

10909

武陵廢耕地多樣化複層林之生態復育

成果報告

雪霸國家公園管理處委託辦理報告(一一一年度)

# 武陵廢耕地多樣化複層林之生態復育

雪霸國家公園管理處委託辦理報告

中華民國 111 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

# 武陵廢耕地多樣化複層林之生態復育

受委託者：國立中興大學

計畫主持人：邱清安

雪霸國家公園管理處委託辦理報告

中華民國 111 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)



# 摘要

關鍵字：武陵、廢耕地、生態復育、森林生態系、生物多樣性

## 一、研究緣起

武陵廢耕地為典型的退化土地類型之一，近年國家公園已針對武陵廢耕地積極進行生態復育，逐步克服原生林木無法生存之問題，然目前能於廢耕地上存活之林木殆為演替早期之先驅樹種，未來仍亟待補植更多樣化及演替後期的樹種，以期提升臺灣櫻花鉤吻鮭棲地品質，涵養水源並改善水質，重建原有的健康森林生態系。緣此，本計畫將提升當地原生樹種之多樣性與著重於演替後期的樹種，進行種子採集與苗木培育，再綜合適宜的出栽樹種、出栽時機、出栽方法，以生態造林方式完成武陵廢耕地之森林復育，並配合國際趨勢評估復育成效，最後依據研究成果撰寫本地之生態復育實務操作手冊文稿。

## 二、研究方法及過程

本計畫參考過去相關研究資料，蒐集前人調查研究武陵週邊森林之植物名錄，以建立武陵地區維管束植物名錄，並根據武陵週邊森林參仿生態系之分析結果，為提供復育所需之種源，密集進行種子採集、苗木培育，同時配合適宜時機進行出栽造林作業，以營造多樣性森林。此外，研究團隊於廢耕地進行各項研究試驗，累積監測數據，整合最適武陵廢耕地之生態復育措施。

## 三、重要結果

- (一) 彙整不同來源之植物名錄，篩選出可能出現於武陵廢耕地之樹種，並邀請 7 位對武陵廢耕地生態造林具有實務經驗之

操作者，勾選出其認為適植之樹種，共 87 種為未來武陵廢耕地生態造林之參仿植群樹種名錄。

- (二) 針對生態造林所需，已採集 60 種 107 株母樹之種子，接續上一年度工作，於 2022-05-04~05-12 完成出栽，2020-2022 年累積共計 55 種(演替中後期樹種計有 46 種)、9,640 株。
- (三) 適於武陵廢耕地之出栽造林時機為 4 月 15 日至 6 月 30 日，暖溫的氣候搭配春雨 ~ 梅雨的連續雨季，可有助於苗木之存活與生長。
- (四) 2020 年造林作業苗木初期存活率為 89%，2021 年苗木初期存活率為 92%，2022 年苗木初期存活率為 96%。2022 年演替前期之物種初期存活率皆達 90%以上，演替中後期之物種以墨點櫻桃(71%)、屏東木薑子(50%)、紫珠葉泡花樹(50%)其初期存活率偏低，其餘演替中後期物種初期存活率達 85% 以上。
- (五) 綜合監測資料分析結果及現地觀察，可歸納出臺灣赤楊、山桐子、檫木、山柿、石楠、山枇杷、臺灣石楠、塔塔加櫟等較適合武陵廢耕地造林之樹種，且配合不同樹種之特性進行出栽，能有效提升苗木存活率。
- (六) 利用植穴坑栽植法之苗木平均存活率達 59%，比較 4 種出栽法之苗木存活率，以 A 無處理(63%)最佳，B 覆稻殼存活率(53%)較差；比較 15 種樹種之苗木存活率，最佳者為山桐子(100%)，最差者為木荷(4%)。
- (七) 選用臺灣赤楊為研究材料，綜合 2 項栽植方法與 3 種敷蓋處理，以打漿栽植且敷蓋生物炭者存活率(67%)最高，以過篩土栽植且無敷蓋物者及過篩土栽植且敷蓋生物炭者其存活率(40%)最低。

- (八) 為了解苗木存活與生長均佳的低成本最適盆型，以臺灣赤楊為試驗樹種，進行不同盆型之苗木出栽試驗，結果發現出栽 2.5 年後以 L36 所育之苗木存活率(70.0%)最佳，M14 則最低(43.3%)。
- (九) 利用不同的栽植配置，期望增加演替後期樹種出栽之苗木的存活率及造林的成功率，選用卡氏槲為試驗樹種，結果可發現樹島栽植的苗木存活率(8.3%)最佳，單株栽植與林間栽植之存活率(3.3%)最差。
- (十) 山桐子具有觀賞、誘鳥之價值，為此研究團隊於地號 99、99-1、100 等 3 塊區塊營造景觀林並監測，結果發現出栽 3 年後苗高可達 2 m 以上，出栽 6 年後平均苗高為 405.1 cm，較出栽時高出約 351.9 cm。另於 2021-04 監測觀察到部分植株已有花苞之產生，2021-10 已有植株結果，2022-04 部分植株仍宿存前一年果實，且已開始開花，2022-10 已有植株結果。
- (十一) 武陵廢耕地森林復育成效評估共計選用 12 項指標，配合生態回復輪之應用，評估指標應被切分為 0~5 等級來分別代表最差 ~ 最佳的情況，經過生態復育造林之後，出現之林木總種數(4 星)已十分豐富，並包含了不少之非先驅樹種(4 星)與動物散播種子之樹種(4 星)，然林木密度仍有不足(3 星)，尚待進一步補植，以待林木生長後增加結實林木總種數(2 星、非先驅樹種 1 星)、提升樹冠覆蓋度(2 星)及林木平均高度(2 星)、降低入侵雜草之覆蓋度(2 星)，而土壤 pH(1 星)及有機質(2 星)變化甚慢，似僅能隨未來森林恢復以逐漸改善。

## 四、主要建議事項

本計畫可提供之立即可行及中長期建議事項分述如下：

### (一) 立即可行之建議

武陵廢耕地之生態造林為難得的復育實作機會，建議可考慮請志工或民眾共同參與，且讓志工或民眾能建立復育造林之基本知能。

### (二) 中長期之建議

臺灣中海拔山區有許多超限利用之農耕地已被收回，如：梨山、武陵、丹大，建議未來可積極進行生態復育，將嚴重劣化的高山廢耕地儘早恢復原有之多樣化、複層、健康森林生態系樣貌。

## 目次

摘要 .....	I
目次 .....	V
圖次 .....	VI
表次 .....	VIII
第一章、緒論 .....	1
第二章、前人研究 .....	6
第三章、研究地區 .....	25
第四章、研究方法 .....	32
第五章、結果與討論 .....	40
第一節、參仿植群之建構 .....	40
第二節、復育目標樹種之屬性 .....	57
第三節、復育目標樹種之育苗及出栽 .....	61
第四節、生態造林苗木之監測 .....	84
第五節、森林復育對策之相關試驗 .....	125
第六節、山桐子景觀林之營造 .....	165
第七節、生態復育成效之評估 .....	172
第八節、森林復育操作手冊之文稿 .....	187
第六章、結論與建議 .....	189
參考文獻 .....	192
附錄一、本報告書出現之植物名錄 .....	207
附錄二、武陵地區維管束植物名錄 .....	214
附錄三、審查會議回覆辦理情形 .....	232

## 圖次

圖 1. 武陵廢耕地歷年變化與參仿森林(a. 早期種植高麗菜情景；b. 廢耕後之外來種草生地；c. 近年生態造林初步成果；d. 生態復育之參仿森林生態系).....	1
圖 2. 恢復已退化生態系之不同選項，包括復育(restoration)、復健(rehabilitation)、改造(replacement) (邱清安 2012).....	7
圖 3. IUCN 國家或區域紅皮書類別與臺灣稀有植物種數分布圖 (臺灣植物紅皮書編輯委員會 2017).....	11
圖 4. 利用生態恢復輪(recovery wheel)評估復育成效.....	23
圖 5. 森林復育操作手冊之參考範例：FORRU (2006)、Elliot et al. (2013).....	24
圖 6. 雪霸國家公園及本計畫復育區武陵廢耕地之位置.....	25
圖 7. 研究區之地形、水系(藍線)、道路(紅線)、廢耕地(綠色三角形)....	26
圖 8. 武陵廢耕地之生態氣候圖.....	27
圖 9. 研究區之現生植群圖(A 為人工植生、F 為森林、紫色為非林班地、未著色部分即非海拔 1500~2500 m 之範圍，以衛星影像顯示).....	29
圖 10. 武陵廢耕地附近之現生植群圖，主要植群為 AA92 耕地(黃綠色)、AA91 人工林(淡綠色)、FM41 山地針闊葉混淆林(深綠色).....	30
圖 11. 廢耕地土壤含石率很高且有石灰.....	31
圖 12. 本計畫執行各項工作之流程.....	32
圖 13. 選擇參仿生態系的決策樹(Gann et al. 2019).....	43
圖 14. 生態復育的序列參仿(Clewell & Aronson 2013).....	45
圖 15. 武陵地區完整名錄之種數與百分比的科排名圖.....	47
圖 16. 武陵廢耕地生態復育之森林演替階段及其代表性樹種.....	56
圖 17. 復育樹種之種子採集.....	62
圖 18. 復育樹種之種子處理與儲藏.....	67
圖 19. 武陵廢耕地森林復育之苗木培育(2020 上半年).....	72
圖 20. 武陵廢耕地森林復育之苗木培育(2020 下半年).....	73
圖 21. 武陵廢耕地森林復育之苗木培育(2021 上半年).....	74
圖 22. 武陵廢耕地森林復育之苗木培育(2021 下半年).....	75
圖 23. 武陵廢耕地森林復育之苗木培育(2022 上半年).....	76
圖 24. 武陵廢耕地森林復育之苗木培育(2022 下半年).....	77

圖 25. 武陵氣象站 4-5 月平均溫度及當月最低溫度 .....	85
圖 26. 武陵氣象站於 2020-04-12 ~ 04-13 溫度變化圖 .....	85
圖 27. 乾旱期間武陵廢耕地苗木情況、德基水庫水位變化 .....	87
圖 28. 武陵廢耕地全區地號地圖 .....	88
圖 29. 定期監測 6 塊地號樣區分布位置圖 .....	93
圖 30. 定期監測區之苗木生長表現 .....	111
圖 31. 4 種出栽法之苗木存活率 .....	129
圖 32. 15 種樹種之苗木存活率 .....	129
圖 33. 以不同出栽法種植臺灣赤楊之示意圖 .....	134
圖 34. 泥漿土栽植之形質監測 .....	139
圖 35. 不同敷蓋物之形質監測 .....	140
圖 36. 泥漿土栽植及敷蓋之形質綜合比較 .....	141
圖 37. 臺灣赤楊不同盆型試驗之種植示意圖 .....	144
圖 38. 不同盆型之臺灣赤楊苗木出栽後的形質變化 .....	149
圖 39. 育苗盆型試驗之苗木出栽過程 .....	152
圖 40. 育苗盆型試驗之苗木監測過程 .....	153
圖 41. 演替後期樹種之栽植配置示意圖 .....	156
圖 42. 出栽後不同配置之苗木形質變化曲線圖 .....	160
圖 43. 卡氏楮栽植配置試驗之苗木出栽及監測過程 .....	163
圖 44. 卡氏楮栽植配置試驗之苗木監測過程 .....	164
圖 45. 山桐子景觀林之生長情形 .....	169
圖 46. 用於評估生態復育成效之回復輪(依照 Gann et al. 2019 進行評估結果之舉例，左—復育前；右—復育後) .....	182
圖 47. 武陵廢耕地森林復育之生態回復輪(左—2014 復育前；右—2022 復育後) .....	186

## 表次

表 1. 可用於生態復育的潛在關鍵植物種類(Lamb & Gilmour 2003).....	10
表 2. 研究區範圍內國家現生植群圖所出現之群系(formation)類別 .....	28
表 3. 武陵廢耕地土壤 pH 值變化表.....	31
表 4. 4 類參仿地及其說明(整理自 White & Walker 1997、Clewell & Aronson 2013) .....	44
表 5. 武陵地區完整植物名錄之統計摘要表 .....	46
表 6. 武陵當地及其周邊之森林調查資料 .....	48
表 7. 武陵廢耕地生態造林之參仿植群樹種名錄 .....	49
表 8. 武陵廢耕地復育樹種之屬性列表.....	57
表 9. 採集樹種名錄及其資訊.....	62
表 10. 採集樹種物候、種子基本資料表 .....	68
表 11. 本計畫 2020~2022 年培育及出栽之苗木種類與數量 .....	80
表 12. 武陵廢耕地之長期氣候(Chiu et al. 2009) .....	86
表 13. 武陵測站 2017~2022 年各月降雨量 .....	86
表 14. 造林作業出栽苗木之初期存活率 .....	91
表 15. 武陵廢耕地定期監測區之基本資料 .....	94
表 16. 6 塊地號監測區之 2017 年出栽苗木生長指數、表現指數與存活率 .....	96
表 17. 6 塊地號監測區之 2018 年出栽苗木生長指數、表現指數與存活率 .....	105
表 18. 2017 年出栽之臺灣赤楊苗木生長表現 .....	115
表 19. 2018 年出栽之臺灣赤楊苗木生長表現 .....	116
表 20. 2018 年出栽之臺灣蘋果苗木生長表現 .....	119
表 21. 臭椿與臺灣胡桃種子苗生長監測之基本資料 .....	121
表 22. 臭椿種子苗之生長監測記錄(2016-05-21 播種).....	123
表 23. 臺灣胡桃種子苗之生長監測記錄(2017-03-28 播種).....	124
表 24. 15 種樹種之生長指數、表現指數與存活率 .....	130
表 25. 各盆型之尺寸比較.....	143
表 26. 不同育苗盆型之苗木形質監測變化 .....	150
表 27. 不同栽植配置之苗木形質監測變化 .....	161

表 28. 山桐子之生長表現(2017-07-21 ~ 2022-10-25) .....	168
表 29. 生態復育入門(Primer, SERI 2004)所列之被復育生態系的 9 項屬性 .....	173
表 30. Shackelford et al. (2013)對 Primer (SERI 2004)生態復育屬性的改善 建議.....	175
表 31. 森林復育評估之生態屬性與其指標(Gatica-Saavedra et al. 2017) [斜 體表較常用(>30%)的指標].....	177
表 32. 監測及評估巴西大西洋森林復育之 14 項生態指標(Londe et al. 2020).....	179
表 33. 生態回復輪與五星評級系統(譯自 Gann et al. 2019) .....	181
表 34. 武陵廢耕地森林復育所採用之 12 項生態指標與評估標準 .....	184



# 第一章、緒論

## 一、計畫緣由

武陵地區為臺灣重要生態旅遊地，為國人接近中海拔森林環境及近距離觀賞臺灣櫻花鉤吻鮭的首選之地；武陵地區 8.1 公頃的廢耕地曾於早年長期種植高山蔬菜，迄今雖已廢耕逾 10 年，但仍停留於劣化狀態，屬於典型的退化土地類型之一(關秉宗等 2006)；近年國家公園為保育臺灣櫻花鉤吻鮭之主要棲地，已積極進行生態復育造林，逐步克服外來草種優勢佔據、原生林木無法天然更新存活、森林生態演替停滯等問題，目前能於廢耕地上存活之林木殆為演替早期之先驅樹種，生態造林復育已初見成效(圖 1)，但未來仍亟待補植更多樣化及演替後期的樹種，以期提升臺灣櫻花鉤吻鮭棲地品質，涵養水源並改善水質，重建原有的多樣化複層森林生態系。



圖 1. 武陵廢耕地歷年變化與參仿森林(a. 早期種植高麗菜情景；b. 廢耕後之外來種草生地；c. 近年生態造林初步成果；d. 生態復育之參仿森林生態系)

森林具有多方面的公益性功能，2005 年行政院第 2941 次院會核定通過「國土復育條例（草案）」，便積極復育國土及自然生態資源，期能健全森林生態、提高生物多樣性、維護國土保安等公益效用。武陵地區廢耕地於 2008 年徵收後廢耕，由於早期種植高麗菜時大量施用雞糞及石灰，使土壤嚴重退化、林木種源消失，至 2015 年仍完全無樹木天然下種更新，因此有必要以科學方法介入，完成退化地之生態復育造林。

中高海拔高昂的造林成本在推動森林復育上一直是亟待改善的問題，早期之綜合省工育林體系，以各種造林工法及機具輔助，克服當時工源短缺、高山造林之困難並影響至現今造林作業(王亞男 2017)，然而在中高海拔山區的劣化地復育造林，除了造林工程本身的成本外，亦需解決土壤養分貧瘠、種源不足、雜草競爭、風損等使該劣化地不易自然演替之阻礙。在梨山、丹大地區均有類似於武陵廢耕地的退化生態系，其面積達數百公頃，目前復育成果較佳者，主要集中於環境較濕潤、耕作遺害較低、周邊具有原有森林的區域，大部分廢耕地之復育成果十分有限且耗費大量成本。為降低成本及提升恢復生態系造林效率，本計畫依生態復育原理、廣泛參酌各國經驗，並實際於武陵廢耕地進行各項試驗。

綜合過去相關研究(Reid & Holl 2013; Stanturf et al. 2014; 邱清安 2012；邱清安&徐憲生 2015)及相關試驗結果，武陵廢耕地森林恢復的主要阻礙因素包括雜草繁盛(妨礙種子發芽、苗木光合作用、資源競爭)、土壤失衡(土壤水分不足、pH 值過高、養分元素失衡)、種源不足(現地無母樹天然下種、土壤種子庫林木種子貧乏)、動物危害(山豬挖掘破壞、山羌及嚙齒類啃食葉部及枝幹)等問題。為此，本計畫擬定武陵廢耕地之森林復育策略，針對林木更新之各種障礙加以解決，除了提供復育所需之種源，密集進行種子採集、種子處理與儲藏、苗木培育，同時配合於無寒害及充足水分之梅雨季，實施種子直播與苗木出栽，以及後續於適當時機進行苗木補植，另外也適時進行抑草撫育、

野生動物掠食控制，並將加強演替早期樹種之種植，並保護免受傷害及促進其生長，待略為成林之後，廢耕地之土壤、水分、雜草等逆境已較為緩和，將接續種植大粒種子樹種及演替中後期樹種，以期儘早恢復廢耕地原有之多樣化、複層、健康森林生態系。

## 二、計畫目標

本計畫之目標係以武陵廢耕地為試驗研究區，將現今廢耕後之劣化地，參仿周遭森林生態系，恢復為以當地原生樹種優勢的森林，藉以涵養水源改善水質，重建應有之森林生態系。

為恢復廢耕地原有之健康森林生態系，有必要逐步研析復育對策並加以實踐，建立未來可供臺灣山區廢耕地復育參考之操作典範，同時將相關的復育策略付諸實踐，促使多樣化複層林及環境品質之恢復。以下為本計畫之主要目標：

1. 建構武陵廢耕地森林恢復之參仿生態系。
2. 逐步充實臺灣原生復育樹種之採種、儲藏、育苗等知能。
3. 提升廢耕地之生物多樣性，達成多樹種與複層原有森林之目標。
4. 基於適地適種原則，綜合考量適宜的出栽時機、復育方法，建構高山廢耕地之復育造林知識與技術。
5. 克服廢耕地環境逆境、探究各種生態復育措施，建構高山農耕地恢復為森林生態系之生態復育模式及典範。
6. 撰寫本地之生態復育實務操作手冊資料，以供臺灣其他高山廢耕地生態復育之參考。

本計畫預期完成之工作項目包括：

1. 分析武陵周邊森林之組成，提出武陵廢耕地森林復育之參仿植群，以做為森林復育之目標及復育評估之依據。
2. 由武陵地區原生樹種中，分別篩選出具有(1)珍貴稀有性、(2)環境教育價值、(3)生長快速、(4)極盛相代表性、(5)固氮能力、(6)自然拓殖能力低弱、(7)民俗植物等屬性的樹種，並加以採種培育。
3. 記錄武陵廢耕地之重要原生復育樹種(至少 20 種以上)的採種、儲藏、育苗、出栽等工作，並提供至少 120 張高解析度相片(1,000 萬畫素以上之規格)。
4. 培育至少 30 種以上之武陵當地原生樹種苗木，且其中至少包含 15 種以上的演替中後期樹種。
5. 依適地適種原則，探究武陵廢耕地：(1)適宜的復育樹種、(2)適合的出栽時機、(3)適當的出栽方法，進行生態復育造林。
6. 配合武陵廢耕地之分區規劃，選植山桐子或其他具景觀價值之當地原生樹種，並完成出栽造林以營造具特色之原生植物景觀區。
7. 同時考量多樹種、複層林、演替進程等之生態復育理念，完成武陵地區原生樹種苗木至少 30 種、6000 株以上的生態復育造林工作。
8. 撰寫武陵廢耕地森林復育操作手冊之文稿(含紙本 3 本及電子檔 3 份)，並提供相關照片及圖片電子檔。
9. 探討國際生態復育成效評估的主要方法，並據以進行武陵廢耕地森林生態復育之執行成效評估。

## 第二章、前人研究

為瞭解武陵地區廢耕地之森林生態復育的各項前人研究，本計畫以國家公園之研究報告網頁、Google 學術搜尋(scholar search)、國家圖書館碩博士論文網、中文期刊篇目索引、Thomson Reuters (formerly ISI) Web of Knowledge 進行文獻搜尋，及參考研討會論文與專書，其中與本計畫之研究目標較具相關之文獻，已列於相關參考資料中；茲回顧整理與本計畫相關報告之要點如下。

### 一、森林復育之參仿

生態復育是指協助已退化、受損或毀壞之生態系復原的過程 (SER 2004)，其首要工作即是建構原有森林之參仿生態系(reference ecosystem) (Goebel et al. 2005; Miller et al. 2012)。

簡單來說，參仿生態系即圖 2 之「可能的原始生態系」，參仿生態系可做為早期之設計生態復育計畫的模型(model for planning an ecological restoration project)，並做為後期之復育成效評估的基準 (Clewell 2000; SER 2004; Goebel et al. 2005)，亦即參仿生態系與復育後的退化生態系二者之間是類似的。理論上，參仿生態系所包含的訊息愈多愈有價值，描述參仿系統的資料來源包括(SER 2004)：(1)計畫立地於受損前的生態描述、物種名錄和地圖；(2)最近及歷史上的空中和地面圖片；(3)殘跡資料(remnants)可指示立地受損前的環境條件和生物相；(4)相似的且完整的生態系之生態描述和物種名錄；(5)標本館和博物館的標本記錄；(6)熟悉計畫立地之個人的歷史記錄和口述歷史；(7)古生態證據，例如化石花粉、碳痕、樹輪史、齧齒動物的糞堆。由於歷史資料常常是無法獲得的，因此許多森林復育研究均是以調查鄰近或殘存的森林來建立參仿生態系(王相華&陳正豐 2010)，同時如圖 2 所示，在討論參仿生態系時必然會涉及生態系之結構/組成、功能(structure/composition and function)，以及其間的關係(Cortina et al. 2006)。此外，SER (2004)也提及，在生態系之變化歷程的多種可能狀

態中，其任一狀態都可被用來當做參仿(reference)，最簡單的參仿形式可以是一個真實的生態系統、書面描述的生態系統、或者兩者的結合；但簡單參仿的問題在於它只描述了生態屬性的單一狀態或表達，而被選擇的參仿應該是生態系變化的歷史軌跡中很多潛在狀態的其中之一，反映了生態系發展歷程中許多隨機事件在某一時間點上的特定組合。同樣地，一個經過復育的生態系可以發展成一系列潛在狀態中的任一種，只要能與參仿生態系發展的潛在狀態進行比較，復育生態系所表現出來的任何一個狀態都可以認為是恢復；因此，簡單參仿系統不能夠充分表達潛在狀態的集合及恢復生態系統的歷史變化範圍，一個好的參仿生態系應該是多個參仿系統的集合，如果有必要的話，還包括其他資料來源；這種綜合描述為生態復育計畫編制提供了一個更實際可行的基礎(more realistic basis)。

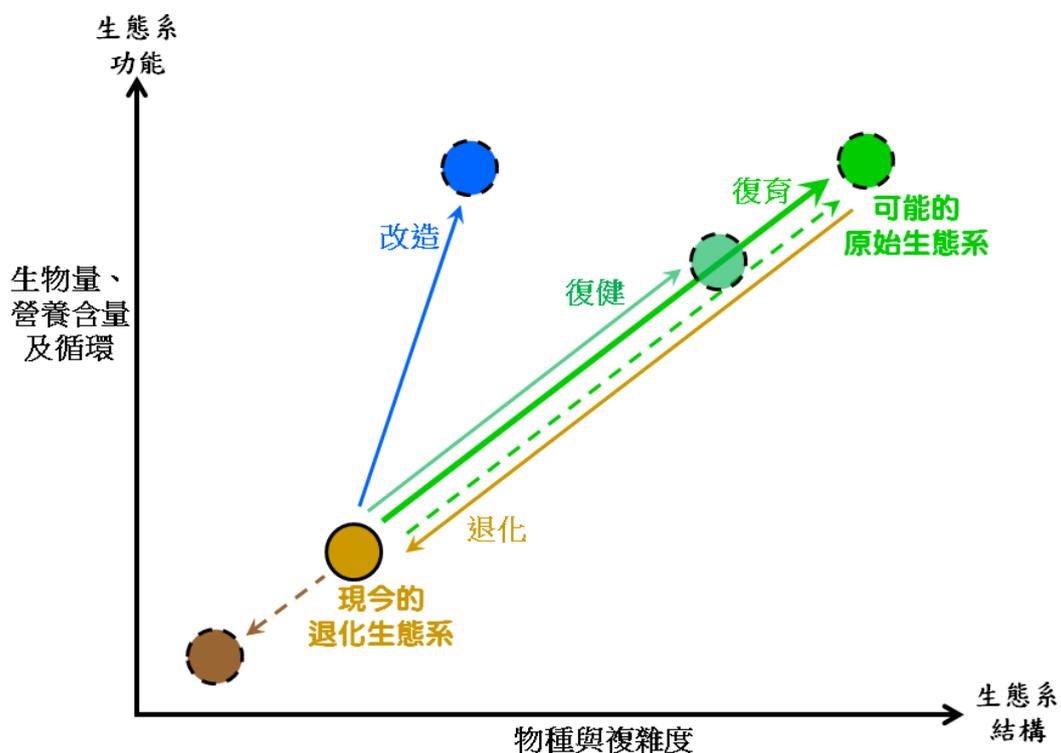


圖 2. 恢復已退化生態系之不同選項，包括復育(restoration)、復健(rehabilitation)、改造(replacement) (邱清安 2012)

生態系之參仿的鑑識(identification)是森林復育最重要的基礎項目(Goebel et al. 2005)，參仿有助於設定生態復育之優先順序、發展生態系復育之計畫、支持後續的監測計畫、評估復育之成效及永續性(White & Walker 1997; Steyer et al. 2006; Miller et al. 2012; Loflen et al. 2016)，在應用上，參仿之情況可分為農業前之歷史情況(historical condition pre-agriculture)、工業前之歷史情況(historical condition pre-industrial)、干擾前之歷史情況(historical condition pre-disturbance)、最低干擾程度之情況(minimally disturbed condition)、最少干擾頻率之情況(least disturbed condition)、最佳可達到之情況(best attainable condition)，其中，最佳可達到之情況反映的是在現有條件下所期望的未來情況(Stoddard et al. 2006; Miller et al. 2012)，而其參仿途徑(reference approach)包括：(1)復育地之內的類推(on-site analogous)：利用在復育地範圍之內的現地情況來決定參仿，簡言之，即在復育地內找殘存林做為參仿；(2)復育地之外的類推(off-site analogous)：利用在復育地範圍之外的現地情況來決定參仿，簡言之，即在復育地外找殘存林或完整森林做為參仿；(3)歷史的參仿(historical reference)：以復育地之歷史情況來做為參仿，簡言之，即利用已知的歷史森林做為參仿；(4)虛擬的(virtual)：在物理環境條件下所組合出的參仿情況，簡言之，即以氣候、土壤等環境塑造下的想像森林做為參仿；(5)區域的指標(regional index)：使用一系列的參仿地來反映連續性的參仿情況，簡言之，即綜合利用不同組成、演替階段的森林做為參仿。因此，雖然參仿生態系是一個很簡單的概念，但由於自然的時空變化(temporal and spatial variation in nature)及其尺度(scale)、交互作用(interaction)而使參仿更難掌握，綜合各方面的訊息將有助於實際建構生態復育時的決策(White & Walker 1997)。

關秉宗等(2006)在《健全陸域生物多樣性監測系統與評定擬復育劣化環境順序》之研究報告中進行擬復育劣化環境順序之評定，列出須復育之劣化環境計有火燒跡地、邊際農地或荒廢(利用)地、不當利

用或過度開發地、污染、廢棄物堆積地、人為破壞或(結構)劣化林地、嚴重沖蝕、崩塌地、土石流區；其中，有許多邊際農地或荒廢(利用)地位處於中部低海拔地區，是屬於低生產之農地或利用地，例如荒廢魚塭、荒廢工業區、邊際農地、廢耕地、開礦跡地，這些均為未來可能復育為原有森林之退化土地，但其技術層面較困難。同時關秉宗等(2006)也建議在訂定劣化環境復育之優先順序後，應積極建立優先待復育之劣化環境的參考生態系，亦即於該類環境附近找到參考生態系，以建立復育目標與可能之復育方法，而建立各類劣化環境之潛在植群，可作為建立參考生態系之第一步。王淑媚(2009)進行鰲峰山森林復育之研究指出，鰲峰山的森林復育計畫，除必須有效控制火燒的發生頻率及影響範圍外，尚須引進多樣性鄉土樹種以改變植被組成與結構，而復育那些鄉土樹種的選擇即為建構參考生態系的一環；緣此，楊淳正(2013)即探討蓮華池地區之復育物種選擇，透過蓮華池樣區與植群樣區的代表性研究，認為在復育地為中心半徑 15 km 內設置 30 個樣區可初步建構該地的代表性植群，並利用多樣性指數及多樣性貢獻度找出地區中屬於普通狀態的樣區及特殊狀態的樣區，再透過擬合物種豐度模型將樣區演替程度進行分類，依照復育目標找出樣區內較理想的植群型態，最後配合植群型及其物種進行復育規劃。邱清安等(2012)調查分析東勢林場植物資源，建議復育當地森林可採用桑科、樟科、殼斗科、柿樹科、大戟科，及樟葉槭(*Acer albopurpurascens*)；本報告書以下所述及之植物的學名參見附錄二，若未列於附錄二者則於文中仍列出其學名)、江某、杜英、天料木、領垂豆、臺灣椴等 94 種樹種，配合生育地環境之乾濕程度，再培育不同演替階段之苗木予以混植，以期快速達成森林覆蓋並加速自然演替至後期森林，這些樹種亦可做為臺灣西部低海拔森林生態復育之參仿。

## 二、生態復育目標樹種的屬性

生態復育之目標物種可包含不同類型的植物種類，Lamb & Gilmour (2003)曾列出 10 類生態復育的潛在關鍵植物類型(表 1)，可藉以完成生態復育之不同主要目的。

表 1. 可用於生態復育的潛在關鍵植物種類(Lamb & Gilmour 2003)

植物種類之類型	目的
原生植物	提高生物多樣性
對食果動物有吸引力的植物	促進種子散播
能與動物形成共利關係的植物	增加野生動物之族群
散播力弱的植物(如大果類植物)	促進物種之拓殖
稀有或受威脅植物	增加物種族群
速生植物	佔據生育地及排除雜草
耐瘠薄土壤之植物	促進重建
固氮植物	改善土壤肥力
具經濟或社會效益之植物	提供經濟產品
耐火樹種	用於易火燒地景，以建立新的森林或形成復育森林之緩衝

除了優勢種植物之外，珍貴稀有植物也常是生態復育的重要目標(Noe et al. 2019; Oldfield et al. 2019)，美國的瀕臨滅絕物種法案(Endangered Species Act, ESA; <https://www.fws.gov/endangered/species/us-species.html>)於 2019 年 10 月計有 942 種植物類目被列為受威脅或瀕危；在臺灣，王震哲等(2012)出版了「臺灣維管束植物紅皮書初評名錄」，為臺灣稀有植物的名錄提供較完整的基本資料，評估的 4,174 分類群中約 908 分類群被列為稀有植物，隨後，臺灣植物紅皮書編輯委員會(2017)出版了「臺灣維管束植物紅皮書名錄」，計有 4,442 個分類群進入評估流程，結果顯示臺灣有 27 種野生維管束植物已經滅絕，其中 5 種屬於野外滅絕(extinct in the wild, EW)，22 種屬於區域滅絕(regionally extinct, RE)，而國家受威脅(national threatened)野生維管束

植物共有 989 分類群，其中屬於極危(critically endangered, CR)類別有 195 分類群，瀕危(endangered, EN)類別有 283 分類群，易危(vulnerable, VU)類別有 511 分類群，另有 463 分類群歸於接近受脅(near threatened, NT)的類別(圖 3)，因此若是列名於臺灣維管束植物紅皮書名錄，且其生育地在武陵鄰近區域，即為本計畫未來重要的復育目標物種，例如接近受脅的臺灣檫樹(*Sassafras randaiense* # NT)。

由於武陵廢耕地過去為原住民族之生活場域，因此生態造林之目標樹種亦應涵蓋重要的民俗植物(鍾明哲&楊智凱 2012)，例如山胡椒、山肉桂。

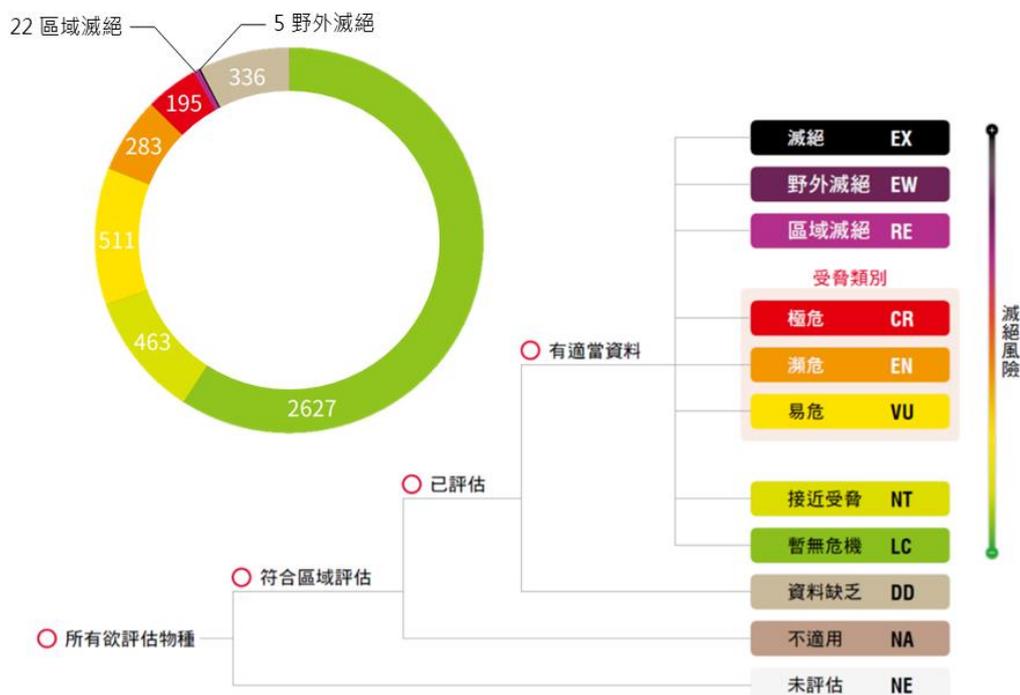


圖 3. IUCN 國家或區域紅皮書類別與臺灣稀有植物種數分布圖 (臺灣植物紅皮書編輯委員會 2017)

### 三、復育目標樹種之採種、儲藏、育苗

森林復育目標樹種的選擇是基於參仿生態系，因此常是當地的原生種，而這些原生樹種常常並非主要的經濟造林樹種，因此有必要逐步建立復育目標樹種的採種、儲藏、育苗等知識及技術。從 1994 年開始，泰國的森林復育研究中心(Forest Restoration Research Unit, FRRU; <http://www.forru.org/en/content.php?mid=48>)即與英國 Bath 大學、Doi-Suthep-Pui 國家公園等共同合作，從國家公園中的數百種原生樹種，挑選出適合的骨架樹種(*framework species*, Elliott et al. 2003)，並針對這些骨架樹種進行母樹的標記、開花結實物候的觀察與記錄，同時進行各種種子育苗試驗。目前國內重要樹種之育苗相關資料，可參考許原瑞(1997)造林苗木品質與培育管理、簡慶德(2013a) 18 種重要造林樹種育苗作業規範之制定、楊正釗(2017) 8 種臺灣原生具造林潛力殼斗科樹木種子的採集、發芽與儲藏，以及簡慶德(2018)林木種子生產與處理等相關報告或專書，然許多未曾被研究過的復育目標樹種，例如臺灣蘋果、山桐子、臺灣胡桃，未來仍須實際進行採種、儲藏、育苗等，以逐步建立本土之生態復育知識與能力。

除了種子基因優劣、飽滿程度等先天因素之外，育苗容器的大小、形狀也影響苗木形質。以口徑較大之苗盆育苗，可育出地徑較大之苗木(Herriman et al. 2016)、亦能促進幼苗生長(McConnughay & Bazzar 1991；Hsu et al. 1996)與提升存活率(Ward et al. 1981；Matthes-Sears & Larson 1999)；以深度較深之苗盆育苗，可生成較長的主根、較高的莖、較多之根生物量與較高的迪克森品質指數(Dickson Quality Index, DQI)，且以深度較深之苗盆所培育之苗木有更好的根部生長能力，可較快抵達較深的土壤層，利於獲取底土水分(Chirino et al. 2008)，然而若盆型過深且口徑狹窄，苗木可能因根部通風不良而產生較差之形質，且在移植後易遭風折、熱寒害等危害，盆型之深度與口徑的比例約為 4：1 時培育苗木最佳(Dominguez-Lerena et al. 2006)；通常深度較深與口徑較大之盆型均能使苗木獲得更多的生長空間，但育苗容器

越大，亦將增加育苗及出栽成本。

#### 四、不同演替階段的樹種

演替早期的植物通常較高的光合作用，且更耐光照(Bazzaz & Carlson 1982)，因此有時先驅樹種可充當為護理植物(nurse plant)，可快速建立保護性樹冠、遮除競爭的雜草，而有利於促進演替後期樹種之建立，此外，使用一組種類有限的骨架樹種或護理樹種，也有助於減少森林復育所需原生樹種的育苗需求(Blakesley et al. 2002; Padilla & Pugnaire 2006)，Lu et al. (2017)實測 34 種植物之存活與生長，發現各樹種之表現：演替早期樹種 > 演替中期樹種 > 演替後期樹種，搭配不同演替階段之樹種可增強復育後森林的生物多樣性和復原力。

森林自然恢復的時間取決於退化地之退化程度、面積、周邊植群距離與完整性、自我復原彈性等因素(邱清安&徐憲生 2015)，嚴重退化的生態系更須要人力介入以促進生態恢復，Bechara et al. (2016)估計恢復中南美生態系需極長的時間，恢復生態系結構需 20-190 年、恢復種類組成需 60-500 年，恢復稀有/特有種則需數千年；因此若要恢復嚴重退化的武陵廢耕地，可融合骨架樹種法(framework species method; Blakesley et al. 2002; Elliott et al. 2003)、最大生物多樣性法(maximum diversity method; Goosem & Tucker 1995)、宮脇造林法(Miyawaki reforestation method; Miyawaki 2004)的思惟，亦即鑑別不同演替階段的樹種，再精心挑選表現良好的樹種組成復育目標樹種，來加速原有森林之結構與功能的恢復；目前對於演替階段之鑑別大多是基於野外的觀察經驗，然 Kuo & Yeh (2015)曾分別臺灣 180 種原生植物之耐陰性，依據其耐陰的程度可大致判別樹種所屬之演替階段。

## 五、適地適種之原則

適地適種一直是植樹造林的最高原則，雖然一般僅論及配合環境來選擇樹種，但更深層的適地適種之內涵，應包括：(1)適宜的復育植物種類、(2)適合的出栽種植時機、(3)適當的出栽種植方法。

在選擇適宜的復育樹種方面，邱清安(2019)綜合監測資料分析與現場觀察結果，可歸納出 8 種適合武陵廢耕地早期階段出栽之樹種：臺灣赤楊、山桐子、檉木、山柿、阿里山榆、朴樹、山枇杷、石楠，而紅楠、大葉石櫟、木荷等偏演替後期之樹種，則較難適應廢耕地早期之開闢、劇變的劣化環境，應待臺灣赤楊等演替早期樹種長大後，再於其林下進行演替後期樹種之豐增補植(enrichment planting)。

許多研究顯示部分樹種相鄰種植時具有促進的效果(Padilla & Pugnaire 2006)，本計畫前期已出栽之演替早期樹種長大後可作為未來出栽演替後期樹種之護理植物(nurse plant)，護理植物最容易觀察到的促進作用(facilitation)，是利用護理植物的冠幅減少太陽輻射，進而降低土壤水分之蒸發與苗木的蒸散作用，雖然降低了苗木之生理性能，但可提高其存活率(Raf et al. 2007; Yelenik et al. 2015; Urretavizcaya & Defossé 2013)，在降水較少，或是具夏季乾旱、除草或廢耕造成退化之土地皆有文獻證實，利用護理方法可增加目標苗木的存活率或種子之發芽率，護理植物亦可減輕生物(取食)或非生物(光照、水分)等壓力，提供氣溫、濕度與土壤肥力較開放空間穩定之生長環境(Andivia et al. 2018)，在護理樹種的選擇上，Yang et al. (2010)考量森林演替及造林成本，建議以先驅植物作為護理樹種，其可快速建立冠幅並降低雜草的競爭；另外一種形式則為將同一種演替後期樹種以叢聚(clumped)的方式多株苗木為一個單位分區密集栽種，其稱為核(nucleation)或樹島(tree islands) (Bechara et al. 2016)，雖然樹島栽植會對於苗木的生長量有降低的趨勢，但其形態上卻得到改善，尤其對於演替後期或耐陰樹種，相較先驅樹種有更多的促進效果，因聚集的生

長，強光、高土溫及葉溫的負面影響得以改善，且在惡劣環境中，個體間的正向交互作用會大幅提升，高於負面的競爭作用，進而影響出栽苗木的族群存活與生長(Bertoncello et al. 2016)。

在適合的出栽時機方面，決定苗木適宜的出栽時機至少應考量溫度與雨量 2 個關鍵因素，觀察武陵地區主要樹種的生長物候，可發現武陵地區之許多樹種於 3 月開始陸續萌芽展葉、生長，約至 11 月即落葉、停止生長，林木生長旺盛期主要集中於 4~10 月這 7 個月。綜合梨山及思源氣象站資料，及武陵廢耕地之長期氣候資料(Chiu et al. 2009)與其生態氣候圖，可大致歸納出以下武陵廢耕地苗木出栽時機的考量原則：(1)儘早出栽，爭取更充裕的苗木生長時間：武陵地區約於 3~4 月開春，氣溫開始逐漸提高，故應於每年開春後之適宜季節儘早實施苗木出栽，且不宜延至盛夏之後才出栽。(2)避免春季晚霜損害，苗木出栽應在 4 月中旬以後：雖然武陵地區許多樹種在 3 月即開始陸續萌芽、生長，然在 4 月初仍可能面臨因寒流而造成的低溫事件，因此造林雖應於開春後儘早實施，但為避免出栽苗木遭 4 月晚霜凍傷的風險，在實務上仍應等到 4 月中旬且氣象預報確定無寒流低溫後，始可開始實施生態造林工作。(3)配合雨水供給，苗木出栽應配合春雨~梅雨的連續雨季：苗木出栽除了考量開春後且無低溫霜凍之時機，亦應考量雨水之供應，故苗木出栽之時機應配合春雨~梅雨的連續雨季，並至 6 月底梅雨季結束前完成造林，且至夏季烈日高溫時，即不再適於苗木出栽。因此邱清安(2019)建議武陵廢耕地之苗木出栽時機，應始於 4 月中旬之後的雨季，而終於 6 月底之前的梅雨季，亦即每年 4 月 15 日 ~ 6 月 30 日陰雨天氣是武陵廢耕地苗木出栽的最佳時機；另外，種子直播之時機亦可於比照實施，但直播之林木種子應先經預措使其縮短播種後之發芽時間。

在適當的出栽方法方面，應根據不同樹種特性及環境限制來配合出栽方法，以提高存活率與生長量。綜合過去相關研究(Holl et al. 2000; Florentine & Westbrooke 2004; Reid & Holl 2013; Stanturf et al. 2014; 邱

清安 2012；邱清安&徐憲生 2015)、本區前期計畫之觀察及試驗(邱清安等 2016；邱清安 2019)，可歸納出武陵廢耕地森林恢復的主要阻礙因素，包括：雜草繁盛(妨礙種子發芽、苗木光合作用、資源競爭)、土壤失衡(土壤水分不足、pH 值過高、養分元素失衡)、種源不足(現地無母樹天然下種、土壤種子庫林木種子貧乏)、動物危害(山豬挖掘破壞、山羌及嚙齒類啃食葉部及枝幹)等問題；將唯有阻礙林木更新的多重障礙同時被改善，才能實現生態復育之進展(Reid & Holl 2013)。

就武陵廢耕地而言，目前苗木存活最先遭遇的、最首要的阻礙因子可能是土壤水分缺乏(邱清安 2019)，近來已有許多針對苗木缺水逆境探討解決之道的相關研究報告，例如深植(deep planting)可使出栽苗木根部更接近深層土壤，有利於植物獲取更多土壤水分，而能在夏季或乾旱時提高苗木的存活率(Oliet et al. 2012, 2015; Luoranen & Viiri 2016)；出栽苗木時，將欲填入植穴之土壤加水攪成泥漿狀，填滿植穴內苗木週邊及底部的空隙，可使苗木根系與土壤緊密結合，並避免懸根，有利於根系對於水分與養分之吸收，進而提升存活率(李永忠，2015)，根蘸泥漿亦能提升苗木抵抗乾旱天氣的能力，若於出栽後即遭遇乾旱，會有較大的存活機會(黃作舟 2011；吳長銓 2012)；已出栽之苗木可透過敷蓋(mulching)減少水分蒸發，敷蓋是在地表撒布或鋪上如稻殼、塑料、植物碎屑等介質，鋪上敷蓋物後可改善土壤水分、阻礙入侵雜草生長、減緩土壤溫度的變化幅度、增加土壤的水分滲透和蓄水，進一步提升苗木存活率與生長量(谷婉萍 2016；Bakker et al. 2012; Jiménez et al. 2017; Silva & Vieira 2017)。本計畫前期已針對上述方法進行試驗(邱清安 2019)，結果顯示植穴坑栽種法為適用於武陵廢耕地之苗木出栽方法(邱清安等 2019)，且打漿及敷蓋之處理措施能改善於廢耕地出栽苗木的存活率，這些方法均是未來進一步改善武陵廢耕地森林復育的重要基礎。

## 六、原生景觀植物

景觀樹種的選擇為一繁雜難解的決策，可能涉及個人對樹木的感知與偏好(perception and preference)、功能與價值的取向、成本與管理、負面風險考量、市場機制、所產生的各種惠益等等因素(e.g. Gerstenberg & Hofmann 2016; Roy 2017)，樹種選擇之良窳強烈影響後續的林木種植之成效、權益關係人(stakeholder)之感受、維護管理之成本(Asgarzadeh et al. 2014; Vogt et al. 2017; Rollan et al. 2018; 陳佩君 2016)，然因樹種選擇為一複雜之認知資訊處理與選擇過程，必須同時考量植栽選種準則、環境條件及樹種屬性等因素，除了經驗豐富的專家外，一般非專業人士仍會有樹種選擇考量不夠完整之情況(林怡秀 2008)，尤其臺灣植物種類超過 4,000 種，要由複雜的原生植物中篩選出可適用的景觀植物種類更形困難，為此，邱清安等(2018)以彙整多位專家學者評選結果之方法，藉以篩選具景觀潛力之種類並降低個人的偏好性，渠等在陽明山國家公園之研究，即曾邀集 41 位專家學者，從 1362 種植物共同評選具景觀潛力之原生植物，其中，超過 1/3 專家共同推薦的植物種類共有 168 種，超過 1/2 專家共同推薦者有 85 種，超過 3/4 專家共同推薦者有 30 種，前 10 名被推薦之種類分別為：大頭茶、山桐子、山芙蓉、筆筒樹、烏心石、華八仙、野鴉椿、青楓、杜英、金毛杜鵑。

武陵地區為雪霸國家公園重要的遊憩據點，具有豐富的生物及景觀資源，王志強(2008)曾進行武陵地區原生植栽應用名錄調查分析及評選研究，以資料庫及資料挖掘技術(data mining)找出各物種間之關聯性，並利用分析階層程序法(analytic hierarchy process, AHP)架構各原生植栽選擇之評估指標及其階層關係，得到各指標的權重，建構武陵地區原生植栽的選擇參考及決策。最後整理出適合武陵地區綠美化栽植之 60 種樹種，其中評分之前十名之樹種為：楓香、化香樹、臺灣蘋果、石楠、霧社櫻、山枇杷、栓皮櫟、日本山茶、大頭茶、臺灣石楠等，這些樹種能否適應廢耕地環境須經實地種植試驗。緣此，邱

清安(2019)實地栽植多樣化之景觀樹種，結果顯示在武陵廢耕地的劣化環境下尚可適應的景觀樹種，包括山桐子、阿里山榆、臺灣紅榨槭、楓香、臺灣蘋果、石楠、霧社櫻、山枇杷、栓皮櫟、大頭茶等，且經3年種植監測結果，目前生長表現最佳的原生景觀樹種為山桐子，其不僅具備偏陽性、生長快速、葉形較大、樹冠易鬱閉等生態復育特性之外，同時也具有觀賞紅色果實、誘鳥等功能，並已於地號99、99-1、100等區塊種植山桐子以建造武陵地區之原生樹種景觀林。

## 七、生態復育造林

造林(forestation)意指以人力介入建造森林，IPCC (2003)將造林區分為：(1)新植造林(afforestation)—在過去至少50年為非森林的土地上，藉由種植、播種、人為促進天然種源等人力介入方式，將非林地轉變為森林；(2)重新造林(reforestation)—在曾為林地但被轉為非森林的土地上，藉由種植、播種、人為促進天然種源等人力介入方式，將非林地轉變為森林；此2種造林均是針對非森林土地以人力介入轉變為森林的過程，其差別在於造林之前的非森林狀況持續了多長時間(Nabuurs et al. 2007)。就武陵廢耕地而言，由其開發歷史與周邊森林可判斷，此區域原本為森林，後來林地開發轉為種植蔬菜，因此武陵廢耕地之造林係屬於重新造林，而不屬於新植造林。

Chazdon (2013)曾提及，在人類將森林轉為其他土地用途之後，有4種恢復森林的模式：自發的天然更新(spontaneous natural regeneration)、輔助天然更新(assisted natural regeneration)、農林業(agroforestry)、商業樹種造林(commercial tree plantations)。而造林之目的則可依據森林經營目標概分為3大類：以木材等經濟收入為主要目的之經濟林、以建造優美景而利於遊憩為主要目的之遊憩林、以保護生物多樣性及發揮公益性等環境保育為主要目的之環境保育林；就武陵廢耕地而言，其造林目的為建造環境保育林，同時也使用當地原生

之景觀樹種，但無未來養成商用木材之目的。以下為近年來為營造規劃此 3 類林地所涉及之重要理念的相關報告回顧與分析。

### 1. 永續的森林經營：從法正林轉向近自然林

早期的森林經營，莫不皆以木材生產為主要目的，理想中之森林經營應遵循法正林(Normal forest)之理念，同時須符合法正齡級分配、法正林分配、法正蓄積、法正生長量等要項，亦即法正林是指能夠永續實現木材收穫均等的森林、年年有等量木材收穫的森林，而現代的森林經營已從收穫木材作為主要目標，轉變成為發揮森林多元化功能(楊榮啟&林文亮 2003, 2004)，形成一種以生態為導向的永續林業經營理念，包括連續覆蓋林業(Continuous Cover Forestry, CCF; e.g. Pommerening & Murphy 2004)、具有多種不同稱謂的趨近自然林業(如：close-to-natural, near-natural, nature-based forestry, or near-natural form of forestry; e.g. Schütz 1999)，其中，CCF 是 2001 年國際林業研究組織聯盟(International Union of Forestry Research Organization, IUFRO)大會主題，而近自然林更是重要的森林經營議題(Diaci 2006; Roessiger et al. 2011)；這些強調接近自然狀態之林業可統稱之為「近自然林」，其特徵包括(邱志明 2010；陸元昌等 2010；Kerr & Simpson 1999; Pommerening & Murphy 2004)：(1)經營的對象是整個生態系，而不只是林木；(2)將單一樹種、同齡、單層結構調整為多樹種、異齡、複層結構；(3)以單株或小塊擇伐來取代大面積皆伐；(4)避免全面的伐除清理之造林整地作業；(5)優先選用原生鄉土樹種；(6)強調立地環境之配合、天然更新之應用、土壤地力之維持；(7)除了林木用材之外，也同時發揮森林的多重惠益。簡言之，近自然林是依據該地自然環境條件及其潛在自然植群，參仿自然規律以人力介入培育之健康、穩定、多樣的混交林，使之兼具林產物收穫及多重公益的惠益。

