

計畫名稱：湖山水庫及鄰近地區棲地復育及改善方法試驗研究

英文名稱：Experimental habitat restoration and improvement of a lowland forest ecosystem in the Hushan Reservoir Area

計畫編號：150

全程計畫期間：2008 年1 月1 日至 2013 年12 月31 日

本年計畫期間：2010 年1 月1 日至 2010 年12 月31 日

計畫主持人：林瑞興

研究人員：林宗岐（彰化師範大學生物學系）、簡錕榮、鐘雨岑、宋心怡、吳建龍、鄭蕙如

一、摘要

本計畫欲藉由實地調查及試驗操作，探討湖山水庫周邊的森林演替模式，尋找符合森林動態及經濟成本的森林復育策略，以提供未來森林生態系統復育規劃之參考。本計畫工作內容包括：(1) 分析研究地區植物群落現況及推估其演替模式；(2) 調查廢棄麻竹林的自然更新狀況，瞭解影響其演替方向的環境因子；(3) 藉由實際操作，主動移除麻竹林及補植原生樹種，瞭解復育過程可能遭遇的困難及監測苗木生長狀況；(4) 建立指標系統。本(2010)年度延續前兩年調查結果，於湖山水庫北側的「自然生態保留及復育區」以及林務局阿里山事業區第 61-73 林班地進行各項調查與試驗。

斗六丘陵之植群演替最終期應為榕楠林帶，而斗六丘陵之廢棄竹林植群現況，尚處於演替初期與中期。典型對應分析(CCA)顯示目前廢棄竹林演替植群可分為咬人狗-菲律賓榕型，無患子-白匏子型兩型，其分型與地形位置(上稜、中稜或溪谷)及人為干擾程度最為相關，未來進行復育策略選擇時，應依據上述兩項特性進行適地適性之調整。主動移除麻竹林及補植原生樹種試驗中，苗木於伐竹樣區地徑與高度成長最快，且原生種源之萌發狀況良好，但伐竹樣區苗木存活率最低且維護成本高，未來進行森林復育時，可依照經費與目的進行復育方案調整，並依據不同苗木種類之存活狀況選擇樹種。監測指標顯示伐竹處理會影響樣區中的生物組成，但森林生態系之功能是否能順利回復，尚須更多年份之監測。

Abstract

The ongoing construction of the Hushan Reservoir dam in central-western Taiwan will inevitably result in the loss of wildlife habitats. In order to mitigate negative effects, suggested measures are to minimize habitat destruction and to restore

forest ecosystems in adjacent areas. The purpose of this study proposes possible restoration strategies considering current habitat status, forest dynamics and economic costs. To gather the relevant information, we firstly developed the potential succession stages in the study area. Secondly, we surveyed Ma Bamboo (*Dendrocalamus latiflorus*) plantations which have been abandoned for some time to evaluate the levels of ecological recovery. We also evaluated the effects and costs of felling Ma Bamboo and planting native saplings to accelerating the recovery. Finally, we developed ecological indicators to understand how wildlife communities respond to different restoration actions.

The Ficus-Machilus forest habitat is believed to be the climax vegetation of the study area. We found that the abandoned bamboo plantations are now in the early phase of succession. Canonical Correspondence Analysis (CCA) classified the abandoned bamboo plantations into two types: the *Dendrocnide meyeniana* - *Ficus ampelas* type and the *Sapindus mukorossii* - *Mallotus paniculatus* type. The vegetation types are known to be influenced by terrain and human activities. These factors should be taken into consideration when determining restoration strategies. After removing bamboo and planting tree seedlings, we observed that the growth rate of seedlings in the clear-cut area was the highest but their survival rate was the lowest, possibly due to the lack of shade. The cost of maintaining the seedlings in the clear-cut areas was high. Therefore, we suggest that the restoration plan should be adjusted given its budget and the aim of restoration. The ecological indicators revealed that human activities, mainly bamboo cutting, have a detectable impact on the species composition. Finally, only long-term monitoring will be able to determine whether the original climax forest ecosystem can be restored.

關鍵詞：復育策略、自然恢復、森林生態系復育

二、計畫目的

生態系統退化將會對人類生活造成負面影響，生態復育即為啟動生態系統恢復，使該系統回復良好的穩定性及生態系服務功能（Rapport *et al.* 1998; Clewell 2004; Cairns 1990; Henry and Amoros 1995）。湖山水庫工程計畫用地位於雲林縣斗六市東側丘陵地，面積約400ha，該用地範圍已知為臺灣西部低海拔具有高度生物多樣性的地點之一，且為保育鳥類八色鳥（*Pitta nympha*）的重要分布地，

水庫開發必然對當地生態造成負面影響。

為因應水庫開發造成的生態損失與負面影響，衍生有湖山水庫工程計畫生態保育措施的擬定與施行（經濟部水利署中區水資源局 2005），「湖山水庫工程計畫生態保育措施」中「森林生態系統」的主要研究方向即為在水庫須興建的前提下，如何透過生物多樣性補償（biodiversity offset）來降低水庫興建對森林生態系的負面效應（ten Kate *et al.* 2004）。雲林低海拔丘陵地區的植被類型為低地常綠闊葉林（lowland evergreen broadleaved forest）（劉 2003），原生樹種主要為榕屬及楠木類植物之榕楠林帶（Su 1984）。因此，湖山水庫森林生態系復育計畫初步以「森林生態系」整體為復育的主體。在瞭解當地演替過程及控制因子後，以增加原生低海拔闊葉樹林的覆蓋面積作為復育森林生態系的主要方式，期望能增加森林性物種所需的核地面積，並減少該類物種在不同棲地區塊間移動的障礙。

斗六丘陵今多為栽種麻竹（*Dendrocalamus latiflorus*）為經濟作物（呂等 1997），部分早年耕作的麻竹林，因為地處偏僻而遭廢棄（楊 2008）。但麻竹生長快速、能長久佔據生育地、具有毒性、落葉量多、引發底層煤煙病等諸多效應，影響底層苗木萌發與生長（Chou and Hou 1981; Griscom *et al.* 2007; 張及范 1989; Nelson 2008）。在生態系中，只有當竹子開花結束生活史之後，底層的植被才能開始由先驅樹種開始演替（Griscom and Ashton 2003）。斗六丘陵除因湖山水庫興建的壓力外，也面臨棲地退化壓力。本試驗計畫目的之一，即欲嘗試以人力處理代替自然的過程，經由主動伐除麻竹以及種植原生苗木的過程，來加速闊葉林演替，並評估復育過程所須之成本及成效。

森林生態的復育是相當艱難且長期的工作，復育過程中，應建立監測指標展現復育成效，同時對阻礙因子進行提前預警，除了生態系各面向之外，也應包含社會經濟之指標，以供未來決策時進行考量（Lawton *et al.* 1998; Vallauri *et al.* 2002）。優良的指標要能反映環境狀況，且與復育的目的或決策項目有關（Dale and Beyeler 2001）。依照美國環境保護署訂立的指標選擇的指導方針（Jackson *et al.* 2000），在選定指標後應建立標準的作業程序以減低誤差，以利進行長期監測。

本計畫於 2008 及 2009 之調查已有初步成果。2008 年建立演替模式評定各樹種的演替分數，2009 年利用演替級分之計算復育區中 24 個樣區的演替分數，顯示該區域喬木層多落在演替初期至中期（圖 1）。麻竹占有較大之比例，顯示湖山水庫及鄰近地區多處在早期植物社會之競爭階段。此外，2009 年於試驗區

完成累計降低 20%竹林覆蓋度之試驗操作，並種植原生苗木，苗木存活率以伐竹樣區最低，但伐竹樣區樹苗的地徑最粗、高度最高。苗木存活率以闊葉林最高，但生長量最小。另於 2009 年建立 13 項復育指標架構，定期進行監測，以期能評估成效。

本計畫欲藉由實地調查及試驗操作，探討湖山水庫周邊的森林演替模式，欲尋找符合森林動態及經濟成本的森林復原策略，以提供未來森林生態系統復育規劃之參考。工作內容包括：(1) 分析研究地區植物群落現況及推估其演替模式；(2) 調查廢棄麻竹林的自然更新狀況，瞭解影響其演替方向的環境因子；(3) 藉由實際操作，主動移除麻竹林及補植原生樹種，瞭解復育過程可能遭遇的困難並監測苗木生長狀況；(4) 建立指標系統及標準監測方法，持續進行監測。

三、重要工作項目及實施方法

(一) 研究地區

本計畫執行地點為雲林縣林內鄉及斗六市東側丘陵地，主要屬林務局阿里山事業區第 61 至 73 林班（圖 2）。整體研究區北以濁水溪與彰化縣二水鎮相鄰，東邊則以清水溪與南投縣竹山鎮接壤。區域內最高點位於斗六市南側與古坑鄉、竹山鎮交界的木瓜潭山（海拔高度 519m），區內海拔高度多在 300m 以下。稜線西側為北港溪上游集水區，主要由砂岩、頁岩及礫岩所組成，溪流上游近山稜處形成許多邊坡陡峭的侵蝕山溝（林及周 1974）。研究區為臺灣重要野鳥棲地之一（中華民國野鳥學會 2001），另林務局於 2008 年已將 61-70 林班公告為「雲林湖本八色鳥野生動物重要棲息環境」。主動更新之試驗範圍則為於湖山水庫北側「自然生態保留區與復育區」（舊稱培厚區 A，以下簡稱復育區）中。

本計畫主要的調查樣區依其各自試驗目的、所在位置及層級區分為(1)廢棄麻竹林樣區，(2)位於復育區內的試驗樣區，及(3)位於試驗樣區內的植物永久樣區等三種樣區。廢棄麻竹林樣區位於 61 至 73 林班地，沿既有道路、農路、林徑及溪谷河床尋找具有低度農耕活動的廢棄麻竹林，已選取 34 個竹林與闊葉林混合且有不同人為干擾程度之森林進行取樣，各樣區距離約 100-500m（圖 3）。試驗樣區位於湖山水庫北側的復育區，於 2008 年已設置 8 個 1ha（編號為 No.1、No.4 - No.10）、1 個 1ha 檳榔園及 1 個 0.25ha（編號為 No.3）的試驗樣區（圖 4）。植物永久樣區則有 24 個，每個試驗樣區內各設置 3 個，每個面積為 250m²。

(二) 植群調查

1. 廢棄麻竹林樣區

本研究植群調查採用多樣區法 (multiple plot method)，樣區大小為 $10 \times 25 \text{ m}^2$ ，每一樣區由10個 $5 \times 5 \text{ m}$ 的方形小區所組成，調查時將植物區分為喬木層及地被層。而於樣區內量測胸高直徑 (D130) $\geq 1 \text{ cm}$ 之木本植物，列入喬木層，記錄樹種名稱與胸徑。其他胸高直徑小於 1 cm 之樹種及草本植物等皆列為地被層，並評估其覆蓋度。另外，在每個 $10 \times 25 \text{ m}^2$ 的樣區內，選擇兩個 $5 \times 5 \text{ m}^2$ 的樣區進行DBH未滿 1 cm 之木本苗木數量調查，以瞭解不同干擾程度及地形之麻竹林下，小苗的數量及組成。對於爾後森林復育之樹種選擇，能有更多的資訊可供參考。喬木層調查所得之植群數據，依物種計算其密度、頻度、優勢度後，再將結果轉換為相對百分率，各百分率加總即為重要值指數 (important value index, IVI) (劉及蘇 2000)，再製作物種原始矩陣供分析使用。維管束植物之學名則依據Flora of Taiwan Vol. 6 (Editorial Committee of the Flora of Taiwan 2003)。未來希望能由環境因子得知特定地區的演替的速度及方向，因此另外記錄樣區環境因子如下：

- (1) 海拔高度：海拔高為高層次之環境因子，其可能會造成氣候上的改變，為一直接影響因子，可作為局部氣溫之評估值。而其量測則利用 Garmin 60CSx 攜帶式衛星定位儀其內建氣壓式高度計直接量測。
- (2) 坡度：坡度指生育地地面之傾斜度，生育地之坡度控制了太陽的入射角，而影響到太陽之輻射強度及局部氣候，所以坡度常與其他因子合併考慮，以評估局部氣候因子 (蘇 1987)。其量測方式則於生育地上利用傾斜儀直接量測數次，而取其平均，記錄讀數。
- (3) 坡向：方位係指樣區或生育地最大坡度所面臨的方向，此方向即與等高線垂直之線所指的方向。
- (4) 水分梯度：方位角的不同會對溫度、日照、濕度與土壤水分造成差異，故將其角度轉化成效應之相對值，利用 Day and Monk (1974) 的水分相對指標值，其將一圓周切分為 16 等級，而給予乾與濕區分。東北向最陰濕(16)，西南向最乾燥(1)，而給予 1-16 之相對值。
- (5) 干擾程度：以近幾年有無挖筍之痕跡、有無促進竹林生長之砍竹疏伐痕跡、是否對竹林下植被進行清理以及竹叢中是否有老死之竹桿等，進行人為干擾程度評估，將樣區分為三個干擾級，竹林有挖筍、砍竹及地被清除者是為干擾最嚴重的第 1 級，僅有前述一到兩種干擾者視為第 2 級，無人

為干擾而僅剩大量枯竹的竹林環境則視為第3級。

- (6) 地形位置：以樣區所在坡面為描述基準，將地形位置分為 1（稜線）、2（上坡）、3（中坡）、4（下坡近溪谷）四種代表值。

植群分析部分則利用植群分析軟體PC-ORD 4.0版，先以雙向指標種分析（TWINSpan）將異質性高的植物社會切分成較為等質的林型（vegetation types），再配合降趨對應分析（Detrended correspondence analysis, DCA），找出較為集中的相似樣區，及差異較大而互相遠離之樣區，得到各樣區在主要變異梯度軸上的相對應位置。最後再以典型對應分析（Canonical correspondence analysis, CCA），找出主要影響植群分布的環境因子。

