30 種天然更新樹苗光合作用光補償點與暗呼吸率的關係.....	29
圖 3-5 可塑性測定的耐陰種與非耐陰性苗木的光補償點、暗呼吸率、光飽和點、光飽和光合作用率分別與苗木生長處相對光量間的關係.....	31
圖 3-6 可塑性試驗樹苗在強光與弱光環境植株光飽和光合作用率(Asat)的改變率與比葉重的改變率間的關係.....	34





## 摘 要

**關鍵詞：**森林更新、植物物候、生理可塑性、颱風擾動、林下光量

### 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(包括氣象資料)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。

### 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、北兩側森林內，共設置 45 個 2 m × 0.5 m 小苗樣區，每月調查木本植物苗木高度及出生死亡之動態變化，並調查樣區所處林分的樹種組成。由小苗樣區中選取 30 種苗木測定其光合作用光補償點及暗呼吸率，並測定 4 種耐陰樹苗及 2 種非耐陰樹苗，分別長在強光與弱光環境，植株的生理可塑性及葉部形態可塑性。本研究也調查 20 種迎風坡森林樹種的物候表現，並持續監測氣象因子。

### 三、重要發現

2006 年 6 月的調查，記錄到兩樣區有 69 種木本植物小苗，以日本賽衛矛為最多，其次為臺灣八角、恆春石斑木及九節木，小苗平均密度每  $m^2$  達 31.3 株。樣區所在的森林組成共有 72 種胸徑大於 1 cm 的樹種，其中有 54 種的小苗出現在本研究小苗樣區中，另有 18 種沒記錄到小苗。小苗樣區中的 69 種組成植物中有 15 種不是森林大樹的組成份。小苗組成中高達 42% 的植株高度低於 10 cm，且其淨高生長一年約只有 1~2 cm。2006 年新生苗出現的高峰期為 2 月至 3 月，達 78 株，佔全年度新生苗總數的 35%，苗木死亡則以 8 月最多。合併兩樣區的 Shannon 多樣性指數，在 2005 年 9 月以後即維持在約 3.2，但 2006 年 8 月有明顯下降。2005 年 7 月海棠颱風來襲後，南側樣區一個月後即長出大量小苗，但北側樣區 7 個月後才大量發生陽性樹種蟲屎

的小苗。颱風雖破壞樹冠但可增加地表光量有效度，可使土壤種子庫中的種子發芽，並促進小苗高生長。經測定 30 種苗木的光合作用性狀，發現 24 種耐陰樹苗的光合作用光補償點在  $3\sim 8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  範圍，非耐陰種在  $10\sim 17 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  範圍。在可塑性方面，發現生長在弱光環境的 4 種耐陰樹苗台灣八角、大頭茶、奧氏虎皮楠及恆春石斑木有很低的暗呼吸率、光補償點及光飽和點，但生長在強光環境的植株上述光合作用性狀可有大幅度的提升。然而，非耐陰種白柏及白匏仔生長在強光的樹苗具有較高的光飽和光合作用率。此 6 種樹苗中以恆春石斑木的生理可塑性最高，大頭茶的葉部形態可塑性最高，白匏仔此兩方面的可塑性均最低。耐陰樹苗光合作用對光量的可塑性高於非耐陰樹苗。在物候觀察方面，2006 年 1 至 11 月間有 15 樹種開花，有 10 種結果。

#### 四、主要建議事項

小苗更新動態、植物物候、生態系的氣象資料，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) 本計畫所監測的氣象、小苗更新動態及植物物候表現，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: forest regeneration, plant phenology, physiological plasticity, typhoon disturbance, understory light

We set up two weather stations to monitor temperature, wind speed, wind direction, precipitation and light intensity, one at Nanjenshan research station and one by Nanjen lake of Kenting National Park. Forty-five 2 m × 0.5 m plots were set up in both sides of the forest at 3.4 K of Nanjenshan trail. All seedlings in the plots were identified, tagged, and seedling height recorded on monthly basis. We also observed the phenology of 20 species along the trail and at the south side of 3.4 K forest. There were totally 69 species, with mean seedling density of 31 stem per m<sup>2</sup>, being recorded in the 45 plots on March 2006. *Rhaphiolepis indica*, *Microtropis japonica*, *Illicium arborescens*, and *Psychotria rubra* are the dominant species of seedlings. As for the forest compositions, we recorded 72 tree species which has individuals of breast-height diameter greater than 1 cm. Among them, seedlings of 54 tree species appeared, and the other 18 species did not, in our 45 seedling plots. On the other hand, 15 out of the 69 species in our seedling plots were absent in the previous mentioned forest compositions. For seedling community, 43% of the seedlings were smaller than 10 cm and their annual net increment of height were only about 1 to 2 cm. Peak mortality was on August, while peak recruits occurred between February and March in 2006. Although typhoon Haitang damaged the forest canopy, but the light availability to the forest floor increased. Consequently, both the seed germination from soil seed bank and the seedling height growth are enhanced. For the physiological measurements, the light compensation points of 24 shade tolerant species were between 3 and 8 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>. Six shade intolerant species, on the other hand, had light compensation points of 10-17 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>. Four shade tolerant species, *Illicium arborrescens*,

*Gordonia axillaris*, *Daphniphyllum glaucescensi*, and *Rhaphiolepis indica* var. *hiiranensis*, as well as 2 shade intolerant species, *Spaium discolor* and *Mallotus paniculatus* were investigated to calculate their physiological and morphological plasticity index. Results revealed that seedlings of the 4 shade tolerant species grown under dim light all had low dark respiration rate, light compensation point, and light saturation point, while these photosynthetic characteristics would increase for the seedlings grown under strong light. However, seedlings of shade intolerant species grown under strong light showed higher light saturated photosynthetic rates. Among these 6 species, *R. indica* exhibited the highest physiological plasticity; *G. axillaris* had the highest leaf morphological plasticity; and *M. paniculatus* showed the lowest in both plasticity indexes. Photosynthesis of shade tolerant species showed higher plasticity to light than that of shade intolerant species.

## 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。在南仁山區，因受風力影響程度不同，形成迎風和背風區有著不同的微氣象，生育著組成種類極為不同的植物，植群的外貌形象也截然不同。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，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。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，其中有許多為台灣特有且稀有的樹種，例如希蘭灰木、恆春山茶、恆春紅豆樹、恆春楨楠、恆春石班木、恆春紫珠、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，關鍵在於每一樹種子代是否能在該地順利的建立。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。

本區森林更新動態的研究有二項，賴(1996)<sup>1</sup>曾於 1995-1996 年間在南仁山不同海拔樣帶觀測 89 個樣區 74 種 2797 株小苗的出生死亡動態。該研究發現 6 月時新生苗最多，新生苗的存活率為 43%，老苗的存活率為 69%。較低

---

<sup>1</sup> 賴宜鈴, 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, 1996) 頁 135。

海拔的苗木均由種子更新，而較高海拔溫帶樹種則有 44% 為萌蘗枝條更新。另一研究為郭及范(2003)<sup>2</sup>調查南仁山區大樹傾倒後孔隙內植群在 31 個月內的動態變化，該研究發現孔隙發生後林地光量增高，土壤種子庫內的陽性樹種如白匏仔、血桐、蟲屎會立即發芽，但沙勒竹和姑婆芋的遮蔭會抑制新生苗的建立。

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，並藉觀察冠層樹種之物候現象及監測氣象因子之變化，來解釋苗木之出生及死亡原因。由上述調查可提供南仁山森林在遭干擾事件後，森林更新可能的調適及反應，可增進我們對該森林生態系功能的瞭解。

---

<sup>2</sup>郭耀綸、范開翔，南仁山森林倒木孔隙三年間的更新動態（台灣林業科學，2003）18(2): 143-151。

## 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)<sup>3</sup>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。

### 第二節 森林組成與豐量調查

於 2002 年 7 月，在南仁山路步道 3.4K 南側森林，即緊鄰古湖永久樣區東方的森林，調查該森林樹種組成及結構。調查時先以經緯儀依南-北及東-西方向，每隔 10 m 釘一根長 50 cm 的鋁桿，四根鋁桿間即為 10 m × 10 m 樣區，此大樣區中再以每 5 m × 5 m 的調查樣區單位進行每木調查。凡是胸徑 (DBH) 大於 1 cm 的灌木、喬木均在樹幹朝北方向釘或掛以有編號的鋁牌，記錄該植株樹種名稱、胸徑、樹高、分枝數，並在方格紙上標定相對位置。依此方法共調查了 58 個調查樣區 (5 m × 5 m) 的資料，由此統計此森林內的樹種組成及各樹種的豐量。

### 第三節 小苗更新動態樣區的設置

---

<sup>3</sup> 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, Southernmost Taiwan (Taiwania 50(4): 307-326, 2005)



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 m<sup>2</sup>。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 m<sup>2</sup> 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(非隨機選取)，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。

#### 第四節 小苗樣區光量測定

為了解樣區內光量對小苗高生長及存活死亡的影響，本研究於 2005 年 7 月 5 日，11 日 9 日，及 2006 年 3 月 25 日分別測定南北兩側森林小苗樣區的光量。因 2005 年 7 月 18 日台灣南部有海棠颱風侵襲，造成本區森林嚴重斷枝落葉，也造成許多樹木傾倒，而 7 月 5 日的光量測定可視為颱風前林內的光量狀況，11 月 19 日則視為颱風後四個月的情況。測定光量均於晴日中午前後時進行，以 LI-190 光量計，配合資料記錄器，記錄每個小苗樣區上方 60 cm 處 5 個點的平均光量值，在測定同時另於本研究設置的觀測平台(高 4 m)無遮陰處記錄全光值，用以換算各小苗樣區的相對光量百分率。

#### 第五節 更新苗的光合作用光補償點、暗呼吸率之測定

在墾丁國家公園南仁山生態保護區，在南仁山步道 3.4K 迎風坡森林，由已設立的小苗更新動態樣區內，選取耐陰樹種包括竹柏、香楠、小葉樟、長尾栲、捲斗櫟、錐果櫟、嶺南青剛櫟、江某、大錦蘭、大頭茶、大明橘、軟毛柿、福木、九節木、山豬肝、小葉木犀、台灣黃杞、台灣蕘花、野牡丹、領垂豆、台灣八角、日本賽衛矛、恆春石斑木、奧氏虎皮楠等 21 種，非耐陰性樹種有蟲屎、白柏、白匏仔等 3 種，另於南仁山步道 0.2 K 處空曠地選取血桐、長穗木、山芙蓉等 3 種非耐陰種苗木，共計 30 種，每種各 3 株供試驗用。各植物的學名列於表 2-1。

藉 LI-6400 (LI-COR, USA)攜帶式光合作用測定系統，測定所選定之 30 種樹種苗木各 3 株，每株一個葉片在低光下的淨光合作用率，再求得各樹苗的暗呼吸率(Dark respiration,  $R_d$ )及光合作用光補償點(Light compensation

表 2-1 南仁山迎風坡森林光合作用特性測定之樹種名稱、測定植株之高度及其耐陰性 (T 為耐陰樹種, I 為非耐陰樹種)

樹種	科名	學名	高度(cm)	耐陰性
竹柏	羅漢松科	<i>Nageia nagi</i>	13, 43, 44	T
軟毛柿	柿樹科	<i>Diospyros eriantha</i>	25, 27, 29	T
小葉樟	樟科	<i>Cinnamomum brevipedunculatum</i>	46, 47, 65	T
香楠	樟科	<i>Machilus zuihoensis</i>	9, 21, 23	T
白柏	大戟科	<i>Sapium discolor</i>	18, 31, 38	I
血桐	大戟科	<i>Macaranga tanarius</i>	28, 30, 47	I
白匏子	大戟科	<i>Mallotus paniculatus</i>	9, 24, 30	I
蟲屎	大戟科	<i>Melanolepis multiglandulosa</i>	15, 18, 19	I
長尾栲	殼斗科	<i>Castanopsis carlesii</i>	21, 27, 37	T
捲斗櫟	殼斗科	<i>Quercus pachyloma</i>	32, 45, 99	T
錐果櫟	殼斗科	<i>Cyclobalanopsis longinux</i>	9, 15, 60	T
嶺南青剛櫟	殼斗科	<i>Cyclobalanopsis championii</i>	50, 53, 89	T
江某	五加科	<i>Schefflera octophylla</i>	7, 8, 13	T
大錦蘭	夾竹桃科	<i>Anodendron benthamiana</i>	12, 33, 38	T
山芙蓉	錦葵科	<i>Hibiscus taiwanensis</i>	22, 45, 60	I
福木	藤黃科	<i>Garcinia multiflora</i>	17, 20, 30	T
九節木	茜草科	<i>Psychotria rubra</i>	21, 26, 40	T
山豬肝	灰木科	<i>Symplocos theophrastifolia</i>	18, 31, 54	T
小葉木犀	木犀科	<i>Osmanthus marginatus</i>	9, 10, 11	T
台灣黃杞	胡桃科	<i>Engelhardia roxburghiana</i>	18, 30, 53	T
台灣蕘花	瑞香科	<i>Wikstroemia taiwanensis</i>	28, 30, 37	T
日本賽衛矛	衛矛科	<i>Microtropis japonica</i>	8, 14, 15	T
野牡丹	野牡丹科	<i>Melastoma candidum</i>	18, 19, 20	T
大明橘	紫金牛科	<i>Myrsine sequinii</i>	9, 12, 30	T
領垂豆	含羞草科	<i>Pithecellobium lucidum</i>	27, 32, 36	T
大頭茶	茶科	<i>Gordonia axillaris</i>	9, 17, 55	T
台灣八角	八角茴香科	<i>Illicium arborescens</i>	12, 18, 18	T
恆春石斑木	薔薇科	<i>Rhaphiolepis indica var. hiiranensis</i>	20, 26, 32	T
奧氏虎皮楠	虎皮楠科	<i>Daphniphyllum glaucescens</i>	6, 10, 10	T
長穗木	馬鞭草科	<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>	32, 45, 52	I

(資料來源：本研究)

point, LCP)。測定時先將該系統葉箱內的  $\text{CO}_2$  設定在  $380 \mu\text{l L}^{-1}$ ，相對濕度 70~80%，葉溫  $28^\circ\text{C}$ ，光源設定為  $0 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，測其  $\text{CO}_2$  交換速率，此數值即為該樹苗的  $R_d$ 。之後將光源分別調高至 4、8、15 及  $50 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，分別測得該光量下的淨光合作用率。將上述不同光量下測得之淨光合作用率(y)與測定時之光量(x)做直線迴歸，求得迴歸式後，將 y 值設為 0，求得 x 值，即為該葉片之光合作用 LCP，迴歸式的斜率即為光量子產值(Quantum yield, QY)。所測定的葉片為成熟、健全，位於該植株上部之葉片。測定日期為 2006 年 2 月至 5 月共計 7 個測定日。

## 第六節 耐陰性樹苗與非耐陰性樹苗生理可塑性之比較

於 2006 年 5 月選取台灣八角、大頭茶、奧氏虎皮楠、恆春石斑木等 4 種耐陰性樹苗，以及白匏仔與白柏 2 種非耐陰性樹苗，共計 6 種供比較。為了瞭解同一樹種生長在不同光量梯度微環境的植株，其生理及葉部形態是否有馴化的能力，各樹種分別選取生長在強、中、弱光的苗木共 10-14 株供比較。所選取的樣木於 2006 年 5 月 21 日藉光量計(LI-190SA, LI-COR)測定植株上部一片健全的成熟葉的受光量，此葉片即為光合作用性狀測定的相同葉片。

本試驗 6 種樹種所選取的苗木中，在弱光處的 3 株已在上一試驗測得 LCP 及  $R_d$ ，而新選取的所有苗木則依上一試驗相同的方法測定 LCP 及  $R_d$ 。另選取各樹種在強光(24-36%)及弱光(2-10%)處各 3 株苗木測定其光飽和點(Light saturation point, LSP)及光飽和光合作用率(photosynthetic rate at LSP,  $A_{\text{sat}}$ )，測定方法採用郭耀綸等(2004)<sup>4</sup>報導的簡易測定法。在測定非耐陰樹種白柏與白匏仔時，葉片夾入儀器葉箱後先照以  $1000 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$  的光量，待淨光合作用率達穩定後記錄數據，再將光量提高至  $1200 \mu\text{mol photon}$

<sup>4</sup> 郭耀綸、范開翔、黃慈薇、李彥屏、吳惠綸、蔡瑞芬，台灣三十種闊葉樹陽葉氣體交換潛力之研究（台灣林業科學，2004）19(4): 375-386。

$\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，若淨光合作用率比前一光量級高，則將光量依序提高至 1400 或 1600  $\mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$  進行測定；若某光量級測得的淨光合作用率不比前次光量級高，甚或降低，則前次光量級測得的淨光合作用率視為該葉片之  $A_{\text{sat}}$  值，而該光量級則視為 LSP。在測定 4 種耐陰樹苗時，起始之光量級由 500  $\mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$  開始，逐次增加至 800、1000、1200 及 1500  $\mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 。除光量改變外， $\text{CO}_2$  濃度均設定在 380  $\mu\text{l L}^{-1}$ ，相對濕度 70~80%，葉溫設定在 28°C。將兩類耐陰樹苗各單株苗木接受到的相對光量分別與各單株的 LCP、Rd、LSP 及  $A_{\text{sat}}$  等性狀作直線迴歸，求得各項關係的迴歸式、決定係數( $r^2$ )，以及迴歸式之  $p$  值。各樹種生理可塑性指標值之計算(郭耀綸、吳祥鳴, 1997)<sup>5</sup>，是先計算同一樹種生長在強光及弱光兩處苗木各生理性狀(LCP、Rd、LSP 及  $A_{\text{sat}}$ ) 之差異，某樹種某性狀有最大差值，則該樹種該性狀的可塑性指標值為 10 分，其餘樹種依該性狀差值和最大差值的比例計算可塑性指標值，其值在 0 至 10 分之間。累加這四項生理性狀的指標值分數，可得該樹種的光合作用生理可塑性指標總值。

各樹種生長在強光及弱光兩處苗木各 3 株，各選取植株上部健全的成熟葉片 2 片，以葉面積儀(LI-310A, LI-COR)量測各葉片單葉面積後，以電子式游標尺量測葉片厚度，再以 80°C 烘乾 2 天稱重獲得單葉重，將此值除以單葉面積計算其比葉重。以各樹種分別在強光與弱光兩處光環境植株的平均單葉面積、單葉重、葉厚度及比葉重 4 項性狀，計算各樹種的各項葉部形態可塑性指標值，計算方法如同上述生理可塑性指標值。累加這四項葉部形態的指標值分數，可得該樹種葉部形態可塑性指標總值。

## 第七節 植物物候調查

在植物物候變化的研究方面，在南仁山步道 3.4 K 南側的迎風坡森林選取 15 種樹種各 5-6 株共 78 株作為觀察樣木，另外在南仁山步道上，選取 5

---

<sup>5</sup> 郭耀綸、吳祥鳴，黃心柿、毛柿及大葉山欖苗木光合作用與形態對不同光量的可塑性（中華林學季刊, 1997）30(2): 165-185。

種樹種共 25 株，合計 20 種 103 株。所調查之 20 種樹種包括長尾尖葉槲、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、攬仁舅、小葉赤楠、唐杜鵑、珊瑚樹、銹葉野牡丹、大明橘(表 2-2)。所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。若有結實，則各植株之果實及種子數量予以量化。

## 第八節 氣象監測

於南仁山區設二處氣象站，一處位於背風的南仁山研究站屋頂陽台，另一處位於迎風的南仁湖邊。氣象站設備可測定風向、風速、溫度、濕度、光量及雨量。整合逐時、逐日氣象資料統計成月均溫濕度、月均最高低氣溫及濕度、月累積雨量、月降雨日數、月均可見光光量、月均風速、月均最大風速及月最大風速等項目。南仁湖氣象站設備高度約為 3 m。氣象資料輸出至 data logger 是每小時儲存 1 筆資料，一天計錄 24 筆資料。該每小時資料是由每 10 秒鐘數值所計算，故每小時資料是由 360 筆數值所平均。另於南仁湖氣象站旁邊離地 30 cm 處放置自記式風速計(Wind Speed / Direction Smart Sensor S-WCA-M003, Onest Computer Crop. USA)。該風速計資料是每 10 秒平均值儲存 1 筆資料，可記錄東北季風之瞬間風速。

表 2-2. 南仁山植物物候調查之樹種及樣木株數

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

(資料來源：本研究)