採用近自然林的經營管理，在收穫林木之時，仍可在當地持續保留足夠的樹木，有助於森林對干擾的抵禦能力，此一做法可能是建立

韌性森林(resilient forest)、維持物種多樣性與棲地以及土地生產力的最佳方式(Frelich et al. 2018)，因此未來對於森林的經營管理應以強化生態系之結構、功能、惠益、韌性，來取代短期的極大化木材收穫，然而這種同時考量永續森林經營之經濟、社會、生態等層面的整合途徑，因各地社經情況與自然環境的不同而須因地制宜(Boncina 2011)，不僅十分複雜且非一蹴可幾，雖然目前世界各國都在努力實現永續森林經營，但仍時常缺乏良好的管理實務與經驗證據，因而加強永續森林管理將需要更好的報告和驗證，涵蓋更多領域，並在未來加強永續森林之管理標準和指標的實施(Siry et al. 2005)。

## 2. 新生苗木的增加：輔助天然更新與豐增補植

林木更新(regeneration)是維持森林生態系的基本過程，也是永續森林管理系統(sustainable forest management system)的關鍵之一，主要的林木更新方式有苗木出栽(planting seedling)、種子直播(direct seeding)、天然更新(natural regeneration)，其中，苗木出栽是最普遍使用的方法，但其可能有根變形、缺乏自然汰擇等缺點(Ackzell 1993)，有時同時結合種子直播與苗木出栽是促使森林恢復的最佳方法(Camargo et al. 2002)，種子直播與苗木出栽都是人為提供生育地所需之種苗，是屬於人力介入的(intervention)，適用於嚴重退化之生育地，而天然更新之種苗則是來自於自然散播或土壤種子庫，是屬於自發性的(spontaneous)，適用於土地退化不嚴重之處，Crouzeilles et al. (2017)曾統合分析(meta-analysis)熱帶森林的 113 項研究報告，發現在生物多樣性及植群結構方面，天然更新比人為復育更佳。極大化林木生產可能與生物多樣性目標相衝突，但良好的造林作業對生物多樣性和水資源保護將具有正面的影響且不會產生過高之成本(Duncker et al. 2012)，因此森林恢復應採取被動消極地放任植群自生演替或主動積極地以人為力量介入進行生態復育(passively natural recovery by spontaneous succession vs. actively ecological restoration by human intervention)必須是基於科學基礎，實務上整合自生演替與人為復育

才是最有效的途徑(邱清安&徐憲生 2015)。

某些地方之森林演替發展或自我復原(successional development or self-repair)是很快速的，例如：森林是在近期內被清除的、有原生種遺留的殘存林與稚樹庫及土壤種子、地景內仍有完整且生物多樣性豐富的原生林，這類天然更新成功案例在世界各地均可見(Lamb et al. 2005)，對於已存在於待造林之處的天然更新苗木，可實施輔助天然更新(Assisted / Accelerated Natural Regeneration, ANR)，這是一種藉由移除或降低自然更新的阻礙(如土壤退化、雜草競爭、重複性干擾)來促進自然演替過程(accelerate natural successional processes)的森林復育方法(Shono et al. 2007; Betts 2013)，相似的概念在不同的研究常被提及，甚至有時被簡單稱之為仿效自然(imitating nature) (Attfield 1994)，與慣用的植樹造林方法相比較，ANR 少了苗木繁殖、培育、出栽之成本。ANR 可包含許多技術方法且具有彈性，其操作可根據立地情況、復育目標、可用資源等考量來進行修正，ANR 之基本步驟：(1)標定更新的苗木、(2)解放更新的苗木、(3)抑制雜草、(4)保護以免除干擾、(5)維護與豐增補植。與常規的重新造林(conventional reforestation)成本相比，ANR 造林的成本減少近 2/3 (Guillermo 1992)，但 ANR 需要更高的技術、更多的生態資訊(ecological information)投入(Hardwick et al. 2004)，例如：現場鑑識苗木之能力、瞭解各類苗木之環境需求、符合當地環境的維護技能。

從字面意義來看，豐增補植(enrichment planting)之 enrichment 意在，藉由加入某些植物種類來改善森林之品質並使其更豐富；簡單來說，豐增補植即是在冠層孔隙或沿著整地條帶中種植目標物種(planting target species under canopy gaps or along cleared strips)，森林經營者可藉由豐增補植尋求增加次生林中商業重要木材物種的數量，也可藉由添加本來不能拓殖和更新(colonize and regenerate)和受威脅的或脆弱的(threatened or vulnerable)物種來改善生物多樣性(Lamb et al. 2005)。豐增補植的對象可以包含不同的樹種，可補植在商業上、

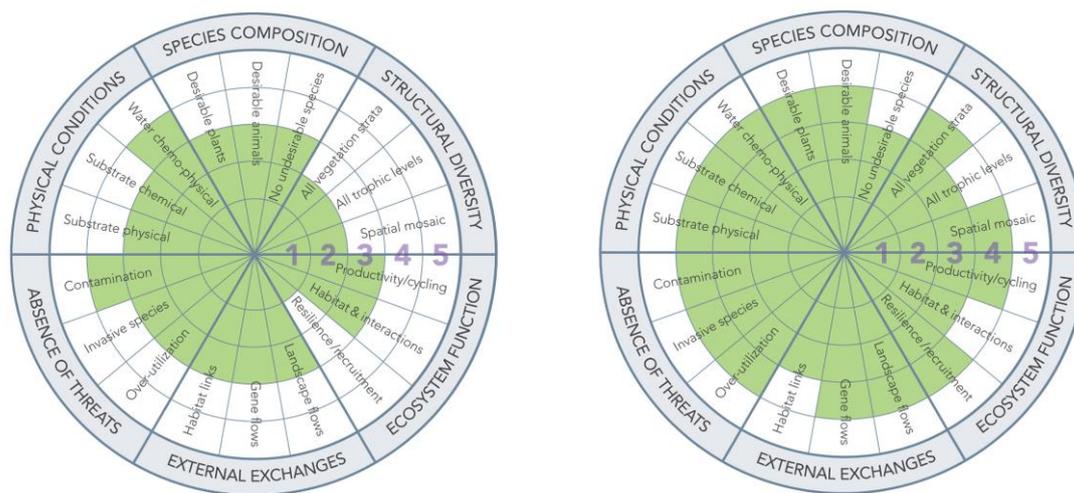
社會上、生態上有用的種類 (commercially, socially, or ecologically useful species) 來提升次生林之價值，因此在近年已被成功應用於世界各地 (e.g., Rappaport & Montagnini 2014; Horstman et al. 2018; Huy et al. 2018; Laughlin & Clarkson 2018)，其最重要的關鍵包括補植樹種之選擇、上層林冠之樹種特性與鬱閉度、林下微生育地之環境等因素，若未能充分掌握這些關鍵因素時，豐增補植也有失敗的可能 (Olson et al. 2018)。

由於林地環境在空間呈現異質性、也會隨著時間而變化，配合不同的造林目標的差異以及所選定樹種之特性，可以組合運用各種不同方法來提升造林之成功率 (Mangueira et al. 2019)，這些方法包括傳統的苗木出栽、種子直播造林、輔助天然更新、豐增補植。

## 八、生態復育成效之評估

評估生態復育工作之成效一直是復育生態學中的重要需求與挑戰，為此曾有許多的準則被提出 (DellaSala et al. 2003; Wortley et al. 2013)，然其評估目的與使用範疇多有差異。近年國際生態復育學會 (Society for Ecological Restoration; <https://www.ser.org/>) 於 2013 年出版了「生態復育實踐之國際原則與標準」 (International Standards for the Practice of Ecological Restoration) (McDonald et al. 2016)，隨後在 2019 年進行了第二版之更新 (Gann et al. 2019)，在此一「生態復育實踐之國際原則與標準」中提供了一套生態恢復輪與五星評級系統 (ecological recovery wheel and five-star system)，可針對不同特徵給予 1~5 的級別，藉以產生一個直觀的視覺評估圖 (圖 4)，被評估的 6 項特徵及其所含 3 子項目為：(1) 威脅的消除—過度利用、入侵物種、污染；(2) 物理條件—基質物理條件、基質化學條件、水物理化學條件；(3) 物種組成—有利植物、有利動物、有害物種；(4) 結構多樣性—所有的植被層、所有的營養水平、空間鑲嵌；(5) 生態系統功能—生產率、棲息地與動

植物間的相互作用、彈性及補充等；(6)外部交換—景觀生態流、基因流、棲息地連接；此一生態恢復輪可用來幫助管理者、實踐者和監管機構建立和溝通期望復育水準的工具，同時，相對於參仿模型而言，五星系統和生態恢復輪還可以逐步評估和跟蹤本地生態系統隨時間的恢復程度，並顯示生態復育成效隨著時間推移所表現出的進步。



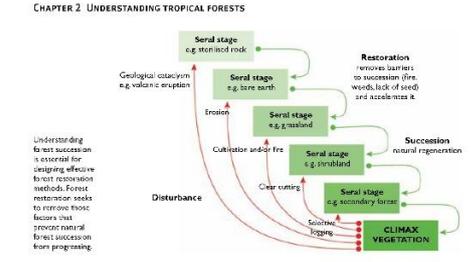
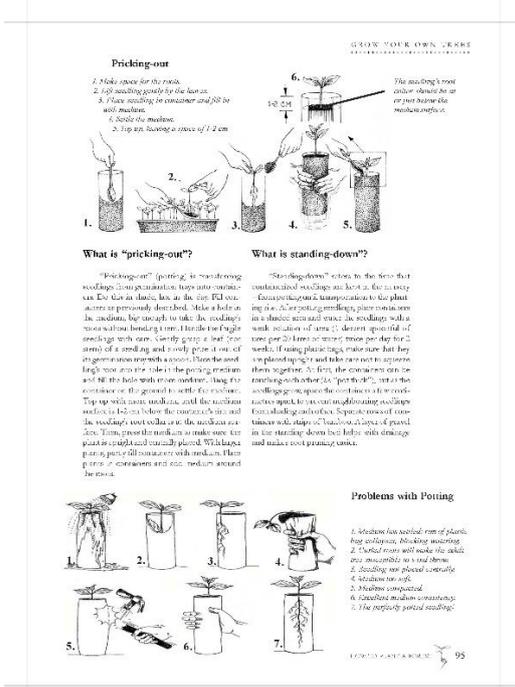
基線 *Baseline*

10 年後 *10 years later*

圖 4. 利用生態恢復輪(recovery wheel)評估復育成效

## 九、森林復育操作手冊

目前國內尚無森林復育操作手冊之相關資料，然對於武陵廢耕地森林復育的重要結果與累積之經驗，實有必要予以詳實記錄，此一復育操作手冊可參考 FORRU (2006)出版之 *How to Plant a Forest: The Principles and Practice of Restoring Tropical Forests*、Elliot et al. (2013) 出版之 *Restoring Tropical Forests: A Practical Guide*，其內容兼具學術性與科普性，並包含大量的解說示意圖示(圖 5)，有助於未來之科學應用與環境教育解說。



**Pioneer and climax tree species**

Tree species can be divided into two broad groups, depending on when they appear in the sequence of forest succession. Pioneer tree species are the first to colonize deforested sites, whereas climax forest tree species establish later, only after the pioneers have created shadier, cooler and wetter conditions. The main distinction between the two groups is that seeds of pioneers can germinate only in full sunlight and their seedlings cannot grow in shade, whereas the seeds of climax trees can germinate in shade and their seedlings are shade-tolerant.



The seeds of pioneer trees can lie dormant in the soil, germinating when a gap is formed and light intensity increases. Once the forest canopy closes, however, no more seedlings of pioneer species can grow to maturity. Therefore, pioneer trees grow rapidly and usually produce large numbers of small fruits and seeds at a young age. These are dispersed over long distances by wind or small birds, thereby finding new disturbed areas to colonize. Pioneer species can be divided into two groups: early pioneers (e.g. Cecropia, Miconia, Brossa, Ocotea, Mabanga, Acronychia and Melastoma) and late or persistent pioneers (e.g. Acacia, Albizia, Ocotea, Annona, Tamarix and Gleditsia). The former are the first species to colonize open areas but seldom live longer than 20 years, whereas the latter grow for 60-80 years and may persist even after climax tree species have begun to reach the canopy (although their seedlings are absent from the ground layer).

圖 5. 森林復育操作手冊之參考範例:FORRU (2006)、Elliot et al. (2013)

## 第三章、研究地區

### 一、工作地點及範圍

本計畫之復育區(restoration site)為武陵地區被徵收後廢耕的 8.1 ha 菜園範圍(圖 6)。雪霸國家公園東側為武陵廢耕地附近之環境相似區域，其海拔約 1500~2500 m，例如：七家灣溪兩側之殘存森林、鄰近的有勝溪流域及中橫公路宜蘭支線(台 7 甲)之森林，均能做為武陵廢耕地建構參仿生態系之復育目標參考，亦可作為復育樹種主要的種子採集範圍。

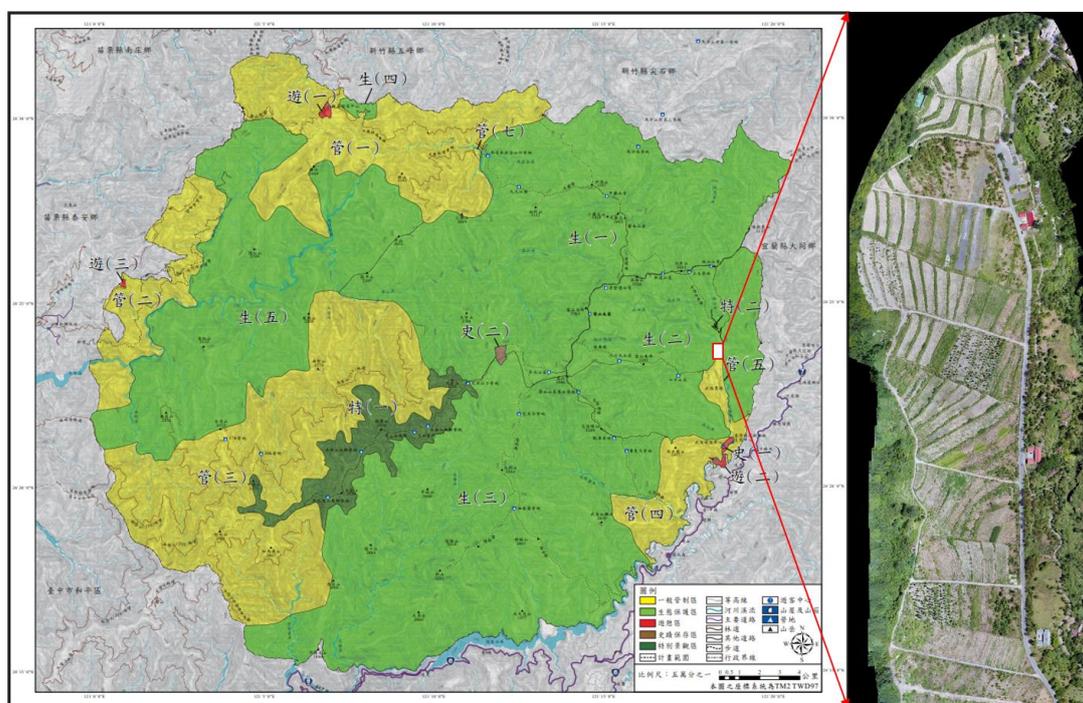


圖 6. 雪霸國家公園及本計畫復育區武陵廢耕地之位置

## 二、地形、水系、道路

圖 7 為研究區範圍內之地形、水系、道路圖，綠色三角形為廢耕地之位置，圖 7 之海拔介於 1132~3728 m，由於復育目標區—廢耕地之海拔近 2000 m，因此將調查其上下 500 m 之範圍；藍色線條代表水系，主要為七家灣溪及有勝溪；紅色線條代表道路，主要有國家公園園區內的武陵路、園區外的中橫公路宜蘭支線(台 7 甲)。

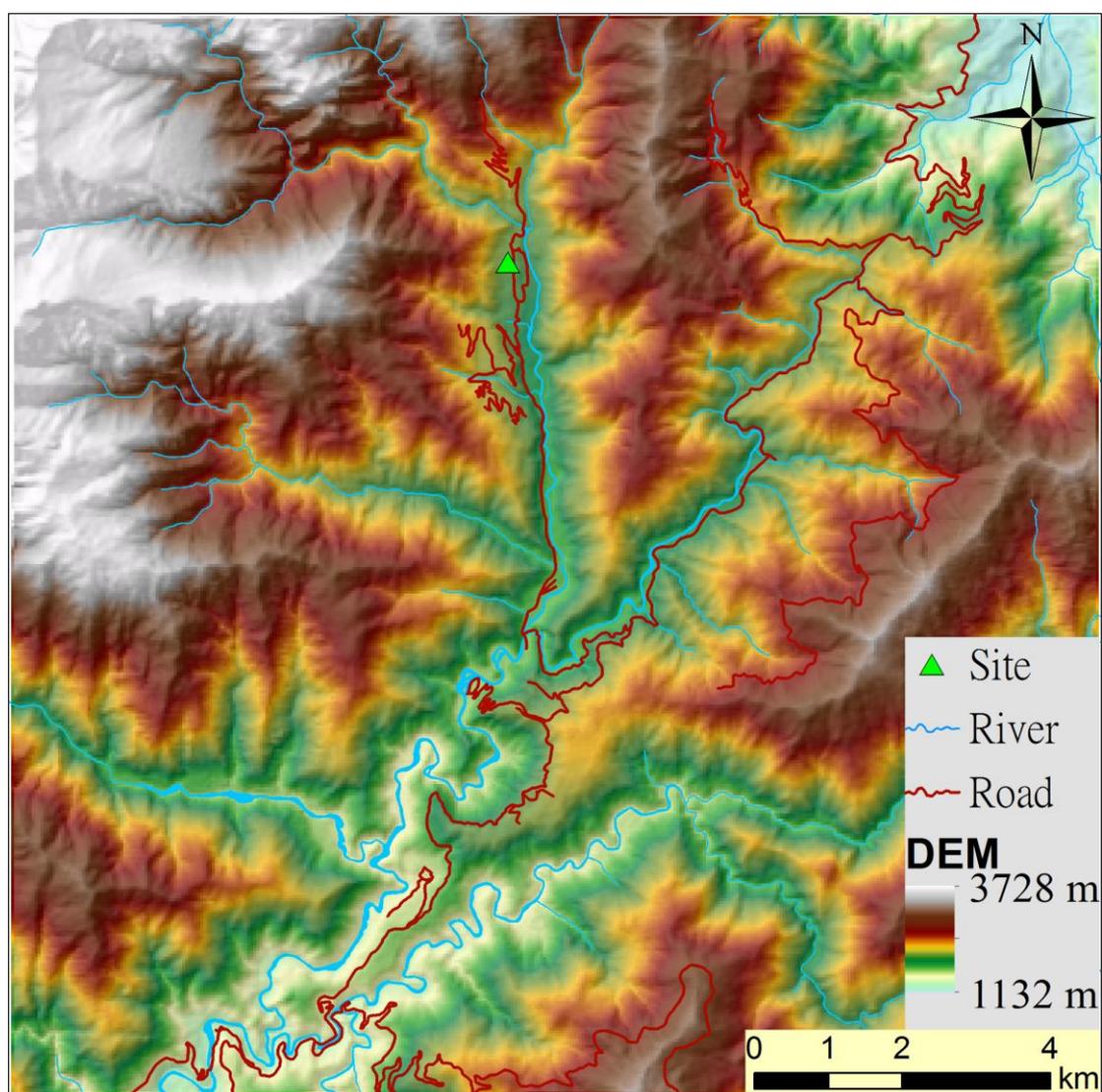


圖 7. 研究區之地形、水系(藍線)、道路(紅線)、廢耕地(綠色三角形)

### 三、氣候

氣象觀測資料採用 Chiu et al. (2009)之長期氣候面化資料，擷取武陵廢耕地之各月氣候資料，其最低月均溫為 1 月之 7.3°C，最高月均溫為 7 月之 18.0°C，年均溫為 13.3°C，最小降水量出現於 11 月為 68 mm，最大降水量出現於 8 月為 336 mm，年降水量為 2136 mm；圖 8 為武陵廢耕地之生態氣候圖，3~9 月份屬於超濕，全年都在潤濕以上，就大環境之氣候條件而言，武陵廢耕地並不缺水。

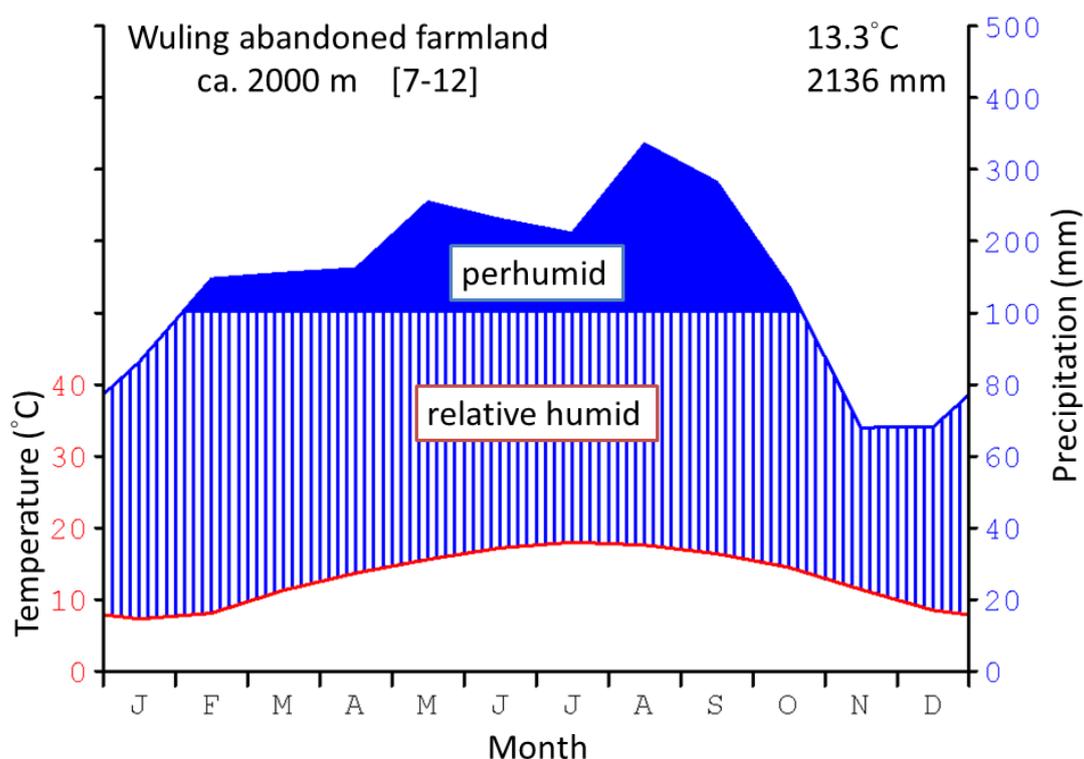


圖 8. 武陵廢耕地之生態氣候圖

### 四、現生植群圖

現生植群圖之資料來源係取自臺灣現生天然植群圖集(邱祈榮等 2009)，經擷取海拔 1500~2500 m 之範圍，除台 7 甲線下半段周邊之非林班地而無資料(紫色部分)外，其餘區域之現生植群如圖 9 所示(未著色部分即非海拔 1500~2500 m 之範圍，以衛星影像顯示)，圖上標

示字母為群系綱(class)，A 為人工植生、F 為森林、G 為草本植群，X 為其他，可知本區主要植群為人工植生與森林；其中，細部的群系(formation)資料詳列於表 2。圖 10 為武陵廢耕地附近之細部放大圖，綠三角為其位置，即 AA92 耕地(黃綠色)，其附近之植群主要為 AA91 人工林(淡綠色)、FM41 山地針闊葉混淆林(深綠色)，在距廢耕地較遠處則有 FC31 上部山地針葉林(橘色)、FC32 上部山地—山地—下部山地次生針葉林(紅色)；這些現生植群資料可以做為本計畫較粗略的參考，其中之 FM41 山地針闊葉混淆林(深綠色)的殘存森林，可能仍保有武陵地區較為豐富且能反映當地環境的樹種，為未來本計畫植群調查之重點區域。

表 2. 研究區範圍內國家現生植群圖所出現之群系(formation)類別

代碼	群系
FC21	亞高山針葉林
<b>FC31</b>	<b>上部山地針葉林</b>
<b>FC32</b>	<b>上部山地—山地—下部山地次生針葉林</b>
FC41	山地針葉林
FM31	上部山地針闊葉混淆林
FM32	上部山地—山地—下部山地針闊葉次生混淆林
<b>FM41</b>	<b>山地針闊葉混淆林</b>
FB31	上部山地—山地—下部山地崩塌地次生落葉闊葉林
FB41	山地常綠闊葉林
FB44	山地—下部山地—低地次生落葉闊葉林
FB45	山地—下部山地—低地半落葉闊葉林
FB52	下部山地—低地次生常綠闊葉林
GH21	亞高山—上部山地—山地草本植群
<b>AA91</b>	<b>人工林</b>
<b>AA92</b>	<b>耕地</b>
XX91	建地
XX92	天然裸露地
XX93	水域

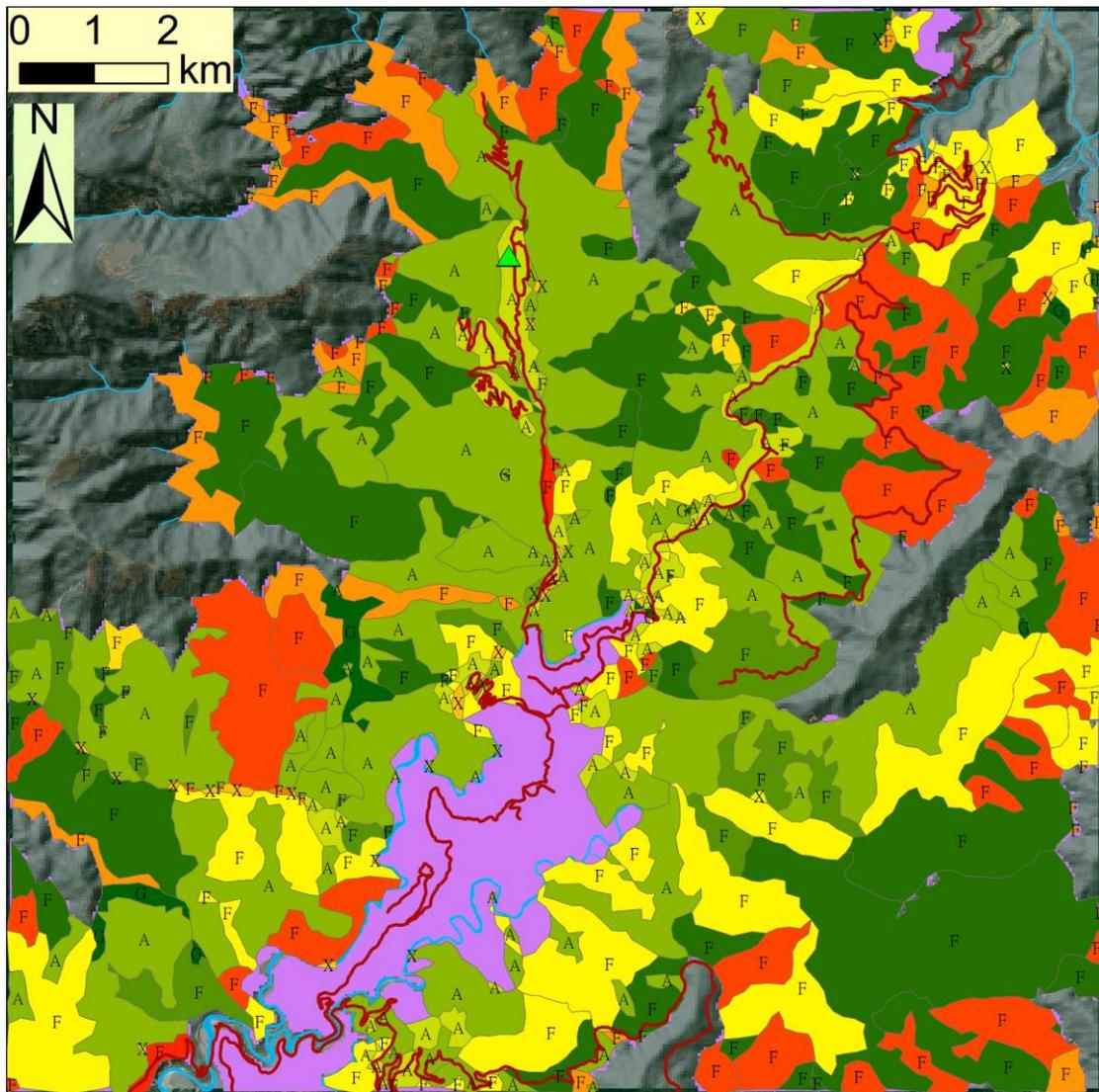


圖 9. 研究區之現生植群圖(A 為人工植生、F 為森林、紫色為非林班地、未著色部分即非海拔 1500~2500 m 之範圍，以衛星影像顯示)

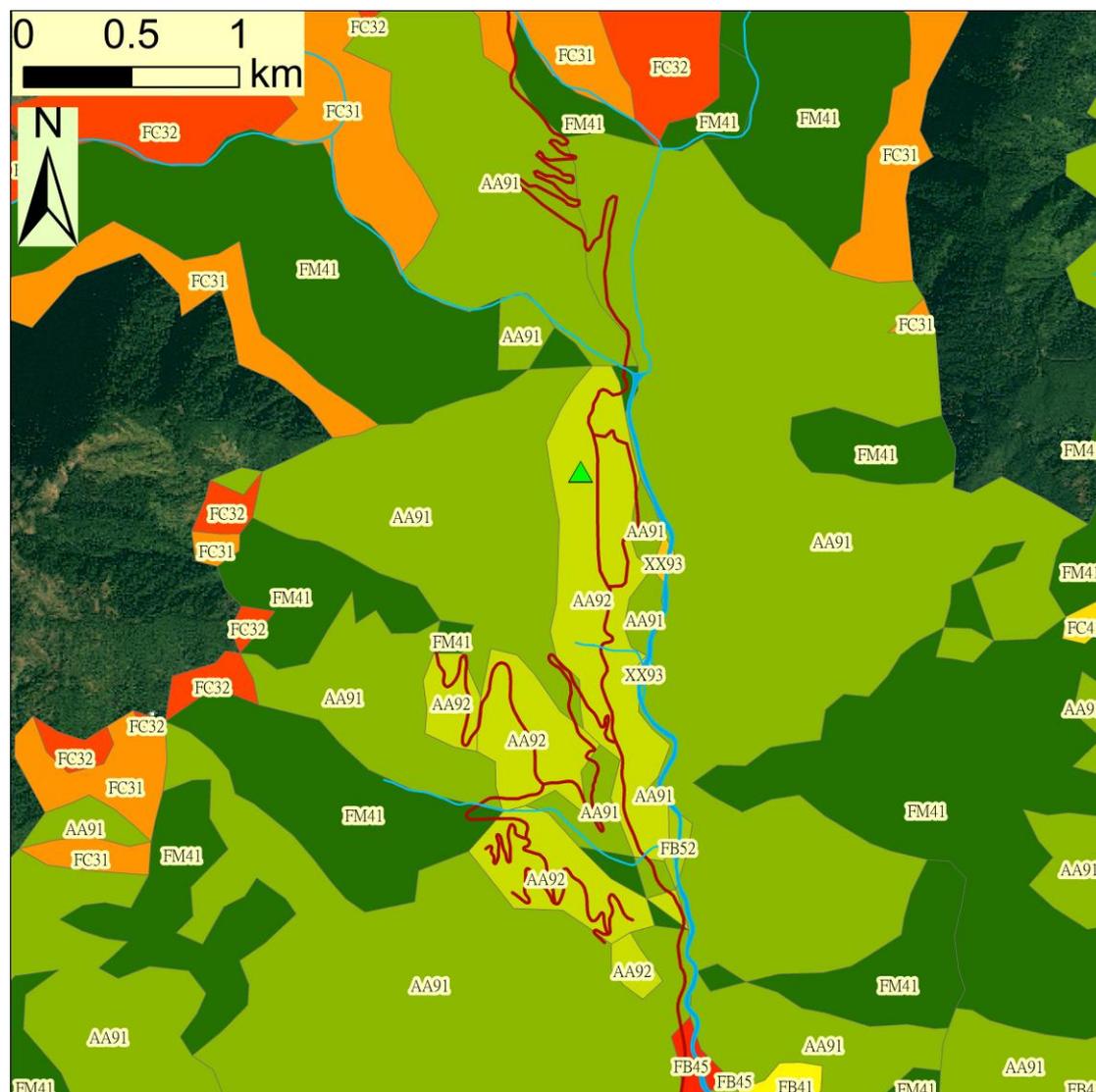


圖 10. 武陵廢耕地附近之現生植群圖，主要植群為 AA92 耕地(黃綠色)、AA91 人工林(淡綠色)、FM41 山地針闊葉混淆林(深綠色)

## 五、土壤

依本地土壤分析結果(邱清安等 2016)顯示，廢耕地土壤質地均一、排水良好、土壤偏鹼(pH 7.5-8.0)、導電度在無鹽害等級(< 2 dS/m)、有機質含量豐富(> 3%)、全氮含量高(> 0.2%)、有效性磷含量豐富(> 200 mg/kg)、陽離子鈣和鉀在豐富等級，但鈣普遍偏高而鎂偏低，使養分失衡、八種重金屬中鎘鉻銅鎳鉛鋅和汞含量都在有機農業土壤重金屬容許量標準以內，砷則有部分超出容許標準(> 15 mg/kg)，但仍在

食用作物農地土壤污染監測基準以下( $< 30 \text{ mg/kg}$ )；廢耕地之土壤含石率在 63.6-71.2%之間(圖 11)，石礫雖有助於排水，但保肥力較差。同時也目視到一些白色石灰顆粒，為當年蔬菜種植防治根瘤病所施用之遺跡。



圖 11. 廢耕地土壤含石率很高且有石灰

本研究團隊於 2019 年在地號 152 架設共 16 個  $1 \text{ m}^2$  樣格，分別施以 6 種不同處理及對照組(無處理)，以監測土壤 pH 值之變化。表 3 為武陵廢耕地土壤 pH 值變化表，由表可知，有施以硫磺處理之樣格(編號 1、5)短時間內 pH 值下降速度明顯，但後續緩衝作用會使 pH 值回升，而其它處理之 pH 值下降速度較為緩慢。

表 3. 武陵廢耕地土壤 pH 值變化表

處理 年	0	1	2	3	4	5	6
2019	7.76	7.64	7.60	7.72	7.72	7.68	7.58
2020	7.64	6.96	7.61	7.69	7.52	7.21	7.59
2021	7.45	7.30	7.71	7.74	7.51	7.49	7.70
2022	7.69	7.40	7.59	7.67	7.65	7.68	7.58

註：編號 0 為無處理；編號 1 為添加硫磺 100 g；編號 2 為添加硫酸銨 100 g；編號 3 為添加腐植酸 100 g；編號 4 為添加蔗渣 3 L；編號 5 為添加腐植酸 20 g+硫磺 80 g；編號 6 為使用過篩土打漿種植於 4 塊樣格之 4 角落及中心點，共計 13 株約 60 cm 臺灣赤楊苗木。

## 第四章、研究方法

本計畫之總體目標為武陵廢耕地多樣化複層林之生態復育，工作項目包括：(一) 參仿植群之建構、(二) 復育目標樹種之屬性、(三) 復育目標樹種之育苗作業、(四) 生態造林苗木之表現、(五) 森林復育對策之相關試驗、(六) 山桐子景觀林之營造、(七) 生態復育成效之評估、(八) 森林復育操作手冊之文稿；圖 12 為執行上述各項工作之流程。

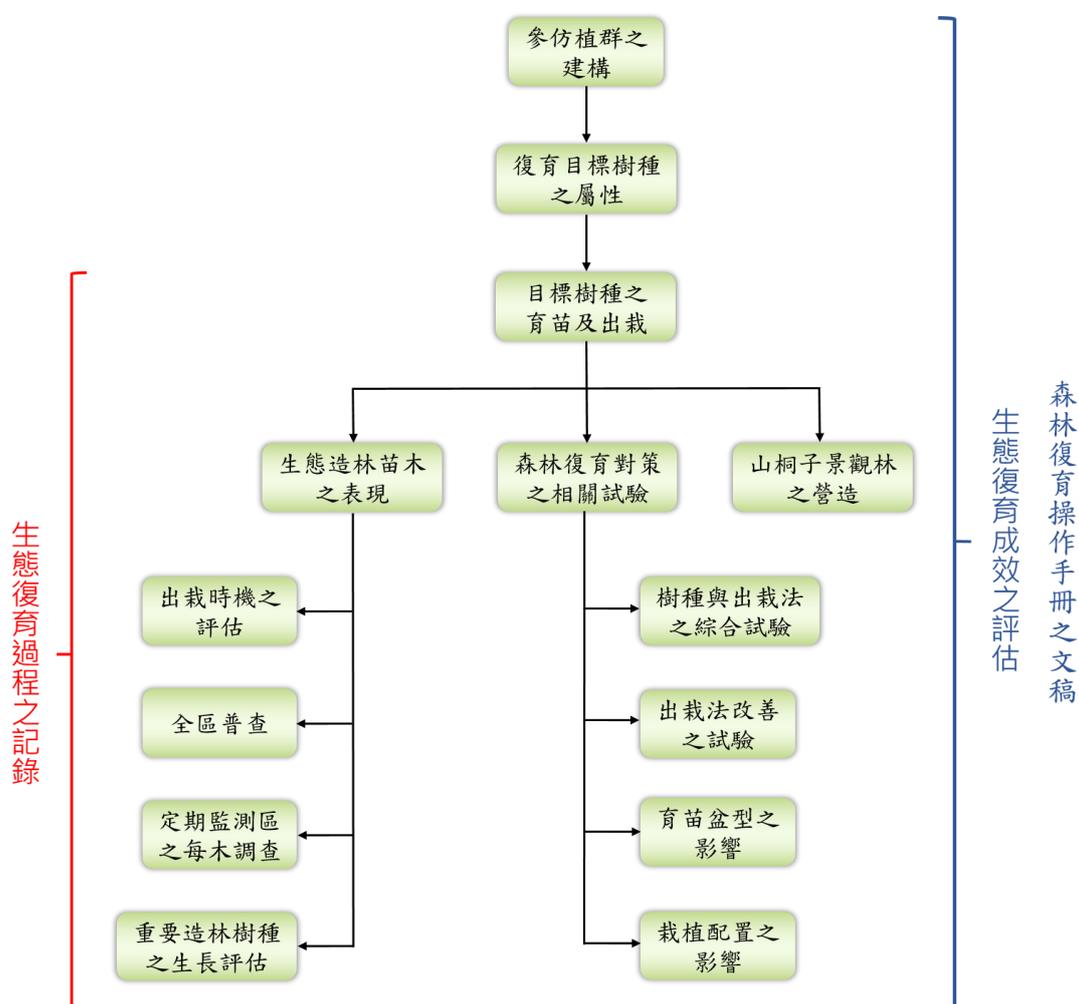


圖 12. 本計畫執行各項工作之流程

## 一、參仿植群之建構

本計畫將藉由分析武陵週邊森林之組成，建構參仿植群，已做為森林復育之目標及評估依據。理論上，參仿生態系所包含的訊息愈多愈有價值，但武陵廢耕地經長期耕作已呈嚴重之退化，且過去當地植群歷史尚無完整之記錄，若要採用復育地之內的類推(on-site analogous)、歷史的參仿(historical reference)均已不可實現，因此本計畫將以復育地之外的類推(off-site analogous)，利用在復育地範圍之外的現地情況來決定參仿，簡言之，即在復育地外找殘存林或完整森林做為參仿，調查分析其種類組成與結構層次。同時，以在現有條件之下期望未來的最佳可達到之情況(best attainable condition)。

## 二、復育目標樹種之屬性

從上述所建構的參仿生態系之種類組成中，參酌 Lamb & Gilmour (2003)所列之生態復育的潛在關鍵植物類型，選擇具有(1)珍貴稀有性、(2)環境教育價值、(3)生長快速、(4)極盛相代表性、(5)固氮能力、(6)自然拓殖能力低弱、(7)民俗植物等屬性的樹種，加以採種培育並出栽。在實務上，有必要綜合考量原生樹種之結實豐欠年、出栽後之存活與生長表現、本計畫多樣化及演替後期樹種之目標等因素篩選出栽樹種名錄。

## 三、目標樹種之育苗及出栽

### 1. 種子與小苗採集

廣泛採集武陵地區之原生樹種的種子與小苗，如川上氏鵝耳櫪、山桐子、杏葉石櫪、三斗石櫪、大葉溲疏、山枇杷等，記錄採集母樹之結實情形、種子與果實照片、地理座標位置及採集過程等相關作業。

## 2. 種子處理與儲藏

採集種子後應盡速運至育苗場所，並在種子處理前先存放於通風良好處陰乾，去除不必要雜質，例如：碎石、沙土、雜草等等，留下純淨種子，本計畫中多數種子於秋冬季成熟採集，至適宜播種的翌春仍需儲藏一段時間，或某些種子有豐欠年之週期，妥善依照不同樹種的特性儲存種子可於適宜的春季播種，利於種子的發芽與生長，並能配合本計畫之造林規畫每年穩定供應種子。

## 3. 苗木培育作業

針對適於武陵廢耕地出栽種植的目標樹種進行苗木培育，育苗方式包括種子直播育苗、播種育苗箱後再移植育苗，育苗前必須注意種子是否需要預先層積處理，打破種子休眠後再播種。苗木培育之細節及注意事項等，可參考簡慶德(2013a) 18種重要造林樹種育苗作業規範之制定；培育至少 30 種 6000 株以上之武陵當地原生樹種苗木，且其中至少包含 15 種以上的演替中後期樹種。

## 4. 苗木出栽清單

本小節記錄計畫執行期間出栽苗木之規格與清單，配合營造多樣化複層林之目標與實際採種培育之苗木供應等因素，可據以實施多樣化樹種之生態造林，除了以山桐子營造單純的原生景觀林之外，大致的配置原則為於各地號上混合種植灌木與喬木、常綠樹與落葉樹、針葉樹與闊葉樹、演替早期與演替後期樹種。

## 四、生態復育造林之作業

### 1. 出栽時機之評估

苗木出栽的適宜時機必須綜合考慮溫度與降雨，以使新植苗木可適應野地環境、提高其存活率及幫助苗木後續的生長。若苗木太早出栽，可能因春季晚霜，使苗木嫩芽與幼葉因突如其來的低溫而凍傷；然若苗木太晚出栽，則可能因盛夏烈日高溫使得水分蒸發散速度過快，小苗易因缺水而枯死。本計畫持續蒐集累積武陵地區之氣象資料，可應用於現地苗木定期監測數據分析參考，並進一步探究武陵廢耕地適合的出栽時機。

### 2. 武陵廢耕地之全區普查

每年7月於武陵廢耕地進行當年度造林苗木之存活率調查，除生態試驗區 96、152、153、168-2、169 等地號，自然演替區 74、89、90、91、129-1 等地號不進行普查之外，監測武陵廢耕地出栽苗木之存活情況，記錄每年武陵廢耕地各地號出栽之樹種與株數，以此全區普查結果為基礎，針對各地號配置不同數量、不同種類、不同形相、不同演替階段之出栽苗木，達到營造多樣化複層林之目標。

### 3. 6 塊定期監測區之每木調查

苗木出栽造林是森林復育最常被採用的方法(Miyawaki 1993; Florentine & Westbrooke 2004; Dostálek et al. 2007; Florentine et al. 2016)，本計畫之廢耕地因經過長期耕作，土壤理化性質已改變，廢耕後外來種雜草入侵，幾乎無週邊原生森林之樹種天然更新，其生態復育造林之成功與否，深受樹木種類本身的生物學特性影響(Knowles & Parrotta 1995; Elliott et al. 2003; Athy et al. 2006; Raman et al. 2009; Guzmán-Luna & Martínez-Garza 2016)，因此有必要瞭解不同出栽階段之各樹種的存活與生長情形，以調整每年之種子採集對象、出栽樹種與數量、生態造林之空間配置。為瞭解森林復育之苗木的表現

(performance)，隨機抽樣 6 塊森林生態復育樣區或選擇重要的復育目標樹種，進行掛牌及監測；於每年 4 月、10 月量測這些樣株之存活率 (survival rate, SR)、地徑(cm)、苗高(cm)、冠幅(cm)，最後將上述調查與統計數據根據 De Steven (1991)、Quintana-Ascencio et al.(2004)、Mangueira et al. (2019)之計算法將監測數據以生長指數(growth index, GI)、表現指數(performance index, PI)呈現：

$$GI = [\text{地徑}(X) \times \text{苗高}(X)] - [\text{地徑}(X-1) \times \text{苗高}(X-1)]$$

$$PI = GI \times \text{存活率}$$

此外，配合整體復育成效評估指標的擬定，若有必要則估算樣木冠幅，計算廢耕地之林木綠覆率/森林恢復率，藉以評估森林復育的整體成效。

#### 4. 重要造林樹種之生長評估

根據本計畫前期調查顯示，歸納出 8 種適合武陵廢耕地於開闢草生地階段出栽之樹種：臺灣赤楊、山桐子、檉木、山柿、阿里山榆、朴樹、山枇杷、石楠，這些樹種殆屬於演替早期之樹種，同時也發現紅楠、大葉石櫟、木荷等偏演替後期之樹種，較難適應廢耕地目前之開闢、劇變的劣化環境，未來可能須待演替早期樹種成林後，再於其林下豐增補植，同時也有必要根據不同樹種特性及環境限制來配合出栽方法後，以有效提高存活率與生長量。爰此，本計畫將依據現場之觀察與監測適時評估適宜的造林樹種。

## 五、森林復育對策之相關試驗

### 1. 樹種與出栽法之綜合試驗

國外研究顯示，苗木出栽(transplanting seedlings)是傳統的造林方式，可促進植群回復過程，建立更適宜的微氣候環境(Miyawaki, 1999; Florentine and Westbrooke, 2004)，故本研究利用苗木栽植做為復育廢耕地植群之方法，在復育森林之前，必須先瞭解森林恢復(recovery)的限制因子(limiting factors)，才能進一步擬定復育策略(邱清安、徐憲生，2015； Holl et al., 2000; Hardwick et al., 2004; Shea, 2007; Mendoza et al., 2009)；依據邱清安等(2016)於武陵廢耕地進行一系列的試驗可得知，武陵廢耕地森林復育之限制因子眾多，其認為土壤水分不足是阻礙苗木存活及生長的關鍵因素，山羌對苗木的取食亦大幅影響苗木生長；為了使武陵廢耕地復育所栽植的苗木能夠存活、生長，本研究針對樹種選擇及栽植處理與山羌取食情形進行調查與試驗，以克服武陵地區廢耕地苗木出栽的限制因子，提供有效的復育策略作為參考。

### 2. 出栽法改善之試驗

武陵廢耕地表土含石率約達 70%，夏季亦有高溫與烈日等加重乾旱之苗木生存壓力(邱清安 2019)，因此以如何讓出栽苗木減少水分散失而提高存活與生長為目標，進行種植方法的改善。本項實驗參考多項種植方法(黃作舟 2011；吳長銓 2012；李永忠 2015)，顯示利用泥漿作為填入植穴之介質，或是在出栽前將苗根浸泡泥土或陶土漿，可保持苗木生機、提升苗木存活率，並提供苗木出栽初期的水分來源。另外於植穴表面加上敷蓋，在地表鋪灑介質，其作用可改善土壤物理條件如土壤水分、溫度或養分含量等，減少草本植物之競爭，提升苗木存活率與生長量(谷婉萍 2016； Bakker et al. 2012; Jiménez et al. 2017; Silva & Vieira 2017)。

### 3. 育苗盆型對演替早期樹種表現之影響

育苗容器的大小、形狀不僅影響苗木形質，也影響苗木出栽後之存活與生長表現 (McConnughay & Bazzar 1991; Hsu et al. 1996; Matthes-Sears & Larson 1999; Chirino et al. 2008)，通常深度較深、口徑與容量較大之盆型均有助於養成健壯苗木及其出栽後生長，然隨著育苗容器加深加大，亦將增加育苗及出栽成本。本項試驗以臺灣赤楊為試驗材料，欲探究何種盆型為最佳育苗容器，在相同成本下產生較高之造林成效。

### 4. 栽植配置對演替後期樹種表現之影響

本計畫前期工作已成功種植許多演替早期樹種，包括植株高 2~3 m 的臺灣赤楊，然過去造林監測也顯示演替後期樹種難以在開闢的廢耕地存活及順利生長。有鑑於先前試驗(邱清安 2019)中，單株栽植之卡氏槲存活率不盡理想，但現今許多早期樹種(如臺灣赤楊、山桐子等)已於武陵廢耕地生長成壯大之苗木，配合本計畫最終目標在營造多樣化複層林相的期望下，本項試驗將以卡氏槲做為演替後期之代表樹種，參酌相關研究報告(Padilla & Pugnaire 2006; Yang et al. 2010; Yelenik et al. 2015; Bechara et al. 2016; Bertoncetto et al. 2016 Andivia et al. 2018)，以樹島(tree island)或護理(nurse)等促進(facilitation)的方法來提升演替後期樹種之存活與生長。

## 六、山桐子景觀林之營造

山桐子除了具備偏陽性、生長快速、葉形較大、樹冠易鬱閉等生態復育特性之外，同時也具有觀賞紅色果實、誘鳥等功能，具有營造武陵地區原生植物優美景觀林之潛力；本團隊於 2017 年開始至今已在地號 99、99-1、100 等區塊種植山桐子，並隨機選取 20 株山桐子定期於每年 4、10 月監測記錄，藉由監測數據了解山桐子生長情形及

環境限制因子，進一步探求如何改善山桐子之生育環境條件，並進行空隙地補植以營造山桐子原生景觀林。

## 七、生態復育成效之評估

為與國際生態復育科學相接軌，本計畫之生態復育成效評估將採用 2019 年國際生態復育學會(SER)出版「生態復育實踐之國際原則與標準」提供的生態恢復輪與五星評級系統(ecological recovery wheel and five-star system) (Gann et al. 2019)，並擬定評估準則對其 6 項特徵及其所含 3 子項目進行評估，藉以產生一個直觀的視覺評估圖，由此生態恢復輪逐步評估可追蹤本地生態系統隨時間的恢復程度，顯示生態復育成效隨著時間推移所表現出的進步。

## 八、森林復育操作手冊之文稿

武陵森林生態復育操作手冊之內容期能兼具學術性與科普性，並盡可能包含較多的解說圖示及相片，俾利於未來之科學應用與環境教育解說。由於目前國內尚無森林復育操作手冊之相關資料，未來本計畫之復育操作手冊將先參考 FORRU (2006) 出版之 *How to Plant a Forest: The Principles and Practice of Restoring Tropical Forests*、Elliot et al. (2013) 出版之 *Restoring Tropical Forests: A Practical Guide*，並依計畫之進展適度修正文稿之撰寫。

## 第五章、結果與討論

生態復育的目標(goal)可概念化為復育工作之期望的總體產出(the desired general output of our restoration effort)，而接下來須設定更具體之生態復育標的(target) (Prach et al. 2019)。本計畫旨在恢復武陵廢耕地之森林生態系，如同大多數陸域生態系復育計畫都十分關注於維管束植物的重建，藉以確保回復群落結構及其初級生產力(Clewell & Aronson 2013)，並期望能達成快速的植物建立、長期的植物持續性、功能正常運作之生態系的復育(rapid plant establishment, long-term plant persistence, restoration of functioning ecosystems)等 3 個生態復育的共同目標(Kettenring et al. 2014)。緣此，本計畫設定：

**最終目標(goal)：**將武陵廢耕地恢復為當地原有之森林。

**具體標的(target)：**(1)重建以演替前期樹種為主的茂密森林；(2)營造演替後期樹種之適宜生育地；(3)恢復本地原生樹種之生物多樣性。

### 第一節、參仿植群之建構

生態復育應該要種植那些樹種？到底要恢復成什麼樣的森林？這是執行武陵廢耕地森林生態復育時最首先被提出的問題。這看似簡單的問題，但在物種多樣性甚高的武陵地區，實務上並不易在龐雜的多樣樹種中很快找出森林生態復育的目標樹種，例如 Maxwell & Elliott (2001)以骨架種類法/framework species method，從 600 多種樹種篩選出適合泰國素帖山(Doi Suthep-Pui)國家公園種植的骨架種類，期能啟動原生植群之恢復並促進未來之演替發展(Goosem & Tucker 1995)。緣此，生態復育在理論(theory)及規劃階段時須要建構一個樣版(template)，來指導生態復育在實施(practice)階段時據以執行應種植那些樹種？應恢復什麼樣的森林？近 20 多年，復育生態學家正逐步發展「參仿 reference」之概念，來解決此一生態復育之樣版建構。

復育生態學家使用參仿資訊(reference information)來定義復育目標、確定復育地的復育潛力、評估復育工作的成效(White & Walker 1997)，因此生態系之參仿的鑑識(identification)是森林復育最重要的基礎項目(Goebel et al. 2005)，參仿生態系在復育之初可做為設計生態復育計畫的模型，並在復育之後可做為復育成效評估的基準(Clewell 2000; SER 2004; Steyer et al. 2006; Miller et al. 2012; Loflen et al. 2016)，亦即參仿生態系與復育後的退化生態系二者之間是類似的，2019 年國際生態復育學會(SERI)出版「生態復育實踐之國際原則與標準」(International Standards for the Practice of Ecological Restoration，簡稱 Standard) (Gann et al. 2019)第 3 原則：生態復育實踐是基於當地原生的參仿生態系，同時考慮到環境變化(Ecological restoration practice is informed by native reference ecosystems, while considering environmental change.)。為幫助理解及溝通生態復育之參仿，Gann et al. (2019)定義了以下術語：