2. 植物永久樣區

目前試驗樣區的3種試驗處理方式為：第1、6、7樣區為降低麻竹密度並補植原生樹種（B-T+），第3、4、9、10樣區為不降低麻竹密度但補植原生闊葉樹種（B0T+）及第5、8樣區為不做處理的控制組（B0T0）。植物永久樣區的調查方法同「廢棄麻竹林樣區」，共設置24個固定樣區，樣區內喬木層每株予以掛牌並進行編號。喬木層調查頻度每3年1次，地被層草本植物出現因季節而異，調查頻度為每年春季調查1次，用以監測不同試驗處理下物種變化與植群演替情形。

(三) 演替推估

依據近年於斗六丘陵及鄰近的八卦山區進行的植群研究所得之演替趨勢圖為背景（陳 2007；楊 2008），評估植群調查樣區所處之演替時期，藉以在未來瞭解復育處理是否能有效促進復育區之演替速度，及預期植群演替之方向。演替分數（successional index）為評估演替階段常用的方法之一，以樣區中耐陰性樹種的優勢度，探討植群的演替進程（Peterson *et al.* 2004）。關於個別植物物種所屬的演替階段，依照過去植群調查資料所得之演替趨勢圖，利用當地植群資料進行演替等級分配，建立適用於研究區域內之各植物物種演替分數。各分數等級分別以1分代表演替初期，5分代表演替中前期，10分代表演替中後期，及15分代表演替後期。各樣區的演替級分，再由樣區內植物組成推算而得。若一樣區級分愈高則表示該樣區之植物組成以演替後期普遍出現之物種為主。

評估永久樣區所屬的演替現況時，以喬木層進行演替級分的計算。其過程為先統計喬木層每種植物之株數、豐富度。當得知一樣區中各物種之豐富度值，即可計算其演替分數，所得演替分數將會落於所訂定之 1-15 級分範圍中，以表現

各層次原生樹種和植栽苗木下之潛勢演替過程。其公式如下：

$$\text{演替分數} = \frac{\sum (\text{物種豐富度} \times \text{級分})}{\sum \text{物種豐富度}}$$

(四) 主動更新試驗

1. 伐竹

本研究則欲利用人工伐除麻竹方式，降低麻竹林覆蓋面積，來瞭解麻竹林對森林演替的影響。比較人工主動移除與麻竹林天然更新之差異，並評估其效果與成本效益。伐竹樣區於試驗年度乾季時期（2008年10月至2009年2月及10至12月）實施麻竹伐除，此時期多數植物生長減緩或停止，地被層草本植物多為乾枯，於此時期進行麻竹伐除作業可降低對周邊植物的傷害，並可減少對原生育地內其他生物之干擾。麻竹移除的覆蓋面積，現場以皮尺實地測量而得。伐除作業時採用電鋸伐倒，並進行枝條及分節後移置適當區域的方式處理，以減少對其他苗木的影響，並加速麻竹枝葉的分解。詳細砍竹處理的步驟及成本如附錄1。

2. 種樹

此處理欲藉由種樹來改善森林演替，並評估其成效與成本。在復育初期，種植苗木時即記錄種植的數量。本計畫於2008年2月至5月進行湖山水庫及鄰近地區原生天然下種苗木之收集，採集所得苗木先移植於設置在林內鄉湖本村當地果園農地內的臨時苗圃，之後再將植株優良健壯之苗木作為試驗用之植栽。栽植原生苗木之步驟與成本請參考附錄1。

3. 麻竹對苗木影響之試驗

竹類可能會影響森林的更新或林木的生長（Griscom and Ashton 2003），但臺灣仍缺乏相關研究文獻。本研究分別於湖山水庫周邊地區闊葉林環境、麻竹林環境及伐竹開闊環境栽種試驗苗木，藉由量測苗木生長量變化差異情形，期望能了解麻竹對於原生林木發育的影響。闊葉林環境則設置於麻竹潛在影響範圍外之闊葉林下，麻竹林環境標準為有60%以上面積為麻竹所生長之均勻林相，且以主竹叢根部生長位置邊界以外之5m距離範圍內為影響區域，而伐竹環境為上層麻竹清除後之較大面積開闊地。

本試驗延續2008年的樹苗栽植工作，於2009年4月份繼續進行試驗苗木栽種，計有香楠、杜英、大有榕（稜果榕）、豬母乳（水同木）、菲律賓饅頭果等5種共450棵，並於本（2010）年度再增加450棵，第二次樹苗栽植工作於

2010年7月進行，包含杜英、刺杜密、香楠、軟毛柿、無患子五種，每種各90棵，兩次栽植之試驗苗木共8種900棵(表1)。每個月對苗木進行撫育(除草、修蔓)，以排除雜草藤蔓對苗木的生長影響。此處理欲藉由種樹來改善森林演替，並評估其成效與成本。在復育初期，種植苗木時即記錄種植的數量。並於每年4月及11月時觀測下列項目。2009年11月為第一次苗木調查，作為該苗木生長之基值，記錄項目如下：

1. 苗木存活狀況(存活或死亡)。
2. 高度(cm)：苗木從地際至生長點之高度。
3. 覆蓋面積(cm^2)：測量苗木垂直投影(長×寬)覆蓋面積。
4. 地徑(cm)：利用測圍尺測量苗木地際之地徑。
5. 光度(lux)：以數位式照度計(ET-LX107)記錄苗木所在環境之相對光度。
6. 煤煙病：記錄苗木有或無煤煙病。
7. 竹葉厚度(cm)：利用魯班尺測量並記錄苗木地際所被覆蓋竹葉厚度。

上述調查所得數據，分別進行下列分析：

1. 苗木存活率：分別計算不同樣區內不同物種之苗木存活率。

$$\text{苗木存活率}(\%) = (\text{苗木存活株數} / \text{樣區試驗總株數}) \times 100$$

2. 苗木高度變化：以第一年生長季結束後(冬季)所調查之高度為基準，於次年調查記錄高度後，計算前後兩年之高度差，並計算不同樣區內不同物種之苗木每年之平均高度生長量。
3. 覆蓋面積變化：以第一年生長季結束後(冬季)所調查之覆蓋面積為基準，於次年調查記錄覆蓋面積後，計算前後兩年之面積變化，並計算不同樣區內不同物種之苗木每年之平均覆蓋面積擴增量。
4. 地徑(cm)：以第一年生長季結束後(冬季)所調查之，於之後每年11月調查記錄地徑，比較年間不同物種之地徑生長差異，並計算不同樣區內不同物種之苗木每年之平均地徑生長量。

所得數據就伐竹樣區、麻竹林樣區及闊葉林樣區之苗木存活率、高度變化、覆蓋面積變化及地徑生長等數據進行差異分析，以檢驗不同處理間之差異性，及其與環境因子之關係。

(五) 復育指標之評估與修正

2009 年建立了復育監測指標，欲以各種生態指標 (ecological indicators) 來監測復育試驗區的棲地結構、物種多樣性與生態功能 (表 2)，涵蓋了植物、無脊椎動物、鳥類、外部指標類別，並建立操作標準流程 (附錄 2)。本 (2010) 年度以去年執行之實際經驗，考量執行人力、執行的持續性、反映目標的有效性、棲地狀況，對其中幾項指標的調查方法或分析方法做些微調整。同時，也盡量對計畫前 2 年所蒐集的數據進行整合。分析方式將視指標性質分成「整體」以及「試驗樣區間指標」，比較年間的差異以得知復育成效，及分析各處理樣區之間的差異，以得知不同處理所造成的效果。另除非特別標示，結果中的數值均以 Mean±SD 呈現。

四、結果與討論

(一) 演替推估與竹林自然演替

依據近年於斗六丘陵及鄰近的八卦山區進行的植群研究所得之演替趨勢圖為背景 (陳 2007; 楊 2008)，斗六丘陵之植群演替後期型態應為香楠型或大有樹型，演替最終期應為榕楠林帶。2009 年利用演替級分之計算斗六丘陵 19 個樣區及復育區中 24 個樣區的演替分數，顯示該區域喬木層多落在演替初期至中期，麻竹佔有較大之比例，顯示湖山水庫及鄰近地區多處在早期植物社會之競爭階段。本年度 (2010) 增加斗六丘陵廢棄麻竹林樣區數目，演替分數多落於 1-10 分之間 (演替最終期為 15 分)。於樣區調查時常發現許多砍痕明顯的殘存樹墩，林地裡甚少留存中大徑級林木，而調查結果亦顯示，樣區中許多優勢樹種徑級分布，常呈小苗多但大樹少的反 J 型曲線或不連續狀況 (圖 5、圖 6)，推測當地植物處於干擾過後的恢復時期。

(二) 比較不同廢棄年份麻竹林的自然更新狀況

99 年 9 月至 12 月期間，於雲林縣古坑鄉、林內鄉進行野外調查，共設置 34 個樣區。調查結果總計有草本灌木 75 科 188 屬 246 種，木本植物 32 科 66 屬 86 種。以大戟科 (14 種)、茜草科 (9 種)、桑科 (9 種)、樟科 (8 種) 最多。本研究調查到的蕨類共 52 種，金星蕨科 (7 種)、三叉蕨科 (6 種)、鳳尾蕨科 (5 種)、水龍骨科 (5 種) 及碗蕨科 (5 種) 最多。

使用典型對應分析 (CCA) 可知，第一軸與地形位置、水分指數呈正相關，干擾程度及海拔則與第一軸呈負相關。第二軸則與地形位置、水分指數、干擾程度及海拔皆呈負相關，可知 (圖 7)，因此分布在 X 軸左側的樣區，位於中坡以

上且乾燥，較少人為干擾，符合無患子-白匏子林型植物特性，而分部於 X 軸右側之咬人狗-菲律賓榕林型植物，則屬人為干擾較多的溪谷潮濕環境。參考樣區在 DCA 序列軸上之分布（圖 8），以及 TWINSPAN、CA 的樹狀圖（圖 9、附錄 3），將 34 個樣區切分出 2 種代表植群型，依各林型之特徵種-優勢種作為命名依據：

1. 無患子-白匏子型

本植群型包含的樣區為第 6、7、9、11、12、13、14、15、19、20、21、25、26、27、28、29、30、31 及 32，海拔高約 154 - 433m，而水分梯度 1 - 16，坡度 5~37°，坡向 0~340°皆較為多變，主要為稜線至中坡的地形，當地竹林鮮少作疏伐，且少有地被清除或採筍等人為干擾跡象，或已呈現荒廢狀態。本植群冠層優勢種為白匏子、血桐、香楠、大香葉樹及鵝掌柴等，次優勢冠層為無患子、杜英、龍眼及稜果榕、山川葉與三年桐，灌木層主要優勢種為樹薯、香楠、龍船花、紅珠仔及華八仙，地被層之優勢種則為拎樹藤、海金沙、小花蔓澤蘭、細梗絡石及熱帶鱗蓋蕨。本型之優勢及次優勢冠層樹種，其徑級分布皆呈反 J 型曲線，而香楠、無患子、三年桐之徑級曲線則呈不連續分布狀態（圖 5）。雖然大部分的冠層樹種之徑級分布曲線呈反 J 型，但稚樹之數量卻普遍偏低。

2. 咬人狗-菲律賓榕型

本植群型包含的樣區為第 1、2、3、4、5、8、10、16、17、18、22、23、24、33 及 34 樣區，海拔高約 175-368m，水分梯度介於 6 - 16，主要為中坡至下坡近溪谷的地形，坡度 10~35°，而坡向 8~350°較為多變，屬於較有在進行清除地被、砍竹或挖筍等人為活動的環境。本植群型優勢冠層為菲律賓榕、龍眼、香楠及稜果榕等，次優勢層則為咬人狗及水同木，灌木層主要優勢種為大葉楠、龍船花、香楠及龍眼，地被層之優勢種則為拎樹藤、風藤、求米草、姑婆芋及中國穿鞘花。本型之優勢及次優勢冠層樹種，其徑級分布皆呈反 J 型曲線（圖 6），但稚樹數量普遍偏低，而香楠及菲律賓榕之徑級分布曲線呈不連續狀態。

(三) 主動更新試驗

伐竹

本計畫已於 2008-2009 年間完成降低麻竹覆蓋作業，作業範圍為第 1 號、6 號及 7 號樣區，連續兩年進行麻竹伐竹作業，由目前現場觀察看來，大面積麻竹伐除作業，試驗區內麻竹覆蓋面積已有顯著減少，但亦有少數竹叢仍持續萌芽

生長。麻竹伐竹後環境生育地環境瞬間改變，由光量較低的陰性環境轉變為陽性開闊環境，物種組上變化也很大，因為人工伐竹的關係造成森林孔隙形成，而造成大量陽性植物入侵生長，亦對栽種於試驗區內之苗木造成影響，除了養分及空間競爭外，亦造成一些危害，如小花蔓澤蘭及其他藤蔓類大量攀附於苗木上，造成光線缺乏及生長抑制等現象而使得小苗生長不良甚至導致死亡。另外大量草本植物入侵，亦對當地原生苗木或栽種苗木生長造成影響，造成林木更新不易、長成不良等，所以需進行週期性的人工撫育工作，適當地將試驗地林地下層植物進行干擾砍除的動作，則可減少養分及空間競爭，更確保苗木順利長成，但缺點則是耗費較高人力資金等成本。目前伐竹移除作業已告一階段，後續的人工撫育工作才是未來工作重點所在，完善的規劃麻竹移除後的撫育工作，也是確保林地苗木長成及加速森林復原重要的一環。

