

**140 湖山水庫及鄰近地區棲地復育及改善
方法試驗研究**

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：140

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：2013 年1 月1 日至 2013 年12 月31 日

計畫主持人：林瑞興

研究人員：鍾雨岑、宋心怡

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) 推估研究地區植物群落現況及其演替階段；(2) 瞭解麻竹林的自然更新狀況；(3) 主動移除麻竹 (*Dendrocalamus latiflorus*) 及補植原生樹種，建立監測指標，瞭解復育過程可能遭遇的困難；(4) 調查不同種類及試驗環境下之苗木生長狀況。研究及試驗範圍位於湖山水庫北側的「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，計畫自 2008 年執行至 2013 年已有不少重要成果。2013 年研究重點為不同種類苗木在次生林、竹林、伐竹環境的生存率與生長量。

本計畫於 2008-2009 年間試驗苗木共 8 種 900 棵，在 2013 年各樹種在不同環境中的存活率在 23 - 100% 之間，平均樹高變化在 -20 - 468cm 之間，冠幅增加量在 0 - 18.2m² 之間，多數種類苗木在栽植一年內存活情況將影響往後二至三年內的存活。在伐竹環境及竹林環境，軟毛柿 (*Diospyros eriantha*)、刺杜密 (*Bridelia balansae*) 及無患子 (*Sapindus mukorossii*) 具有高存活率但低生長量的特性；反之，稜果榕 (*Ficus septica*)、水同木 (*Ficus fistulosa*) 具有低存活率但高生長量的特性。軟毛柿及刺杜密能在次生林環境保持較高存活率，但其他樹種在次生林環境的生長量表現不佳。本計畫依據 8 種試驗苗木在不同環境下的生長狀況提出栽植建議，未來管理單位在規劃棲地復育時，可依照環境條件及目的選擇適合的樹種，並在栽植 1 年內加強撫育工作。

Abstract

The ongoing construction of the Hushan Reservoir dam in central-western Taiwan will inevitably result in the loss of wildlife habitats. The purpose of this study

proposes possible restoration strategies considering current habitat status and forest dynamics. 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 of felling Ma Bamboo and planting native saplings to accelerating the recovery. 8 species of seedlings were planted during 2008-2009. In 2013, the research focuses on seedling survivorship and growing in different plots. For seedlings under bamboo plantation and clear-cut area *Diospyros eriantha*, *Bridelia balansae* and *Sapindus mukorossii* have high survivorship and low growth rate. On the other hand, *Ficus septic* and *Ficus fistulosa* have low survivorship and high growth rate. *Diospyros eriantha* and *Bridelia balansae* can sustain under non-cut natural plantations while other species cannot. We suggested that proper species should be chose in forest restoration projects.

關鍵詞：湖山水庫、森林復育、生態補償

Key words: Hushan Reservoir, forest restoration, ecological compensation

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(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」為復育的主體，在瞭解當地演替過程及控制因子後，增加原生低海拔闊葉樹林的覆蓋面積，期望能增加森林性物種所需的核棲地面

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、能長久占據生育地、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。森林生態系的運作十分的複雜，監測指標應涵蓋不同層次與面向，包括棲地結構、物種多樣性與生態功能等都應考量，並顧及各類群的生物。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，並有易理解、易測量、能預測、對改變具敏感性、在相同環境間具有一致性等特點(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) 藉移除麻竹林及補植原生樹種，同時建立生態監測指標，以瞭解復育的成效與困難；(4) 調查不同處理環境下各試驗苗木生長狀況。

計畫自 2008 年執行至今，已有不少重要成果：(1) 利用演替趨勢圖(圖 2)建立適用於研究區域內之植物物種的演替分數，調查顯示「自然生態保留及復育區」植群演替階段處於初期與中期；(2) 於斗六丘陵進行植群調查，將當地植群分為：香楠-白孢子型、龍眼-血桐型、稜果榕-水同木型等 3 型(圖 3)，植群分型與地形及人為干擾有關(圖 4)。下坡溪谷植群的演替分數最高，稜線植群次之、中坡最低。中坡喬木層種數及小苗種數也低於另外兩型，推測多數樹種在中坡無法與麻竹競爭，此型林下以龍眼小苗數量最多，建議經營管理時在中坡處伐除麻竹及大徑級

龍眼，並補植適宜樹種；陵線及溪谷地形，因原生種小苗種類較多，僅移除麻竹競爭即可；(3) 2008-2009 年於 3 個 1ha 試驗樣區減少 0.2ha 麻竹林並補植原生樹苗(圖 5)，並建立 20 項各層面之生態指標架構，至 2012 年監測以地景覆蓋度、外來種植物覆蓋度、喬木層密度、喬木層種類數、鳥類密度、狩獵壓力等指標較能在短期內反應管理成效(圖 6)；(4) 於 2008-2009 年共種植 8 種 900 棵試驗苗木，進行存活率與生長量調查，發現伐竹樣區之苗木平均成長量高於其他試驗樣區，但苗木存活率略低。本(2013)年度研究重點在持續比較不同種類苗木在次生林、竹林、伐竹樣區的存活率與成長量。

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，為臺灣重要野鳥棲地之一(中華民國野鳥學會 2001)。主要屬林務局阿里山事業區第 61 至 73 林班，林務局於 2008 年公告為「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(圖 1)。區域內海拔高度多在 300m 以下，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)。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)。調查樣區位於湖山水庫北側的復育區，為 2008 年設置的 8 個 1ha(編號為 No.1、No.4 - No.10)試驗樣區(圖 5)。

(二) 主動更新試驗

麻竹對苗木影響之試驗

本研究為瞭解麻竹對於原生林木發育的影響，以及不同苗木之生長特性。於不同試驗環境(伐竹環境、麻竹林環境、次生林環境)栽植苗木，並測量苗木生長量變化差異情形。苗木收集原則為 2008 年 6 月至 10 月於湖山水庫及鄰近地區，採集同棵母樹下不超過 10 株而苗高介於 50-100 cm 的同種實生苗木，採後移植當地臨時苗圃培育。並於 2009 年 4 月及 2010 年 7 月，分批選出生長良好的苗木，共 8 種 900 株栽植。栽植地點分為伐竹環境、竹林環境及次生林環境等三種處理，伐竹環境為 2008 年 10 月至 2009 年 2 月及 2009 年 10 至 12 月麻竹叢清除後之開闢地，竹林環境為麻竹占 60% 以上面積之竹闊混合林，次生林環境則為麻竹潛在

影響範圍外之闊葉林。

兩批苗木分別於 2009 年 11 月及 2010 年 11 月進行第一次調查，之後每年 3 月及 9 月進行監測，直至 2013 年 9 月為止。除記錄存活狀況，並同時測量栽植苗木之地徑(若樹高 1.3 m 處直徑已>1 cm，即開始改測量胸徑)、樹高(地際至生長點之高度)、樹冠幅(樹冠投影面積)。徑級共分為七級，地徑分為 2.0cm 以下及 2.0cm 以上兩級，胸徑每 2.5cm 為一級分 5 級，第七級為胸徑 11cm 以上者。由於研究地區人車甚易抵達，苗木偶因工程、除草、採筍而遭砍斷，調查時若發現苗木主幹或側枝受砍伐而呈現切口整齊樣貌，即記錄為人為干擾。自 2010 年 11 月起，每株苗木測量其週邊環境數值包括：地際竹葉覆蓋厚度、光照等級(依樹冠受直射光及側面入射光照射面積占全樹冠面積百分比分為五級，等級越高受光照比例越高：第一級完全無光照，第二級樹冠有 20-40%側面入射光及少於 10%直射光，第三級樹冠有 40-60%頂端直射光，第四級樹冠超過 90%的直射光但側面入射光部分或完全遮蔽，第五級樹冠完全照到直射光及側面入射光)，並記錄苗木葉片上煤煙病之有無。