**參仿地 (reference site)：**一個現存的完整的生育地，其屬性和演替類似於復育地，用於報導參仿模型。理想下，參仿模型應包含來自多個參仿地的資訊。

**參仿模型 (reference model)：**用來指出復育地若無退化時之預期狀態(關於植物相、動物相、其他生物相、非生物元素、功能、過程、演替狀態)的一個模型。此狀態並非歷史的狀態，而是反映環境條件之背景與預期變化。

**參仿生態系 (reference ecosystem)：**一個本地生態系的代表，可做為生態復育之目標(有別於參仿點)。參仿生態系通常代表著生態系的未退化狀態，包括其植物相、動物相、其他生物相、非生物元素、功能、過程、若未發生退化時的演替狀態，可經由調整以適應改變的或預期的環境條件。

**復育地 (restoration site; restored site)：**相對於參仿地的另一常用語。簡言之，復育地即是生態復育計畫實施的所在場址。

理論上，參仿生態系所包含的訊息愈多愈有價值，SERI (2004)提及描述參仿系統的 7 種資料來源，包括：(1)計畫立地於受損前的生態描述、物種名錄和地圖；(2)最近及歷史上的空中和地面圖片；(3)殘跡資料(remnants)可指示立地受損前的環境條件和生物相；(4)相似的且完整的生態系之生態描述和物種名錄；(5)標本館和博物館的標本記錄；(6)熟悉計畫立地之個人的歷史記錄和口述歷史；(7)古生態證據，例如化石花粉、碳痕、樹輪史、齧齒動物的糞堆。Stoddard et al. (2006)提及了有 6 種不同的參仿情況可應用，其中，最佳可達到之情況反映的是在現有條件下所期望的未來情況；而 Miller et al. (2012)進一步提出了 5 種參仿途徑(reference approach)包括：(1)復育地之內的類推(on-site analogous) —即在復育地內找殘存林做為參仿；(2)復育地之外的類推(off-site analogous) —即在復育地外找殘存林或完整森林做為參仿；(3)歷史的參仿(historical reference) —即利用已知的歷史森林做為參仿；(4)虛擬的(virtual) —即以氣候、土壤等環境塑造下的想像森林做為參仿；(5)區域的指標(regional index) —即綜合利用不同組成、演替階段的森林做為參仿。

Clewell & Aronson (2013)認為復育地(restored site)的參仿可以有不同形式，從不同來源去獲取，主要來源是真實的生態系，亦即參仿地(reference site)，而次要來源則包括能對生態系受損前之情況做出描述的其他方式；因此，生態參仿可包括以下的內容：(1)要復育的生態系於受損之前的生態描述；(2)倖免於難的同一生態系之殘存物(remnants)；(3)鄰近區域的另一相同類型的完整生態系；(4)以上要素或其生態描述的組合；(5)以上任一選項再外加輔助資訊、特定修改以適應變遷或近期環境條件或限制；(6) 當參仿地或其生態描述不可得時，則參仿可來自輔助資訊的綜合。

參仿生態系之建構是一個必要的工作，而且是簡單的概念，但確是不易掌握的，參仿資訊的 2 種最常見形式是(1)來自復育地的歷史資料、(2)來自參仿地的現今資料(White & Walker 1997)，依據 Gann et

al. (2019)在 Standard 所提出的選擇參仿生態系之決策樹(圖 13)，基本上，武陵廢耕地的環境雖然多年耕作已被改變，但經本計畫前期相關成果(邱清安 2019)可知，目前武陵廢耕地之環境大體上仍達成原有生態系之完全或部分恢復(full or partial recovery)，或進行現有環境條件的適度改善，而無須去考慮另外的替代生態系(alternative ecosystem)或其他選項(option)；關秉宗等(2006)亦建議在復育之初，即應在劣化地附近找到參照生態系，目前武陵廢耕地之歷史資料已無法獲得，因此就現實條件而言，本計畫應從武陵廢耕地去尋找武陵週邊的殘存森林，調查及分析這些森林的組成，建構參仿植群，做為森林復育的目標及評估的依據。

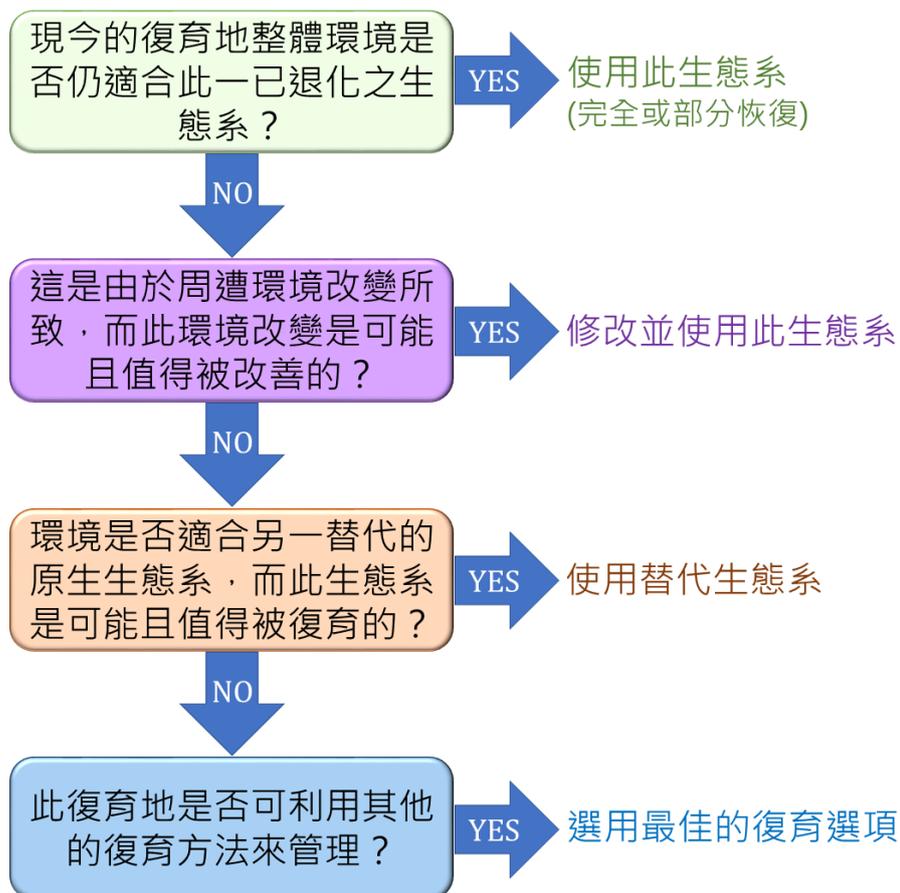


圖 13. 選擇參仿生態系的決策樹(Gann et al. 2019)

White & Walker (1997)依據參仿地與復育地之間的空間與時間之異同，將參仿地分為 4 類，亦即(A)同區，同時 Same place, same time；(B)異區，同時 Different place, same time；(C)同區，異時 Same place, different time；(D)異區，異時 Different place, different time；本計畫將此 4 類參仿地及其說明整理如表 4。在(A)自動參仿、(B)避難所之情況下，參仿地幾乎即是復育地生態系統恢復的模版(template)，然更常見的情況是(C)與(D)，其參仿地不足以成為復育的模版，而是一種不完美的願景(imperfect vision)，Clewell & Aronson (2013)稱此類參仿為信標(beacon)、指向未來(pointer to the future)。對武陵廢耕地之情況而言，最貼切的參仿為(B)之避難所，即前述 Clewell & Aronson (2013)所提，倖免於難的同一生態系之殘存物，亦即本計畫在執行森林生態復育時，應積極蒐集、調查、分析廢耕地週邊的殘存林，包括：過去雪霸國家公園之調查資料或研究報告、本計畫所建立之植物種類清單及樣區資料、鄰近區域之研究文獻。

表 4. 4 類參仿地及其說明(整理自 White & Walker 1997、Clewell & Aronson 2013)

	復育地	復育地
<b>參仿地</b> (主要來源： 真實的生態系)	(A)復育地 vs 參仿地→ 同一區域、相同時間： 要復育的生態系內包含足夠的其先前的完整環境情況，可做為其自身的參仿，此稱為自動參仿(auto-reference)	(B)復育地 vs 參仿地→ 不同區域、相同時間： 參仿地稱為避難所(refuge)，表生態系的一部分仍保持完整，可做為其他需復育的部分之參仿；即森林復育之殘存林
<b>參仿地</b> (次要來源： 歷史或推論性資料)	(C)復育地 vs 參仿地→ 同一區域、不同時間： 可獲得描述生態系衰退或滅亡之前的特徵之參仿資訊，此類資訊可能包括生態系受損之前的描述、相片、紀錄當地自然條件的歷史文獻	(D)復育地 vs 參仿地→ 不同區域、不同時間： 在復育地沒有先前生態系的資訊，也缺乏完整的參仿地可研究，因此參仿模型須部分地由輔助證據來源組裝而成，例如古生物學資料

SER (2004)提及，在生態系之變化歷程的多種可能狀態中，其任一狀態都可被用來當做參仿(reference)，而被選擇的參仿應該是生態系變化的歷史軌跡中很多潛在狀態的其中之一，反映了生態系發展歷程中許多隨機事件在某一時間點上的特定組合。Gann et al. (2019)在Standard也明確指出，適宜的生態復育參仿模型並非是基於過去某時間點的固定性生態群落，而是為了增加當地原生物種和群落的回復與繼續重組、適應、發展之潛力(The Standards also make clear that appropriate reference models for ecological restoration are not based on immobilizing an ecological community at some past point in time, but rather increasing potential for native species and communities to recover and continue to reassemble, adapt, and evolve.)。為此，Clewel & Aronson (2013)提出了序列參仿(sequential references)的圖示(如圖 14)，可簡單清楚地闡明不同狀態的參仿均可被應用於生態復育的不同階段。

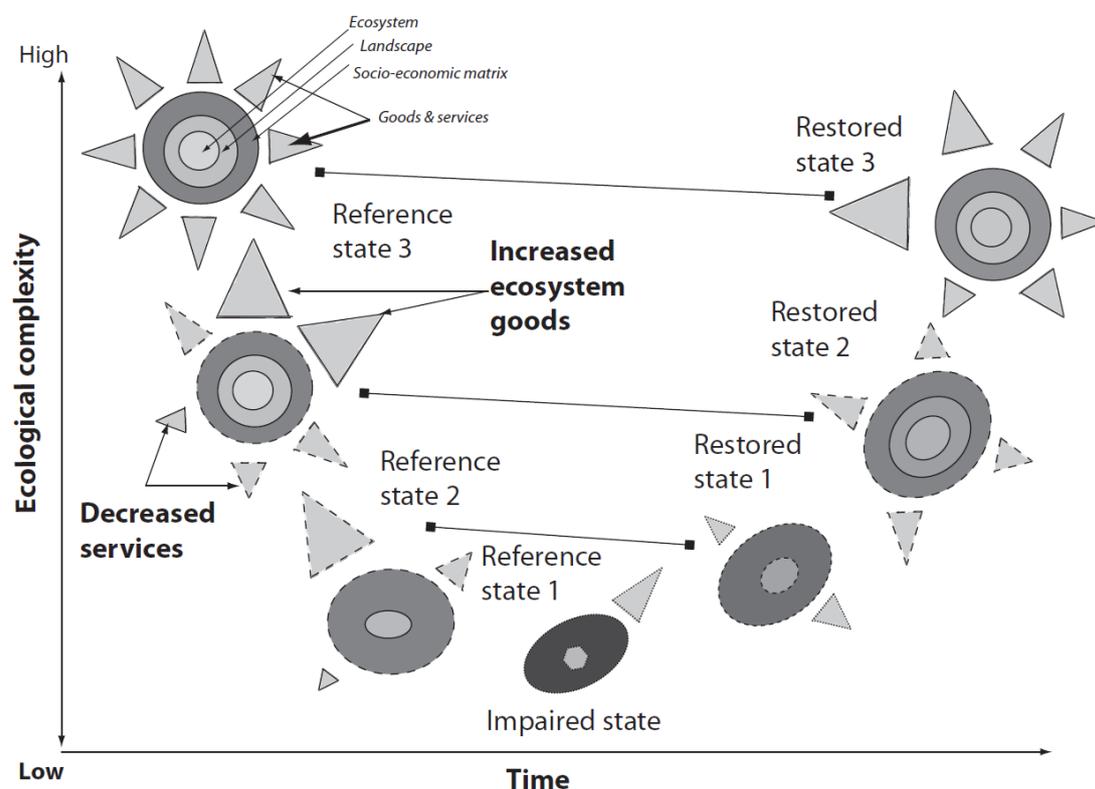


圖 14. 生態復育的序列參仿(Clewel & Aronson 2013)

綜上所述，在實踐武陵廢耕地之生態復育時，首要工作即須建構當地原生參仿生態系，而在生態造林中更是迫切需要建構當地的參仿植群；而建立武陵廢耕地之參仿植群則可由周邊的各類森林來獲取資訊，包括不同參仿地的不同演替階段之森林，這些參仿地的森林類型包括了由先驅樹種構成的演替前期森林與由演替後期組成的成熟森林，同時也包括了各種演替的過渡階段森林，在局部受干擾之處也可能形成由各種林木鑲嵌組成的混交林。因此建立武陵廢耕地之參仿植群應廣泛的蒐集當地及其周邊的各類森林植群調查資料。

首先，本計畫根據武陵當地森林之前人調查文獻所蒐集之植物名錄(徐憲生 2006；王偉 2010)，並於武陵殘存森林設置樣區進行調查(邱清安 2014)，整合上述資料後，即可建立武陵的維管束植物名錄(附錄三)，總計共有 110 科 280 屬 524 種，而其中喬木有 145 種、灌木有 108 種、藤本有 51 種，草本有 220 種，如表 5。完整名錄種數較多之科別如圖 15 所示，依序為薔薇科(佔 7%，38 種)、菊科(佔 6%，31 種)、水龍骨科(佔 4%，23 種)、殼斗科(佔 3%，18 種)、樟科(佔 3%，18 種)、鱗毛蕨科(佔 3%，17 種)、杜鵑花科(佔 3%，16 種)等。

表 5. 武陵地區完整植物名錄之統計摘要表

類群	全部種類			生長型			
	科	屬	種	喬木	灌木	藤本	草本
蕨類植物	18	37	78	0	0	0	78
裸子植物	4	10	15	15	0	0	0
雙子葉植物	80	205	388	130	108	37	113
單子葉植物	8	28	43	0	0	14	29
合計	110	280	<b>524</b>	145	108	51	220

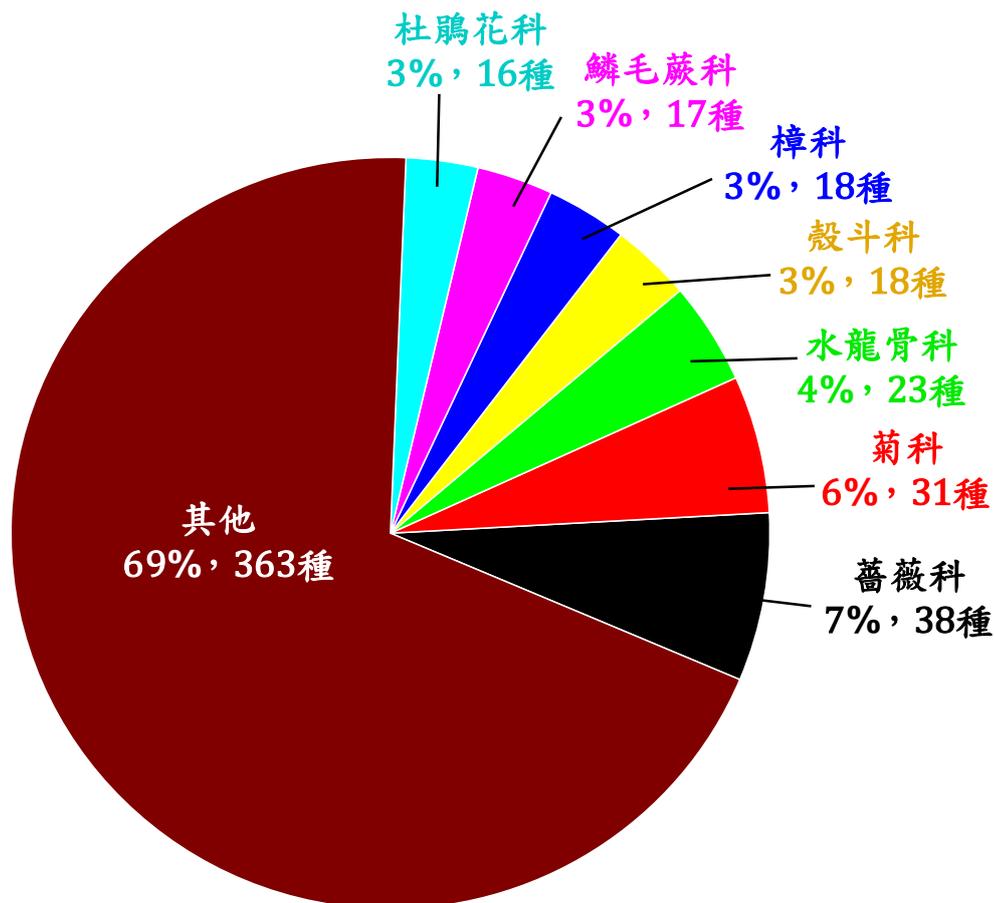


圖 15. 武陵地區完整名錄之種數與百分比的科排名圖

其次，除了上述之武陵當地的維管束植物完整名錄(表 5)之外，由於每個參仿地與退化地都有其固有唯一性(inherent uniqueness)，很難找到一個參仿來做為某一退化地之完美匹配，因此，針對復育地可選擇在相似環境條件下的多個參仿，來處理場址特異性(site specificity) (White & Walker 1997)，一系列的參仿變化範圍均可以納入復育設計中，因此 Suganuma & Durigan (2015)即採用多個生態系來做為復育之參仿，Cruz-Alonso et al. (2019)在西班牙之復育研究中，則於開放存取(open access)的森林資料庫中，選擇與復育地距離小於 15 km、海拔差異小於 200 m 的樣區，來確定了所有可能的參仿森林。因此，本計畫更廣泛地蒐集武陵周邊之森林調查資料，包括表 6 所列之 5 項資料來源。

表 6. 武陵當地及其周邊之森林調查資料

項目	參仿植群之資料來源
1	武陵當地之維管束植物完整名錄[綜合徐憲生(2006)、王偉(2010)、邱清安(2014)之調查結果]
2	歐辰雄、呂金誠、曾彥學 (2007) 雪霸國家公園植群分類及空間分布之研究(二)
3	陳子英 (2007) 大同地區、有勝溪流流域植群調查研究
4	王志強 (2008) 武陵地區原生植栽應用名錄調查分析及評選研究
5	蔡尚惠 (2009) 雪霸國家公園轄區東部之中央山脈保育廊道植群調查

將表 6 不同來源之植物名錄彙整後，可獲得共 138 種樹種可能出現於武陵廢耕地，為找出具適植於武陵廢耕地之潛力樹種，本計畫邀請 7 位對武陵廢耕地生態造林具有實務經驗之操作者，勾選出其認為適植之樹種，結果顯示，7 位均勻選者有 5 種，6 位勾選者有 19 種，5 位勾選者有 14 種，4 位勾選者有 29 種，3 位勾選者有 24 種，2 位勾選者有 27 種，1 位勾選者有 17 種，0 位勾選者有 3 種；表 7 為復育操作者認為適植於武陵廢耕地之樹種，包括：4 位以上勾選者之 67 種，2 位以上勾選且判斷有助森林復育之 18 種，及表 6 來源所遺漏之杏葉石櫟、構樹，所得表 7 計有 87 種，此即未來武陵廢耕地生態造林之參仿植群樹種名錄。

在表 7 之參仿植群名錄中，臺灣赤楊均出現於 5 項植群來源，亦為 7 位復育操作者均推薦之樹種，且為武陵地區最常見、最優勢的演替前期樹種，也是目前武陵廢耕地造林成效最佳之樹種，因此，可斷定臺灣赤楊為 Clewell & Aronson (2013)所提之生態復育關鍵元素(critical element)，亦即現階段的建群種(constructive species)。另外，Clewell & Aronson (2013)亦提及生態復育應將遺漏元素(missing element)列入，由葉文斌(2013)於雪見樹冠層昆蟲研究論及之高大優勢樹種有卡氏楮、木荷、杏葉石櫟，因此本計畫亦將杏葉石櫟列入，以補足此類非經人為復育即很難自我回復的大粒種子之遺漏樹種。

表 7. 武陵廢耕地生態造林之參仿植群樹種名錄

樹種	習性	植群資料 來源數	操作者 勾選次數	演替前 期樹種	演替中 期樹種	演替後 期樹種
臺灣赤楊	落葉 喬木	5	7	2 陽性		
楓香	落葉 喬木	4	7		3 中等	
臺灣胡桃	落葉 喬木	4	7	2 陽性		
臺灣蘋果	落葉 喬木	4	7		中期	
臭椿	落葉 喬木	4	7	前期		
栓皮櫟	落葉 喬木	5	6	2 陽性		
臺灣二葉松	常綠 喬木	5	6	前期		
山枇杷	常綠 喬木	5	6		中期	
尖葉槭	落葉 喬木	4	6		中期	
臺灣紅榨槭	落葉 喬木	4	6		中期	
青楓	落葉 喬木	4	6		3 中等	
阿里山十大功勞	常綠 灌木	4	6		中期	
川上氏鵝耳櫟	落葉 喬木	4	6	前期		
三斗石櫟	常綠 喬木	4	6		3 中等	
青剛櫟	常綠 喬木	4	6	2 陽性		
狹葉櫟	常綠 喬木	4	6			4 耐陰
塔塔加櫟	常綠 喬木	4	6			後期

樹種	習性	植群資料 來源數	操作者 勾選次數	演替前 期樹種	演替中 期樹種	演替後 期樹種
山桐子	落葉 喬木	4	6	2 陽性		
山胡椒	落葉 灌木	4	6	前期		
臺灣雲杉	常綠 喬木	4	6		中期	
食茱萸	落葉 喬木	4	6	前期		
櫟木	落葉 喬木	4	6	2 陽性		
石楠	常綠 喬木	3	6		中期	
臺灣石楠	常綠 喬木	3	6		中期	
細葉杜鵑	常綠 灌木	4	5	前期		
化香樹	落葉 喬木	4	5		中期	
日本槲楠	常綠 喬木	4	5			後期
變葉新木薑子	常綠 喬木	4	5			後期
高山新木薑子	常綠 喬木	4	5			後期
臺灣老葉兒樹	落葉 喬木	4	5		中期	
阿里山榆	落葉 喬木	4	5		中期	
紅楠	常綠 喬木	3	5			4 耐陰
臺灣杉	常綠 喬木	3	5		中期	
樟葉槭	常綠 喬木	2	5		中期	
卡氏槭	常綠 喬木	2	5			4 耐陰

樹種	習性	植群資料 來源數	操作者 勾選次數	演替前 期樹種	演替中 期樹種	演替後 期樹種
華山松	常綠 喬木	2	5	前期		
笑靨花	落葉 灌木	2	5	前期		
高山櫟	常綠 喬木	1	5			後期
紅檜	常綠 喬木	5	4		中期	
薯豆	常綠 喬木	5	4			4 耐陰
烏心石	常綠 喬木	5	4		3 中等	
山櫻花	落葉 喬木	5	4		中期	
昆欄樹	常綠 喬木	5	4		中期	
臺灣八角金盤	常綠 喬木	4	4			後期
臺東莢蒾	常綠 灌木	4	4		中期	
山肉桂	常綠 喬木	4	4		3 中等	
長葉木薑子	常綠 喬木	4	4			後期
霧社木薑子	常綠 喬木	4	4			後期
楊梅	常綠 喬木	4	4		3 中等	
小實女貞	常綠 灌木	4	4		中期	
臺灣五葉松	常綠 喬木	4	4	前期		
臺灣黃杉	常綠 喬木	4	4		中期	
霧社櫻	落葉 喬木	4	4		中期	

樹種	習性	植群資料 來源數	操作者 勾選次數	演替前 期樹種	演替中 期樹種	演替後 期樹種
賊仔樹	落葉 喬木	4	4	前期		
大葉溲疏	落葉 灌木	4	4		中期	
大頭茶	常綠 喬木	4	4		中期	
木蠟樹	落葉 喬木	3	4	前期		
裡白椴木	落葉 喬木	3	4	前期		
小葉胡頹子	落葉 灌木	3	4	前期		
大葉石櫟	常綠 喬木	3	4			後期
白雞油	落葉 喬木	3	4	2 陽性		
夏皮楠	常綠 喬木	3	4		中期	
杜虹花	常綠 灌木	3	4		中期	
金毛杜鵑	落葉 灌木	2	4		中期	
合歡	落葉 喬木	2	4	前期		
山塩青	落葉 喬木	1	4	1 先驅		
小葉鼠李	落葉 灌木	1	4		中期	
香杉	常綠 喬木	5	3		中期	
木荷	常綠 喬木	5	3			後期
臺灣粗榧	常綠 喬木	4	3		中期	
森氏櫟	常綠 喬木	4	3			後期

樹種	習性	植群資料 來源數	操作者 勾選次數	演替前 期樹種	演替中 期樹種	演替後 期樹種
厚皮香	常綠 喬木	4	3			後期
朴樹	落葉 喬木	4	3		中期	
桉木	落葉 喬木	3	3	前期		
槲子櫟	常綠 喬木	3	3			後期
臺灣檫樹	落葉 喬木	3	3	前期		
墨點櫻桃	常綠 喬木	3	3			後期
瓊楠	常綠 喬木	2	3			後期
臺灣蝴蝶戲珠花	落葉 喬木	1	3		中期	
杜英	常綠 喬木	4	2		中期	
錐果櫟	常綠 喬木	3	2			後期
圓果青剛櫟	常綠 喬木	2	2		中期	
香桂	常綠 喬木	2	2			後期
假赤楊	落葉 喬木	2	2		中期	
短柱山茶	常綠 喬木	1	2		中期	
杏葉石櫟	常綠 喬木	—	—			後期
構樹	落葉 喬木	—	—	前期		

註：以粗體表示之樹種為胸高直徑(diameter at breast height, DBH)  $\geq 20$  cm 之樹種，森林復育目標樹種應特別重視這些未來具有形成大喬木之潛能的樹種。

註：植群資料來源數表示於該樹種出現於表 6 武陵當地及其周邊森林調查之 5 份資料來源的累計次數。

註：操作者勾選次數表示 7 位武陵廢耕地生態復育操作者勾選該樹種之累計次數。

註：各樹種之演替前期、中期、後期的判定，優先參考 Kuo & Yeh (2015) 臺灣 180 種原生植物耐陰性之研究(區分為：第 1 級先驅樹種、第 2 級陽性樹種、第 3 級中等耐陰樹種、第 4 級耐陰樹種、第 5 級極耐陰樹種)，其餘樹種所屬之演替階段則為本計畫依野外經驗判斷。

參仿植群除了從武陵及其周邊的目前的調查資料來獲取之外，亦可參考當地之潛在自然植群。氣候為潛在植群之高階環境控制因子，從武陵生態氣候圖(圖 8)可知廢耕地年均溫為 13.3°C，溫量指數(warmth index)為 99.5°C·month，年降水量為 2136 mm，全年都在潤濕以上，因此就大環境之氣候條件而言，武陵廢耕地並不缺水，然圖 8 也顯示武陵廢耕地之冬半年較為乾燥。從生態氣候的觀點可進一步推論出當地之潛在植群，依據 Su (1984)之山地植群帶劃分，本區屬於櫟林帶(*Quercus zone*)，最優勢及特徵的闊葉樹是櫟屬植物(*Quercus*)；依據梁玉琦(2004)研究臺灣之生態區分區，武陵之氣候分區為山地亞熱帶夏季濕潤涼爽氣候(GCfb)，推測該氣候區應有之植群為針闊葉樹混淆常綠林、針闊葉樹混淆半常綠林；而依據邱清安(2006)應用生態氣候指標預測臺灣潛在自然植群之研究的劃分，本區殆屬於涼溫帶-上層山地-常綠針葉-常綠落葉闊葉混交林(II.C.4.a)，優勢分類群包括檜屬、香杉、森氏櫟、昆欄樹、卡氏槲、新木薑子屬、槭屬等植物。而在武陵當地之小尺度的研究，郭城孟(1995)認為七家灣溪之極盛相植群包括臺灣黃杉-大葉石櫟植群、紅檜-香杉植群、臺灣黃杉-阿里山榆植群，顯示本區亦屬檜木林帶，具有紅檜、香杉等巨木，優勢之闊葉樹則常見大葉石櫟、三斗石櫟、狹葉櫟等殼斗科，及山肉桂、高山新木薑子、竹葉楠等樟科植物。

本計畫綜合表 7 之參仿植群樹種名錄、各植群研究報告之林型與演替分析結果，可大致推論出武陵廢耕地的演替趨勢，其中，演替前期概由臺灣赤楊、臭椿、栓皮櫟、山桐子、櫟木等樹種組成，演替中期則出現烏心石、山肉桂、臺灣蘋果、臺灣紅榨槭、石楠等樹種，而演替後期森林則由卡氏槲、大葉石櫟、高山新木薑子、日本槲楠、森氏櫟等極盛相樹種所構成；圖 16 為將這些不同演替階段的樹種納入生態復育之植群回復進程(邱清安 2012)，藉以顯示在森林復育實踐過程中所應考量的不同目標樹種。

過去在武陵廢耕地之經驗(邱清安等 2016；邱清安 2019)已顯示，

通常演替前期樹種之復育成效較佳，而演替後期樹種則因多屬耐陰性樹種，於開闊且乾旱的廢耕地上出栽後，其存活與生長均十分困難，然而本計畫之最終目標為將武陵廢耕地恢復為當地原有之森林，因此具體作為應以演替前期樹種來快速建造茂密森林(特別是可快速成林且能改善受損環境之臺灣赤楊)，並在初期森林下設法成功種植演替中後期樹種(特別是散播困難之大粒種子樹種，如杏葉石櫟)，同時儘可能包含最多的樹種以恢復本地森林之生物多樣性，為此，表 7 提供了武陵廢耕地森林復育之目標樹種，圖 16 則提供了武陵廢耕地森林復育之演替階段與目標樹種建造之努力方向。

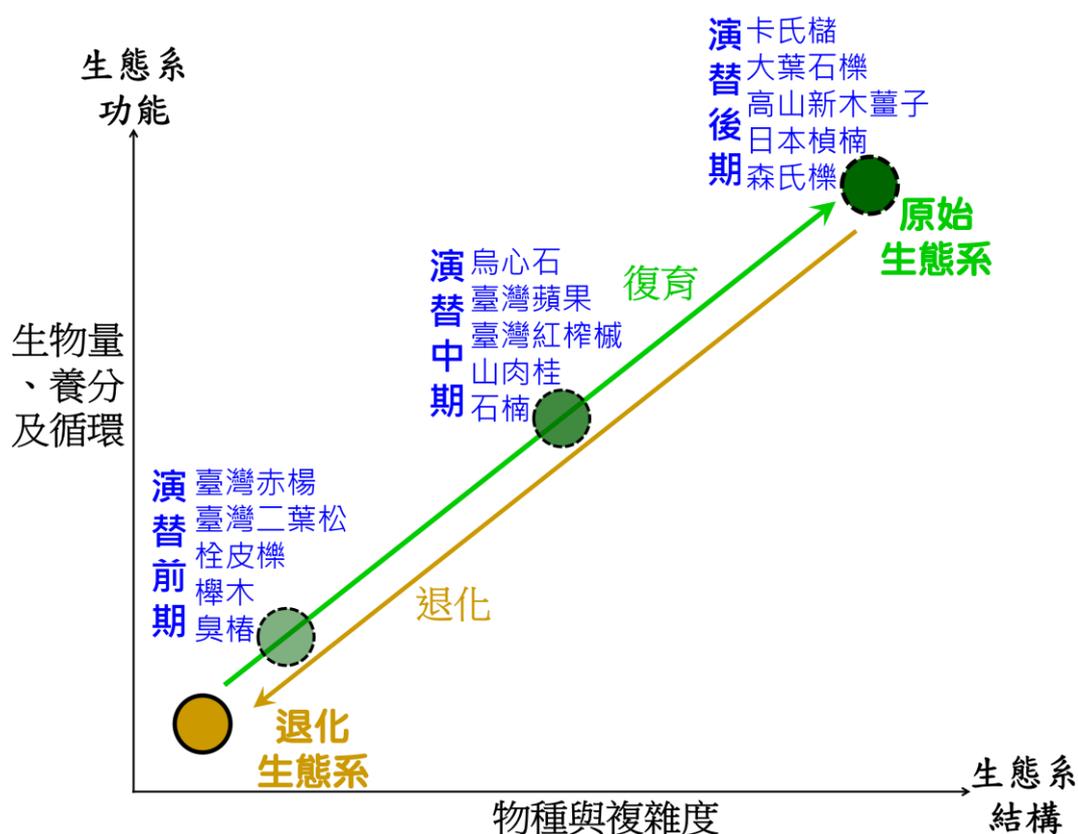


圖 16. 武陵廢耕地生態復育之森林演替階段及其代表性樹種

## 第二節、復育目標樹種之屬性

參考 Lamb & Gilmour (2003) 所列之生態復育的潛在關鍵植物類型，其中包含 7 項：具備(1)珍貴稀有性、(2)環境教育價值、(3)生長快速、(4)極盛相代表性、(5)固氮能力、(6)自然拓殖能力低弱、(7)民俗植物屬性之樹種，本計畫以此 7 項為基礎並依據現地環境與實務作業調整苗木之配置。

本計畫將延續上節參仿植群之建構所篩選出的植物種類，將這些種類劃分其屬性，如表 8，其中珍稀植物係依照 2017 臺灣維管束植物紅皮書名錄(臺灣植物紅皮書編輯委員會 2017))之標準劃分；速生與極盛相樹種之判定係參考 Kuo & Yeh (2015)之耐陰性分級研究，將其先驅樹種與陽性樹種視為速生樹種，中等耐陰樹種與耐陰樹種則視為極盛相樹種，於 Kuo & Yeh (2015)未提及之樹種則由本計畫依野外經驗判斷；已出栽之樹種包含前期計畫於武陵廢耕地造林之種類。

表 8. 武陵廢耕地復育樹種之屬性列表

NO	樹種	珍稀	教育	速生	極盛	固氮	拓殖	民俗	已出栽
1	臺灣赤楊			V		V			V
2	楓香				V			V	V
3	臺灣胡桃			V				V	V
4	臺灣蘋果		V				V	V	V
5	臭椿			V					V
6	栓皮櫟		V				V	V	V
7	臺灣二葉松		V	V					V
8	山枇杷		V	V				V	V
9	尖葉槭		V						V
10	臺灣紅榨槭		V	V					V
11	青楓		V					V	V
12	阿里山十大功勞	V	V		V			V	V

NO	樹種	珍稀	教育	速生	極盛	固氮	拓殖	民俗	已出栽
13	川上氏鵝耳櫪		V	V					V
14	三斗石櫪		V				V		V
15	青剛櫪			V			V	V	V
16	狹葉櫪						V		V
17	塔塔加櫪				V		V		V
18	山桐子			V				V	V
19	山胡椒		V					V	
20	臺灣雲杉				V				V
21	食茱萸		V					V	V
22	檫木			V					V
23	石楠		V						V
24	臺灣石楠		V						V
25	細葉杜鵑		V						V
26	化香樹		V						
27	日本槲楠				V				V
28	變葉新木薑子				V				V
29	高山新木薑子				V				V
30	臺灣老葉兒樹		V						V
31	阿里山榆			V					V
32	紅楠		V		V			V	V
33	臺灣杉	V	V		V		V		V
34	樟葉槭				V				V
35	卡氏槭		V		V		V		V
36	華山松		V						
37	笑靨花		V						V
38	高山櫪				V		V		
39	紅檜	V	V					V	V
40	薯豆				V				
41	烏心石				V		V	V	V

NO	樹種	珍稀	教育	速生	極盛	固氮	拓殖	民俗	已出栽
42	山櫻花		V					V	V
43	昆欄樹		V						
44	臺灣八角金盤				V				
45	臺東莢蒾		V						V
46	山肉桂		V		V			V	V
47	長葉木薑子				V				V
48	霧社木薑子				V				V
49	楊梅		V			V		V	V
50	小實女貞		V						V
51	臺灣五葉松		V						
52	臺灣黃杉		V						
53	霧社櫻		V					V	V
54	賊仔樹		V	V					V
55	大葉溲疏		V						V
56	大頭茶		V					V	V
57	木蠟樹		V						
58	裡白椴木		V						
59	小葉胡頹子		V						
60	大葉石櫟		V		V		V		V
61	白雞油			V				V	V
62	夏皮楠		V						V
63	杜虹花		V						V
64	金毛杜鵑		V						
65	合歡		V	V		V			V
66	山塩青		V	V					
67	小葉鼠李		V						
68	香杉	V					V		
69	木荷				V			V	V
70	臺灣粗榧	V					V		

NO	樹種	珍稀	教育	速生	極盛	固氮	拓殖	民俗	已出栽
71	森氏櫟				V		V		V
72	厚皮香		V		V				V
73	朴樹		V	V				V	V
74	桫木			V					V
75	毬子櫟				V		V		V
76	臺灣檫樹	V	V					V	
77	墨點櫻桃				V				V
78	瓊楠				V				V
79	臺灣蝴蝶戲珠花	V	V						
80	杜英		V						
81	錐果櫟				V		V		V
82	圓果青剛櫟				V		V		V
83	香桂				V				
84	假赤楊		V						V
85	短柱山茶		V					V	
86	杏葉石櫟				V		V		V
87	構樹		V	V				V	V
88	山芙蓉			V				V	V
89	山柿		V	V				V	V
90	赤皮		V				V		V
91	臺灣扁柏	V						V	V
92	著生珊瑚樹		V		V				V
93	假柃木				V		V		V
94	短尾葉石櫟				V		V		V
95	屏東木薑子				V				V
96	臺灣赤楠				V				V
97	紫珠葉泡花樹				V				V

註：灰底字表非參仿植群樹種名錄之物種，但已於廢耕地出栽之物種。

### 第三節、復育目標樹種之育苗及出栽

#### 1. 種子與小苗採集

本計畫為營造多樣性森林，根據前述武陵週邊森林參仿生態系之分析結果，配合果熟季節於 2019-06 月起，廣泛採集武陵地區之原生樹種的種子，採種方法主要是以高枝剪採取成熟種子為主，有時果熟掉落地面則直接在地面撿拾，而少部分樹種以採取枝條扦插育苗或直接於母樹下採集種苗。本計畫採集樹種至少須符合以下條件：(1) 符合本計畫復育目標之樹種、(2) 武陵廢耕地周邊之現存的原生樹種、(3) 武陵地區之潛在植群樹種、(4) 過去在廢耕地試驗種植成效較佳的樹種、(5) 在實務上可採集獲取種子或小苗的樹種，並在本報告中為較少被記錄探討的臺灣原生樹種，如川上氏鵝耳櫪、山桐子、杏葉石櫪、三斗石櫪、大葉溲疏、山枇杷等，記錄採集母樹之結實情形、種子與果實照片、地理位置與採集過程，以建立本土育苗知能。

至 2022-12-31 為止，共採集 60 種 107 株母樹之種子，表 9 為已採集之樹種名錄及座標(TWD97 系統)、海拔等資訊，相關作業之記錄如圖 17 所示。



撿拾地上果實



採集點之座標定位



剪取成熟種子



結實照

圖 17. 復育樹種之種子採集

表 9. 採集樹種名錄及其資訊

編號	物種名	樹種序號	母樹序號	採集座標(TWD97 系統)	
				座標 X	座標 Y
1	大葉溲疏	1	1		
2	大葉溲疏	1	2	281313	2693606
3	卡氏楮	2	1	251460	2702193
4	卡氏楮	2	2	263195	2663314
5	食茱萸	3	1	251364	2702194
6	杏葉石櫟	4	1	251451	2702166
7	杏葉石櫟	4	2	251477	2702275
8	杏葉石櫟	4	3		
9	杏葉石櫟	4	4	263195	2663314
10	杏葉石櫟	4	5	251370	2702116
11	紫珠葉泡花樹	5	1	251466	2702366

編號	物種名	樹種序號	母樹序號	採集座標(TWD97 系統)	
				座標 X	座標 Y
12	紫珠葉泡花樹	5	2		
13	紫珠葉泡花樹	5	3	251423	2702021
14	變葉新木薑子	6	1		
15	變葉新木薑子	6	2	251359	2702123
16	尖葉槭	7	1	251483	2702262
17	尖葉槭	7	2	273876	2683178
18	毛果柃木	8	1	251483	2702262
19	長葉木薑子	9	1		
20	香桂	10	1		
21	香桂	10	2	251480	2702005
22	山羊耳	11	1		
23	泛能高山茶	12	1		
24	三斗石櫟	13	1	271493	2683407
25	川上氏鵝耳櫪	14	1	271408	2683402
26	川上氏鵝耳櫪	14	2	275622	2681617
27	川上氏鵝耳櫪	14	3	275622	2681617
28	馬銀花	15	1		
29	烏皮九芎	16	1		
30	臺灣杜鵑	17	1		
31	山香圓	18	1		
32	紅皮	19	1		
33	厚葉衛矛	20	1		
34	山桐子	21	1		
35	山桐子	21	2	286916	2699609
36	山桐子	21	3	281084	2698504
37	山桐子	21	4	280951	2698470
38	山桐子	21	5	281071	2698484

編號	物種名	樹種序號	母樹序號	採集座標(TWD97 系統)	
				座標 X	座標 Y
39	山桐子	21	6	286916	2699609
40	山肉桂	22	1	281498	2696377
41	山肉桂	22	2	281876	2693112
42	山肉桂	22	3	281530	2696237
43	臭椿	23	1	281472	2696529
44	臭椿	23	2	281394	2696674
45	臭椿	23	3	281394	2696674
46	臭椿	23	4	281394	2696674
47	大葉石櫟	24	1		
48	大葉石櫟	24	2	282220	2693612
49	臺灣胡桃	25	1	281876	2693112
50	臺灣胡桃	25	2	281476	2696421
51	臺灣胡桃	25	3	281391	2696672
52	臺灣胡桃	25	4	281528	2696236
53	臺灣胡桃	25	5	281476	2696421
54	臺灣胡桃	25	6	281391	2696672
55	臺灣胡桃	25	7	281476	2696421
56	臺灣黃杉	26	1	281313	2693606
57	臺灣黃杉	26	2		
58	臺灣黃杉	26	3	275622	2681617
59	米飯花	27	1	281313	2693606
60	田代氏石斑木	28	1	281313	2693606
61	夏皮楠	29	1	286207	2699034
62	夏皮楠	29	2	275498	2668167
63	昆欄樹	30	1	286208	2699032
64	山枇杷	31	1	282079	2692929
65	假黃楊	32	1	273609	2678855

編號	物種名	樹種序號	母樹序號	採集座標(TWD97 系統)	
				座標 X	座標 Y
66	臺灣赤楊	33	1		
67	臺灣赤楊	33	2	281175	2697894
68	臺灣赤楊	33	3	281175	2697894
69	臺灣赤楊	33	4	281175	2697894
70	臺灣赤楊	33	5	280998	2698464
71	臺灣赤楊	33	6	281034	2698985
72	臺灣赤楊	33	7	281094	2698314
73	樟葉槲	34	1	268821	2671349
74	樟葉槲	34	2	278404	2687979
75	臺灣赤楠	35	1	268821	2671349
76	鬼櫟	36	1	268020	2669542
77	笑靨花	37	1	281341	2697389
78	小葉鼠李	38	1	281058	2698212
79	化香樹	39	1	281688	2694520
80	化香樹	39	2	278564	2687924
81	化香樹	39	3	281675	2694511
82	青剛櫟	40	1	278623	2687965
83	青剛櫟	40	2	280954	2698467
84	山柿	41	1	281304	2691483
85	山柿	41	2	230913	2688719
86	塔塔加櫟	42	1	282204	2693587
87	狹葉櫟	43	1	282220	2693612
88	狹葉櫟	43	2		
89	裡白椴木	44	1		
90	賊仔樹	45	1		
91	屏東木薑子	46	1		
92	紅楠	47	1		

編號	物種名	樹種序號	母樹序號	採集座標(TWD97 系統)	
				座標 X	座標 Y
93	阿里山十大功勞	48	1	280977	2698383
94	合歡	49	1	277045	2687041
95	朴樹	50	1	278618	2687933
96	臺灣羊桃	51	1	284780	2697133
97	細葉杜鵑	52	1	284780	2697133
98	細葉杜鵑	52	2	281079	2697109
99	細葉杜鵑	52	3	280965	2699000
100	紅檜	53	1	281161	2698111
101	栓皮櫟	54	1	281474	2696131
102	山塩青	55	1	275622	2681617
103	湖北海棠	56	1	286201	2699031
104	欖木	57	1	242328	2688712
105	石楠	58	1	281505	2696019
106	高山新木薑子	59	1	251495	2702198
107	大頭茶	60	1	281546	2695113

註：部分採種之母株因其 GPS 無法定位，故未記錄座標。

## 2. 種子處理與儲藏

本計畫之種子均採集自武陵周邊地區，採集不同種子後，進行適當之清理調製，去除不必要雜質，獲取最大量的純淨種子(郭華仁 2015)。種子採集期大多於秋冬季，至適宜播種期仍有一段時間，必須依個別樹種之種子生物學特性進行適當的儲藏；本計畫參考相關文獻(如王世彬等 1995；林讚標 1995；楊正釗 2007)或依實際經驗來判定種子之儲藏性質，例如楓香果實經乾燥後將種子從圓球型蒴果中脫出、三斗石櫟種子則可利用水選法篩選出沈水而飽滿的種子。而種子之儲藏方式則可概分為以下 3 類(簡慶德 2013a)：(1)乾儲型種子，如臺灣赤楊、楓香等，應將含水率降至 5%，密封後放在攝氏零度以下溫度儲藏；(2)中間型種子，如櫟木，種子乾燥後放在 5°C 溫度儲藏；(3)濕儲型種子，如殼斗科及大部分樟科樹種，混合濕介質，放在 5°C 溫度儲藏；本計畫之種子處理與儲藏相關作業如圖 18 所示。



清洗果肉



種子於室內陰乾



混合濕介質低溫儲藏



放置於冰箱保存

圖 18. 復育樹種之種子處理與儲藏

研究團隊蒐集相關目標物種開花結實、種子等基本資料，表 10 為採集樹種的物候、種子資訊，作為採種、育苗時之基礎資料。

表 10. 採集樹種物候、種子基本資料表

物種	物候時期		種子		
	開花	結實	果實類型	處理方式	儲藏方式
臺灣赤楊	8~10 月	11~1 月	毬果	陰乾	乾儲型
山桐子	7~9 月	10~2 月	漿果	清洗果肉	乾儲型
櫟木	3~4 月	5~10 月	核果	陰乾	中間型
山柿	-	11 月	漿果	清洗果肉	乾儲型
石楠	3~4 月	10~12 月	漿果	清洗果肉	乾儲型
山枇杷	5~6 月	6~9 月	梨果	清洗果肉	乾儲型
臺灣石楠	4 月	8 月	漿果	清洗果肉	乾儲型
塔塔加櫟	3~4 月	9~11 月	堅果	低溫層積	濕儲型
臺灣胡桃	5 月	9~11 月	核果	低溫層積	濕儲型
臭椿	3~4 月	9~11 月	翅果	風選法	乾儲型
臺灣黃杉	4~5 月	7~10 月	毬果	風選法	乾儲型

註：-表查無相關資訊。

研究團隊將採集後的種子(果實)之處理分為幾種，如：陰乾、風選法、清洗果肉、低溫層積處理等方式，以下分別描述各項處理之做法：

### 1. 陰乾法

採收後的種子(果實)必須儘快處理，以獲得純淨且活力高的種子，其中乾果類樹種，如翅果、蓇葖果、莢果、蒴果等果實，即以陰乾方式處理取得種子(簡慶德 2012b)，方法以所收集的果實或種子，攤平不層疊，放在一般室內陰乾，或所陰乾的擺放空間較小，則利用適宜時間攪動，使其水氣散失，待果實開裂後即可翻動篩出種子，並將雜質去除(林世宗&郭幸榮 2022)。

## 2. 風選法

考量種子的成熟度、重量及種子活力，以風選法可篩選出較重的實粒種子(林世宗&郭幸榮 2022)、減少空粒(楊正釗等 2006；簡慶德 2012b)，對於去除雜質、種子大小及提高發芽率(鄭統隆&宋濟民 1998)等應用均有所助益，因此透過風力的幫助，將飽滿成熟的種子留存下來，一般方法以種子自高處使其掉落，利用電風扇吹拂，也有將種子盛放於篩網中，電風扇由篩網下方向上吹，目的均在於將雜質、空粒或成熟度不足等輕質重量的種子吹走，以留下品質優良、大小合宜的種子。

## 3. 清洗果肉

核果、漿果或具有假種皮的樹種，可先將果實放在陰涼處，灑水或適度泡水可讓果實軟化，然後利用清水將果皮和果肉去除，在清洗過程中，也同時將浮於水面空粒及雜質去除(簡慶德 2012b；林世宗&郭幸榮 2022)

## 4. 低溫層積處理

種子播種在適當的發芽環境(水分、溫度、光度等)下，依樹種不同，所需發芽時間不同，通常需要 1 個月以上才發芽者，表示種子是具有休眠性質的，育苗作業中，透過打破種子休眠後播種，來提升發芽率及發芽速率，改善種子發芽整齊度，促進生長發育，擴大種子發芽時的適溫範圍和降低發芽時對光的需求，或發芽環境不良等所造成發芽上的差異，以確實掌控預定的育苗數量及出栽時期，因此經由層積處理來促進發芽(簡慶德 2013b；林世宗&郭幸榮 2022)。低溫層積處理為目前最廣為使用的技術，方法為種子混合一些濕介質，如濕水苔、濕泥炭土或濕砂等，含水率約 75%，同時放入塑膠袋內後封口，袋內保留一半的空間裝空氣，然後在 5 °C 冰箱中儲藏 1~3 個月不等，能解除種子休眠。

### 3. 苗木培育

本計畫之育苗工作自 2019 年即開始進行，為使苗木品質提升且一致，本計畫逐步檢視各個程序，以建立周全的苗圃管理系統，首先依據不同樹種之需求調配育苗介質，除了一般壤土外，酌量添加泥炭土、稻殼、蛭石、珍珠石、椰纖，以使育苗介質同時兼具保水、排水，並採用苗圃的霧狀噴頭澆灌，避免過大的水滴衝擊土壤而飛濺，甚至使土壤顆粒黏附苗木而影響生長(李明仁等 2010)。此外，定期清除軟盆內的雜草，以免雜草與幼苗競爭養分、水分、生長空間。育苗期間每隔一段時日應將軟盆移動或重新排列，避免根系穿越容器底部並定著苗床，排列時將較高大的苗木置於中間，向外依序排列較小的苗木，以免大苗凌壓小苗(郭幸榮 2006)。

本計畫於苗圃培育之苗木大多數為有性繁殖的種子苗，少數為扦插苗(例如笑靨花、細葉杜鵑)及野地採集之小苗(例如杏葉石櫟、長葉木薑子)。苗木從種子發芽至出栽，可概分 3 階段，應配合各階段所需之光照、水分、養分等需求調整育苗作業，以育成高品質苗木；第 1 階段為苗木生長初期，指種子發芽至快速生長前的幼齡期間，此時苗木較為幼嫩，需注意不可過度曝曬(以透光率 50~70%為宜)，並提供足夠水分，待小苗莖部呈半硬化狀態後方可移植，移植應於此階段中完成，過度延遲可能使小苗因密度太高或空間、養分不足而過長、主根彎曲或老化等因素影響後續生長(許原瑞 1997)；第 2 階段為苗木快速生長期，指苗高與重量生長呈指數性快速增加，達至可出栽的苗木規格之時間，苗圃通常會配合生長時間在春季(3 月)或梅雨季(5~6 月)，儘早為苗木移盆或換盆，以把握最多的生長季時間、土壤空間供苗木快速生長，並提供充足的光照，苗木宜因應樹種與出栽環境之特性調整出栽規格，例如山枇杷、石楠等經過去發現較易受動物啃食危害之樹種，應培育至 120 cm 以上方能出栽(邱清安 2017)；第 3 階段為苗木健化期，即指進入秋季，苗木高生長漸緩至停止之階段，此時應置苗木於自然環境中，使其適應季節更迭有助於未來馴化，並降

低澆水頻率，但仍需維持土壤乾濕循環，以提升苗木耐旱能力，需要注意的是接近健化期時應降低施肥量或停止，避免苗木休眠期延後導致早霜危害(郭幸榮 2006；李明仁等 2010；簡慶德 2012a)。

圖 19 為本計畫 2020-01~2020-06 之苗木培育情形，圖 20 為本計畫 2020-07~2020-12 之苗木培育情形，圖 21 為本計畫 2021-01~2021-06 之苗木培育情形，圖 22 為本計畫 2021-07~2021-12 之苗木培育情形，圖 23 為本計畫 2022-01~2022-06 之苗木培育情形，圖 24 為本計畫 2022-07~2022-12 之苗木培育情形。