## 第三章 結果與討論

### 第一節 森林樹種組成與物種豐量

#### 一、樹種組成

2002年7月森林組成調查共獲得58個樣區的資料，調查面積總共1,450 m<sup>2</sup>，記錄到林木物種豐度有72種，總株數為2,331株(表3-1)。在此72種樹中，樟科有7種，包括紅楠、小葉樟、恆春楨楠、華河瓊楠、武威新木薑子、銳脈木薑子及南仁新木薑子。殼斗科林木在此森林組成佔有6種，包括長尾尖葉槲、錐果櫟、嶺南青剛櫟、杏葉石櫟及短尾葉石櫟。冬青科林木有革葉冬青、松田氏冬青、烏來冬青及金平氏冬青等四種。物種豐量方面，株數最多的前5樹種分別為台灣八角(386株)、日本賽衛矛(121株)、九節木(108株)、革葉冬青(102株)、及長尾尖葉槲(101株)(表3-1)。此五樹種的總株數(818株)即佔全部株數的35%。台灣八角的密度達每100 m<sup>2</sup>有26.6株，密度極高，且分佈頻度達100%，即每個樣區都有本樹種分佈。每100 m<sup>2</sup>少於1株的有31種，佔全部物種總數的43%，其中株數僅1株的樹種即有11種(表3-1)。在樹木形體方面，胸徑大於60 cm的只有嶺南青剛櫟一種，本樹種可能因壽命長，可長成巨大的樹木，為南仁山區迎風坡森林體型最巨大顯著的樹種。胸徑在30~40 cm之間的另有大頭茶與黃杞二樹種。長尾尖葉槲與錐果櫟胸徑可長到20~30 cm。在樹高方面，嶺南青剛櫟、長尾尖葉槲、捲斗櫟與黃杞可達8 m以上。由上述資料可知，此森林體型較大的樹種多為殼斗科林木。

#### 二、森林樹種組成與苗木組成的比較

南北兩側小苗樣區調查到可鑑定種類的苗木共69種，這69種小苗與上述森林的樹種組成中一致的計有54種(表3-1)，亦即72種森林組成中有18種樹種小苗並沒有在45個小苗樣區中被記錄到，例如松田氏冬青、杏葉石櫟、恆春紅豆樹、厚皮香等(表3-1)，但這並不是表示此18種就沒有更新苗，可能只是個體數量較少，未被取樣到。然而，林木株數多達94株，密度每



100 m<sup>2</sup> 有 6.5 株的松田氏冬青，在所有小苗樣區中均沒有記錄到有更新小苗，這是較特殊的現象，有可能本樹種小苗被誤認為其他樹種。此外，革葉冬青大樹株數甚多(102 株)而小苗甚少(2 株)，這也是不尋常的現象。本區森林有幾種台灣特有且稀有的樹種，例如細葉茶梨、烏心石舅、希蘭灰木、恆春紅豆樹等，其小苗均稀少(表 3-1)，反映出這些樹種族群繁衍不旺盛。小苗樣區 2006 年 6 月記錄到 69 種的小苗，這些苗木有 15 種植物是不出現在森林組成中，其中以白柏、白匏仔及蟲屎這三種陽性樹種物種豐量最高，這些小苗多是 2003 年 9 月杜鵑颱風，以及 2005 年 7 月海棠颱風過後才出現的。

## 第二節 小苗組成與物種豐量

南側樣區在 2002 年 7 月調查當時所設的 20 個小苗樣區，共記錄到 52 種 467 株小苗。2003 年 9 月杜鵑颱風後增設 4 個樣區。2006 年 6 月南側樣區共調查到 57 種 730 株木本植物小苗，平均密度為 30.4 株 m<sup>-2</sup>。北側樣區在 2004 年 8 月調查到可鑑定之木本植物有 57 種 559 株。於 2006 年 6 月該區可鑑定之木本植物達 59 種 680 株，平均密度為 32.4 株 m<sup>-2</sup>。合併南北兩側樣區的小苗，在 2006 年 6 月調查到木本植物小苗 69 種 1410 株，分屬 32 科 53 屬，全部種類皆為台灣原生種。小苗豐量以日本賽衛矛最多，達 156 株，佔小苗總數的 11%，其次為台灣八角 149 株，這二種樹種小的苗密度每 m<sup>2</sup> 皆在 3 株以上，另外恆春石斑木與九節木分別有 129 株與 108 株，密度為 2.87 與 2.40 株 m<sup>-2</sup>，上述四種小苗的數量即佔小苗總數的 38%。在樣區內僅出現 1 株的種類有鐵冬青、細葉茶梨、瓊楠、恆春紅豆樹、壺冠木、山红柿、烏心石、希蘭灰木、疏花紫珠等 9 種(表 3-2)。

表 3-1 南仁山步道南北兩側樣區林木與小苗組成種類、頻度與密度

樹種	林木			苗木		
	總株數	頻度(%)	密度(株100 m <sup>2</sup> )	總株數	頻度(%)	密度(株m <sup>-2</sup> )
台灣八角	386	100	26.6	149	94	3.31
日本賽衛茅	121	81	8.3	158	84	3.51
九節木	108	64	7.4	111	64	2.47
革葉冬青	102	83	7.0	2	4	0.04
長尾尖葉槲	101	81	7.0	38	51	0.84
松田氏冬青	94	84	6.5	0	0	0.00
華河瓊楠	79	71	5.4	13	19	0.29
錐果櫟	68	59	4.7	4	9	0.10
野牡丹	60	36	4.1	3	2	0.07
大頭茶	58	59	4.0	34	49	0.76
楊桐葉灰木	57	50	3.9	7	11	0.20
南仁山柃木	56	40	3.9	13	18	0.30
烏來冬青	55	48	3.8	4	9	0.10
領垂豆	54	40	3.7	19	18	0.42
大明橘	53	48	3.7	28	33	0.62
南仁五月茶	51	31	3.5	4	9	0.10
綠樟	47	43	3.2	3	7	0.07
捲斗櫟	41	48	2.8	6	13	0.13
狗骨仔	40	45	2.8	8	11	0.18
武威新木薑子	35	40	2.4	33	29	0.73
烏心石舅	33	34	2.3	2	4	0.04
黃杞	32	41	2.2	4	4	0.10
奧氏虎皮楠	30	36	2.1	30	38	0.71
小葉赤楠	29	40	2.0	56	42	1.24
細葉茶梨	29	40	2.0	1	2	0.02
福木	28	36	1.9	11	18	0.24
唐杜鵑	28	28	1.9	3	4	0.07
銳脈木薑子	28	36	1.9	4	9	0.10
嶺南青剛櫟	27	33	1.9	3	7	0.07
杏葉石櫟	26	33	1.8	0	0	0.00
小葉樹杞	26	26	1.8	2	4	0.04
小葉木犀	26	33	1.8	33	24	0.73
竹柏	25	29	1.7	11	7	0.24
鐵雨傘	25	26	1.7	69	56	1.53
港口木荷	24	29	1.7	2	2	0.04
紅楠	23	29	1.6	9	18	0.20

(資料來源：本研究)

表 3-1 (續) 南仁山步道南北兩側樣區林木與小苗組成種類、頻度與密度

樹種	林木			苗木		
	總株數	頻度(%)	密度(株100 m <sup>2</sup> )	總株數	頻度(%)	密度(株m <sup>-2</sup> )
恆春石斑木	21	36	1.4	136	64	3.02
山豬肝	21	36	1.4	15	29	0.33
希蘭灰木	18	31	1.2	1	2	0.02
杜英	16	28	1.1	10	18	0.22
山红柿	14	24	1.0	1	2	0.02
小葉樟	13	19	0.9	9	13	0.20
恆春紅豆樹	11	17	0.8	0	0	0.00
厚皮香	11	16	0.8	0	0	0.00
細脈赤楠	10	16	0.7	47	16	1.04
軟毛柿	10	16	0.7	4	7	0.10
薄葉玉心花	8	10	0.6	4	7	0.10
紅淡比	6	7	0.4	0	0	0.00
菲律賓饅頭果	6	9	0.4	6	11.1	0.13
台灣楊桐	6	9	0.4	0	0	0.00
江棗	6	9	0.4	11	20	0.24
短尾葉石櫟	6	10	0.4	0	0	0.00
細葉饅頭果	5	9	0.3	2	2	0.04
厚殼桂	5	9	0.3	0	0	0.00
蓮花池山龍眼	4	5	0.3	0	0	0.00
烏心石	4	7	0.3	1	2	0.02
山柚仔	3	5	0.2	0	0	0.00
金平氏冬青	3	3	0.2	30	42	0.67
雞屎樹	3	5	0.2	7	13	0.16
恆春山茶	3	3	0.2	0	0	0.00
十子木	2	0.02	0.1	0	0	0.00
山刈葉	1	0.02	0.1	1	2	0.02
鐵冬青	1	0.02	0.1	1	2	0.02
山黃梔	1	0.02	0.1	4	9	0.10
台灣蕘花	1	0.02	0.1	21	31	0.47
披針葉饅頭果	1	0.02	0.1	0	0	0.00
青楊梅	1	0.02	0.1	0	0	0.00
桃葉珊瑚	1	0.02	0.1	2	2	0.04
雀榕	1	0.02	0.1	0	0	0.00
墨點櫻桃	1	0.02	0.1	0	0	0.00
南仁新木薑子	1	0.02	0.1	0	0	0.00
恆春楨楠	1	0.02	0.1	0	0	0.00

(資料來源：本研究)

表 3-2 南仁山步道 3.4 K 南北兩側樣區 2006 年 6 月調查到所有小苗的數量及密度(株 m<sup>-2</sup>)

樹種	株數	密度(株 m <sup>-2</sup> )	樹種	株數	密度(株 m <sup>-2</sup> )
日本賽衛矛	156	3.47	菲律賓饅頭果	7	0.16
台灣八角	149	3.31	楊桐葉灰木	7	0.16
恆春石斑木	129	2.87	台灣天仙果	6	0.13
九節木	108	2.40	捲斗櫟	6	0.13
白匏仔	68	1.51	錐果櫟	4	0.09
鐵雨傘	67	1.49	銳脈木薑子	4	0.09
小葉赤楠	54	1.20	南仁五月茶	4	0.09
白柏	49	1.09	革葉冬青	4	0.09
細脈赤楠	46	1.02	軟毛柿	4	0.09
長尾尖葉槭	38	0.84	台灣黃杞	4	0.09
小葉木犀	38	0.84	大錦蘭	4	0.09
蟲屎	33	0.73	綠樟	4	0.09
大頭茶	33	0.73	薄葉玉心花	4	0.09
武威新木薑子	32	0.71	嶺南青剛櫟	3	0.07
奧氏虎皮楠	32	0.71	烏來冬青	3	0.07
金平氏冬青	32	0.71	三叉虎	3	0.07
大明橘	31	0.69	唐杜鵑	3	0.07
台灣蕘花	22	0.49	野牡丹	3	0.07
領垂豆	19	0.42	樹杞	3	0.07
紅果金粟蘭	15	0.33	細葉饅頭果	2	0.04
山豬肝	15	0.33	臭辣樹	2	0.04
毛雞屎樹	14	0.31	桃葉珊瑚	2	0.04
華河瓊楠	13	0.29	烏心石舅	2	0.04
南仁山柃木	13	0.29	小葉樹杞	2	0.04
江某	12	0.27	港口木荷	2	0.04
竹柏	11	0.24	恆春紅豆	1	0.02
香楠	10	0.22	烏心石	1	0.02
狗骨仔	10	0.22	疏花紫珠	1	0.02
福木	10	0.22	瓊楠	1	0.02
山黃梔	10	0.22	壺冠木	1	0.02
紅楠	9	0.20	細葉茶梨	1	0.02
杜英	9	0.20	鐵冬青	1	0.02
小葉樟	8	0.18	希蘭灰木	1	0.02
福建賽衛矛	7	0.16	山紅柿	1	0.02
雞屎樹	7	0.16			

(資料來源：本研究)

### 第三節 小苗的高生長

南側小苗樣區 2006 年 3 月調查到的 60 種中，有 46 種共計 290 株是由 2002 年 7 月首次調查存活至當時。這 44 個月期間樣區內新生苗超過 10 株的樹種只有 6 種(恆春石斑木、日本賽衛矛、台灣八角、細脈赤楠、九節木及白柏)，有 34 種沒有任何新生小苗。將此 46 種中苗木數量超過 4 株的 19 種，分別依苗木高度等級計算淨高生長(表 3-3)，結果發現初始苗高低於 10 cm 的苗木，經過將近四年的淨高生長在 4 cm 以下的有 7 種，另有 9 種的淨高生長可超過 4 cm，其中小葉赤楠及大明橘苗木高生長較快，四年間高生長分別達 16 及 26 cm (表 3-3)。首次調查時若苗木高度在 10~20 cm 等級，則四年後有 6 種可長高 8 cm 以上，但有 3 種四年間高生長量仍低於 4 cm；初始高度若在 20~30 cm 以上，四年後有 5 種高生長量可達 20 cm 以上，例如恆春石斑木可長高 26 cm，但仍有 5 種四年間高生長仍低於 8 cm (表 3-3)。由此可知，南仁山迎風坡森林木本小苗的高生長量很慢，若苗高低於 10 cm 者，每年平均淨高生長約只有 1~1.5 cm，若苗高在 10~20 cm 之間，每年平均淨高生長約 2 cm，苗高較大的植株每年淨高生長會較高。

### 第四節 小苗高度分佈

本研究二年的調查期間記錄到 37 種新生苗，其初生高度如表 3-4 所示。小苗初生高度以樹杞最矮，僅 3.0 cm，野牡丹及杜英的初生高度較高，分別為 15 及 11 cm。大多數樹種的小苗初生高度多在 6 cm 以下，37 種中有 25 種，6-8 cm 的有 10 種(表 3-4)。

表 3-3 南仁山 3.4 K 南側小苗樣區 2002 年 7 月至 2006 年 3 月間存活苗木不同初始苗高等級之淨高生長(cm)。括號內數字為不同苗高等級之株數

樹種	2002 年 7 月初始苗高等級				
	1-9 cm	10-19.9 cm	20-39.9 cm	40-59.9 cm	≥ 60 cm
日本賽衛矛	2.1(48)	3.1(15)	8.4(4)	-2.3(2)	-
九節木	4.9(9)	9.4(6)	-	-	-
恆春石斑木	5.8(13)	6.5(7)	26(4)	-	-17(1)
台灣八角	5.6(9)	6.8(5)	9.8(6)	-	7.3(2)
鐵雨傘	6.7(8)	5.9(8)	0.03(6)	-	-
小葉赤楠	14(4)	9.1(5)	5.0(1)	16(1)	-1.0(1)
領垂豆	6.0(1)	8.6(4)	8.5(3)	17(1)	-
長尾尖葉櫨	-	21(3)	2.0(4)	49(1)	-53(1)
小葉木犀	3.3(3)	7.5(1)	4.8(3)	-	-
武威山新木薑	6.0(4)	5.0(2)	72(1)	-	44(2)
大明橘	26(5)	7.3(2)	-	0.8(2)	-
山黃梔	1.2(1)	6.2(3)	-	-	-
黃杞	-	2.8(2)	2.0(2)	-	-
紅果金粟蘭	2.5(1)	10(2)	-	-3.5(1)	-
香楠	2.3(3)	4.8(3)	-	-	-
細脈赤楠	2.3(3)	-	-	3.5(2)	-
奧氏虎皮楠	7.0(2)	28(1)	31(1)	-	31(1)
小葉樟	-	-	22(1)	21(3)	-
大頭茶	2.0(1)	1.5(2)	29(1)	-	-

(資料來源：本研究)

**表 3-4 南仁山迎風坡森林新生樹苗初生高度**  
(調查期間 2005 年 3 月至 2006 年 10 月)

樹種	株數	初生高度 (cm)	樹種	株數	初生高度 (cm)
恆春石斑木	63	5.3 ± 0.2	奧氏虎皮楠	5	5.6 ± 0.4
台灣八角	54	4.5 ± 0.3	紅楠	5	5.80±0.37
白匏仔	54	5.7 ± 0.2	領垂豆	4	6.50 ± 0.65
九節木	49	4.0 ± 0.2	竹柏	4	7.75±1.31
細脈赤楠	42	5.0 ± 0.3	樹杞	3	3.00 ± 0.58
蟲屎	23	6.4 ± 0.4	薄葉玉心花	3	3.67±1.20
大頭茶	20	4.7 ± 0.2	山黃梔	2	8.00 ± 2.00
小葉木犀	16	4.9 ± 0.5	毛雞屎樹	2	3.50±0.50
白柏	14	7.1 ± 0.7	南仁山柃木	2	3.75±1.25
日本賽衛矛	13	6.1 ± 0.7	三叉虎	2	5.00±2.00
金平氏冬青	11	5.5 ± 0.4	狗骨仔	2	5±0
小葉赤楠	9	5.3 ± 0.8	香楠	2	3.75±1.25
紅果金粟蘭	8	4.7 ± 0.5	天仙果	1	5
江茛	7	6.6 ± 0.8	捲斗櫟	1	6
野牡丹	7	15.1 ± 7.7	烏來冬青	1	6.5
武威山新木薑子	6	5.5 ± 0.2	杜英	1	11
大明橘	6	5.1 ± 1.1	臭辣樹	1	5
台灣蕘花	6	7.5 ± 1.9	楊桐葉灰木	1	8
鐵雨傘	5	5.3 ± 1.2			

(資料來源：本研究)

將 45 個小苗樣區的資料合併，2006 年 3 月調查到二處共 1417 株小苗，依不同高度級區分，得圖 3-1 的株數分布情形。由該圖得知有 10% 小苗的高度是低於 5 cm，有 33% 的植株高度在 5~10 cm 之間，而有 19% 的植株高度在 10~15 cm 之間。由此數據可知兩樣區植株有 43% 的高度是低於 10 cm，總數達 62% 的小苗其植株高度低於 15 cm，而植株高度高於 60 cm 的僅佔全體株數的 6%。此結果表示南仁山迎風坡森林的小苗的高度大多很矮。由表 3-3 苗木淨高生長資料得知，若苗木高度低於 10 cm，則每年的淨高生長量約只有 1~2 cm，因此植株高度由 5 cm 長高至 10 cm 少則需 3 年，多則需費時 5 年。本研究的生育地微環境對苗木高生長並不利，因苗木在此地是處於低光、冬季低溫、秋冬季有風力機械危害，以及土壤養分貧瘠的環境條件，因此高生長遲緩。

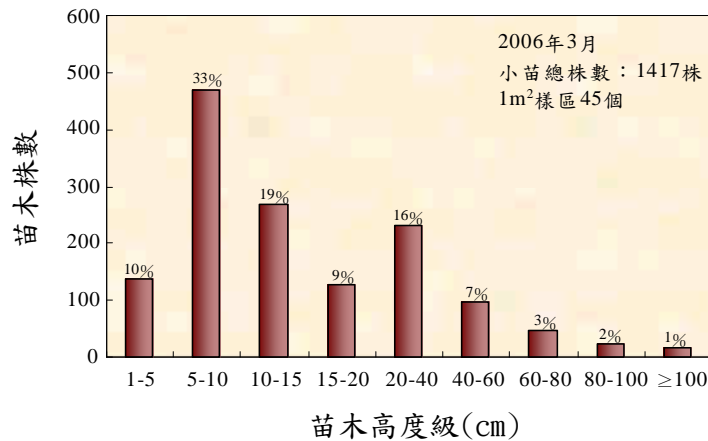


圖 3-1 南仁山小苗樣區 2006 年 3 月不同苗木高度級之株數分布  
(資料來源：本研究)

### 第五節 小苗出生死亡動態變化

本研究在二年(2005 及 2006)期間所觀察到的小苗出生、死亡動態變化樣式(patterns)並不一致，南北兩處樣區的狀況也有差異。整體而言(表 3-5)，苗木死亡最高的月份在夏季 8 月，2005 及 2006 分別有 44 及 84 株死亡，可能的原因是 7、8 月間雨量最高，小苗可能受豪雨擾動被沖走或泥土掩蓋而死亡。就出生而言，2005 年小苗新生高峰期在 6~9 月，2006 年則在 2~3 月較多，兩年度的表現並不相同。2005 年 7 月有海棠颱風侵襲南仁山區，造成樣區內林木部份傾倒枝葉掉落，引發後續的孔隙更新現象，因此在 8~9 月有大量新生苗發生，一直到 2006 年 2~3 月仍有陽性樹種的蟲屎大量出生，提高出生株數(表 3-5)。在苗木死亡方面，2006 年除了 8 月之外，其餘各月份苗木的死亡株數都不高。李(1995)<sup>6</sup>調查南仁山攬仁溪樣區小苗動態，發現以 6 月死亡苗木最多，11 月次之，此結果與本研究 2005 年調查的結果並不一致。