於存活率分析時即排除具人為干擾歷史之苗木，試驗苗木的存活率依照不同批次及種類分別進行統計並計算平均值，生長量則以平均值±標準誤(SE)表示。存活率為當次調查存活株數占該批次最初種植的比例，以卡方檢定存活率是否在三種環境處理間具有差異。生長量分析則在排除具人為干擾歷史之苗木後，僅分析最後 1 次調查時還存活的個體。樹高、冠幅、地徑及胸徑等，皆確認為常態分布後，以 ANOVA 分析苗木生長量是否存在環境間差異。環境因子與存活率分析，取種植後半年的環境數值與，半年至一年間的存活狀況進行簡單邏輯斯迴歸分析(simple logistic regression)。

四、結果與討論

麻竹對苗木影響

1. 存活率

自栽植起至 2013 年 9 月所有批次及種類的試驗苗木之存活率如表 1。2010 年栽種的軟毛柿、刺杜密及無患子，在三種環境下均可維持 70%以上的存活率，且三種環境下的存活率無顯著差異。2009 年栽植的水同木、香楠、稜果榕在三種環境下存活率皆低於或等於 60%，其中水同木及香楠在三種環境間的存活率有顯著差異或接近顯著差異，且兩種苗木在伐竹環境中有最高的存活率，但在次生

林環境則存活率最低；兩批稜果榕在三種環境下的存活率則無顯著差異。2009年栽植的菲律賓饅頭果及杜英在三種環境間的存活率有顯著差異，又以竹林環境的存活率最高，可達70%以上。而2009年栽植的菲律賓饅頭果及2010年栽植的杜英兩批苗木的死亡率，會受覆蓋苗木的竹葉厚度影響，竹葉覆蓋越厚死亡率越高，可見兩者雖然在竹林中存活率高，但竹葉依舊影響苗木死亡，此外2010年栽植的杜英，死亡率也因光照程度增加而降低。兩批次所有樹種苗木的短期死亡率與煤煙病較無相關(表3)。軟毛柿及刺杜密的存活曲線在年間呈現穩定趨勢，而無患子在竹林及次生林環境的存活率則持續微幅下降，其餘種類苗木在栽植一年內存活曲線快速下降，之後二至三年內在伐竹及竹林環境中的存活率多維持穩定，但在次生林環境則有存活率逐年下降的狀況(圖7)。

2. 生長量

自栽植起至2013年9月，所有批次及種類的試驗苗木之樹高增加量如表4。兩批次所有樹種在三種環境間的平均樹高增加量皆有顯著差異，而除了軟毛柿在伐竹與竹林環境的樹高增加量差異較小外，所有樹種在伐竹環境的樹高增加量皆顯著高於另外兩種環境。各批次苗木在不同環境的樹高增長情形不一，2009年栽植者在竹林環境的樹高增加量明顯高於次生林環境，但2010栽植者在竹林與次生林之間則無顯著差異。在伐竹環境中，兩批苗木皆以稜果榕的樹高增加量最多。竹林環境下則以2009年栽植的水同木增長最高、稜果榕次之，而2010年栽植者則以稜果榕增加量最高、軟毛柿次之。在次生林環境中，除了軟毛柿及2009年栽植的杜英略增0.5m以上外，其餘樹種各批次平均樹高增加量都在0.2m以下。樹高增長曲線，在伐竹環境中皆呈現穩定增加之趨勢。竹林環境中，除了2009年栽植的香楠在40個月後增長量逐漸減少，而2010年香楠樹高生長停滯之外，其餘種類苗木之高生長皆逐年略微增加，次生林環境中的苗木樹高增長曲線則平緩少有增長(圖8)。

自栽植起至2013年9月，所有批次及種類的試驗苗木之冠幅增加量如表5。所有樹種兩批苗木在三種環境間的平均冠幅增加量皆有顯著差異，且伐竹環境增加量顯著高於次生林環境。在伐竹環境中，2009年栽植的所有樹種平均冠幅增加量都在 5m^2 以上，2010年栽植者則增加 0.5m^2 以上，而次生林環境中平均冠幅增加量皆不超過 0.5m^2 。兩個批次在三種環境的平均增加量又皆以稜果榕平均冠幅增加最多而香楠增長最少。冠幅成長曲線，可從伐竹環境看出水同木、香楠及杜英呈現夏季成長較快、冬季較慢的季節性變化，而稜果榕則較無冠幅成長的季

節差異(圖 9)。

最後一次調查之兩批次所有樹種的徑級分布整理如表 6，徑級分布如圖 10。所有樹種兩批苗木在三種環境間的徑級皆有顯著差異，且伐竹環境顯著高於次生林環境。2009 年栽植者除稜果榕外，其餘在伐竹環境與竹林環境之徑級並無差異；竹林與次生林的苗木，除水同木在兩環境下的增加量差異較不明顯，其餘皆具有顯著差異。2010 年栽植者，在伐竹環境與竹林環境的苗木徑級有差異，而竹林環境與次生林環境的苗木所表現出的徑級則較為相似。兩批次苗木皆顯示在伐竹環境中有較高的徑級，又以 2009 年栽植的稜果榕徑級最大，而次生林環境中所有樹種則普遍維持在最低徑級。

3. 綜合討論

所有苗木的生長量以伐竹環境最高，栽植後苗木在開闊的伐竹林地面臨曝曬以及雜草藤蔓競爭，造成第一年內苗木大量死亡。在伐竹及竹林環境中，栽植後一年內的存活率將影響往後二至三年的存活表現，三年後若環境無劇烈變化則存活狀況維持穩定。研究樣區內鬱閉度較高的竹林，苗木栽植後一到兩年面臨竹林環境的不適應而存活率下降，但在研究進行第三年後，竹叢開始呈現老化現象，枯死倒塌後產生許多開闊孔隙使林下光度增加，且後期竹葉覆蓋與煤煙病逐漸減少，以致二到三年後有些苗木的生長狀況與伐竹環境苗木幾無差異。此現象與亞熱帶森林，竹類抑制林下苗木密度及形質生長，直至開花枯亡一年後當地的苗木地徑及高度才明顯增加的情況相似(Budke et al. 2010；Montti et al. 2011)。次生林長期鬱閉，苗木存活率多呈逐年下降情況，林下苗木往往呈現矮小狀態，所有苗木徑級皆以次生林最小。

稜果榕較不受環境影響，能在三種環境下展現明顯的高度及冠幅生長。水同木與軟毛柿分別屬於中度耐陰及耐陰樹種(郭等 2011)，在竹林及次生林環境下展現良好高度增長。有研究指出香楠在森林孔隙生長情況良好，在高光或低光環境下存活率會大幅下降(張等 2011)，或許是本研究所栽植的香楠苗木較難適應當地次生林環境，以及初期在伐竹環境下死亡率高的原因。菲律賓饅頭果及杜英屬於陽性至中度耐陰樹種，難以在低光下生長(郭等 2011)，因此苗木雖然適應竹林環境而展現高存活率，但若竹葉覆蓋太多或冠層鬱閉使苗木所能受到的光照比例降低，仍是造成其苗木死亡的影響因子。

8 種植物因分屬不同耐陰程度，對生育環境條件要求各異，因此在選擇棲地改善之樹種時，應依照現地條件與需求加以挑選(表 7)。面對開闊環境的強烈光

照或鬱閉環境的陰暗低光，栽植初期除了仰賴苗木本身對環境的耐受度，人為介入清除雜草與藤蔓覆蓋也相當重要，以減少苗木競爭並維持後期苗木存活率。竹林環境於研究開始後，前兩年鬱閉狀態近似次生林，但從第二年之後竹叢陸續枯亡產生孔隙，使苗木存活率漸與伐竹環境相近，因此研究初期伐除林地竹類，使林地取得足夠的光照，某方面可促進竹林下的苗木至少一年的樹高及冠幅生長量，顯示伐竹處理有其一定的功效。