臺灣石楠、臺灣胡桃、青剛櫟、狹葉櫟



烏心石、笑靨花



山枇杷



栓皮櫟、山櫻花、大頭茶



卡氏櫟



臺灣赤楊

圖 19. 武陵廢耕地森林復育之苗木培育(2020 上半年)



青剛櫟



栓皮櫟



石楠



墨點櫻桃



山桐子



臺灣赤楊

圖 20. 武陵廢耕地森林復育之苗木培育(2020 下半年)



大葉石櫟



三斗石櫟



假赤楊



臺東莢蒾



欖木



高山新木薑子

圖 21. 武陵廢耕地森林復育之苗木培育(2021 上半年)



屏東木薑子



霧社木薑子



長葉木薑子



紅楠



塔塔加櫟



臺灣二葉松

圖 22. 武陵廢耕地森林復育之苗木培育(2021 下半年)



山柿



石楠



湖北海棠



臺灣黃杉



川上氏鵝耳櫪



樟葉槭

圖 23. 武陵廢耕地森林復育之苗木培育(2022 上半年)



紫珠葉泡花樹



杏葉石櫟



高山新木薑子



香桂



臺灣胡桃



合歡

圖 24. 武陵廢耕地森林復育之苗木培育(2022 下半年)



夏皮楠



細葉杜鵑



笑靨花



小實女貞



臺灣赤楠



變葉新木薑子

圖 24(續). 武陵廢耕地森林復育之苗木培育(2022 下半年)

#### 4. 苗木出栽清單

為達成多樣化複層林之復育目標，本計畫選擇適於出栽武陵廢耕地之目標樹種進行培育及出栽，各年度之工作目標如下：

- (1) 2020 年：完成武陵地區原生樹種苗木至少 10 種、2,000 株以上的生態復育造林工作。
- (2) 2021 年：接續上一年度工作，完成武陵地區原生樹種苗木累計至少 20 種、4,000 株以上的生態復育造林工作。
- (3) 2022 年：接續上一年度工作，完成武陵地區原生樹種苗木累計至少 30 種、6,000 株以上的生態復育造林工作。

表 11 為本計畫於武陵廢耕地歷年培育及出栽之苗木數量統計表，2020 年之出栽苗木於 04-13~04-15 載運至武陵廢耕地，並於 2020-04-20~05-07 造林作業，共計 35 種、4,160 株；2021 年之出栽苗木於 04-15~04-16 載運至廢耕地，並於 2021-04-19~05-05 造林作業，共 41 種、3,261 株；2022 年之出栽苗木於 05-03~05-04 載運至廢耕地，並於 2022-05-04~05-12 造林作業，共 39 種、2,219 株，2020-2022 年累積共計 55 種(演替中後期樹種計有 46 種)、9,640 株。

為了因應廢耕地後續之出栽及補植的苗木需求，苗圃將繼續積極培育武陵地區原生樹種之苗木，主要出栽本計畫前期結果中適應良好且生長快速之樹種，包括：臺灣赤楊、檉木、朴樹、阿里山榆、石楠、山枇杷、山桐子、山柿，以使武陵廢耕地儘早成林，並在已成林之地號、邊坡較多遮陰處、大喬木下進行豐增補植，包括：尖葉槭、臺灣紅榨槭、青楓、大葉石櫟、森氏櫟、卡氏槭、臺灣蘋果、川上氏鵝耳櫪、小實女貞、青剛櫟、狹葉櫟、塔塔加櫟、栓皮櫟、三斗石櫟等等，根據不同樹種特性混合種植。

表 11. 本計畫 2020~2022 年培育及出栽之苗木種類與數量

No	演替	形相	樹種	2020 年		2021 年		2022 年	
				培育	出栽	培育	出栽	培育	出栽
1	前	落葉大喬木	臺灣赤楊	813	813	680	680	587	587
2	前	落葉中喬木	桫欏木	10	10	1	1	-	-
3	前	落葉大喬木	栓皮櫟	149	149	10	10	-	-
4	前	落葉灌木	笑靨花	35	35	30	30	48	48
5	前	常綠中喬木	青剛櫟	20	20	-	-	-	-
6	前	落葉大喬木	櫟木	90	590*	13	213*	158	158
7	前	落葉大喬木	臺灣胡桃	8	8	-	-	-	-
8	前	落葉中喬木	山桐子	227	227	75	75	69	69
9	前	常綠大喬木	臺灣二葉松	-	-	5	5	69	69
10	中後	常綠小喬木	山枇杷	65	65	289	289	196	196
11	中後	落葉大喬木	山柿	43	43	-	-	12	12
12	中後	常綠大喬木	臺灣雲杉	0	99*	0	40*	-	-
13	中後	常綠大喬木	臺灣杉	0	100*	-	-	-	-
14	中後	落葉中喬木	臺灣紅榨槭	0	258*	-	-	-	-
15	中後	常綠大喬木	狹葉櫟	5	5	205	205	18	18

No	演替	形相	樹種	2020 年		2021 年		2022 年	
				培育	出栽	培育	出栽	培育	出栽
16	中後	常綠小喬木	石楠	65	65	26	26	189	189
17	中後	落葉中喬木	青楓	0	155*	0	200*	11	11
18	中後	常綠灌木	細葉杜鵑	10	10	5	5	-	-
19	中後	落葉大喬木	臺灣蘋果	48	48	20	20	12	12
20	中後	常綠灌木	小實女貞	186	186	100	100	51	51
21	中後	落葉中喬木	山櫻花	154	154	39	39	30	30
22	中後	常綠中喬木	臺灣石楠	159	159	164	164	100	100
23	中後	常綠大喬木	三斗石櫟	205	205	100	100	20	20
24	中後	常綠大喬木	烏心石	26	26	1	1	21	21
25	中後	常綠中喬木	大頭茶	50	50	33	33	-	-
26	中後	常綠大喬木	樟葉槭	9	9	-	-	10	10
27	中後	常綠大喬木	木荷	15	15	11	61*	14	14
28	中後	常綠大喬木	卡氏槭	0	297*	110	110	-	-
29	中後	常綠中喬木	墨點櫻桃	25	25	2	2	7	7
30	中後	常綠中喬木	霧社木薑子	5	5	1	1	2	2
31	中後	常綠中喬木	紅楠	8	8	1	1	3	3

武陵廢耕地多樣化複層林之生態復育

No	演替	形相	樹種	2020 年		2021 年		2022 年	
				培育	出栽	培育	出栽	培育	出栽
32	中後	常綠中喬木	長葉木薑子	57	57	1	1	2	2
33	中後	常綠大喬木	森氏櫟	47	47	182	182	-	-
34	中後	常綠大喬木	塔塔加櫟	51	51	38	538*	239	239
35	中後	落葉中喬木	楓香	111	111	6	6	-	-
36	中後	落葉中喬木	霧社櫻	55	55	10	10	5	5
37	中後	常綠大喬木	大葉石櫟	-	-	1	1	20	20
38	中後	落葉中喬木	尖葉槭	-	-	5	5	-	-
39	中後	常綠大喬木	瓊楠	-	-	30	30	20	20
40	中後	落葉大喬木	阿里山榆	-	-	10	10	70	70
41	中後	常綠大喬木	杏葉石櫟	-	-	1	1	5	5
42	中後	落葉大喬木	假赤楊	-	-	13	13	-	-
43	中後	常綠中喬木	高山新木薑子	-	-	1	1	-	-
44	中後	常綠中喬木	屏東木薑子	-	-	1	1	2	2
45	中後	常綠灌木	臺東莢蒾	-	-	1	1	-	-
46	中後	常綠灌木	杜虹花	-	-	10	10	10	10
47	中後	常綠大喬木	紅檜	-	-	0	40*	30	30

No	演替	形相	樹種	2020 年		2021 年		2022 年	
				培育	出栽	培育	出栽	培育	出栽
48	中後	常綠小喬木	夏皮楠	-	-	-	-	4	4
49	中後	落葉大喬木	朴樹	-	-	-	-	33	33
50	中後	常綠中喬木	變葉新木薑子	-	-	-	-	20	20
51	中後	常綠大喬木	臺灣扁柏	-	-	-	-	30	30
52	中後	常綠中喬木	臺灣赤楠	-	-	-	-	50	50
53	中後	常綠中喬木	紫珠葉泡花樹	-	-	-	-	2	2
54	中後	常綠大喬木	錐果欖	-	-	-	-	20	20
55	中後	常綠中喬木	圓果青剛欖	-	-	-	-	30	30
目標：培育及造林之累積種數及株數				中後 5 種	10 種 2,000 株	中後 10 種	20 種 4,000 株	中後 15 種	30 種 6,000 株
現況：培育及造林之累積種數及株數				中後 26 種	35 種 4,160 株	中後 38 種	47 種 7,421 株	中後 46 種	55 種 9,640 株

註：\*表包含向林務局東勢處(烏石坑苗圃、出雲山苗圃)索取之苗木。

## 第四節、生態造林苗木之監測

### 1. 出栽時機之評估

苗木出栽的適宜時機需要考量溫度及降雨之變化，使新栽植之苗木能適應其環境，並提高存活率。觀察武陵地區主要樹種的生長物候，可發現許多樹種於3月開始陸續萌芽展葉、生長，約至11月落葉、停止生長，林木生長旺盛期主要集中於4~10月這7個月。

於溫度方面，武陵地區4月均溫介於12.8~16.2°C，5月均溫介於15.1~18.6°C，然由圖25可看到，武陵於2004-04-05、2005-04-04、2015-04-15、2017-04-02、2018-04-09有晚霜發生之紀錄，最低氣溫降至-0.3°C、-0.5°C、-1.9°C、-1.1°C及-0.2°C，此外，2020-04-13清晨亦發生晚霜事件，有低於0°C以下之溫度(圖26)。而晚霜對於正在萌芽展葉之苗木而言，易受到凍害甚至是死亡，因此較適宜之出栽時機，須避免春季霜凍(frost)所造成的傷害，以避免夜晚氣溫驟降至0°C以下，使得苗木凍傷受損(邱清安 2019)。考量春季回暖及晚霜發生之可能性，建議之出栽時機為每年4月15日之後。

在降雨方面，綜合長期氣象資料(表12)、武陵廢耕地之生態氣候圖與現地觀察，建議武陵廢耕地之苗木出栽時機應始於4月中旬之後的雨季，而終於6月底之前的梅雨季，亦即每年04-15~06-30陰雨季節是武陵廢耕地苗木出栽的最佳時機。

整體而言，綜合武陵地區溫度及降雨變化之趨勢，建議之出栽時機為每年04-15~06-30，暖溫的氣候搭配春雨~梅雨的連續雨季，此一適宜造林之氣象條件可有助於苗木之存活與生長。本計畫後續將持續蒐集分析研究區適合的出栽時機。

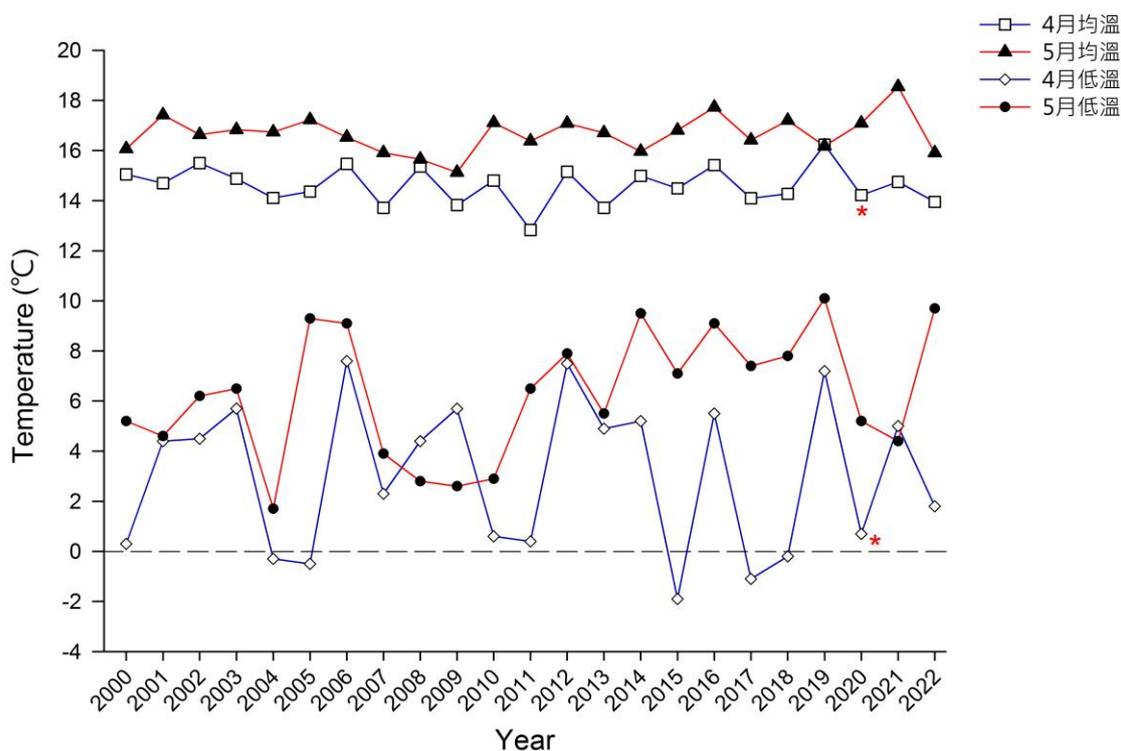


圖 25. 武陵氣象站 4-5 月平均溫度及當月最低溫度  
(註：\*表示 2020 年 4 月氣溫資料缺漏，僅收錄 04-16 ~ 04-30 資料)



圖 26. 武陵氣象站於 2020-04-12 ~ 04-13 溫度變化圖  
(圖片來源：中央氣象局)

表 12. 武陵廢耕地之長期氣候(Chiu et al. 2009)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均溫度(°C)	7.3	8.1	11.3	13.7	<b>15.6</b>	<b>17.2</b>	18.0	17.6	16.4	14.5	11.4	8.5	13.3
降雨量(mm)	86.3	147.3	155.0	161.6	<b>254.4</b>	<b>230.2</b>	210.9	335.6	282.4	136.9	68.0	68.2	2136.7

由武陵測站 2017-06 ~ 2022-10 各月降雨量可知(表 13)，2020 年整年度降雨量比長期平均降雨量少，特別是 2020-06~08 夏季降雨極少，2021 年開春後之春雨及梅雨亦極少，以致苗木多有乾死之情形發生(圖 27)，且德基水庫自 2020-10 起蓄水量逐月下降，於 2021-05-30 僅剩 1.27%蓄水量，隨後梅雨季來臨帶來充沛雨量，水位上升顯著，截至 2021-06-07 止，德基水庫蓄水量達 11.43%。因此，可推論圖 27 苗木枯死之情況可能因 2020 夏季高溫少雨、2021 春雨及梅雨缺乏所致。

表 13. 武陵測站 2017 ~ 2022 年各月降雨量

年/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	累積
2017	-	-	-	-	-	231.0	223.5	27.0	53.0	178.5	97.0	30.5	-
2018	226.5	93.5	45.0	32.0	60.0	79.5	87.0	83.5	110.0	38.5	34.5	5.0	895.0
2019	41.0	23.0	241.0	22.0	243.5	257.0	46.0	384.5	130.5	1.0	0.0	107.5	1461.0
2020	29.0	31.0	43.5	16.5	188.5	22.0	44.0	36.5	115.0	16.5	6.5	70.5	619.5
2021	19.0	0.0	41.5	17.0	88.0	87.0	136.0	195.5	65.0	146.5	42.0	73.0	910.5
2022	93.0	246.5	178.0	51.0	385.5	-	32.0	58.5	363.5	41.5	58.0	-	-

註：-表無資料；灰字表示當月降雨量有 5 天以上無資料。



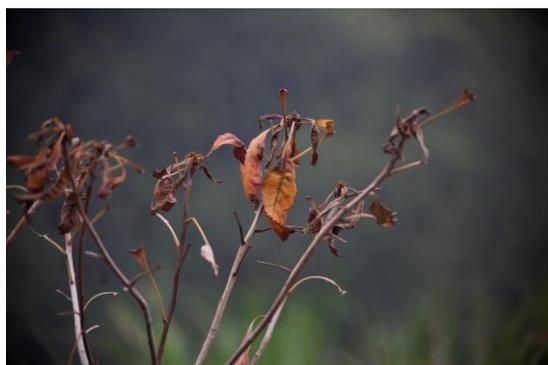
高溫曝曬、乾旱以致苗木頂枯



高溫曝曬、乾旱以致苗木葉片灼傷



長時間無降雨，以致苗木乾死



長時間無降雨，以致苗木乾死



德基水庫上游蓄水量：2020-04-30 正常 德基水庫上游蓄水量：2021-04-20 極少

圖 27. 乾旱期間武陵廢耕地苗木情況、德基水庫水位變化

## 2. 武陵廢耕地之全區普查

本計畫為於武陵廢耕地進行生態復育，期能加速廢耕後林地的演替，營造多樣化之複層林，為此本計畫於執行期間進行生態造林及相關的栽植試驗，於每年的7~8月進行當年度造林苗木之存活率調查(圖 28)，除地號 74、89、90、91、129-1 為自然演替區，地號 96、152、153、168-2、169 為生態試驗之用途，不包含於出栽造林之地號範圍，可對比歷年的造林名錄，藉此分析廢耕地之苗木組成與苗木存活率，並調整採種、育苗、出栽之樹種分配。



圖 28. 武陵廢耕地全區地號地圖

為瞭解武陵廢耕地出栽苗木之初期表現，本計畫針對 2020~2021 年造林作業調查其出栽後約 3 個月(出栽初期)之苗木存活率，如下所述：

2020 年之造林作業於 2020-04-20~05-07 進行苗木出栽，本計畫於 2020-08-04~08-07 調查當年度出栽苗木之存活率，共調查 30 塊地號，包括地號 1、2、3、13、52、53、54、56、57、58、59、60、61、62、79、80、81、98、99、100、119、120、121、124、138、139、140、170、172、173，總計調查 35 種樹種，3,193 株出栽苗木。

2021 年之造林作業於 2021-04-19~05-05 進行苗木出栽，本計畫於 2021-07-26~07-29 調查當年度出栽苗木之存活率，共調查 30 塊地號，包括地號 12、13、55、60、61、62、75、79、80、81、95、98、99、100、117、118、119、120、121、124、135、136、137、138、139、140、170、171、172、173，總計調查 41 種樹種，2,848 株出栽苗木。

2022 年之造林作業於 2022-05-04~05-12 進行苗木出栽，本計畫於 2022-08-09~08-15 調查當年度出栽苗木之存活率，共調查 31 塊地號，包括地號 7、9、10、18、31、32、33、34、49、50、51、52、59、71、72、73、80、81、92、93、94、98、99、100、115、116、139、151、170、172、173，總計調查 39 種樹種，2,130 株出栽苗木。

2020~2022 年造林作業出栽苗木之初期存活率如表 14 所示，2020 年造林作業苗木初期平均存活率為 89%，而 8 種演替前期之物種初期存活率多數達 80%以上，僅有臺灣胡桃初期存活率為 75%；27 種演替中後期之物種以臺灣紅榨槭(69%)、狹葉欒(20%)、樟葉槭(56%)、墨點櫻桃(40%)、霧社木薑子(60%)其初期存活率偏低，其餘演替中後期之物種初期存活率皆達 70%以上。

2021 年造林作業苗木初期平均存活率為 92%，而 7 種演替前期之物種初期存活率多數達 90%以上，僅有臺灣赤楊初期存活率為 85%；34 種演替中後期之物種以卡氏櫨(60%)、楓香(67%)、紅檜(66%)其初

期存活率偏低，其餘演替中後期之物種初期存活率皆達 80%以上。

2022 年造林作業苗木初期平均存活率為 96%，而 5 種演替前期之物種初期存活率皆達 90%以上；34 種演替中後期之物種以墨點櫻桃(71%)、屏東木薑子(50%)、紫珠葉泡花樹(50%)其初期存活率偏低，但也因其出栽數少，以至於初期存活率較低，其餘演替中後期之物種初期存活率達 85%以上。藉由這些監測資料可了解各樹種於廢耕地的初期表現，並據以調整後續出栽的苗木種類配置策略。

表 14. 造林作業出栽苗木之初期存活率

NO	演替	物種	存活率		
			2020 年	2021 年	2022 年
1	前	臺灣赤楊	<b>84%</b>	<b>85%</b>	<b>90%</b>
2	前	桫欏	90%	100%	-
3	前	栓皮櫟	<b>94%</b>	90%	-
4	前	笑靨花	<b>86%</b>	<b>97%</b>	<b>100%</b>
5	前	青剛櫟	100%	-	-
6	前	檫木	<b>97%</b>	<b>97%</b>	<b>97%</b>
7	前	臺灣胡桃	75%	-	-
8	前	山桐子	<b>96%</b>	<b>95%</b>	<b>97%</b>
9	前	臺灣二葉松	-	100%	<b>100%</b>
10	中後	山枇杷	<b>92%</b>	<b>97%</b>	<b>98%</b>
11	中後	山柿	<b>91%</b>	-	92%
12	中後	臺灣雲杉	<b>100%</b>	<b>83%</b>	-
13	中後	臺灣杉	<b>89%</b>	-	-
14	中後	臺灣紅榨槭	<b>69%</b>	-	-
15	中後	狹葉櫟	20%	<b>95%</b>	100%
16	中後	石楠	<b>100%</b>	<b>96%</b>	<b>100%</b>
17	中後	青楓	<b>90%</b>	<b>97%</b>	100%
18	中後	細葉杜鵑	80%	100%	-
19	中後	臺灣蘋果	<b>100%</b>	95%	100%
20	中後	小實女貞	<b>88%</b>	<b>94%</b>	<b>98%</b>
21	中後	山櫻花	<b>83%</b>	<b>92%</b>	<b>100%</b>
22	中後	臺灣石楠	<b>90%</b>	<b>95%</b>	<b>100%</b>
23	中後	三斗石櫟	<b>98%</b>	<b>97%</b>	100%
24	中後	烏心石	<b>88%</b>	100%	86%
25	中後	大頭茶	<b>100%</b>	<b>94%</b>	-
26	中後	樟葉槭	56%	-	90%
27	中後	木荷	86%	<b>87%</b>	93%
28	中後	卡氏槭	<b>73%</b>	<b>60%</b>	-
29	中後	墨點櫻桃	40%	100%	71%

NO	演替	物種	存活率		
			2020 年	2021 年	2022 年
30	中後	霧社木薑子	60%	100%	100%
31	中後	紅楠	75%	100%	100%
32	中後	長葉木薑子	<b>96%</b>	100%	100%
33	中後	森氏櫟	<b>96%</b>	<b>94%</b>	-
34	中後	塔塔加櫟	<b>94%</b>	<b>95%</b>	<b>100%</b>
35	中後	楓香	<b>85%</b>	67%	-
36	中後	霧社櫻	<b>80%</b>	90%	100%
37	中後	大葉石櫟	-	100%	100%
38	中後	尖葉槭	-	100%	-
39	中後	瓊楠	-	<b>90%</b>	100%
40	中後	阿里山榆	-	90%	<b>99%</b>
41	中後	杏葉石櫟	-	100%	100%
42	中後	假赤楊	-	85%	-
43	中後	高山新木薑子	-	100%	-
44	中後	屏東木薑子	-	100%	50%
45	中後	臺東莢蒾	-	100%	-
46	中後	杜虹花	-	100%	100%
47	中後	紅檜	-	<b>66%</b>	<b>97%</b>
48	中後	夏皮楠	-	-	100%
49	中後	朴樹	-	-	<b>100%</b>
50	中後	變葉新木薑子	-	-	95%
51	中後	臺灣扁柏	-	-	<b>87%</b>
52	中後	臺灣赤楠	-	-	<b>96%</b>
53	中後	紫珠葉泡花樹	-	-	50%
54	中後	錐果櫟	-	-	100%
55	中後	圓果青剛櫟	-	-	<b>100%</b>
平均			89%	92%	96%

註：存活率之粗體字表苗木出栽數 > 25 株。

### 3.6 塊定期監測區之每木調查

本計畫在 8.1 ha 的廢耕地中，隨機挑選 6 塊地號，如圖 29 所示，選定地號 12、55、95、117、137、171 為定期監測區，每年定期調查 2017、2018 年出栽苗木之地徑(cm)、苗高(cm)、冠幅(cm)(表 15)，記錄本計畫相關的苗木之生長過程(圖 30)，以做為討論復育成效之量化指標之一。本計畫於每年的 4 月(武陵地區植物生長季之開始)及 10 月(武陵地區植物生長季之結束)進行每木調查，並更進一步藉由形質資料檢視樹種特性與其生長指數(GI)、表現指數(PI)、存活率之變化。

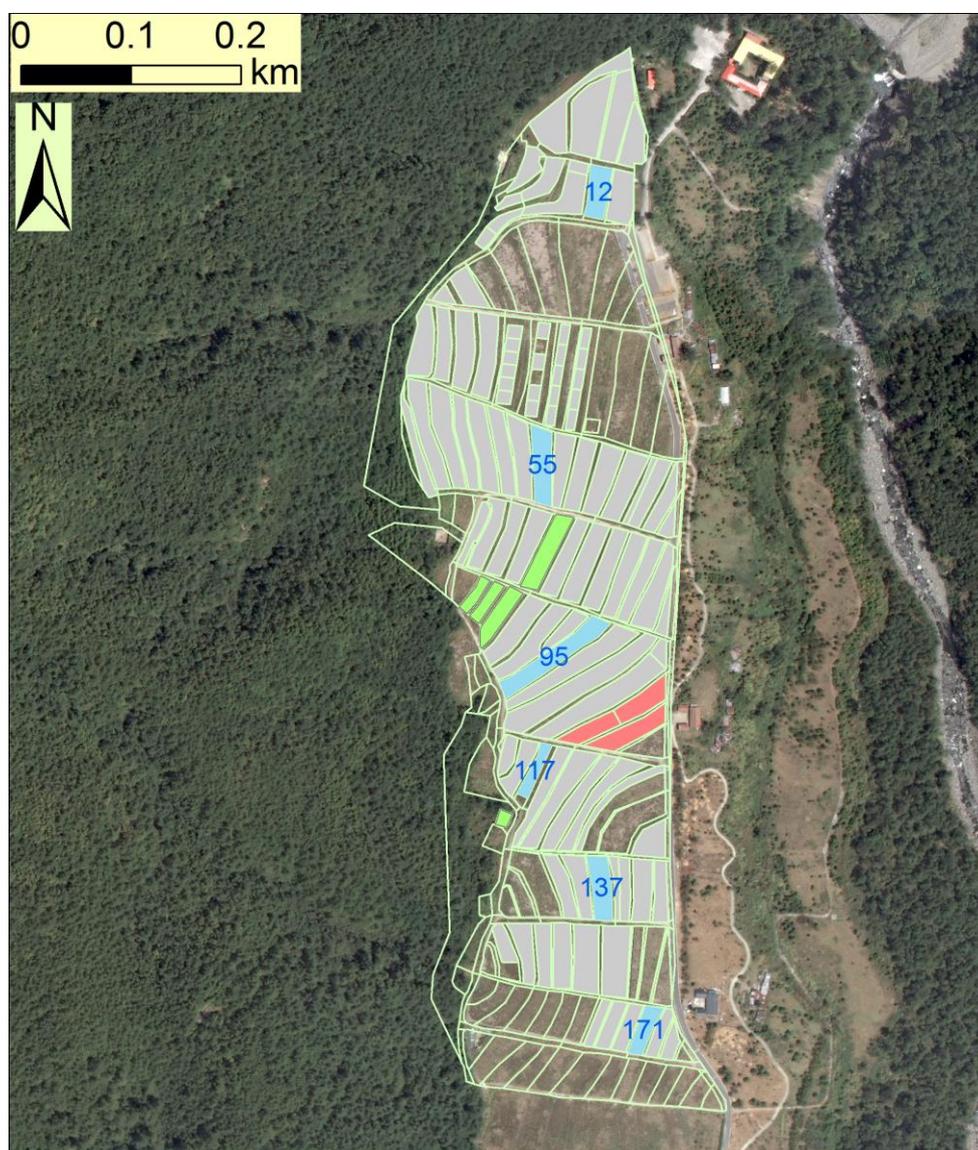


圖 29. 定期監測 6 塊地號樣區分布位置圖

表 15. 武陵廢耕地定期監測區之基本資料

	2017 年出栽苗	2018 出栽苗
地號	12、55、95、117、137、171	
出栽日期	2017-03-25 ~ 06-05	2018-04-16 ~ 25
出栽種數	43	31
出栽株數	823	413
1 <sup>st</sup> 監測	2017-07-20	2018-04-28 ~ 29、05-04
2 <sup>nd</sup> 監測	2018-04-13 ~ 14、04-24	2018-09-28、10-11
3 <sup>rd</sup> 監測	2018-09-28、10-11	2019-04-23 ~ 24
4 <sup>th</sup> 監測	2019-04-23 ~ 24	2019-10-18 ~ 21
5 <sup>th</sup> 監測	2019-10-18 ~ 21	2020-04-17 ~ 19
6 <sup>th</sup> 監測	2020-04-17 ~ 19	2020-10-27 ~ 28
7 <sup>th</sup> 監測	2020-10-27 ~ 28	2021-04-27 ~ 29
8 <sup>th</sup> 監測	2021-04-27 ~ 29	2021-10-19 ~ 21
9 <sup>th</sup> 監測	2021-10-19 ~ 21	2022-04-19 ~ 20
10 <sup>th</sup> 監測	2022-04-19 ~ 20	2022-10-25 ~ 27
11 <sup>th</sup> 監測	2022-10-25 ~ 27	-

2021-10 現地觀察發現，地號 95 之苗木聚集多隻黑腹虎頭蜂，在安全考量之下，該次調查未進入地號 95 進行苗木監測，故數據分析缺少 2021-10 之資料。

地號 12、55、95、117、137、171 之 2017 年出栽苗木監測結果如表 16，依完整調查區間之 PI 排列。從出栽日至 2022-10 監測止，共計 1,923 日，總體存活率為 18%，平均 GI 為 2181.40，高於平均值有 5 種；平均 PI 為 396.38，高於平均值有 14 種，如：臺灣赤楊(5090.33)、臺灣胡桃(3203.00)、赤皮(2653.90)、山桐子(2435.51)、塔塔加櫟(2235.88)、小實女貞(2138.45)、臺灣石楠(1448.38)、山柿(1183.13)等 14 種，顯示其可能於武陵廢耕地具有良好生長表現之潛

力，可提高出栽株數。

地號 12、55、95、117、137、171 之 2018 年出栽苗木監測結果如表 17，依完整調查區間之 PI 排列。從出栽日至 2022-10 監測止，共計 1,656 日，總體存活率為 25%，平均 GI 為 1262.46，高於平均值有 8 種；平均 PI 為 317.91，高於平均值有 11 種，如：欖木(1040.33)、樟葉槭(919.45)、山桐子(852.00)、桤木(767.30)、山柿(764.15)、山枇杷(666.17)等 11 種，顯示其可能於武陵廢耕地具有良好生長表現之潛力，可提高出栽株數。

由此可歸納出臺灣赤楊、山桐子、欖木、山柿、石楠、山枇杷、臺灣石楠、塔塔加櫟等較適合武陵廢耕地造林之樹種，且配合不同樹種之特性進行出栽，能有效提升苗木存活率，不耐寒及不耐旱之樹種需搭配適當時機出栽，易遭受到動物危害之樹種需將苗木培育至較高的高度，方可出栽。

表 16.6 塊地號監測區之 2017 年出栽苗木生長指數、表現指數與存活率

物種	出栽數	第 2 次監測			第 3 次監測			第 4 次監測			第 5 次監測		
		1 <sup>st</sup> ~ 2 <sup>nd</sup> (267 日)		存活率	2 <sup>nd</sup> ~ 3 <sup>rd</sup> (181 日)		存活率	3 <sup>rd</sup> ~ 4 <sup>th</sup> (194 日)		存活率	4 <sup>th</sup> ~ 5 <sup>th</sup> (179 日)		存活率
		GI	PI		GI	PI		GI	PI		GI	PI	
<b>臺灣赤楊</b>	<b>26</b>	<b>124.88</b>	<b>115.27</b>	<b>92%</b>	<b>292.04</b>	<b>213.42</b>	<b>73%</b>	<b>124.27</b>	<b>90.81</b>	<b>73%</b>	<b>1149.55</b>	<b>751.63</b>	<b>65%</b>
臺灣胡桃	5	56.58	45.26	80%	177.54	177.54	100%	-17.92	-17.92	100%	281.50	281.50	100%
赤皮	1	17.00	17.00	100%	69.90	69.90	100%	116.10	116.10	100%	94.70	94.70	100%
<b>山桐子</b>	<b>13</b>	<b>50.39</b>	<b>50.39</b>	<b>100%</b>	<b>181.27</b>	<b>181.27</b>	<b>100%</b>	<b>-1.08</b>	<b>-1.08</b>	<b>100%</b>	<b>546.27</b>	<b>546.27</b>	<b>100%</b>
塔塔加櫟	4	8.80	8.80	100%	199.83	149.88	75%	12.07	9.05	75%	523.93	392.95	75%
小實女貞	2	6.20	6.20	100%	149.14	149.14	100%	88.37	88.37	100%	629.60	629.60	100%
臺灣石楠	4	26.07	19.55	75%	108.47	81.35	75%	146.90	110.18	75%	516.87	387.65	75%
山柿	8	54.81	54.81	100%	79.33	79.33	100%	36.76	36.76	100%	288.84	288.84	100%
栓皮櫟	5	20.00	16.00	80%	40.33	24.20	60%	-11.03	-8.83	80%	184.55	147.64	80%
<b>青剛櫟</b>	<b>31</b>	<b>53.32</b>	<b>51.60</b>	<b>97%</b>	<b>36.92</b>	<b>26.20</b>	<b>71%</b>	<b>66.61</b>	<b>40.83</b>	<b>61%</b>	<b>155.06</b>	<b>90.04</b>	<b>58%</b>
<b>檫木</b>	<b>18</b>	<b>71.00</b>	<b>63.11</b>	<b>89%</b>	<b>36.48</b>	<b>32.43</b>	<b>89%</b>	<b>30.22</b>	<b>23.51</b>	<b>78%</b>	<b>294.32</b>	<b>212.57</b>	<b>72%</b>
臺灣老葉兒樹	5	6.16	6.16	100%	110.87	44.35	40%	43.51	17.40	40%	207.08	82.83	40%
阿里山十大功勞	2	11.60	11.60	100%	32.40	16.20	50%	26.00	13.00	50%	107.20	53.60	50%
<b>臭椿</b>	<b>19</b>	<b>8.70</b>	<b>4.12</b>	<b>47%</b>	<b>124.45</b>	<b>39.30</b>	<b>32%</b>	<b>-37.60</b>	<b>-11.87</b>	<b>32%</b>	<b>181.21</b>	<b>57.23</b>	<b>32%</b>
<b>狹葉櫟</b>	<b>24</b>	<b>11.54</b>	<b>9.13</b>	<b>79%</b>	<b>43.23</b>	<b>19.81</b>	<b>46%</b>	<b>25.73</b>	<b>11.79</b>	<b>46%</b>	<b>121.50</b>	<b>40.50</b>	<b>33%</b>

註：粗體字表苗木出栽數 ≥ 10。

表 16(續). 6 塊地號監測區之 2017 年出栽苗木生長指數、表現指數與存活率

物種	出栽數	第 6 次監測			第 7 次監測			第 8 次監測			第 10 次監測		
		5 <sup>th</sup> ~ 6 <sup>th</sup> (183 日)		存活率	6 <sup>th</sup> ~ 7 <sup>th</sup> (191 日)		存活率	7 <sup>th</sup> ~ 8 <sup>th</sup> (183 日)		存活率	8 <sup>th</sup> ~ 10 <sup>th</sup> (357 日)		存活率
		GI	PI		GI	PI		GI	PI		GI	PI	
<b>臺灣赤楊</b>	<b>26</b>	<b>137.69</b>	<b>90.03</b>	<b>65%</b>	<b>649.64</b>	<b>374.79</b>	<b>58%</b>	<b>384.01</b>	<b>221.54</b>	<b>58%</b>	<b>2834.45</b>	<b>1635.26</b>	<b>58%</b>
臺灣胡桃	5	5.10	5.10	100%	523.68	418.94	80%	126.78	101.42	80%	1841.30	1473.04	80%
赤皮	1	174.20	174.20	100%	304.80	304.80	100%	14.10	14.10	100%	828.30	828.30	100%
<b>山桐子</b>	<b>13</b>	<b>52.18</b>	<b>48.17</b>	<b>92%</b>	<b>356.94</b>	<b>329.48</b>	<b>92%</b>	<b>79.17</b>	<b>66.99</b>	<b>85%</b>	<b>588.39</b>	<b>452.61</b>	<b>77%</b>
塔塔加櫟	4	116.13	87.10	75%	258.80	194.10	75%	366.73	275.05	75%	815.10	611.33	75%
小實女貞	2	122.35	122.35	100%	188.60	188.60	100%	173.55	173.55	100%	224.10	224.10	100%
臺灣石楠	4	84.13	63.10	75%	-195.13	-146.35	75%	231.80	173.85	75%	444.80	333.60	75%
山柿	8	14.39	14.39	100%	-19.57	-17.13	88%	84.17	73.65	88%	441.51	386.33	88%
栓皮櫟	5	-9.50	-5.70	60%	196.95	78.78	40%	95.20	38.08	40%	753.75	301.50	40%
<b>青剛櫟</b>	<b>31</b>	<b>-20.97</b>	<b>-12.18</b>	<b>58%</b>	<b>-26.95</b>	<b>-13.04</b>	<b>48%</b>	<b>-8.22</b>	<b>-3.71</b>	<b>45%</b>	<b>701.25</b>	<b>294.07</b>	<b>42%</b>
<b>檫木</b>	<b>18</b>	<b>56.41</b>	<b>40.74</b>	<b>72%</b>	<b>82.26</b>	<b>31.99</b>	<b>39%</b>	<b>145.91</b>	<b>72.96</b>	<b>50%</b>	<b>222.59</b>	<b>98.93</b>	<b>44%</b>
臺灣老葉兒樹	5	68.75	27.50	40%	115.80	46.32	40%	39.00	15.60	40%	393.75	157.50	40%
阿里山十大功勞	2	21.00	10.50	50%	2.60	1.30	50%	-24.40	-24.40	100%	79.40	79.40	100%
<b>臭椿</b>	<b>19</b>	<b>-3.97</b>	<b>-1.25</b>	<b>32%</b>	<b>303.24</b>	<b>79.80</b>	<b>26%</b>	<b>20.10</b>	<b>6.35</b>	<b>32%</b>	<b>279.92</b>	<b>88.39</b>	<b>32%</b>
<b>狹葉櫟</b>	<b>24</b>	<b>-19.49</b>	<b>-7.31</b>	<b>38%</b>	<b>135.55</b>	<b>45.18</b>	<b>33%</b>	<b>62.83</b>	<b>20.94</b>	<b>33%</b>	<b>335.75</b>	<b>111.92</b>	<b>33%</b>

註：粗體字表苗木出栽數 $\geq 10$ 。

表 16(續). 6 塊地號監測區之 2017 年出栽苗木生長指數、表現指數與存活率

物種	出栽數	第 11 次監測			1 <sup>st</sup> ~ 11 <sup>th</sup> (1923 日)	
		10 <sup>th</sup> ~ 11 <sup>th</sup> (188 日)		存活率	GI	PI
		GI	PI			
<b>臺灣赤楊</b>	<b>26</b>	<b>2794.75</b>	<b>1612.36</b>	<b>58%</b>	<b>8823.23</b>	<b>5090.33</b>
臺灣胡桃	5	1444.80	866.88	60%	5338.33	3203.00
赤皮	1	1034.80	1034.80	100%	2653.90	2653.90
<b>山桐子</b>	<b>13</b>	<b>966.83</b>	<b>743.72</b>	<b>77%</b>	<b>3166.16</b>	<b>2435.51</b>
塔塔加櫟	4	689.87	517.40	75%	2981.17	2235.88
小實女貞	2	556.55	556.55	100%	2138.45	2138.45
臺灣石楠	4	567.27	425.45	75%	1931.17	1448.38
山柿	8	323.73	283.26	88%	1352.14	1183.13
栓皮櫟	5	695.30	278.12	40%	2168.50	867.40
<b>青剛櫟</b>	<b>31</b>	<b>682.22</b>	<b>286.09</b>	<b>42%</b>	<b>1717.84</b>	<b>720.38</b>
<b>檫木</b>	<b>18</b>	<b>818.30</b>	<b>272.77</b>	<b>33%</b>	<b>2031.18</b>	<b>677.06</b>
臺灣老葉兒樹	5	618.55	247.42	40%	1635.95	654.38
阿里山十大功勞	2	114.45	114.45	100%	423.05	423.05
<b>臭椿</b>	<b>19</b>	<b>679.54</b>	<b>178.83</b>	<b>26%</b>	<b>1548.88</b>	<b>407.60</b>
<b>狹葉櫟</b>	<b>24</b>	<b>280.37</b>	<b>81.78</b>	<b>29%</b>	<b>1175.13</b>	<b>342.75</b>

註：粗體字表苗木出栽數 ≥ 10。

表 16(續). 6 塊地號監測區之 2017 年出栽苗木生長指數、表現指數與存活率

物種	出栽數	第 2 次監測			第 3 次監測			第 4 次監測			第 5 次監測		
		1 <sup>st</sup> ~ 2 <sup>nd</sup> (267 日)		存活率	2 <sup>nd</sup> ~ 3 <sup>rd</sup> (181 日)		存活率	3 <sup>rd</sup> ~ 4 <sup>th</sup> (194 日)		存活率	4 <sup>th</sup> ~ 5 <sup>th</sup> (179 日)		存活率
		GI	PI		GI	PI		GI	PI		GI	PI	
臺灣杉	59	12.27	12.27	100%	22.83	15.48	68%	11.40	7.53	66%	56.85	35.65	63%
山枇杷	38	20.62	13.02	63%	97.72	20.57	21%	91.34	16.83	18%	201.82	31.87	16%
石楠	80	9.84	5.66	58%	28.86	10.10	35%	35.46	9.75	28%	111.72	23.74	21%
山櫻花	115	6.51	6.06	93%	0.18	0.09	49%	-3.65	-1.40	38%	33.62	9.06	27%
青楓	63	3.27	2.80	86%	11.16	4.78	43%	-5.41	-2.23	41%	22.80	8.32	37%
白雞油	111	19.68	19.50	99%	-101.22	-85.72	85%	-15.30	-10.75	70%	120.64	77.17	64%
朴樹	17	12.20	11.48	94%	45.98	27.05	59%	-24.72	-11.63	47%	38.49	18.11	47%
木荷	54	5.15	4.01	0.78	2.27	0.71	31%	-4.19	-0.62	0.15	-4.63	-0.51	11%
紅檜	19	3.34	1.76	53%	6.00	0.63	11%	1.12	0.12	11%	28.43	2.99	11%
山肉桂	12	1.47	1.35	92%	4.93	3.28	67%	-4.78	-1.20	25%	15.77	3.94	25%
厚皮香	2	-8.95	-8.95	100%	-6.13	-6.13	100%	-0.92	-0.92	100%	8.90	8.90	100%
楊梅	1	10.50	10.50	100%	113.75	113.75	100%	41.25	41.25	100%	48.00	48.00	100%
小葉赤楠	21	-0.66	-0.31	48%	-1.94	-0.65	33%	-3.05	-0.58	19%	1.84	0.18	10%
烏心石	8	4.50	4.50	100%	-43.89	-27.43	63%	-1.75	-0.44	25%	-9.90	-1.24	13%
山塩青	2	10.10	10.10	100%	80.48	40.24	50%	-91.96	-45.98	50%	0.00	0.00	0%

註：粗體字表苗木出栽數 $\geq 10$ 。

表 16(續). 6 塊地號監測區之 2017 年出栽苗木生長指數、表現指數與存活率

物種	出栽數	第 6 次監測			第 7 次監測			第 8 次監測			第 10 次監測		
		5 <sup>th</sup> ~ 6 <sup>th</sup> (183 日)		存活率	6 <sup>th</sup> ~ 7 <sup>th</sup> (191 日)		存活率	7 <sup>th</sup> ~ 8 <sup>th</sup> (183 日)		存活率	8 <sup>th</sup> ~ 10 <sup>th</sup> (357 日)		存活率
		GI	PI		GI	PI		GI	PI		GI	PI	
臺灣杉	59	22.38	11.38	51%	128.44	52.25	41%	26.36	9.38	36%	225.82	80.38	36%
山枇杷	38	104.50	16.50	16%	189.28	24.91	13%	157.96	20.78	13%	313.58	41.26	13%
石楠	80	43.14	8.63	20%	222.91	33.44	15%	96.45	15.67	16%	470.18	58.77	13%
山櫻花	115	9.26	2.58	28%	48.48	6.75	14%	40.24	5.95	15%	88.52	10.01	11%
青楓	63	14.24	4.07	29%	0.30	0.04	14%	32.19	6.13	19%	36.93	4.69	13%
白雞油	111	-4.97	-2.33	47%	-100.63	-33.54	33%	-8.56	-2.39	28%	-27.20	-6.13	23%
朴樹	17	7.74	3.64	47%	-3.53	-0.83	24%	-2.67	-0.63	24%	51.15	6.02	12%
木荷	54	8.10	0.75	9%	-46.50	-1.72	4%	-5.00	-0.19	4%	4.20	0.16	4%
紅檜	19	41.20	2.17	5%	87.20	4.59	5%	43.60	2.29	5%	214.80	11.31	5%
山肉桂	12	4.25	0.71	17%	0.00	0.00	0%	0.00	0.00	8%	-3.50	-0.29	8%
厚皮香	2	-10.35	-10.35	100%	-19.80	-19.80	100%	19.80	9.90	50%	0.00	0.00	0%
楊梅	1	-175.20	-175.20	100%	0.00	0.00	0%	-	-	-	-	-	-
小葉赤楠	21	-2.20	-0.10	5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
烏心石	8	0.00	0.00	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
山塩青	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

註：-表無資料；粗體字表苗木出栽數 ≥ 10。

表 16(續). 6 塊地號監測區之 2017 年出栽苗木生長指數、表現指數與存活率

物種	出栽數	第 11 次監測			1 <sup>st</sup> ~ 11 <sup>th</sup> (1923 日)	
		10 <sup>th</sup> ~ 11 <sup>th</sup> (188 日)		存活率	GI	PI
		GI	PI			
臺灣杉	59	357.12	121.06	34%	900.55	305.27
山枇杷	38	557.58	58.69	11%	1888.05	198.74
石楠	80	239.54	29.94	13%	1491.84	186.48
山櫻花	115	207.29	12.62	6%	794.74	48.38
青楓	63	281.53	13.41	5%	785.30	37.40
白雞油	111	62.36	11.80	19%	195.86	37.05
朴樹	17	64.00	3.76	6%	237.70	13.98
木荷	54	0.30	0.01	2%	-6.90	-0.13
紅檜	19	0.00	0.00	0%	-	-
山肉桂	12	0.00	0.00	0%	-	-
厚皮香	2	-	-	-	-	-
楊梅	1	-	-	-	-	-
小葉赤楠	21	-	-	-	-	-
烏心石	8	-	-	-	-	-
山塩青	2	-	-	-	-	-

註：-表無資料；粗體字表苗木出栽數 $\geq 10$ 。

表 16(續). 6 塊地號監測區之 2017 年出栽苗木生長指數、表現指數與存活率

物種	出栽數	第 2 次監測			第 3 次監測			第 4 次監測			第 5 次監測		
		1 <sup>st</sup> ~ 2 <sup>nd</sup> (267 日)		存活率	2 <sup>nd</sup> ~ 3 <sup>rd</sup> (181 日)		存活率	3 <sup>rd</sup> ~ 4 <sup>th</sup> (194 日)		存活率	4 <sup>th</sup> ~ 5 <sup>th</sup> (179 日)		存活率
		GI	PI		GI	PI		GI	PI		GI	PI	
阿里山榆	4	11.48	11.48	100%	-36.92	-18.46	50%	-35.56	-8.89	25%	0.00	0.00	0%
假赤楊	4	15.15	7.58	50%	13.66	3.42	25%	-14.54	-3.64	25%	0.00	0.00	0%
日本槿楠	7	1.73	0.74	43%	-3.18	-0.45	14%	0.00	0.00	0%	-	-	-
短尾葉石櫟	4	2.70	0.68	25%	-8.01	-2.00	25%	0.00	0.00	0%	-	-	-
臺灣紅榨槭	6	-0.66	-0.55	83%	14.60	2.43	17%	0.00	0.00	0%	-	-	-
米飯花	2	-4.60	-2.30	50%	0.00	0.00	0%	-	-	-	-	-	-
紅楠	2	20.50	10.25	50%	0.00	0.00	0%	-	-	-	-	-	-
香楠	4	-2.19	-2.19	100%	0.00	0.00	0%	-	-	-	-	-	-
<b>夏皮楠</b>	<b>13</b>	<b>2.64</b>	<b>1.22</b>	<b>46%</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0%</b>	-	-	-	-	-	-
大頭茶	1	0.00	0.00	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
白珠樹	1	0.00	0.00	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
長葉木薑子	1	0.00	0.00	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
裡白櫨木	2	0.00	0.00	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
總計/平均	820	19.23	15.78	82%	16.89	8.80	52%	14.41	6.33	44%	193.39	74.05	38%

註：-表無資料；粗體字表苗木出栽數 ≥ 10。

表 16(續). 6 塊地號監測區之 2017 年出栽苗木生長指數、表現指數與存活率

物種	出栽數	第 6 次監測			第 7 次監測			第 8 次監測			第 10 次監測		
		5 <sup>th</sup> ~ 6 <sup>th</sup> (183 日)		存活率	6 <sup>th</sup> ~ 7 <sup>th</sup> (191 日)		存活率	7 <sup>th</sup> ~ 8 <sup>th</sup> (183 日)		存活率	8 <sup>th</sup> ~ 10 <sup>th</sup> (357 日)		存活率
		GI	PI		GI	PI		GI	PI		GI	PI	
阿里山榆	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
假赤楊	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
日本槲楠	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
短尾葉石櫟	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
臺灣紅榨槭	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
米飯花	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
紅楠	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
香楠	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>夏皮楠</b>	<b>13</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
大頭茶	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
白珠樹	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
長葉木薑子	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
裡白榕木	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
總計/平均	820	24.32	8.22	34%	121.68	29.53	24%	82.95	19.93	24%	541.94	115.00	21%

註：-表無資料；粗體字表苗木出栽數 $\geq 10$ 。

表 16(續). 6 塊地號監測區之 2017 年出栽苗木生長指數、表現指數與存活率

物種	出栽數	第 11 次監測			1 <sup>st</sup> ~ 11 <sup>th</sup> (1923 日)	
		10 <sup>th</sup> ~ 11 <sup>th</sup> (188 日)		存活率	GI	PI
		GI	PI			
阿里山榆	4	-	-	-	-	-
假赤楊	4	-	-	-	-	-
日本槲楠	7	-	-	-	-	-
短尾葉石櫟	4	-	-	-	-	-
臺灣紅榨槭	6	-	-	-	-	-
米飯花	2	-	-	-	-	-
紅楠	2	-	-	-	-	-
香楠	4	-	-	-	-	-
<b>夏皮楠</b>	<b>13</b>	-	-	-	-	-
大頭茶	1	-	-	-	-	-
白珠樹	1	-	-	-	-	-
長葉木薑子	1	-	-	-	-	-
裡白櫟木	2	-	-	-	-	-
總計/平均	820	686.10	124.67	18%	2181.40	396.38