地被層調查結果

維管束植物組成方面，本季（2010 年 3 月）植物永久樣區地被層調查共記錄有維管束植物 72 科 198 種，其中物種數最多的科為菊科 15 種，其次依序為大戟科 10 種、禾本科 10 種、桑科 8 種、茜草科 8 種、豆科 6 種、葫蘆科 6 種，五加科、金星蕨科、茄科、紫金牛科與葡萄科皆為 5 種。

伐竹開闊環境為 1、6 及 7 號樣區，樣區為陽光充足的中上坡，地被層生長旺盛且快速，主要以陽性植物居多，如大花咸豐草（*Bidens pilosa* var. *radiata*）、觀音座蓮、密毛毛蕨（*Cyclosorus parasiticus*）、大葉鴨跖草（*Commelina paludosa*）、龍船花（*Clerodendrum kaempferi*）及小花蔓澤蘭（*Mikania micratha*）等覆蓋度較為優勢的種類。此外 1 號樣區有大量通脫木稚樹，且樹高多超過 1 m，徑級生長明顯，預測未來可能形成以通脫木為優勢的森林。

麻竹與闊葉林混生的環境為 3、4、9 及 10 號，地形位置涵蓋乾燥的稜線、上坡、中坡，及近溪谷的潮濕環境。樣區常有大量小花蔓澤蘭覆蓋於林木上，其他以中國穿鞘花、觀音座蓮、廣葉鋸齒雙蓋蕨、密毛毛蕨、熱帶鱗蓋蕨（*Microlepia speluncae*）及三葉五加（*Eleutherococcus trifolius*）為主要優勢地被。

闊葉林環境為 5 及 8 號樣區，大多為原始闊葉林環境，森林組成較為原始。地形位置屬潮濕的中下坡位置，此環境以觀音座蓮最為常見，其他覆蓋度較為優勢之種類為中國穿鞘花（*Amischotolype hispida*）、密毛毛蕨、大線蕨及姑婆芋等植物。

麻竹對苗木影響

試驗苗木於 2009 年 4 月栽植 450 株於湖山水庫培厚區試驗地，於當年 11 月完成第一次苗木調查，而以此調查觀測值作為試驗苗木基值，苗木調查結果共計 377 棵（84%）存活。2010 年 4 月完成第一季試驗苗木調查，7 月再次栽植 450 株苗木，共計栽植 8 種 900 株苗木。亦在 11 月進行第二季苗木調查；而本年度 7 月栽植的苗木，雖在 11 月亦有進行測量，但僅供為苗木基值，因此以下所列之結果僅為 2009 年 4 月栽植之苗木。

2009 年 4 月栽植 450 株樹苗，結果截至本年度 11 月為止，共計有 295 棵試驗苗木存活，存活率 66%，各樹種存活率方面以大有榕最高達 70%，香楠、杜英、豬母乳與菲律賓饅頭果存活率皆約為 65% 左右。苗木存活率以麻竹樣區最高 79%，闊葉林樣區 60% 次之，伐竹樣區 58% 最低，麻竹林中存活率最高為菲律賓饅頭果（93%），最低者為豬母乳（70%）以及大有樹（70%）；伐竹樣區存活率最高為豬母乳（77%），最低者為杜英（43%）；闊葉林樣區內，以大有榕最高（78%），豬母乳（50%）最低（表 3）。

自 2009 年 11 月至 2010 年 11 月一年間，香楠平均地徑增加量為 0.6cm、平均高度增加 41.6cm；杜英平均地徑增加量為 0.9cm、平均高度 50.2cm；大有榕平均地徑增加量為 1.4cm、平均高度 51.1cm；豬母乳平均地徑增加量 1.5cm、平均高度 70.0cm；菲律賓饅頭果平均地徑為 0.4cm、平均高度 43.6cm。試驗苗木樹種間比較，平均地徑增加量最大為豬母乳，最小為菲律賓榕；平均高度增加量最高為豬母乳，最低為香楠。樣區間總平均地徑增加量最高為伐竹樣區（2.5cm），依次為麻竹林樣區（0.5cm）與闊葉林樣區（0.1cm）（表 4），而在平均高度增加量上亦與平均地徑具有相同的趨勢（表 5）。各樹種在不同樣區間之地徑與樹高增加量，經單因子變方分析（one-way ANOVA）所得結果，均呈現顯著差異（ $p < 0.05$ ），顯示各樹種在不同栽植區域中，生長增加量有明顯的差異。

（四）復育指標

本年度順利完成 13 項指標上半年度之調查，植物指標與鳥類指標的數據如表 8 所列。重要成果如下：

1. 麻竹覆蓋度與闊葉林覆蓋度

以 2008 年 10 月及 2009 年 10 月之正攝化影像圖，進行麻竹林覆蓋度之分析。第一階段麻竹處理於 2008 年 10 月至 2009 年 2 月進行，正攝化影像分析之結果

顯示此階段處理降低伐竹樣區 7%-9%之麻竹林覆蓋度 (圖 10)，其餘未伐竹處理之樣區則增加了 $2.3 \pm 2.5\%$ 的竹林覆蓋度。顯示在不進行伐竹處理的狀況下，在短時間內，竹林覆蓋度不會減低。闊葉林變動的幅度不大，各樣區變動比率在在 -4% 至 3.7% 之間 (圖 7)。復育區整體則增加 0.7% 之闊葉林面積。因此階段為試驗初期，試驗苗木與新萌發之種子庫尚未建立族群，因此闊葉林覆蓋度尚未有明顯改變。2010 年沒有航照圖資料，將於 2011 年底取得最新航照圖資料後，進行分析比較，以瞭解復育處理後，樣區之植被覆蓋變化情形。

2. 成本指標

以 2008-2010 年試驗處理之經驗，估計人力及器材成本。以處理 1ha 面積之復育為單位推估，伐竹人力成本約需 65 萬元、器材 15 萬元；種樹人力成本 45 萬元、器材及樹苗 50 萬元，總數約 175 萬元。往後除草維持人力，成本每公頃約 5 萬元。因各地區之處理方式、地理特性、範圍、策略、可及性、嚴謹度不一定相同，本計畫成本指標僅供參考之用。

3. 次生林演替分數及歧異度指標些微上升

由演替分數得知竹闊葉混合林，目前處在干擾回復後的前中期植被，殘存的闊葉林則接近演替中後期。在三種處理的樣區內，喬木層種數雖然增加不多，但整體數量皆有提高，而地被層種數目前看來，亦有逐年提高的現象。

4. 伐竹處理可能使樣區昆蟲生物量增加

2010 年伐竹樣區的 No.1 及 No.6 有最高的昆蟲生物量，No.6 有最高的蛾類生物量 (圖 11)，且 No.1、No.6、No.7 的昆蟲生物量都較 2009 年高，而其他樣區持平或下降，推測伐竹處理可能使樣區昆蟲生物量增加。種類數在各樣區間的變化尚在統計中。

5. 伐竹處理影響鳥類族群密度及森林性鳥種比例

調查人員於 2010 年 1 月至 12 月，經由鳥類族群密度調查、紅外線自動照相、繫放，以及隨機於樣區內走動調查，在復育區共記錄到 28 科、48 種鳥，保育類鳥類共有 10 種 (附錄 4)。本年度調查顯示復育區之鳥類總密度為 26.1 ± 8.2 (隻/ha)。以不砍竹但補植原生樹種 (B0T+) 密度最高 (33.4 ± 9.3 隻/ha)，砍竹並補植原生樹種 (B-T+) 為最低 (19.7 ± 3.4 隻/ha) (表 6)。砍竹操作初期會對棲地形成干擾，且砍伐竹叢後，會在森林中形成間隙，大幅度降低樣區的植被覆蓋，

可能是造成 B-T+試驗組鳥類密度較低的原因。與 2008 年在試驗進行前的鳥類密度進行比較，可發現 B-T+之鳥類密度和 B0T+區並無差異。未來預期在新植樹苗長成後，B-T+區之鳥類密度應會逐漸回復。長期監測必須評估如何使用最有效率之監測方式，並使用固定方法以達到監測之目的。頻度高的調查將可蒐集到更多物種，更接近真實的族群密度，但相對付出的人力成本也較高。

本年度鳥類調查及紅外線自動照相，共調查到 39 種鳥類，其中森林性鳥種占 77%。伐竹種樹樣區 (B-T+) 總鳥種數最少，僅有 25 種，森林性鳥種數也最少，僅有 19 種，占 76%；而種樹樣區 (B0T+) 鳥種數最多共 34 種，森林性鳥種數也最多共 27 種，占 79% (表 6)。伐竹試驗短期內對該樣區是一種干擾，伐竹後直接減少林木面積和森林覆蓋度，形成空隙，可能減少森林性鳥類可躲避和覓食的棲地。2008 年調查時尚未伐竹，3 個試驗組的總鳥種數與森林性鳥種數亦無明顯差異，但至本年度繁殖季前累計砍伐竹林 20% 面積後，試驗造成的影響在本年度較為明顯。進一步比較鳥種組成差異，B0T+樣區有紀錄但 B-T+樣區闕如的森林性物種有 10 種，如下：臺灣山鷓鴣、大冠鷲 (*Spilornis cheela*)、鳳頭蒼鷹 (*Accipiter trivirgatus*)、中杜鵑 (*Cuculus saturatus*)、八色鳥 (*Pitta nympha*)、朱鷗 (*Oriolus traillii*)、白腰鵲鴝 (*Copsychus malabaricus*)、白尾鵲 (*Cinclidium leucurum*)、虎鶉 (*Zoothera dauma*)、白腹鶉 (*Turdus pallidus*)；而 B-T+樣區有紀錄但 B0T+闕如者為 2 種候鳥，短翅樹鶯 (*Cettia diphone*) 和極北柳鶯 (*Phylloscopus borealis*)。

初步評估本指標之監測效果，森林性鳥種數和鳥種比例雖可適度反映出伐竹的試驗效果，但並無法反映復育過程中各鳥種的相對豐度變化與群聚組成改變。其次，因本計畫目標主要是將闊葉/麻竹混生林往原生闊葉林的演替方向復育，森林性與非森林性鳥種的二分法可能無法細緻的反映出復育過程中的變化。未來將考慮挑出竹林與接近原生闊葉林區之差異物種，以其族群密度作為復育的監測指標。

6. 保育類雉科相對密度歷年皆下降

2010 年在復育區共架設 10 臺紅外線傳統自動照相機，拍攝期間因天候過於潮濕，導致部分拍攝底片無法洗出，其中 10 號樣區 1 臺工作中相機亦疑似被進入樣區之不明人士取走。相機工作時數總計為 66,937.8 小時，共攝得有效動物 22 種、452 隻 (群) 次 (表 7)，以臺灣獼猴 (*Macaca cyclopis*) 出現 97 群次為最多，鼬獾 (*Melogale moschata*) 96 隻次次之。保育類雉科共計 14 隻次，其中

藍腹鷓於 6、7、8、9、10 號樣區被拍攝到，共 12 隻次，OI 值 0.18；臺灣山鷓僅於 4 號樣區拍攝到 2 隻，OI 值 0.03。藍腹鷓的 OI 值跟過去兩年(2008、2009)相比，本年度呈現大幅下降；臺灣山鷓的 OI 值雖然只比 2009 年下降 0.01，但比較三年來以定點計數法調查到的臺灣山鷓，發現相較於 2008 和 2009 年，本年度的密度顯著下降，不到往年密度的 25% (圖 12)。面對復育區內保育類雉科族群量的下降，應進一步釐清此現象是與棲地變化有關，或有特定的獵捕壓力，或者是其他干擾因素導致。

7. 水庫範圍內之狩獵壓力減少

2010 年於 2 月過年放假期間當地居民曾聽聞數次槍響，盜獵目標為山豬、食蛇龜、白鼻心及獼猴等。目前中水局已設有告示牌、監視器，並有巡山員密集進行巡邏，盜獵情形已經大幅減少。於湖山水庫管理之外圍之邊緣地區，需與相關單位配合研商有效對策。

五、結論與建議

1. 試驗苗木之初步結果，五種樹種各自在不同試驗區的存活、生長量表現皆不相同，顯示出不同樹種可能有不同的環境生長優勢，因此在規劃棲地復育時，可依照試驗苗木的調查結果、永久樣區及麻竹林樣區之觀查結果，選擇出適合復育基地之樹種。明年度將規劃在永久樣區中增加苗木監測樣區及樹種種類，以期提供更多適合用於棲地復育使用的樹種名單。
2. 廢棄麻竹林的調查顯示，地形位置與干擾程度為影響植群分布之主要環境因子。中坡至稜線的林型與近溪谷的林型有較明顯的不同。麻竹林對於森林演替的限制，尚無法從目前調查結果明確判斷。未來進行森林復育方案考量時，應依據地形位置與干擾程度特性進行適地適性之選擇。
3. 紅外線相機發現有犬隻在復育區頻繁活動，預期會對野生哺乳類及鳥類造成干擾。

明年度將持續增加麻竹林樣區，獲得廢棄麻竹林更完整的林相組成資訊，並持續監測永久樣區及試驗苗木，增加麻竹林樣區數量及苗木生長監測種類，累積麻竹林下之林相結構及小苗組成之資料，架構復育流程，依照不同地形及干擾程度，篩選適宜棲地復育的樹種及方案，提出明確之復育建議方案以供參考。