<sup>6</sup>李松柏，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，1995）頁 97。



表 3-5 南仁山步道南北兩側樣區 2005 年 3 月至 2006 年 6 月各月小苗出生及死亡株數

	2005 年											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北側樣區(21 個 1 m <sup>2</sup> 樣區)												
出生			4	18	27	31		12	20	19	11	3
死亡			12	2	6	6		24	10	11	2	2
南側樣區(24 個 1 m <sup>2</sup> 樣區)												
出生			6	1	14	39		40	72	21	4	8
死亡			0	5	13	3		20	11	23	18	10
出生合計			<b>10</b>	<b>19</b>	<b>41</b>	<b>70</b>		<b>52</b>	<b>92</b>	<b>40</b>	<b>15</b>	<b>11</b>
死亡合計			<b>12</b>	<b>7</b>	<b>19</b>	<b>9</b>		<b>44</b>	<b>22</b>	<b>34</b>	<b>20</b>	<b>12</b>
-----												
	2006 年											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北側樣區(21 個 1 m <sup>2</sup> 樣區)												
出生	14	31	18	12	-	5	2	4	12	13		
死亡	6	1	10	5	-	5	11	42	6	3		
南側樣區(24 個 1 m <sup>2</sup> 樣區)												
出生	13	11	18	1	5	5	7	20	16	15		
死亡	13	9	13	9	10	5	10	41	5	8		
出生合計	<b>27</b>	<b>42</b>	<b>36</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>24</b>	<b>28</b>	<b>28</b>		
死亡合計	<b>19</b>	<b>10</b>	<b>23</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>21</b>	<b>84</b>	<b>11</b>	<b>11</b>		

(資料來源：本研究)

本研究南北兩側小苗更新樣區每個月苗木平均密度的動態變化如圖 3-2 所示。北側樣區小苗的平均密度每平方公尺由 2005 年 3 月的 26 株逐月增加，至 2006 年 6 月已達 32.5 株，但到了 8 月又下降(圖 3-2)。南側樣區苗木平均密度在 2005 年 9 月至 2006 年 10 月間變化較少，大約維持在每平方公尺 30 株左右。合併兩區的數據，該期間小苗的平均密度由每平方公尺 25 株逐漸上升到約 31 株(圖 3-2)，顯示由 2005 年 9 月至 2006 年 10 月南仁山迎風坡森林小苗樣區內的小苗總數在 30 至 32 株之間變動，此結果也顯示颱風並未造成小苗數量顯著降低。小苗總數的變動，在樹種組成方面的改變及其影響仍有待後續長期間的觀察。

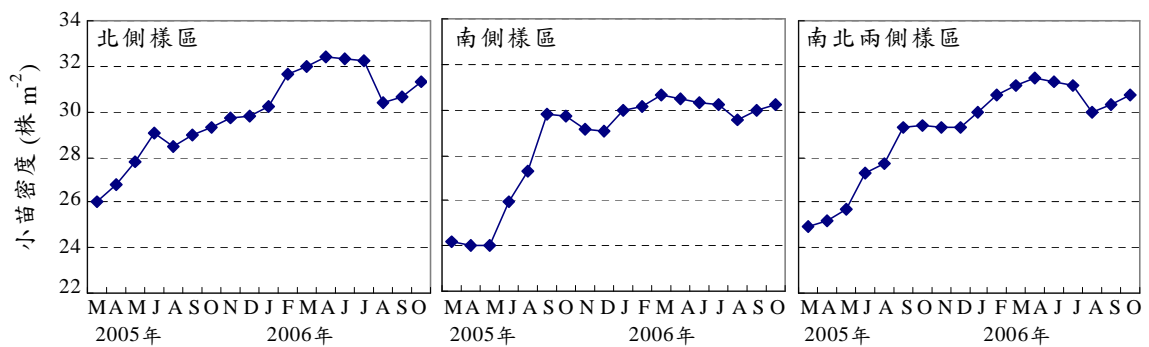


圖 3-2 南仁山迎風坡森林南北兩側樣區 2005 年 3 月至 2006 年 10 月各月份小苗平均密度的動態變化

(資料來源：本研究)

本研究也合併南北兩側小苗樣區的組成與豐量資料，計算由 2002 年 7 月樣區初設置至 2006 年 10 月，四年期間的 Shannon-Wiener 物種多樣性指數(圖 3-3)，發現該指數在 2003 年 9 月杜鵑颱風過後有顯著降低，但之後即逐月上升，至 2005 年 6 月有另一個降低點，但不是因颱風引起。2005 年 7 月海棠颱風並未造成物種多樣性指數有明顯降低，反而在颱風過後 2 個月(2005 年 9 月)指數明顯上升(圖 3-3)。2006 年 1-7 月此 Shannon-Wiener 多樣性指數一直維持在 3.15 至 3.17 之間，到了 8 月後又下降至約 3.12，此乃因 2006 年 8 月上旬的大雨造成小苗大量死亡所致。

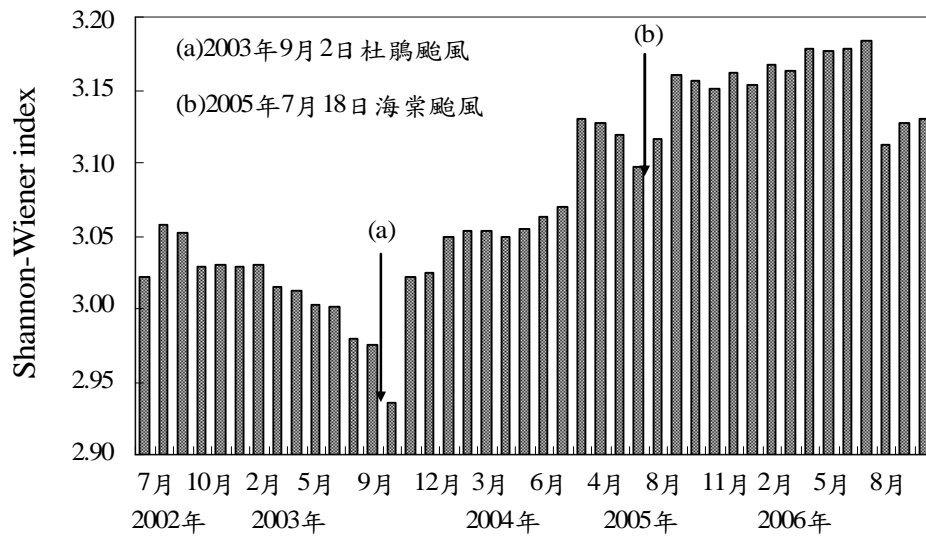


圖 3-3 苗木物種多樣性指數(Shannon-Wiener index) 2002 年 7 月至 2006 年 10 月之動態變化

(資料來源：本研究)

## 第六節 颱風的影響

### (一) 颱風前後林內光量的變化

海棠颱風於 2005 年 7 月 18 日侵襲包括南仁山區的南台灣，南側樣區於海棠颱風來襲時樹冠遭嚴重干擾，枝葉折損掉落，部份樣區周圍有大樹傾倒，林下光資源顯著提高，約有 5 個小苗樣區(11, 13, 15, 21, 24 樣區)上方林冠形成不連續的小孔隙。南側樣區自海棠颱風後，到 2006 年 3 月共新生 190 株小苗(表 3-5)，以九節木 43 株為最多，佔總新生苗的 23%，其次為細脈赤楠 39 株；這段期間死亡苗木共有 126 株，其中白匏仔死亡 23 株、恆春石斑木 16 株、九節木 13 株、白柏 10 株。北側樣區位置較高，處於稜線上，海棠颱風來襲時有 6 個樣區(7, 8, 9, 10, 11, 12 樣區)上方樹冠破壞嚴重，且樹冠破壞為連續性，形成長約 12 m 寬約 5 m 的大孔隙，陽光可直射至林床。然而，北側樣區經過 7 月中旬的颱風干擾後，於 8 月及 9 月間新生苗並無暴增現象，可能是成熟種子並未適時掉落發芽，或該處缺少土壤種子庫。北側樣區自海棠颱風後到 2006 年 3 月，共新生 128 株小苗(表 3-5)，其中大部分為陽性樹種，分別有白匏仔 45 株、蟲屎 22 株及白柏 12 株，共計 79 株，佔全部新生苗的 62%；這段期間死亡的苗木共有 66 株，以恆春石斑木 12 株最多。

海棠颱風的干擾導致樹冠層破壞，使某些小苗樣區的光量大幅增加。例如南側樣區在颱風前 24 個樣區相對光量平均為 6.7%，颱風後 4 個月相對光量提高至 11.0%。第 11、13、15、21 及 24 樣區附近有樹木傾倒，形成小孔隙，致相對光量提高至 15% 以上，但在 2006 年初，部份樣區周圍的樹木持續發生傾倒，或原本傾倒但未落葉的大樹，因死亡落葉而使林內光量顯著提高，例如第 3、4、5、8、9、18、20 等樣區(表 3-6)。颱風過後 4 個月與 8 個月，南側 24 個樣區的平均相對光量雖然很接近，但個別樣區的光量在不同期間有很大的變化，只有少數樣區上方因樹冠層未受干擾，其光量才能維持穩定。北側樣區的森林受颱風危害更為明顯，樣區內的相對光量由颱風前的平均 4.8% 增加到 23.5%，尤其第 11 樣區上方樹冠完全移除，相對光量高達 91%；颱風後 8 個月樹冠恢復長葉，相對光量降至 11.5% (表 3-6)，但部份樣

區(第 7、8、9、10、11、12、15)白天已可接受到數小時的直射陽光了。

表 3-6 海棠颱風前 2 週(2005 年 7 月 5 日)、後 4 個月(11 月 19 日)、  
後 8 個月(2006 年 3 月 25 日)南北側小苗樣區之相對光量(%)  
變化

樣區 編號	南側樣區相對光量(%)			北側樣區相對光量(%)		
	颱風前	後 4 月	後 8 月	颱風前	後 4 月	後 8 月
1	6	5	3	3	6	6
2	9	4	5	3	9	9
3	2	5	15	6	7	12
4	9	5	19	10	3	4
5	17	6	19	11	28	11
6	4	4	6	6	7	5
7	5	4	9	9	40	16
8	7	7	19	10	32	28
9	4	7	17	7	52	18
10	7	4	5	7	21	17
11	4	18	16	4	91	19
12	4	6	11	5	64	20
13	11	23	7	2	17	7
14	16	10	16	6	5	6
15	5	15	4	3	7	22
16	5	8	6	3	7	4
17	4	7	7	2	21	9
18	4	6	14	1	25	6
19	11	15	14	1	10	9
20	2	7	21	1	31	4
21	6	28	10	1	6	10
22	3	10	13			
23	6	11	8			
24	10	48	5			
平均	6.7	11.0	11.2	4.8	23.5	11.5

(資料來源：本研究)

## (二) 同一樹種在不同相對光量樣區淨高生長的比較

2006年3月25日測定所有45個小苗樣區的光量後，將樣區依相對光量分為兩類，即相對光量較高或較低的樣區。北側樣區光量較高(高於15%)的樣區有第7、8、9、10、11、12及15樣區，光量較低(低於10%)的樣區有10個樣區；南側樣區相對光量高於15%的有第3、4、5、8、9、11及第20樣區，光量低於10%的有第1、2、6、7、10、13、15、16、17、23及24等11個樣區(表3-6)。本研究依苗木高度將所有苗木分成6個高度級，比較颱風過後至翌年3月，8個月期間，同一樹種同一高度級的苗木，在相對光量較高或較低的樣區，小苗淨高生長是否有所差異。結果發現大部分樹種長在光量較高樣區的小苗，淨高生長量會較大，例如台灣八角、恆春石斑木、奧氏虎皮楠、長尾尖葉櫨、鐵雨傘、毛雞屎樹等樹種(表3-7、3-8)。但也有部分樹種小苗的淨高生長在相對光量較高或較低的樣區差異不大，例如日本賽衛矛、大明橘、武威新木薑子(表3-7、3-8)。九節木較小的植株若長在較高光的樣區，其淨高生長反而有比長在弱光樣區低的趨勢(表3-7、3-8)。至於陽性樹種的白匏仔、白柏及蟲屎的小苗，只出現在相對光量較高樣區內，因此無法比較不同光量對其淨高生長的影響。

**表 3-7 北側樣區海棠颱風過後低光(L)與高光(H)樣區 2005 年 8 月至 2006 年 3 月苗木不同高度級淨高生長量 (cm)**

樹種		苗木高度級				
		1-9.9 cm	10-19.9 cm	20-39.9 cm	40-59.9 cm	≥ 60 cm
臺灣八角	H	2.4 (7)	5 (8)	3.5 (3)	9.3 (5)	9.8 (2)
	L	1.4 (14)	0 (1)	2.6 (12)	7.6 (6)	-11 (3)
日本賽衛矛	H	0.5 (10)	0.8 (13)	1.5 (4)	-4.3 (3)	-
	L	1 (8)	1.2 (3)	-	1 (1)	-
恆春石斑木	H	1.9 (9)	8.1 (10)	6.9 (2)	-	-
	L	0.7 (23)	2.6 (4)	-4.8 (2)	-	-
小葉赤楠	H	0.8 (3)	3.1 (5)	-	2.5 (3)	-4 (1)
	L	1 (1)	0.8 (6)	-4.5 (3)	6 (1)	-
奧氏虎皮楠	H	3.8 (2)	1.5 (2)	15 (1)	2.5 (2)	9 (2)
	L	1.9 (6)	1.3 (2)	-	-	-
九節木	H	0.3 (4)	-0.3 (2)	10 (1)	-	-
	L	1.5 (4)	1 (1)	3 (1)	-4.5 (1)	-
鐵雨傘	H	-	3.5 (3)	3 (1)	3 (1)	-
	L	6.3 (4)	0.8 (3)	-	2 (1)	-
長尾尖葉櫚	H	6 (1)	3.5 (1)	4.3 (5)	27 (1)	5.3 (3)
	L	-	2.8 (3)	2.5 (2)	-2 (1)	-32 (1)
臺灣蕘花	H	-	12.5 (1)	21.8 (2)	-	-
	L	2.5 (2)	-	8 (1)	-	-
毛雞屎	H	3 (2)	7 (1)	3 (1)	-	-
	L	-	2 (1)	1 (1)	-	-

括號內數字為株數  
(資料來源：本研究)

**表 3-8 南側樣區海棠颱風過後低光(L)與高光(H)樣區 2005 年 8 月至 2006 年 3 月苗木不同高度級淨高生長量 (cm)**

樹種		苗木高度級				
		1-9.9 cm	10-19.9 cm	20-39.9 cm	40-59.9 cm	≥ 60 cm
臺灣八角	H	1.4 (5)	29 (3)	3.3 (2)	7.5 (2)	-58.5 (1)
	L	0.9 (7)	2.2 (6)	9.7 (3)	7.6 (5)	-
日本賽衛矛	H	1.6 (21)	-1 (14)	-26 (2)	-30 (1)	-
	L	0.2 (15)	0.6 (13)	-0.3 (2)	3 (2)	2.5 (1)
恆春石斑木	H	5.3 (6)	25.8 (3)	2 (1)	-	-
	L	0.4 (7)	1.1 (5)	-8 (4)	8 (1)	17 (1)
小葉赤楠	H	-	20 (2)	25 (1)	-	-72 (3)
	L	1.5 (3)	-	3 (1)	-	3 (1)
九節木	H	0.4 (4)	-8 (1)	-	-	-
	L	2.3 (10)	2.9 (7)	6 (2)	-	-
武威新木薑子	H	-3 (1)	0.5 (1)	77.5 (1)	-	9.5 (2)
	L	4.5 (1)	2.2 (5)	-	-	-
長尾尖葉櫚	H	-	2.5 (1)	8 (1)	5 (1)	-
	L	0.3 (2)	0 (3)	3 (2)	-6.5 (2)	-2.5 (2)
大明橘	H	2.8 (2)	-	-	-	-
	L	2.5 (1)	-0.4 (4)	5 (1)	0 (2)	-
臺灣蕘花	H	2.8 (2)	-	4 (1)	8 (1)	-
	L	-	1.7 (3)	3.5 (1)	-	-

括號內數字為株數  
(資料來源：本研究)

## 第七節 三十種樹苗在低光下的光合作用性狀

天然更新的 24 種耐陰樹苗，有 11 種樹苗的光補償點(LCP)在  $3.0\sim 5.0 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，另 13 種在  $5.0\sim 8.2 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  之間，而 6 種生長在光量較高的非耐陰植物的 LCP 則在  $10.0\sim 17.0 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  範圍(表 3-9)。耐陰種嶺南青剛櫟的 LCP 較特殊，其值高達  $14.1 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，與非耐陰植物的 LCP 類似；一般認為是非耐陰種的蟲屎，其 LCP 只有  $5.1 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，與其它 5 種非耐陰植物差異頗大(表 3-9)。就林內光量而言，晴天中午約在  $50\sim 70 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$  範圍，該數值範圍均比本研究供試植物的 LCP 高出許多，表示所測定的苗木在晴日都可以有淨碳收穫。

暗呼吸率(Rd)方面，只有生長在較高光環境的長穗木與山芙蓉是高於  $1.0 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，其他 4 種非耐陰植物的 Rd 在  $0.7\sim 0.9 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$  之間，而 24 種耐陰樹苗的 Rd 均小於  $0.55 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (表 3-9)。因為在低光環境下植物的碳收穫很低，每單位時間的 Rd 若較低就會有較低的 LCP，因此可有效利用低光資源來製造碳水化合物，有利於苗木得生存。光量子效益方面，耐陰樹苗該值在  $0.05\sim 0.09$  範圍，而非耐陰樹苗約在  $0.06\sim 0.08$ ，該性狀兩類植物類似(表 3-9)。合併 30 種植物的數據，發現這些天然更新苗的 LCP 與 Rd 之間有顯著直線正相關(圖 3-4)，然而上述兩性狀與光量子效益間並無顯著相關性。

經由測定 30 種樹苗在低光下的光合作用性狀，本研究發現南仁山迎風坡森林小苗的組成雖與背風森林不同，但能在林下天然更新的迎風或背風樹種，其苗木的光補償點差異並不大。例如本研究室曾在南仁山背風坡的溪谷樣區測得茄冬、大葉楠、烏心石等耐陰樹苗的光補償點，多在  $4\sim 8 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$  之間(鄭鈞騰及郭耀綸 2004)<sup>7</sup>，此範圍與本研究測定迎風森林的更新苗結果類似。此外，本研究室也曾在墾丁高位珊瑚礁森林測得黃心柿、毛柿及

<sup>7</sup>鄭鈞騰、郭耀綸，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, 2004) 19(2): 143-152。



大葉山欖苗木的光補償點，約在 3.5~5.0  $\mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$  範圍(郭耀綸、吳祥鳴 1997)與本研究結果也類似。

**表 3-9 南仁山迎風坡森林 30 種試驗樹苗的光合作用光補償點、暗呼吸率、光量子效益及在光量  $50 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  之淨光合作用率( $A_{50}$ )。(Mean $\pm$ SE, n=3)**