五、結論與建議

1. 無竹林存在的開闊復育基地，栽植初期人為介入清除雜草與藤蔓覆蓋相當重要，藉此增加苗木競爭力及存活率。原生苗木及栽植苗木，後期會因樹冠逐漸成長，彼此之間產生資源競爭。建議苗木栽植後的3年內，持續進行除蔓及除草撫育以確保存活率。存活良好的苗木枝葉逐漸擴展，並加入當地資源競爭行列，未來出現自我疏伐情況亦屬自然現象，往後不建議進行疏伐管理。
2. 復育基地的竹類對當地植群具有一定影響，因此若能在初期伐除林地竹類，使苗木得到足夠光照，將可促進林下苗木至少一年的樹高及冠幅生長量，有助與草灌木的競爭力。
3. 8種試驗苗木在不同試驗區的存活率、生長量結果顯示，能快速增加地徑、高生長或冠幅的樹種，較能與開闊地的其他樹種、雜草與灌木藤蔓競爭；生長緩慢卻能耐遮蔭與病害的樹種，則適合種植鬱閉的復育基地，或作為補充冠層樹種的儲備植栽。開闊或遮蔽環境中，各有存活率高而生長快慢各異的適合樹種，因此在規劃棲地復育時，可依照環境條件及其他考量，選擇適合復育基地之樹種，且存活率不宜作唯一評估成效指標，應再加入生長量加以檢視。
4. 紅外線相機監測影像顯示常有犬隻在復育區中活動，與野生動物活動範圍重疊，建議未來對於庫區內犬隻問題，擬定方案，加強管理與宣導。

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。
- 張乃航、林欣德、陳國章、林元祥。2011。不同光照環境中生長之三種闊葉樹幼苗葉部結構變化。2011森林資源保存與利用研討會論文集。
- 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。
- 郭耀綸、陳海琳、葉慶龍。2011。臺灣原生闊葉樹種光合潛力與其天然更新苗光環境的關係。2011森林資源保存與利用研討會論文集。
- 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。
- Budke, J. C., M. S. Albert, C. Zanardi, C. Baratto, and E. M. Zanin. 2010. Bamboo dieback and tree regeneration responses in a subtropical forest of South America. *Forest Ecology and Management* 260 (8): 1345-1349.
- 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 and 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-firme 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. Qisher. 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. Q. 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.
- Montti, L., P. L. Campanello, M. G. Gatti, C. Blundo, A. T. Austin, O. E. Sala, and G. Goldstein. 2011. Understorey bamboo flowering provides a very narrow light window of opportunity for canopy-tree recruitment in a neotropical forest of Misiones, Argentina. *Forest Ecology and Management* 262: 1360-1369.
- 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.

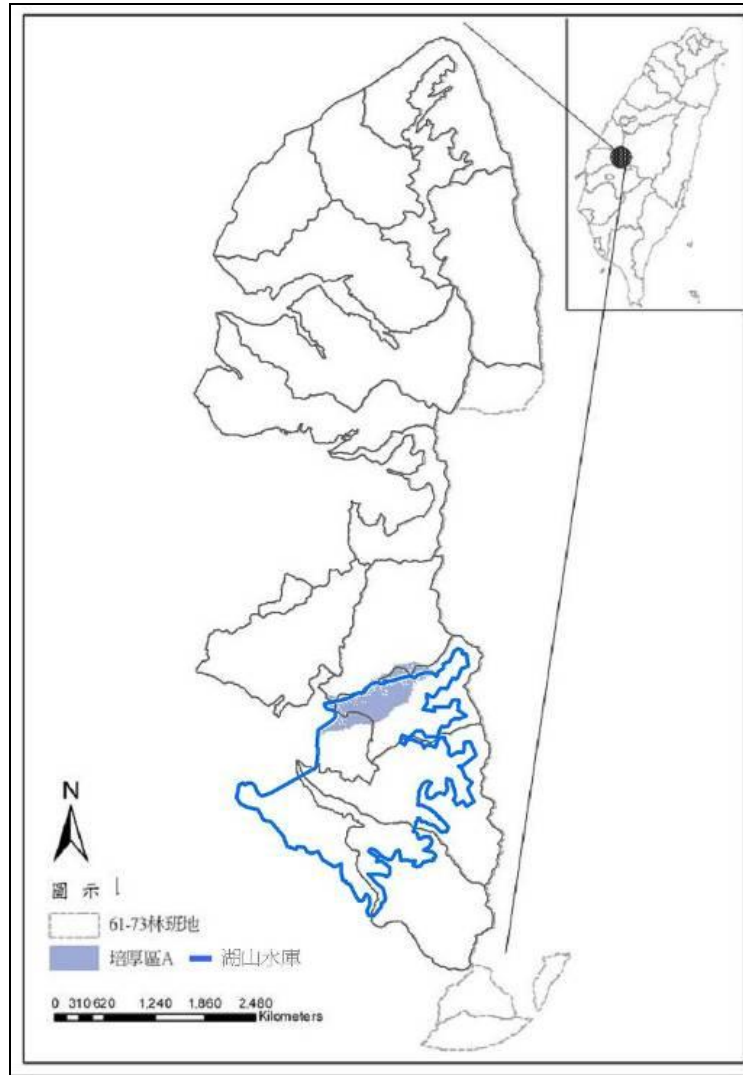


圖 1. 湖山水庫及鄰近地區棲地復育及改善方法試驗之研究範圍，「培厚區 A」為「自然生態保留與復育區」之舊稱。

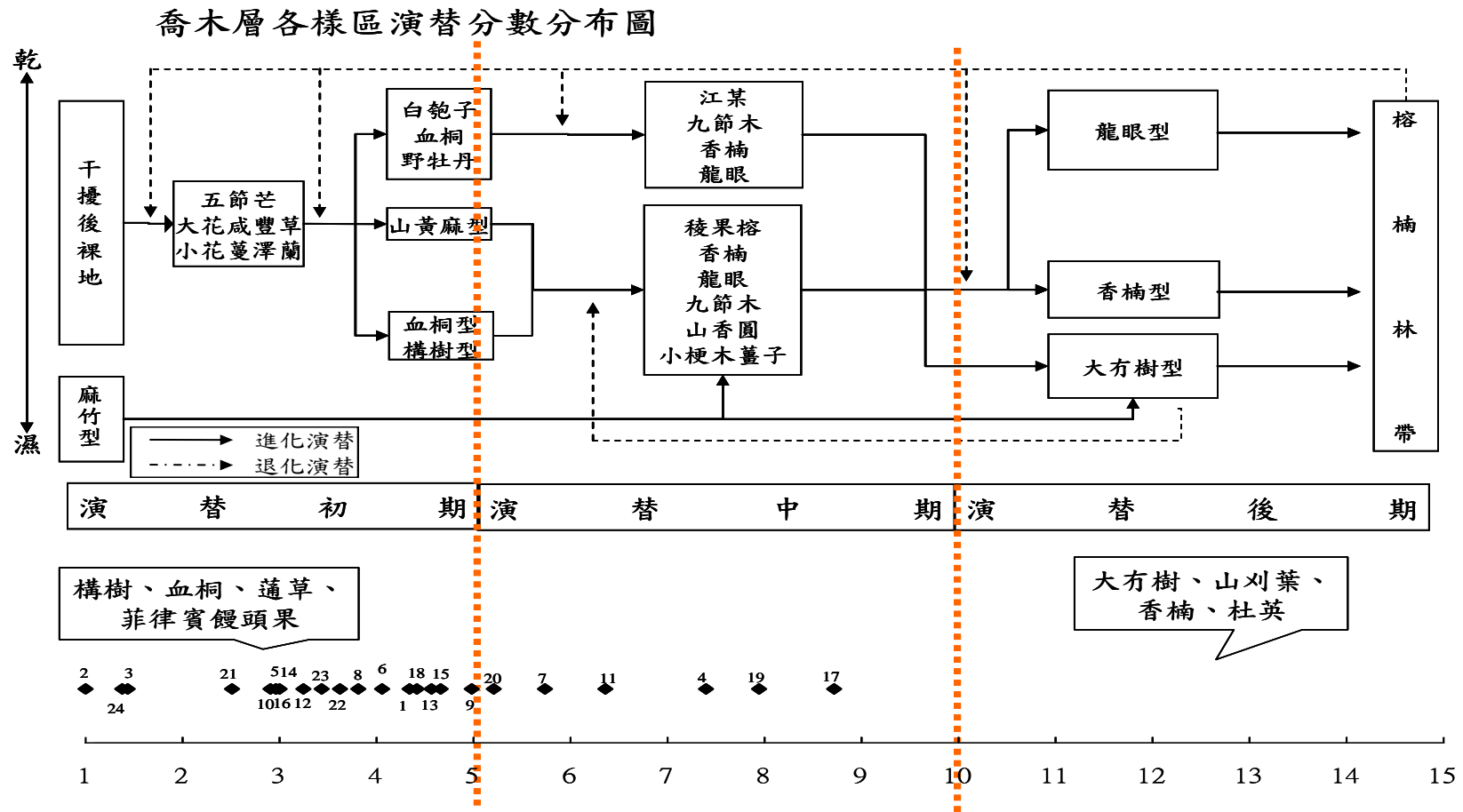


圖 2. 斗六丘陵喬木層演替推估圖及演替現況。下方橫軸為演替分數(1-15 分)，分數越高表示演替越接近後期，上方的黑點為 2009 年復育區中植物永久樣區所在之演替階段。