六、參考文獻

- 中華民國野鳥學會。2001。臺灣重要野鳥棲地手冊。中華民國野鳥學會。
- 呂錦明、陳春雄、吳國伍。1997。竹類種子苗造林試驗—麻竹。臺灣林業科學 12: 269-278。
- 林務局。2008。公告「雲林湖本八色鳥野生動物重要棲息環境」之類別及範圍。
- 林朝榮、周瑞燉。1974。臺灣地質。臺灣省文獻委員會編印。
- 楊迪嵐。2008。斗六丘陵植群生態之研究。國立中興大學森林系研究所碩士論文。臺中。
- 張玉珍、范義彬。1989。臺灣樹木重要害蟲調查。林試所林業叢刊 32: 45。
- 經濟部水利署中區水資源局。2005。湖山水庫工程計畫生態保育措施。經濟部水利署中區水資源局。
- 陳鳳華。2007。八卦山臺地植群分類與製圖。國立中興大學生命科學系碩士論文。臺中。
- 劉崇瑞、蘇鴻傑。2000。森林植物生態學。臺灣商務印書館。臺北。
- 劉靜榆。2003。臺灣中西部氣候區森林植群分類系統之研究。國立臺灣大學森林學研究所博士論文。臺北。
- 翟鵬。1977。臺灣鳥類生態區隔的研究。東海大學碩士論文。臺中。
- Cairns, J. Jr. 1990. The prediction, validation, monitoring and mitigation of anthropogenic effects on natural systems. *Environmental Auditor* 2: 19-25.
- Clewell, A., J. Aronson, and K. Winterhalder. 2004. The SER International primer on ecological restoration. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona, USA.
- Chou, C.H. and M.H. Hou. 1981. Allelopathic research in subtropical vegetation in Taiwan. I. Evaluation of allelopathic potential of bamboo vegetation. *Proceedings of the National Science Council*. 5: 284-292.
- Dale, V. H., and S. C. Beyeler. 2001. Challenges in the development and use of

- ecological indicators. *Ecological Indicators* 1: 3-10.
- Editorial Committee of the Flora of Taiwan 2nd. Ed. 2003. *Flora of Taiwan*, Vol. 6. Taiwan, Republic of China: Department of Botany, National Taiwan University, Taipei.
- Griscom, B. W. and P. M. S. Ashton. 2003. Bamboo control of forest succession: *Guadua sarcocarpa* in Southeastern Peru. *Forest Ecology and Management* 175: 445-454.
- Griscom, B. W., D. C. Daly, and M S. Ashton 2007. Floristics of bamboo-dominated stands in lowland terra-firma forests of southwestern Amazonia. *Journal of the Torrey Botanical Society* 134: 108-125.
- Henry, C. P., and C. Amoros. 1995. Restoration ecology of riverine wetlands: I. A scientific base. *Environmental Management* 19: 891-902.
- Jackson L.E., J. Kurtz, and W.S. Fisher. 2000. Evaluation guidelines for ecological indicators. US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Research Triangle Park, North Carolina, USA.
- Janzen, D. H. 1988. Tropical ecological and biocultural restoration. *Science* 239: 243-244.
- Lawton, J. H., D. E. Bignell, B. Bolton, G. F. Bloemers, P. Eggleton, P. M. hammond, M. Hodda, R. D. Holt, D. S. Srivastava, and A. D. Watt. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature* 391: 72-76.
- Marquis, R. J., and C. J. Whelan. 1994. Insectivorous birds increase growth of white oak through consumption of leaf-chewing insects. *Ecology* 75: 2007-2014.
- Nelson, S. 2008. Sooty mold. *Plant disease* 52: 1-3.
- Peres, C. A. 2000. Effects of subsistence hunting on vertebrate community structure in Amazonian forest. *Conservation Biology* 14: 240-253.

- Peres, C. A. 2001. Synergistic effects of subsistence hunting and habitat fragmentation on Amazonian forest vertebrates. *Conservation Biology* 15: 1490-1505.
- Petrere, M. Jr., L. C. Giordano, and P. De Marco, Jr.. 2004 Empirical diversity indices applied to forest communities in different succession stages. *Brazilian journal of biology* 64: 841-851.
- Rapport, D. J., R. Costanza, and A. J. McMichael. 1998. Assessing ecosystem health. *Trends in Ecology and Evolution* 13: 397-402.
- Su, H. J. 1984. Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (II): Altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17(4): 57-73.
- ten Kate, K., J. Bishop, and R. Bayon. 2004. Biodiversity offsets: Views, experience, and the business case. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK and Insight Investment, London, UK.
- Vallauri, D. R., J. Aronson, and M. Barbero. 2002. An analysis of forest restoration 120 years after reforestation on badlands in the Southwestern Alps. *Restoration Ecology* 10: 16-26.

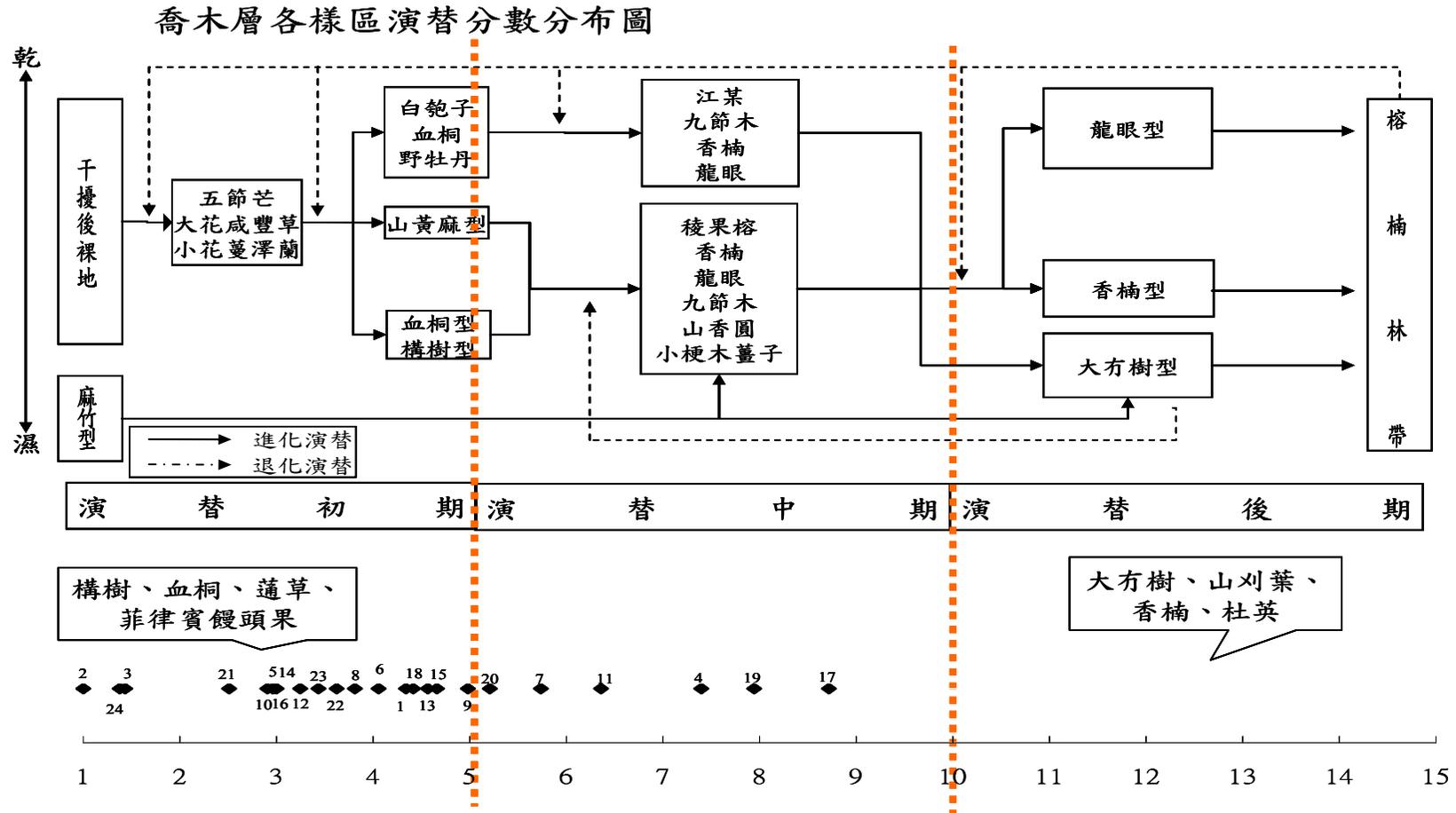


圖 1. 斗六丘陵喬木層演替推估圖及演替現況。下方橫軸為演替分數(1-15 分)，分數越高表示演替越接近後期，上方的黑點為 2009 年復育區中植物永久樣區所在之演替階段。

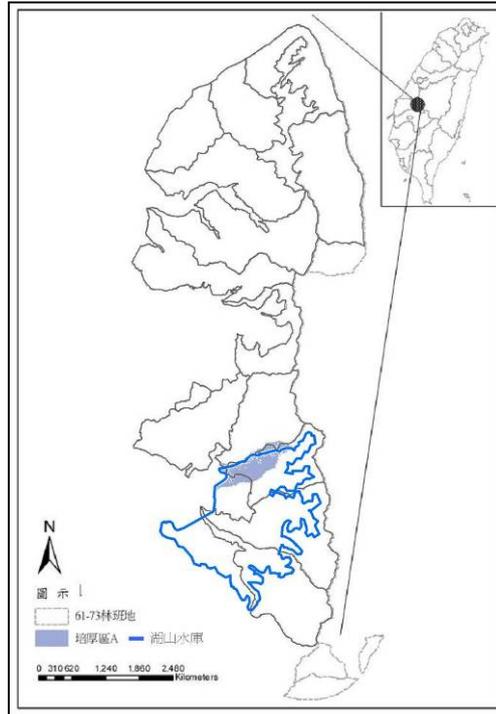


圖 2. 湖山水庫及鄰近地區棲地復育及改善方法試驗研之研究範圍，「培厚區 A」為「自然生態保留與復育區」之舊稱。



圖 3. 廢耕麻竹林樣區分布圖。選取竹林與闊葉林混合且有不同人為干擾程度之森林進行取樣 (n=34)，各樣區距離約 100-500m (有些樣點距離過近，在圖中不易呈現)。

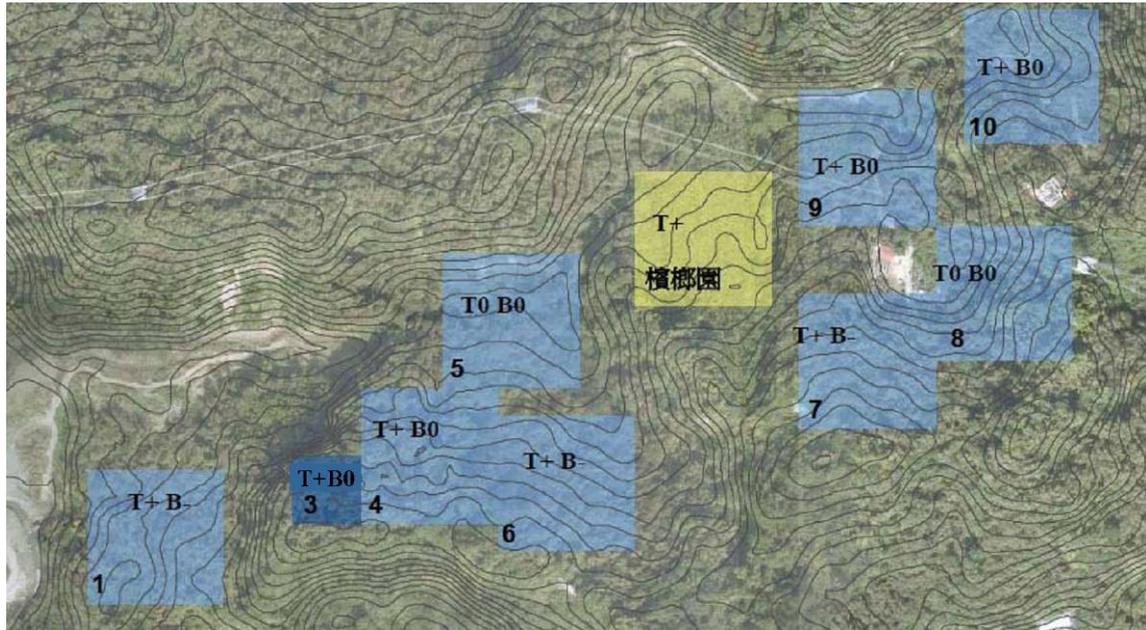
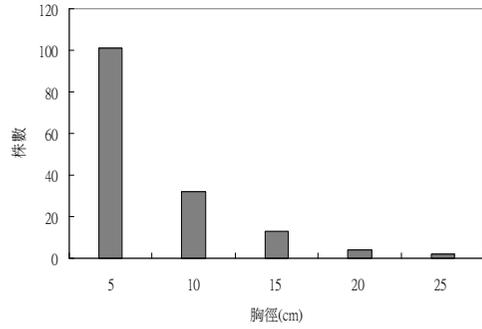
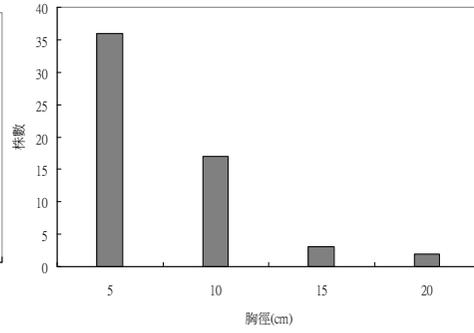


圖 4. 雲林縣湖山水庫自然生態保留與復育區中試驗樣區之分布。阿拉伯數字表示該試驗樣區命名編號；各種操作處理代號的意義為 T+種樹、T0 不種樹；B-降低麻竹密度，及 B0 不處理麻竹。