樹種	光補償點 ( $\mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	暗呼吸率 ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	光量子效益 ( $\text{mol mol}^{-1}$ )	$A_{50}$ ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )
竹柏	3.14 $\pm$ 0.76	-0.17 $\pm$ 0.04	0.059 $\pm$ 0.004	2.21 $\pm$ 0.39
軟毛柿	3.19 $\pm$ 1.20	-0.23 $\pm$ 0.03	0.062 $\pm$ 0.007	2.32 $\pm$ 0.08
小葉樟	3.58 $\pm$ 0.15	-0.24 $\pm$ 0.02	0.058 $\pm$ 0.007	2.67 $\pm$ 0.08
恆春石斑木	3.66 $\pm$ 0.61	-0.22 $\pm$ 0.04	0.060 $\pm$ 0.005	2.99 $\pm$ 0.27
江某	3.97 $\pm$ 0.84	-0.29 $\pm$ 0.11	0.072 $\pm$ 0.014	1.99 $\pm$ 0.29
大錦蘭	4.00 $\pm$ 0.13	-0.33 $\pm$ 0.13	0.078 $\pm$ 0.019	2.74 $\pm$ 0.22
福木	4.30 $\pm$ 1.54	-0.18 $\pm$ 0.02	0.060 $\pm$ 0.150	2.79 $\pm$ 0.27
九節木	4.32 $\pm$ 0.89	-0.42 $\pm$ 0.22	0.087 $\pm$ 0.011	1.99 $\pm$ 0.29
長尾栲	4.37 $\pm$ 1.13	-0.33 $\pm$ 0.10	0.064 $\pm$ 0.002	2.28 $\pm$ 0.21
台灣八角	4.46 $\pm$ 0.89	-0.31 $\pm$ 0.11	0.053 $\pm$ 0.007	1.81 $\pm$ 0.25
山豬肝	4.91 $\pm$ 1.48	-0.30 $\pm$ 0.15	0.062 $\pm$ 0.003	2.14 $\pm$ 0.28
小葉木犀	5.01 $\pm$ 1.06	-0.35 $\pm$ 0.06	0.059 $\pm$ 0.007	2.07 $\pm$ 0.12
大頭茶	5.09 $\pm$ 1.53	-0.22 $\pm$ 0.06	0.054 $\pm$ 0.004	1.73 $\pm$ 0.42
蟲屎 <sup>1)</sup>	5.24 $\pm$ 1.17	-0.32 $\pm$ 0.08	0.063 $\pm$ 0.009	2.58 $\pm$ 0.04
奧氏虎皮楠	5.25 $\pm$ 2.14	-0.34 $\pm$ 0.15	0.070 $\pm$ 0.007	2.70 $\pm$ 0.29
野牡丹	5.82 $\pm$ 0.22	-0.39 $\pm$ 0.06	0.063 $\pm$ 0.006	1.89 $\pm$ 0.41
捲斗櫟	6.08 $\pm$ 0.51	-0.29 $\pm$ 0.05	0.055 $\pm$ 0.004	1.68 $\pm$ 0.53
大明橘	6.41 $\pm$ 1.67	-0.32 $\pm$ 0.04	0.047 $\pm$ 0.003	1.80 $\pm$ 0.30
錐果櫟	6.53 $\pm$ 1.91	-0.36 $\pm$ 0.12	0.062 $\pm$ 0.015	1.77 $\pm$ 0.36
台灣黃杞	7.61 $\pm$ 1.21	-0.45 $\pm$ 0.01	0.063 $\pm$ 0.007	1.68 $\pm$ 0.08
台灣蕘花	7.83 $\pm$ 1.22	-0.54 $\pm$ 0.10	0.067 $\pm$ 0.015	2.84 $\pm$ 0.47
日本賽衛矛	8.04 $\pm$ 2.77	-0.49 $\pm$ 0.19	0.065 $\pm$ 0.011	1.88 $\pm$ 0.66
香楠	8.12 $\pm$ 1.98	-0.44 $\pm$ 0.06	0.059 $\pm$ 0.009	2.04 $\pm$ 0.15
鎮垂豆	8.19 $\pm$ 1.38	-0.54 $\pm$ 0.08	0.070 $\pm$ 0.005	1.88 $\pm$ 0.16
白柏 <sup>1)</sup>	10.11 $\pm$ 4.18	-0.73 $\pm$ 0.24	0.073 $\pm$ 0.005	2.26 $\pm$ 0.39
血桐 <sup>1,2)</sup>	11.83 $\pm$ 0.29	-0.87 $\pm$ 0.04	0.079 $\pm$ 0.004	1.50 $\pm$ 0.24
白匏子 <sup>1)</sup>	12.32 $\pm$ 1.46	-0.83 $\pm$ 0.11	0.061 $\pm$ 0.013	2.29 $\pm$ 0.31
嶺南青剛櫟	14.06 $\pm$ 1.36	-0.72 $\pm$ 0.14	0.049 $\pm$ 0.008	1.66 $\pm$ 0.54
長穗木 <sup>1,2)</sup>	16.67 $\pm$ 0.62	-1.04 $\pm$ 0.12	0.079 $\pm$ 0.007	2.35 $\pm$ 0.20
山芙蓉 <sup>1,2)</sup>	16.88 $\pm$ 2.93	-1.42 $\pm$ 0.39	0.078 $\pm$ 0.005	2.13 $\pm$ 0.34

<sup>1)</sup>非耐陰植物；<sup>2)</sup>測定生長在空曠地的植株

(資料來源：本研究)

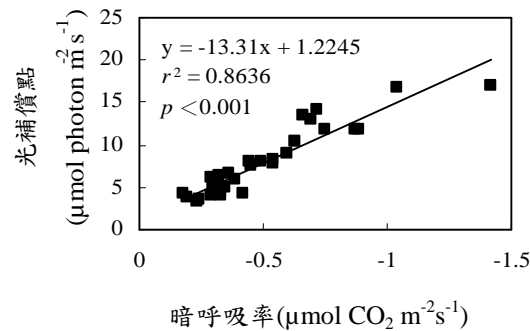


圖 3-4 南仁山迎風坡森林 30 種天然更新樹苗光合作用光補償點與暗呼吸率的關係

(資料來源：本研究)

## 第八節 耐陰與非耐陰樹苗光合作用性狀可塑性的比較

經測定 4 種耐陰種, 2 種非耐陰種生長在不同光量梯度(相對光量 1~36%) 的苗木各 10 株以上的 LCP 與  $R_d$ , 發現所有 6 種樹苗各單株的 LCP 與植株能獲得的可用光量之間有顯著直線正相關, 而  $R_d$  與可用光量間呈顯著直線負相關(數據未顯示)。合併 2 種非耐陰種或 4 種耐陰種上述兩項的數據進行相關性分析, 得到各類耐陰性苗木的 LCP 或  $R_d$  與供試苗木接受到的光量間具有顯著直線相關(圖 3-5), 且耐陰種該兩項直線迴歸式的斜率均會比非耐陰種大。此外, 合併同一樹種生長在強光與弱光環境各 3 株苗木光飽和點(LSP) 或光飽和光合作用率( $A_{sat}$ )的數據, 與各苗木接受之相對光量做相關性分析, 發現各樹種上兩性狀與相對光量間大多呈顯著正相關 ( $p < 0.05$ , 數據未顯示), 只有白匏仔與台灣八角  $A_{sat}$  與相對光量是不具顯著相關。進一步分別將 4 種耐陰性或 2 種非耐陰性樹種的數據合併, 結過亦可得到 LSP 或  $A_{sat}$  分別與苗木生長處的相對光量間有顯著直線正相關(圖 3-5)。

比較同一樹種分別生長在強光、弱光兩處苗木光合作用性狀的差異, 發現各樹種生長在強光處苗木的 4 項光合作用性狀大多會顯著高於相同樹種但生長在弱光處苗木(表 3-10)。大頭茶、奧氏虎皮楠及恆春石斑木生長在強光

處苗木的 LCP 分別可達 18.9、24.1 及 21.5  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，此數值高於非耐陰性的白柏與白匏仔，Rd 亦如此(表 3-10)，顯示該 3 種耐陰性樹苗的上兩性狀對光量梯度具有很高的可塑性。恆春石斑木生長在強光處苗木的光飽和光合作用率有類似非耐陰性植物的表現，而非耐陰種的白柏，生長在弱光處苗木的光飽和光合作用率相當低，平均只有  $3.1\pm 0.3 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，類似耐陰種植物的表現。大頭茶生長在強光處苗木的光飽和點僅在 600~900  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  之間，平均為 733  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，顯示大頭茶苗木較不能利用高於 1000  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  以上的光資源。

**表 3-10 南仁山迎風坡森林生理可塑性測定之六種樹苗的光合作用光補償點平均值及範圍、暗呼吸率及光量 50  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  時之淨光合作用率(A<sub>50</sub>)。**

樹種	光補償點		暗呼吸率		光飽和點		光飽和光合作用率	
	$(\mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1})$		$(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1})$		$(\mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1})$		$(\mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1})$	
	強光	弱光	強光	弱光	強光	弱光	強光	弱光
白柏	14.8±2.2 <sup>a</sup> (10.6~17.8)	7.5±1.2 <sup>b1)</sup> (4.6~9.3)	0.88±0.10 <sup>a</sup> (0.70~1.05)	0.37±0.17 <sup>b</sup> (0.15~0.70)	1500±58 <sup>a</sup> (1400~1600)	1133±67 <sup>b</sup> (1000~1200)	8.8±0.7 <sup>a</sup> (7.9~10.3)	3.1±0.3 <sup>b</sup> (2.6~3.6)
白匏仔	12.1±1.2 <sup>a</sup> (9.1~12.9)	7.6±1.3 <sup>b</sup> (5.2~9.7)	0.68±0.09 <sup>a</sup> (0.52~0.84)	0.51±0.14 <sup>a</sup> (0.24~0.73)	1433±23 <sup>a</sup> (1400~1500)	1100±100 <sup>b</sup> (1000~1300)	11.0±1.1 <sup>a</sup> (8.8~12.5)	7.2±2.2 <sup>a</sup> (3.1~10.7)
台灣八角	11.6±1.3 <sup>a</sup> (10.1~14.2)	6.5±1.5 <sup>b</sup> (4.5~6.5)	0.86±0.10 <sup>a</sup> (0.75~1.07)	0.26±0.02 <sup>b</sup> (0.22~0.29)	1233±145 <sup>a</sup> (1000~1500)	567±33 <sup>b</sup> (500~600)	6.7±0.4 <sup>a</sup> (6.6~7.5)	4.6±0.4 <sup>b</sup> (3.7~5.2)
大頭茶	18.9±3.7 <sup>a</sup> (14.6~26.3)	6.5±1.5 <sup>b</sup> (3.4~8.1)	0.93±0.32 <sup>a</sup> (0.52~1.56)	0.30±0.09 <sup>b</sup> (0.14~0.43)	733±88 <sup>a</sup> (600~900)	433±67 <sup>b</sup> (300~500)	7.7±0.5 <sup>a</sup> (6.8~8.3)	3.0±0.2 <sup>b</sup> (2.7~3.3)
奧氏虎皮楠	24.1±4.2 <sup>a</sup> (17.9~31.7)	25.3±2.1 <sup>b</sup> (2.3~9.4)	1.06±0.24 <sup>a</sup> (0.75~1.52)	0.34±0.15 <sup>b</sup> (0.11~0.61)	1368±88 <sup>a</sup> (1200~1500)	1033±33 <sup>b</sup> (1000~1100)	7.5±0.9 <sup>a</sup> (6.4~9.2)	4.5±0.1 <sup>b</sup> (4.3~4.7)
恆春石斑木	21.5±4.8 <sup>a</sup> (12.2~28.2)	7.5±2.6 <sup>b</sup> (4.5~12.7)	0.98±0.18 <sup>a</sup> (0.62~1.17)	0.34±0.16 <sup>b</sup> (0.16~0.67)	1344±33 <sup>a</sup> (1400~1500)	800±153 <sup>b</sup> (600~1100)	10.8±1.3 <sup>a</sup> (9.5~13.5)	5.8±1.0 <sup>b</sup> (4.3~7.7)

<sup>1)</sup>同一樹種同一性狀有不同英文字母者，具顯著差異( $p < 0.05$ )，t-test。

(資料來源：本研究)

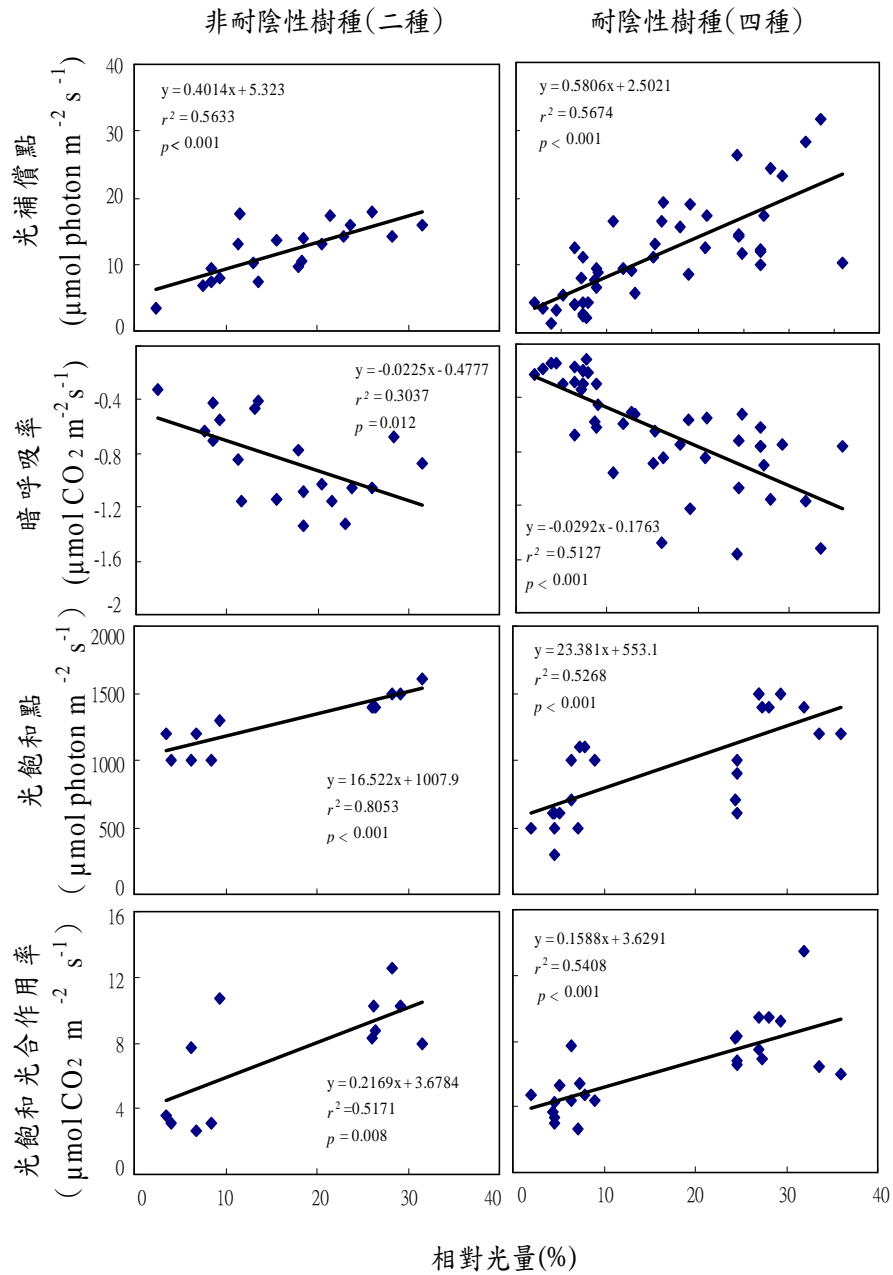


圖 3-5 可塑性測定的耐陰種與非耐陰性苗木的光補償點、暗呼吸率、光飽和點、光飽和光合作用率分別與苗木生長處相對光量間的關係

(資料來源：本研究)

藉各樹種生長在強光與弱光兩處微生育地的光補償點、暗呼吸率、光飽和點及光飽和光合作用率計算其生理可塑性指標，發現在此 6 樹種中，奧氏虎皮楠在兩處不同光量環境天然更新的苗木，其光補償點與暗呼吸率的改變幅度均最大，該兩性狀的可塑性指標值均為 10 分，而台灣八角與白柏分別在光飽和點與光飽和光合作用率兩項有最大的改變幅度，各得 10 分的生理指標值(表 3-11)。各樹種累加 4 項可塑性指標值，結果以恆春石斑木的生理可塑性指標總值 34.6 分最高，依序分別為奧氏虎皮楠、大頭茶、白柏、台灣八角，而白匏仔的生理可塑性最低，僅 16.5 分。比較兩類耐陰性樹苗的生理可塑性，整體而言以耐陰性樹苗較高，因為除了非耐陰種的白柏生理可塑性指標總值(26.5 分)稍高於台灣八角(25.2 分)之外，另 3 種耐陰種樹苗的生理可塑性指標總值均高於本研究的 2 種非耐陰樹苗(表 3-11)。

在葉部形態可塑性方面，發現大頭茶在所有 4 個葉片形態性狀的改變幅度均為此 6 樹種中最大者，葉片形態可塑性指標總值為 40 分(表 3-12)。白匏仔葉片在葉片厚度與比葉重方面的改變幅度極小，其葉片形態可塑性指標總值與生理可塑性一樣，均為此 6 樹種中最低者。恆春石斑木的葉片形態可塑性較特殊，此樹種在兩處不同光量環境更新的苗木，其單葉面積與葉厚度的改變幅度均極小，然而可能是生長在較高光量處的苗木的葉肉細胞排列較緊密，使其單葉乾重提高，致比葉重有較大幅度的增加，在比葉重此項目的可塑性指標值達 7.5 分，為 6 樹種中排名僅次於大頭茶者(表 3-12)。

此 6 樹種生理與葉部形態兩項可塑性指標總值，經相關性分析後並無顯著相關( $p > 0.05$ )，然而各樹種生長在強光與弱光兩微生育地的苗木，其光飽和光合作用率改變的幅度，與比葉重改變的幅度，兩者間有顯著正相關(圖 3-6)。此現象意味著同一樹種在不同光強度的微生育地更新的苗木，其光合作用潛力(例如光飽和光合作用率)是可以隨苗木葉片比葉重的增減而同步改變。因為比葉重越大的葉片，其單位葉面積可能有較多的葉肉細胞，而較多的葉肉細胞則是有較多的光合作用機構，可固定較多的  $\text{CO}_2$ ，故有較高的光合作用表現。由此可推論，若某樹種之比葉重對光量的可塑性較大，則其光飽和光合作用率對光量的可塑性也可能較大。

表 3-11 供試樹種生長在強光與弱光生育地苗木 4 項生理性狀之可塑性指標值(PPI)

生理性狀	白柏		白匏仔		台灣八角		大頭茶		奧氏虎皮		恆春石斑	
	強光	弱光	強光	弱光	強光	弱光	強光	弱光	強光	弱光	強光	弱光
光補償點( $\mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	14.8	7.5	12.1	7.6	11.6	5.5	18.9	6.5	24.1	5.3	21.5	7.5
PPI	3.9	(7.3) <sup>1)</sup>	2.4	(4.5)	3.2	(6.1)	6.6	(12.4)	10	(18.8)	7.4	(14.0)
暗呼吸率( $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	0.88	0.37	0.68	0.51	0.86	0.26	0.93	0.30	1.06	0.34	0.98	0.34
PPI	7.1	(0.51)	2.4	(0.17)	8.3	(0.60)	8.8	(0.63)	10	(0.72)	8.9	(0.64)
光飽和點( $\mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	1500	1133	1433	1100	1233	567	733	433	1368	1033	1433	800
PPI	5.5	(367)	5.0	(333)	10	(666)	4.5	(300)	5.0	(355)	9.5	(633)
光飽和光合作用率( $\mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	8.8	3.1	11.0	7.2	6.7	4.6	7.7	3.0	7.5	4.5	10.8	5.8
PPI	10	(5.7)	6.7	(3.8)	3.7	(2.1)	8.2	(4.7)	5.3	(3.0)	8.8	(5.0)
總 PPI	26.5		16.5		25.2		28.1		30.3		34.6	

<sup>1)</sup> 括號內數值為強、弱兩處苗木該性狀之差值。

(資料來源：本研究)

表 3-12 供試樹種生長在強光與弱光生育地苗木 4 項生理性狀之可塑性指標值供試樹種生長在強光與弱光生育地苗木 4 項葉部形態之可塑性指標值 (PPI)

形態性狀	白柏		白匏仔		台灣八角		大頭茶		奧氏虎皮楠		恆春石斑木	
	強光	弱光	強光	弱光	強光	弱光	強光	弱光	強光	弱光	強光	弱光
單葉面積 ( $\text{cm}^2$ )	18	8	40	25	15	24	34	10	34	19	13	13
MPI	4.2	(10) <sup>1)</sup>	6.3	(15)	3.8	(9)	10.0	(24)	6.3	(15)	0	(0)
葉厚度(mm)	0.15	0.06	0.26	0.26	0.38	0.35	0.34	0.23	0.33	0.22	0.35	0.34
MPI	8.2	(0.09)	0	(0)	2.7	(0.03)	10.0	(0.11)	10.0	(0.11)	0.9	(0.01)
單葉乾重 (mg)	73	20	126	78	183	221	423	85	266	109	172	122
MPI	1.6	(53)	1.4	(48)	1.1	(38)	10	(338)	4.5	(157)	1.5	(50)
比葉重( $\text{mg cm}^{-2}$ )	3.9	2.6	3.2	2.8	11.4	9.2	12.5	7.8	7.6	5.7	12.6	9.1
	2.8	(1.3)	0.9	(0.4)	4.7	(2.2)	10.0	(4.7)	4.0	(1.9)	7.5	(3.5)
總 MPI	16.8		8.5		12.3		40.0		24.8		9.9	

<sup>1)</sup> 括號內數值為強、弱兩處苗木該性狀之差值。

(資料來源：本研究)

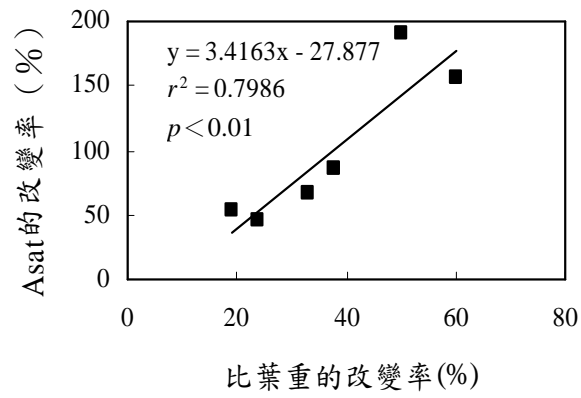


圖 3-6 可塑性試驗樹苗在強光與弱光環境植株光飽和光合作用率(Asat)的改變率與比葉重的改變率間的關係  
(資料來源：本研究)