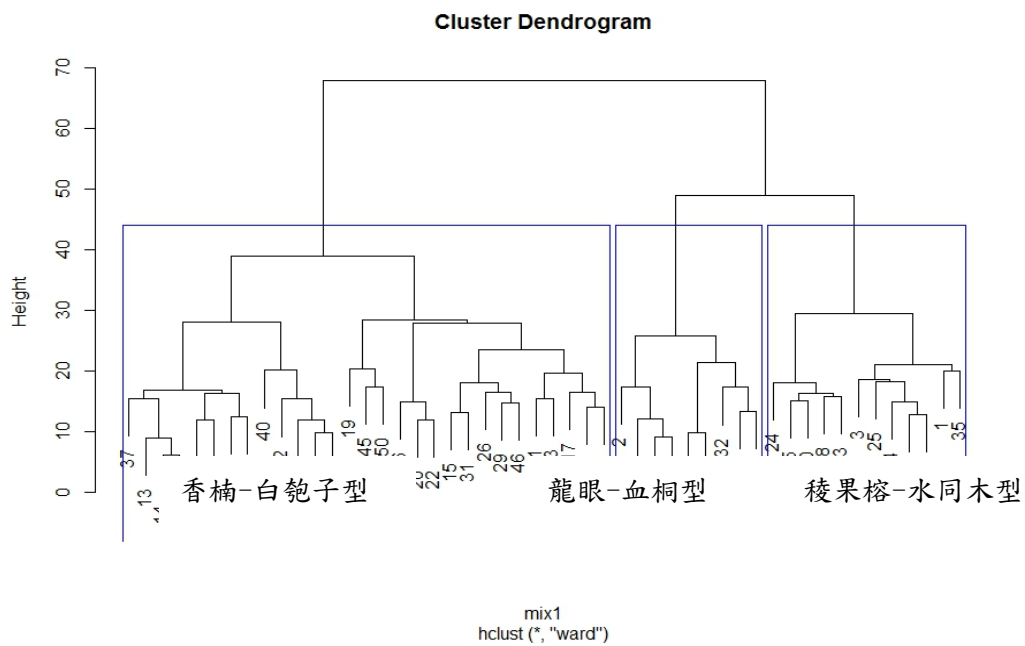


圖 3. 斗六丘陵廢棄麻竹林(n=35)及次生林(n=15)整合之植群群團分析樹狀圖。

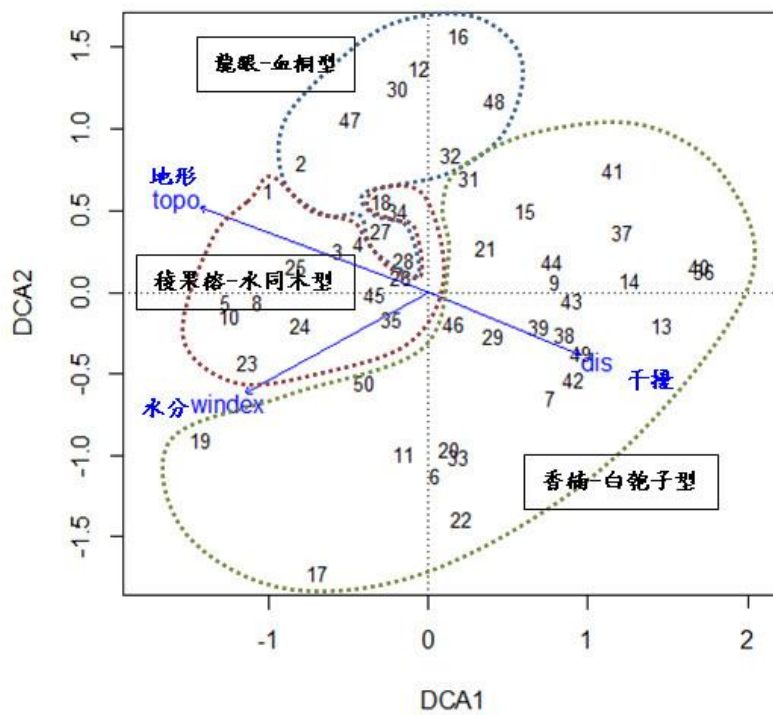


圖 4. 斗六丘陵廢棄麻竹林(n=35)及次生林(n=15)樣區整合，與環境因子變異在 DCA 序列軸上之分布。

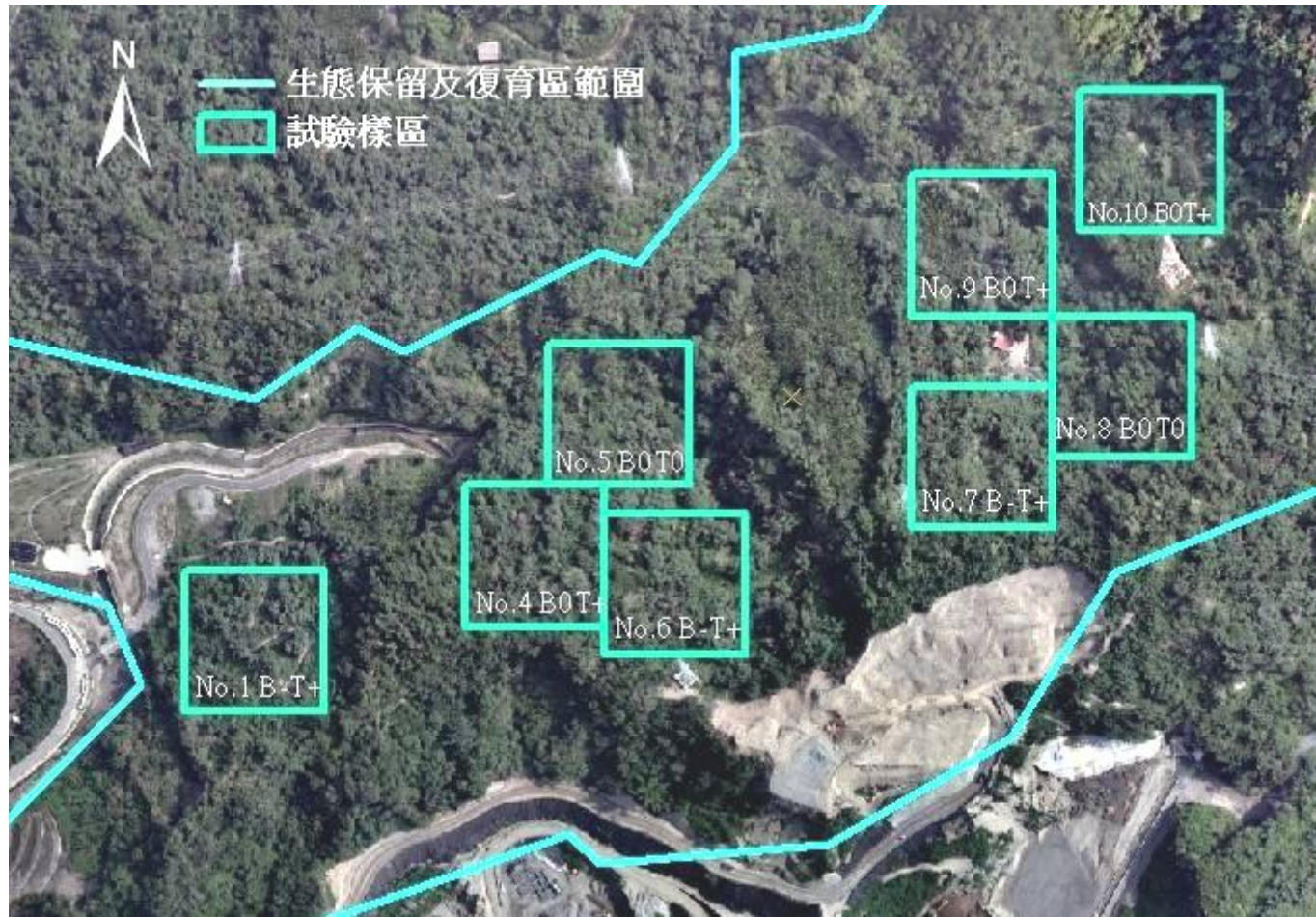


圖5. 湖山水庫自然生態保留與復育區中8個1ha試驗樣區之分布圖。No.1-No.10為該試驗樣區編號；各種操作處理代號的意義為B-降低麻竹密度，及B0不處理麻竹；T+種樹、T0不種樹。底圖為2009年庫區航照圖。