註：-表無資料；粗體字表苗木出栽數 ≥ 10。

表 17.6 塊地號監測區之 2018 年出栽苗木生長指數、表現指數與存活率

物種	出栽數	第 2 次監測			第 3 次監測			第 4 次監測			第 5 次監測		
		1 <sup>st</sup> ~ 2 <sup>nd</sup> (181 日)		存活率	2 <sup>nd</sup> ~ 3 <sup>rd</sup> (194 日)		存活率	3 <sup>rd</sup> ~ 4 <sup>th</sup> (179 日)		存活率	4 <sup>th</sup> ~ 5 <sup>th</sup> (183 日)		存活率
		GI	PI		GI	PI		GI	PI		GI	PI	
檫木	4	8.63	8.63	100%	4.53	4.53	100%	169.07	126.80	75%	58.10	43.58	75%
樟葉槭	2	81.90	81.90	100%	59.05	59.05	100%	194.40	194.40	100%	3.90	3.90	100%
山桐子	3	47.36	47.36	100%	6.87	6.87	100%	105.03	105.03	100%	-29.67	-29.67	100%
挾木	2	17.45	17.45	100%	6.05	6.05	100%	94.00	47.00	50%	30.00	15.00	50%
<b>山柿</b>	<b>37</b>	<b>43.47</b>	<b>42.30</b>	<b>97%</b>	<b>7.64</b>	<b>6.61</b>	<b>86%</b>	<b>157.71</b>	<b>140.66</b>	<b>89%</b>	<b>41.63</b>	<b>36.01</b>	<b>86%</b>
<b>山枇杷</b>	<b>29</b>	<b>87.85</b>	<b>84.82</b>	<b>97%</b>	<b>37.29</b>	<b>33.43</b>	<b>90%</b>	<b>143.83</b>	<b>128.95</b>	<b>90%</b>	<b>64.40</b>	<b>55.51</b>	<b>86%</b>
塔塔加櫟	3	38.34	38.34	100%	5.16	5.16	100%	58.30	38.87	67%	14.70	9.80	67%
<b>臺灣赤楊</b>	<b>12</b>	<b>76.14</b>	<b>44.42</b>	<b>58%</b>	<b>16.95</b>	<b>9.89</b>	<b>58%</b>	<b>399.57</b>	<b>133.19</b>	<b>33%</b>	<b>83.48</b>	<b>27.83</b>	<b>33%</b>
<b>石楠</b>	<b>100</b>	<b>24.85</b>	<b>22.37</b>	<b>90%</b>	<b>12.13</b>	<b>10.80</b>	<b>89%</b>	<b>79.01</b>	<b>57.68</b>	<b>73%</b>	<b>29.93</b>	<b>21.55</b>	<b>72%</b>
臺灣石楠	3	57.37	57.37	100%	7.46	7.46	100%	78.40	78.40	100%	-4.33	-4.33	100%
朴樹	31	22.94	22.94	100%	16.20	13.58	84%	215.14	90.22	42%	52.75	18.72	35%
青剛櫟	49	13.86	12.73	92%	3.25	2.46	76%	32.30	14.50	45%	10.65	4.34	41%
<b>臺灣蘋果</b>	<b>25</b>	<b>11.65</b>	<b>11.18</b>	<b>96%</b>	<b>1.93</b>	<b>1.47</b>	<b>76%</b>	<b>26.55</b>	<b>13.81</b>	<b>52%</b>	<b>10.77</b>	<b>5.17</b>	<b>48%</b>
臺灣雲杉	7	9.21	7.89	86%	9.84	8.44	86%	11.40	8.14	71%	-1.00	-0.86	86%
夏皮楠	5	-10.74	-6.44	60%	15.81	9.48	60%	23.40	14.04	60%	-7.80	-4.68	60%
九芎	1	47.40	47.40	100%	28.60	28.60	100%	175.20	175.20	100%	82.20	82.20	100%

註：粗體字表苗木出栽數 ≥ 10。

表 17(續). 6 塊地號監測區之 2018 年出栽苗木生長指數、表現指數與存活率

物種	出栽數	第 6 次監測			第 7 次監測			第 9 次監測			第 10 次監測		
		5 <sup>th</sup> ~ 6 <sup>th</sup> (191 日)		存活率	6 <sup>th</sup> ~ 7 <sup>th</sup> (183 日)		存活率	7 <sup>th</sup> ~ 9 <sup>th</sup> (357 日)		存活率	9 <sup>th</sup> ~ 10 <sup>th</sup> (188 日)		存活率
		GI	PI		GI	PI		GI	PI		GI	PI	
檫木	4	254.10	127.05	50%	90.95	68.21	75%	327.63	245.73	75%	878.20	439.10	50%
樟葉槭	2	85.60	85.60	100%	157.00	78.50	50%	758.00	379.00	50%	285.20	142.60	50%
山桐子	3	394.80	131.60	33%	0.00	0.00	67%	720.30	240.10	33%	1140.60	380.20	33%
挾木	2	62.50	31.25	50%	0.00	0.00	50%	277.30	138.65	50%	1026.00	513.00	50%
<b>山柿</b>	<b>37</b>	<b>31.15</b>	<b>22.73</b>	<b>73%</b>	<b>46.65</b>	<b>32.78</b>	<b>70%</b>	<b>379.80</b>	<b>225.83</b>	<b>59%</b>	<b>645.87</b>	<b>314.21</b>	<b>49%</b>
<b>山枇杷</b>	<b>29</b>	<b>52.54</b>	<b>36.23</b>	<b>69%</b>	<b>86.42</b>	<b>56.62</b>	<b>66%</b>	<b>344.16</b>	<b>201.75</b>	<b>59%</b>	<b>337.41</b>	<b>174.52</b>	<b>52%</b>
塔塔加櫟	3	249.20	83.07	33%	-5.80	-3.87	67%	296.65	197.77	67%	260.85	173.90	67%
<b>臺灣赤楊</b>	<b>12</b>	<b>-21.10</b>	<b>-3.52</b>	<b>17%</b>	<b>-149.55</b>	<b>-24.93</b>	<b>17%</b>	<b>1494.40</b>	<b>124.53</b>	<b>8%</b>	<b>1885.00</b>	<b>314.17</b>	<b>17%</b>
<b>石楠</b>	<b>100</b>	<b>116.07</b>	<b>59.20</b>	<b>51%</b>	<b>93.38</b>	<b>47.63</b>	<b>51%</b>	<b>324.23</b>	<b>165.36</b>	<b>51%</b>	<b>339.42</b>	<b>139.16</b>	<b>41%</b>
臺灣石楠	3	9.50	9.50	100%	39.03	39.03	100%	112.47	112.47	100%	142.63	142.63	100%
朴樹	31	12.80	3.30	26%	67.21	19.51	29%	584.19	131.91	23%	711.60	137.73	19%
青剛櫟	49	-20.27	-3.72	18%	5.52	0.90	16%	108.48	13.28	12%	183.64	18.74	10%
<b>臺灣蘋果</b>	<b>25</b>	<b>0.70</b>	<b>0.22</b>	<b>32%</b>	<b>7.63</b>	<b>2.75</b>	<b>36%</b>	<b>12.94</b>	<b>4.66</b>	<b>36%</b>	<b>132.60</b>	<b>21.22</b>	<b>16%</b>
臺灣雲杉	7	-4.43	-3.80	86%	10.48	8.99	86%	33.50	23.93	71%	72.90	10.41	14%
夏皮楠	5	15.75	6.30	40%	1.70	0.68	40%	-18.45	-7.38	40%	10.00	2.00	20%
九芎	1	-171.80	-171.80	100%	0.00	0.00	0%	0.00	0.00	0%	285.60	285.60	100%

註：粗體字表苗木出栽數 ≥ 10。

表 17(續). 6 塊地號監測區之 2018 年出栽苗木生長指數、表現指數與存活率

物種	出栽數	1 <sup>st</sup> ~ 10 <sup>th</sup> (1656 日)	
		GI	PI
檫木	4	2080.65	1040.33
樟葉槭	2	1838.90	919.45
山桐子	3	2556.00	852.00
挾木	2	1534.60	767.30
<b>山柿</b>	<b>37</b>	<b>1570.75</b>	<b>764.15</b>
<b>山枇杷</b>	<b>29</b>	<b>1287.92</b>	<b>666.17</b>
塔塔加櫟	3	780.45	520.30
<b>臺灣赤楊</b>	<b>12</b>	<b>3006.75</b>	<b>501.13</b>
<b>石楠</b>	<b>100</b>	<b>1211.59</b>	<b>496.75</b>
臺灣石楠	3	442.53	442.53
<b>朴樹</b>	<b>31</b>	<b>1959.37</b>	<b>379.23</b>
<b>青剛櫟</b>	<b>49</b>	<b>490.46</b>	<b>50.05</b>
<b>臺灣蘋果</b>	<b>25</b>	<b>168.53</b>	<b>26.96</b>
臺灣雲杉	7	111.40	15.91
夏皮楠	5	76.50	15.30
九芎	1	-34.40	-34.40

註：粗體字表苗木出栽數  $\geq 10$ 。

表 17(續). 6 塊地號監測區之 2018 年出栽苗木生長指數、表現指數與存活率

物種	出栽數	第 2 次監測			第 3 次監測			第 4 次監測			第 5 次監測		
		1 <sup>st</sup> ~ 2 <sup>nd</sup> (181 日)		存活率	2 <sup>nd</sup> ~ 3 <sup>rd</sup> (194 日)		存活率	3 <sup>rd</sup> ~ 4 <sup>th</sup> (179 日)		存活率	4 <sup>th</sup> ~ 5 <sup>th</sup> (183 日)		存活率
		GI	PI		GI	PI		GI	PI		GI	PI	
川上氏鵝耳櫪	9	13.15	11.69	89%	0.23	0.21	89%	5.57	4.33	78%	-1.35	-0.60	44%
<b>木荷</b>	<b>34</b>	<b>6.99</b>	<b>6.16</b>	<b>88%</b>	<b>0.19</b>	<b>0.14</b>	<b>74%</b>	<b>6.00</b>	<b>3.70</b>	<b>62%</b>	<b>0.46</b>	<b>0.23</b>	<b>50%</b>
<b>紅楠</b>	<b>28</b>	<b>22.98</b>	<b>22.16</b>	<b>96%</b>	<b>5.57</b>	<b>4.78</b>	<b>86%</b>	<b>27.71</b>	<b>22.76</b>	<b>82%</b>	<b>8.64</b>	<b>4.63</b>	<b>54%</b>
栓皮櫟	1	0.00	0.00	100%	-236.00	-236.00	100%	38.40	38.40	100%	-21.30	-21.30	100%
狹葉櫟	7	24.71	21.18	86%	5.04	3.60	71%	-4.18	-2.39	57%	2.97	1.70	57%
大頭茶	4	50.01	50.01	100%	15.52	15.52	100%	79.00	79.00	100%	11.40	11.40	100%
三斗石櫟	2	13.11	13.11	100%	-1.16	-1.16	100%	8.25	8.25	100%	-5.00	-2.50	50%
山肉桂	1	25.40	25.40	100%	7.20	7.20	100%	31.20	31.20	100%	30.00	30.00	100%
日本槲楠	2	-1.50	-1.50	100%	-4.90	-2.45	50%	13.10	6.55	50%	-10.70	-5.35	50%
長葉木薑子	1	14.42	14.42	100%	-2.42	-2.42	100%	4.70	4.70	100%	0.80	0.80	100%
臺灣紅榨槭	5	4.33	3.46	80%	4.65	1.86	40%	7.50	1.50	20%	-12.30	-2.46	20%
錐果櫟	1	27.33	27.33	100%	6.87	6.87	100%	7.30	7.30	100%	-2.60	-2.60	100%
尖葉槭	1	1.80	1.80	100%	-0.40	-0.40	100%	0.00	0.00	0%	-	-	-
卡氏楮	1	-0.80	-0.80	100%	0.00	0.00	0%	-	-	-	-	-	-
墨點櫻桃	3	0.00	0.00	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
總計/平均	413	28.02	25.57	91%	9.84	8.08	82%	85.16	56.50	66%	26.90	16.35	61%

註：-表無資料；粗體字表苗木出栽數 ≥ 10。

表 17(續). 6 塊地號監測區之 2018 年出栽苗木生長指數、表現指數與存活率

物種	出栽數	第 6 次監測			第 7 次監測			第 9 次監測			第 10 次監測		
		5 <sup>th</sup> ~ 6 <sup>th</sup> (191 日)		存活率	6 <sup>th</sup> ~ 7 <sup>th</sup> (183 日)		存活率	7 <sup>th</sup> ~ 9 <sup>th</sup> (357 日)		存活率	9 <sup>th</sup> ~ 10 <sup>th</sup> (188 日)		存活率
		GI	PI		GI	PI		GI	PI		GI	PI	
川上氏鵝耳壢	9	1.30	0.14	11%	-1.80	-0.60	33%	0.00	0.00	0%	-	-	-
<b>木荷</b>	<b>34</b>	<b>-9.03</b>	<b>-0.80</b>	<b>9%</b>	<b>8.40</b>	<b>0.49</b>	<b>6%</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0%</b>	-	-	-
<b>紅楠</b>	<b>28</b>	<b>-32.40</b>	<b>-2.31</b>	<b>7%</b>	<b>-0.30</b>	<b>-0.01</b>	<b>4%</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0%</b>	-	-	-
栓皮櫟	1	-12.60	-12.60	100%	9.90	9.90	100%	0.00	0.00	0%	-	-	-
狹葉櫟	7	13.70	3.91	29%	-31.95	-9.13	29%	0.00	0.00	0%	-	-	-
大頭茶	4	-48.70	-24.35	50%	-11.20	-2.80	25%	0.00	0.00	0%	-	-	-
三斗石櫟	2	0.00	0.00	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
山肉桂	1	0.00	0.00	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
日本槲楠	2	0.00	0.00	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
長葉木薑子	1	0.00	0.00	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
臺灣紅榨槭	5	0.00	0.00	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
錐果櫟	1	0.00	0.00	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
尖葉槭	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
卡氏楮	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
墨點櫻桃	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
總計/平均	413	57.43	21.55	38%	57.82	21.56	37%	314.23	99.67	32%	438.63	110.45	25%

註：-表無資料；粗體字表苗木出栽數 $\geq 10$ 。

表 17(續). 6 塊地號監測區之 2018 年出栽苗木生長指數、表現指數與存活率

物種	出栽數	1 <sup>st</sup> ~ 10 <sup>th</sup> (1656 日)	
		GI	PI
川上氏鵝耳壩	9	-	-
<b>木荷</b>	<b>34</b>	-	-
<b>紅楠</b>	<b>28</b>	-	-
栓皮櫟	1	-	-
狹葉櫟	7	-	-
大頭茶	4	-	-
三斗石櫟	2	-	-
山肉桂	1	-	-
日本槲楠	2	-	-
長葉木薑子	1	-	-
臺灣紅榨槭	5	-	-
錐果櫟	1	-	-
尖葉槭	1	-	-
卡氏楮	1	-	-
墨點櫻桃	3	-	-
總計/平均	413	1262.46	317.91

註：-表無資料；粗體字表苗木出栽數 $\geq 10$ 。



生長不佳之木荷



頂芽遭霜害凍傷



生長良好之狹葉櫟



生長良好之山枇杷



動物啃咬苗木莖部



苗木莖部受損嚴重

圖 30. 定期監測區之苗木生長表現



生長良好之臺灣赤楊



生長良好之山柿



生長良好之石楠



生長良好之山桐子



生長良好之臺灣石楠



生長良好之欖木

圖 30(續). 定期監測區之苗木生長表現

## 4. 重要造林樹種之生長評估

### (1) 苗木出栽：臺灣赤楊、臺灣蘋果之生長評估

臺灣赤楊為廣為人知的開闊地速生樹種，本團隊於 2016 年便已於武陵廢耕地嘗試進行栽植臺灣赤楊，然而初期以傳統平植法出栽於武陵廢耕地之臺灣赤楊，於出栽後 4 個月因乾枯而全部死亡，直至 2018 年改以植穴坑栽植法，才由各項數據與造林成果中初見成效，改善水分限制後的臺灣赤楊在廢耕地中之生長情形十分良好，多處可發現臺灣赤楊植株有開花結實情形，為記錄此段造林歷程及持續監測臺灣赤楊於各項改善措施下之生長數據，本計畫由 6 塊定期監測區(地號 12、55、95、117、137、171)，分析 38 株臺灣赤楊苗木之生長資料，探討此重要樹種於廢耕地環境中之生長變化。

- (1) 6 塊地號定期監測區，2017 年出栽苗(表 18)：共 26 株，監測日期為 2017-07-20、2018-04-13、2018-10-11、2019-04-23、2019-10-19、2020-04-19、2020-10-27、2021-04-28、2022-04-20、2022-10-25，共調查 10 次。
- (2) 6 塊地號定期監測區，2018 年出栽苗(表 19)：共 12 株，監測日期為 2018-04-13、2018-10-11、2019-04-23、2019-10-19、2020-04-19、2020-10-27、2021-04-28、2022-04-20、2022-10-25，共調查 9 次。

因 2021-10 調查時，發現少數地號內存有黑腹虎頭蜂蹤跡，故未進入調查，因此缺漏 2021-10 之資料。2017 年出栽之臺灣赤楊其生長情形如表 18，出栽約 1.2 年平均苗高為 192.1 cm，與第 1 次監測相比，苗木高出約 84.8 cm；出栽後約 2.2 年平均苗高為 327.6 cm，較第 1 次監測時高出約 220.3 cm，最高苗木可達 510 cm；出栽後約 3.3 年平均苗高為 389.9 cm，較第 1 次監測時高出約 282.6 cm，最高苗木可達 555 cm；出栽後約 5.3 年平均苗高為 708.4 cm，較第 1 次監測時高

出約 601.1 cm，最高苗木可達 938 cm。於生長季時，其平均地徑生長量增加約 0.7~2.1 cm，平均苗高生長量增加 27.4~122.7 cm；在非生長季時，其平均地徑生長量僅增加 0.3~0.5 cm，平均苗高生長量增加 1.7~25.3 cm。監測至今，其存活率為 58%。

2018 年出栽之臺灣赤楊其生長情形如表 19，出栽約 1.8 年平均苗高為 101.0 cm，與第 1 次監測相比，苗木高出約 28.5 cm；出栽後約 2.8 年平均苗高為 199.3 cm，較第 1 次監測時高出約 126.8 cm，最高苗木可達 285 cm。於生長季時，其平均地徑生長量增加約 0.5~1.2 cm，平均苗高生長量增加-26.5~95.5 cm；在非生長季時，其平均地徑生長量僅增加 0.1~0.4 cm，平均苗高生長量增加-40.0~1.1 cm。監測至今，其存活率為 17%，僅存活 2 株苗木。

由此可明顯看出，臺灣赤楊於武陵廢耕地生長狀況良好，出栽約莫 2 年時間，苗高可達 2~3 m 以上。2018 年出栽之臺灣赤楊其生長表現最差，於 2020-10-27 調查時發現多株苗木死亡，且苗高生長變化有縮減之現象，根據現地觀察推測可能是受到強風、低溫、動物危害等因素，以致頂芽、主幹或苗木本身乾枯、折斷、扭曲之緣由，且存活樣株數量僅剩下 2 株，以致數據銳減。

表 18. 2017 年出栽之臺灣赤楊苗木生長表現

	2017-07-20	2018-04-13	2018-10-11	2019-04-23	2019-10-19	2020-04-19	
死亡株數	0	2	7	7	9	9	
平均地徑(cm)	1.2±0.3	1.9±0.4	2.6±1.1	3.1±1.3	5.2±2.3	5.5±2.5	
地徑生長量(cm)	-	0.7 <sup>*A</sup>	<b>0.7<sup>*B</sup></b>	0.5 <sup>*B</sup>	<b>1.9<sup>*C</sup></b>	0.3 <sup>*C</sup>	見續表
平均苗高(cm)	107.3±31.7	135.6±32.1	192.1±71.4	194.3±81.5	327.6±118.6	329.4±123.0	
苗高生長量(cm)	-	24.1 <sup>*A</sup>	<b>57.7<sup>*B</sup></b>	2.2 <sup>*B</sup>	<b>116.4<sup>*C</sup></b>	1.7 <sup>*C</sup>	見續表
最大苗高(cm)	170	207	300	305	510	500	
最小苗高(cm)	41	85	69	4	72	72	
	2020-10-27	2021-04-28	2022-04-20	2022-10-25			
死亡株數	11	11	11	11			
平均地徑(cm)	7.1±2.4	7.6±2.8	10.1±3.3	12.2±3.8			
地徑生長量(cm)	<b>1.1<sup>*D</sup></b>	0.5 <sup>*D</sup>	2.5	<b>2.1</b>	-		
平均苗高(cm)	389.9±102.5	415.1±106.3	585.7±131.4	708.4±146.2			
苗高生長量(cm)	<b>27.4<sup>*D</sup></b>	25.3 <sup>*D</sup>	170.5	<b>122.7</b>	-		
最大苗高(cm)	555	569	791	938			
最小苗高(cm)	163	165	344	436			

註：地徑生長量、苗高生長量之粗體字表生長季(約 4~10 月)之生長量，斜體字表非生長季(約 11~3 月)之生長量；\*A 表樣本數 24 株；\*B 表樣本數 19 株；\*C 表樣本數 17 株；\*D 表樣本數 15 株。

表 19. 2018 年出栽之臺灣赤楊苗木生長表現

	2018-04-13		2018-10-11		2019-04-23		2019-10-19		2020-04-19	
死亡株數	0		5		5		8		8	
平均地徑(cm)	0.6±0.3		1.1±0.3		1.3±0.2		2.5±1.0		2.9±1.6	
地徑生長量(cm)	-	<b>0.5<sup>*A</sup></b>	<i>0.2<sup>*A</sup></i>		<b>1.2<sup>*B</sup></b>		<i>0.4<sup>*B</sup></i>		見續表	
平均苗高(cm)	72.5±27.8		99.9±28.3		101.0±30.4		207.5±59.8		199.3±75.6	
苗高生長量(cm)	-	<b>36.9<sup>*A</sup></b>	<i>1.1<sup>*A</sup></i>		<b>95.5<sup>*B</sup></b>		<i>-8.3<sup>*B</sup></i>		見續表	
最大苗高(cm)	130		138		138		280		285	
最小苗高(cm)	30		64		57		147		108	
	2020-10-27		2021-04-28		2022-04-20		2022-10-25			
死亡株數	10		10		11		10			
平均地徑(cm)	4.5±1.5		4.6±1.6		7.0 <sup>*D</sup>		6.9±3.4			
地徑生長量(cm)	<b>0.5<sup>*C</sup></b>	<i>0.1<sup>*C</sup></i>	<i>1.3<sup>*D</sup></i>		<b>2.3<sup>*D</sup></b>		-			
平均苗高(cm)	230.5±78.5		190.5±60.1		334 <sup>*D</sup>		436.0±26.9			
苗高生長量(cm)	<b>-26.5<sup>*C</sup></b>	<i>-40.0<sup>*C</sup></i>	<i>186<sup>*D</sup></i>		<b>121<sup>*D</sup></b>		-			
最大苗高(cm)	286		233		-		455			
最小苗高(cm)	175		148		-		417			

註：地徑生長量、苗高生長量之粗體字表生長季(約 4~10 月)之生長量，斜體字表非生長季(約 11~3 月)之生長量；\*A 表樣本數 7 株；\*B 表樣本數 4 株；\*C 表樣本數 2 株；\*D 表僅存 1 株臺灣赤楊之生長資料。

臺灣蘋果之花具觀賞潛力、果實可誘鳥、莖部具棘刺可抗動物攝食，實為武陵廢耕地之一值得復育造林之樹種，本計畫觀察於 2017 年造林工作出栽之臺灣蘋果大苗(約 2 m 高)生長表現良好，推測臺灣蘋果可適應廢耕地生長。緣此，本計畫分析 6 塊地號定期監測區(地號 12、55、95、117、137、171)之 25 株臺灣蘋果苗木生長數據(表 20)，以進一步瞭解臺灣蘋果於廢耕地中之生長表現。

《1<sup>st</sup> 監測》2018-04-28 ~ 05-04：臺灣蘋果苗木於 2018-04-16 ~ 25 造林工程完成出栽，此時平均苗高為 91.1 cm，平均地徑為 0.6 cm。

《2<sup>nd</sup> 監測》2018-09-28 ~ 10-11：此時平均苗高約為 93.8 cm，平均地徑為 0.8 cm。

《3<sup>rd</sup> 監測》2019-04-23：此時平均苗高約為 94.2 cm，平均地徑為 0.8 cm，生長緩慢，但渡冬後其新葉展芽無凍損，另發現較矮小植株頂芽有動物啃食之痕跡。

《4<sup>th</sup> 監測》2019-10-21：此時平均苗高約為 113.2 cm，平均地徑為 1.0 cm。

《5<sup>th</sup> 監測》2020-04-19：此時平均苗高約為 114.9 cm，平均地徑為 1.1 cm。  
現地調查發現，較矮小之苗木其頂芽有被動物啃食之痕跡。

《6<sup>th</sup> 監測》2020-10-27：此時平均苗高約為 148.9 cm，平均地徑為 1.3 cm。

《7<sup>th</sup> 監測》2021-04-28：此時平均苗高約為 127.4 cm，平均地徑為 1.3 cm。  
現地調查發現多數苗木有斷頭之情況，以致此次平均苗高小於 6<sup>th</sup> 監測。

《8<sup>th</sup> 監測》2022-04-20：此時平均苗高約為 96.2 cm，平均地徑為 1.3 cm。  
現地調查發現多數苗木有斷頭之情況，以致此次平均苗高小於 7<sup>th</sup> 監測。

《9<sup>th</sup> 監測》2022-10-25：此時平均苗高約為 133.5 cm，平均地徑為 1.5 cm。

現地調查發現死亡株數增多，存活率僅剩 16%。

透過現地觀察及監測數據可知，臺灣蘋果其平均地徑生長量於生長季(約 4~10 月)、非生長季(約 11~3 月)間，增加幅度相近約 0.0~0.2 cm，而平均苗高生長量於生長季時，可增加-2.1~37.7 cm，在非生長季時，僅增加-6.0~3.9 cm。此外，苗木於 3<sup>rd</sup>~4<sup>th</sup> 監測(2019-04~10 之生長季)，生長量有較明顯的增加，苗高平均增加 13.5 cm，此次明顯的生長伴隨近半數的臺灣蘋果樣株死亡，亦有可能是因為淘汰生長較差的樣株，使平均值提升；8<sup>th</sup>~9<sup>th</sup> 監測(2022-04~10 之生長季)亦有相似情況，樣株死亡株數增多，但苗木地徑、苗高生長量增加，平均地徑增加 0.2 cm，平均苗高增加 37.7 cm，佔其出栽至今之生長量的大部分。而由數據及現地觀察中可見臺灣蘋果以小苗出栽後之初期生長表現並不佳，且在許多臺灣蘋果小苗上亦可發現山羌攝食之痕跡，但其耐寒害的特性可從頂枯後小苗常有生長良好的側生萌蘗枝上發現；綜上，臺灣蘋果為可適應廢耕地環境之樹種，然宜先於苗圃培育至大型苗木後再行出栽。

表 20. 2018 年出栽之臺灣蘋果苗木生長表現

	2018-05-04	2018-10-11	2019-04-23	2019-10-21	2020-04-19	
死亡株數	0	1	6	12	12	
平均地徑(cm)	0.6±0.3	0.8±0.3	0.8±0.3	1.0±0.5	1.1±0.4	
地徑生長量(cm)	-	<b>0.1<sup>*A</sup></b>	<i>0.1<sup>*B</sup></i>	<b>0.1<sup>*C</sup></b>	<i>0.0<sup>*D</sup></i>	見續表
平均苗高(cm)	91.1±41.8	93.8±43.9	94.2±46.7	113.2±63.2	114.9±62.4	
苗高生長量(cm)	-	<b>1.5<sup>*A</sup></b>	<i>3.9<sup>*B</sup></i>	<b>13.5<sup>*C</sup></b>	<i>-6.0<sup>*D</sup></i>	見續表
最大苗高(cm)	180	191	195	210	211	
最小苗高(cm)	30	39	35	31	29	
	2020-10-27	2021-04-28	2022-04-20	2022-10-25		
死亡株數	17	16	16	21		
平均地徑(cm)	1.3±0.3	1.3±0.4	1.3±0.4	1.5±0.6		
地徑生長量(cm)	<b>0.0<sup>*E</sup></b>	<i>0.0<sup>*F</sup></i>	0.0	<b>0.2<sup>*G</sup></b>	-	
平均苗高(cm)	148.9±44.9	127.4±60.1	96.2±72.3	133.5±71.4		
苗高生長量(cm)	<b>-2.1<sup>*E</sup></b>	<i>1.6<sup>*F</sup></i>	-31.2	<b>37.7<sup>*G</sup></b>	-	
最大苗高(cm)	210	204	212	199		
最小苗高(cm)	85	30	24	34		

註：粗體字表生長季(約 4~10 月)之生長量，斜體字表非生長季(約 11~3 月)之生長量；\*A 表樣本數 24 株；\*B 表樣本數 19 株；\*C 表樣本數 13 株；\*D 表樣本數 12 株；\*E 表樣本數 8 株；\*F 表樣本數 7 株；\*G 表樣本數 4 株。

## (2) 種子直播：臭椿與臺灣胡桃之生長評估

本計畫於 2016、2017 曾進行大規模的林木種子直播，在所播種的 50 餘種種子中，曾觀察到於廢耕地發芽為小苗者包括：臭椿、臺灣胡桃、楓香、臺灣赤楊、山桐子、石楠、青剛櫟、狹葉櫟、山塩青、阿里山榆、川上氏鵝耳櫟、尖葉槭、檫木、臺灣紅榨槭、山柿、朴樹、合歡等 17 種樹種。實地觀察，這些種子實生苗在武陵廢耕地之生長情況，以山塩青種子最常見發芽成苗，然可能武陵地區之溫度已接近山塩青適合生育的低溫臨界點，因此山塩青生長速度不若平地之植株，無法與武陵廢耕地之雜草競爭，而不適用於武陵之生態復育造林；綜合 2016、2017 現地觀察所見，僅臭椿與臺灣胡桃直播後之種子苗的生長較為快速，且可與廢耕地之雜草競爭，2018 年時為探究更具成效的種子直播方式，本計畫透過試驗結果發現以小區塊狀群播臭椿種子，並以 2 ~4 cm 的深度埋種，以及點播臺灣胡桃種子，並以 4 ~ 8 cm 的深度埋種，可達到最好的發芽與成苗表現(臭椿發芽率可達 22%、約 1.5 年後成苗率可達 20%；臺灣胡桃種子發芽率可達 61%、約 1.5 年後成苗率可達 42%)。

為進一步瞭解臭椿與臺灣胡桃種子實生苗在廢耕地之生長，本計畫於 2017 年開始進行種子苗之量測。表 21 為臭椿與臺灣胡桃種子苗生長監測之基本資料，其中，臭椿係於 2016-05-21 種子造粒後撒播，而胡桃於 2017-03-28 將已露出胚之種子埋種。另外，2018 年種子苗調查與造林工程同時進行，因臭椿與臺灣胡桃樣木於 4 月時正處於落葉期、尚未開展新葉，因此工程施作人員誤判使 18 株臺灣胡桃樣木死亡，2018-05 將重新擇選 20 株臺灣胡桃種子苗綁牌並量測形質，記錄其 2018-05~10 生長季間之形質數據，剩餘 2 株原臺灣胡桃樣木則仍維持記錄生長狀況；臭椿另於 2020-04-16 新增 2 株樣株，共計 22 株。

表 21. 臭椿與臺灣胡桃種子苗生長監測之基本資料

樹種	直播日期及方式	地點及數量	量測日期
臭椿	2016-05-21 種子造粒 後撒播	地號 80、81 共 22 樣株 原 20 株+新 2 株	1 <sup>st</sup> : 2017-08-30 2 <sup>nd</sup> : 2017-10-28 3 <sup>rd</sup> : 2018-04-13 4 <sup>th</sup> : 2018-09-28 5 <sup>th</sup> : 2019-04-22 6 <sup>th</sup> : 2019-10-22 7 <sup>th</sup> : 2020-04-16 8 <sup>th</sup> : 2020-10-26 9 <sup>th</sup> : 2021-04-26 10 <sup>th</sup> : 2021-10-18 11 <sup>th</sup> : 2022-04-18 12 <sup>th</sup> : 2022-10-25
臺灣胡桃	2017-03-28 將已露出 胚之種子埋種	地號 80 共 22 樣株 原 2 株+新 20 株	1 <sup>st</sup> : 2017-10-28 2 <sup>nd</sup> : 2018-04-13 (新) 2018-05-18 3 <sup>rd</sup> : 2018-09-28 4 <sup>th</sup> : 2019-04-22 5 <sup>th</sup> : 2019-10-22 6 <sup>th</sup> : 2020-04-16 7 <sup>th</sup> : 2020-10-26 8 <sup>th</sup> : 2021-04-26 9 <sup>th</sup> : 2021-10-18 10 <sup>th</sup> : 2022-04-18 11 <sup>th</sup> : 2022-10-25

根據臭椿種子苗生長監測調查結果發現(表 22)，播種後至第 1 次監測(約 1.3 年)平均苗高為 33 cm；播種後約 2.4 年平均苗高為 87.8 cm，最高苗高可達 228 cm；播種後約 4.4 年平均苗高可達 2 m 以上，為 238.3 cm，最高苗高可達 428 cm；播種後約 6.4 年平均苗高可達 5 m 以上，為 520.6 cm，最高苗高可達 689 cm。臭椿於生長季(約 4~10 月)時，其平均地徑生長量增加約 0.3~1.6 cm，平均苗高生長量增加 4.3~159.2 cm；在非生長季(約 11~3 月)時，其平均地徑生長量僅增加 0.1~0.5 cm，平均苗高生長量增加-52.5~22.6 cm。現地觀察到臭

椿是易受晚春霜害之樹種，有些苗木的監測有出現負生長的情形，推測是因為4月初的晚春霜凍產生的問題，頂梢受凍而回枯，致使苗木的高生長有所縮減。綜合2016-05-21播種後至第12次監測，臭椿存活率為77%，GI為5307.0、PI為4100.89。

臺灣胡桃種子苗之生長監測結果可發現(表23)，播種後約1年平均苗高為32.9 cm；播種後約2.1年平均苗高為47 cm，最高苗高60 cm；播種後約4.1年平均苗高為115.4 cm，最高苗高可達149 cm；播種後約5.6年平均苗高可達2 m以上，為241.0 cm，最高苗高可達306 cm。臺灣胡桃於生長季時，其平均地徑生長量增加約0.3~1.0 cm，平均苗高生長量增加17.0~81.6 cm；在非生長季時，其平均地徑生長量僅增加0.1~0.2 cm，平均苗高生長量增加-11.1~5.0 cm。現地觀察到臺灣胡桃是易受晚春霜害之樹種，苗高生長出現負值，推測是受4月初晚春霜凍影響，部分苗木抽嫩芽後凍傷受損，以致高度有所縮減。綜合2017-03-28埋種後至第11次監測，臺灣胡桃存活率為50%，GI為1371.33、PI為685.66。

綜合臭椿及臺灣胡桃種子苗資料分析，臭椿、臺灣胡桃其種子苗皆生長快速，播種後約5年平均高生長可至159.4~260.9 cm，此外，透過數據觀察可發現臭椿相較於臺灣胡桃，其生長表現較佳，存活率及PI皆高於臺灣胡桃；另2者於非生長季時，苗高生長量有減少之現象，推測可能是種子苗處於落葉期，尚無新葉，又或者剛萌發新芽，頂芽遭受到霜凍受損，以致生長緩慢或減少之情況。

表 22. 臭椿種子苗之生長監測記錄(2016-05-21 播種)

	2017-08-30 (466 日)	2017-10-28 (525 日)	2018-04-13 (692 日)	2018-09-28 (860 日)	2019-04-22 (1066 日)	2019-10-22 (1249 日)	
株數	20	19	17	19	18	15	
平均地徑(cm)	1.2±0.7	1.5±1.0	1.7±0.9	2.3±1.2	2.8±1.4	4.5±1.7	
地徑生長量(cm)	-	<b>0.3<sup>*A</sup></b>	<i>0.2<sup>*B</sup></i>	<b>0.8<sup>*B</sup></b>	<i>0.4<sup>*C</sup></i>	<b>1.5<sup>*D</sup></b>	見續表
平均苗高(cm)	33.0±18.1	37.5±20.7	38.3±21.6	87.8±54.9	93.9±62.9	178.3±83.5	
苗高生長量(cm)	-	<b>4.3<sup>*A</sup></b>	<i>-1.5<sup>*B</sup></i>	<b>56.5<sup>*B</sup></b>	<i>6.3<sup>*C</sup></i>	<b>76.2<sup>*D</sup></b>	見續表
最大苗高(cm)	78.0	91.0	92.0	228.0	256.0	346.0	
最小苗高(cm)	10.0	13.0	19.0	30.0	20.0	47.0	
	2020-04-16 (1426 日)	2020-10-26 (1619 日)	2021-04-26 (1801 日)	2021-10-18 (1976 日)	2022-04-18 (2158 日)	2022-10-25 (2348 日)	
株數	18 <sup>*E</sup>	17	17	17	17	17	
平均地徑(cm)	4.3±1.9	5.9±2.2	6.3±2.4	7.9±2.4	8.2±2.5	9.8±2.8	
地徑生長量(cm)	<i>0.1<sup>*D</sup></i>	<b>1.5<sup>*F</sup></b>	<i>0.5</i>	<b>1.6</b>	<i>0.3</i>	<b>1.6</b>	-
平均苗高(cm)	167.5±80.0	238.3±99.9	260.9±93.2	413.9±106.0	361.4±81.2	520.6±91.1	
苗高生長量(cm)	<i>-4.9<sup>*D</sup></i>	<b>67.8<sup>*F</sup></b>	<i>22.6</i>	<b>153.1</b>	<i>-52.5</i>	<b>159.2</b>	-
最大苗高(cm)	334.0	428.0	420.0	570.0	520.0	689.0	
最小苗高(cm)	26.0	79.0	119.0	247.0	222.0	339.0	

註：粗體字表生長季之生長量，斜體字表非生長季之生長量；\*A 表樣本數 19 株；\*B 表樣本數 16 株；\*C 表樣本數 18 株；\*D 表樣本數 15 株；\*E 表當次調查新增 2 株樣株，總樣本數 22 株；\*F 表樣本數 17 株。

表 23. 臺灣胡桃種子苗之生長監測記錄(2017-03-28 播種)

	2017-10-28 (214 日)	2018-04-13 (381 日)	2018-09-28 (549 日)	2019-04-22 (755 日)	2019-10-22 (938 日)	2020-04-16 (1115 日)
株數	20	22 <sup>*A</sup>	22	21	14	15
平均地徑(cm)	0.8±0.2	0.9±0.2	1.2±0.3	1.4±0.3	2.1±0.7	2.2±0.8
地徑生長量(cm)	-	<i>0.1<sup>*B</sup></i>	<b>0.3</b>	<i>0.2<sup>*C</sup></i>	<b>0.7<sup>*D</sup></b>	<i>0.1<sup>*D</sup></i> 見續表
平均苗高(cm)	30.2±7.6	32.9±6.5	49.9±7.9	47.0±8.2	77.1±19.5	74.3±19.4
苗高生長量(cm)	-	<i>0.0<sup>*B</sup></i>	<b>17.0</b>	<i>-2.9<sup>*C</sup></i>	<b>29.3<sup>*D</sup></b>	<i>-4.1<sup>*D</sup></i> 見續表
最大苗高(cm)	50.0	42.0	65.0	60.0	100.0	94.0
最小苗高(cm)	18.0	18.0	35.0	28.0	30.0	27.0
	2020-10-26 (1308 日)	2021-04-26 (1490 日)	2021-10-18 (1665 日)	2022-04-18 (1847 日)	2022-10-25 (2037 日)	
株數	11	12	11	11	11	
平均地徑(cm)	3.3±0.8	3.3±0.9	4.2±1.4	4.4±1.3	5.4±1.5	
地徑生長量(cm)	<b>0.7<sup>*E</sup></b>	<i>0.2<sup>*E</sup></i>	<b>0.9<sup>*E</sup></b>	<i>0.2</i>	<b>1.0</b>	-
平均苗高(cm)	115.6±25.3	115.4±30.7	170.5±44.0	159.4±34.4	241.0±64.1	
苗高生長量(cm)	<b>33.3<sup>*E</sup></b>	<i>5.0<sup>*E</sup></i>	<b>54.4<sup>*E</sup></b>	<i>-11.1</i>	<b>81.6</b>	-
最大苗高(cm)	142.0	149.0	230.0	193.0	306	
最小苗高(cm)	61.0	58.0	103.0	103.0	137	

註：粗體字表生長季之生長量，斜體字表非生長季之生長量；\*A 表當次調查新增 20 株樣株資料，總樣本數 22 株；\*B 表樣本數 2 株；\*C 表樣本數 21 株；\*D 表樣本數 14 株；\*E 表樣本數 11 株。

## 第五節、森林復育對策之相關試驗

適地適種是植樹造林的最高原則，雖然一般僅論及配合環境來選擇樹種，但更深層的適地適種之內涵，應包括：(1)適宜的復育植物種類、(2)適合的出栽種植時機、(3)適當的出栽種植方法。本計畫蒐集武陵地區氣象資料，以分析適宜的苗木出栽時機，且為有效提升苗木存活率，本研究團隊於廢耕地進行各項研究試驗，期望能克服現地土壤水分及養分等逆境，改善苗木之生長表現，並提升森林生態復育之效能。

### 1. 樹種與出栽法之綜合試驗

生態復育造林之成功與否，除了受不同的出栽法之影響，樹木種類本身的生物學特性亦影響苗木之存活與生長(Knowles & Parrotta 1995; Elliott et al. 2003; Athy et al. 2006; Raman et al. 2009; Guzmán-Luna & Martínez-Garza 2016)。本計畫為瞭解不同樹種、不同出栽法對苗木於武陵廢耕地之存活與生長，設計以下之試驗：

1. 地點：地號 97，面積 2,609 m<sup>2</sup>。
2. 種植配置：完全隨機設計(Completely Randomized Design, CRD)
3. 試驗樹種：計有 15 種，包括樹種代號 01.山柿、02.紅楠、03.臺灣赤楊、04.青剛櫟、05.山桐子、06.烏心石、07.朴樹、08.石楠、09.檫木、10.阿里山榆、11.狹葉櫟、12.夏皮楠、13.木荷、14.山櫻花、15.山枇杷。
4. 出栽法：全部苗木均種植於植穴坑內，分為 4 種出栽法：A.無處理、B.覆稻殼、C.打漿、D.打漿+覆稻殼。配合上述的試驗樹種，同一樹種之同一出栽法均種植 6 株苗木，亦即每一樹種有 4 出栽法 × 6 株 = 24 株苗木；總計試驗苗木有 15 種 × 24 株 = 360 株。
5. 編號規則：結合上述的樹種編號(01~15)、出栽法(A~D)、株數流

水號(1~6)，在種植之前即針對每一株苗木給定唯一編號，即樹種編號+出栽法+株數流水號，例如 09C5 意為檫木、打漿出栽、第 5 株。

6. 掛牌及量測：苗木種植後，即依編號進行掛牌，並量測其地徑、株高、冠幅。
7. 架設鐵絲圍籬，保護苗木免受山羌啃食。
8. 預計每年 4 月、10 月均進行監測乙次，以瞭解苗木之存活、生長情況。

本計畫針對其苗木監測記錄如下：

《出栽》2017-04-27~28：配合天候，於微雨陰天完成苗木出栽。

《1<sup>st</sup> 監測》2017-05-01~03：完成出栽苗木之第 1 次監測調查工作。

2017-05-13：經連續幾天烈日後，表土已呈乾燥。出栽時原先因 2017-04-02 而寒害凍傷或落葉的苗木，均已抽芽、展新葉。

2017-06-04：出栽後 1 個月至試驗地觀察，全部 360 株苗木均成活，且展新葉。

《2<sup>nd</sup> 監測》2017-10-07~10：本次監測同時刈除圍籬內之雜草。此次觀察到有臭椿、阿里山榆實生苗出現於 97 地號，同時發現覆稻殼之植穴坑內雜草數量明顯少於未覆稻殼之植穴坑。

2018-04-19：進行除草作業。

《3<sup>th</sup> 監測》2018-04-25：本次監測同時刈除圍籬內之雜草。前次發現之臭椿、阿里山榆實生苗消失，推測應為死亡。覆稻殼之植穴坑內雜草數量仍明顯少於未覆稻殼者。

《4<sup>th</sup> 監測》2018-10-10：本次監測同時刈除圍籬內之雜草。第 3 次監測認為死亡的臭椿僅為落葉休眠，本次監測時生長旺盛，另於

其他地方發現新阿里山榆實生苗。覆稻殼之植穴坑內雜草數量仍明顯少於未覆稻殼者。

《5<sup>th</sup> 監測》2019-04-26：本次監測同時刈除圍籬內之雜草。天然更新之臭椿生長旺盛，未見阿里山榆實生苗，推測均已死亡。覆稻殼之植穴坑內雜草數量仍明顯少於未覆稻殼者。

《6<sup>th</sup> 監測》2019-10-21：本次監測同時刈除圍籬內之雜草。天然更新之臭椿生長旺盛。此次調查雜草生長旺盛，覆稻殼之植穴坑內雜草數量仍明顯少於未覆稻殼者。稚樹之生長已明顯會受到圍籬限制，建議於 2020 年拆除苗高>2 m 苗木之圍籬。

《7<sup>th</sup> 監測》2020-04-18~19：本次監測同時刈除圍籬內之雜草。多數樣株有頂枯或葉枯之現象，覆稻殼之植穴坑內雜草數量仍明顯少於未覆稻殼者，此次監測同時拆除苗高>2 m 苗木之圍籬。

《8<sup>th</sup> 監測》2020-10-27~28：本次監測同時刈除圍籬內之雜草。此次調查雜草生長旺盛，覆稻殼之植穴坑內雜草數量仍明顯少於未覆稻殼者。

《9<sup>th</sup> 監測》2021-04-27：本次監測同時刈除圍籬內之雜草。此次調查發現部分拆除圍籬之苗木，基部有動物啃食或磨角之痕跡，受損嚴重；另有觀察到部分苗木有頂枯或整株乾死之現象，推測是受到長時間降水量不足之影響。

《10<sup>th</sup> 監測》2021-10-18：本次監測同時刈除圍籬內之雜草。此次調查發現部分苗木基部受損嚴重，且部分苗木有頂枯之現象。

《11<sup>th</sup> 監測》2022-04-21：本次監測同時刈除圍籬內之雜草。此次調查發現部分苗木有頂枯之現象，且少數苗木自基部萌蘖重新生長。

《12<sup>th</sup> 監測》2022-10-25：此次調查發現部分苗木有頂枯之現象，且少數苗木遭受刈傷或受壓於被砍除的芒草之下，同時臺灣赤楊、夏皮楠、青剛櫟、山桐子等部分林木已有結果情況。

本計畫自 2017-04 至 2022-10 止，苗木之平均存活率為 59%。圖 31 為 4 種出栽法之苗木存活率比較，苗木存活率依序為 A 無處理(63%)>D 打漿+覆稻殼(62%)>C 打漿(58%)>B 覆稻殼(53%)。圖 32 為 15 種樹種之苗木存活率比較，其中最佳者為山桐子(100%)，而後依序為欖木(88%)、阿里山榆(88%)、石楠(75%)、朴樹(75%)、臺灣赤楊(67%)、山柿(67%)，最差者為木荷(4%)。

15 種樹種其生長指數、表現指數如表 24，依完整調查區間之 PI 排列。綜合 1<sup>st</sup> ~ 12<sup>th</sup> 監測數據可發現，臺灣赤楊(GI=13762.16、PI=9174.77)及欖木(GI=2546.12、PI=2227.86)其 GI、PI 皆高於平均值，具有較佳之生長表現，此外，亦可發現山桐子(存活率=100%、GI=2175.76、PI=2175.76)、阿里山榆(存活率=88%、GI=2084.73、PI=1824.13)、石楠(存活率=75%、GI=1837.39、PI=1378.04)、朴樹(存活率=75%、GI=1792.62、PI=1344.47)有不錯之生長表現，顯示此 6 種樹種應可作為武陵廢耕地生態造林可優先採用之種類。

比較過去於武陵廢耕地進行之栽植試驗，2015 年利用平植法所栽植之苗木存活率甚低(出栽 1 年後苗木存活率僅 5.6%) (邱清安等 2016)，而本試驗以植穴坑栽植法所栽植之苗木，出栽約 5.5 年後平均存活率則達 59%，因此可知植穴坑栽植能夠提升武陵廢耕地苗木之存活率。植穴坑栽植法能夠有效提升苗木存活率之主因在於植穴坑能有效集中水分，增加土壤濕度，克服廢耕地石礫多、土壤孔隙大、保水不易之問題，且有助於苗木之根系更快抵達較無耕作遺害的深層土壤。

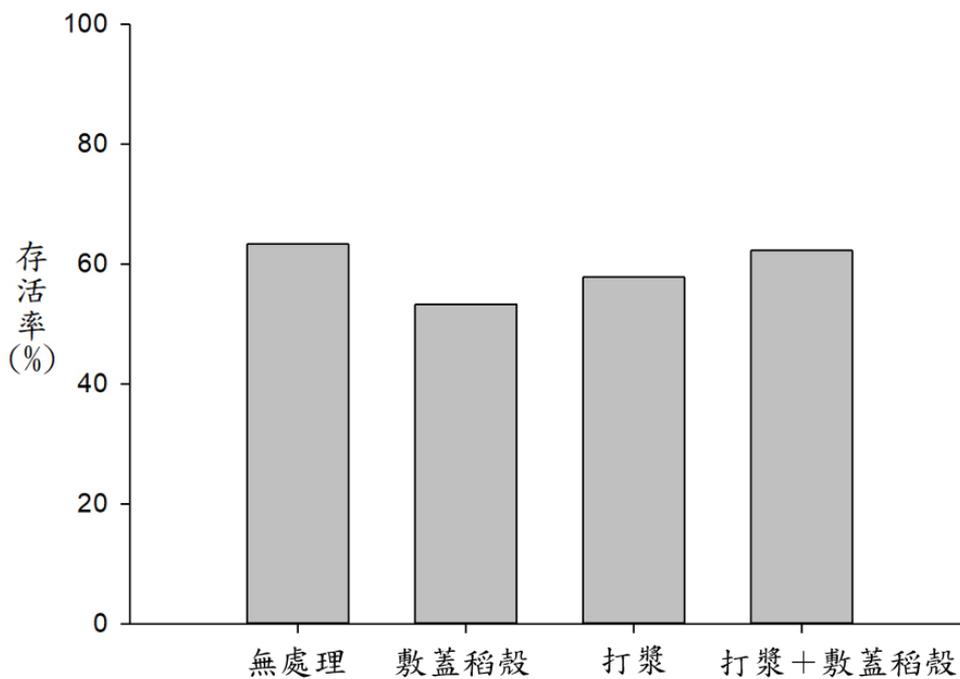


圖 31. 4 種出栽法之苗木存活率

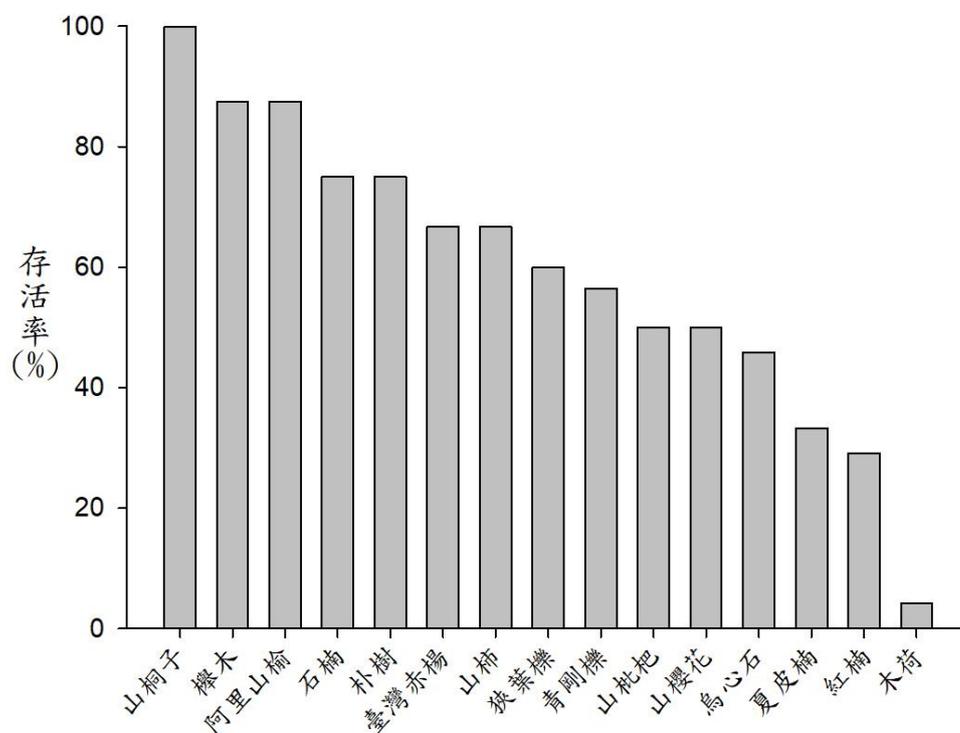


圖 32. 15 種樹種之苗木存活率

表 24. 15 種樹種之生長指數、表現指數與存活率

物種	出栽數	第 2 次監測			第 3 次監測			第 4 次監測			第 5 次監測		
		1 <sup>st</sup> ~ 2 <sup>nd</sup> (156 日)		存活率	2 <sup>nd</sup> ~ 3 <sup>rd</sup> (201 日)		存活率	3 <sup>rd</sup> ~ 4 <sup>th</sup> (168 日)		存活率	4 <sup>th</sup> ~ 5 <sup>th</sup> (198 日)		存活率
		GI	PI		GI	PI		GI	PI		GI	PI	
臺灣赤楊	24	214.02	214.02	100%	103.42	103.42	100%	616.96	411.31	67%	273.48	182.32	67%
檫木	24	77.15	77.15	100%	43.66	43.66	100%	165.05	151.29	92%	81.74	74.93	92%
山桐子	24	85.39	85.39	100%	18.23	18.23	100%	209.58	209.58	100%	-0.98	-0.98	100%
阿里山榆	24	139.11	139.11	100%	60.70	60.70	100%	176.95	176.95	100%	64.18	64.18	100%
石楠	24	63.34	63.34	100%	39.47	36.18	92%	90.36	71.53	79%	63.20	47.40	75%
朴樹	24	115.53	115.53	100%	44.34	44.34	100%	173.67	166.43	96%	50.97	46.72	92%
青剛櫟	23	36.95	36.95	100%	15.05	14.39	96%	68.89	56.91	83%	32.56	24.07	74%
山枇杷	24	57.40	57.40	100%	37.48	32.79	88%	147.03	73.51	50%	76.96	38.48	50%
山櫻花	24	31.04	31.04	100%	5.76	5.76	100%	39.58	19.79	50%	36.04	19.52	54%
狹葉櫟	25	46.41	46.41	100%	11.73	11.26	96%	50.16	40.13	80%	14.12	10.17	72%
山柿	24	21.92	21.92	100%	21.03	21.03	100%	62.18	62.18	100%	18.14	17.39	96%
烏心石	24	17.04	17.04	100%	-5.65	-5.65	100%	-20.09	-20.09	100%	-19.56	-17.93	92%
夏皮楠	24	29.59	29.59	100%	12.35	6.69	54%	30.08	13.78	46%	8.70	3.26	38%
紅楠	24	14.09	14.09	100%	1.86	1.86	100%	9.61	8.01	83%	-2.31	-1.93	83%
木荷	24	5.97	5.72	96%	-0.10	-0.06	54%	6.15	2.05	33%	-2.43	-0.51	21%
總計/平均	360	63.85	63.67	100%	28.60	26.30	92%	124.55	96.18	77%	45.82	33.73	74%