## 第九節 氣象監測結果

設於南仁湖畔的南仁湖氣象站，2006年氣象資料已整理至10月，其中7月下旬至8月因儀器損壞而缺乏數據。2006年1月到7月累積雨量為1881 mm，其中僅7月份即有747 mm(表3-12)。南仁山管制站的氣象站本年度故障頻繁，數據無法連續，在9月份更新電路系統後才有可信數據(表3-14)。

表 3-13 南仁湖氣象站 2006 年各月之氣象資料

氣象參數	月份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
風向	NWN	NWN	NWN	SW	SW	SW	SW	-	NWN	NWN	NWN	-
風速 ( $\text{m s}^{-1}$ )	-	-	-	3.9	3.0	2.61	2.4	-	1.5	1.3	3.6	-
最大風速 ( $\text{m s}^{-1}$ )	-	-	-	6.6	5.7	4.8	4.4	-	3.6	3.1	5.8	-
平均氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )	18.8	19.3	20.5	23.6	25.0	25.9	27.6	-	25.0	24.0	22.9	-
最高氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )	20.9	21.4	23.3	26.5	27.7	27.9	30.1	-	27.5	26.8	25.7	-
最低氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )	17.0	17.3	18.2	21.3	23.1	24.0	25.6	-	23.1	21.9	20.8	-
平均光量 ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	397	259	435	445	544	418	474	-	490	679	620	-
最大光量 ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	818	962	988	978	1166	964	1103	-	1144	1351	1045	-
雨量 (mm)	55.0	70.4	27.0	87.0	352.6	487	747	-	8.4	37.8	27.2	-

(資料來源：本研究)



表 3-14 南仁山管制站 2006 年各月之氣象資料

氣象參數	月份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
風向	SW	SW	-	SW	-	-	-	-	SW	SW	SW	-
風速 ( $\text{m s}^{-1}$ )	0.9	1.0	-	1.1	-	-	-	-	0.8	0.5	0.48	-
最大風速 ( $\text{m s}^{-1}$ )	1.3	1.6	-	2.2	-	-	-	-	1.5	1.0	0.93	-
平均氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )	19.8	20.3	-	24.5	-	-	-	-	25.9	24.7	23.39	-
最高氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )	22.5	22.9	-	27.2	-	-	-	-	28.6	27.7	26.5	-
最低氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )	17.5	18.2	-	21.8	-	-	-	-	23.6	22.0	20.9	-
平均光量 ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	296	356	-	442	-	-	-	-	427	415	761	-
最大光量 ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	726	895	-	969	-	-	-	-	952	958	821	-
雨量 (mm)	44.4	66.8	-	39.6	-	-	-	-	5.8	39.6	34.4	-

(資料來源：本研究)

## 第十節 物候觀察結果

### 一、整體物候表現

於 2006 年 1 月至 11 月間，觀察南仁山 20 種樹種，每種 5-6 株，總計 106 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 4 月，各樹種平均展葉量約佔整體樹冠的 20 至 40% 之間。

觀測期間有明顯開花之物種共 14 種(表 3-15)，包括台灣八角、希蘭灰木、大頭茶、細葉茶梨、日本賽衛茅、南仁山柃木、恆春石斑木、小葉赤楠、長尾尖葉楮、奧氏虎皮楠、欖仁舅、唐杜鵑、珊瑚樹、銹葉野牡丹等。開花高峰期分別為 1 月至 4 月的有台灣八角、大頭茶、南仁山柃木、長尾尖葉楮、日本賽衛茅、奧氏虎皮楠、唐杜鵑、恆春石斑木、珊瑚樹等 9 種)，5 月至 8 月的有小葉赤楠、欖仁舅、銹葉野牡丹，開花盛期在 9 月至 11 月的有希蘭灰木及恆春楨楠。

觀察期間有結果之物種(表 3-15)，包括台灣八角、希蘭灰木、大頭茶、日本賽衛茅、南仁山柃木、恆春石斑木、捲斗櫟、奧氏虎皮楠、恆春楨楠、珊瑚樹等 10 種，結果之時期較不一致，主要於 1 月至 8 月間(日本賽衛茅、南仁山柃木、珊瑚樹)，以及 9 月至 11 月(台灣八角、希蘭灰木、大頭茶、捲斗櫟、奧氏虎皮楠、恆春楨楠)，其中台灣八角、大頭茶、南仁山柃木及奧氏虎皮楠的結果期較長，果期可持續 7 至 9 個月。結果量方面，台灣八角、珊瑚樹、南仁山柃木、奧氏虎皮楠、日本賽衛茅等 5 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 5 種樹種的結果量，僅佔整體樹冠的 10 至 20%，結果量零星。

在觀測期間無明顯物候變化的樹種，共有松田氏冬青、嶺南青剛櫟、錐果櫟、大明橘等 4 種，除一定量的展葉外，並無開花或結果之表現，僅維持常綠的狀態(表 3-15)。

## 2. 調查樹種物候表現各論

### (1) 台灣八角

芽期發生於1月展葉期主要集中於2月中旬至4月中旬，落葉期表現於1月中旬至3月下旬。花期表現於2月中旬至3月中旬，花瓣淡紅色，9片，花徑約1cm左右，杯狀圓形。果為蓇葖果，長約3至3.5cm，果期表現於3月中旬至11月上旬，主要集中在8月中旬至10月下旬，其中4號樣木之果期較長，至11月上旬時仍可觀測到果實。

### (2) 希蘭灰木

芽期不明顯，展葉期主要集中於2月至7月下旬，落葉期集中在1月。花白色，花徑約0.5cm左右，花期在9月。果倒卵狀橢圓形，長約0.8至1cm，今年果熟期在10月，果期則較無固定，幾乎整年皆可陸續的觀測到果實。

### (3) 松田氏冬青

今年沒有明顯的花、果、葉期，維持常綠的狀態。

### (4) 大頭茶

展葉為4月下旬至8月下旬，無明顯的落葉期。花白色，花瓣5瓣，花徑約cm左右，花期集中於1月下旬至3月下旬之間。果為蒴果，長橢圓形，長約cm，種子具翅，長約1cm，果期在3月中旬至11月，果期還沒有結束，而蒴果開裂後仍整年宿存於植株上，果熟期在9月至11月。

### (5) 長尾尖葉儲

芽期於1月至3月，展葉期表現於2月中旬至3月下旬，無明顯的落葉期，各月份均有等量的落葉，花期集中在2月至3月，沒有觀察到結果。

### (6) 嶺南青剛櫟

芽期於2月至4月，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。展葉期發生於5月至9月，落葉期則不明顯。本年度無開花、結果之物候表現，僅維持常綠的狀態。

(7) 細葉茶梨

芽期表現不明顯，剛抽出之新葉為紅色，顏色醒目，展葉於2月至3月，以及6月至7月，有兩個高峰期。落葉期不明顯。花粉紅色至紅色，花徑約2 cm左右，花期發生於2月中旬至9月下旬。今年並無觀測到結果。

(8) 日本賽衛矛

無明顯芽期，展葉期為5月至11月，落葉期不明顯，整年維持常綠狀態。花白色，花瓣4枚，花徑約0.5 cm，花期發生於1月及9月，果為蒴果，橢圓形，長約1.5至2 cm，果期發生於1月上旬至3月下旬。

(9) 大明橘

無明顯芽期，葉為長橢圓狀披針形或倒披針形，長6至9 cm，展葉期集中在2月下旬至7月下旬，落葉無明顯表現，也無開花結果表現。

(10) 南仁山柃木

無明顯芽期，展葉在3月上旬至4月下旬，花期發生在1月，果期相當長，由3月份持續至8月份，但僅2號樣木有開花、結果之表現，其他樣木均維持在一般的生長狀態。

(11) 恆春石斑木

無明顯芽期，葉長橢圓形至披針形，展葉期為3月，以及6月中旬至8月下旬，呈現兩個高峰，而落葉每月均有等量的發生，花期於3月至5月，果期7月至9月。

(12) 小葉赤楠

芽期在2月至3月，剛抽出之新芽為紅色，極為鮮艷，葉橢圓形或廣卵形，長1.5至3 cm，展葉期為2月中旬至6月下旬，落葉期無明顯的表現，部分月份有零星發生。花白色，徑約0.8 cm，繖狀花序，頂生於枝梢，花期為7月至8月。果為球形漿果，徑約7 cm，成熟時為黑紫色，但今年無結果。

(13) 錐果欖

芽期在1至3月，展葉前有明顯的落葉現象發生，展葉期為2月中旬至

7月中旬，整年度均無觀測到開花結果之表現，維持一般的生長狀態。

(14) 捲斗櫟

芽期在1月，剛抽出之新葉均被金黃色至紫色之絨毛，至生長期脫落，葉革質，披針形。展葉期為3月中旬至6月中旬，花期為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，披金黃光澤絨毛，果期為5月至11月，果熟期在9-10月。

(15) 奧氏虎皮楠

無明顯芽期，葉簇生，葉緣略反捲，展葉期為3月下旬至8月中旬，落葉表現不明顯。花紅色，花期表現於2月下旬至3月中旬。果期表現於4月中旬至11月中旬。

(16) 恆春槿楠

葉倒卵形或長橢圓形，長3至5 cm，展葉期為1月至7月。花白色，花瓣6枚，徑約0.5 cm，花期表現於8月中旬至11月，仍持續開花中。果壓縮球形，徑約1.5 cm，果期表現於10月中旬至11月，仍持續結果。

(17) 欖仁舅

葉倒卵形至寬橢圓形，長約14至26 cm，展葉期為5月中旬至6月中旬，落葉期為1月中旬至2月中旬。花白色，密球形頭狀花序，徑約4 cm，花期為5月下旬至8月中旬。果為蒴果，徑約3 cm，今年無結果表現。

(18) 珊瑚樹

無明顯芽期，葉長橢圓形，革質，1月至3月間有明顯的落葉和展葉之現象，展葉期為1月中旬至3月下旬，落葉期1月。花冠鐘形，白色，聚繖花序，花期表現於1月中旬至3月下旬。果為核果，徑約1 cm，成熟時為紅色再逐漸變為紫黑色，果期表現於為2月中旬至8月下旬，果熟期為4-8月。

(19) 繡葉野牡丹

芽期表現在1月，葉橢圓形，三出葉脈且側脈平行，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銹色的毛茸，展

葉期為 8 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，花期為 4 月中旬至 9 月中旬。今年沒觀察到結果表現。

(20) 唐杜鵑

無明顯芽期，葉橢圓狀披針形至卵狀橢圓形，長 2 至 5 cm，展葉期為 3 月中旬至 10 月中旬，落葉期 2 月至 5 月，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 2 月中旬至 5 月下旬之間。

表 3-15 南仁山 20 種植物 2006 年展葉、花盛開、果熟物候高峰期(月)

	展葉期	花盛開期	果熟期
台灣八角	2~4	2~3	8~10
希蘭灰木	2~7	9	10
松田氏冬青	-	-	-
大頭茶	4~8	1~2	9~11
長尾尖葉槭	2~3	2~3	-
嶺南青剛櫟	5~9	-	-
細葉茶梨	2~3、6~7	2~9	-
日本賽衛茅	5~11	1	2~3
大明橘	2~7	-	-
南仁山柃木	3~4	1	7~8
恆春石斑木	3、6~8	3	7~9
小葉赤楠	2~6	7~8	-
錐果櫟	2~7	-	-
捲斗櫟	3~6	-	9~10
奧氏虎皮楠	3~8	2~3	10
恆春楨楠	1~7	-	11
欖仁舅	5~6	7~8	-
唐杜鵑	3~10	3	-
珊瑚樹	1~3	1~3	4~8
銹葉野牡丹	8	5~8	-

(資料來源：本研究)

表 3-16 南仁山迎風坡森林 2006 年 1-12 月 20 種植物之物候表現

樹種		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
台灣八角	展葉		—————											
	落葉		—————											
	花		—————											
	果		—————											
希蘭灰木	展葉		—————											
	落葉	—												
	花									—————				
	果									—————				
松田氏冬青	展葉													
	落葉													
	花													
	果													
大頭茶	展葉				—————									
	落葉		—————											
	花	—————												
	果		—————											
長尾尖葉槲	展葉		—————											
	落葉		—————											
	花		—————											
	果													
嶺南青剛櫟	展葉					—————								
	落葉													
	花													
	果													
細葉茶梨	展葉		—————				—————							
	落葉		—————				—————							
	花		—————											
	果													
日本賽衛矛	展葉				—————									
	落葉													
	花	—									—			
	果	—————												
大明橘	展葉		—————											
	落葉		—————											
	花		—————											
	果		—————											
南仁山柃木	展葉			—————										
	落葉			—————										
	花	—												
	果		—————											

(資料來源：本研究)

表 3-16(續) 南仁山迎風坡森林 2006 年 1-12 月 20 種植物之物候表現

樹種		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
恆春石斑木	展葉			—									
	落葉												
	花				—	—							
	果									—	—		
小葉赤楠	展葉		—	—	—	—	—						
	落葉												
	花							—	—				
	果												
錐果欖	展葉		—	—	—	—	—						
	落葉												
	花												
	果												
捲斗欖	展葉				—	—	—						
	落葉												
	花				—								
	果					—	—	—	—	—	—	—	—
奧氏虎皮楠	展葉			—	—	—	—	—	—				
	落葉												
	花		—	—									
	果				—	—	—	—	—	—	—	—	—
恆春楨楠	展葉	—	—	—	—	—	—	—					
	落葉												
	花								—	—			
	果										—	—	
欖仁舅	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												

(資料來源：本研究)



表 3-17 南仁山迎風坡森林 20 種樹木 2002~2006 年花期與果期之比較

		花期	果期
台灣八角	2002	1~3	3~11
	2004	2~3、5~7	3~6
	2005	1~4	3~11
	2006	2~3	2~11
希蘭灰木	2002	8~10	1~3、8~12
	2004	5~6	
	2005	9~11	1~4、6~8
	2006	9	9~11
松田氏冬青	2002	1~4、10~11	5~8
	2004	3、5~9	
	2005		7~10
	2006		
大頭茶	2002	1~3、12	3~10
	2004	2~3	3~5
	2005	1~3	6~10
	2006	1~3	3~11
長尾尖葉櫨	2002	3~5	6~11
	2004	5	
	2005		
	2006	2~3	
嶺南青剛櫟	2002	1~5	8~11
	2004	3~4	
	2005		
	2006		
細葉茶梨	2002	1~3、11~12	3~10
	2004	2~4、8	
	2005	1~3、10~11	
	2006	2~9	
日本賽衛矛	2002	1、9~12	1~12
	2004	2~3、8	4~5
	2005	1~4、6	1~3、6~11
	2006	1、9	
南仁山柃木	2002	1~2	7
	2004	2	
	2005	10~11	1~8
	2006	1	3~8
恆春石斑木	2002	3~4	8~11
	2004		
	2005		

(資料來源：本研究)

表 3-17(續) 南仁山迎風坡森林 20 種樹木 2002~2006 年花期與果期之比較

		花期	果期
	2006	3~5	7~9
奧氏虎皮楠	2002	3、8	
	2005	2~4	5~10
	2006	2~3	4~11
大明橘	2002	1~3、12	3
	2005	2~4	
	2006		
小葉赤楠	2002	3~4	8~10
	2005	5~8	8~10
	2006	7~8	
唐杜鵑	2002	1~3、12	4~11
	2005	1~4	4~11
	2006	2~5	
錐果櫟	2002	3	11
	2005		
	2006		
欖仁舅	2005	5~7	7~9
	2003	5~6、7~8	6~7、9~11
	2006	5~8	
恆春楨楠	2005	7~11	10~11
	2006	8~11	10~11
珊瑚樹	2005	1~3	2~5
	2003	1~2	1~6
	2006	1~3	2~8

(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，所獲量要結果如下。

- (1)該森林有 72 種樹種，以殼斗科的嶺南青剛櫟體形最大，而以台灣八角株數最多，其次依序為日本賽衛矛、九節木、革葉冬青及長尾尖葉槭。
- (2)該森林組成中有 54 種樹種有調查到小苗，但有 18 種樹種在樣區中沒有發現更新苗，其中革葉冬青與松田氏冬青胸徑大於 1 cm 的植株豐量甚高，然而小苗甚少。
- (3) 2006 年 6 月的調查資料顯示小苗組成共有 69 種，平均每個 1 m<sup>2</sup> 樣區有 14 種木本植物，平均小苗株數高達每平方公尺 31 株，密度相當高。豐量最高的小苗為日本賽衛矛，其次為台灣八角、春石斑木。小苗組成中有 15 種不是此森林的大樹組成份，其中陽性小苗多為近期才新生的。
- (4)小苗高度以低於 10 cm 的植株最多，佔 42%，每年高生長約只有 1~2 cm。
- (5) 2006 年新生苗出現的高峰期為 2~3 月，佔全年新生苗總數的 35%，苗木死亡較多的期間為 8 月。
- (6) 2005 年 7 月 18 日的海棠颱風造成試驗地森林冠層斷枝落葉，也有林木傾倒，形成林冠孔隙，林內光量由相對光量 5~7% 提高至 11~24%，颱風過後 8 個月相對光量仍高達 11%。
- (7)颱風破壞樹冠提高林下光量後，白匏仔、白柏、蟲屎等陽性植物小苗大量發生，耐陰性樹種如台灣八角、奧氏虎皮楠、恆春石斑木小苗的高生長也顯著增加。
- (8)合併兩處小苗樣區的 Shannon 多樣性指數，在 2005 年 9 月至 2006 年 7 月即維持在 3.16，但 2006 年 8 月降至 3.12。
- (9)經測定 30 種苗木的光合作用性狀，發現 24 種耐陰樹苗的光合作用光補償點在 3~8  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  範圍，非耐陰種在 10~17  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  範圍。

- (10)在可塑性方面，台灣八角、大頭茶、奧氏虎皮楠、恆春石斑木等 4 種耐陰樹種，生長在強光與弱光不同環境的同種苗木，其生理可塑性高於兩種非耐陰種白栢及白匏仔。

## 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) 本計畫所監測的氣象、小苗更新動態及植物物候表現，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。

## 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. *kanehiral* (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 長尾尖葉櫨

*Castanopsis formosana* (Skan) Hayata 台灣苦櫨

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

*Cyclobalanopsis longinux* (Hayata) Schott. 錐果櫨

*Cyclobalanopsis pachyloma* (O. Seem.) Schott. 捲斗櫨

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

*Pasania harlandii* (Hance) Oersted 短尾葉石櫨

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 quinquegona* 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

*Rhaphiolepis 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

## 附錄二 南仁湖氣象站各月氣象資料

附表 2-1. 南仁湖氣象站 2006 年 1 月每日平均氣象資料

日期	風向	風速( $\text{ms}^{-1}$ )		氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )			光量( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		雨量 (mm)
		平均	最大	平均	最大	最小	平均	最大	
1 日	NWN	-	-	20.0	22.7	18.6	552	1270	0.4
2 日	N	-	-	18.0	18.9	17.3	178	459	0.2
3 日	NWN	-	-	17.8	19.2	16.8	254	545	0.0
4 日	SE	-	-	19.7	23.4	17.2	508	1044	0.0
5 日	N	-	-	17.6	20.3	15.7	186	455	0.6
6 日	N	-	-	15.5	17.4	12.8	274	704	0.4
7 日	NWN	-	-	13.0	13.9	11.9	211	411	0.0
8 日	NW	-	-	15.4	17.2	13.4	336	772	0.0
9 日	N	-	-	17.1	19.6	14.9	398	961	0.8
10 日	N	-	-	18.0	19.7	16.8	376	781	0.4
11 日	NWN	-	-	18.2	19.3	17.1	279	432	10.2
12 日	NW	-	-	21.0	24.9	18.2	461	813	4.4
13 日	N	-	-	21.2	25.5	16.9	698	1326	0.0
14 日	N	-	-	20.5	23.2	18.3	645	1291	0.0
15 日	NWN	-	-	20.4	22.3	19.2	377	985	0.2
16 日	NWN	-	-	20.5	24.6	19.1	352	925	8.4
17 日	NNE	-	-	20.6	21.1	20.0	238	439	0.4
18 日	NWN	-	-	21.3	23.4	19.9	419	817	0.0
19 日	SSE	-	-	22.1	25.7	20.2	527	914	0.2
20 日	SSW	-	-	22.7	27.3	19.2	768	1586	1.6
21 日	NWN	-	-	18.7	21.4	16.3	412	1025	0.8
22 日	N	-	-	16.2	17.1	14.5	258	496	0.4
23 日	N	-	-	16.6	18.1	14.5	395	807	0.4
24 日	NWN	-	-	17.2	18.7	15.2	462	870	0.2
25 日	N	-	-	19.0	20.2	17.4	442	723	0.0
26 日	NWN	-	-	19.0	21.0	17.7	673	1345	0.0
27 日	NNE	-	-	17.6	18.5	16.3	222	406	0.8
28 日	NWN	-	-	17.3	18.4	16.1	167	293	7.6
29 日	N	-	-	19.2	20.3	18.4	203	372	9.8
30 日	NWN	-	-	19.9	21.2	18.9	336	715	0.6
31 日	NWN	-	-	21.3	24.5	17.4	716	1373	6.2
累計									55.0
平均		-	-	18.8	20.9	17.0	397	818	