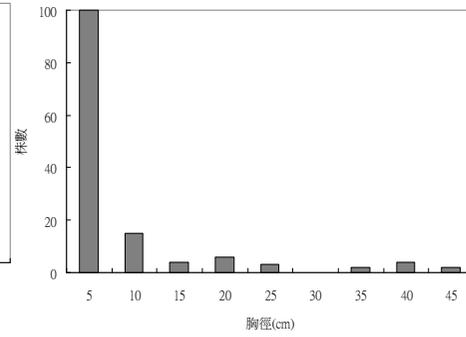
a. 白匏子



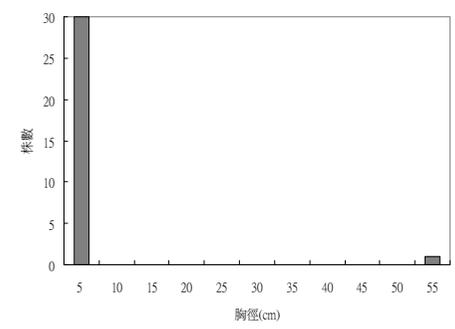
b. 血桐



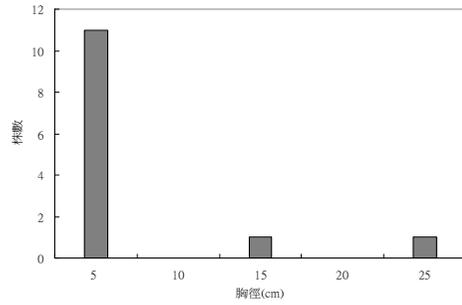
c. 香楠



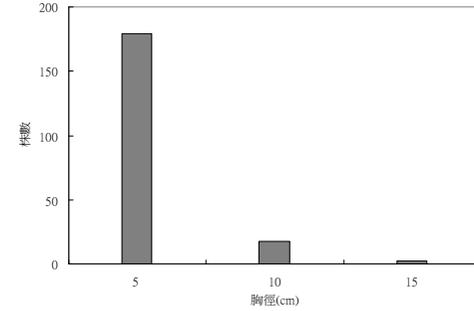
d. 無患子



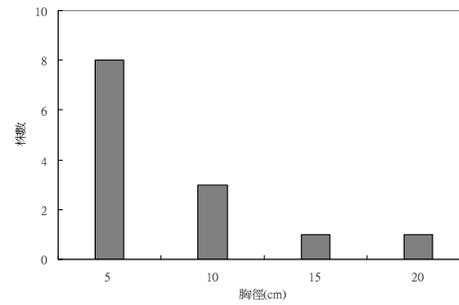
e. 杜英



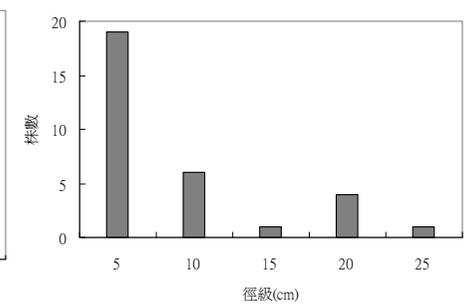
f. 龍眼



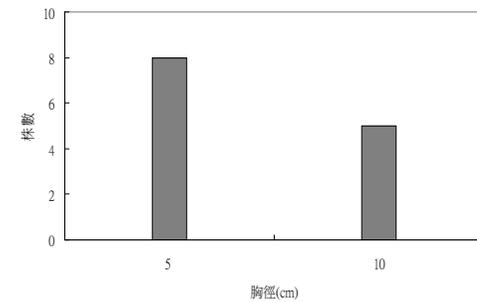
g. 大香葉樹



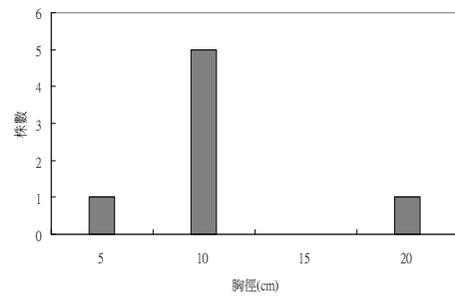
h. 鵝掌柴



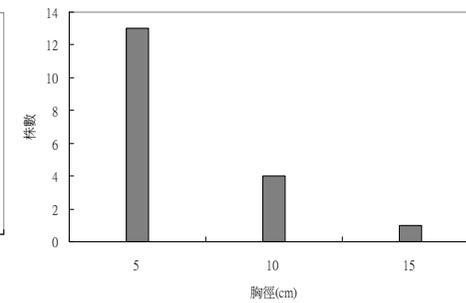
i. 稜果榕



j. 三年桐



k. 山刈葉



l. 臺灣雅楠

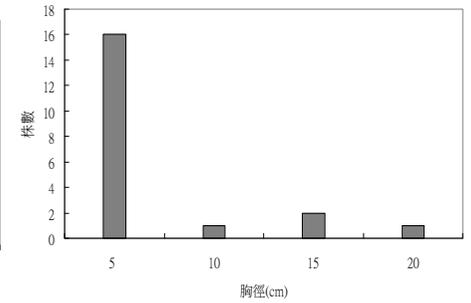
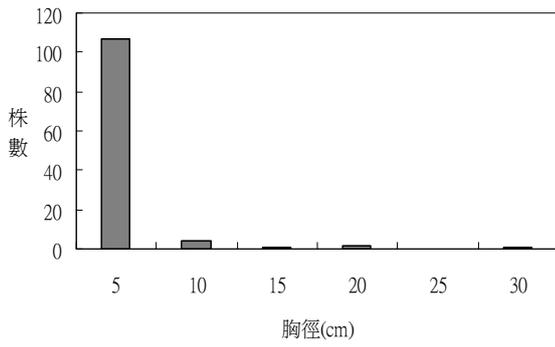
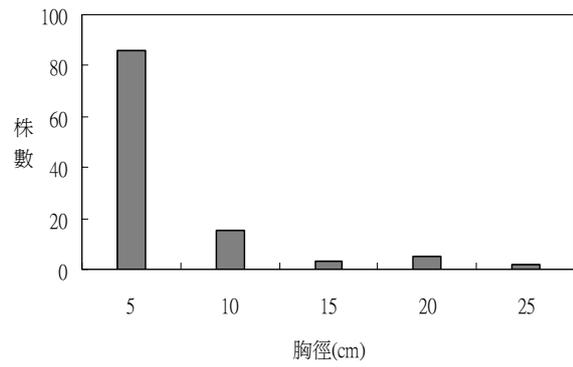