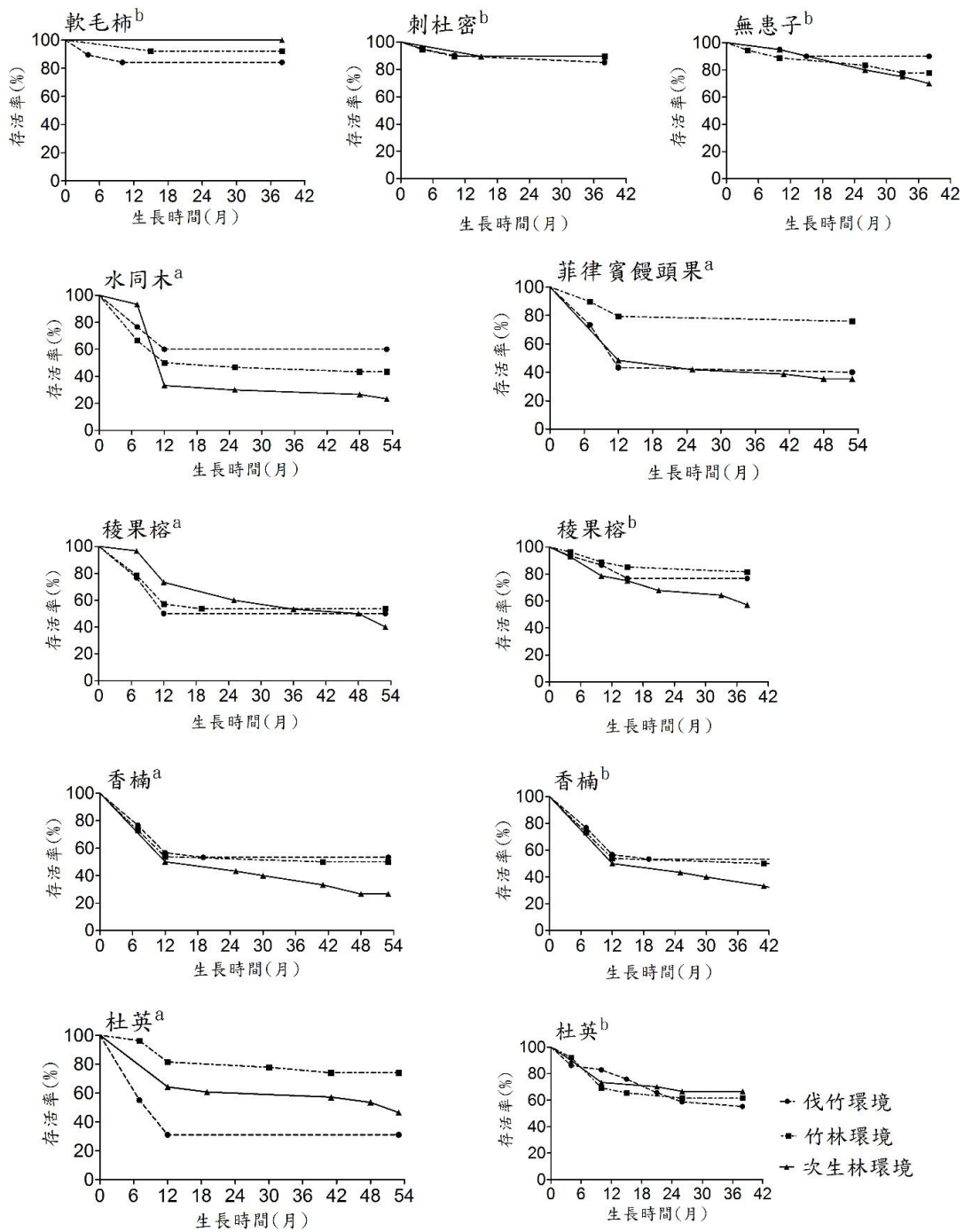


圖 7. 自栽植起至 2013 年 9 月，不同批次的試驗苗木的存活曲線。樹種右上方英文字母為栽植時間：a：2009 年 4 月；b：2010 年 7 月。

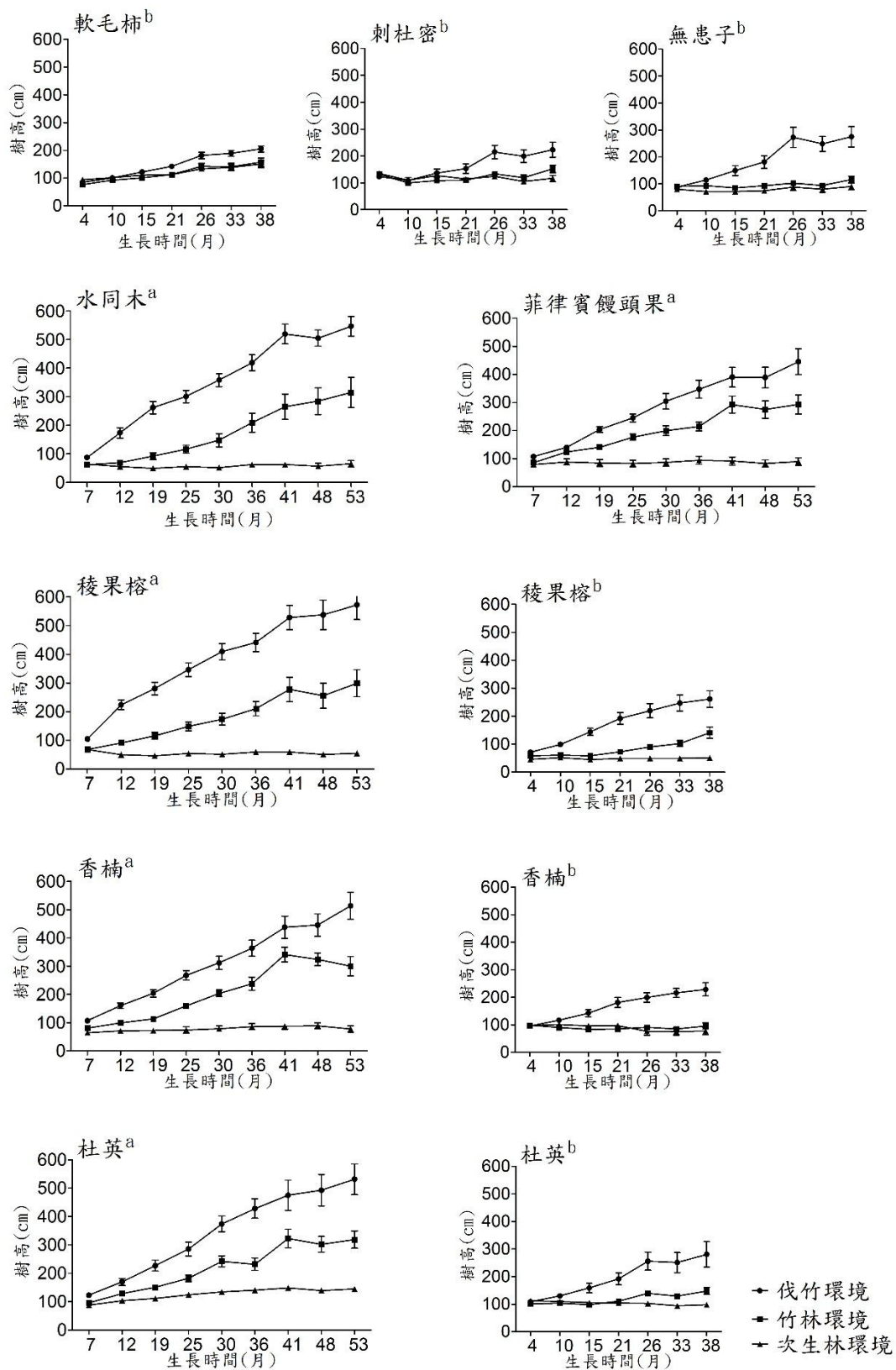


圖 8. 自栽植起至 2013 年 9 月，不同批次的試驗苗木的平均樹高。樹種右上方英文字為栽植時間：a：2009 年 4 月；b：2010 年 7 月。

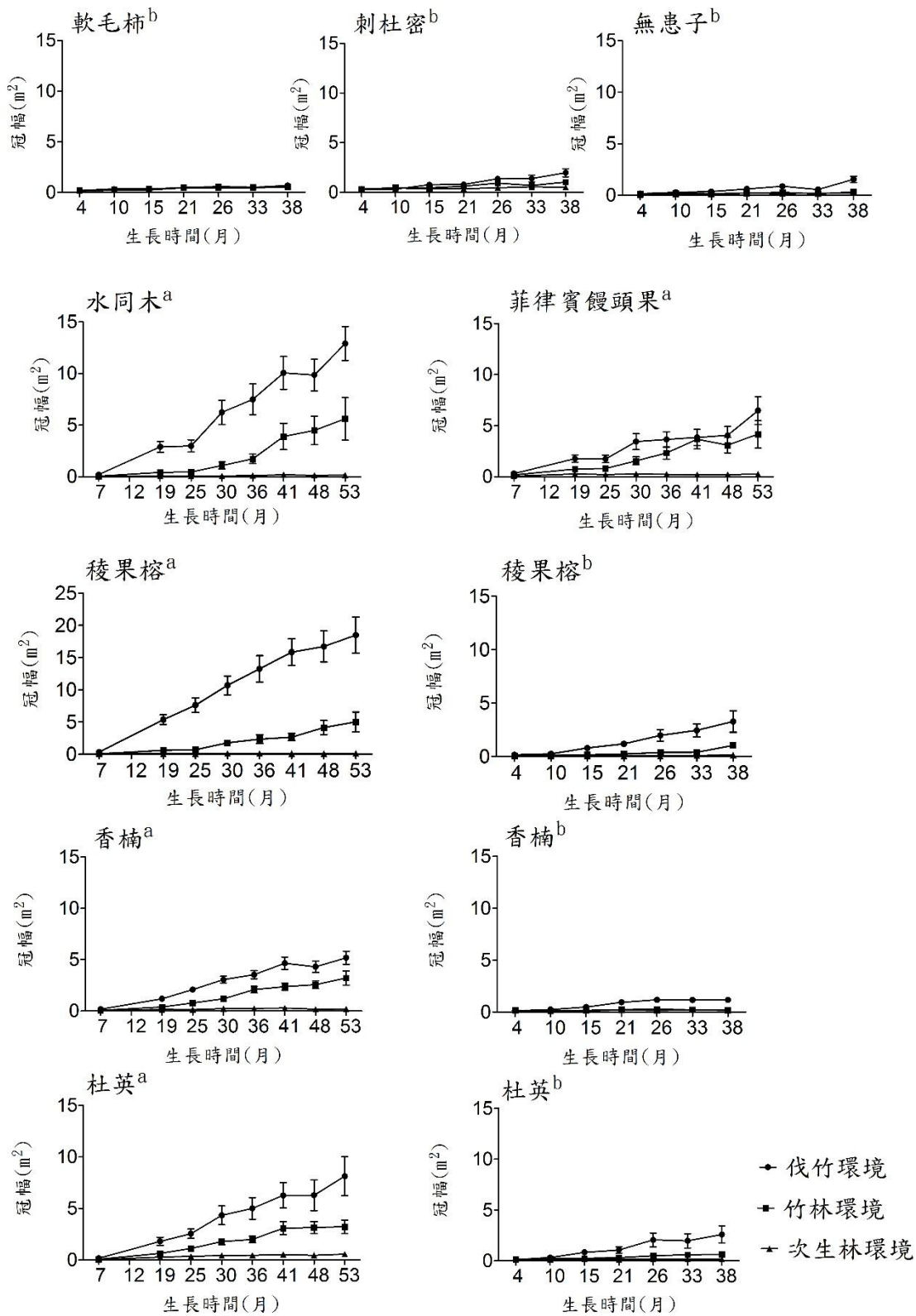


圖 9. 自栽植起至 2013 年 9 月，不同批次的試驗苗木的平均冠幅。樹種右上方英文字母為栽植時間：a：2009 年 4 月；b：2010 年 7 月。

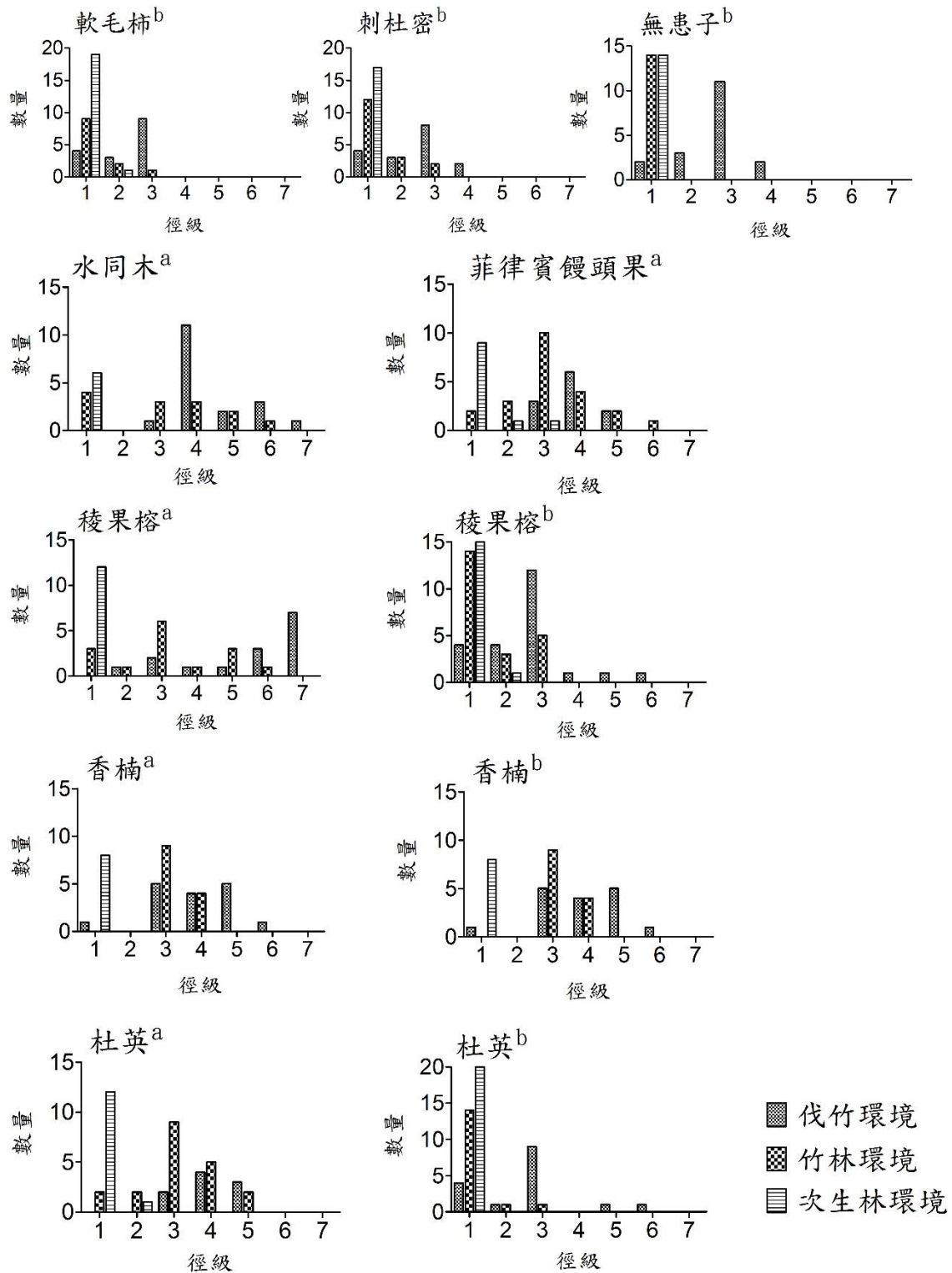


圖 10. 2013 年 9 月最後一次苗木調查，不同批次的試驗苗木的徑級分布。樹種右上方英文字母為栽植時間：a：2009 年 4 月；b：2010 年 7 月。

表 1. 2009 年及 2010 年栽植試驗用苗木種類和數量，兩年合計栽種 8 種 900 棵。

樹種	學名	環境型態與栽植年份						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
稜果榕	<i>Qicus septica</i>	30	30	30	30	30	30	180
水同木	<i>Qicus qistulosa</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. 自栽植起至 2013 年 9 月不同種類、批次的試驗苗木，在三種試驗環境的存活率，並以卡方檢定檢測在環境間有無顯著差異。

種植時間	樹種	存活率% (n)			P-value
		伐竹環境	竹林環境	次生林環境	
2009 年 4 月	水同木	60 (30)	43 (30)	23 (30)	0.0158
	香楠	53 (30)	50 (26)	27 (30)	0.0784
	稜果榕	50 (30)	54 (28)	40 (30)	0.5589
	菲律賓饅頭果	40 (30)	76 (29)	35 (31)	0.0031
	杜英	31 (29)	74 (27)	46 (28)	0.0051
2010 年 7 月	無患子	90 (20)	78 (18)	70 (20)	0.2901
	刺杜密	85 (20)	89 (19)	89 (19)	0.2471
	軟毛柿	84 (19)	92 (13)	100 (20)	0.1808
	稜果榕	77 (30)	81 (27)	57 (28)	0.1019
	香楠	63 (27)	83 (30)	33 (27)	0.0006
	杜英	59 (29)	62 (26)	67 (30)	0.8117

表 3. 以 logistic regression 檢測苗木種植後半年到一年間的死亡與環境因子的關連性。

樹種	光照		竹葉厚		煤煙病	