(資料來源：本研究)

附表 2-2. 南仁湖氣象站 2006 年 2 月每日平均氣象資料

日期	風向	風速( $\text{ms}^{-1}$ )		氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )			光量( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		雨量 (mm)
		平均	最大	平均	最大	最小	平均	最大	
1 日	N	-	-	19.1	19.8	18.3	117	424	1.8
2 日	N	-	-	19.3	22.1	16.9	363	1197	0.2
3 日	NWN	-	-	18.7	21.8	16.5	277	1240	4.8
4 日	N	-	-	16.2	17.5	14.3	266	981	1.0
5 日	N	-	-	17.0	19.5	14.1	383	1475	1.8
6 日	NWN	-	-	19.6	22.6	16.8	305	994	0.0
7 日	NWN	-	-	18.1	19.6	15.8	139	529	5.4
8 日	N	-	-	15.2	16.3	14.0	115	269	2.8
9 日	N	-	-	15.2	17.2	13.5	199	825	8.2
10 日	E	-	-	17.7	20.8	14.6	375	1403	0.2
11 日	SW	-	-	19.0	23.0	15.6	380	1351	0.2
12 日	N	-	-	17.3	18.3	15.8	154	626	2.6
13 日	N	-	-	18.9	21.2	16.4	272	1224	0.2
14 日	N	-	-	20.8	24.1	17.7	305	1159	1.6
15 日	ENE	-	-	22.5	24.1	21.4	207	610	0.2
16 日	SW	-	-	24.1	26.8	20.5	477	1584	2.6
17 日	N	-	-	18.5	20.2	16.3	163	381	3.0
18 日	N	-	-	18.6	20.5	16.5	277	1229	0.0
19 日	NWN	-	-	20.7	23.4	18.7	301	1093	6.8
20 日	NWN	-	-	20.2	22.2	18.8	252	863	6.0
21 日	NWN	-	-	21.0	23.1	19.0	288	920	0.4
22 日	N	-	-	21.5	23.7	20.3	199	808	0.8
23 日	N	-	-	19.6	20.8	18.6	215	1084	0.4
24 日	NWN	-	-	19.5	20.7	18.4	184	771	2.0
25 日	NWN	-	-	21.3	23.7	18.8	317	1180	0.0
26 日	NWN	-	-	19.4	20.6	18.8	133	423	17.4
27 日	NWN	-	-	19.5	20.9	18.4	255	927	0.0
28 日	N	-	-	21.3	24.7	18.6	327	1369	0.0
累計									70.4
平均		-	-	19.3	21.4	17.3	259	962	

(資料來源：本研究)

附表 2-3. 南仁湖氣象站 2006 年 3 月每日平均氣象資料

日期	風向	風速( $\text{ms}^{-1}$ )		氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )			光量( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		雨量 (mm)
		平均	最大	平均	最大	最小	平均	最大	
1 日	N	-	-	16.6	20.0	13.8	20	90	13.4
2 日	NWN	-	-	14.4	15.3	13.7	91	168	0.4
3 日	NWN	-	-	16.1	18.3	13.7	313	647	1.0
4 日	NWN	-	-	18.3	20.2	16.7	274	1007	0.2
5 日	NNE	-	-	20.3	22.6	18.1	466	950	0.8
6 日	E	-	-	21.7	23.9	19.4	545	1292	0.0
7 日	NNE	-	-	21.5	23.7	20.0	504	1060	0.4
8 日	NWN	-	-	22.6	26.0	20.5	675	1457	0.0
9 日	WSW	-	-	23.3	28.1	20.4	646	1475	5.6
10 日	NWN	-	-	20.6	22.6	19.1	386	855	1.8
11 日	NNE	-	-	21.5	23.9	19.1	773	1493	0.0
12 日	NWN	-	-	21.8	26.8	16.5	565	1212	3.4
13 日	N	-	-	17.3	21.4	15.0	422	766	0.0
14 日	N	-	-	16.7	18.3	15.5	254	733	1.8
15 日	N	-	-	18.7	20.7	16.4	313	805	0.8
16 日	SSW	-	-	22.5	26.5	19.1	858	1561	1.8
17 日	NWN	-	-	20.3	21.7	19.2	257	657	0.2
18 日	SSW	-	-	24.5	27.7	20.7	890	1536	0.2
19 日	N	-	-	21.0	24.2	17.0	350	578	0.6
20 日	NWN	-	-	18.5	20.7	16.7	328	1148	1.2
21 日	NWN	-	-	22.2	25.3	18.5	513	1087	0.0
22 日	NWN	-	-	23.3	27.3	20.6	523	1011	0.0
23 日	NW	-	-	22.9	27.5	20.6	561	1309	0.2
24 日	NWN	2.8	4.9	20.2	22.1	19.1	295	1004	0.2
25 日	N	2.0	5.9	21.6	24.1	19.1	620	1413	0.0
26 日	NWN	2.5	5.2	22.2	25.8	19.2	461	1310	0.2
27 日	NW	2.7	4.4	22.4	25.8	19.4	397	885	0.0
28 日	NW	4.7	6.8	19.9	20.9	18.6	129	568	3.6
29 日	NWN	3.9	6.2	19.5	24.3	17.5	164	503	1.8
30 日	NNE	2.9	4.5	21.3	23.6	20.2	299	831	2.2
31 日	NNE	4.0	5.2	21.4	23.3	19.5	598	1218	0.0
累計									27.0
平均		3.2	5.4	20.5	23.3	18.2	435	988	

(資料來源：本研究)

附表 2-4. 南仁湖氣象站 2006 年 4 月每日平均氣象資料

日期	風向	風速( $\text{ms}^{-1}$ )		氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )			光量( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		雨量 (mm)
		平均	最大	平均	最大	最小	平均	最大	
1 日	SE	1.5	3.9	22.3	24.5	19.7	165	337	1.0
2 日	SW	3.6	6.4	25.5	28.4	22.8	748	1478	1.0
3 日	N	3.5	6.1	24.6	27.1	22.8	554	1354	0.0
4 日	SE	1.9	3.5	24.7	27.9	22.3	516	1085	0.0
5 日	SW	5.0	7.4	25.6	29.3	22.6	826	1472	0.4
6 日	NWN	3.1	6.8	23.9	28.0	21.3	551	1330	0.2
7 日	NW	5.2	6.8	21.9	27.3	19.3	20	124	1.8
8 日	N	5.1	6.6	22.0	24.3	19.5	390	950	1.4
9 日	SSE	2.2	4.8	23.7	25.4	21.8	248	650	1.6
10 日	SSW	3.6	7.5	25.4	28.3	23.8	456	1065	9.0
11 日	SW	5.8	7.1	25.7	27.5	24.3	452	806	3.6
12 日	SW	4.9	6.8	25.9	28.5	23.6	816	1395	0.0
13 日	NW	4.6	7.4	23.7	29.3	19.3	310	912	3.2
14 日	NWN	5.5	7.4	21.0	22.4	19.5	259	571	0.0
15 日	NW	4.3	7.1	21.4	24.2	19.3	211	604	5.0
16 日	N	7.4	8.6	18.5	19.6	17.4	134	413	3.0
17 日	N	5.8	7.6	20.6	23.4	18.2	441	1101	0.4
18 日	NW	2.4	6.0	22.6	24.9	20.2	308	705	0.0
19 日	NWN	2.8	7.8	25.1	28.5	21.5	750	1497	0.0
20 日	NWN	6.6	9.3	23.0	24.3	21.1	216	455	2.0
21 日	N	4.3	7.8	24.9	28.9	21.1	507	1257	0.0
22 日	SW	3.8	6.7	25.4	28.2	22.7	682	1414	8.0
23 日	SW	2.8	8.3	26.0	30.1	23.6	549	1274	16.4
24 日	NW	4.4	6.6	22.4	23.5	21.1	136	244	22.2
25 日	NW	3.6	6.0	23.0	25.4	21.3	635	1172	0.0
26 日	SW	3.2	5.4	25.0	27.2	21.9	664	1081	0.2
27 日	NWN	2.9	6.5	23.0	27.1	20.9	337	987	4.8
28 日	SW	3.6	5.5	21.8	22.9	20.9	267	749	1.8
29 日	SW	2.4	4.1	24.3	29.2	22.3	647	1732	0.0
30 日	SW	2.3	5.2	24.9	28.4	21.6	558	1142	0.0
累計									87.0
平均		3.9	6.6	23.6	26.5	21.3	445	978	

(資料來源：本研究)

附表 2-5. 南仁湖氣象站 2006 年 5 月每日平均氣象資料

日期	風向	風速( $\text{ms}^{-1}$ )		氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )			光量( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		雨量 (mm)
		平均	最大	平均	最大	最小	平均	最大	
1 日	SW	4.9	6.9	26.5	29.9	24.4	844	1490	2.0
2 日	WSW	3.8	6.9	26.3	30.4	23.2	773	1549	6.0
3 日	NWN	2.8	6.2	24.5	26.6	23.0	658	1408	0.2
4 日	NW	1.1	3.4	22.9	23.4	22.1	150	288	2.0
5 日	NE	1.0	3.1	24.2	25.5	23.2	383	755	0.0
6 日	SW	2.2	5.6	25.8	28.3	23.5	415	1092	0.0
7 日	SW	2.9	5.9	27.8	31.4	24.6	853	1562	0.6
8 日	NWN	0.4	2.4	26.4	30.3	24.1	659	1294	0.2
9 日	SW	0.4	2.4	26.5	30.4	24.2	622	1457	0.8
10 日	S	0.6	3.8	26.9	30.3	23.6	737	1517	0.0
11 日	N	2.0	5.4	25.1	27.4	23.6	437	1001	29.4
12 日	N	2.9	5.9	25.3	26.9	23.9	385	720	0.6
13 日	N	3.2	8.3	25.4	27.9	23.1	530	1276	3.2
14 日	N	9.9	11.8	23.3	25.3	22.0	340	697	96.6
15 日	NWN	5.7	9.7	23.0	24.7	20.9	354	987	12.6
16 日	NWN	5.4	8.1	23.1	23.7	22.5	132	366	87.6
17 日	ESE	5.9	8.7	25.4	26.9	22.7	238	466	71.8
18 日	SW	5.0	6.7	25.4	27.4	23.0	478	1361	12.4
19 日	SW	4.4	6.6	25.2	29.1	22.2	845	1580	2.4
20 日	N	4.5	5.6	23.6	25.4	21.8	394	978	0.0
21 日	N	2.7	5.0	24.3	25.5	23.2	201	532	0.0
22 日	NWN	1.3	3.8	25.6	28.1	23.9	378	775	0.4
23 日	SE	1.4	3.9	26.5	29.1	24.4	693	1326	1.8
24 日	NWN	0.8	3.9	25.2	28.0	23.4	710	1626	0.0
25 日	SW	2.1	5.3	26.7	30.2	23.6	715	1621	0.0
26 日	SW	4.2	5.9	26.5	29.1	24.5	760	1575	1.6
27 日	SW	3.3	5.9	26.6	28.9	24.3	858	1615	2.0
28 日	SW	2.8	5.4	25.9	29.6	22.8	808	1650	2.2
29 日	NW	1.7	5.5	23.0	27.0	21.1	322	696	12.0
30 日	NWN	1.4	4.7	22.8	25.2	21.2	547	1456	1.0
31 日	SW	2.2	4.9	25.5	28.4	22.1	632	1430	3.2
累計									352.6
平均		3.0	5.7	25.2	27.7	23.1	544	1166	

(資料來源：本研究)

附表 2-6. 南仁湖氣象站 2006 年 6 月每日平均氣象資料

日期	風向	風速( $\text{ms}^{-1}$ )		氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )			光量( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		雨量
		平均	最大	平均	最大	最小	平均	最大	
1 日	SW	3.4	5.9	26.1	28.0	24.2	587	1207	2.8
2 日	SW	2.7	6.2	24.7	26.3	23.2	195	419	6
3 日	NW	0.1	1.3	22.8	23.7	22.3	206	377	4.8
4 日	SW	3.2	5.5	25.6	27.4	22.3	434	799	0.4
5 日	SW	5.4	7.3	25.8	27.5	24.1	437	1110	40.4
6 日	SW	6.2	8.5	25.9	27.5	23.8	440	1111	78.2
7 日	SW	5.3	6.8	25.5	26.2	24.4	315	851	30.8
8 日	SSW	6.5	8.1	26.2	27.8	25.1	385	1001	67
9 日	SSW	6.6	7.6	25.9	26.7	25.4	155	259	50.8
10 日	SSW	4.8	6.9	24.9	26.4	22.6	41	81	78
11 日	SSW	0.9	2.7	22.5	24.9	20.6	80	218	62.6
12 日	SSE	0.3	2.0	25.8	29.8	22.4	498	1214	0.2
13 日	NE	0.3	3.0	25.8	28.3	24.2	423	796	0.2
14 日	SW	2.9	5.3	26.7	28.8	24.8	585	1388	0.6
15 日	SW	4.4	6.1	26.4	28.5	24.7	650	1370	1.8
16 日	SW	4.1	5.5	26.7	29.3	24.2	748	1585	0.2
17 日	SW	2.9	5.1	27.6	30.6	24.9	672	1528	0
18 日	SW	1.7	3.5	27.8	31.2	25.0	637	1433	0
19 日	NE	1.1	5.4	25.2	26.8	23.6	399	1120	1.2
20 日	N	2.8	5.2	25.5	27.5	24.0	500	1209	0.4
21 日	NWN	2.2	5.8	24.0	25.5	23.0	215	641	9.4
22 日	S	0.1	0.6	26.2	28.5	24.1	597	1413	1.2
23 日	SE	0.8	4.0	26.7	29.6	24.7	373	1096	6.2
24 日	ENE	0.5	2.5	27.7	31.0	25.0	642	1637	0
25 日	ENE	0.4	2.2	26.6	28.3	24.8	376	675	1.8
26 日	NNE	1.1	3.7	26.6	28.2	25.3	432	999	2
27 日	ENE	1.5	4.2	26.4	27.8	24.9	362	815	7.4
28 日	N	1.2	4.3	26.5	28.2	24.8	377	816	1.6
29 日	N	2.0	4.3	25.7	27.4	24.8	248	545	15.8
30 日	N	2.9	5.3	26.3	28.3	24.0	549	1222	15.4
累計									487.2
平均數		2.6	4.8	25.9	27.9	24.0	419	965	

(資料來源：本研究)

附表 2-7. 南仁湖氣象站 2006 年 7 月每日平均氣象資料

日期	風向	風速( $\text{ms}^{-1}$ )		氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )			光量( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		雨量
		平均	最大	平均	最大	最小	平均	最大	
1 日	N	1.9	4.2	26.5	28.5	24.2	506.5	1180.0	2.2
2 日	N	0.1	1.0	27.0	29.3	25.4	367.7	822.0	9.2
3 日	SW	1.7	4.4	27.7	30.5	24.9	462.0	1277.0	0.2
4 日	SW	5.1	6.9	27.9	30.3	25.5	716.1	1631.0	1
5 日	SW	5.4	6.6	28.6	30.8	26.6	704.9	1633.0	3.8
6 日	WSW	3.7	6.2	28.5	31.0	26.2	609.8	1534.0	4.4
7 日	WSW	2.6	4.5	28.5	31.6	26.2	639.6	1546.0	0
8 日	SW	4.8	9.8	25.5	26.3	24.6	186.5	583.0	124
9 日	SW	5.8	7.1	26.1	27.4	24.4	95.5	369.9	80.8
10 日	SW	3.6	6.0	28.4	31.2	25.9	573.2	1222.0	0.8
11 日	NW	1.9	4.3	28.5	31.0	26.7	483.5	1445.0	1.6
12 日	WSW	0.9	3.4	29.0	32.7	26.7	499.2	1329.0	0.2
13 日	W	5.4	10.6	27.6	31.2	25.6	325.5	890.0	294.2
14 日	SSW	7.4	9.9	27.0	28.8	25.0	11.7	46.3	196
15 日	SSE	4.1	6.3	26.1	29.0	24.5	110.8	241.1	11.8
16 日	SE	1.8	4.2	27.5	30.0	25.8	422.9	982.0	13.8
17 日	SE	0.5	2.3	27.4	29.7	26.0	440.8	949.0	0.8
18 日	SSE	0.2	1.6	27.1	29.4	25.4	552.1	1170.0	0
19 日	SSE	-	-	27.2	30.0	25.0	778.9	1638.0	0
20 日	ENE	-	-	27.4	29.9	24.9	865.8	1630.0	0.4
21 日	N	0.2	1.9	28.8	33.0	26.1	830.1	1564.0	0.2
22 日	N	0.2	1.2	28.5	31.8	26.3	580.8	1195.0	0.4
23 日	NW	-	-	28.0	31.4	25.4	558.2	1189.0	1.2
24 日	NW	0.5	2.6	26.7	28.6	26.0	66.5	407.7	0
25 日									
26 日									
27 日									
28 日									
29 日									
30 日									
31 日									
累計									747
平均數		2.8	5.0	27.6	30.1	25.6	474.5	1103.1	

(資料來源：本研究)



附表 2-8. 南仁湖氣象站 2006 年 9 月每日平均氣象資料

日期	風向	風速( $\text{ms}^{-1}$ )		氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )			光量( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		雨量
		平均	最大	平均	最大	最小	平均	最大	
1 日	SW	0.7	1.6	27.4	30.6	25.6	522.8	1257.0	0
2 日	WSW	0.5	3.0	27.3	30.4	24.9	807.3	1430.0	0
3 日	SSW	1.1	2.8	27.0	30.6	24.6	788.7	1643.0	0
4 日	SW	2.1	4.9	26.9	29.7	24.8	872.5	1586.0	0
5 日	SW	2.4	4.7	27.0	30.2	24.7	849.4	1629.0	0
6 日	SW	1.9	4.1	26.7	29.9	25.1	628.8	1376.0	0
7 日	SW	0.1	0.7	26.4	30.0	24.0	615.1	1423.0	0
8 日	SW	-	0.1	26.8	29.8	24.0	603.5	1495.0	0
9 日	NW	1.0	6.5	25.6	28.3	23.0	407.5	1122.0	0
10 日	NWN	2.8	5.2	23.3	23.8	22.4	75.6	310.2	0.6
11 日	N	1.1	3.9	23.3	24.2	22.9	57.7	250.7	1.2
12 日	N	-	-	25.4	28.1	22.9	686.6	1385.0	0
13 日	NW	-	-	26.7	31.0	24.3	842.9	1561.0	0
14 日	NW	0.6	2.6	25.4	28.0	23.2	581.5	1336.0	0.8
15 日	NW	0.8	5.4	26.1	30.2	23.7	522.7	1381.0	5.2
16 日	W	3.5	7.5	26.2	28.8	24.0	698.3	1400.0	0
17 日	NW	0.9	4.3	24.6	29.7	21.6	497.4	1357.0	0
18 日	NWN	1.9	3.0	23.0	24.5	21.2	247.0	710.0	0
19 日	N	1.7	3.2	24.0	26.1	22.6	636.0	1392.0	0
20 日	NWN	1.1	2.8	23.7	25.4	22.7	323.4	719.0	0
21 日	NWN	0.5	1.7	22.8	23.9	21.3	175.7	401.4	0
22 日	NWN	2.1	5.0	23.6	26.1	22.3	414.4	1340.0	0.2
23 日	NWN	2.5	4.1	23.2	24.9	22.0	208.5	846.0	0
24 日	N	2.5	4.0	24.5	26.8	23.3	503.8	1144.0	0
25 日	N	3.2	5.2	24.2	26.2	22.9	448.2	1064.0	0.2
26 日	NWN	1.2	3.0	22.7	25.1	21.5	216.7	1026.0	0
27 日	N	0.6	1.6	23.7	25.6	21.8	390.6	1112.0	0
28 日	NWN	3.1	6.9	24.7	27.1	22.1	733.0	1446.0	0
29 日	N	3.3	5.1	23.8	24.8	22.0	134.6	423.0	0.2
30 日	N	1.6	5.0	24.1	26.1	22.8	227.6	766.0	0
累計									8.4
平均數		1.5	3.9	25.0	27.5	23.1	490.6	1144.4	