表 24(續). 15 種樹種之生長指數、表現指數與存活率

物種	出栽數	第 6 次監測			第 7 次監測			第 8 次監測			第 9 次監測		
		5 <sup>th</sup> ~ 6 <sup>th</sup> (177 日)		存活率	6 <sup>th</sup> ~ 7 <sup>th</sup> (182 日)		存活率	7 <sup>th</sup> ~ 8 <sup>th</sup> (192 日)		存活率	8 <sup>th</sup> ~ 9 <sup>th</sup> (181 日)		存活率
		GI	PI		GI	PI		GI	PI		GI	PI	
臺灣赤楊	24	1895.38	1263.59	67%	282.69	188.46	67%	1331.54	887.69	67%	627.44	418.29	67%
檫木	24	512.99	470.24	92%	83.27	72.86	88%	174.50	152.68	88%	57.20	50.05	88%
山桐子	24	424.24	424.24	100%	15.98	15.98	100%	234.51	234.51	100%	36.90	36.90	100%
阿里山榆	24	381.33	381.33	100%	100.01	100.01	100%	23.60	20.65	88%	69.54	63.75	92%
石楠	24	351.24	263.43	75%	90.75	64.28	71%	85.04	63.78	75%	165.94	124.45	75%
朴樹	24	318.15	291.64	92%	51.18	44.78	88%	39.78	33.15	83%	1.69	1.34	79%
青剛櫟	23	228.16	158.72	70%	21.46	14.00	65%	48.55	27.44	57%	36.18	20.45	57%
山枇杷	24	347.67	173.83	50%	97.81	48.91	50%	74.48	37.24	50%	97.73	48.87	50%
山櫻花	24	158.12	85.65	54%	80.57	43.64	54%	185.48	77.28	42%	126.19	57.84	46%
狹葉櫟	25	185.43	133.51	72%	4.50	3.24	72%	172.26	110.24	64%	12.99	8.31	64%
山柿	24	500.57	500.57	100%	-78.02	-74.77	96%	-107.23	-93.83	88%	-148.78	-99.18	67%
烏心石	24	81.89	71.65	88%	-14.89	-11.79	79%	59.54	34.73	58%	16.58	9.67	58%
夏皮楠	24	101.44	38.04	38%	25.58	9.59	38%	-15.68	-5.88	38%	-4.01	-1.50	38%
紅楠	24	84.35	70.29	83%	-22.40	-11.20	50%	-89.94	-41.22	46%	-30.91	-10.30	33%
木荷	24	15.94	2.66	17%	-10.39	-1.73	17%	-11.80	-0.49	4%	-1.10	-0.05	4%
總計/平均	360	394.76	288.40	73%	48.95	33.72	69%	165.58	104.41	63%	80.29	49.07	61%

表 24(續). 15 種樹種之生長指數、表現指數與存活率

物種	出栽數	第 10 次監測			第 11 次監測			第 12 次監測			1 <sup>st</sup> ~ 12 <sup>th</sup> (2001 日)	
		9 <sup>th</sup> ~ 10 <sup>th</sup> (174 日)		存活率	10 <sup>th</sup> ~ 11 <sup>th</sup> (185 日)		存活率	11 <sup>th</sup> ~ 12 <sup>th</sup> (187 日)		存活率	GI	PI
		GI	PI		GI	PI		GI	PI			
臺灣赤楊	24	2425.77	1617.18	67%	2443.03	1628.69	67%	3486.79	2324.53	67%	13762.16	9174.77
檫木	24	613.22	536.57	88%	174.43	152.63	88%	546.47	478.16	88%	2546.12	2227.86
山桐子	24	331.24	331.24	100%	99.50	99.50	100%	721.17	721.17	100%	2175.76	2175.76
阿里山榆	24	344.12	301.11	88%	344.85	316.11	92%	346.39	303.09	88%	2084.73	1824.13
石楠	24	295.11	221.33	75%	345.08	258.81	75%	209.76	157.32	75%	1837.39	1378.04
朴樹	24	480.43	360.32	75%	61.33	48.55	79%	402.04	301.53	75%	1792.62	1344.47
青剛櫟	23	375.51	212.24	57%	171.40	96.88	57%	512.71	289.79	57%	1606.74	908.16
山枇杷	24	154.25	77.13	50%	147.62	73.81	50%	326.12	163.06	50%	1622.63	811.32
山櫻花	24	302.11	125.88	42%	308.70	128.63	42%	256.13	128.07	50%	1362.60	681.30
狹葉櫟	25	257.74	164.95	64%	45.17	27.10	60%	210.88	126.53	60%	1044.67	626.80
山柿	24	304.12	228.09	75%	-172.78	-122.38	71%	310.57	207.05	67%	696.31	464.20
烏心石	24	135.30	62.01	46%	1.73	0.72	42%	241.03	110.47	46%	677.71	310.62
夏皮楠	24	77.40	29.03	38%	45.77	17.16	38%	151.58	50.53	33%	497.05	165.68
紅楠	24	24.75	9.28	38%	-11.95	-4.98	42%	24.23	7.07	29%	51.69	15.08
木荷	24	1.20	0.05	4%	1.50	0.13	8%	8.70	0.36	4%	3.33	0.14
總計/平均	360	476.42	287.17	60%	304.50	184.39	61%	611.11	361.57	59%	2489.76	1473.11

## 2. 出栽法對臺灣赤楊造林表現之影響

武陵廢耕地之土壤特性為石礫多、孔隙大，故水分流失快速，土壤保水不佳，栽植時容易造成出栽苗木懸根，且廢耕地環境多為開闢地，水分易由表土蒸發，而不利苗木存活。上述之石礫土壤特性與地表缺乏敷蓋，及其加成作用極可能是廢耕地復育之苗木無法存活的主要原因，特別是對臺灣赤楊等樹種更須營造出初期苗木根系生長所需之較保濕的土壤環境。緣此，本計畫於出栽苗木時將土中所含石礫篩除，再以過篩後之土壤填入植穴進行苗木栽植，另也將過篩後之無石礫土壤加水打成泥漿，將泥漿填入植穴後再置入苗木，以填滿苗木根部與植穴土壤之空隙，而避免苗木懸根的現象；此外，本計畫於土表敷蓋泥炭土(peat)、生物炭(biochar)之介質，期能藉此改善土壤保水力，進而提高苗木存活率。有關本試驗之打漿、敷蓋之設計與操作方法如下：

1. 出栽地點及時間：地號 152，於 2018-04-29 ~ 30 完成出栽。
2. 試驗樹種：臺灣赤楊，選擇 3.5 吋高盆之形質相似苗木出栽。
3. 出栽方法：將試驗地除草整地後，利用 6 吋(15.24 cm)鑽尾之鑽孔機每隔 100 cm 鑽出深約 20 cm 之植穴，以 8 分網目之篩子篩除石礫，剩餘土壤即為過篩土，另將部分過篩土加水打成泥漿(以下分別簡稱為過篩土、泥漿土)，分組進行苗木出栽(圖 33)：(1) 過篩土栽植(sifted soil, S)—植穴放入適量過篩土，再將苗木置入植穴中，並以過篩土填滿苗木周邊隙縫並壓實土壤，使苗木根頸齊於植穴土表；(2) 泥漿土栽植(muddy soil, M)—植穴放入適量泥漿土，再將苗木置入植穴中，並以泥漿土填滿苗木周邊隙縫，使苗木根頸齊於植穴土表。
4. 種植配置與編號規則：苗木分為過篩土(S)、泥漿土(M)等 2 種方法出栽，以交叉間隔排列，避免光照或是風向等其他因素影響結果，栽種後進行編號、綁上銘牌並量測地徑、樹高、冠幅。2 種出栽方

法各種植 90 株樣木，共 180 株。

5. 敷蓋方法：將 180 株樣木均分為 3 組，一組在土壤表層敷蓋泥炭土(peat, P)，一組敷蓋生物炭(biochar, B)，一組則為未進行任何敷蓋(no mulching, N) (2018-06-27 完成敷蓋處理)。3 種敷蓋方法各試驗 60 株樣木，共 180 株。

6. 定期監測：每季(1 月、4 月、7 月、10 月)定期量測每株臺灣赤楊之地徑、樹高與冠幅。

此外，另選取 4 株苗齡、母樹來源相同且形質大小相似之臺灣赤楊苗木進行地上部與地下部的乾重測量，且依 2 種不同種植方式在實驗地旁各別栽植 5 株臺灣赤楊苗木，均以生物炭敷蓋，於 4 th 監測(2019-04)時挖出，測量地上部及地下部乾重與計算其生長量和生長率，並觀察根系的生長狀況。

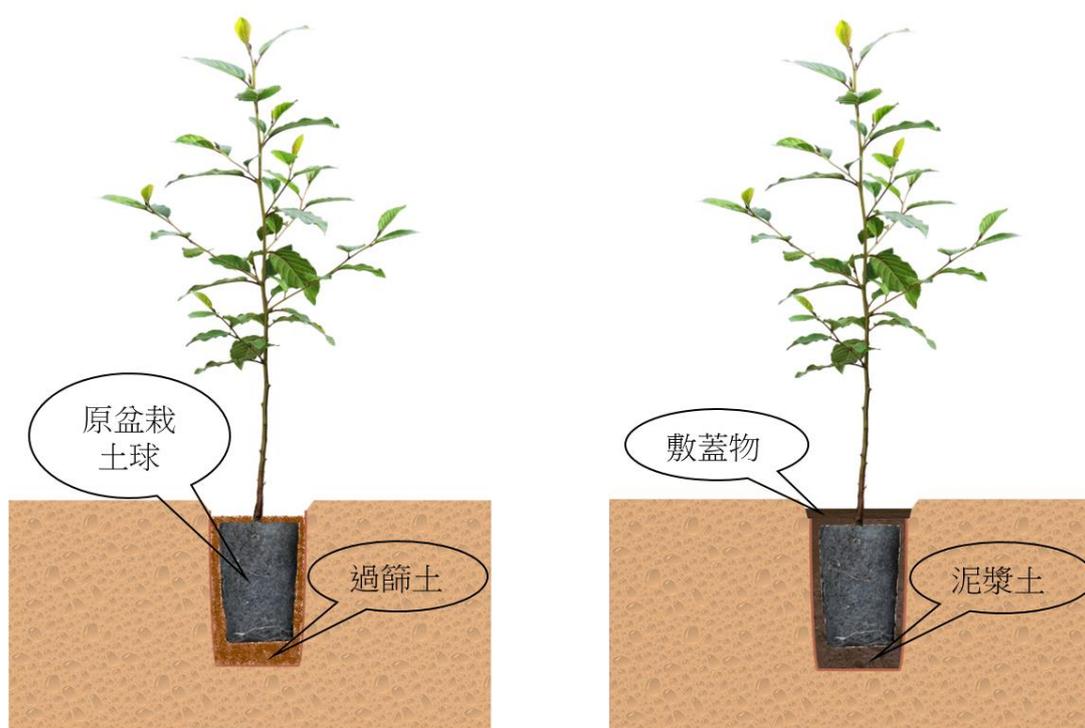


圖 33. 以不同出栽法種植臺灣赤楊之示意圖

本試驗苗木出栽之歷程以時間依序記錄如下及圖 34 至圖 36：

《出栽 & 1<sup>st</sup> 監測》2018-04：完成過篩土、泥漿土 2 組出栽方法之試驗配置與臺灣赤楊種植作業，綁牌並記錄苗木形質。2018-06-27 完成泥炭土、生物炭、無敷蓋等 3 組敷蓋試驗。

《2<sup>nd</sup> 監測》2018-07：調查並記錄臺灣赤楊之形質及生長情形。現地觀察發現臺灣赤楊生長普遍不錯，但許多苗木受風影響彎曲，發現少數苗木被啃食，根據自動相機之拍攝應為山羌所致。

《3<sup>rd</sup> 監測》2018-10：調查並記錄臺灣赤楊之形質及生長情形，發現實施改善措施之組別存活率與苗木生長的情況大致優於無處理，可見篩除石礫、打漿以免懸根是具有一定的改良效果。

《4<sup>th</sup> 監測》2019-01：監測苗木之樹高、冠幅均有縮減情形，現場觀察推測可能為強風、乾旱、低溫結霜或動物危害等因素導致頂芽、主幹或苗木本身乾枯、折斷、扭曲之緣由。

《5<sup>th</sup> 監測》2019-04：可發現臺灣赤楊於 2019-01 監測時受損或生長不良導致形質縮減之樣株恢復情形良好，大部分苗木皆有重新展葉。

《6<sup>th</sup> 監測》2019-07：許多苗木主幹枯死，但皆有從根頸處萌蘖，並無造成苗木大量死亡，此次調查另外發現於 2019-04 記錄為死亡之苗木，少數有萌蘖之新芽，因此打漿栽植並敷蓋泥炭土之組別的存活率上升。

《7<sup>th</sup> 監測》2019-10：從 2018-04 出栽後至 2020-10 每季的調查，於此季記錄到最高的生長量，地徑平均約增粗 0.8 cm，樹高則增高約 40 cm，而存活率則無太大變化，可推測為苗木經過一年已適應出栽後環境，加上梅雨季雖較晚到來，但雨水量於生長季充足，因此於生長季時大量生長。

- 《8<sup>th</sup> 監測》2020-01：觀察到此冬季較為溫暖，許多苗木尚未落葉，且未有低溫霜害之影響，因此存活率之變化不大，地徑及樹高因非生長季而僅小幅度上升，而部分苗木因冬季落葉，枝條、苗幹較乾，在強風吹拂下導致折斷，因此有部分樹高因此下降。
- 《9<sup>th</sup> 監測》2020-04：4 月上旬回溫後已有部分新芽萌發，至 4 月中旬有冷鋒過境，導致大多數苗木新葉嫩芽或嫩枝凍枯，但樹幹或枝條仍保有活性，存活率僅下降 2%。而苗木現況須待下一季監測，觀察是否死亡或恢復並生長。
- 《10<sup>th</sup> 監測》2020-07：此季記錄到第 2 次監測以後較高的死亡率，由現地的觀察，推測是 4 月上旬氣溫回升，在臺灣赤楊春季新萌葉芽時，4 月中旬的低溫導致葉芽凍死，雖在 2020-05-02 調查時苗木依舊保有活性，但經過生長季時卻無法恢復，導致此季的死亡率較高。
- 《11<sup>th</sup> 監測》2020-10：此季雖有降雨但雨量少且不均勻，且夏季無颱風帶來降雨，因此水分較為缺乏，且春末低溫讓苗木新生幼嫩部受損，導致生長量較 2019-10 監測時少，但現地觀察的結果，大部分苗木之生長勢仍屬良好。
- 《12<sup>th</sup> 監測》2021-01：2020 年夏、秋季梅雨及颱風帶來的降水極少，然本季調查大部分苗木雖已乾枯落葉，但地徑及樹高依然有持續生長，且在此季全部的臺灣赤楊苗木均存活。
- 《13<sup>th</sup> 監測》2021-04：大多苗木皆已展露新葉，苗木經過環境適應與根系開展，整體而言，相較於先前之冬季有較好的生長。
- 《14<sup>th</sup> 監測》2021-07：因 2021 年春、夏季之梅雨及颱風帶來降雨，使苗木地徑及樹高之生長幅度大幅增加，且 2020-04~2021-04 雖無降雨導致嚴重的乾旱逆境，然此季僅調查到 1 株苗

木死亡，表示大多臺灣赤楊皆已適應此地環境，存活率逐漸穩定。

《15<sup>th</sup> 監測》2021-10：由於 2020 夏季高溫少雨、2021 春雨缺乏，因此 2020 年之生長季(2020-04 ~ 10)的地徑及樹高生長程度較小。2021-04 後梅雨及颱風帶來降雨後，2021 年之生長季紀錄到地徑與樹高最大的生長量。

《16<sup>th</sup> 監測》2022-01：2021-10~2022-01 期間已有結霜的情形，雖然臺灣赤楊並未完全落葉度冬，但苗木生長狀況良好，多數並未受到低溫之影響。

《17<sup>th</sup> 監測》2022-04：於調查期間前後，氣溫已回暖並降下些許春雨，偶爾雖仍有低溫，但未產生晚春霜凍的情形，因此苗木展葉情形良好。

《18<sup>th</sup> 監測》2022-07：2022 年梅雨帶來降雨，使苗木地徑及樹高之生長幅度大幅增加，多數臺灣赤楊皆已適應此地環境，存活率維持穩定(52%)。

《19<sup>th</sup> 監測》2022-10：2022 春雨、梅雨、颱風帶來豐沛降雨，因此 2022 年生長季(2022-04 ~ 10)之地徑、樹高生長幅度明顯，苗木生長狀況良好。

不同出栽與敷蓋處理法之存活率與苗木生長量變化如圖 34 至圖 35。2018-04 出栽至 2022-10 監測，經過 4.5 年計有 86 株死亡，整體存活率為 52%，出栽時(2018-04)平均地徑為 7.7 mm，平均樹高為 100.9 cm，直至 2022-10 監測，平均地徑為 80.3 mm，較出栽時地徑生長增加 72.6 mm，而平均樹高為 629.7 cm，較出栽時高出約 528.8 cm。

從監測數據及現場觀察可看出無論何種栽植方式，臺灣赤楊在 2018-10 記錄到較高的死亡率，推測梅雨季節過後的缺水與高溫對初出栽的臺灣赤楊可能造成乾旱逆境而死亡，而打漿的方法能有效提升

苗木之存活率(2021-10 過篩土出栽之苗木存活率 46%，泥漿土出栽之苗木存活率 59%)，推論泥漿土出栽的苗木存活率優於過篩土出栽之原因(圖 34)，係因泥漿土富含更多水分，且能填滿苗木根球與土壤間之縫隙，使苗木更容易吸收水分與養分，減少環境對於苗木存活之壓力，延緩苗木乾旱逆境而降低其死亡率；相較泥漿土栽植，過篩土栽植因流動性不高，可能仍有部分苗木略有懸根的現象，加上土壤水分含量較少，因此存活率相對較泥漿土栽植略低。

在 2020-04 時觀察到許多苗木因 4 月中旬的低溫，導致嫩葉、新芽凍死，加上 2020-04 ~ 07 之梅雨季所帶來之降水量極少，使 2020-07 的死亡率自 2018-10 以後新的高峰，但此時期對於不同出栽法的生長則無觀察到差異。而 2020-10 至目前最後一次調查期間(2022-10)，苗木僅有 3 株死亡，且 2021-01 ~ 2022-04 共 1.5 年的時間，僅 1 株苗木死亡，表示幾乎存活之臺灣赤楊已適應武陵之氣候與土壤等環境，導致死亡率大幅降低，從此顯示，使用泥漿土栽植與否，對於苗木出栽初期影響較大，約 2~3 年後的影响逐漸下降，並從圖 34 可見，過篩土及泥漿土栽植所造成之差異，僅對存活率有較大的影響，對地徑、樹高及纖細比的變化較無明顯的差異。

從地徑及樹高的曲線圖可看到，苗木出栽初期之生長速度較慢，樹高甚至因頂芽及主幹枯萎等現象，使樹高值有下降的趨勢(2018-10 ~ 2019-04)。其中可以看到，2020-10 ~ 2021-04 冬季氣溫較為溫暖，加上苗木經過出栽 2 年多的適應，相較於 2019-10 ~ 2020-04 冬季臺灣赤楊有較多的地徑及樹高生長量。縱觀 2020-04 ~ 2021-04，因梅雨季及颱風季缺乏降雨，因此生長季(2020-04 ~ 2020-10)之生長量較低；而 2021-04 後，梅雨季及颱風帶來降雨後，加上苗木出栽後 3 年多的適應之下，使地徑及樹高有大幅度之上升，此半年地徑成長約 1.5 mm，樹高成長近 200 cm，是出栽後監測至今，生長量最大之生長季。

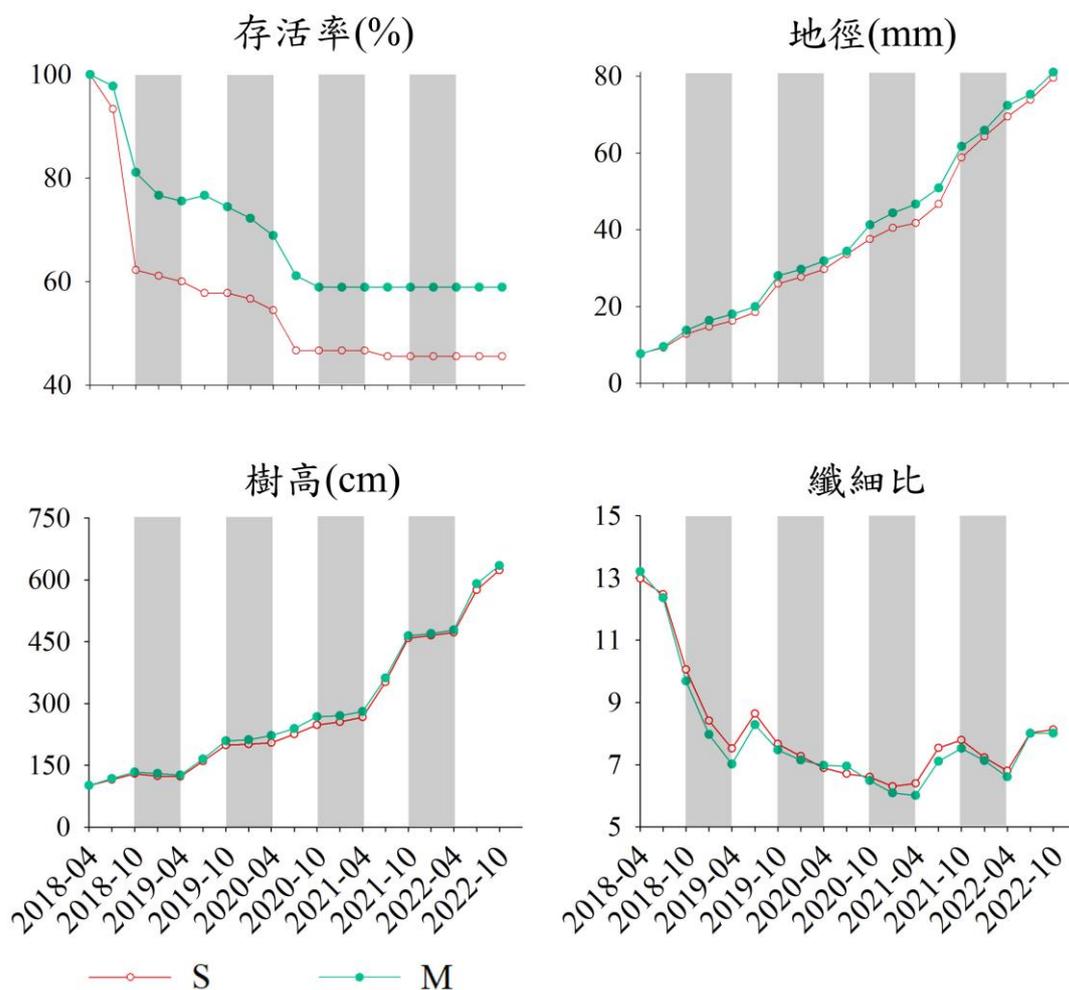


圖 34. 泥漿土栽植之形質監測

註：S(紅線)表過篩土栽植之苗木、M(綠線)表泥漿土栽植之苗木。

註：白底為 4-10 月代表生長季；灰底為 10-4 月代表非生長季。

本計畫於 2018-06-27 日完成敷蓋處理，期能保持土壤含水率及改善土壤性質，其結果從圖 35 可看出，無敷蓋物之苗木在 2022-10 調查中存活率下降至 47%，敷蓋生物炭與泥炭土之苗木的存活率分別還有約 53% 與 57%，可看出敷蓋生物炭或泥炭土可提升苗木存活率。而在 2020-04 調查過後，於 2020-07 及 2020-10 中敷蓋泥炭土者有較生物炭高之存活率與較佳的地徑及樹高生長，綜合現地的觀察，由於現地在出栽後加拿大蓬、五節芒等草本植物於土表旺盛生長，因此敷蓋的效果降低，然而泥炭土較容易分解，滲透土壤後提供苗木養分，

並些微改善土壤性質，因此相對敷蓋生物炭有較高的存活率、地徑及樹高。

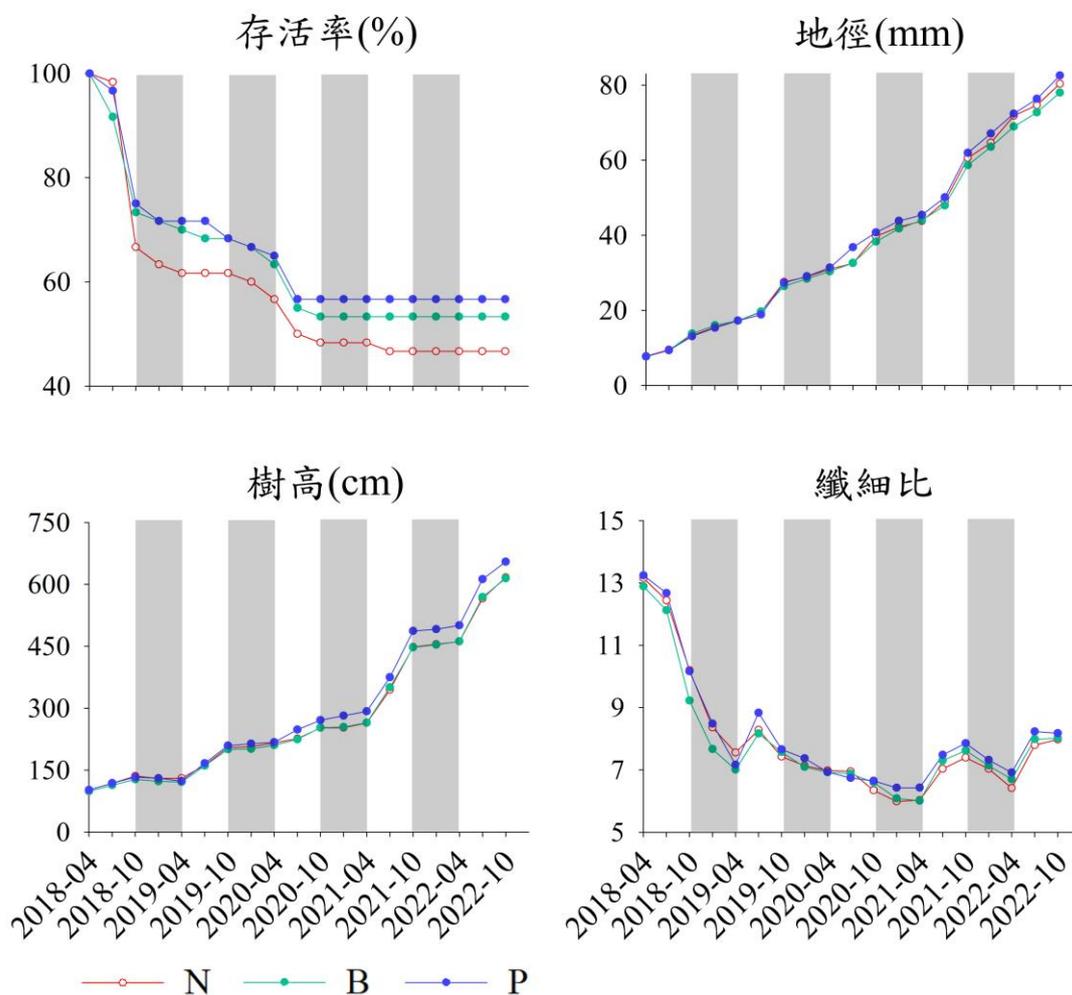


圖 35. 不同敷蓋物之形質監測

註：N(紅線)表無敷蓋之苗木；B(綠線)表敷蓋生物炭之苗木；P(藍線)表敷蓋泥炭土之苗木。

註：白底為 4-10 月代表生長季；灰底為 10-4 月代表非生長季。

綜合 2 項栽植方法與 3 種敷蓋處理至 2022-10 之監測數據來看，存活率最低者為過篩土栽植且無敷蓋物、以及過篩土栽植且敷蓋生物炭者，存活率為 40%；最高者為打漿栽植且敷蓋生物炭者，存活率為 67%，由圖 36 中存活率可見，利用泥漿土栽植之三組苗木，存活率

大致比過篩土栽植高，但不同敷蓋之間的差異卻很大，因此推測不同栽植法的影響較敷蓋大。然而經過打漿及敷蓋可增加臺灣赤楊苗木出栽後之存活率，而各種處理法之形質皆有穩定提升，本計畫進一步以 Two-way ANOVA 分析發現打漿與敷蓋處理對臺灣赤楊存活率皆無顯著差異，但由圖 36 苗木形質生長與存活率折線圖仍可發現其變化。

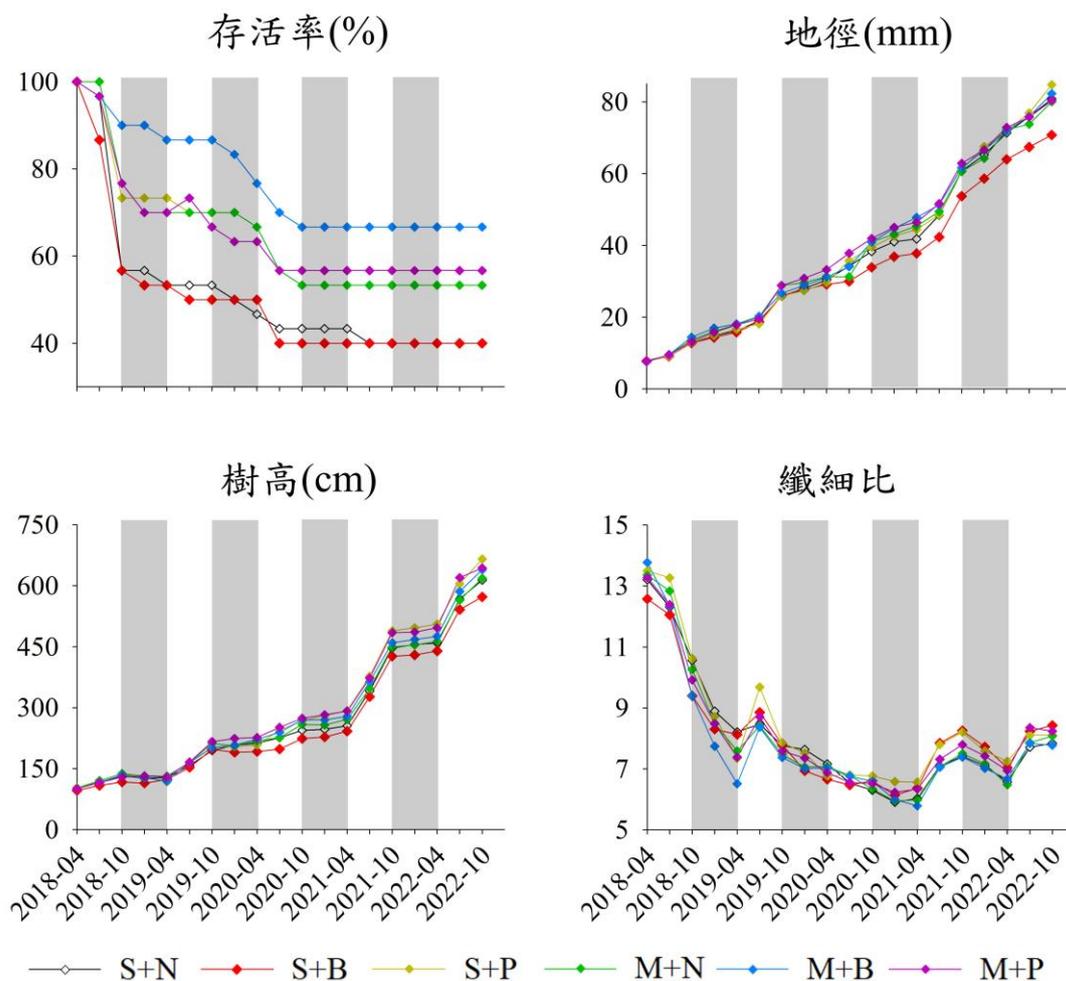


圖 36. 泥漿土栽植及敷蓋之形質綜合比較

註：S+N(黑線)表過篩土栽植且無敷蓋之苗木；S+B(紅線)表過篩土栽植且敷蓋生物炭之苗木；S+P(黃線)表過篩土栽植且敷蓋泥炭土之苗木；M+N(綠線)表泥漿土栽植且無敷蓋之苗木；M+B(藍線)表泥漿土栽植且敷蓋生物炭之苗木；M+P(紫線)表泥漿土栽植且敷蓋泥炭土之苗木。

註：白底為 4-10 月代表生長季；灰底為 10-4 月代表非生長季。

### 3. 育苗盆型對演替早期樹種(臺灣赤楊)表現之影響

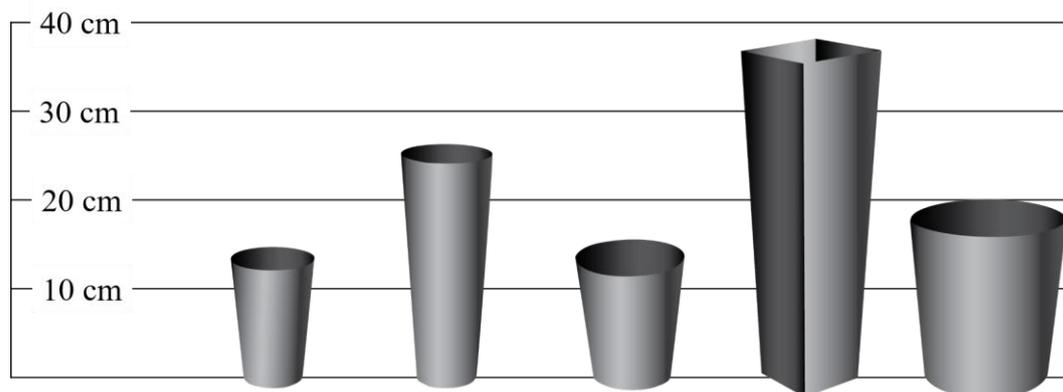
苗盆的容積大小與長短及形狀可構成各類不同的育苗盆型，不同盆型將影響苗木的形質。在育苗階段，較大的容器在播種後常可育出存活率較高(Ward et al. 1981; Matthes-Sears & Larson 1999)、地徑較大(Herriman et al. 2016)之苗木，並有助於苗木生長(McConnughay & Bazzar 1991; Hsu et al. 1996)。此外，育苗盆型也會影響苗木出栽後之存活與生長表現(McConnughay & Bazzar 1991; Hsu et al. 1996; Matthes-Sears & Larson 1999; Chirino et al. 2008)，通常長度較長、容積較大之盆型均有助於養成健壯苗木及其出栽後生長，然隨著育苗容器加長加大，將增加育苗及出栽成本，因此生態復育造林之育苗應在盆型與成本取得最佳之平衡，亦即找出苗木存活與生長均佳的低成本最適盆型。另外本計畫於先期的出栽試驗中，已確定演替早期之樹種如臺灣赤楊、山桐子等較能順利於廢耕地存活及生長，因此本計畫以臺灣赤楊為試驗樹種，進行不同盆型之苗木出栽試驗，藉以探討育苗盆型對演替早期樹種臺灣赤楊出栽後表現之影響，操作方法如下：

1. 試驗樹種及盆型：本計畫以臺灣赤楊做為演替早期之代表樹種，種子於 2019-02-27 採自武陵，2019-08-27 播種於市售之 2.8 吋、3 吋、4 吋、4.5 吋、5 吋黑軟盆等 5 種盆型(表 25)。
2. 出栽時間及配置：於 2020-04-20~22 將試驗苗木出栽於地號 153、168、169，每種盆型之苗木各出栽 60 株，種植配置考量現地之異質性，在盡量降低變因的情況下以隨機完全區集設計(Randomized Complete Block Design, RCBD)栽植。
3. 出栽方法：將試驗地大略除草整地後，利用 15 或 20 cm 鑽尾之鑽孔機每隔 2 m 依照 5 種盆型鑽出相對應大小之植穴，接著以 1 分半網目(約 0.8 cm × 0.5 cm)之篩網對廢耕地土壤進行過篩，篩除石礫後將過篩土加水攪拌成泥漿(以下簡稱泥漿土)，在種植時先於植穴內填入適量泥漿土，再將苗木褪去黑軟盆後置入植穴內，並

以泥漿土填滿苗木周邊縫隙，且植穴表面略低於土表(圖 37、圖 39)。

4. 試驗苗木編號規則：試驗苗木編號共 5 碼，前 3 碼為盆型(表 25)：以容積分為 S、M、L，並標示其盆長，如盆長 14 cm 之小容積盆型為 S14，盆長 25 cm 之中容積盆型為 M25，後 2 碼為苗木之流水號。
5. 定期監測：每季之 1、4、7、10 月定期測量每株臺灣赤楊之地徑及苗高。

表 25. 各盆型之尺寸比較



代號	S14	M25	M14	L36	L18
口徑(cm)	8.5	9	12	14	15
底徑(cm)	6	6	9	10.5	12
盆長(cm)	14	25	14	36	18
容積(cm <sup>3</sup> )	615	1120	1170	2950	2550

註：S14 為市售 2.8 吋黑軟盆；M25 為市售 3 吋黑軟盆；M14 為市售 4 吋黑軟盆；L36 為市售 4.5 吋方形黑軟盆；L18 為市售 5 吋黑軟盆。

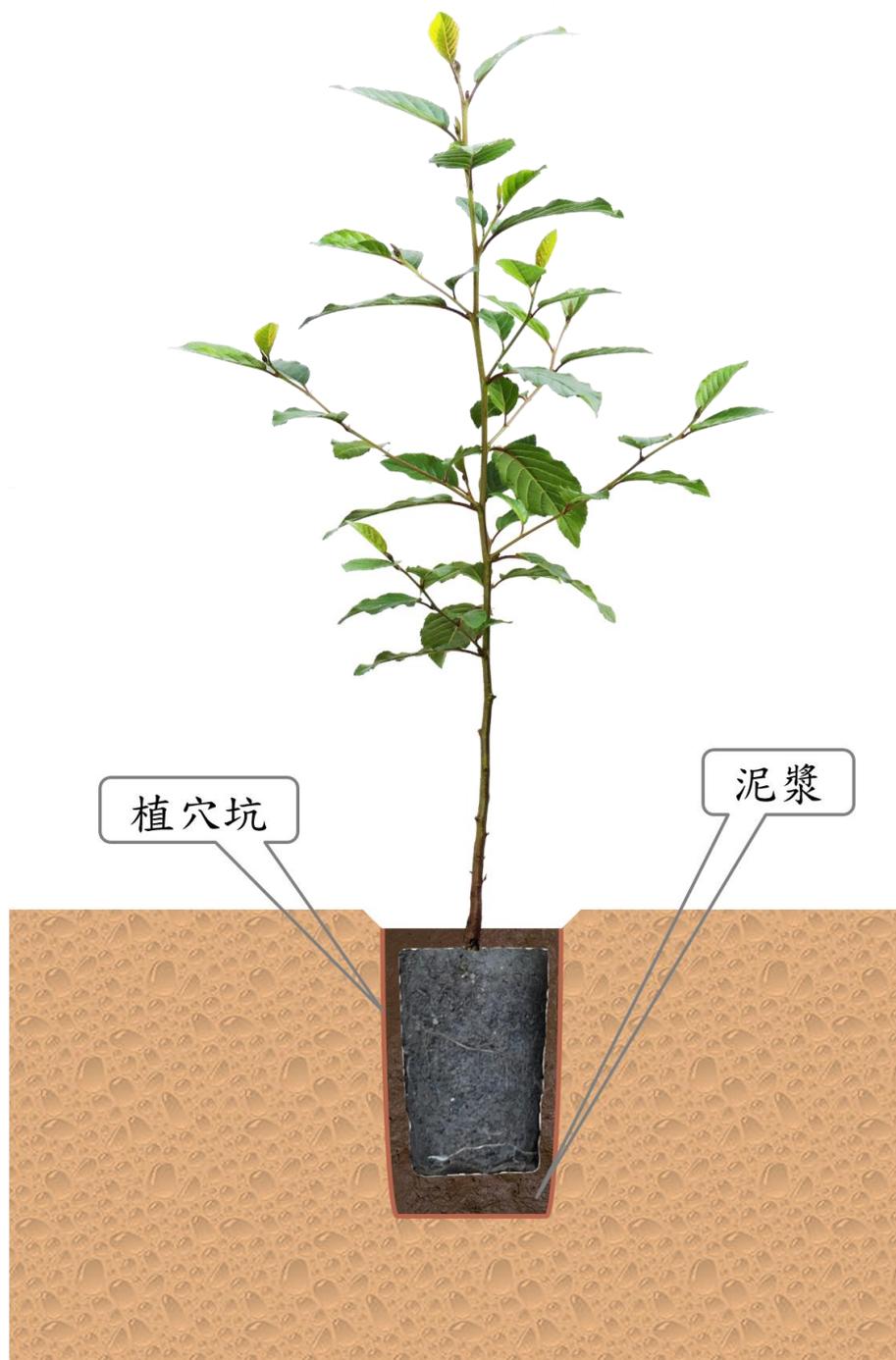


圖 37. 臺灣赤楊不同盆型試驗之種植示意圖

本試驗苗木出栽後將結果製成圖 38、表 26，其歷程以時間依序記錄如下：

《出栽 & 1<sup>st</sup> 監測》2020-04：完成臺灣赤楊以五種盆型之育苗及出栽作業，並綁牌後記錄苗木形質。由於 4 月中旬的低溫導致許多苗木嫩芽凍傷，但無造成嚴重存活率、苗高之折損。

- 《2<sup>nd</sup> 監測》2020-07：上季紀錄到遭受低溫凍傷之苗木，此季觀察恢復良好，於凍枯或折斷之芽已重新展葉。另外發現許多苗木遭受昆蟲啃食，但目前影響甚小(圖 40)。
- 《3<sup>rd</sup> 監測》2020-10：此季有較高的死亡率，但總體依然有 9 成以上，然昆蟲危害更為嚴重，除導致葉部枯萎，甚至啃食頂芽。雖為生長季，但剛出栽的適應，加上各種生物與非生物的逆境下，導致生長較差(圖 40)。
- 《4<sup>th</sup> 監測》2021-01：臺灣赤楊具有冬枯的性質，因此監測大多苗木皆為枯萎之狀況。雖然久無下雨，但葉芽大多完整，待春季再行發育。
- 《5<sup>th</sup> 監測》2021-04：此季有觀察到部分苗木有遭受山羌啃食，但苗木並未死亡，而較為嚴重之問題為多數苗木之主幹上半部乾枯凋萎而沒有活性，推斷是因長期乾旱所致。而此季監測也有從遭蛀食之苗木中發現咖啡木蠹蛾的幼蟲危害，雖然數量不多(約 3-4 隻)，但該蛾從苗木基部入侵，沿主幹啃食至根部，目前已觀察到遭蛀食之苗木皆死亡，因此可能需研議相關之防護措施。
- 《6<sup>th</sup> 監測》2021-07：此季觀察到較多苗木死亡，原因大多因缺水而凋萎，雖然 2021 年春末及夏季皆有降雨，然而土壤保水不佳，非連續或強度不夠之降雨仍可能導致苗木遭遇乾旱逆境。雖然死亡率較高，但存活之苗木有自出栽後最大之苗高生長。
- 《7<sup>th</sup> 監測》2021-10：2021 年 4-10 月的降雨較 2020 年多，加上出栽苗木的適應後，此季之地徑及苗高有出栽後最大的生長量，多數苗木生長良好，且死亡率較 2021-04 ~ 07 大幅下降。
- 《8<sup>th</sup> 監測》2022-01：此冬季未有極低溫度的出現，雖仍有山豬掘土

的情況，但苗木存活率下降幅度不大，地徑及苗高亦有部分成長。

《9<sup>th</sup> 監測》2022-04：至此季已完成出栽後兩年的監測，由於 2022 年冬季較無極低溫，且春雨早且多，使苗木生長狀況佳，地徑、苗高皆有成長，其中又以容器最深最大之 L36 表現最好。

《10<sup>th</sup> 監測》2022-07：相較於 2022-04 監測，苗高成長幅度明顯，不同盆型平均苗高生長量增加 30 cm 以上，雖有苗木死亡，但存活之苗木生長狀況良好。

《11<sup>th</sup> 監測》2022-10：2022 春雨、梅雨、颱風帶來豐沛降雨，因此 2022 年生長季(2022-04~10)之地徑、苗高生長幅度明顯，雖仍有苗木死亡，但存活之苗木生長狀況良好。

圖 38、表 26 為針對臺灣赤楊苗木出栽後於 2020-04~2022-10 之形質監測結果。從圖 38 A 可以看到，出栽 2.5 年之後存活率最高者為使用容器 L36 所育之苗木，其存活率為 70.0%，其次依序為 L18 (65.0%)、S14 及 M25 (61.7%)、M14 (43.3%)。雖然數據間並未達到統計上的顯著水準，但從圖 38 A 可看出，使用較大、較長之容器(L18、L36)進行育苗，可以提升出栽初期之臺灣赤楊苗木存活率，其原因推測為容器愈大，在育苗時期可以提供較良好的生長環境，讓培育之苗木根系及形質發展較完整，而長的容器讓苗木可在育苗階段即生長出較長的根系對於土壤深層的水分獲取有較高的幫助，因此在出栽後對於適應環境及抵抗逆境有更良好的反應能力。其中 M14 於 2021-07 時存活率大幅下降，綜合文獻及出栽後推測，由於 M14 之容器較 S14 大，所培育出的苗木形質亦較大，然而容器長度與 S14 相同，因此在出栽後所汲取之土壤水分與 S14 相當，但所消耗之能量與水分較 S14 大，並在 2020-04~2021-04 長期乾旱之下，苗木無法恢復而在 2021-

07 形成較高的死亡率。

圖 38 B、C 與 D 分別為量測地徑、苗高及計算之纖細比，經過 2.5 年的監測，2022-10 測得地徑最大者為使用容器 L36 所育之苗木 (31.6 mm)，其次依序為 L18 (29.5 mm)、M14 (29.2 mm)、M25 (27.9 mm) 及 S14 (27.7 mm)；苗高最大者則依序為 L36 (208.2 cm)、M25 (197.9 cm)、L18 (197.4 cm)、S14 (185.7 cm) 及 M14 (180.7 cm)。此結果雖未達顯著水準，但從 2020-04 種植完第一次監測時可看到，使用較小容器(S14)所育之苗木將會較小，而在 2020-07 ~ 2021-04 所監測的結果顯示，長度較長的容器(M25、L36)可讓出栽之苗木有較大的形質，此現象在育苗階段就可觀察到。由於本實驗所育臺灣赤楊的期程僅約 8 個月，然在出栽時以觀察到容器 S14 之部分苗木已有盤根的狀況，其他容器類型則無，從其地徑及苗高值較小的情形進行比較，推測 8 個月的育苗期程對於使用 S14 進行育苗的臺灣赤楊已經過長，容器小以至於限制苗木的發育；另外 M25、L36 與 L18 三種容器之部分苗木根系尚未發展至底部，在種植時甚至有土球散落的情形，表示期程過短，若要使用此 3 種容器可增加育苗的時間，進而增加苗木形質及長形育苗容器的作用，並推測若較長、大之黑軟盆(M25、L36 及 L18)之苗木發育完整時，其形質將顯著大於其他盆型，對於出栽時將有更好的適應能力。

由於 2020 年夏秋季沒有颱風，加上 2020-10 ~ 2021-04 降雨量偏低，因此在 2021-04 監測中，發現臺灣赤楊大部分苗木的主幹頂部已凋萎，雖然基部依然存活，甚至有許多萌蘖的產生，但嚴重影響苗木的高生長，產生苗高下降的現象。雖然如此，苗木之地徑依然還有增加，表示苗木在乾旱的逆境下，臺灣赤楊減少苗高及葉部等較為消耗水分之生長，轉而發展根部及地徑等組織，此由纖細比之折線圖可得到應證。且由於苗木在苗圃培育時排列密集，在競爭陽光的狀況下苗木纖細比的數值會較高，然在出栽後可能因不夠健壯導致風折的現象，因此苗木通常在出栽後，其纖細比會隨時間而下降，尤其在此遭受乾

旱的情況下，地下部的發展較地上部為優先，以應付缺水逆境之影響。在 2021 年春、夏季有雨水補充時，苗木地徑與苗高則大幅生長，在苗高生長幅度較大的情況下，讓纖細比有升高的現象，並在 2021-10 ~ 2022-04 時，因冬季降水較少，苗高生長較慢，在地徑持續生長的情況下，使纖細比再度下降。

2022-04 為止除了乾旱逆境，還有發現山羌與齧齒類啃食、獼猴折損、昆蟲蛀食等危害，但臺灣赤楊屬適應力較強之物種，恢復能力佳，因此撇除少數因遭昆蟲嚴重蛀食導致主幹中空，以及山豬掘土使根系外露而死亡外，雖然現地苗木發育不佳，生長勢較弱，但對於存活率影響不大。苗木出栽約 2.5 年，仍未完全適應武陵之惡劣環境，直至 2022-10 監測時仍有苗木死亡，但因 2022-04 ~ 2022-10 為生長季，加上此段時間無缺水、晚霜等極端之氣候發生，使得苗木生長狀況良好，不同盆型之平均地徑、苗高皆有明顯成長。

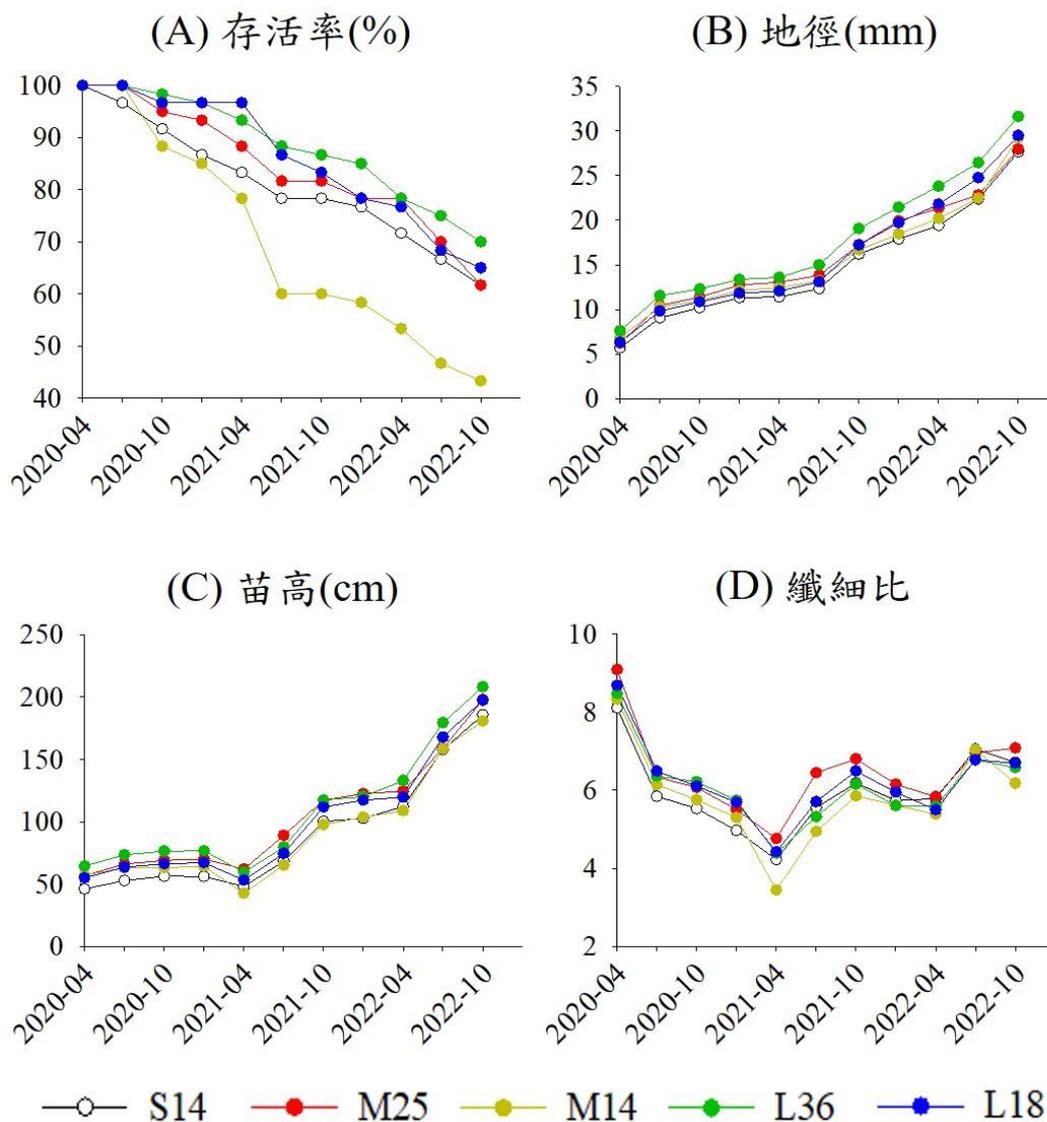


圖 38. 不同盆型之臺灣赤楊苗木出栽後的形質變化

表 26. 不同育苗盆型之苗木形質監測變化

盆型	株數	1 <sup>st</sup> 監測 (2020-04)			2 <sup>nd</sup> 監測 (2020-07)			3 <sup>rd</sup> 監測 (2020-10)		
		存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)	存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)	存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)
S14	60	100.0%	5.7 ± 1.5	46.3 ± 13.3	96.7%	9.1 ± 1.8	53.0 ± 13.3	91.7%	10.2 ± 2.1	56.5 ± 13.7
M25	60	100.0%	6.2 ± 1.6	56.8 ± 17.5	100.0%	10.5 ± 2.0	66.3 ± 15.7	95.0%	11.4 ± 2.3	69.2 ± 18.1
M14	60	100.0%	6.9 ± 2.1	57.3 ± 17.6	100.0%	10.3 ± 2.4	63.2 ± 16.6	88.3%	11.0 ± 2.3	63.3 ± 15.4
L36	60	100.0%	7.6 ± 1.5	64.6 ± 18.8	100.0%	11.6 ± 2.0	73.7 ± 19.6	98.3%	12.3 ± 2.0	76.6 ± 22.4
L18	60	100.0%	6.3 ± 1.7	55.2 ± 13.7	100.0%	9.8 ± 2.2	63.8 ± 15.1	96.7%	10.9 ± 2.3	66.4 ± 15.0