圖 5. 無患子-白匏子型優勢及次優勢冠層樹種族群結構。樣區中許多優勢樹種徑級分布，常呈小苗多但大樹少的反 J 型曲線或不連續狀況。

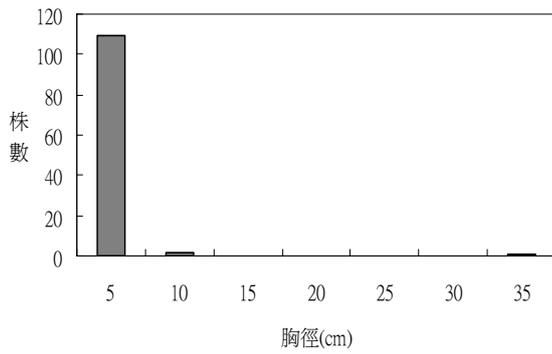
a. 龍眼



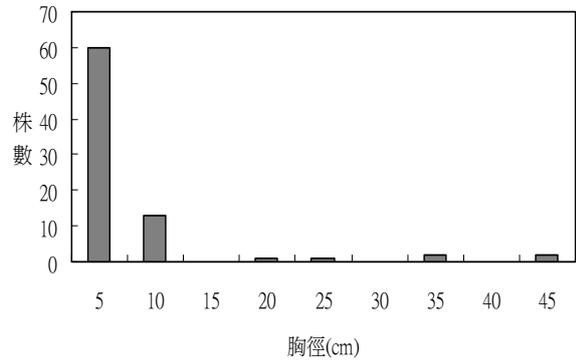
b. 稜果榕



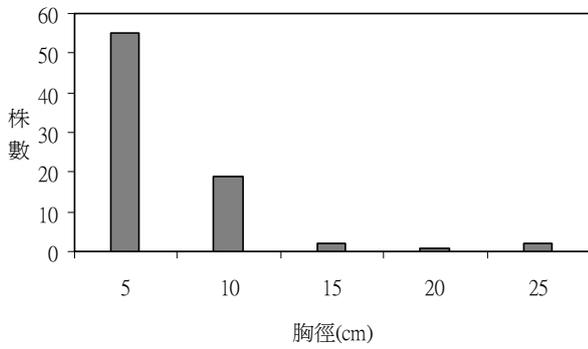
c. 香楠



d. 菲律賓榕



e. 咬人狗



f. 水同木

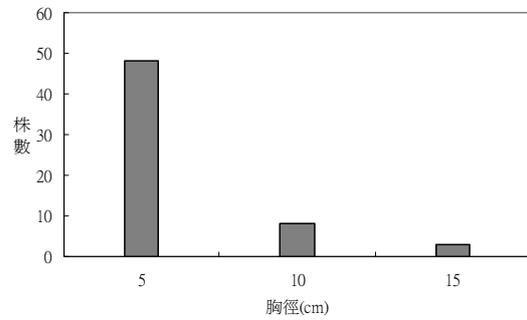


圖 6. 稜果榕-菲律賓榕型優勢及次優勢冠層樹種族群結構。

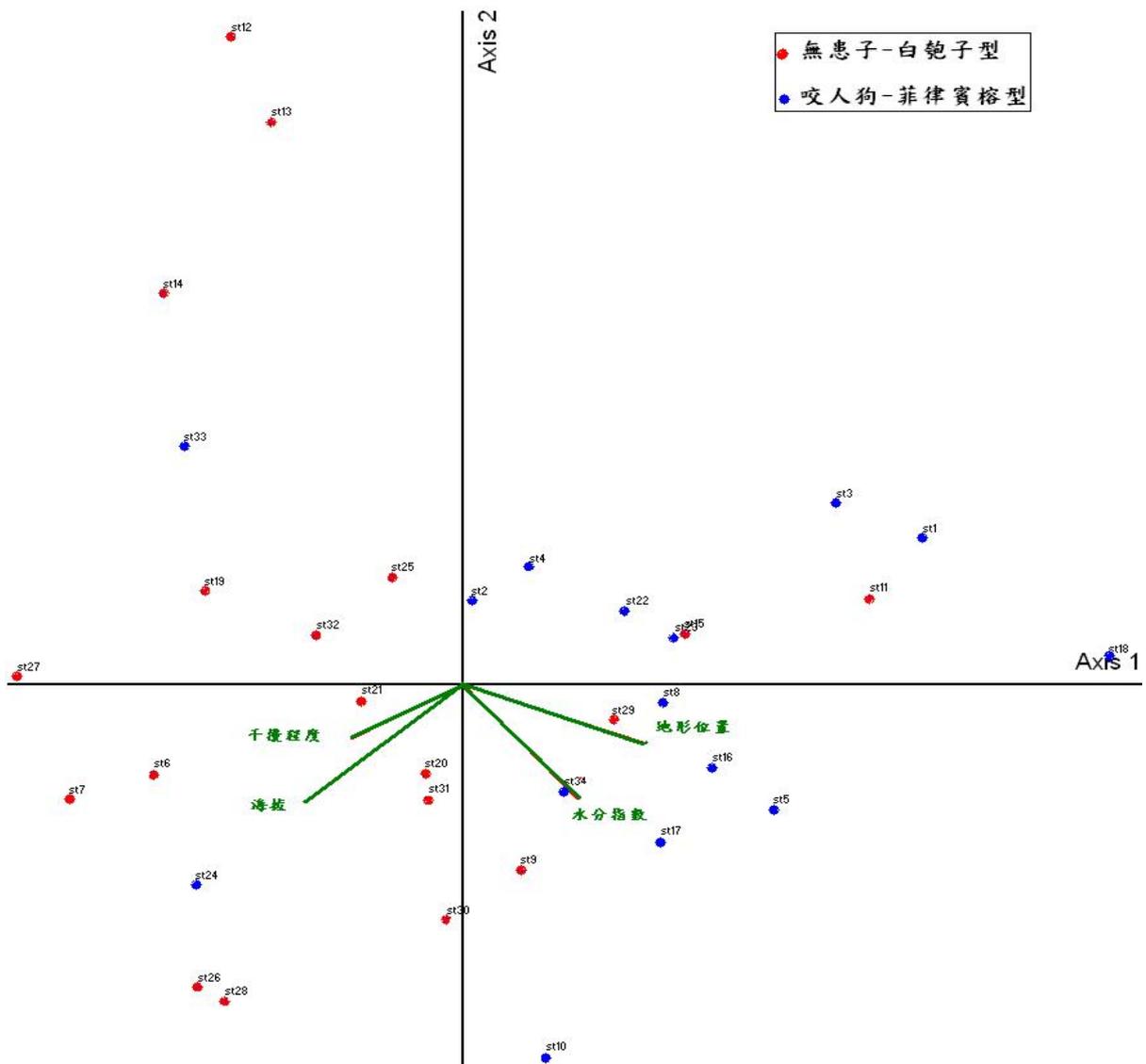


圖 7. 樣區與環境因子變異在 CCA 序列軸上之分布，地形位置與人為干擾程度與此分型的關係最為密切。

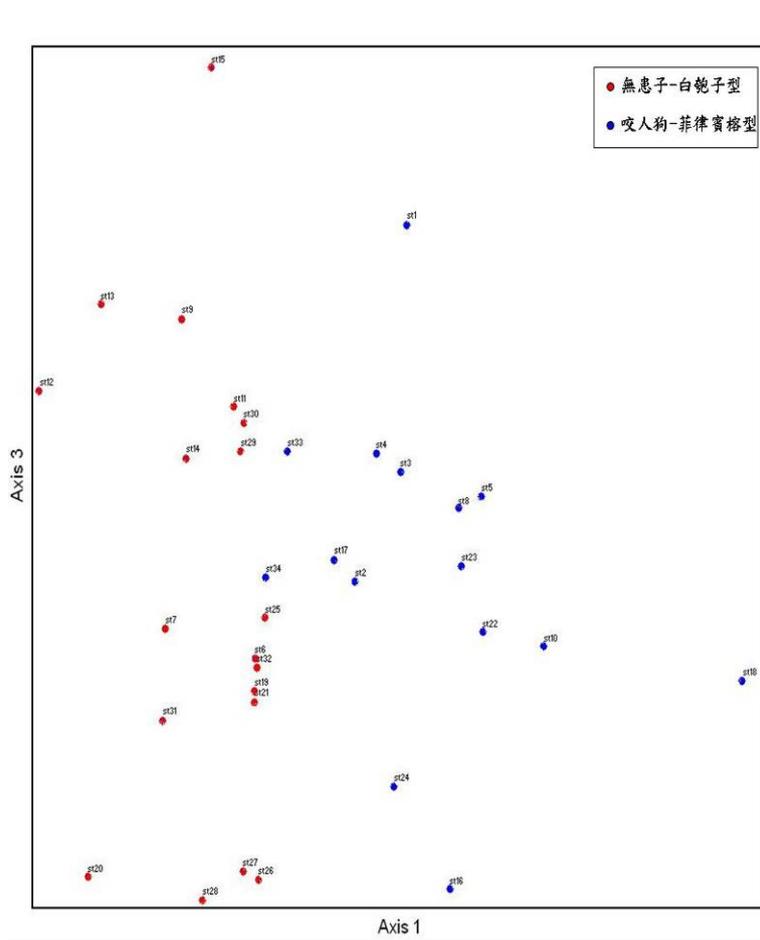


圖 8. 樣區位置在 DCA 序列軸上之分布。

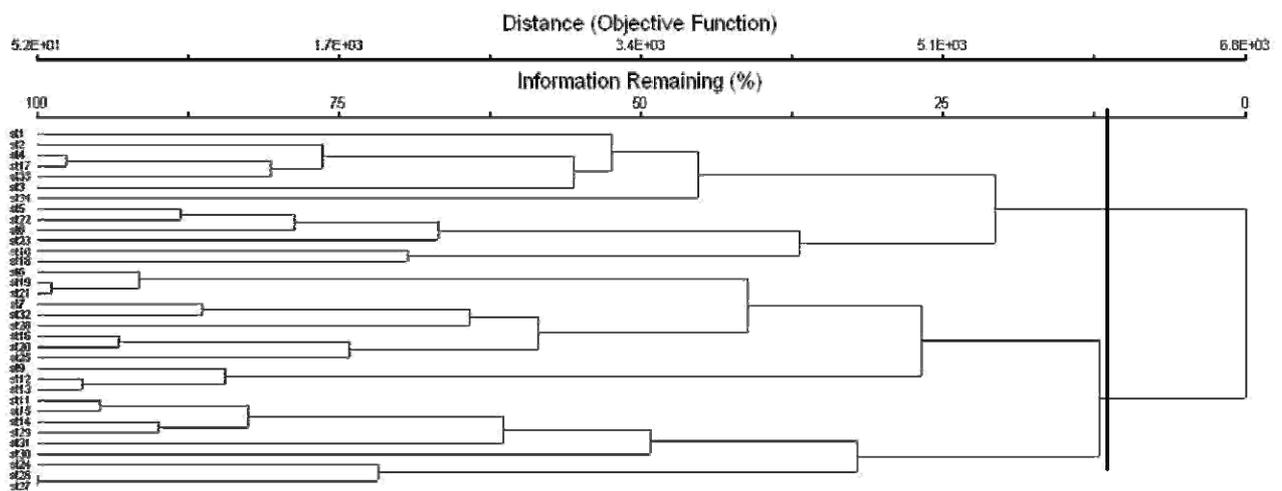


圖 9. 群團分析樹狀圖。

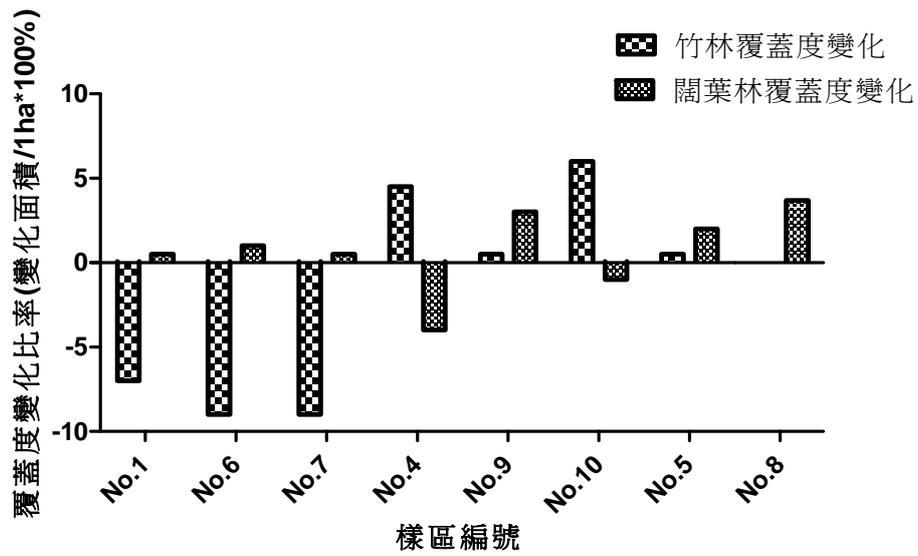
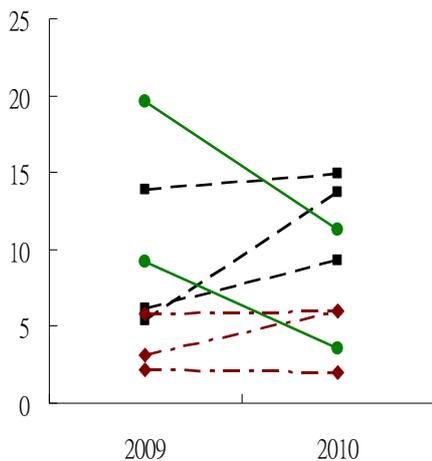
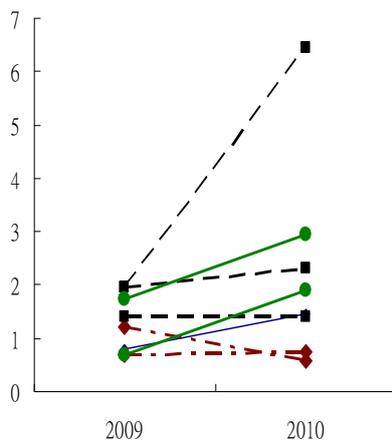


圖 10. 以正射化影像圖分析 2008-2009 年竹林覆蓋度及闊葉林覆蓋度之變化程度。No.1、No.6、No.7 為伐竹種樹樣區 (B-T+)，No.4、No.9、No.10 為不伐竹種樹樣區 (BoT+)，No.5、No.8 為控制組 (B0T0)。

a. 昆蟲生物量



b. 蛾類成蟲生物量



c. 蛾類成蟲數量

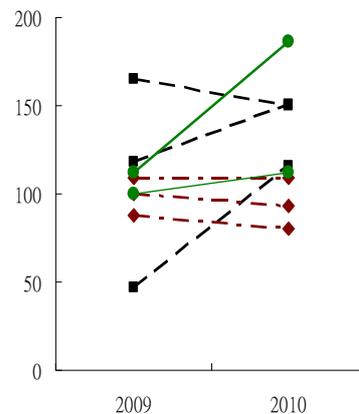


圖 11. 2009 及 2010 年湖山水庫復育區各試驗處理樣區昆蟲生物量、蛾類生物量及蛾類捕獲數量。■B-T+ (No.1、6、7)、◆BoT+ (No.4、9、10)、●B0T0 (No.5、8)。

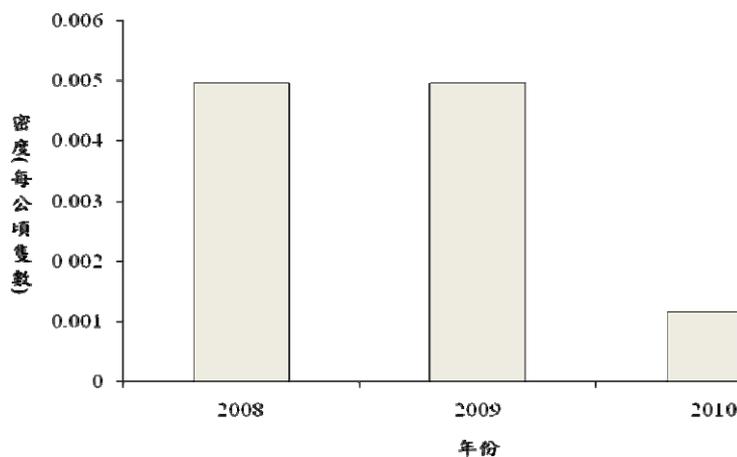


圖 12. 2008 年至 2010 年復育試驗區內臺灣山鷓鴣密度變化。調查方法採用固定半徑定點計數法。

表 1. 2009 年及 2010 年栽植試驗用苗木共 8 種 900 棵，本計畫將試驗中對這些苗木進行存活率與生長量之調查與分析。

樹種	學名	環境型態與年份						總計
		伐竹環境		麻竹林環境		闊葉林環境		
		2009	2010	2009	2010	2009	2010	
香楠	<i>Machilus zuihoensis</i>	30	30	30	30	30	30	180
杜英	<i>Elaeocarpus sylvestris</i>	30	30	30	30	30	30	180
菲律賓饅頭果	<i>Glochidion philippicum</i>	30		30		30		90
大冇榕(稜果榕)	<i>Ficus septica</i>	30	30	30	30	30	30	180
豬母乳(水同木)	<i>Ficus fistulosa</i>	30		30		30		90
無患子	<i>Sapindus mukorossii</i>		20		20		20	60
刺杜密	<i>Bridelia balansae</i>		20		20		20	60
軟毛柿	<i>Diospyros eriantha</i>		20		20		20	60

表 2. 棲地復育試驗研究之 13 項監測指標列表，及各監測指標在生態系中的意義內涵和監測的層次

編號	指標名稱	包含的變量	監測層次		
			棲地結構	物種多樣性	生態系功能
1	麻竹覆蓋度	竹林覆蓋度、成本	V		
2	闊葉林覆蓋度	闊葉林覆蓋度、種植苗木數量、成本、苗木存活率	V		
3	次生林演替分數	喬木層演替分數	V		
4	次生林歧異度	喬木層種類、數量、地被層種數	V	V	
5	蛾類成蟲歧異度	種數、數量		V	
6	昆蟲生物量	昆蟲生物量、蛾類成蟲生物量。			V
7	鳥類族群密度	鳥類密度/ha			V
8	保育類雉科相對密度	臺灣山鷓鴣和藍腹鷓鴣的出現機率、臺灣山鷓鴣密度		V	
9	森林性鳥種比例	鳥種總數、森林性鳥類種數與比例		V	
10	鳥類族群健康度	幼鳥比例			V
11	水庫開發程度	水庫區裸露地百分比	V		
12	狩獵壓力	狩獵跡象		V	
13	劇烈天候次數	颱風次數	V		

表 3. 麻竹對苗木影響試驗，栽植於不同環境苗木存活率 (n=450, 2004 年 4 月種植，至 2010 年 11 月進行存活率調查)

	香楠	杜英	菲律賓 饅頭果	大有榕	豬母乳	各樣區存 活率
伐竹環境	57%	43%	50%	63%	77%	58%
麻竹林環境	77%	83%	93%	70%	70%	79%
闊葉林環境	57%	63%	53%	77%	50%	60%
各樹種存活率	68%	63%	67%	70%	66%	66%

表 4. 麻竹對苗木影響試驗，試驗苗木於不同環境間地徑生長量 (n=450, 2004 年 4 月種植，至 2010 年 11 月進行存活率調查)

	香楠	杜英	菲律賓 饅頭果	大有榕	豬母乳	各樣區增 加地徑
伐竹樣區	1.529	2.42	0.927	4.224	3.089	2.487
麻竹樣區	0.395	0.771	0.4	0.522	0.629	0.548
闊葉林區	0.041	0.184	-0.069	0.113	0.177	0.091
各樹種增加地徑	0.641	0.872	0.407	1.445	1.462	(單位 cm)
one-way AVONA	50.74	12.06	62.13	12.89	25.58	
F 值(p 皆<0.001)						

表 5. 麻竹對苗木影響試驗，試驗苗木於不同環境間樹高增加量 (n=450, 2004 年 4 月種植，至 2010 年 11 月進行存活率調查，單位: cm)

	香楠	杜英	菲律賓 榕	大有榕	豬母乳	各樣區增加 高度
伐竹樣區	95.24	97.90	93.07	164.47	174.94	129.08
麻竹樣區	34.70	51.67	47.12	39.33	21.69	40.52
闊葉林區	-4.0	23.32	-8.31	-23.39	-16.0	-5.73
高度變化	41.57	50.23	43.65	51.14	69.96	
one-way AVONA	37.82	12.78	56.66	72.00	25.58	
F 值(p 皆<0.001)						