	P-value	95% Odds ratio	P-value	95% Odds ratio	P-value	95% Odds ratio
水同木	0.11	0.997-1.029	0.18	0.9-1.744	0.97	0.276-3.811
杜英	0.32	0.974-1.008	0.13	0.712-2.058	0.22	0.566-11.685
香楠	0.35	0.992-1.024	0.76	0.799-1.358	0.32	0.079-2.294
菲律賓饅頭果	0.43	0.797-1.009	0.06	0.978-2.687	0.17	0.067-1.629
稜果榕	0.30	0.799-1.007	0.67	0.807-1.398	0.98	0.233-4.107
第一批全部	0.89	0.993-1.006	0.01	1.046-1.399	0.18	0.325-1.232
杜英	0.01	0.194-0.833	0.02	1.025-1.416	0.98	0.001-999
刺杜密	0.47	0.461-5.397	0.36	0.875-1.446	-	-
香楠	0.16	0.266-1.244	0.81	0.780-1.216	0.98	0.001-999
軟毛柿	0.91	0.001-999	0.94	0.001-999	0.98	0.001-999
無患子	0.87	0.351-2.440	0.91	0.648-1.469	0.97	0.001-999
稜果榕	0.79	0.473-1.773	0.21	0.534-1.144	-	-
第二批全部	0.08	0.542-1.040	0.23	0.963-1.168	0.98	0.001-999

表 4. 自栽植起至 2013 年 9 月不同種類、批次的試驗苗木，在三種試驗環境的樹高增加量，以 one-way ANOVA 檢測如有顯著差異，則以 Tukey's multiple comparison test 檢測，相同字母代表在環境間無顯著差異(P>0.05)。

種植時間	樹種	樹高增加量(cm) Mean ± S.E (n)			P-value
		伐竹環境	竹林環境	次生林環境	
2009 年 4 月	稜果榕	468.3 ± 45.7 ^a (15)	231.2 ± 47.6 ^b (15)	-13.3 ± 6.5 ^c (12)	<0.0001
	水同木	439.1 ± 25.1 ^a (18)	268.4 ± 37.3 ^b (13)	-1.4 ± 7.9 ^c (7)	<0.0001
	杜英	408.4 ± 52.1 ^a (9)	222.5 ± 32.1 ^b (20)	56.8 ± 7.6 ^c (13)	<0.0001
	香楠	406.8 ± 45.1 ^a (16)	219.5 ± 36.1 ^b (13)	13.0 ± 7.8 ^c (8)	<0.0001
	菲律賓 饅頭果	338.4 ± 42.5 ^a (12)	207.2 ± 33.4 ^b (22)	10.6 ± 15.1 ^c (11)	<0.0001
2010 年 7 月	稜果榕	190.0 ± 29.2 ^a (23)	82.3 ± 21.2 ^b (22)	5.3 ± 8.3 ^b (16)	<0.0001