(資料來源：本研究)

附表 2-9. 南仁湖氣象站 2006 年 10 月每日平均氣象資料

日期	風向	風速( $\text{ms}^{-1}$ )		氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )			光量( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		雨量
		平均	最大	平均	最大	最小	平均	最大	
1 日	NWN	0.9	3.1	24.9	28.6	22.3	616.9	1373.0	0.8
2 日	NWN	2.0	4.2	25.4	27.9	23.5	478.0	1280.0	0
3 日	NWN	3.0	5.4	25.2	27.7	23.8	486.2	1277.0	0.2
4 日	NWN	0.9	2.8	23.7	26.5	21.2	460.1	1189.0	11.2
5 日	NWN	-	-	23.6	26.4	21.2	581.4	1430.0	0.4
6 日	NWN	-	-	23.6	26.3	21.8	450.0	1078.0	0
7 日	NWN	0.1	0.3	23.4	26.1	20.4	474.2	1123.0	0.8
8 日	NW	0.4	1.3	23.7	26.5	20.8	638.4	1360.0	0
9 日	NW	0.5	1.5	23.8	26.5	21.4	548.9	1357.0	0.2
10 日	N	0.1	0.5	24.1	26.7	21.2	667.4	1354.0	1.4
11 日	NWN	0.3	1.0	24.6	27.2	22.7	565.4	1390.0	0
12 日	NW	0.7	2.8	23.6	25.5	21.2	644.2	1127.0	0.8
13 日	NWN	0.5	1.5	24.5	26.9	22.8	641.1	1486.0	0
14 日	NWN	-	-	24.2	27.5	21.1	565.5	1322.0	5.8
15 日	NWN	0.1	0.5	22.9	26.6	21.1	797.4	1648.0	4.8
16 日	NWN	0.1	0.2	23.8	26.7	21.4	849.7	1593.0	1.2
17 日	N	0.1	0.3	23.8	26.7	21.7	810.9	1613.0	0.2
18 日	N	0.2	1.1	23.9	26.6	21.7	927.6	1610.0	0
19 日	NWN	0.1	0.3	24.2	27.0	21.4	927.9	1609.0	0.4
20 日	NWN	0.3	2.7	24.6	27.4	22.4	798.9	1575.0	0
21 日	NNE	0.8	3.6	24.7	27.3	22.8	819.7	1491.0	0
22 日	NWN	-	-	25.0	28.2	22.6	860.0	1530.0	0
23 日	NWN	0.2	1.8	24.6	27.2	22.4	656.7	1232.0	2.6
24 日	N	3.6	8.6	22.9	24.2	21.9	349.0	659.3	1.8
25 日	N	2.7	4.8	23.4	25.8	21.7	648.6	1323.0	0
26 日	N	2.2	4.3	23.2	24.6	21.7	630.9	1031.0	0.6
27 日	N	3.0	6.5	24.1	26.6	22.2	966.3	1664.0	0
28 日	N	2.1	6.1	24.1	26.1	22.6	912.5	1780.0	0
29 日	N	5.4	9.8	24.3	26.5	22.5	917.2	1563.0	0
30 日	N	7.4	10.8	24.2	30.9	22.4	682.8	1036.0	0.2
31 日	N	3.9	8.7	23.2	25.1	22.1	679.0	783.0	4.4
累計									37.8
平均數		1.3	3.5	24.0	26.8	21.9	679.1	1351.2	

(資料來源：本研究)

附表 2-10. 南仁湖氣象站 2006 年 11 月每日平均氣象資料

日期	風向	風速( $\text{ms}^{-1}$ )		氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )			光量( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		雨量
		平均	最大	平均	最大	最小	平均	最大	
1 日	NWN	3.0	8.9	23.4	26.5	20.1	964.8	1244.0	3.4
2 日	NNE	6.1	8.9	21.2	22.3	20.1	676.1	990.0	1.4
3 日	NWN	2.4	6.2	21.1	22.4	18.7	642.7	984.0	1
4 日	NWN	0.6	1.5	22.2	23.7	20.8	652.1	835.0	0
5 日	N	1.5	3.4	22.7	24.9	21.0	709.4	1301.0	0
6 日	N	1.3	2.6	21.9	23.3	20.9	394.3	808.0	2.2
7 日	N	4.0	8.4	21.5	22.8	20.4	538.2	883.0	0
8 日	N	2.1	4.6	22.6	25.4	19.9	745.6	1270.0	0
9 日	N	3.9	4.5	23.6	26.5	21.1	612.5	1114.0	0
10 日	NWN	3.2	4.1	23.8	26.8	21.1	565.1	1060.0	0
11 日	N	5.6	8.7	23.5	26.8	20.9	665.2	1140.0	0
12 日	N	7.8	9.8	22.0	26.2	20.4	714.4	1241.0	0
13 日	N	4.3	6.9	23.4	29.4	20.4	369.0	572.5	0
14 日	NWN	3.8	7.5	25.5	35.3	19.0	362.7	1028.0	0.6
15 日	N	6.2	7.6	21.2	22.7	19.6	577.4	1010.0	0.2
16 日	NWN	2.8	5.3	22.8	26.1	20.9	703.3	1176.0	1.8
17 日	NWN	3.7	4.8	22.4	23.8	21.3	589.7	1264.0	4.6
18 日	N	1.7	3.9	24.2	28.0	21.8	789.7	1322.0	0
19 日	NWN	2.2	5.4	23.6	26.9	22.3	564.4	980.0	1.6
20 日	NWN	3.9	5.2	22.8	23.8	21.9	454.1	744.0	1.2
21 日	NWN	4.4	5.6	22.8	24.5	21.4	580.7	883.0	1.6
22 日	WSW	2.3	4.3	24.4	30.1	21.3	776.6	1246.0	7.6
23 日	NNE	2.9	5.2	23.9	26.3	21.6	665.8	1247.0	0
24 日	N	5.5	6.4	22.5	23.7	21.7	567.0	881.0	0
25 日	N	4.5	5.1	22.5	24.8	21.2		908.0	
26 日									
27 日									
28 日									
29 日									
30 日									
累計									27.2
平均數		3.6	5.8	22.9	25.7	20.8	620.0	1045.3	

(資料來源：本研究)

## 附錄三 南仁山管制站各月氣象資料

附錄 3-1. 南仁山管制站 2006 年 1 月每日平均氣象資料

日期	風向	風速( $\text{ms}^{-1}$ )		氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )			光量( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		雨量 (mm)
		平均	最大	平均	最大	最小	平均	最大	
1 日	SW	0.8	1.2	21.2	24.8	19.4	455	1011	1.0
2 日	WSW	0.7	1.1	19.1	21.2	18.0	186	670	0.2
3 日	WSW	0.7	1.2	19.0	21.7	16.8	313	677	0.0
4 日	NE	0.4	0.9	19.5	24.9	14.9	395	897	0.0
5 日	SE	0.9	1.5	18.0	20.8	16.6	260	265	2.4
6 日	SW	1.1	1.3	17.0	19.2	14.2	195	724	0.4
7 日	SW	1.1	1.4	14.6	15.9	13.7	139	449	0.0
8 日	WSW	0.9	1.4	16.6	18.4	14.5	239	565	0.0
9 日	SE	0.7	1.2	17.9	21.4	14.0	324	744	0.0
10 日	SW	1.3	1.5	19.6	21.4	18.1	307	709	0.0
11 日	WSW	0.9	1.3	19.5	21.5	18.5	249	647	12.4
12 日	SE	0.5	1.2	20.9	26.2	17.4	286	652	4.8
13 日	SW	0.7	1.2	21.7	26.4	16.3	504	1063	0.2
14 日	S	0.7	1.5	21.5	24.5	18.1	468	1015	0.0
15 日	SW	0.8	1.2	21.8	24.4	19.6	361	984	0.0
16 日	SSW	0.7	1.0	21.4	24.3	20.2	225	706	6.6
17 日	SW	0.8	1.4	21.8	23.4	21.0	232	696	0.4
18 日	SW	0.7	1.5	22.4	25.3	20.1	367	1022	0.0
19 日	SW	0.4	0.8	22.8	26.5	20.1	319	702	0.0
20 日	ESE	0.6	1.1	23.0	28.3	19.4	449	1000	0.4
21 日	WSW	0.7	1.1	20.0	22.2	17.6	233	613	0.4
22 日	SW	1.2	1.5	17.5	18.4	16.0	101	308	0.8
23 日	SW	1.5	1.8	18.2	20.5	15.8	368	946	0.0
24 日	WSW	1.6	2.0	18.8	20.4	16.7	324	889	0.4
25 日	WSW	1.2	1.3	20.3	21.8	18.6	291	767	0.0
26 日	WSW	1.2	1.5	20.3	22.9	18.9	438	1003	0.0
27 日	SW	1.0	1.2	18.8	19.9	17.7	155	339	0.4
28 日	WSW	0.9	1.1	18.4	19.2	17.3	120	259	5.8
29 日	SW	1.0	1.3	20.4	22.3	19.2	166	418	6.8
30 日	WSW	0.9	1.3	21.1	23.1	19.1	239	624	0.6
31 日	NE	0.5	1.2	21.2	27.4	16.0	466	1148	0.4
累計									44.4
平均		0.9	1.3	19.8	22.5	17.5	296	726	

(資料來源：本研究)

附錄 3-2. 南仁山管制站 2006 年 2 月每日平均氣象資料

日期	風向	風速( $\text{ms}^{-1}$ )		氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )			光量( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		雨量 (mm)
		平均	最大	平均	最大	最小	平均	最大	
1 日	SW	1.0	1.9	20.2	20.8	19.7	166	601	2.6
2 日	SW	0.9	1.4	20.0	23.3	17.1	507	1123	0.0
3 日	SW	0.9	1.5	19.5	23.9	17.0	396	1110	3.4
4 日	ESE	1.6	2.0	17.6	19.3	16.2	362	907	0.6
5 日	WSW	1.1	1.7	18.2	21.5	15.3	490	1157	0.6
6 日	SE	0.4	1.1	18.5	23.1	14.1	345	657	0.0
7 日	SW	1.1	1.8	19.0	21.3	16.8	222	617	2.8
8 日	SW	1.5	1.7	16.6	18.2	15.3	210	474	2.0
9 日	SW	1.1	1.5	16.6	19.3	14.9	324	861	8.8
10 日	SSE	0.3	1.1	17.7	21.7	14.3	366	941	0.2
11 日	SSE	0.4	1.0	19.3	25.4	15.5	454	1174	0.0
12 日	S	1.2	2.1	18.2	19.9	15.6	201	636	1.8
13 日	SW	1.2	1.5	20.3	22.8	18.2	352	988	0.0
14 日	WSW	0.6	1.6	21.5	24.6	18.5	368	871	3.2
15 日	S	0.5	1.1	23.8	26.5	22.1	247	599	0.0
16 日	NWN	1.2	2.9	25.0	28.1	22.2	548	1103	7.0
17 日	SSW	1.5	1.9	19.9	21.8	17.5	197	519	1.8
18 日	SW	1.3	1.7	20.4	22.9	17.9	465	1356	0.0
19 日	WSW	0.8	1.1	22.0	24.5	20.2	368	848	5.0
20 日	E	1.0	1.4	21.6	24.3	19.7	425	1032	3.8
21 日	SW	1.0	1.8	22.4	25.5	20.1	542	1233	0.0
22 日	S	0.9	1.4	23.1	25.4	21.9	294	961	0.2
23 日	WSW	1.4	1.7	21.4	22.9	20.5	341	967	0.0
24 日	SW	1.2	1.7	21.1	22.9	20.2	293	768	1.0
25 日	SW	0.5	1.5	22.1	24.6	19.1	447	1139	0.0
26 日	S	1.1	1.5	20.8	21.8	19.8	259	595	22.0
27 日	S	1.5	2.0	20.7	22.1	20.0	356	877	0.0
28 日	WSW	0.8	1.3	21.8	24.3	19.9	417	952	0.0
累計									66.8
平均		1.0	1.6	20.3	22.9	18.2	356	895	

(資料來源：本研究)

附錄 3-3. 南仁山管制站 2006 年 4 月每日平均氣象資料

日期	風向	風速( $\text{ms}^{-1}$ )		氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )			光量( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		雨量 (mm)
		平均	最大	平均	最大	最小	平均	最大	
1 日	SSE	0.6	1.0	23.3	25.9	19.6	224	539	0.8
2 日	NW	1.7	4.2	25.9	28.1	24.1	634	1206	1.4
3 日	S	0.7	1.2	25.7	29.0	23.7	534	1226	0.0
4 日	SE	0.8	2.7	26.1	29.6	22.6	612	1364	0.0
5 日	NW	2.5	4.2	26.2	28.9	24.3	712	1294	0.0
6 日	SE	1.0	3.2	24.8	29.0	21.4	580	1202	0.0
7 日	SW	0.6	0.8	21.7	23.0	20.0	171	501	1.0
8 日	S	0.8	1.4	23.3	26.4	20.1	528	1181	0.0
9 日	SW	0.7	1.1	25.0	27.3	22.5	365	897	0.6
10 日	NWN	2.2	4.5	26.8	29.4	24.8	448	1252	4.0
11 日	NW	2.9	4.1	27.0	28.1	26.2	371	702	0.0
12 日	N	2.1	4.0	27.1	29.2	23.4	698	1298	0.0
13 日	W	0.9	2.5	25.8	29.6	21.0	356	912	1.0
14 日	SW	0.6	0.9	23.0	25.1	20.7	346	718	0.2
15 日	SW	0.4	0.8	22.6	25.6	20.2	186	536	2.0
16 日	SSW	1.0	1.2	19.7	21.8	18.2	201	758	0.8
17 日	SSW	0.7	1.2	22.0	25.5	19.2	543	1186	0.0
18 日	SW	0.3	0.9	23.4	27.1	19.8	399	1119	0.0
19 日	SE	0.8	3.2	25.2	30.1	20.9	696	1290	0.0
20 日	SSW	0.8	1.3	23.8	25.4	22.5	306	543	0.2
21 日	SW	0.7	1.4	24.2	26.6	22.2	603	1270	0.0
22 日	NW	2.2	4.2	26.0	28.3	22.6	539	1003	4.0
23 日	N	1.3	3.7	26.8	29.7	24.7	396	1049	1.2
24 日	SSW	0.4	0.8	23.4	24.8	21.7	230	477	19.0
25 日	SE	0.5	1.1	23.7	27.0	20.7	590	1142	0.2
26 日	WNW	1.4	2.8	24.9	27.7	20.2	475	982	0.0
27 日	SW	0.3	0.8	23.5	27.6	21.2	306	703	1.0
28 日	ENE	0.5	1.3	22.8	24.1	21.4	186	456	2.2
29 日	ENE	1.3	2.6	25.9	29.2	23.1	585	1348	0.0
30 日	NWN	1.2	2.7	26.0	28.2	22.1	455	903	0.0
累計									39.6
平均		1.1	2.2	24.5	27.2	21.8	442	969	

(資料來源：本研究)

附錄 3-4. 南仁山管制站 2006 年 7 月每日平均氣象資料

日期	風向	風速( $\text{ms}^{-1}$ )		氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )			光量( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		雨量
		平均	最大	平均	最大	最小	平均	最大	
1 日	SW	0.4	1.0	26.9	28.7	24.5	356.6	882.0	2.2
2 日	NE	0.4	1.2	26.9	30.1	24.1	476.7	947.0	9.2
3 日	NE	0.6	1.4	27.9	30.7	25.0	606.8	1350.0	0.2
4 日	N	0.6	2.4	28.0	31.2	24.6	714.5	1334.0	1
5 日	SW	0.3	0.8	27.8	31.4	23.9	647.7	1234.0	3.8
6 日	S	0.5	0.9	28.5	31.4	26.1	588.9	1249.0	4.4
7 日	NE	0.8	2.3	28.6	31.3	25.3	596.1	1198.0	0
8 日	NE	0.6	1.2	29.1	32.2	25.8	776.4	1313.0	104
9 日	SE	0.3	0.8	28.0	31.8	24.0	787.7	1434.0	75.8
10 日	S	0.5	1.0	28.3	30.7	25.7	612.1	1292.0	0.8
11 日	SW	0.5	1.0	28.5	31.1	25.5	718.3	1151.0	1.6
12 日	SSE	0.6	2.7	26.8	28.9	24.6	189.5	362.7	0.2
13 日	N	7.1	11.5	-	-	-	207.2	430.3	239.2
14 日	NWN	4.0	6.1	26.9	29.6	24.9	20.1	34.3	
15 日									
16 日									
17 日									
18 日									
19 日									
20 日									
21 日									
22 日									
23 日									
24 日									
25 日									
26 日									
27 日									
28 日									
29 日									
30 日									
累計									442.4
平均數		1.23	2.46	7.03	32.66	-476.79	521.35	1015.09	

(資料來源：本研究)

附錄 3-5. 南仁山管制站 2006 年 9 月每日平均氣象資料

日期	風向	風速( $\text{ms}^{-1}$ )		氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )			光量( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		雨量
		平均	最大	平均	最大	最小	平均	最大	
1 日	NW	0.8	1.6	28.6	31.5	26.8	423.2	980.0	0
2 日	NE	0.6	2.3	27.9	31.1	25.2	548.8	954.0	0
3 日	NNE	0.9	2.1	28.4	31.1	25.3	563.0	1049.0	0
4 日	NNE	1.4	2.6	28.4	30.6	26.5	583.1	1160.0	0
5 日	N	2.0	3.4	28.6	30.7	26.7	620.3	1208.0	0
6 日	W	1.7	2.7	28.0	30.4	25.2	421.9	929.0	0
7 日	ENE	0.6	1.8	27.4	30.7	24.7	474.1	1007.0	0
8 日	NW	0.3	1.7	27.6	31.7	24.1	514.7	1058.0	0
9 日	W	0.4	1.0	27.3	30.8	24.7	396.7	1057.0	0
10 日	SSW	0.6	0.9	24.8	25.7	24.0	174.0	393.9	0.6
11 日	SW	0.5	0.9	24.6	25.7	24.0	108.5	512.1	1
12 日	SW	0.4	1.3	26.2	29.7	24.0	633.8	1272.0	0
13 日	NE	0.3	0.9	26.8	30.3	23.3	622.6	1254.0	0
14 日	ENE	0.3	1.0	26.0	30.0	23.1	473.0	1102.0	0.2
15 日	NE	1.0	4.5	26.8	30.7	23.2	503.2	1144.0	3.8
16 日	WNW	2.8	4.5	27.1	29.5	23.2	429.0	955.0	0
17 日	NE	0.4	1.0	24.5	28.8	21.8	463.8	1138.0	0
18 日	SW	0.5	0.7	23.4	25.2	21.6	224.7	520.0	0
19 日	WSW	0.6	1.0	24.6	27.1	22.9	509.5	1092.0	0
20 日	SW	0.4	0.7	24.4	26.1	23.2	257.4	609.1	0
21 日	NE	0.3	0.6	23.7	25.1	22.2	192.1	348.5	0
22 日	SW	0.6	1.0	24.6	27.5	22.5	481.6	1164.0	0
23 日	SW	0.7	1.0	24.2	26.8	22.6	309.8	797.0	0
24 日	SW	0.7	0.9	25.3	27.6	23.6	453.6	967.0	0
25 日	WSW	0.8	1.1	25.2	27.6	23.6	423.3	994.0	0
26 日	SW	0.5	0.9	23.9	27.2	22.2	371.7	1122.0	0
27 日	E	0.5	1.0	24.3	27.3	20.9	465.4	909.0	0
28 日	SSW	0.7	1.0	25.0	27.9	21.2	588.1	1181.0	0
29 日	SW	0.8	1.0	24.7	26.0	22.6	198.0	584.6	0.2
30 日	SW	0.6	1.0	25.5	28.1	24.0	383.5	1113.0	0
累計									5.8
平均數		0.8	1.5	25.9	28.6	23.6	427.1	952.5	

(資料來源：本研究)