表 6. 棲地復育試驗研究之 13 項監測指標，成果總表

植物指標		試驗處理				
指標名稱	變量	年份	整體 (No.1-No.10)	B-T+ (No.1.6.7)	B0T+(No.3 ^a .4.9.10)	B0T0(No.5.8)
1 麻竹覆蓋度	竹林覆蓋度	08		降低 0.07-0.09ha		
		09		預計降低 0.1ha		
	成本	人事	637,500 元/ha			
		器材	138,100 元/ha			
2 闊葉林覆蓋度	闊葉林覆蓋度	08	蒐集 28 種 7419 棵苗木			
		09	栽植 18 種 775 棵苗木	475 棵	300 棵	
		10	累計 18 種 1225 棵苗木	240 棵	135 棵	75 棵
	成本	人事	413,000 元/ha			
		維持	48,000 元/ha/年			
		器材	96,000 元/ha			
栽植苗木存活率	09	84%(n=450)				
	10	66%(n=450)				
3 次生林演替分數	喬木層演替分數	08	7.7	6.2	6.7	10.2
		09	8.6	7.2	8.7	10.0
4 次生林歧異度	喬木層種數	08	38 種	23 種	25 種	23 種
		09	39 種	24 種	24 種	20 種
	喬木層數量	08	351 株	101 株	120 株	107 株
		09	521 株	163 株	211 株	147 株
	地被層種數	08	155 種	103 種	121 種	111 種
		09	185 種	118 種	143 種	121 種
		10	204 種	143 種	135 種	126 種

無脊椎動物指標			試驗處理			
指標名稱	變量	年份	整體 (No.1-No.10)	B-T+ (No.1.6.7)	B0T+(No.4.9.10)	B0T0(No.5.8)
5 蛾類成蟲歧異度	種數	09	(待補)			
		10	(待補)			
	數量	09	839/8ha	110±59	99±11	106±8
		10	997/8ha	139±20	94±15	149±52
6 昆蟲生物量	昆蟲生物量(g)	09	65.29/8ha	8.5±4.7	3.7±1.9	14.4±7.4
		10	66.75/8ha	12.6±3.0	4.7±2.3	7.4±5.5
	蛾類成蟲生物量(g)	09	10.45/8ha	1.6±0.7	1.1±0.4	1.2±0.7
		10	17.18/8ha	3.4±2.7	0.9±0.4	2.4±0.7

166

鳥類指標			試驗區					
指標名稱	變量	年份	麻竹耕作區	檳榔園	B-T+(No.1.6.7)	B0T+(No.4.9.10)	B0T0(No.5.8.)	總計
7 鳥類族群密度*	鳥類密度/ha	08	14.5±5.2	35.1	39.7±1.4	41.0±3.0	34.1±0.8	38.8±3.4
		09	7.6±2.1	9.3	15.2±4.1	14.1±0.9	16.4±2.8	15.1±3.1
		10	24.3±8.2	19.3	19.7±3.4	33.4±9.3	28.1±2.3	26.1±8.2
8 保育類雉科 相對密度	臺灣山鷓鴣出現 機率(OI 值)	08	-	-	0.08	0.00	0.30	0.09
		09	-	-	0.00	0.08	0.00	0.04
		10	-	-	0.00	0.06	0.00	0.03
	臺灣山鷓鴣族 群密度/ha	08	-	-	-	-	-	0.005
		09	-	-	-	-	-	0.005
		10	-	-	-	-	-	0.001
藍腹鷓出現機 率(OI 值)	08	-	-	0.00	0.88	1.05	0.60	
	09	-	-	0.28	0.66	0.96	0.59	
	10	-	-	0.17	0.23	0.08	0.18	
9 森林性鳥種	總鳥類種數	08	-	-	29	29	29	35

比例		09	-	-	29	31	28	39
		10	-	-	25	34	27	39
	森林性鳥種數	08	-	-	21	20	21	25
		09	-	-	20	23	20	28
		10	-	-	19	27	21	30
	森林性鳥種比例	08	-	-	0.72	0.69	0.72	0.71
		09	-	-	0.69	0.74	0.71	0.72
		10	-	-	0.76	0.79	0.78	0.77
	10 鳥類健康度指標 成鳥捕獲率	09						136.2
	10						77.5	
成幼鳥比例	09						0.27	
	10						0.41	

*: 2008 和 2010 調查 6min; 2009 調查 3min。

外部指標

指標名稱	變量	年份	
11 水庫開發程度	裸露地百分比	04	3.4%
		07	8.1%
		08	31.0%
12 狩獵壓力	狩獵跡象	09	6 次，2 次槍聲、2 次遭遇獵人還有 2 次獸夾記錄
		10	春節時有聽見槍響 1 次。其餘時間只在水庫管理範圍外有回報狩獵狀況。
13 劇烈天候次數	颱風次數	08	6 個颱風，警報發佈報數 124
		09	4 個颱風，警報發佈報數 99
		10	5 個颱風，警報發佈報數 80

表 7. 2010 年復育區紅外線照相紀錄物種隻次統計

樣區相機編號	No.1	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.9-2	No.9-3	No.10	No.10-2	總計	OI
工作時數(hr)	7462	7662.4	4172.9	7683	8160	8425	2567	6819.7	1798	6911	5277.08	66937.8	
有效動物隻數	66	80	23	70	49	16	2	41	1	68	36	452	
臺灣獼猴 (<i>Macaca cyclopis</i>)	21	17	3	11	10	2		2	1	16	14	97	1.45
臺灣野兔 (<i>Lepus sinensis</i>)	1	9		8	19					1		38	0.57
臺灣彩蝠(<i>Kerivoula sp.</i>)		2						2				4	0.06
白鼻心 (<i>Paguma larvata</i>)	7	2	1	2		2		1		9		24	0.36
食蟹獾 (<i>Herpestes urva</i>)	1	2									3	6	0.09
鼬獾 (<i>Melogale moschata</i>)	15	15	12	30	7	3	1	12		1		96	1.43
臺灣野豬 (<i>Sus scrofa</i>)										1	2	3	0.04
赤腹松鼠 (<i>Callosciurus erythraeus</i>)	1	11			3			11		26		52	0.78
臺灣刺鼠 (<i>Niviventer coxingi</i>)	4	2		8	4			4		10		32	0.48
臺灣山鷓鴣 (<i>Arborophila crudigularis</i>)		2										2	0.03
竹雞 (<i>Bambusicola thoracicus</i>)	2				3			3				8	0.12
藍腹鵲 (<i>Lophura swinhoii</i>)				2	2	1	1	3		2	1	12	0.18
小白鷺(<i>Egretta garzetta</i>)											6	6	0.09
黑冠麻鷺 (<i>Gorsachius melanolophus</i>)	12	14	4	6	1	8		3		1	3	52	0.78
大冠鷺(<i>Spilornis cheela</i>)											1	1	0.01
鳳頭蒼鷹 (<i>Accipiter trivirgatus</i>)											5	5	0.07
珠頸斑鳩(<i>Streptopelia chinensis</i>)	2			1								3	0.04
翠翼鳩 (<i>Chalcophaps indica</i>)			2	1						1	1	5	0.07
臺灣紫嘯鶇(<i>Myiophoneus insularis</i>)			1									1	0.01
虎鶇(<i>Zoothera dauma</i>)		1										1	0.01
白腹鶇(<i>Turdus pallidus</i>)		2										2	0.03
小彎嘴 (<i>Pomatorhinus ruficollis</i>)		1		1								2	0.03

168

附錄 1. 伐竹與種樹復育措施的人事成本(a)、器材成本(b)與步驟流程(c.d.)。成本以每 0.1ha (或 200 株樹苗) 為單位。

a. 工作機會與人事成本

工作內容	工作份量	薪資/天	人	天	人-天	成本
伐竹處理						
目標竹叢的選定與標示	中等	1,250	1	1	1	1,250
伐除麻竹及現場整理	重	1,700	7	5	35	59,500
伐竹後的修飾與維護	稍重	1,500	2	1	2	3,000
總計					38	63,750
補植原生苗木						
栽植苗木收集	稍重	1,500	3	1	3	4,500
苗圃設置與培育(一個月)	輕	800	1	8	8	6,400
植栽作業(掘穴)	重	1,700	3	1	3	5,100
植栽作業(種植及搬運)	重	1,700	7	2	14	23,800
植栽作業(撫育)	稍重	1,500	1	1	1	1,500
總計					29	41,300

b. 器材成本

內容	器材	單位	成本	內容	器材	單位	成本
伐竹處理				補植原生苗木			
目標竹叢的選定與標示				栽植苗木收集			
	噴漆	1 罐	100		鏟子	2 把	400
	砍刀	1 把	250		圓鋤	1 把	400
伐除麻竹及現場整理					修枝剪	3 把	
	電鋸	具	9,900		塑膠軟盆	200 個	200
	電鋸保養維修	1 次	300		租車與油資		3,000
	鏈條	1 條	600	苗圃設置與培育			
	機油	5 罐	600		水電費	1 個月	700
	混合油	1 罐	500	植栽作業(掘穴)			
	汽油	4 公升	100		5 吋鋤頭	4 把	2,200
	汽油桶(8 公升裝)	1 具	80		十字鎬	2 把	900
	手工鋸子	4 把	800		鐮刀	2 把	200
	手套	5 雙	100	植栽作業(種樹及搬運)			
伐竹後的修飾與維護					租車與油資		1,000
	農藥(嘉磷塞)	1 罐	400				
	農藥(塗刷)	2 把	40				
	農藥(勺子)	2 具	40				
總計			13,810	總計			9,600

c. 伐竹流程步驟及注意事項

- 一、目標竹叢的選定與標示：由樣區劃定後，選擇所要處理之麻竹叢，以生長單叢密度高且單株數多者，或是影響其他闊葉樹生長者和形質為劣者優先伐除。被伐竹叢用削皮或噴漆標示，而標誌於麻竹叢上方向一致，以便作業者清楚且便於作業。於每年 10 月至 2 月份乾季時實施伐除，此時多數草本多為乾枯，可避免對原生育地過多之干擾。
- 二、伐除麻竹及現場整理：使用工具伐倒，伐除時由樣區下坡向上坡依序砍除，每株均須主幹分枝分離，並截取適當長度整齊放置於適當位置處，並整理散落區域之竹枝殘體。每次砍除後必須立即整理分枝，以免大量伐倒竹子整理困難。竹子伐倒方向應注意切口，且貼近地際植株節處，使生長機會降低，其倒向及伐倒後之位置，考量降低被壓林木之損害及與堆置棄竹之距離，以節省人力搬運時間和對林地之干擾。竹子應逐枝切除並整理，因竹林梢端多為糾纏，避免梢端捆綁成群，待支撐不力時，一併倒下，唯恐重力落下及橫枝節飛，傷及無辜。
- 三、伐竹後的修飾與維護：竹叢砍除後，可再進行切口修飾，避免留下過長竹節若因下雨累積雨水，造成病媒蚊滋生。選擇施用農藥嘉磷塞，以塗抹方式直接處理竹體，嘉磷塞為對於禾本科植物效果較佳之除草劑，可降低藥劑對環境的影響程度，1 至 2 次塗抹於植株切口，以加速後續造林作業或復育措施，若不施用藥物，則待伐除竹叢每二星期，加以工時，重覆再將其所新生長的竹芽再予以清除，直至原竹叢之能量消耗迨盡為止。塗藥後，竹叢尚未死亡，仍然會有新芽長出，須約每個月固定清除及塗抹農藥，使其加速死亡。

d. 種植原生苗木執行流程步驟及注意事項

- 一、栽植苗木之蒐集：採用當地原生闊葉樹苗木，作業前須對作業人員進行作業訓練，包含原生苗木鑑識及挖掘注意事項等。挖掘時保持根系與其周圍土壤完整性以提高存活率，且避免於同一母株下將苗木挖掘殆盡。取苗後即置入塑膠容器內，搬運至苗圃再以當地苗圃土壤將塑膠容器填實，區分種類排至整齊，以方便估算苗木數量。
- 二、苗圃設置：本試驗臨時苗圃設置於當地果園農地內，除節省遮蔭費用，並可與當地村民合作。若於開闊之苗圃地，則需搭置紗網等降低陽光照射量，隨苗木長大而改用透光率較大之材料。在夏天因陽光有時至少要用透光率約 75% 遮蔭網，避免日灼傷害。
- 三、苗木培育：育苗的土壤呈飽水狀態或太乾燥都會限制根系生長。當手持土壤時可感覺到濕氣且握緊時可形成土球，但以手指輕敲則會散開，即為適當水分狀態。澆水方法利用自動撒水器方式視土壤現況進行。育苗之土壤常含有大量雜草種子，移植後隨之發芽生長，應於雜草種子發芽後即連根拔起，避

免生長旺盛而影響苗木健康。且蒐集苗木至開始移植需要數個月時間，當苗木根系發展超出塑膠容器，必須進行斷根處理，以促進容器內之根系健全發展。育苗期間每隔一段時間應將塑膠容器移動或重新排列，同時淘汰不良或已死苗木。移植前進行斷水及日曬處理，使苗木習慣缺水及日曬狀態。將所需出栽之苗木移至光量較大之地，第一星期為每兩天澆水一次，第二星期則為每三天澆水一次，直到出栽前澆水使其溼潤，即可預備進行出栽作業。

四、栽植作業：選擇當地多樣的原生樹種種類進行植栽，選用 10 種以上當地原生或潛在植被類型之物種。苗木栽植距離密度一般在 2,500 株/ha 至 2,000 株/ha 之間，採三角形栽植方式。在移植至植樹地點前，可先就目的地點之環境狀況，包括坡度、坡面、山溝位置等，以適合之陽性、陰性樹種分別配置，腹地會較為空曠處可先選擇陽性物種，而原地樹種旁具遮陰處可栽種陰性樹種。栽植其方法採用掘穴栽植法，於梅雨季節左右完成，可於下雨時期充分溼潤穴洞。掘穴之深度與直徑需較苗木根系稍大。苗木垂直置入穴內後填平表土，再輕微提苗木使根系開展不盤結，再填入土壤，覆土壓緊後略低於周邊地面。苗木須穩定，栽植深度要適當，勿深植而使側根低於地面 10 cm，也勿過淺而使側根露出地表，否則造成根系生長不良。