盆型	株數	4 <sup>th</sup> 監測 (2021-01)			5 <sup>th</sup> 監測 (2021-04)			6 <sup>th</sup> 監測 (2021-07)		
		存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)	存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)	存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)
S14	60	86.7%	11.3 ± 2.2	56.3 ± 14.6	83.3%	11.4 ± 2.2	48.2 ± 21.0	78.3%	12.3 ± 2.5	68.5 ± 32.1
M25	60	93.3%	12.8 ± 2.8	70.2 ± 62.2	88.3%	13.1 ± 2.9	62.2 ± 31.9	81.7%	13.8 ± 3.4	89.2 ± 45.3
M14	60	85.0%	12.1 ± 2.7	64.4 ± 42.9	78.3%	12.5 ± 2.4	42.9 ± 27.4	60.0%	13.2 ± 2.6	65.4 ± 30.6
L36	60	96.7%	13.4 ± 2.2	76.8 ± 24.1	93.3%	13.6 ± 2.3	59.7 ± 33.1	88.3%	15.0 ± 2.9	79.8 ± 40.5
L18	60	96.7%	11.8 ± 2.7	67.3 ± 14.9	96.7%	12.1 ± 2.8	53.4 ± 25.7	86.7%	13.1 ± 3.8	74.8 ± 42.6

表 26(續). 不同育苗盆型之苗木形質監測變化

盆型	株數	7 <sup>th</sup> 監測 (2021-10)			8 <sup>th</sup> 監測 (2022-01)			9 <sup>th</sup> 監測 (2022-04)		
		存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)	存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)	存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)
S14	60	78.3%	16.2 ± 4.8	100.3 ± 52.4	76.7%	17.9 ± 5.6	102.8 ± 55.5	71.7%	19.4 ± 6.4	112.3 ± 57.1
M25	60	81.7%	17.3 ± 6.7	117.4 ± 64.6	78.3%	19.9 ± 7.3	122.6 ± 63.8	78.3%	21.4 ± 7.8	124.6 ± 68.1
M14	60	60.0%	16.7 ± 4.7	97.8 ± 46.2	58.3%	18.5 ± 4.9	103.7 ± 45.5	53.3%	20.2 ± 5.2	108.8 ± 50.2
L36	60	86.7%	19.1 ± 5.4	117.5 ± 56.4	85.0%	21.5 ± 7.1	120.3 ± 62.3	78.3%	23.8 ± 7.6	133.1 ± 57.3
L18	60	83.3%	17.2 ± 6.5	111.9 ± 61.7	78.3%	19.7 ± 7.4	117.4 ± 63.4	76.7%	21.8 ± 8.3	119.8 ± 69.5

盆型	株數	10 <sup>th</sup> 監測 (2022-07)			11 <sup>th</sup> 監測 (2022-10)		
		存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)	存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)
S14	60	66.7%	22.4 ± 8.7	157.8 ± 84.4	61.7%	27.7 ± 12.0	185.7 ± 104.6
M25	60	70.0%	22.8 ± 10.0	158.8 ± 97.5	61.7%	27.9 ± 13.7	197.9 ± 104.5
M14	60	46.7%	22.5 ± 7.4	158.4 ± 68.0	43.3%	29.2 ± 11.3	180.7 ± 70.4
L36	60	75.0%	26.4 ± 11.1	179.5 ± 82.4	70.0%	31.6 ± 12.3	208.2 ± 94.6
L18	60	68.3%	24.8 ± 10.5	167.9 ± 100.2	65.0%	29.5 ± 13.8	197.4 ± 123.5



各盆型之比較



以鑽孔機鑽植穴



將現地土壤過篩



將過篩土加水拌成泥漿



使用泥漿填滿植穴



出栽後全景照

圖 39. 育苗盆型試驗之苗木出栽過程



許多昆蟲嚴重啃食苗木葉片



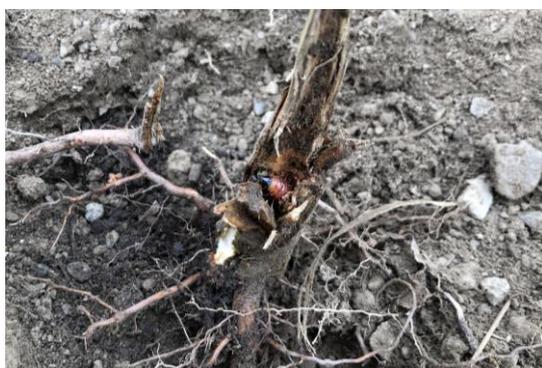
苗木遭山豬掘土使土球裸露



許多枯萎之苗木復原良好



主幹乾枯之苗木偶有萌蘖



苗木遭咖啡木蠹蛾蛀食而死亡



莖部遭山羌啃食磨角而受傷



苗木因乾旱導致主幹上層枯死



生長良好之臺灣赤楊

圖 40. 育苗盆型試驗之苗木監測過程

#### 4. 栽植配置對演替後期樹種(卡氏櫛)表現之影響

由本計畫前期工作之武陵地區原生樹種的各項種植試驗結果可知，臺灣赤楊等演替早期樹種已能成功於廢耕地中復育，然對於演替後期樹種的存活及生長表現仍不盡理想。緣此，本計畫為達成多樣化複層林之營造的目標，本項試驗參酌相關研究報告(Padilla & Pugnaire 2006; Yang et al. 2010; Yelenik et al. 2015; Bechara et al. 2016; Bertonecello et al. 2016 Andivia et al. 2018)，以促進(facilitation)的方法來提升演替後期樹種之存活與生長，實際比較單株(single)栽植、護理(nurse)栽植、樹島(tree island)栽植、林間(under the forest)栽植等 4 種栽植配置，期望利用不同的栽植配置，增加演替後期樹種出栽之苗木的存活率及造林的成功率，藉以改善日後於類似環境下的演替後期樹種造林方式。本項試驗之細節茲說明如下：

1. 試驗樹種：以卡氏櫛做為演替後期之代表樹種，使用 3.5 吋軟盆育苗。
2. 出栽時間及配置：於 2020-04-20~22 出栽完成，苗木出栽植共分為單株、護理、樹島及林間等 4 種栽植配置(圖 41、圖 43)，每種配置各出栽 60 株苗木，其詳細方法為：
  - A 單株栽植(對照組)：於開闢地出栽，每株卡氏櫛間隔至少 3 m，假設各單株卡氏櫛之間無競爭或促進等影響，做為其他栽植配置組別之對照組，並在栽植後清除苗木周圍高於卡氏櫛苗木之草本。此配置出栽於地號 96。
  - B 護理栽植：首先選定樹高 150 cm 以上的臺灣赤楊做為護理樹(nurse tree)，於護理樹幹基北側之 1.5 m 處栽植 1 株卡氏櫛，並清除周圍高於卡氏櫛苗木之雜草。護理栽植主要係為探討演替早期的臺灣赤楊冠層是否對演替後期的卡氏櫛苗木存活率及生長表現具有促進作用。此配置出栽於地號 2、3、72、73、95、97、137、138、172 及 173。

- C 樹島栽植：參考 Ricardo Bertoncello et al. (2016)劃設 1 m x 1 m 之正方形，並於四邊角落及正方形中心各栽植 1 株卡氏櫛，藉以形成 5 株一群之樹島(tree island)；各樹島間距離 3 m 以上，且其中無高於卡氏櫛苗木之草本、灌木或喬木植物。樹島栽植主要係為探討成群出栽之苗木是否對存活率及生長表現具有促進作用。此配置出栽於地號 96。
- D 林間栽植：本計畫於 2018-04 以株距 1 m 出栽臺灣赤楊，至 2020-04 已成長為樹高 150 cm 以上之臺灣赤楊林，為擴展護理栽植之概念，本項林間栽植試驗將卡氏櫛苗木種植於上述之臺灣赤楊林間。林間栽植主要係為探討更鬱閉的演替早期臺灣赤楊冠層是否對演替後期的卡氏櫛苗木存活率及生長表現具有促進作用。此配置出栽於地號 152。
3. 出栽方法：將試驗地大略除草整地後，利用 15 cm 鑽尾之鑽孔機鑽出約 20 cm 深之植穴，接著以 1 分半網目(0.8 cm)之篩網對廢耕地土壤進行過篩，篩除石礫後將過篩土加水攪拌成泥漿，在種植時先於植穴內填入適量泥漿，再將苗木褪去黑軟盆後置入植穴內，最後以泥漿土填滿苗木周邊縫隙，且植穴表面需略低於土表。
  4. 試驗苗木編號規則：栽植配置分為 4 組，分別為單株(single, S)、護理(nurse, N)、樹島(tree island, I)、林間(under the forest, F)等 4 種栽植配置，而苗木編號共 3 碼，首碼為栽植配置之類型(S、N、I、F)，後 2 碼為苗木之流水號(01~60)。
  5. 定期監測：每年之 1、4、7、10 月定期測量每株卡氏櫛之地徑及苗高。

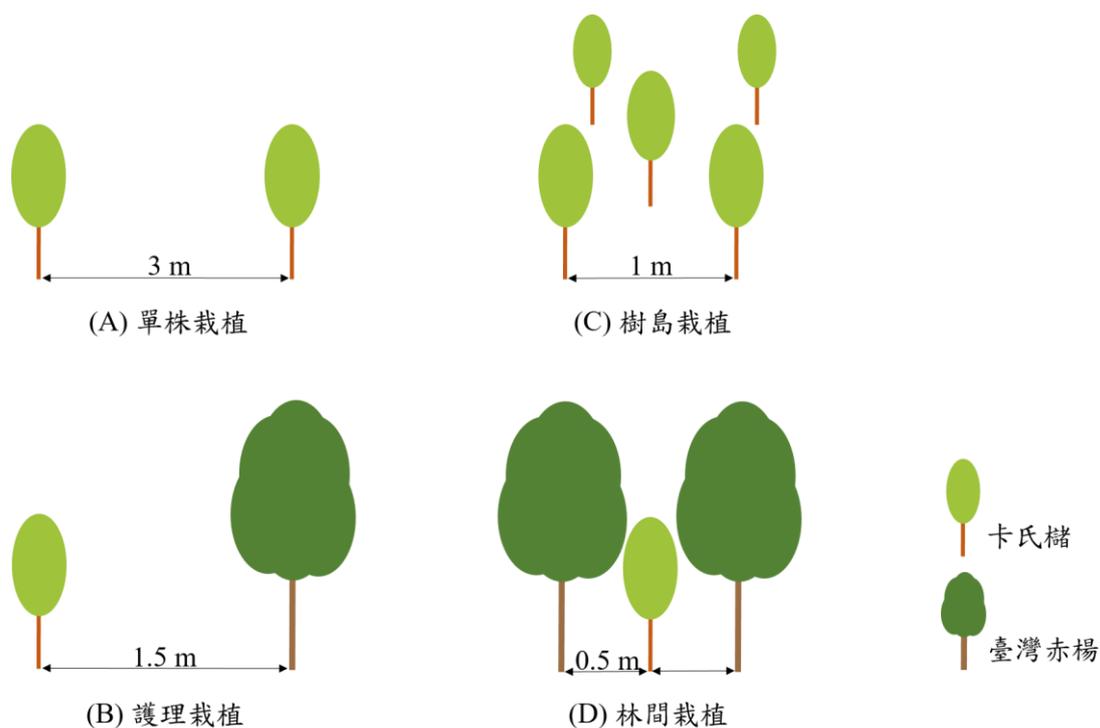


圖 41. 演替後期樹種之栽植配置示意圖

本試驗苗木出栽之歷程以時間依序紀錄如下，各次之卡氏櫛苗木形質監測，結果如圖 42 與表 27：

《出栽 & 1<sup>st</sup> 監測》2020-04：完成卡氏櫛 4 種不同配置之種植作業，並綁牌後紀錄苗木形質(圖 43)。出栽之方法與前一節臺灣赤楊的種植相同，使用打漿與凹植之方式以減少苗木出栽後之缺水逆境。出栽時苗木狀態優良，但因 2020-04-22 出栽完成後之一週幾乎無降雨，可觀察到少量苗木之幼葉略有乾枯現象。

《2<sup>nd</sup> 監測》2020-07：許多苗木遭受強烈光照及乾旱導致葉部乾枯，加上強風吹襲、山羊啃食等因素(圖 44)，導致部分苗木之苗高降低，然這些逆境對於苗木存活率目前僅少量影響，有待後續監測觀察。

《3<sup>rd</sup> 監測》2020-10：此季苗木有較大量的死亡(圖 42、表 27)，觀察

為出栽初期，多數苗木因乾旱、動物啃食等原因讓葉部枯萎，莖部乾燥易斷，導致苗木於出栽後無法適應環境所致。

《4<sup>th</sup> 監測》2021-01：氣候持續乾旱，在沒有水分補充的情況下苗木死亡數量不斷上升，多數存活之苗木亦有莖部乾枯折損、頂芽焦黑死亡導致苗高之數值下降。雖然作為護理樹種的臺灣赤楊有落葉的現象，但從此季可以較明顯看出，雖然林間栽植之苗木苗高下降較多，但存活率較佳。

《5<sup>th</sup> 監測》2021-04：此季有觀察到多數使用單株栽植配置之苗木基部受到山羌啃磨，導致生長不良或死亡，此情況在護理栽植或林間栽植中相對較少。另外因無撫育工作，少數苗木周圍生長了大型的草本植物如五節芒，實地觀察該大型草本植物對於卡氏楮的影響可能大於護理樹種，雖然此為實驗設計不良所導致，但多數受到大型草本植物所覆蓋的卡氏楮苗木生長良好，可能可以成為後續研究之發展方向。

《6<sup>th</sup> 監測》2021-07：雖較2020年的4-7月有較高的降雨，此季監測到，林間栽植有較高之死亡率，顯示林間栽植雖可延長苗木出栽後面臨嚴重逆境的時間，但長期的乾旱仍無法讓林間栽植之苗木復原而導致死亡。

《7<sup>th</sup> 監測》2021-10：本季由梅雨及颱風所帶來之水氣較多，死亡數量趨緩，部分苗木有較大的地徑及苗高生長，部分乾枯之苗木亦有重新展葉的情況，整體生長狀況有恢復之趨勢。

《8<sup>th</sup> 監測》2022-01：前一季觀察到有許多主幹乾枯、卻有萌葉的苗木於本季死亡，導致存活率下降。另外單株、樹島配置的卡氏楮可能已適應較嚴苛之環境，或在芒草的遮蔭下有較佳的生長。

《9<sup>th</sup> 監測》2022-04：至此季已完成出栽後兩年的監測，林間栽植死

亡率成為最高，而樹島栽植之地徑及苗高表現最為良好。

《10<sup>th</sup> 監測》2022-07：此季監測可看到單株栽植有較高之死亡率，4種栽植配置中存活率以護理栽植 13.3%最高，單株栽植 3.3%最低，地徑及苗高之生長表現仍以樹島栽植最佳。

《11<sup>th</sup> 監測》2022-10：此次監測發現雖有少數適應良好，形質佳之苗木，但除了單株栽植外，其他 3 種配置之卡氏櫛仍有苗木死亡。地徑生長量僅有護理栽植之卡氏櫛有成長，其他 3 種配置皆略為下降，而苗高生長幅度以護理栽植、樹島栽植較為明顯，單株栽植及林間栽植則略為下降。

圖 42、表 27 為針對卡氏櫛苗木出栽後於 2020-04~2022-10 之形質監測結果，其中，從圖 42 A 可以看到，4 種配置中存活率最高者為使用樹島栽植之苗木，其存活率為 8.3%，其次由高至低依序為護理栽植(5.0%)、單株栽植(3.3%)及林間栽植(3.3%)，而各數據間並沒有顯著差異。從圖 42 A 可以看到，在大型臺灣赤楊旁進行種植(林間栽植與護理栽植)可以提升苗木出栽初期(2020-04~2021-04)的存活率，現地觀察及推測其原因是大型的臺灣赤楊可遮擋強烈陽光的過度照射，延緩高溫的產生，進而降低卡氏櫛的水分需求、土壤水分散失等乾旱逆境的發生，且臺灣赤楊為一落葉性植物，加上會與共生菌產生固氮根瘤的特性，可稍微改變土壤之理化性質，提供卡氏櫛吸收所需之養分。

在 2020-04 ~ 2021-04 為止的監測結果中顯示，出栽之卡氏櫛在無論何種配置皆遭遇乾旱逆境，但因林間栽植之有較強的遮蔭效果，導致雖然生長狀況較差，但有較高之存活率。然而至 2021-07 時，林間栽植之苗木存活率有較大幅度的下降，表示使用林間栽植之卡氏櫛無法適應逆境並恢復，導致先前生長狀況不良之苗木相繼死亡，由於乾旱逆境對苗木的影響較為嚴重，因此雖然林間栽植有較強的遮蔭效

果，但可能臺灣赤楊的形質不夠大，使其與剛出栽之卡氏楮競爭土壤較表層之水分，導致卡氏楮苗木乾枯死亡。

圖 42 B、C、D 為每季地徑、苗高值及利用地徑與苗高所計算出的纖細比折線圖。圖 42 B 中顯示出栽 2.5 年後，護理栽植的卡氏楮地徑值最大(13.7 mm)，其次依序為樹島栽植(13.1 mm)、單株栽植(11.5 mm)及林間栽植(10.1 mm)，此結果顯示各配置間之苗木地徑生長類似，並無明顯可增加苗木地徑生長之配置。從圖 42 C 可看到，經過 2.5 年苗高最高者為樹島栽植之苗木(137.2 cm)，其次依序為單株栽植(123.0 cm)、護理栽植(85.2 cm)及林間栽植(61.5 cm)，由於苗高值常因動物啃食攀折、乾旱枯萎、強風吹折、強光導致受損……等因素導致變動幅度較大。至 2021-04 後，各配置之存活率皆低，苗木數量大幅減少，使苗高的平均值易受影響，因此呈現上下波動的現象，而林間栽植尤為明顯。

現地觀察中發現，部分單株栽植及樹島栽植之苗木距邊坡較近，在出栽後邊坡之芒草叢生長旺盛的情況下，許多苗木於監測時已遭芒草覆蓋，然而在芒草叢底下，卡氏楮生長狀況良好，推測其機制可能與林間栽植之促進作用類似。然而就出栽至今 2.5 年監測結果可知(表 27)，4 種配置之平均存活率僅約為 5%，地徑生長量以護理栽植之卡氏楮成長最多，較出栽時增加 4.8 mm，而苗高生長幅度以樹島栽植之卡氏楮生長較為明顯，較出栽時高出約 50.1 cm，整體苗木生長表現以樹島栽植較為優秀。

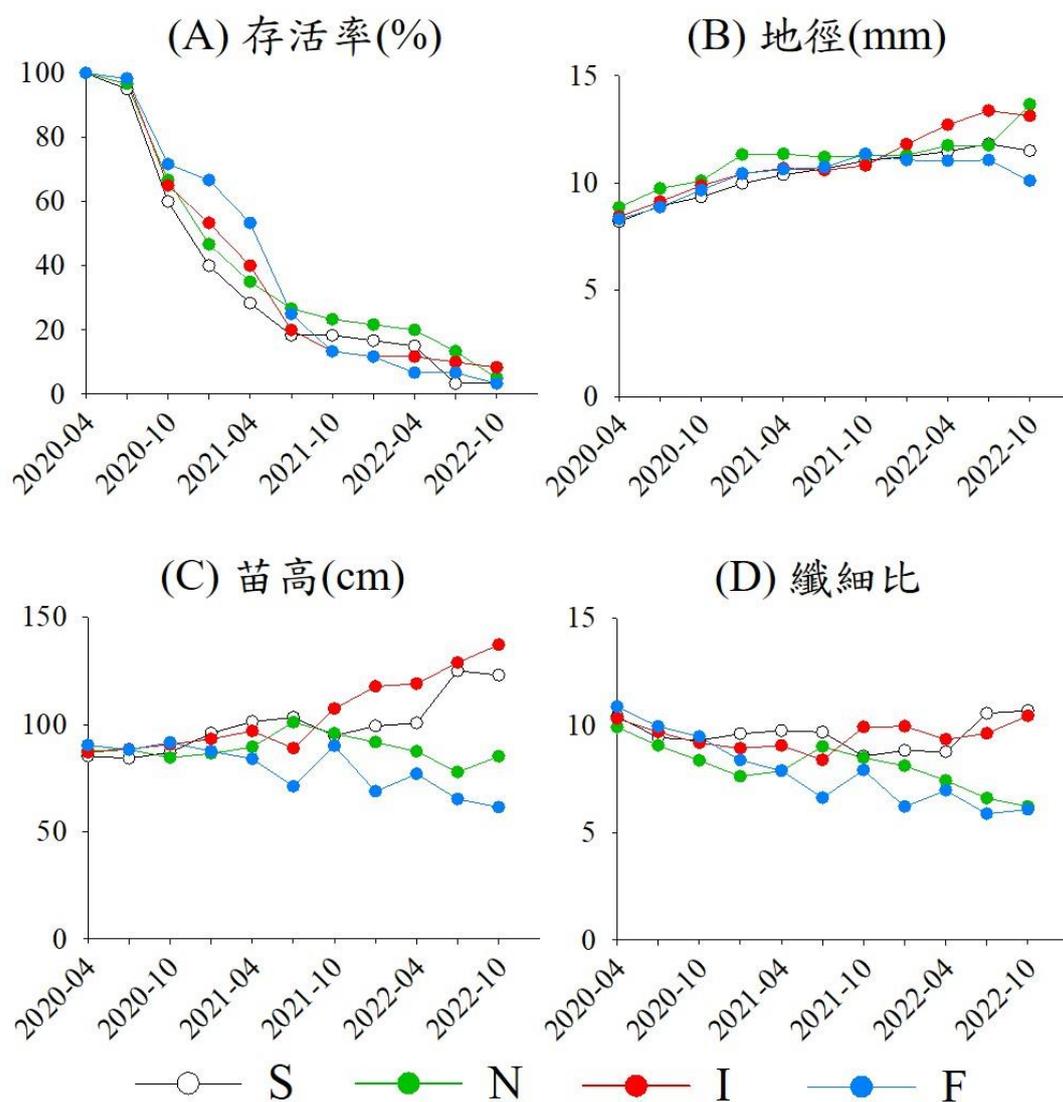


圖 42. 出栽後不同配置之苗木形質變化曲線圖

註：S(黑線)表單株栽植；N(綠線)表護理栽植；I(紅線)表樹島栽植；  
F(藍線)表林間栽植。

註：樹島中分為中心或周圍苗木之呈現僅在於存活率，因生長量(地  
徑、苗高、纖細比)之差異極小，故僅以平均的方式(紅線)呈現。

表 27. 不同栽植配置之苗木形質監測變化

栽植 方式	株數	1 <sup>st</sup> 監測 (2020-04)			2 <sup>nd</sup> 監測 (2020-07)			3 <sup>rd</sup> 監測 (2020-10)		
		存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)	存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)	存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)
S	60	100.0%	8.2 ± 1.3	85.3 ± 16.2	95.0%	8.9 ± 1.7	84.3 ± 19.9	60.0%	9.3 ± 1.6	87.0 ± 23.6
N	60	100.0%	8.9 ± 1.4	87.9 ± 14.1	96.7%	9.7 ± 1.5	88.3 ± 16.4	66.7%	10.1 ± 1.6	84.6 ± 23.8
I	60	100.0%	8.4 ± 1.5	87.1 ± 13.2	98.3%	9.1 ± 1.6	88.5 ± 14.1	65.0%	9.9 ± 1.6	90.7 ± 13.6
F	60	100.0%	8.3 ± 1.2	90.4 ± 12.7	98.3%	8.9 ± 1.3	88.3 ± 15.2	71.7%	9.7 ± 1.4	91.7 ± 14.0

栽植 方式	株數	4 <sup>th</sup> 監測 (2021-01)			5 <sup>th</sup> 監測 (2021-04)			6 <sup>th</sup> 監測 (2021-07)		
		存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)	存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)	存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)
S	60	40.0%	10.0 ± 1.2	96.0 ± 20.7	28.3%	10.4 ± 1.0	101.4 ± 16.0	18.3%	10.7 ± 1.3	103.3 ± 14.5
N	60	46.7%	11.3 ± 1.3	86.5 ± 26.6	35.0%	11.4 ± 1.3	89.5 ± 27.5	26.7%	11.2 ± 1.2	101.1 ± 15.5
I	60	53.3%	10.4 ± 1.7	93.3 ± 15.2	40.0%	10.7 ± 1.8	97.0 ± 14.8	20.0%	10.6 ± 1.8	88.9 ± 34.6
F	60	66.7%	10.4 ± 1.4	87.5 ± 15.3	53.3%	10.6 ± 1.4	84.0 ± 17.3	25.0%	10.7 ± 1.0	71.2 ± 27.8

表 27(續). 不同栽植配置之苗木形質監測變化

栽植 方式	株數	7 <sup>th</sup> 監測 (2021-10)			8 <sup>th</sup> 監測 (2022-01)			9 <sup>th</sup> 監測 (2022-04)		
		存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)	存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)	存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)
S	60	18.3%	11.0 ± 1.5	94.7 ± 26.6	16.7%	11.2 ± 1.7	99.3 ± 16.7	15.0%	11.5 ± 1.6	100.7 ± 19.8
N	60	23.3%	11.3 ± 1.4	95.9 ± 28.9	21.7%	11.3 ± 1.7	91.8 ± 31.0	20.0%	11.8 ± 2.0	87.4 ± 38.7
I	60	13.3%	10.8 ± 2.2	107.4 ± 33.5	11.7%	11.8 ± 2.2	117.7 ± 24.8	11.7%	12.7 ± 3.4	119.0 ± 25.7
F	60	13.3%	11.4 ± 1.2	90.1 ± 9.2	11.7%	11.1 ± 1.2	68.9 ± 32.8	6.7%	11.0 ± 1.6	77.0 ± 30.9

栽植 方式	株數	10 <sup>th</sup> 監測 (2022-07)			11 <sup>th</sup> 監測 (2022-10)		
		存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)	存活率	地徑 (mm)	苗高 (cm)
S	60	3.3%	11.8 ± 1.7	125.0 ± 38.2	3.3%	11.5 ± 2.1	123.0 ± 41.0
N	60	13.3%	11.8 ± 3.2	77.8 ± 45.4	5.0%	13.7 ± 2.5	85.2 ± 68.2
I	60	10.0%	13.4 ± 3.7	128.8 ± 39.1	8.3%	13.1 ± 4.9	137.2 ± 31.3
F	60	6.7%	11.1 ± 1.9	65.3 ± 35.7	3.3%	10.1 ± 2.7	61.5 ± 65.8



除草整地等出栽前置作業



單株栽植



護理栽植



樹島栽植



林間栽植



出栽後多日無雨，造成輕微枯萎



遭受乾旱、低溫導致頂芽枯萎



強日曬、乾旱讓葉部焦黑、旱黃

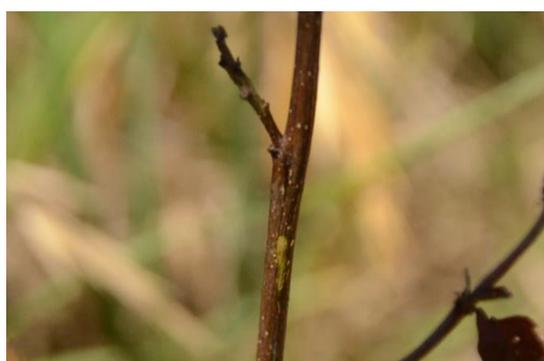
圖 43. 卡氏楮栽植配置試驗之苗木出栽及監測過程



雨季後，苗木有重新萌芽的現象



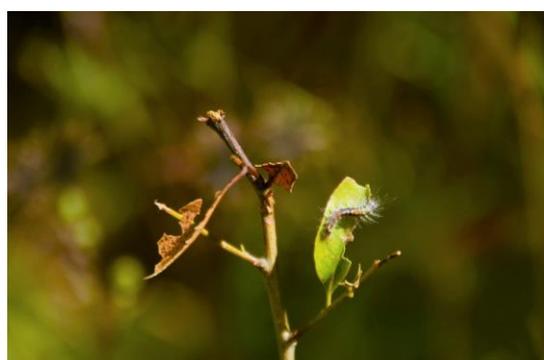
主幹受強風、動物折斷



苗木乾枯後，部分枝條仍有活性



部分受芒草遮蔭的苗木生長良好



嫩莖、葉受昆蟲啃食



主幹基部受山羌或齧齒類啃磨



樹島栽植之中心植株生長較佳



乾旱及草本競爭導致苗木枯死

圖 44. 卡氏楮栽植配置試驗之苗木監測過程

## 第六節、山桐子景觀林之營造

山桐子具備偏陽性、生長快速、葉形較大、樹冠易鬱閉等生態復育特性，亦具有觀賞、誘鳥之價值，期望能以武陵地區原生種營造出優美之景觀林，研究團隊於 2016 年開始至今已在地號 99、99-1、100 等區塊種植山桐子，並隨機選取 20 株山桐子定期監測記錄，監測樣株數量於 2020 年 4 月調查則新增至 30 株。

本計畫針對山桐子之苗木監測記錄如下：

《出栽》2016-05-20：以植穴坑方式種植於地號 99、99-1、100，種植完成後土表覆蓋酸性泥炭土。苗木平均高度約 53.2 cm。

《1<sup>st</sup> 監測》2017-07-21：出栽經 1.2 年後，量測苗木之高度、2016 渡冬頂芽高度(去年生 vs. 當年生之樹皮顏色不同，可茲判定)。此時，平均苗高已達 123.6 cm，扣除 2016 渡冬頂芽高度後，2017 年開春至 2017-07-21 之平均高生長達 70.4 cm。

《2<sup>nd</sup> 監測》2017-11-30：出栽經 1.5 年後，進行監測調查，以計算生長量。於 2017-12-01 增測 15 株山桐子之形質，將樣本數據增加至 20 株，山桐子平均苗高為 134.1 cm，較出栽時高出約 80.9 cm。

《3<sup>rd</sup> 監測》2018-04-13：出栽經 1.9 年後，現地觀察可發現山桐子多凍傷未能展芽，或有嫩芽、嫩葉凍傷，山桐子平均苗高為 138.0 cm，較出栽時高出約 84.8 cm。

《4<sup>th</sup> 監測》2018-09-27：出栽經 2.4 年後，山桐子之平均苗高為 176.9 cm，較出栽時高出約 123.7 cm。

《5<sup>th</sup> 監測》2019-04-23：出栽經 2.9 年後，現地觀察有部分植株頂枯，主幹枯死，由側芽或根頸萌蘖再長，使得監測苗高縮減，此次監測數據中山桐子之平均苗高約 178.1 cm，較出栽時高出約

124.9 cm。

《6<sup>th</sup> 監測》2019-10-23：出栽經 3.4 年後，此次監測數據中山桐子之平均苗高約 251.1 cm，較出栽時高出約 197.9 cm。

《7<sup>th</sup> 監測》2020-04-16：出栽經 3.9 年後，於此次增測 10 株山桐子之形質，現地觀察發現多數植株有頂枯之狀況，與 6<sup>th</sup> 監測之苗高數據相比，減少 0 ~ 13 cm。監測數據中山桐子之平均苗高約 238.3 cm，較出栽時高出約 186.1 cm。

《8<sup>th</sup> 監測》2020-10-26：出栽經 4.4 年後，此次監測數據中山桐子之平均苗高約 261.3 cm，較出栽時高出約 208.1 cm。

《9<sup>th</sup> 監測》2021-04-26：出栽經 4.9 年後，此次監測數據中山桐子之平均苗高約 268.5 cm，較出栽時高出約 215.3 cm。現地發現部分植株頂枯，另有少數植株已有花苞之產生(圖 45)。

《10<sup>th</sup> 監測》2021-10-18：出栽經 5.4 年後，此次監測數據中山桐子之平均苗高約 316.5 cm，較出栽時高出約 263.3 cm。現地發現部分植株已有結果，另有發現少數植株基部遭啃咬，以致植株生長狀況不佳(圖 45)。

《11<sup>th</sup> 監測》2022-04-18：出栽經 5.9 年後，此次監測數據中山桐子之平均苗高約 325.2 cm，較出栽時高出約 272.0 cm。現地發現部分植株仍宿存前一年已呈黑色果實，且部分植株今年度已開始開花(圖 45)。

《12<sup>th</sup> 監測》2022-10-25：出栽經 6.4 年後，1 株樣株死亡，此次監測數據中山桐子之平均苗高約 405.1 cm，較出栽時高出約 351.9 cm。現地發現部分植株已有結果，且果實轉紅(圖 45)。

根據過去監測調查及現地觀察發現(表 28)，山桐子出栽後約 1 年之苗高生長量可達 70.4 cm；出栽 3 年後苗高約可達 2 m 以上，平均苗高為 251.1 cm，較出栽時高出約 197.9 cm；出栽 6 年後平均苗高為

405.1 cm，較出栽時高出約 351.9 cm。武陵地區植物的生長季約在每年 4 ~ 10 月，而山桐子於生長季時，其平均地徑生長量增加約 0.8 ~ 1.5 cm，平均苗高生長量增加 23.9 ~ 81.0 cm；在非生長季(約 11 ~ 3 月)時，其平均地徑生長量僅增加 0.1 ~ 0.3 cm，平均苗高生長量增加 1.2 ~ 8.7 cm。綜合第 7 次監測至第 12 次監測，山桐子 GI 為 2534.1、PI 為 2449.6，29 株樣株存活，存活率 97%。

2019-10-23 至 2020-10-26 監測期間發現山桐子苗高生長幅度(10.2 cm)明顯少於 2017 ~ 2019 年(2017-07-21 ~ 2018-09-27 成長 53.3 cm、2018-09-27 ~ 2019-10-23 成長 74.2 cm)，推測山桐子之頂芽受到 2020 年 4 月晚春低溫凍害之影響，相比於 2018、2019 年 4 月來得嚴重，且於生長季時還未完全恢復，致使苗高生長幅度大幅減少；此外，於第 7 次監測有觀察到多數樣株已萌發之嫩芽、嫩葉因 2020-04-13 清晨零下低溫而凍傷，使得苗高之監測數據縮減，與前一次監測相比，苗高生長量為-5.8 cm。

然而本計畫常於早春時觀察到山桐子枝條末端發黑或葉芽凍傷呈黑色(圖 45)，雖然在該年春夏時大部分的受損山桐子皆可再重新萌芽展葉，但是山桐子常可見於需面對更強冬季寒流之思源埡口，顯示其對低溫仍具有一定的耐受力，而其在武陵廢耕地之所以常有凍傷受損，可能係因廢耕地之水分不足、養分不均造成植株衰弱之故，此一情形可由本計畫與武陵出栽山桐子同一時間在觀霧栽植之山桐子得到論證(圖 45)，同期種於觀霧之山桐子，經 2 年後苗高 > 5 m，且枝葉更茂密，衰弱的植株不僅生長較健康植株緩慢，且更易受病蟲害，因此未來可進一步探求如何改善山桐子之生育環境條件，並進行空隙地之補植以營造山桐子原生景觀林。

表 28. 山桐子之生長表現(2017-07-21 ~ 2022-10-25)

	2016-11 (2017 推測)	第 1 次監測 2017-07-21	第 2 次監測 2017-11-30	第 3 次監測 2018-04-13	第 4 次監測 2018-09-27	第 5 次監測 2019-04-23	第 6 次監測 2019-10-23
株數	5	5	20	20	20	20	18 <sup>*A</sup>
平均地徑(cm)	-	-	2.9±0.7	3.1±0.6	3.9±0.9	4.0±1.0	5.7±1.4
地徑生長量(cm)	-	-	-	0.2	<b>0.8</b>	0.2	<b>1.5<sup>*B</sup></b> 見續表
平均苗高(cm)	53.2±15.4	123.6±13.9	134.1±19.2	138.0±20.7	176.9±31.2	178.1±39.4	251.1±50.3
苗高生長量(cm)	-	70.4	10.2	4.0	<b>38.9</b>	1.2	<b>70.6<sup>*B</sup></b> 見續表
最大苗高(cm)	70	136	175	184	245	243	331
最小苗高(cm)	30	102	95	105	123	110	164
	第 7 次監測 2020-04-16	第 8 次監測 2020-10-26	第 9 次監測 2021-04-26	第 10 次監測 2021-10-18	第 11 次監測 2022-04-18	第 12 次監測 2022-10-25	
株數	30 <sup>*C</sup>	30	30	30	30	29	
平均地徑(cm)	5.6±1.3	6.8±1.9	7.0±2.1	7.9±2.5	8.0±2.6	9.1±2.8	
地徑生長量(cm)	<i>0.3<sup>*B</sup></i>	<b>1.3</b>	<i>0.1</i>	<b>0.8</b>	<i>0.1</i>	<b>1.1<sup>*D</sup></b>	-
平均苗高(cm)	238.3±45.2	261.3±56.7	268.5±73.2	316.5±87.9	325.2±90.0	405.1±108.4	
苗高生長量(cm)	<i>-5.8<sup>*B</sup></i>	<b>23.9</b>	<i>3.9</i>	<b>48.0</b>	<i>8.7</i>	<b>81.0<sup>*D</sup></b>	-
最大苗高(cm)	330	398	392	448	450	585	
最小苗高(cm)	151	140	30	38	6	50	

註一：地徑生長量、苗高生長量之粗體字表生長季(約 4~10 月)之生長量，斜體字表非生長季(約 11~3 月)之生長量。

註二：<sup>\*A</sup> 表當次調查缺失 2 株樣株資料；<sup>\*B</sup> 表樣本數 18 株；<sup>\*C</sup> 表當次調查新增樣株至 30 株；<sup>\*D</sup> 表樣本數 29 株。



2020-04-13 晚霜以致幼嫩新葉凍傷



2020-08-07 生長良好之山桐子



2020-11-20 進入落葉期之山桐子



2021-04-26 生長良好之山桐子



2021-04-26 生長花苞之山桐子



2021-05-05 生長雄花序之山桐子

圖 45. 山桐子景觀林之生長情形



2021-10-17 結實累累之山桐子



2021-10-17 基部受損嚴重之山桐子



2021-12-02 具良好景觀之鮮紅果實



2022-01-17 逐漸成林之山桐子景觀林



2022-05-11 宿存前一年果實之山桐子



2022-05-11 開花中之山桐子

圖 45(續). 山桐子景觀林之生長情形



2022-05-10 生長花苞之山桐子



2022-08-09 具未熟果之山桐子



2022-10-24 果實漸轉紅之山桐子



2022-11-03 具鮮紅果實之山桐子



武陵廢耕地山桐子 6 年後高約 3 m



種於觀霧之山桐子 2 年後苗高約 5 m

圖 45(續). 山桐子景觀林之生長情形

## 第七節、生態復育成效之評估

何謂生態復育成功？如何評估生態復育之成效？一直是生態復育學領域備受關注的重要議題。在生態復育學發展的初期，很少有確定的標準來衡量生態復育之成功程度(Berger 1991; Hobbs & Norton 1996)。為此，國際生態復育學會(Society for Ecological Restoration International, SERI)在生態復育入門(Primer on Ecological Restoration, 簡稱 Primer, SERI 2004)提出了生態復育 9 項屬性(表 29)，作為衡量生態復育成功與否的判斷基礎，其中，屬性 1、2 可歸類為物種組成(species composition)，屬性 3、4、5 可歸類為生態系功能(ecosystem function)，屬性 6、7 可歸類為地景脈絡(landscape context)，屬性 8、9 可歸類為生態系穩定性(ecosystem stability)，此 9 項屬性有些須進行研究後才能評估；簡言之，Primer 認為被復育的生態系應具有以下屬性(Ruiz-Jaen & Mitchell Aide 2005)：(1)具有與參仿地相似的多樣性和群落結構；(2)存在鄉土物種；(3)存在長期穩定所必需的功能群；(4)物質環境支持再生族群的能力；(5)可正常運轉；(6)與地景相融合；(7)消除潛在威脅；(8)抵禦自然干擾；(9)自我可持續性。後續，Shackelford et al. (2013)對 SERI (2004)之 Primer 的 9 項屬性提出了一些相關的改善建議(表 30)，並認為應將人類因素(human element)納入生態復育成效之評估；相似地，Wortley et al. (2013)回顧了大量的研究報告，也發現生態復育成效評估大多著重於生態屬性，很少涉及社會經濟屬性(socioeconomic attributes)。此外，要妥切地執行生態復育成效的評估並非易事，大多數的生態復育計畫並無經費和能力來完成評估(SERI 2004; Ruiz-Jaen & Mitchell Aide 2005)，即便近年來生態復育的實證評估(empirical evaluations)已逐漸增加，但研究地點仍是多集中於美國和澳大利亞(Wortley et al. 2013)，一些地區，如非洲，森林退化頻繁發生，但生態復育的評估卻仍非常地少(Gatica-Saavedra et al. 2017)；至於生態復育評估的期程，大多是於復育實施後 5-10 年(Wortley et al. 2013)或 6-10 年較多(Gatica-Saavedra et al. 2017)。因此，武陵廢耕地

森林復育的成效應考慮到現實的經費投入、評估期程，以及實際操作時應採用那些評估項目來衡量生態復育的成效。

表 29. 生態復育入門(Primer, SERI 2004)所列之被復育生態系的 9 項屬性

	屬性 Attribute	Category
1	被復育生態系包含了特定物種之特徵集合，這些物種出現於參仿生態系並構成適當的群落結構 The restored ecosystem contains a characteristic assemblage of the species that occur in the reference ecosystem and that provide appropriate community structure.	物種組成 Species composition
2	被復育生態系在最大程度上是由鄉土物種組成。被復育的人工生態系允許外來馴化種及非入侵性雜草的存在。入侵性植物定殖於干擾後生育地，非入侵種常與作物植物相混生 The restored ecosystem consists of indigenous species to the greatest practicable extent. In restored cultural ecosystems, allowances can be made for exotic domesticated species and for noninvasive ruderal and segetal species that presumably co- evolved with them. Ruderals are plants that colonize disturbed sites, whereas segetals typically grow intermixed with crop species.	物種組成 Species composition
3	被復育生態系具有維持永續發展或穩定所必需的全部功能群，若有缺少的功能群可藉由自然過程來完成擴殖 All functional groups necessary for the continued development and/or stability of the restored ecosystem are represented or, if they are not, the missing groups have the potential to colonize by natural means.	生態系功能 Ecosystem function
4	被復育生態系的物質環境能支持復育物種之族群繁衍，此為被復育生態系沿期望軌跡穩定發展之所需 The physical environment of the restored ecosystem is capable of sustaining reproducing populations of the species necessary for its continued stability or development along the desired trajectory.	生態系功能 Ecosystem function

	屬性 Attribute	Category
5	被復育生態系在發展階段之功能正常，且無功能紊亂之情況 The restored ecosystem apparently functions normally for its ecological stage of development, and signs of dysfunction are absent.	生態系功能 Ecosystem function
6	被復育生態系能適當地整合入更大的生態基質或地景，並通過非生物和生物的流動與交換與之相互作用 The restored ecosystem is suitably integrated into a larger ecological matrix or landscape, with which it interacts through abiotic and biotic flows and exchanges.	地景脈絡 Landscape context
7	周邊地景對被復育生態系之健康與完整性的潛在威脅已被排除或儘可能被降低 Potential threats to the health and integrity of the restored ecosystem from the surrounding landscape have been eliminated or reduced as much as possible.	地景脈絡 Landscape context
8	被復育生態系具有足夠的彈性可承受當地環境之正常周期性壓力，從而維持生態系的完整性 The restored ecosystem is sufficiently resilient to endure the normal periodic stress events in the local environment that serve to maintain the integrity of the ecosystem.	生態系穩定性 Ecosystem stability
9	被復育生態系具有與參仿生態系相同程度的自我維持能力，且在現有環境下可無限期地維持。然而，作為正常生態系發展的一部分，被復育生態系之生物多樣性、結構、功能等面向可能發生變化，並隨著正常週期性壓力及較嚴重的偶然干擾而波動。如同任何未受干擾之生態系一樣，物種組成及其他屬性可能隨著環境條件的改變而變化 The restored ecosystem is self-sustaining to the same degree as its reference ecosystem, and has the potential to persist indefinitely under existing environmental conditions. Nevertheless, aspects of its biodiversity, structure, and functioning may change as part of normal ecosystem development, and may fluctuate in response to normal periodic stress and occasional disturbance events of greater consequence. As in any intact ecosystem, the species composition and other attributes of a restored ecosystem may evolve as environmental conditions change.	生態系穩定性 Ecosystem stability

表 30. Shackelford et al. (2013)對 Primer (SERI 2004)生態復育屬性的改善建議

	建議 Suggestion
物種組成 Species composition	將復育目標擴展至歷史或參仿點之外，仔細考慮被復育生態系之多重屬性 Expand goals beyond restoration of historic or reference sites to explicitly consider multiple other attributes of restored systems 承認術語“鄉土”或“原生”是指動態和非靜態的物種分布範圍 Acknowledge that the term “indigenous” or “native” refers to dynamic and not static species distribution ranges
生態系功能 Ecosystem function	在某些情況下(如變遷中的環境下) 強調復育生態系功能的特別重要性 Highlight particular importance of focusing on restoring ecosystem function under certain contexts such as changing environmental conditions 將“生態系功能”的定義擴大到“生態系的動態屬性”之外，例如，包括提供生態系服務 Broaden definition of “ecosystem function” beyond “the dynamic attributes of ecosystems,” including, for instance, the provision of ecosystem services
生態系穩定性 Ecosystem stability	使用基於特徵的功能冗餘和響應多樣性度量來量化被復育生態系的抵抗力和彈性 Use trait- based measurements of functional redundancy and response diversity as a way to quantify the resistance and resilience of a restored ecosystem
地景脈絡 Landscape context	包括有關生態系空間配置的屬性、重要地尺度 Include attribute about ecosystem spatial configuration, importantly size 明確提及地景的連通性和滲透性 Make explicit reference to landscape connectivity and permeability 考慮來自地景的潛在威脅時，應將這些威脅的最小化/消除以及將其現實性納入復育計畫中 Consideration of potential threats from the landscape should incorporate both

	minimization/removal of those threats as well as the incorporation of their reality into restoration planning
人類因素 Human element	在適當的地方為永久性的人類參與提供明確的潛力 Make explicit potential for permanent human involvement where appropriate
	包含文化或社會價值的屬性 Include attribute encompassing cultural or social values
	在彈性/抗力的定義中包括社會影響 Include social influences in definitions of resilience/resistance
	確認權益相關者買入的必要性 Acknowledge the necessity of stakeholder buy-in
進一步建議 Further suggestions	
	根據計畫內容突顯復育過程中屬性相對重要性的可變性 Highlight variability in relative importance of attributes within the restoration process based on project context
	提供實例/案例研究 Provide examples/case studies
	提供測量複雜生態系特性的方法，例如功能、彈性、抵抗力 Offer ways to measure complex ecosystem properties such as function, resilience, resistance

在實際操作上，生態屬性最常應用於復育實施後之評估，Wortley et al. (2013)於「評估生態復育之成功性：文獻綜述」統計了 301 篇報告，發現有 94%的文章只單純使用生態屬性來進行評估度量；Mazón et al. (2019)分析拉丁美洲及加勒比地區之 91 篇生態復育報告，發現有 84 篇評估了生態屬性，只有 7 篇評估了社會經濟屬性，最常被使用的生態指標分別為 Primer 屬性 1 種組合(species assemblages)、屬性 4 物質環境(physical conditions)、屬性 5 生態功能(ecological functions)；而單就生態屬性而言，Gatica-Saavedra et al. (2017)於「評估森林生態復育成功的生態指標：全球的審視」一文中，將生態評估屬性區分為組成(composition)、結構(structure)、功能(function)等 3 類(如表 31)，

統計各文獻所使用之生態屬性顯示，以組成來評估的文獻有 79%、以結構來評估的文獻有 56%、以功能來評估的報告有 68%，而有 27% 的文獻僅使用 1 個評估屬性，有 43% 的文獻同時使用 2 個評估屬性，有 31% 的文獻同時使用 3 個評估屬性；表 31 列出了組成、結構、功能等 3 類屬性所使用的指標，其中最常用的指標分別是：組成(植物物種的豐富度和豐度)、結構(樹木的高度和直徑)、功能(土壤功能)，與其他報告相比較，這些變量通常是相對較易衡量的；因此，未來武陵廢耕地森林復育成效之評估，可將植物種類多樣性、樹高與胸徑、土壤等優先列為成效評估之項目。

表 32 為 Londe et al. (2020) 用來監測及評估巴西大西洋森林復育的 14 項生態指標，涉及的評估項目主要為種類組成(如：樹種豐富度；地區性的、動物散播的、非先驅性的樹種之比例)、植群結構(如：外來入侵草種、林木冠層的覆蓋度；苗木高度；胸高斷面積；林木密度)，而未涉及更複雜的生態系功能評估。

表 31. 森林復育評估之生態屬性與其指標(Gatica-Saavedra et al. 2017) [斜體表較常用(>30%)的指標]

	Indicators
組成 Composition (12 項指標)	植物種類豐富度 <i>Plant species richness</i>
	動物種類的絕對或相對豐度 <i>Absolute or relative abundance of animal species</i>
	均勻度指數 <i>Evenness index</i>
	動物種類豐富度 <i>Richness of animal species</i>
	相似度指數 <i>Similarity indices</i>
	植物種類豐度 <i>Abundance of plant species</i>
	優勢度指數 <i>Dominance Index</i>
	原生種所佔之比例 <i>taxonomic origin (% native- exotic)</i>
	功能群(豐富度或豐度) <i>Functional groups (richness or abundance)</i>
	植物種類之頻率 <i>Frequency of plant species</i>
	動物之密度 <i>Density of fauna</i>

	Indicators
	重要值指數 Importance value index
植群結構 Vegetation structure (16 項指標)	不同生活型的覆蓋度 Coverage by life forms
	林木之總高度 Total height of trees
	胸高直徑或其他徑級量測 Diameter at breast height (DBH) or other measure diameter
	樹冠覆蓋度 Canopy cover (diameter crowns)
	密度(灌木、樹木) Density (shrub, tree)
	斷面積 Basal area
	量測垂直的層次 Measurement vertical strata
	結構枯落物 Structure litter
	覆蓋或密度層次 Coverage or density strata
	地上部之生物量 Aboveground biomass
	倒木或木質碎屑 Fallen trees or woody debris
	老樹 Age tree
	地表的地質 Superficial Geology
	立枯林木 Standing dead trees
	生長型 Growth forms
	被種植種類之體積 Volume of species planted
功能 Function (13 項指標)	土壤的化學參數 Chemical soil parameters
	土壤的物理參數 Physical parameters of soil
	生物指標 Bioindicators
	土壤養分含量 Soil nutrient content
	土壤有機質含量 Content of soil organic matter
	功能特徵與功能多樣性 Functional traits and functional diversity
	枯落物之生物量 Litter biomass
	微生物之生物量 Microbial biomass
	存在天然更新 Presence regeneration
	酶的活性 Enzyme activity
	種子散播的類型 Type of seed dispersal
	種子生產 Seed production
	菌根菌 Mycorrhiza

表 32. 監測及評估巴西大西洋森林復育之 14 項生態指標(Londe et al. 2020)