	杜英	171.6 ± 44.6 ^a (16)	47.2 ± 14.7 ^b (16)	-14.7 ± 8.4 ^b (20)	<0.0001
	刺杜密	100.4 ± 29.3 ^a (17)	19.4 ± 13.2 ^b (17)	-18.4 ± 9.1 ^b (17)	0.0003
	無患子	187.1 ± 35.4 ^a (18)	25.9 ± 12.0 ^b (14)	10.1 ± 12.7 ^b (14)	<0.0001
	香楠	133.2 ± 22.5 ^a (17)	-2.4 ± 10.8 ^b (25)	-20.0 ± 16.7 ^b (9)	<0.0001
	軟毛柿	120.2 ± 8.7 ^a (16)	80.8 ± 12.3 ^{ab} (12)	56.8 ± 7.6 ^b (20)	0.0005

表 5. 自栽植起至 2013 年 9 月不同種類、批次的試驗苗木，在三種試驗環境的冠幅增加量，以 one-way ANOVA 檢測，如有顯著差異，則以 Tukey's multiple comparison test 檢測，相同字母代表冠幅增加量在環境間無顯著差異 (P>0.05)。

種植時間	樹種	冠幅增加量(m ²) Mean ± S.E (n)			P-value
		伐竹環境	竹林環境	次生林環境	
2009 年 4 月	稜果榕	18.2 ± 2.8 ^a (15)	5.0 ± 1.5 ^b (15)	0.1 ± 0.0 ^b (12)	<0.0001
	水同木	12.7 ± 1.6 ^a (18)	5.5 ± 2.1 ^b (13)	0.1 ± 0.0 ^b (7)	0.0002
	杜英	8.0 ± 1.9 ^a (9)	3.1 ± 0.7 ^b (20)	0.5 ± 0.1 ^b (13)	<0.0001
	菲律賓 饅頭果	6.2 ± 1.3 ^a (12)	4.0 ± 1.3 ^{ab} (22)	0.2 ± 0.1 ^b (11)	0.0231
	香楠	5.0 ± 0.6 ^a (16)	3.1 ± 0.7 ^a (13)	0.2 ± 0.1 ^b (8)	<0.0001
2010 年 7 月	稜果榕	3.1 ± 1.0 ^a (23)	1.0 ± 0.3 ^{ab} (22)	0.1 ± 0.1 ^b (16)	0.0082
	杜英	2.5 ± 0.8 ^a (16)	0.5 ± 1.0 ^b (16)	0.0 ± 0.0 ^b (20)	0.0007
	刺杜密	1.7 ± 0.4 ^a (17)	0.7 ± 0.1 ^b (17)	0.2 ± 0.1 ^b (17)	0.0002
	無患子	1.4 ± 0.3 ^a (18)	0.2 ± 0.0 ^b (14)	0.2 ± 0.0 ^b (14)	<0.0001
	香楠	1.0 ± 0.2 ^a (17)	0.0 ± 0.0 ^b (25)	0.0 ± 0.1 ^b (9)	<0.0001
	軟毛柿	0.5 ± 0.0 ^a (16)	0.3 ± 0.1 ^{ab} (12)	0.3 ± 0.0 ^b (20)	0.0315