附錄 3-6. 南仁山管制站 2006 年 10 月每日平均氣象資料

日期	風向	風速( $\text{ms}^{-1}$ )		氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )			光量( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		雨量
		平均	最大	平均	最大	最小	平均	最大	
1 日	SW	0.4	0.9	26.2	29.3	23.3	510.4	1153.0	0.6
2 日	SSW	0.6	1.1	26.5	29.3	23.0	387.4	1000.0	0
3 日	W	0.7	0.9	26.3	28.7	24.5	416.5	931.0	0
4 日	SSW	0.5	0.9	24.8	27.0	22.3	379.3	918.0	8.8
5 日	ENE	0.3	0.8	23.7	27.0	20.9	464.4	1141.0	0.6
6 日	NE	0.2	0.7	23.5	27.5	19.8	413.9	1068.0	0
7 日	NE	0.3	0.8	23.3	27.0	19.7	434.5	1039.0	0.2
8 日	SW	0.5	0.8	24.0	27.6	20.1	502.1	1089.0	0.2
9 日	WSW	0.5	1.0	24.6	27.9	21.2	475.8	1106.0	0
10 日	SSE	0.4	0.9	24.7	28.3	20.9	513.2	1136.0	0.6
11 日	SSW	0.4	1.0	25.1	28.9	21.3	438.2	1017.0	1.8
12 日	WSW	0.5	0.9	24.5	27.4	22.1	358.7	976.0	1.2
13 日	SW	0.6	0.9	25.3	27.9	22.8	395.1	831.0	5.6
14 日	S	0.3	0.7	24.9	27.9	22.0	414.2	864.0	7.4
15 日	SW	0.3	1.0	24.1	27.9	21.7	364.2	874.0	2.8
16 日	ENE	0.4	0.8	24.1	27.8	21.6	400.2	878.0	0.8
17 日	ENE	0.3	0.9	24.5	27.9	21.6	446.8	1047.0	0
18 日	SW	0.4	0.8	24.6	28.1	21.5	516.4	1101.0	0
19 日	SW	0.4	0.8	24.3	28.5	19.2	536.2	1105.0	0
20 日	SW	0.5	1.0	25.1	28.8	21.0	493.0	1102.0	0
21 日	SW	0.6	1.0	25.6	28.7	23.4	535.1	1146.0	0
22 日	SSE	0.3	0.8	24.8	29.1	21.8	524.3	1098.0	0
23 日	ENE	0.5	1.1	24.9	28.6	21.7	547.9	1227.0	2.6
24 日	SW	0.8	1.2	23.7	25.2	22.6	160.8	547.1	2.2
25 日	WSW	0.8	1.1	23.8	25.5	22.2	295.8	734.0	0
26 日	SW	0.9	1.1	24.2	26.0	23.1	338.1	819.0	0.6
27 日	SW	0.9	1.1	25.1	27.5	23.2	479.1	1033.0	0
28 日	SW	0.8	1.2	25.1	28.3	22.2	457.8	1046.0	0
29 日	SW	1.1	1.4	25.4	28.1	23.4	468.8	1026.0	0
30 日	ENE	1.1	1.4	24.4	25.5	23.9	158.7	496.2	0
31 日	WSW	0.5	1.0	23.5	24.5	22.6	58.5	154.5	3.6
累計									39.6
平均數		0.5	1.0	24.7	27.7	22.0	415.7	958.2	

(資料來源：本研究)

附錄 3-7. 南仁山管制站 2006 年 11 月每日平均氣象資料

日期	風向	風速( $\text{ms}^{-1}$ )		氣溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )			光量( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		雨量
		平均	最大	平均	最大	最小	平均	最大	
1 日	SW	0.52	0.75	23.02	24.55	20.95	175.1	497.9	3.8
2 日	SW	0.85	1.32	22.05	23.50	20.32	201.5	719.0	1
3 日	SW	0.70	1.04	22.09	23.64	20.05	180.9	522.7	0.4
4 日	WSW	0.44	0.68	23.32	24.88	22.06	238.3	476.9	0
5 日	SW	0.62	0.93	23.97	26.52	22.04	368.7	849.0	0
6 日	SSW	0.62	0.84	23.18	25.83	21.60	275.1	788.0	0.6
7 日	SW	0.98	1.29	22.84	24.81	21.48	363.7	911.0	0
8 日	SW	0.43	0.94	23.14	27.08	19.95	439.1	958.0	0
9 日	SW	0.42	0.86	23.82	27.46	19.75	440.5	1015.0	0
10 日	ENE	0.27	0.93	23.42	27.30	19.13	437.4	984.0	0
11 日	SE	0.64	1.22	23.04	27.38	18.85	384.5	900.0	0
12 日	SW	1.17	1.44	22.80	24.86	21.35	425.3	947.0	0
13 日	NE	0.48	0.95	22.49	24.67	20.76	271.3	640.4	0
14 日	SSE	0.39	0.83	22.70	27.28	19.93	308.3	961.0	2
15 日	SSW	0.65	1.02	22.45	25.07	19.94	302.1	871.0	0.2
16 日	NE	0.25	0.84	22.92	27.63	20.17	338.4	983.0	4.4
17 日	ENE	0.21	0.59	22.37	25.38	20.55	242.0	676.6	2.2
18 日	NE	0.14	0.70	24.17	29.10	20.12	360.1	1063.0	0.2
19 日	NE	0.18	0.82	24.07	28.22	20.99	264.7	879.0	0.2
20 日	SW	0.27	0.83	24.17	26.50	22.70	248.4	554.6	2.8
21 日	SW	0.43	0.69	24.41	27.29	22.04	364.0	856.0	1.6
22 日	ENE	0.40	1.27	25.02	31.25	21.92	424.4	927.0	13.8
23 日	ENE	0.32	0.88	23.78	27.99	19.38	388.1	967.0	0
24 日	WSW	0.62	0.85	24.13	25.90	22.90	299.7	793.0	0
25 日	SW	0.30	1.07	24.21	27.41	21.67	403.5	983.0	0
26 日	SW	0.16	0.70	24.03	27.40	21.28	267.7	606.7	0.4
27 日	SW	0.42	0.79	24.62	28.52	20.32	5910.3	983.0	0.4
28 日									
29 日	NE	0.48	0.90	23.43	27.02	20.72	5133.0	884.0	0.4
30 日	WSW	0.57	1.07	22.69	25.13	19.76	2632.4	615.3	0
累計									34.4
平均數		0.48	0.93	23.39	26.54	20.78	761.7	821.1	

(資料來源：本研究)



## 附錄四 墾丁國家公園管理處委託研究計畫評審委員會

### 會議紀錄（服務計畫書評選）

一、計畫名稱：南仁山森林更新動態、物候及氣象之長期監測  
（二）

二、參選單位：

三、計畫主持人：

四、時間：中華民國九十五年二月二十日下午二時

五、地點：墾丁國家公園管理處大型會議室

六、事由：服務計畫書評選

七、會議主持人： 記錄：吳宗祐

八、出（列）席單位人員：

國立中興大學：

國立嘉義大學：

屏科大：

本處出席委員：

本處相關人員：

九、主席致詞：(略)

十、計畫主持人報告：(略)

十一、討論：

**國立中興大學：王助理教授升陽：**

1. 本研究計畫案，建議應作長期性之監測調查，國科會補助經費已停止，希望墾管處能持續支持，期能達到建立完整基礎資料。
2. 本案建議以衛星定位標示樣區座標。

**國立嘉義大學：陳副教授瑞祥：**

1. 小苗的出生、死亡，是否記錄樹種。
2. 現有成果郭老師已持續研究多年，本案工作並不受注目，卻須有相當人力投入，成果展現供一般社會大眾，長期累積下來資料，是否以南仁山為主，生態變化狀況。作成生態影片。
3. 墾管處第二年作此長期監測計畫，建立長期基礎資料，建立本區特有生態系知識提供將來永續利用。

**本處林委員文敏：**

1. 本研究結果希望能以出版解說手冊呈現。
2. 外來種入侵砍除時，應以引導方式進行，避免其他物種被消滅。

**本處陳委員玄武：**

1. 委外計畫如係延續性（如3或5年），建議以一次審查委外，第2、第3年等免審查，簡化流程。
2. 光補償點及暗忽吸率係今年新增項目，如何施作，目的。
3. 是否有地上木調查？是否考慮種子發芽試驗等與更新有密切關係部分？

**計畫報告人：郭教授耀綸綜合回應：**

- 一、非常樂意提供稿件或幻燈片配合文字介紹，由墾管處製作，供民眾認識、使用。
- 二、本區路況去年颱風影響損害嚴重及解說牌示應更新、增加（可提供軟體、基本資料）。
- 三、苗木植株高度、葉數有記錄；可指定特有原生樹種單株葉片生長葉齡調查是可行。死亡原因調查將列入表格。地上木調查須有對植物樹種鑑定高手才能符合效益。
- 四、測定各樹苗的暗呼吸率及光合作用光補償點，藉此了解各樹苗的碳收支情形，由此解釋苗木存活、死亡及生長率生理機制（通常耐陰能力強的植物有較低的暗呼吸率及較低的光補償點）。
- 五、種子發芽試驗須有種子兩配合才能作，有相當困難度。**
- 六、樣區範圍可以 GPS 定位，小樣區選擇已選定，透空度須要足夠，才能接受衛星訊號。（GPS 可向學校借得）。
- 七、台灣八角正值開花期；可選擇代表樹種基本生理條件，本人基本訓練是作生態生理研究發表文章，選定樹種，種子發芽後以不同遮蔭，檢測其耐陰性及光合作用不同改變。
- 八、台灣有 587 種原生樹種，南仁山有 200 多種。物候調查：調查樹種共 20 種，調查項目：觀查落葉、抽芽、展葉、開花、結果、果熟等重要項目之開始及持續時間，每種觀察至少 5 個植株。
- 九、颱風過後，大樹傾倒，孔隙更新，研究個案中呈現由期初 300 種植物，經過 30 個月後如何改變；如有機會作成記錄片，透過文字描述，作成記錄，將是動人的故事之一。

十、外來入侵種要砍除絕跡（銀合歡、小花蔓澤蘭）是相當困難，只要有空隙、陽光，成長相當快。建議須有持續三年砍除。

**保育研究課許課長書國：**

1. 道路損害部分已請教南仁山站主任：因去年預算不足，今年將進行施工改善。
2. 香蕉灣生態保護區內銀合歡本將於 94 年度砍除，因林試所王主任於原試驗區案有追蹤業務，因此留待今年施作。
3. 本案已列入長期計畫工作項目（96 年度已完成審議），希望資料能長期收集不致中斷。

**十二、結 論：主席裁示：**

GPS 本處可提供借出。本處將持續編列預算，延續長期監測成效。本案之研究計畫書評審分數平均為 88 分，符合標準，合格。

**十三、散 會：中華民國九十五年二月二十日下午四時**

附錄五. 墾丁國家公園管理處委託研究計畫評審委員會  
會議紀錄（期中簡報）

一、計畫名稱：95 年度南仁山森林更新動態、物候及氣象之長期監測委託研究計畫（二）

二、時間：中華民國九十五年六月二十六日下午十五時整

三、地點：本處大型會議室

四、事由：南仁山森林更新動態、物候及氣象之長期監測（二）期中審查會

五、會議主持人：李副處長登志代理 記錄：吳宗祐

六、出（列）席單位人員：【如出席名單】

國立中興大學：王升陽

國立嘉義大學：陳瑞祥

國立屏東科技大學：郭耀綸

本處：林文敏 許書國 陳文明 蔡乙榮 謝桂禎

七、主席致詞：略



## 八、討 論：略

國立屏東科技大學：郭耀綸老師綜合回應：

1. 所有樹種樣本數皆不同，可從變異數來判斷，期末報告時將作詳細統計資料呈報出來。
2. 陽性樹種只要有孔隙就會長出來，依推論是早就在那（土壤種子），土壤中有何種子組成，只有取樣帶回土壤加以分析。
3. 樹種組成、密度，依福山研究區面積：25 公頃大樹 150 種；南仁山研究區面積：0.1450 公頃，樹種有 72 種；比較現地 2 公頃迎風及逆風坡，1999 年（謝老師學生調查）已調查過的樣區，因為微地形變化樹種組成完全不同（2 公頃 4000 棵及 15000 多棵），密度差距 3-4 倍，南仁山是植群研究非常好的地方。生態學理論：逆境下，各物種自顧不暇（沒有一棵樹長的很大），就無法發展樹冠（即共貧現象）土壤肥沃處樹（物）種反而少（成反比）。此區冬天風及風帶來的傷害、低溫，卻發展出迎風坡典型溫帶樹種，背風坡傳統熱帶樹種，在這短短的距離下有這樣的分布，是植物生態學家的天堂。全球溫度暖化，坡面溫帶樹種將被趕走（50-100 年）。
4. 恆春石斑木：高約 3 公尺，樣區內棵數不少，作生理測定時：發現如生長在暗處，葉小，在強光下，葉大且厚，無論形態可塑性或生理可塑性是我很有興趣的樹種。屬落葉樹種，接近陽性樹種的感覺，但又能在森林底下生長、自然更新，符合耐陰樹種之定義。可塑性是我非常好奇的。
5. 台灣八角：謝長富老師實驗室定為廣汎分佈種，迎風坡有，背風坡也有同一樹種，屬於普遍種，生長記錄的表現是值得研究；從生理上去解釋，是非常大挑戰；由迎

風坡及背風坡的成長表現作一比較。是好的博士論文題目。

6. 台灣稀有種植物可以進行境外繁殖。  
屏科大葉慶龍老師開課：『台灣原生樹種永續利用』課程介紹物種特性、如何繁殖、撫育，將特有珍貴資源及如何維護台灣生物多樣性永續利用。木本植物無性繁殖突破技術已無困難。
7. 海棠颱風過後，影響甚劇，陽性樹種增加，在小樣區內（0.5\*2 m）雖只增加 5 種，但 3、5 年後，大環境下整個森林是相當可觀的（樹種會改變），野牡丹已非常多，目前沙勒竹已覆蓋整個山頂步道。沙勒竹以前是往上直長，現在是往橫向生長。
8. 湖畔山丘，透空度大已被大量原生之芒萁、野牡丹等樹種繁生。
9. 本案調查樣區：樹種多，植株密度高，樹木小，以個人多年南仁山研究經驗，肯定是原生種區，未被人為干擾；可比較 1.4K 相思樹林是被干擾過，相思樹長大後已有其他樹種進入產生次生林。
10. 耐陰性與陽性植物之認定分界點是人為界定，無法明確區分，但不能在森林底下生長、天然更新苗者，即是陽性樹種。
11. 關於種植南仁山樹苗，因天然條件差異性大，必須先以陽性樹種營造陰涼環境後再移植；建議以墾丁、大平頂、社頂地理環境氣候溫、濕度較相似之樹種為宜。關山 BOT 案造林樹種，可請專家作諮詢、顧問。

九、結 論：同意審查通過

十、散 會：中華民國九十五年六月二十六日下午  
十七時分

## 附錄六 墾丁國家公園管理處委託研究計畫評審委員會

### 會議紀錄（期末簡報）

一、計畫名稱：95年度南仁山森林更新動態、物候及氣象之長期  
監測委託研究計畫（二）。

二、時間：中華民國九十五年十一月二十七日下午二時整。

三、地點：墾丁國家公園管理處大型會議室。

四、事由：95年度南仁山森林更新動態、物候及氣象之長期  
監測計畫(二)期末審查會。

五、會議主持人：李副處長登志代 記錄：吳宗祐

六、出席（列）席單位人員：

營 建 署：

國立中興大學：王 升 陽

國立嘉義大學：陳 瑞 祥

國立屏東科技大學：郭 耀 綸

本 處：林欽旭 曾添丁

蔡乙榮 馬協群

謝桂禎 蔡豐富

郭暉嫩

七、主席致詞：略

#### 八、討 論：郭老師綜合回應各與會委員及同仁意見：

1. 本研究目標：瞭解南仁山迎風坡森林樹苗出生、死亡及生長之更新動態。並觀察冠層樹種之物候及監測苗木生理活動，來解釋苗木出生、死亡機制。本研究可提供南仁山森林在自然狀況下受干擾後，在森林更新上的反應，可增進我們對該森林在生態系功能方面的瞭解。
2. 小苗更新動態調查：設立 45 個  $0.5 \times 2.0$  m 的樣區，樣區內所有已發生之小苗均鑑定樹種，標定編號掛牌，並量測苗高，每月定期記錄存活及死亡植株，若有新生小苗則鑑定樹種後編號掛牌。
3. 小苗組成與豐量 (2006 年 8 月)：北側森林 21 個樣區有 58 種，649 株小苗，南側森林 24 個樣區有 57 種，702 株小苗，合計有 69 種，平均每  $m^2$  有 14 種，30 株，以台灣八角、日本賽衛矛、恆春石斑木及九節木豐量最高，有 8 種之株數僅 1 株。
4. 小苗動態變化，2006 年新生小苗以 2-3 月較多；小苗死亡以 8 月最多，可能與 7 月豪雨沖刷有關。研究區小苗一年間的苗高生長很低，反應環境資源受限；颱風後林下光量增加，可促進苗木生長。台灣八角、恆春石斑木、日本賽衛矛、九節木、細脈赤楠等 5 種新生苗數量較多，反應其森林組成密度會較高。然而前面四種都不是南仁山迎風坡森林樹冠上層主要樹種。台灣原生樹種有 588 種，只有少數樹種的生理耐性程度曾被研究。南仁山森林具有許多台灣特有樹種，值得深入探討其生態生理學性狀。了解各樹種天然更新苗的生理耐性程度，有助於我們經營天然林。林下天然更新苗對改變的光量如何反應，會影響其更新成

功的機會。在形態或生理上對改變的光環境具有較高可塑性的樹苗，更新成功的機會可能較大。

5. 研究目的：比較南仁山森林 30 種不同耐陰性天然更新苗的光合作用光補償點及暗呼吸率的差異。探討同一種樹苗生長在不同光環境的植株，其光合作用性狀及葉部形態可塑性的程度。檢驗『非耐陰種樹苗生理可塑性高於耐陰樹苗』的假說：迎風坡森林 30 種更新苗的光合作用光補償點、暗呼吸率之測定(1/2)選取 24 種耐陰樹種與 6 種非耐陰樹種，共計 30 種，每種各 3 株供試驗用。測定各樹苗的暗呼吸率及光合作用光補償點（LCD），藉此了解各樹苗的碳收支情形，由此解釋苗木存活、死亡及生長率的生理機制。
6. 生長在弱光環境的四種耐陰樹苗，有很低的暗呼吸率、光補償點及光飽和點，但生長在強光下植株，上述光合作用性狀可有大幅度的提升，生理可塑性很高。非耐陰種白柏與白匏仔的光合作用性狀對光量的可塑性較耐陰樹苗低，但生長在強光的非耐陰種樹苗具有較高的光飽和光合作用率。
7. 6 種樹苗中以恆春石斑木的生理可塑性最高，大頭茶的葉部形態可塑性最高，白匏仔此兩方面的可塑性均最低。本研究結果不支持「非耐陰種樹苗光合作用性狀方面的生理可塑性，高於耐陰樹苗」的假說。
8. 南仁山氣象站今年維修經費約 10 幾萬元，本研究計畫案今年度未編列設備費，全數由研究計畫單位自行吸收。（因氣象站零件故障及電力維修問題，故本處南仁山氣象資料已多年未接收）。
9. 可塑性(plasticity)是指同一基因型的植物因環境條件改變，而在表現型上所能改變的程度。影響植物環境變化要素（光+二氧化碳+水份）剎那間接受強光之變化影響可塑性在新

長出之新葉上，接受強陽光後，靠新葉子作光合作用，可塑性通常表現在新葉上面；【陽葉】：接受強光二個月後長出之葉子稱陽葉。光環境改變老葉可塑性不高，但有例外：澳洲雨林有深入研究記錄：姑婆芋只靠老葉子作光合作用，因 PUP、酵素受到光的誘導，同部提高酵素濃度；可塑性表現在新長出的葉子上面，即行態上、生理上同步的改變。

10. 2003 年杜鵑颱風至 2005 年海棠颱風過後，南仁山森林樹冠開了，資源增加林下光強度增加，讓更新苗有機會活較久、長高了、長大了，如將各年度紀錄放在一起，可看出關連性，可資印證環境確實在改變。可塑性：光資源增加，豐量族群數量競爭；恆春石斑木是落葉樹種，台灣八角可塑性低，當光照度達 100 (LUX) 時，族群量，競爭差別，將有待觀察。
11. (本處計畫案，每年編列概算，受限於年度預算一制度，待立法院審查過關後，方能執行，連續編列之研究案經費，並無特別保障)。仍感謝王老師對本計畫之肯定，現在還是使用過去調查方式，更希望現與實驗室能結合，這是本人非常喜歡的工作；只要找對題目，可嘗試找幾個豐度較高物種，針對二氧化碳濃度提升問題，分析對植物存活貢獻到底多大？增加光能量來源，鬱蔽度高，對小苗生長，找當地代表性物種作研究，將會是非常值得探討。另外來入侵蚯蚓之發現，經比對總共挖掘 60 處，有 48 處已發現，將驗證對 CO<sub>2</sub> 釋放有多少貢獻。

九、結 論：

- (一) 本計畫報告原則同意通過，唯請郭老師依據各位委員建議、提示，更正後依據合約規定檢送相關資料送本處，以利結案。
- (二) 本案研究報告應附錄：期初審議、期中簡報會議記錄及期末簡報會議記錄，並配合內政部規定各表單格式修正後付印。

散 會：中華民國九十五年十一月二十七日下午 16 時 20 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.