五、苗木撫育：若栽植區的草本植物大量生長，應定期將苗木周邊位置的雜草適當清除，減少初期根系對資源的競爭。但不必完全移除。留下部份周圍草本根系生長不僅可保護土壤，避免雨水直接沖刷，並增加土壤保濕度，及降低土壤溫度上升所造成水分流失。

附錄 2. 各種生態指標作業流程

1. 植物指標 - 麻竹覆蓋度

依照每年 10 月攝得之正射化影像圖進行分析。計算時係將 1 ha 樣區劃分為 100 個 10 x 10 m 小方格，若小方格內麻竹覆蓋超過 80% 則將之歸類為麻竹林，並給予權重值為 1，而若為麻竹覆蓋度介於 20% 至 80% 之間，則將之歸類為混合林，給予麻竹覆蓋權重值為 0.5，其餘類型給予權重值 0。各樣區麻竹覆蓋度為前述權重值的總和。

2. 植物指標 - 闊葉林覆蓋度

依照每年 10 月攝得之正射化影像圖進行分析。計算時係將 1 ha 樣區劃分為 100 個 10 x 10 m 小方格，若小方格內闊葉林覆蓋超過 80% 則將之歸類為闊葉林，並給予權重值為 1，而若為闊葉林覆蓋度介於 20% 至 80% 之間，則將之歸類為混合林，給予闊葉林覆蓋權重值為 0.5，其餘類型給予權重值 0。各樣區麻竹覆蓋度為前述權重值的總和。並記錄每年種植的苗木數量，與存活率。

3. 植物指標 - 次生林演替分數

請參照「演替推估」之演替級分計算。

4. 植物指標 - 次生林歧異度

瞭解復育處理之後，地被層及喬木層歧異度逐年變化的趨勢。預期透過砍竹及栽植處理，逐步提高次生林歧異度，增加森林植物多樣性。方式為調查植物永久樣區內喬木層及地被層其種數及數量，進行 Shannon 多樣性指數分析。

5. 無脊椎動物 - 蛾類成蟲歧異度

曾經被用來做為指標生物的地表無脊椎動物主要有昆蟲和蜘蛛，昆蟲包括鞘翅目、鱗翅目和膜翅目。鱗翅目蛾類相變化對於森林影響極大，能量流動比所有其他動物總合為高 (Janzen 1988; Marquis and Whelan 1994)。此外，鱗翅目蛾類大部分能以定量方式來做燈光誘集而獲得資料，具便利及省時之優點。復育區之蛾類監測方式：於 4、6、8、10 月每月進行 1 次調查，於農曆月初 (1-7) 及月末 (24-30)，任選 2 天進行。將燈光誘集器放置在 8 個樣區的中心點，並於 19:30-20:00、20:30-21:00、21:30-22:00、22:30-23:00，4 個誘蟲效果最好時段進行誘集。燈光誘蟲器內放入乙酸乙酯。於隔天 7:30-9:00 蒐集將燈光誘集器中的昆蟲，統計蛾類成蟲數量與種類。

6. 無脊椎動物 - 昆蟲生物量

採集頻率與方式同蛾類成蟲歧異度。各樣區每次所誘得昆蟲，依秤量乾重 (精確至 0.1g)，每 1 樣區成蟲採合併測量，進行生物量 (biomass) 之分析。以定量採集方法所獲得的總數，秤其乾重量進行年間的比較。並挑出鱗翅目成蟲，各樣區鱗翅目成蟲乾重採合併測量。

7. 鳥類 - 鳥類族群密度

以固定半徑定點計數法 (point count) 進行樣區內鳥類族群密度調查，於 8 個樣區的中心點進行地查，另選檳榔園樣區及 3 個耕作中的麻竹林樣區 (C1、C2、C3) 作為比較樣點。於繁殖季 3 至 5 月，每 2 週 1 次，由 2 名調查員分別

由調查樣線的兩端對向而行。調查時間為日出前 15 min 至日出後 3 hr。每個樣點停留時間為 6 min，記錄停留時間內所看到或聽到的鳥種、數量、與調查者間的水平距離。距離分為 <30m，30~50m，>50m 三個間距，飛行而過或空中盤旋者亦記為 >50m。各樣區之鳥類密度僅以 30m 內之紀錄進行估算。密度計算公式如下： $D = n \times 10^4 / (\pi r^2 C)$ ，單位為每公頃隻數。其中 n 為特定基礎半徑內記錄的總隻數；r 為特定基礎半徑(m)，本計畫固定為 30m；C 則是調查次數。

7. 鳥類 - 保育類雉科相對密度

雉科鳥類是對森林依存性較高的類群，本計畫選用復育區內 2 種保育類雉科藍腹鵝 (*Lophura swinhoii*) 與臺灣山鷓鴣 (*Arborophila crudigularis*) 的相對密度做為監測指標。本研究採用紅外線自動照相機拍攝之張數，進行 OI 值 (Occurrence Index) 計算： $OI = \text{有效隻數} / \text{相機工作時數} \times 1000$ 。每樣區樣區至少架設 1 臺，總共架設 10 臺紅外線自動相機進行全年監測。此外，臺灣山鷓鴣雖不易目擊，但於繁殖季時公鳥會在定點進行鳴叫，因此適合在繁殖季時使用定點計數法進行密度估算。調查方法與密度估算同上述之固定半徑定點計數法，唯因山鷓鴣密度太低，此處採用 50m 內記錄之隻數進行密度估算。

9. 鳥類 - 森林性鳥種比例

為瞭解復育森林生態系的成效，以森林性鳥種數的變化作為監測指標，預期隨著闊葉林的演替成長，因食物或棲地增加，森林性鳥種數與比例也將提高。分析由定點計數法 (此處採 50m 以內紀錄之鳥種) 及紅外線自動照相機所得之鳥種資料，參考翟 (1977) 對於森林性鳥種之界定以及本計畫歷年之調查經驗，計算該樣區森林性鳥種比例如下： $\text{森林性鳥種數} / \text{全部鳥種數}$ 。

10. 鳥類 - 鳥類族群健康度

如整體棲地品質提升，族群繁殖狀況應更好。2009 年繫放調查樣區主要在 No.4-No.10 等 7 個試驗樣區內進行，調查時間為繁殖季 (3-9 月)。繁殖季每月進行 2 次調查，每次調查共架設 18 張霧網 (12m×4 層)，作業時間由天亮至天亮後 6 個小時；每次平均覆蓋於 7 個試驗樣區。藉由繫放所得資料，計算復育區整體鳥類成幼鳥比例作為繁殖狀況之指標。

11. 外部 - 水庫開發程度

依照每年 10 月攝得之正射化影像圖，分析水庫開發區中裸露地及草生地的比例，瞭解水庫區開發的進程，及推測對於復育區生物多樣性的可能影響。

12. 外部 - 狩獵壓力

在進行復育措施時，也應同時評估狩獵壓力的嚴重程度 (Peres 2000; Peres 2001; Cullen *et al.* 2000)。本計畫以訪談調查人員及當地居民，詢問其發現狩獵跡象的次數與狀況。藉以瞭解復育區整體及鄰近區域遭受狩獵壓力的程度。以發現狩獵跡象的次數及陷阱樣式，評估其影響的物種及範圍，以及對當地野生動物多樣性造成的影響。

13. 外部 - 劇烈天候次數

至中央氣象局颱風資料庫搜尋當年颱風個數及警報發布報數。

附錄 3. 廢棄竹林植群樣區環境因子

	樣區編號	地形位置	干擾程度	海拔	水份指數	坡度	方位
無患子—白匏子型	6	2	3	278	16	10	20
	7	1	3	331	16	20	10
	9	2	2	384	13	35	62
	11	4	2	154	12	17	340
	12	2	3	208	3	30	176
	13	1	2	215	4	22	251
	14	1	1	302	1	5	220
	15	2	1	267	14	15	0
	19	1	3	296	10	35	316
	20	3	3	319	13	30	60
	21	3	3	313	11	27	84
	25	2	3	279	13	35	74
	26	3	3	407	8	25	290
	27	1	3	405	6	37	260
	28	2	3	433	14	35	0
	29	4	3	223	16	20	20
	30	4	3	265	12	13	340
31	4	3	263	10	15	310	
32	3	3	242	14	12	0	
咬人狗—菲律賓榕型	1	4	2	201	13	27.5	70
	2	2	3	255	16	35	20
	3	4	2	209	11	24	90
	4	3	3	249	13	32	60
	5	4	2	228	12	16	340
	8	4	3	227	16	25	8
	10	4	3	368	15	30	40
	16	2	1	279	16	15	20
	17	3	2	230	14	15	350
	18	4	1	175	12	18	340
	22	4	3	225	14	25	10
	23	4	3	213	15	26	40
	24	3	3	315	10	12	310
	33	3	3	230	6	10	260
34	4	3	245	16	18	20	

附錄 4. 2010 年復育區及鄰近地區鳥類名錄

中名	學名	特有種/亞種	保育等級
雉科	Phasianidae		
臺灣山鷓鴣	<i>Arborophila crudigularis</i>	特有種	III
竹雞	<i>Bambusicola thoracicus</i>	特有亞種	
藍腹鵝	<i>Lophura swinhoii</i>	特有種	II
鷺科	Ardeidae		
小白鷺	<i>Egretta garzetta</i>		
黑冠麻鷺	<i>Gorsachius melanolophus</i>		
鷹科	Accipitridae		
大冠鷲	<i>Spilornis cheela</i>	特有亞種	II
鳳頭蒼鷹	<i>Accipiter trivirgatus</i>	特有亞種	II
秧雞科	Rallidae		
灰腳秧雞	<i>Rallina eurizonoides</i>	特有亞種	
燕鴿科	Glareolidae		
燕鴿	<i>Glareola maldivarum</i>		III
鳩鴿科	Columbidae		
珠頸斑鳩	<i>Streptopelia chinensis</i>		
翠翼鳩	<i>Chalcophaps indica</i>		
綠鳩	<i>Treron sieboldii</i>		
杜鵑科	Cuculidae		
中杜鵑	<i>Cuculus saturatus</i>		
鴟鵂科	Strigidae		
黃嘴角鴟	<i>Otus spilocephalus</i>	特有亞種	II
雨燕科	Apodidae		
叉尾雨燕	<i>Apus pacificus</i>		
擬鴉科	Megalaimidae		
五色鳥	<i>Megalaima nuchalis</i>	特有種	
啄木鳥科	Picidae		
小啄木	<i>Dendrocopos canicapillus</i>		
八色鸚科	Pittidae		
八色鳥	<i>Pitta nympha</i>		II
鵝鵝科	Campephagidae		
灰喉山椒鳥	<i>Pericrocotus solaris</i>		
伯勞科	Laniidae		
紅尾伯勞	<i>Lanius cristatus</i>		III
黃鸝科	Oriolidae		
朱鸝	<i>Oriolus traillii</i>	特有亞種	II
卷尾科	Dicruridae		
小卷尾	<i>Dicrurus aeneus</i>	特有亞種	
王鷓科	Monarchidae		
黑枕藍鷓	<i>Hypothymis azurea</i>	特有亞種	
鴉科	Corvidae		
樹鴉	<i>Dendrocitta formosae</i>	特有亞種	
燕科	Hirundinidae		
家燕	<i>Hirundo rustica</i>		
洋燕	<i>Hirundo tahitica</i>		
樹鷺科	Cettiidae		

短翅樹鶯	<i>Cettia diphone</i>		
棕面鶯	<i>Abroscopus albogularis</i>		
鶇科	Pycnonotidae		
白環鸚嘴鶇	<i>Spizixos semitorques</i>	特有亞種	
白頭翁	<i>Pycnonotus sinensis</i>	特有亞種	
紅嘴黑鶇	<i>Hypsipetes leucocephalus</i>	特有亞種	
柳鶯科	Phylloscopidae		
黃眉柳鶯	<i>Phylloscopus inornatus</i>		
極北柳鶯	<i>Phylloscopus borealis</i>		
鶯科	Sylviidae		
粉紅鸚嘴	<i>Paradoxornis webbianus</i>	特有亞種	
鶇科	Muscicapidae		
白腰鶇	<i>Copsychus malabaricus</i>	外來種	
白尾鶇	<i>Cinclidium leucurum</i>	特有亞種	III
鶇科	Turdidae		
臺灣紫嘯鶇	<i>Myophonus insularis</i>	特有種	
虎鶇	<i>Zoothera dauma</i>		
白腹鶇	<i>Turdus pallidus</i>		
畫眉科	Timaliidae		
大彎嘴	<i>Pomatorhinus erythrocnemis</i>	特有亞種	
小彎嘴	<i>Pomatorhinus ruficollis</i>	特有亞種	
山紅頭	<i>Stachyris ruficeps</i>	特有亞種	
頭烏線	<i>Alcippe brunnea</i>	特有亞種	
繡眼畫眉	<i>Alcippe morrisonia</i>	特有亞種	
綠畫眉	<i>Yuhina zantholeuca</i>		
綠繡眼	<i>Zosterops japonicus</i>		
鶇鶇科	Motacillidae		
灰鶇鶇	<i>Motacilla cinerea</i>		
梅花雀科	Estrildidae		
白腰文鳥	<i>Lonchura striata</i>		

*分類依據中華民國野鳥學會發布之 2010 年臺灣鳥類名錄