表 6. 自栽植起至 2013 年 9 月不同種類、批次的試驗苗木徑級中位數，以 Kruskal-Wallis test 檢測徑級分布，如有顯著差異，則以 Dunn's multiple comparison test 檢測，相同字母代表在環境間無顯著差異(P>0.05)。

種植時間	樹種	徑級(cm) Medium (n)			P-value
		伐竹環境	竹林環境	次生林環境	
2009 年 4 月	稜果榕	6 ^a (15)	3 ^b (15)	1 ^c (12)	0.0001
	水同木	4 ^a (18)	3 ^{ab} (13)	1 ^b (7)	<0.0001
	杜英	4 ^a (9)	3 ^a (20)	1 ^b (13)	<0.0001
	菲律賓饅頭果	4 ^a (12)	3 ^a (22)	1 ^b (11)	<0.0001
	香楠	4 ^a (16)	3 ^a (13)	1 ^b (8)	<0.0001
2010 年 7 月	稜果榕	3 ^a (23)	1 ^b (22)	1 ^b (16)	<0.0001
	杜英	3 ^a (16)	1 ^b (16)	1 ^b (20)	<0.0001
	刺杜密	3 ^a (17)	1 ^b (17)	1 ^b (17)	<0.0001
	無患子	3 ^a (18)	1 ^b (14)	1 ^b (14)	<0.0001
	香楠	3 ^a (17)	1 ^b (25)	1 ^b (9)	<0.0001
	軟毛柿	3 ^a (16)	1 ^{ab} (12)	1 ^b (20)	<0.0001

表 7. 依據本計畫試驗結果評估於伐竹、竹林及次生林環境依據不同考量所建議栽植之苗木種類。

樹種	存活率			生長量		
	伐竹環境	竹林環境	次生林環境	伐竹環境	竹林環境	次生林環境
軟毛柿	○	○	○	×	×	○*
刺杜密	○	○	○	×	×	
無患子	○			×	×	
稜果榕			×	○	○	
水同木		×	×	○	○	
杜英	×				○	○*
菲律賓饅頭果	×		×			
香楠		×	×			

○：建議栽植 ×：不建議栽植 ○*：未達建議栽植標準但屬生長量最好的苗木
評估標準(若苗木同時有兩批栽植者取等級最高的一批列入評分)

存活率級分：1. 60%以下；2. 60-80%；3. 80-100%

生長量級分：樹高級分 + 冠幅級分 + 徑級級分

樹高級分：1. 100cm 以下；2. 100-300cm；3. 300cm 以上

冠幅級分：1. 5 m² 以下；2. 5-10 m²；3. 10-15 m²；4. 15 m² 以上

徑級級分：1. 2 級以下；2. 3-5 級；3. 6 級以上

附錄 1. 地被層(<3m)植物演替級分參考。

0 分 -百香果、風車草、麻竹、平原菟絲子、木鼈子、刺竹、長穗木、洋落葵、美人蕉、美洲含羞草、馬櫻丹、瑪瑙珠、綠竹

1 分 -一枝香、大花咸豐草、大莞草、大黍、大葉金星蕨、大葉鴨跖草、大頭艾納香、小毛蕨、小花蔓澤蘭、山苦瓜、五節芒、毛西番蓮、火炭母草、加拿大蓬、光果龍葵、印度牛膝、地毯草、竹仔菜、艾納香、兩耳草、虎葛、金腰箭、青牛膽、青苧麻、青莧、青箱、垂果瓜、昭和草、紅腺懸鉤子、香澤蘭、倒地蜈蚣、剛莠竹、粗毛金星蕨、野牡丹、棕葉狗尾草、紫花藿香薊、菁芳草、菜欒藤、菟絲子、象草、酢醬草、碗仔花、落葵、漢氏山葡萄、臺灣何首烏、臺灣葛藤、銳葉牽牛、頭花香苦草、鴨跖草、龍葵、雞屎藤、藿香薊、鷓鴣蔓、升馬唐、多子漿果莧、虱母草、金午時花、長序木通、臭杏、葉下珠、臺灣青芋、臺灣蘆竹、槭葉牽牛、盤龍木

5 分 -三角葉西番蓮、三葉五加、千金藤、土防己、大青、大線蕨、山素英、山菅蘭、天門冬、月桃、木防己、毛玉葉金花、王瓜、冇骨消、全緣卷柏、地錦、地膽草、多花油柑、竹葉草、串鼻龍、求米草、芋葉括樓、走馬胎、波氏星蕨、虎婆刺、穿山龍、紅果薑、飛龍掌血、海金沙、密毛毛蕨、粗毛鱗蓋蕨、莎草、稀毛蕨、筆筒樹、絨毛芙蓉蘭、紫莖牛膝、絡石、華南苧麻、黑果馬絞兒、菝契、絹毛鳶尾、過山龍、過溝菜蕨、臺灣魚藤、臺灣紫珠、臺灣圓腺蕨、臺灣澤蘭、酸藤、德氏雙蓋蕨、熱帶鱗蓋蕨、翼莖粉藤、隱鱗藤、蕺菜、雙花龍葵、雙面刺、獨黃、大葉南蛇藤、山芙蓉、日本金粉蕨、毛葉腎蕨、水竹葉、扛香藤、冷飯藤、芒萁、長葉苧麻、長葉鳳尾蕨、南投涼喉茶、島田氏澤蘭、假蹄蓋蕨、淡竹葉、瓶蕨、細圓藤、野苧蒿、鹿藿、麥氏鐵線蓮、腎蕨、華南薯蕷、菊花木、猿尾藤、腺果藤、裡白葉薯榔、臺灣矢竹、廣葉星蕨、擬鴨舌廣、薄瓣懸鉤子、藤竹草

10 分 -三葉崖爬藤、中國穿鞘花、毛果竹葉菜、百部、老荊藤、金狗毛蕨、長梗紫麻、雨傘仔、細葉複葉耳蕨、雀梅藤、紫金牛、華九頭獅子草、距花黍、間型沿階草、黃藤、圓果冷水麻、臺灣鱗球花、箭葉鳳尾蕨、錫蘭饅頭果、糙莖菝契、薄單葉鐵線蓮、藤崖椒、光果翼核木、大錦蘭、珍珠蓮、紅點忍冬、書帶蕨、疏花魚藤、蛇根草、傅氏三叉蕨、短柄卵果蕨、華茜草樹、愛德氏肋毛蕨、臺灣海棗、臺灣溲疏

15 分 -三奈、小杜若、山月桃、山棕、平柄菝契、瓜馥木、生根卷柏、光滑菝契、同蕊草、杜若、姑婆芋、拎樹藤、南五味子、南投三叉蕨、屏東擬肋毛蕨、柚葉藤、觀音座蓮、苗栗崖爬藤、風藤、海南實蕨、斜方複葉耳蕨、細葉麥門冬、單邊鐵角蕨、紫柄三叉蕨、萊氏線蕨、臺灣山蘇花、臺灣杪櫨、臺灣鱗毛蕨、廣葉鋸齒雙蓋蕨、

附錄 2. 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。若於開闢之苗圃地，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1週為每兩天澆水一次，第2週則為每3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，而原地樹種旁具遮蔭處可栽種陰性樹種。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10cm，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。