生態指標 Ecological indicator	描述 Description
入侵性的外來草種(%) Aggressive exotic grasses (%)	外來入侵草種的覆蓋度 Soil cover by exotic and/or invasive grasses
林冠覆蓋度(%) Canopy coverage (%)	林木冠層的覆蓋度 Soil cover by tree crowns
平均苗木高度(m) Mean height (m)	出栽或更新個體之高度 Height of planted or regenerating individuals
胸高斷面積(m <sup>2</sup> /ha) Basal area (m <sup>2</sup> /ha)	以出栽或更新 DBH > 4.77 cm 之個體來估算
林木密度(ind./ha) Tree density (ind./ha)	Estimated from planted or regenerating individuals with DBH > 4.77 cm
樹種豐富度(n) Tree species richness (n)	
地區性的樹種(%) Regional tree species (%)	DBH > 4.77 cm 之出栽或更新個 體的物種之比例
動物散播的樹種(%) Zoochoric tree species (%)	Proportion of species of planted or regenerating individuals with DBH > 4.77 cm
非先驅性之樹種(%) Non-pioneer tree species (%)	
更新物種之密度(ind./ha) Density of regenerating species (ind./ha)	DBH ≤ 4.77 cm 之更新個體(非 栽植者) Regenerating (non-planted)
更新物種之豐富度(n) Regenerating species richness (n)	individuals with DBH ≤ 4.77 cm
地區性的更新種類(%) Regional regenerating species (%)	DBH ≤ 4.77 cm 更新個體所佔 的種類比例
動物散播的更新種類(%) Zoochoric regenerating species (%)	Proportion of species based on regenerating individuals with DBH ≤ 4.77 cm
非先驅性之更新種類(%) Non-pioneer regenerating species (%)	

近年國際生態復育學會 (Society for Ecological Restoration; <https://www.ser.org/>)於 2016 年出版了「生態復育實踐之國際標準—包含原則與關鍵概念」 (International Standards for the Practice of Ecological Restoration – Including Principles and Key Concepts, 簡稱 Standard) (McDonald et al. 2016), 隨後在 2019 年進行了第二版之更新 (生態復育實踐之國際原則與標準 International Principles and Standards for the Practice of Ecological Restoration, Gann et al. 2019), 在此一 Standard 中提供了一套生態回復輪與五星評級系統 (ecological recovery wheel and five-star system, 以下簡稱回復輪), 可針對不同特徵給予 0~5 的級別, 藉以產生一個直觀的視覺評估圖; 在回復輪中被評估的 6 項屬性及各屬性所含的 3 項指標(表 33)分別為: (1)威脅的消除—過度利用、入侵物種、污染; (2)環境條件—基質物理情況、基質化學情況、水的理化情況; (3)物種組成—期望的植物、期望的動物、無非期望的物種; (4)結構多樣性—全部的植被層、全部的營養層級、空間的鑲嵌; (5)生態系統功能—生產、棲息地與動植物間的相互作用、彈性及新募等; (6)外部交換—地景流、基因流、生育地連接; 此一生態回復輪可用來評估生態復育之成效, 幫助管理者、實踐者和監管機構建立與溝通期望復育水準的工具, 同時, 相對於參仿模型而言, 五星系統和生態回復輪還可以逐步評估和追蹤本地生態系統隨時間的恢復程度, 並顯示生態復育成效隨著時間推移所表現出的進步。將表 33 所列 6 項屬性及其 18 項指標的評估, 可產生一個視覺評估圖 (如圖 46), 亦即回復輪, 並可藉以比較生態復育實施前後之成效。

表 33. 生態回復輪與五星評級系統(譯自 Gann et al. 2019)

**生態系恢復之評估 EVALUATION OF ECOSYSTEM RECOVERY**

立地Site:	評估者Assessor:	日期Date:
參仿生態系 Reference Ecosystem :		

屬性類別 ATTRIBUTE CATEGORY	恢復等級(1-5) RECOVERY LEVEL (1-5)	恢復等級之證據 EVIDENCE FOR RECOVERY LEVEL
<b>屬性 1. 威脅的消除 ATTRIBUTE 1. Absence of threats</b>		
過度利用Over-utilization		
入侵種Invasive species		
污染Contamination		
<b>屬性 2. 物質的情況 ATTRIBUTE 2. Physical conditions</b>		
基質物理情況Substrate physical		
基質化學情況Substrate chemical		
水的理化情況Water chemo-physical		
<b>屬性 3. 種類組成 ATTRIBUTE 3. Species composition</b>		
期望的植物Desirable plants		
期望的動物Desirable animals		
無非期望物種No undesirable species		
<b>屬性 4. 結構的多樣性 ATTRIBUTE 4. Structural diversity</b>		
全部的植被層All strata present		
全部的營養層級All trophic levels		
空間的鑲嵌Spatial mosaic		
<b>屬性 5. 生態系功能 ATTRIBUTE 5. Ecosystem function</b>		
生產、循環Productivity, cycling		
生育地、交互作用 Habitat & interactions		
彈性、新募Resilience, recruitment		
<b>屬性 6. 與外部的交流 ATTRIBUTE 6. External exchanges</b>		
地景流Landscape flows		
基因流Gene flows		
生育地連接Habitat links		

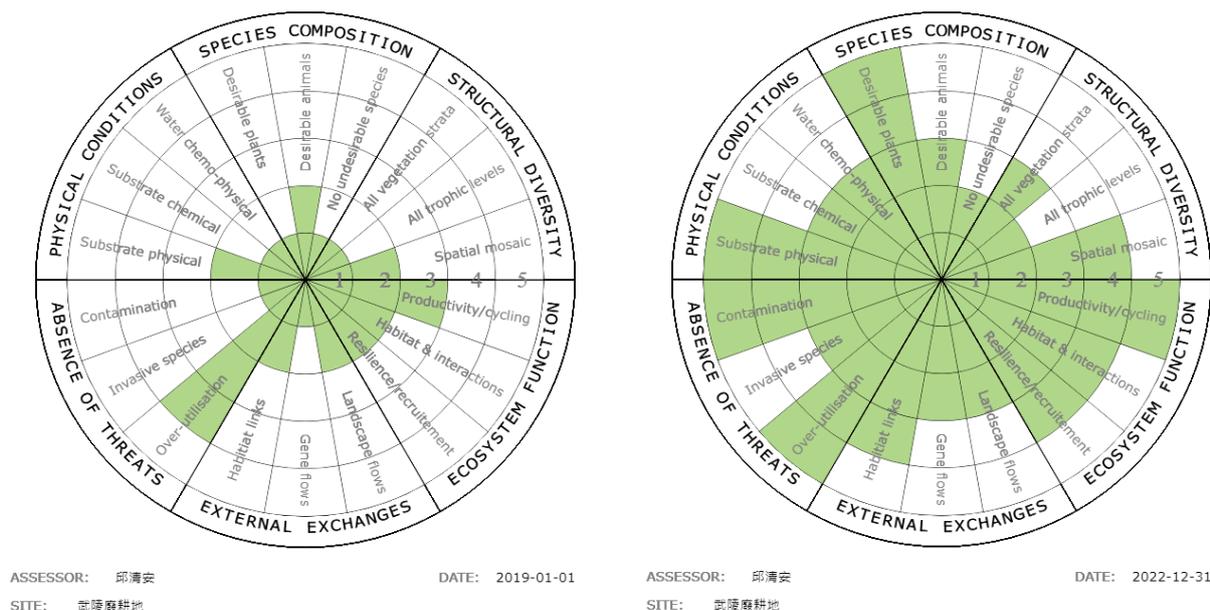


圖 46. 用於評估生態復育成效之回復輪(依照 Gann et al. 2019 進行評估結果之舉例，左—復育前；右—復育後)

採用那些評估項目來衡量生態復育的成效，應兼顧到理想與現實，理想上，SERI (2004)、Ruiz-Jaen & Mitchell Aide (2005)、Shackelford et al. (2013)、Wortley et al. (2013)、Gann et al. (2019)論及了甚多的復育評估項目，也納入動態、地景、功能群、彈性、交互作用等複雜的問題，並建議應同時考慮人類因素及社會經濟層面；然而，對照 Wortley et al. (2013)、Gatica-Saavedra et al. (2017)分析全球生態復育評估實例的結果，可知現實上，在生態復育計畫可納入實際操作的評估指標常受限於可用資源並無法太多、太複雜，因此常用評估指標大多是易於量測、低成本的指標，例如 Massi et al. (2021)認為可使用簡單的指標來代表生態複雜性(ecological complexity)，並以動物散播物種之豐富度來代表功能指標，以非先驅的更新個體之密度來代表組成指標，以以非先驅的更新個體之優勢度來代表結構指標。緣此，武陵廢耕地森林復育成效評估應謹慎選擇符合經營管理目的、實際可達成之評估指標。

綜合上述，本計畫之武陵廢耕地森林復育成效評估，在圖示部分將仿照 Gann et al. (2019)於「生態復育實踐之國際原則與標準」提供的五星評級系統與生態回復輪(表 33、圖 46)；在評估指標部分，Gann et al. (2019)亦提及評估指標可被添加或修改，以對特定的復育專案有更好的代表性，由於本計畫最重要之目的為恢復武陵廢耕地之原有森林，因此本計畫參考 Gatica-Saavedra et al. (2017)、Gann et al. (2019)、Londe et al. (2020)等報告所建議之指標，刪除現階段無需評估或無法評估之指標(如：全部的營養層級、生育地與交互作用、基因流)，並選用選擇符合經營管理目的、實際可達成之評估指標。依據前述，本計畫共計選用 12 項指標(表 34，包括：林木總種數(tree species richness)、非先驅樹種比例(non-pioneer tree speceis, %)、結實林木總種數(fruiting tree species richness)、結實之非先驅樹種比例(fruiting non-pioneer tree species, %)、林木密度(tree density, ind./ha)、樹冠覆蓋度(canopy coverage, %)、林木平均高度(mean height of trees)、入侵雜草之覆蓋度(coverage of invasive weed, %)、所有植物之層次(all plant strata)、土壤 pH (soil pH)、土壤有機質(soil organic matter, %)、動物散播之樹種比例(zoochoric tree species, %)。另外，配合生態回復輪之應用，評估指標應被切分為 0~5 等級來分別代表最差 ~ 最佳的情況，其劃分評估標準如表 34 所示，分別給予評定 0~5 等級，再將各指標之等級仿照圖 46 之生態回復輪來視覺化呈現武陵廢耕地之森林生態復育情況。圖 47 分別為 2014、2022 之復育成效評估結果，顯示 2014 武陵廢耕地復育之前，幾乎未出現原有之林木；經過生態復育造林之後，至 2022 武陵廢耕地復育之後，出現之林木總種數(4 星)已十分豐富，並包含了不少之非先驅樹種(4 星)與動物散播種子之樹種(4 星)，然林木密度仍有不足(3 星)，尚待進一步補植，以待林木生長後增加結實林木總種數(2 星、非先驅樹種 1 星)、提升樹冠覆蓋度(2 星)及林木平均高度(2 星)、降低入侵雜草之覆蓋度(2 星)，而土壤 pH(1 星)及有機質(2 星)變化甚慢，似僅能隨未來森林恢復以逐漸改善。

表 34. 武陵廢耕地森林復育所採用之 12 項生態指標與評估標準

NO	評估指標	說明	0 星	1 星	2 星	3 星	4 星	5 星	2014 及 2022 評估之依據
1	林木總種數 tree species richness (簡稱代碼 R)	出現之原生樹種總數	R=0	$1 \leq R < 10$	$10 \leq R < 30$	$30 \leq R < 60$	$60 \leq R < 100$	$R \geq 100$	2014 於武陵 8.1 ha 廢耕地，僅發現小實女貞、笑靨花 2 種原生灌木各 1 株，屬 1 星範圍。至 2022 為止，於廢耕地共出栽 78 種原生樹種，屬 4 星範圍。
2	非先驅樹種比例(%) non-pioneer tree speceis (%) (簡稱代碼 Rn)	設廢耕地理想中可出現 100 種原生樹種，非先驅樹種所佔百分比	Rn=0	$0 < Rn < 20$	$20 \leq Rn < 40$	$40 \leq Rn < 60$	$60 \leq Rn < 80$	$80 \leq Rn \leq 100$	於武陵 8.1 ha 廢耕地，2014 出現之小實女貞屬非先驅樹種， $Rn=1/100=1\%$ ，屬 1 星範圍。2022 共 60 種非先驅樹種， $Rn=60/100=60\%$ ，屬 4 星範圍
3	結實林木總種數 fruiting tree species richness (簡稱代碼 F)	出現之原生樹種中，已開花結實之樹種數	F=0	$1 \leq F < 10$	$10 \leq F < 20$	$20 \leq F < 30$	$30 \leq F < 40$	$F \geq 40$	於武陵 8.1 ha 廢耕地，2014 未發現已開花結實之樹種， $F=0$ ，屬 0 星範圍。2022 計有 10 種樹種已開花結實， $F=10$ ，屬 2 星範圍。
4	結實之非先驅樹種比例(%) fruiting non-pioneer tree species (%) (簡稱代碼 Fn)	設廢耕地理想中可出現 100 種原生樹種，已開花結實之原生樹種中，非先驅樹種所佔百分比	Fn=0	$0 < Fn < 20$	$20 \leq Fn < 40$	$40 \leq Fn < 60$	$60 \leq Fn < 80$	$80 \leq Fn \leq 100$	於武陵 8.1 ha 廢耕地，2014 未發現已開花結實之非先驅樹種， $Fn=0/100=0$ ，屬 0 星範圍。2022 計有 4 種非先驅樹種已開花結實， $Fn=4/100=4\%$ ，屬 1 星範圍。
5	林木密度 tree density (ind./ha) (簡稱代碼 D)	出現原生林木之密度	D=0	$0 < D < 100$	$100 \leq D < 500$	$500 \leq D < 1000$	$1000 \leq D < 2000$	$D \geq 2000$	2014 於武陵 8.1 ha 廢耕地，僅發現小實女貞、笑靨花 2 種原生灌木各 1 株，D 值趨近於 0%，屬 0 星範圍。2022 監測區(地號 12、55、95、97、117、137、171)之平均林木密度為 966 株/ha，屬 3 星範圍。
6	樹冠覆蓋度(%) canopy coverage (%) (簡稱代碼 C)	原生林木於土地之樹冠覆蓋度	C=0	$0 < C < 20$	$20 \leq C < 40$	$40 \leq C < 60$	$60 \leq C < 80$	$80 \leq C \leq 100$	2014 於武陵 8.1 ha 廢耕地，僅發現小實女貞、笑靨花 2 種原生灌木各 1 株，C 值趨近於 0%，屬 0 星範圍。2022 監測區(地號 12、55、95、97、117、137、171)之平均樹冠覆蓋度為 25%，屬 2 星範圍。

NO	評估指標	說明	0 星	1 星	2 星	3 星	4 星	5 星	2014 及 2022 評估之依據
7	林木平均高度 mean height of trees (簡稱代碼 H)	出現原生林木之平均高度	$H < 1$	$1 \leq H < 2$	$2 \leq H < 5$	$5 \leq H < 10$	$10 \leq H < 20$	$H \geq 20$	2014 於武陵 8.1 ha 廢耕地，僅發現小實女貞、笑靨花 2 種原生灌木少量植株，H 值未及 1 m，屬 0 星範圍。2022 監測區(地號 12、55、95、97、117、137、171)之平均林木高度為 2.39 m，屬 2 星範圍。
8	入侵雜草之覆蓋度 (%) coverage of invasive weed (%) (簡稱代碼 W)	外來入侵雜草於土地之覆蓋度	$W = 100$	$100 > W \geq 80$	$80 > W \geq 60$	$60 > W \geq 40$	$40 > W \geq 20$	$W < 20$	本團隊估計武陵 8.1 ha 廢耕地之外來入侵雜草的覆蓋度，2014 約介於 80~100%，屬 1 星範圍，2022 約介於 60~80%，屬 2 星範圍。
9	所有植物之層次 all plant strata (簡稱代碼 S)	所有植物之不同生活層的層次	無任何植被層	只有草本層	草本層、1 層林木層	草本層、2 層林木層	草本層、3 層林木層(灌木、小喬木、大喬木)	全部植被層均出現，且呈複雜之層次交錯	本團隊估計武陵 8.1 ha 廢耕地之所有植物之層次，2014 幾乎只有草本層，屬 1 星範圍，2022 則已出現草本層、2 層林木層，屬 3 星範圍。
10	土壤 pH soil pH (簡稱代碼 pH)	土壤之 pH 值	$pH \geq 8.0$	$8.0 > pH \geq 7.5$	$7.5 > pH \geq 7.0$	$7.0 > pH \geq 6.5$	$6.5 > pH \geq 6.0$	$6.0 > pH \geq 3.5$	於地號 13、60、78、98、138、150、171 內取土樣分析，2014 之土壤 pH 平均值為 7.71，屬 1 星範圍，2022 之土壤 pH 平均值為 7.54，雖略有下降，但仍屬 1 星範圍。
11	土壤有機質 (%) soil organic matter (%) (簡稱代碼 OM)	土壤之有機質含量 (%)	$OM < 4$	$4 \leq OM < 5$	$5 \leq OM < 6$	$6 \leq OM < 7$	$7 \leq OM < 8$	$OM \geq 8$	於地號 13、60、78、98、138、150、171 內取土樣分析，2014 之土壤有機質均值為 4.79%，屬 1 星範圍，2022 之土壤有機質平均值為 5.13%，屬 2 星範圍。
12	動物散播之樹種比例 (%) zoochoric tree species (%) (簡稱代碼 Z)	設廢耕地理想中可出現 100 種原生樹種，靠動物散播種子之樹種所佔百分比	$Z = 0$	$0 < Z < 10$	$10 \leq Z < 20$	$20 \leq Z < 40$	$40 \leq Z < 60$	$Z \geq 60$	於武陵 8.1 ha 廢耕地，2014 出現之小實女貞屬動物散播樹種， $R_n = 1/100 = 1\%$ ，屬 1 星範圍。2022 共 55 種屬動物散播樹種， $R_n = 55/100 = 55\%$ ，屬 4 星範圍

武陵廢耕地多樣化複層林之生態復育

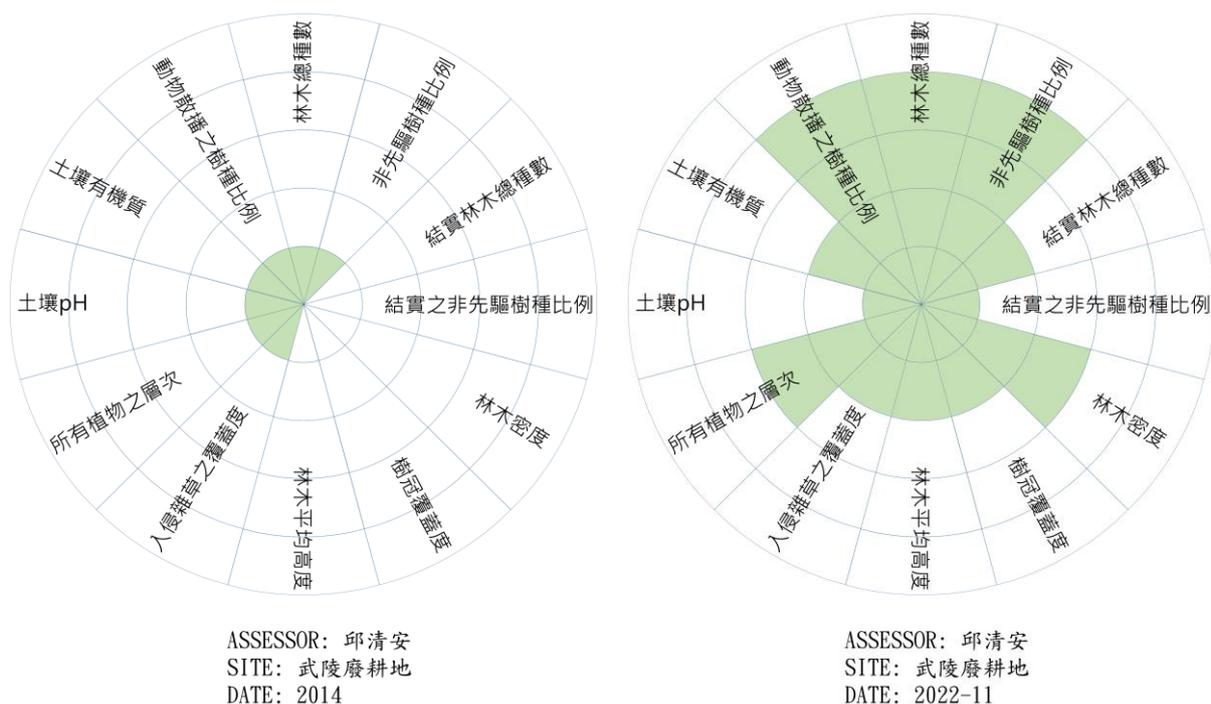


圖 47. 武陵廢耕地森林復育之生態回復輪(左—2014 復育前；右—2022 復育後)

## 第八節、森林復育操作手冊之文稿

武陵森林生態復育操作手冊之內容期能兼具學術性與科普性，並盡可能包含較多的解說圖示及相片，俾利於未來之科學應用與環境教育解說。由於目前國內尚無森林復育操作手冊之相關資料，未來本計畫之復育操作手冊將先參考 FORRU (2006) 出版之 *How to Plant a Forest: The Principles and Practice of Restoring Tropical Forests*、Elliot et al. (2013) 出版之 *Restoring Tropical Forests: A Practical Guide*，並依計畫之進展適度修正文稿之撰寫。目前武陵森林復育操作手冊的大綱如下，詳細的文稿內容則另行印製。

### 第一章 夢想與現實的距離－森林復育之路

#### 1-1 森林退化的危機與復育優先順序

#### 1-2 理想的森林復育－自生演替與人工復育的抉擇

### 第二章 海拔兩千公尺的造林任務－武陵廢耕地復育

#### 2-1 十年樹木－武陵廢耕地復育計畫簡介

#### 2-2 武陵廢耕地復育課題與對策

### 第三章 適地適種－復育目標樹種篩選

#### 3-1 參仿植群的建構

#### 3-2 復育目標樹種屬性劃分

### 第四章 採種與苗木培育

#### 4-1 種子及種苗採集

#### 4-2 種子處理與儲藏

#### 4-3 育苗作業

### 第五章 植樹造林

#### 5-1 苗木出栽時機

#### 5-2 苗木出栽方式改良

#### 5-3 種子直播造林

## **第六章 監測與撫育管理**

### 6-1 生態及環境監測

### 6-2 撫育管理要點及撫育人員注意事項

## **第七章 生態復育成效評估**

### 7-1 生態復育屬性

### 7-2 武陵廢耕地復育生態指標與評估標準

## 第六章、結論與建議

### 一、結論

1. 彙整不同來源之植物名錄，篩選出可能出現於武陵廢耕地之樹種，並邀請 7 位對武陵廢耕地生態造林具有實務經驗之操作者，勾選出其認為適植之樹種，共 87 種為未來武陵廢耕地生態造林之參仿植群樹種名錄。
2. 針對生態造林所需，已採集 60 種 107 株母樹之種子，接續上一年度工作，於 2022-05-04 ~ 05-12 完成出栽，2020-2022 年累積共計 55 種(演替中後期樹種計有 46 種)、9,640 株。
3. 適於武陵廢耕地之出栽造林時機為 4 月 15 日至 6 月 30 日，暖溫的氣候搭配春雨 ~ 梅雨的連續雨季，可有助於苗木之存活與生長。
4. 2020 年造林作業苗木初期存活率為 89%，2021 年苗木初期存活率為 92%，2022 年苗木初期存活率為 96%。2022 年演替前期之物種初期存活率皆達 90% 以上，演替中後期之物種以墨點櫻桃(71%)、屏東木薑子(50%)、紫珠葉泡花樹(50%)其初期存活率偏低，其餘演替中後期物種初期存活率達 85% 以上。
5. 綜合監測資料分析結果及現地觀察，可歸納出臺灣赤楊、山桐子、檫木、山柿、石楠、山枇杷、臺灣石楠、塔塔加櫟等較適合武陵廢耕地造林之樹種，且配合不同樹種之特性進行出栽，能有效提升苗木存活率。
6. 利用植穴坑栽植法之苗木平均存活率達 59%，比較 4 種出栽法之苗木存活率，以 A 無處理(63%)最佳，B 覆稻殼存活率(53%)較差；比較 15 種樹種之苗木存活率，最佳者為山桐子(100%)，最差者為木荷(4%)。

7. 選用臺灣赤楊為研究材料，綜合 2 項栽植方法與 3 種敷蓋處理，以打漿栽植且敷蓋生物炭者存活率(67%)最高，以過篩土栽植且無敷蓋物者及過篩土栽植且敷蓋生物炭者其存活率(40%)最低。
8. 為了解苗木存活與生長均佳的低成本最適盆型，以臺灣赤楊為試驗樹種，進行不同盆型之苗木出栽試驗，結果發現出栽 2.5 年後以 L36 所育之苗木存活率(70.0%)最佳，M14 則最低(43.3%)。
9. 利用不同的栽植配置，期望增加演替後期樹種出栽之苗木的存活率及造林的成功率，選用卡氏槲為試驗樹種，結果可發現樹島栽植的苗木存活率(8.3%)最佳，單株栽植與林間栽植之存活率(3.3%)最差。
10. 山桐子具有觀賞、誘鳥之價值，為此研究團隊於地號 99、99-1、100 等 3 塊區塊營造景觀林並監測，結果發現出栽 3 年後苗高可達 2 m 以上，出栽 6 年後平均苗高為 405.1 cm，較出栽時高出約 351.9 cm。另於 2021-04 監測觀察到部分植株已有花苞之產生，2021-10 已有植株結果，2022-04 部分植株仍宿存前一年果實，且已開始開花，2022-10 已有植株結果。
11. 武陵廢耕地森林復育成效評估共計選用 12 項指標，配合生態回復輪之應用，評估指標應被切分為 0~5 等級來分別代表最差~最佳的情況，經過生態復育造林之後，出現之林木總種數(4 星)已十分豐富，並包含了不少之非先驅樹種(4 星)與動物散播種子之樹種(4 星)，然林木密度仍有不足(3 星)，尚待進一步補植，以待林木生長後增加結實林木總種數(2 星、非先驅樹種 1 星)、提升樹冠覆蓋度(2 星)及林木平均高度(2 星)、降低入侵雜草之覆蓋度(2 星)，而土壤 pH(1 星)及有機質(2 星)變化甚慢，似僅能隨未來森林恢復以逐漸改善。

## 二、建議

1. 武陵廢耕地之生態造林為難得的復育實作機會，建議可考慮請志工或民眾共同參與，且讓志工或民眾能建立復育造林之基本知能。
2. 臺灣中海拔山區有許多超限利用之農耕地已被收回，如：梨山、武陵、丹大，建議未來可積極進行生態復育，將嚴重劣化的高山廢耕地儘早恢復原有之多樣化、複層、健康森林生態系樣貌。

## 參考文獻

- Ackzell L (1993) A comparison of planting, sowing and natural regeneration for *Pinus sylvestris* (L.) in boreal Sweden. *Forest Ecology and Management* 61(3-4): 229-245.
- Andivia E, Madrigal-González J, Villar-Salvador P, Zavala MA (2018) Do adult trees increase conspecific juvenile resilience to recurrent droughts? Implications for forest regeneration. *Ecosphere* 9(6): e02282.
- Asgarzadeh M, Vahdati K, Lotfi M, Arab M, Babaei A, Naderi F, Rouhani G (2014) Plant selection method for urban landscapes of semi-arid cities (a case study of Tehran). *Urban Forestry & Urban Greening* 13(3): 450-458.
- Athy ER, Keiffer CH, Stevens MH (2006) Effects of mulch on seedlings and soil on a closed landfill. *Restoration Ecology* 14: 233-241.
- Attfield R (1994). Rehabilitating nature and making nature habitable. *Royal Institute of Philosophy Supplements* 36: 45-57.
- Bakker JD, Colasurdo LB, Evans JR (2012) Enhancing Garry oak seedling performance in a semiarid environment. *Northwest Science* 86: 300-309.
- Bazzaz FA, Carlson RW (1982) Photosynthetic acclimation to variability in the light environment of early and late successional plants. *Oecologia* 54(3): 313-316.
- Bechara FC, Dickens SJ, Farrer EC, Larios L, Spotswood EN, Mariotte P, Suding KN (2016) Neotropical rainforest restoration: comparing passive, plantation and nucleation approaches. *Biodiversity and Conservation* 25(11): 2021-2034.
- Berger JJ (1991) A generic framework for evaluating complex restoration and conservation projects. *Environmental Professional* 13(3): 254-262.
- Bertoncello R, Oliveira AA, Holl KD, Pansonato MP, Martini AM (2016) Cluster planting facilitates survival but not growth in early development of restored tropical forest. *Basic and Applied Ecology*

- 17(6): 489-496.
- Betts H (2013) The Framework Species Approach to Forest Restoration: Using Functional Traits as Predictors of Species Performance. PhD Thesis. University of Liverpool, United Kingdom.
- Blakesley D, Hardwick K, Elliott S (2002) Research needs for restoring tropical forests in Southeast Asia for wildlife conservation: framework species selection and seed propagation. *New Forests* 24(3): 165-174.
- Boncina A (2011) Conceptual approaches to integrate nature conservation into forest management: a Central European perspective. *International Forestry Review* 13(1): 13-22.
- Camargo JLC, Ferraz IDK, Imakawa AM (2002) Rehabilitation of degraded areas of central Amazonia using direct sowing of forest tree seeds. *Restoration Ecology* 10(4): 636-644.
- Chazdon RL (2013) Making tropical succession and landscape reforestation successful. *Journal of Sustainable Forestry* 32(7): 649-658.
- Chirino E, Vilagrosa A, Hernández EI, Matos A, Vallejo VR (2008) Effects of a deep container on morpho-functional characteristics and root colonization in *Quercus suber* L. seedlings for reforestation in Mediterranean climate. *Forest Ecology and Management* 256(4): 779-785.
- Chiu CA, Lin PH, Lu KC (2009) GIS-based tests for quality control of meteorological data and spatial interpolation of climatic data: a case study in mountainous Taiwan. *Mountain Research and Development* 29(4): 339-349.
- Clewell AF (2000) Restoring for natural authenticity. *Ecological Restoration* 18(4): 216-217.
- Clewell AF, Aronson J (2013) Ecological references. In: A.F. Clewell AF, Aronson J (eds) *Ecological Restoration: Principles, Values, and Structure of an Emerging Profession. The Science and Practice of Ecological Restoration*, pp. 137-153. Island Press, Washington, DC.

- Cortina J, Maestre FT, Vallejo R, Baeza MJ, Valdecantos A, Pérez-Devesa M (2006) Ecosystem structure, function, and restoration success: Are they related? *Journal for Nature Conservation* 14(3): 152-160.
- Crouzeilles R, Ferreira MS, Chazdon RL, Lindenmayer DB, Sansevero JB, Monteiro L, Iribarrem A, Latawiec AE, Strassburg BB (2017) Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. *Science Advances* 3(11): e1701345.
- Cruz Alonso V, Ruiz Benito P, Villar Salvador P, Rey Benayas JM (2019) Long-term recovery of multifunctionality in Mediterranean forests depends on restoration strategy and forest type. *Journal of Applied Ecology* 56: 745-757.
- De Steven D (1991) Experiments on mechanisms of tree establishment in old-field succession: seedling survival and growth. *Ecology* 72(3): 1076-1088.
- DellaSala D, Martin A, Spivak R, Schulke T, Bird B, Criley M, van Daalen C, Kreilick J, Brown R, Aplet G (2003) A citizen's call for ecological forest restoration: Forest restoration principles and criteria. *Ecological Restoration* 21(1): 14-23.
- Diaci J (2006) Nature-based silviculture in Slovenia: origins, development and future trends. *Studia Forestalia Slovenica* (126): 119-131.
- Dominguez-Lerena S, Sierra NH, Manzano IC, Bueno LO, Rubira JP, Mexal JG (2006) Container characteristics influence *Pinus pinea* seedling development in the nursery and field. *Forest Ecology and Management* 221(1-3): 63-71.
- Dostálek J, Weber M, Matula S, Frantík T (2007) Forest stand restoration in the agricultural landscape: the effect of different methods of planting establishment. *Ecological Engineering* 29: 77-86.
- Duncker PS, Raulund-Rasmussen K, Gundersen P, Katzensteiner K, De Jong J, Ravn HP, Smith M, Eckmüllner O, Spiecker H (2012) How forest management affects ecosystem services, including timber production and economic return: synergies and trade-offs. *Ecology and Society* 17(4): 50.

- Elliot S, Blakesley D, Hardwick K (2013) *Restoring Tropical Forests: A Practical Guide*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Elliott S, Navakitbumrung P, Kuarak C, Zangkum S, Anusarnsunthorn V, Blakesley D (2003) Selecting framework tree species for restoring seasonally dry tropical forests in northern Thailand based on field performance. *Forest Ecology and Management* 184(1): 177-191.
- Florentine SK, Pohlman CL, Westbrooke ME (2016) The effectiveness of different planting frameworks for recruitment of tropical rainforest species on ex-rainforest land. *Restoration Ecology* 24(3): 364-372.
- Florentine SK, Westbrooke ME (2004) Evaluation of alternative approaches to rainforest restoration on abandoned pasturelands in tropical north Queensland, Australia. *Land Degradation & Development* 15: 1-13.
- FORRU (Forest Restoration Research Unit) (2006) *How to Plant a Forest: The Principles and Practice of Restoring Tropical Forests*. Chiang Mai University Press, Thailand.
- Frelich LE, Jõgiste K, Stanturf JA, Parro K, Baders E (2018) Natural disturbances and forest management: interacting patterns on the landscape. In: Perera AH, Peterson U, Pastur GM, Iverson LR (eds.) *Ecosystem Services from Forest Landscapes*. Springer, Cham. pp. 221-248.
- Gann GD, McDonald T, Walder B, Aronson J, Nelson CR, Jonson J, Hallett JG, Eisenberg C, Guariguata MR, Liu J, Hua F, Echeverría C, Gonzales E, Shaw N, Decler K, Dixon KW (2019). *International Standards for the Practice of Ecological Restoration—Including Principles and Key Concepts*. Second Edition. Society for Ecological Restoration: Washington, DC, USA.
- Gatica-Saavedra P, Echeverría C, Nelson CR (2017) Ecological indicators for assessing ecological success of forest restoration: a world review. *Restoration Ecology* 25(6): 850-857.
- Gerstenberg T, Hofmann M (2016) Perception and preference of trees: a psychological contribution to tree species selection in urban areas. *Urban Forestry & Urban Greening* 15: 103-111.

- Goebel PC, Wyse TC, Corace III RG (2005) Determining reference ecosystem conditions for disturbed landscapes within the context of contemporary resource management issues. *Journal of Forestry* 103(7): 351-356.
- Goosem S, Tucker N (1995) Repairing the rainforest: theory and practice of rainforest re-establishment in North Queensland's wet tropics. Wet Tropics Management Authority, Cairns.
- Guillermo MP (1992) Evaluation of Assisted Natural Regeneration (ANR) as a Strategy for Reforestation: the Case of the Bamban Reforestation Project, Bamban, Tarlac. MSc thesis, Philippines University, Los Banos, College, Laguna, Philippines.
- Guzmán-Luna A, Martínez-Garza C (2016) Performance of 15 tropical tree species recruited or transplanted on restoration settings. *Botanical Sciences* 94: 773.
- Hardwick K, Healey JR, Elliott S, Blakesley D (2004) Research needs for restoring seasonal tropical forests in Thailand: accelerated natural regeneration. *New Forests* 27(3): 285-302.
- Herriman KR, Davis AS, Apostol KG, Kildisheva OA, Ross-Davis AL, Dumroese RK (2016) Do container volume, site preparation, and field fertilization affect restoration potential of Wyoming big sagebrush?. *Natural Areas Journal* 36(2): 194-201.
- Hobbs RJ, Norton DA (1996) Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology* 4(2): 93-110.
- Hoffmann WA, Poorter H (2002) Avoiding bias in calculations of relative growth rate. *Annals of Botany* 90(1): 37-42.
- Holl KD, Loik ME, Lin EH, Samuels IA (2000) Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology* 8: 339-349.
- Horstman E, Ayón J, Griscom H (2018) Growth, survival, carbon rates for some dry tropical forest trees used in enrichment planting in the Cerro Blanco protected forest on the Ecuadorian coast. *Journal of Sustainable Forestry* 37(2): 82-96.

- Hsu YM, Tseng MJ, Lin CH (1996) Container volume affects growth and development of wax apple. *HortScience* 31(7): 1139-1142.
- Huy B, Tri PC, Triet T (2018) Assessment of enrichment planting of teak (*Tectona grandis*) in degraded dry deciduous dipterocarp forest in the Central Highlands, Vietnam. *Southern Forests: A Journal of Forest Science* 80(1): 75-84.
- Inman-Narahari F, Ostertag R, Asner GP, Cordell S, Hubbell SP, Sack L (2014) Trade-offs in seedling growth and survival within and across tropical forest microhabitats. *Ecology and evolution* 4(19): 3755-3767.
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC; Penman J, Gytarsky M, Hiraishi T, Krug T, Kruger D, Pipatti R, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K, Wagner F (eds.)] (2003) Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. The Institute for Global Environmental Strategies for the IPCC and IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Hayama, Kanagawa, Japan.
- Jiménez MN, Pinto JR, Ripoll MA, Sánchez-Miranda A, Navarro FB (2017) Impact of straw and rock-fragment mulches on soil moisture and early growth of holm oaks in a semiarid area. *CATENA* 152: 198-206.
- Kerr G, Simpson J (1999) What is continuous cover forestry? Information Note. Forestry Commission, Edinburgh, 8 pp.
- Kettenring KM, Mercer KL, Adams CR, Hines J (2014) EDITOR'S CHOICE: Application of genetic diversity–ecosystem function research to ecological restoration. *Journal of Applied Ecology* 51(2): 339-348.
- Knowles OH, Parrotta JA (1995) Amazon forest restoration: an innovative system for native species selection based on phonological data and field performance indices. *The Commonwealth Forestry Review* 74: 230-243.
- Kuo YL, Yeh CL (2015) Photosynthetic capacity and shade tolerance of 180 native broadleaf tree species in Taiwan. *Taiwan J For Sci* 30(4): 229-243.

- Lamb D, Erskine PD, Parrotta JA (2005) Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science* 310: 1628-1632.
- Lamb D, Gilmour D (2003) Rehabilitation and Restoration of Degraded Forests. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK and WWF, Gland, Switzerland. 110 pp.
- Laughlin DC, Clarkson BD (2018) Tree seedling survival depends on canopy age, cover and initial composition: trade-offs in forest restoration enrichment planting. *Ecological Restoration* 36(1): 52-61.
- Loflen C, Hettesheimer H, Busse LB, Watanabe K, Gersberg RM, Lüderitz V (2016) Inadequate monitoring and inappropriate project goals: a case study on the determination of success for the Forester Creek Improvement Project. *Ecological Restoration* 34(2):124-134.
- Londe V, Farah FT, Rodrigues RR, Martins FR (2020) Reference and comparison values for ecological indicators in assessing restoration areas in the Atlantic Forest. *Ecological Indicators* 110: 105928.
- Lu Y, Ranjitkar S, Harrison RD, Xu J, Ou X, Ma X, He J (2017) Selection of native tree species for subtropical forest restoration in southwest China. *PloS one* 12(1): e0170418.
- Luoranen J, Viiri H (2016) Deep planting decreases risk of drought damage and increases growth of Norway spruce container seedlings. *New Forests* 47(5): 701-714.
- Mangueira JRSA, Holl KD, Rodrigues RR (2019) Enrichment planting to restore degraded tropical forest fragments in Brazil. *Ecosystems and People* 15(1): 3-10.
- Massi, K. G., Chaves, R. B., & Tambosi, L. R. (2022). Simple indicators are good proxies for ecological complexity when assessing Atlantic Forest restoration success. *Restoration Ecology*, 30(3), e13520.
- Matthes-Sears U, Larson DW (1999) Limitations to seedling growth and survival by the quantity and quality of rooting space: implications for the establishment of *Thuja occidentalis* on cliff faces. *International Journal of Plant Sciences* 160(1): 122-128.
- Maxwell JF, Elliott S (2001) Vegetation and vascular flora of Doi Suthep-

- Pui National Park, Chiang Mai Province, Thailand. Thai Studies in Biodiversity 5. Biodiversity Research and Training Programme, Bangkok.
- Mazón, M., Aguirre, N., Echeverría, C., & Aronson, J. (2019). Monitoring attributes for ecological restoration in Latin America and the Caribbean region. *Restoration Ecology*, 27(5), 992-999.
- McConnughay KDM, Bazzar FA (1991) Is physical space a soil resource?. *Ecology* 72(1): 94-103
- McDonald T, Gann G, Jonson J, Dixon K (2016) International Standards for the Practice of Ecological Restoration—Including Principles and Key Concepts. Society for Ecological Restoration: Washington, DC, USA.
- Mendoza I, Gómez-Aparicio L, Zamora R, Matías L (2009) Recruitment limitation of forest communities in a degraded Mediterranean landscape. *Journal of Vegetation Science* 20: 367-376.
- Miller SJ, Pruitt BA, Theiling CH, Fischenich JC, Komlos SB (2012) Reference concepts in ecosystem restoration and environmental benefits analysis (EBA): principles and practices. ERDC TN-EMRRP-EBA-12.
- Miyawaki A (1993) Restoration of native forest from Japan to Malaysia. In: Lieth H, Lohmann M (eds.) *Restoration of Tropical Forest Ecosystems*. Kluwer Academic, Dordrecht, Netherlands. pp. 5-24.
- Miyawaki A (1999) Creative ecology: restoration of native forests by native trees. *Plant Biotechnology* 16: 15-26.
- Miyawaki A (2004) Restoration of living environment based on vegetation ecology: theory and practice. *Ecological Research* 19(1): 83-90.
- Nabuurs GJ, Masera O, Andrasko K, Benitez-Ponce P, Boer R, Dutschke M, Elsiddig E, Ford-Robertson J, Frumhoff P, Karjalainen T, Krankina O, Kurz WA, Matsumoto M, Oyhantcabal W, Ravindranath NH, Sanz Sanchez MJ, Zhang X (2007) Forestry. In: Metz B, Davidson OR, Bosch PR, Dave R, Meyer LA (eds.) *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth*

- Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Noe GB, Fellows MQ, Parsons L, West J, Callaway J, Trnka S, Wegener M, Zedler J (2019) Adaptive management assists reintroduction as higher tides threaten an endangered salt marsh plant. *Restoration Ecology* 27(4): 750–757.
- Oldfield SF, Olwell P, Shaw N, Havens K (2019) *Seeds of Restoration Success: Wild Lands and Plant Diversity in the U.S.* Springer, Cham, Switzerland.
- Oliet JA, Artero F, Cuadros S, Puértolas J, Luna L, Grau JM (2012) Deep planting with shelters improves performance of different stocktype sizes under arid Mediterranean conditions. *New Forests* 43(5-6): 925-939.
- Oliet JA, De Castro AV, Puértolas J (2015) Establishing *Quercus ilex* under Mediterranean dry conditions: sowing recalcitrant acorns versus planting seedlings at different depths and tube shelter light transmissions. *New Forests* 46(5-6): 869-883.
- Olson MG, Hossain S, Cunningham K, Pelkki MH, Stuhlinger C (2018) Rehabilitating degraded hardwood stands on a bottomland terrace site with overstory removal and oak enrichment planting: 14-year results. *Open Journal of Forestry* 8(4): 459.
- Padilla FM, Pugnaire FI (2006) The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4(4): 196-202.
- Pommerening A, Murphy ST (2004) A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. *Forestry* 77(1): 27-44.
- Prach K, Durigan G, Fennessy S, Overbeck GE, Torezan JM, Murphy SD (2019). A primer on choosing goals and indicators to evaluate ecological restoration success. *Restoration Ecology* 27(5): 917-923.
- Quintana – Ascencio PF, Ramírez – Marcial N, González – Espinosa M,

- Martínez-Icó M (2004) Sapling survival and growth of coniferous and broad-leaved trees in successional highland habitats in Mexico. *Applied Vegetation Science* 7(1): 81-88.
- Raf A, Negussie A, Maes W, November E, Hermy M, Muys B (2007) Restoration of dry Afromontane forest using pioneer shrubs as nurse-plants for *Olea europaea* ssp. *cuspidata*. *Restoration Ecology* 15(1): 129-138.
- Raman TR, Mudappa D, Kapoor V (2009) Restoring rainforest fragments: survival of mixed native species seedlings under contrasting site conditions in the western Ghats, India. *Restoration Ecology* 17: 137-147.
- Rappaport D, Montagnini F (2014) Tree species growth under a rubber (*Hevea brasiliensis*) plantation: native restoration via enrichment planting in southern Bahia, Brazil. *New Forests* 45(5): 715-732.
- Reid JL, Holl KD (2013) Arrival  $\neq$  survival. *Restoration Ecology* 21: 153-155.
- Rodríguez Uña A, Cruz Alonso V, Rohrer Z, Martínez Baroja L (2020) Fresh perspectives for classic forest restoration challenges. *Restoration Ecology* 28(1): 12-15.
- Roessiger J, Griess VC, Knoke T (2011) May risk aversion lead to near-natural forestry? A simulation study. *Forestry* 84(5): 527-537.
- Rollan CD, Li R, San Juan JL, Dizon L, Ong KB (2018) A planning tool for tree species selection and planting schedule in forestation projects considering environmental and socio-economic benefits. *Journal of Environmental Management* 206: 319-329.
- Roy S (2017) Anomalies in Australian municipal tree managers' street-tree planting and species selection principles. *Urban Forestry & Urban Greening* 24: 125-133.
- Ruiz Jaen MC, Mitchell Aide T (2005) Restoration success: how is it being measured? *Restoration Ecology* 13(3): 569-577.
- Schütz JP (1999) Close-to-nature silviculture: is this concept compatible with species diversity? *Forestry* 72(4): 359-366.

- SER (Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group) (2004) The SER International Primer on Ecological Restoration. [www.ser.org](http://www.ser.org) & Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- Shackelford N, Hobbs RJ, Burgar JM, Erickson TE, Fontaine JB, Laliberté E, Ramalho CE, Perring MP, Standish RJ (2013) Primed for change: developing ecological restoration for the 21st century. *Restoration Ecology* 21(3): 297-304.
- Shea K (2007) How the wood moves. *Science* 315: 1231-1232.
- Shono K, Cadaweng EA, Durst PB (2007) Application of assisted natural regeneration to restore degraded tropical forestlands. *Restoration Ecology* 15(4): 620-626.
- Silva RR, Vieira DL (2017) Direct seeding of 16 Brazilian savanna trees: responses to seed burial, mulching and an invasive grass. *Applied Vegetation Science* 20(3): 410-421.
- Siry JP, Cabbage FW, Ahmed MR (2005) Sustainable forest management: global trends and opportunities. *Forest Policy and Economics* 7(4): 551-561.
- Society for Ecological Restoration International, Science & Policy Working Group (SERI) (2004) The SER International Primer on Ecological Restoration. Tucson AZ: SERI. <https://www.ser-rrc.org/resource/the-ser-international-primer-on/>
- Stanturf JA, Palik BJ, Dumroese RK (2014) Contemporary forest restoration: a review emphasizing function. *Forest Ecology and Management* 331: 292-323.
- Steyer GD, Twilley RR, Raynie RC (2006) An integrated monitoring approach using multiple reference sites to assess sustainable restoration in coastal Louisiana. In: Aguirre-Bravo C, Pellicane PJ, Burns DP, Draggan S (eds.) *Monitoring Science and Technology Symposium: Unifying Knowledge for Sustainability in the Western Hemisphere Proceedings RMRS-P-42CD*. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. pp. 326-333.

- Stoddard J, Larsen P, Hawkins CP, Johnson R, Norris R (2006) Setting expectations for the ecological condition of running waters: the concept of reference conditions. *Ecological Applications* 16:1267-1276.
- Suganuma MS, Durigan G (2015) Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. *Restoration Ecology* 23: 238-251.
- Urretavizcaya MF, Defossé GE (2013) Effects of nurse shrubs and tree shelters on the survival and growth of two *Austrocedrus chilensis* seedling types in a forest restoration trial in semiarid Patagonia, Argentina. *Annals of forest science* 70(1): 21-30.
- Vogt J, Gillner S, Hofmann M, Tharang A, Dettmann S, Gerstenberg T, Schmidt C, Gebauer H, Van K, UtaBerger U, Roloff A (2017) Citree: A database supporting tree selection for urban areas in temperate climate. *Landscape and Urban Planning* 157: 14-25.
- Ward TM, Donnelly JR, Carl CH (1981) The effects of containers and media on sugar maple seedling growth. *Tree Planters' Notes* 32(3): 15-17.
- White PS, Walker JL (1997) Approximating nature's variation: selecting and using reference information in restoration ecology. *Restoration Ecology* 5(4): 338-349.
- Wortley L, Hero JM, Howes M (2013) Evaluating ecological restoration success: a review of the literature. *Restoration ecology* 21(5): 537-543.
- Yang L, Ren H, Liu N, Wang J (2010) The shrub *Rhodomyrtus tomentosa* acts as a nurse plant for seedlings differing in shade tolerance in degraded land of South China. *Journal of Vegetation Science* 21(2): 262-272.
- Yelenik SG, DiManno N, D'Antonio CM (2015) Evaluating nurse plants for restoring native woody species to degraded subtropical woodlands. *Ecology and evolution* 5(2): 300-313.
- 王世彬、林讚標、簡慶德 (1995) 林木種子儲藏性質的分類。林業試

- 驗所研究報告季刊 10(2)：255-276。
- 王志強 (2008) 武陵地區原生植栽應用名錄調查分析及評選研究。雪霸國家公園管理處委託辦理計畫。
- 王亞男 (2017) 臺灣育林的過去、現在與未來。林業研究專訊 24(1)：6-10。
- 王相華、陳正豐 (2010) 中海拔廢耕地生態復舊作業方式綜合探討—以蓮花池農墾地為例。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。
- 王偉 (2010) 雪山主峰沿線植群生態學之研究。國立中興大學森林學系碩士論文。共 108 頁。
- 王淑媚 (2009) 鰲峰山森林復育之初探。國立臺灣大學森林環境暨資源學研究所學位論文。
- 王震哲、邱文良、張和明 (2012) 臺灣維管束植物紅皮書初評名錄。行政院農業委員會特有生物研究保育中心，臺灣。
- 吳長銓 (2012) 杉木苗根系打泥漿造林試驗研究。安徽農業通報 18(15)：126-127。
- 李永忠 (2015) 提高大苗八月桂移栽成活率的技術探討。中國科技信息 7：96-97。
- 李明仁、何坤益、陳右農 (2010) 育林實務手冊。行政院農委會林務局。共 352 頁。
- 谷婉萍 (2016) 不同敷蓋資材對菜豆(*Phaseolus vulgaris* L.)生育與產量之影響。國立中興大學土壤環境科學系所碩士論文。
- 林世宗、郭幸榮(主編) (2022) 林業實務專業叢書-育苗造林。行政院農業委員會林務局。
- 林怡秀 (2008) 行道樹樹種選擇專家系統建立之研究。中興大學園藝學系所學位論文。
- 林讚標 (1995) 數種殼斗科植物種子之儲藏性質—赤皮、青剛櫟、森氏櫟與高山櫟。林業試驗所研究報告季刊 10(1)：9-13。
- 邱志明 (2010) 臺灣人工林經營新思維—師法自然，近自然林的經營。林業研究專訊 17(5)：7-12。
- 邱祈榮、陳子英、謝長富、劉和義、葉慶龍、王震哲 (2009) 臺灣現生天然植群圖集。行政院農業委員會林務局。

- 邱清安 (2012) 復育生態學之初探。中華林學季刊 45(2): 203-212。
- 邱清安 (2019) 恢復武陵廢耕地之森林生態系：復育對策與實踐。雪霸國家公園管理處委託辦理計畫成果報告。
- 邱清安、王志強、陳韋志、李美芬、廖敏君 (2018) 原生景觀植物篩選及其應用芻議：以陽明山國家公園為例。國家公園學報 28(1): 59-71。
- 邱清安、徐憲生 (2015) 面對退化地之抉擇：被動的自生演替恢復 vs. 主動的人為生態復育。林業研究季刊 37(2): 85-98。
- 邱清安、郭嘉宜、柯志憲、賴宜鈴、徐憲生 (2019) 臺灣赤楊於武陵廢耕地造林之新途徑：苗坑凹植法與復育策略。林業研究季刊 41(1): 49-64。
- 邱清安、曾喜育、王俊閔、吳佺鴻、曾彥學 (2012) 東勢林場植物資源調查及其生態復育芻議。林業研究季刊 34(1): 13-38。
- 邱清安、鄒裕民、吳正宗、顏江河、蔡尚惠 (2016) 武陵廢耕地之森林生態復育。雪霸國家公園管理處委託辦理計畫成果報告。
- 徐憲生 (2006) 七家灣溪濱岸植群監測與地景變遷。國立中興大學森林學系碩士論文。共 111 頁
- 許原瑞 (1997) 造林苗木品質與培育管理。臺灣省林業試驗所印行。
- 郭幸榮 (2006) 育林手冊。行政院農業委員會林務局。共 315 頁。
- 郭華仁 (2015) 種子學。國立臺灣大學出版中心。
- 陳佩君 (2016) 景觀植物專家系統建構之研究。國立中興大學園藝學系博士論文。
- 陸元昌、樂慎強、張守攻、雷相東、包源 (2010) 從法正林轉向近自然林：德國多功能森林經營在國家、區域和經營單位層面的實踐。世界林業研究 23(1): 1-11。
- 黃作舟 (2011) 木荷裸根苗根系打泥漿造林試驗。綠色科技 7: 52-53。
- 楊正釗、林讚標、郭幸榮 (2006) 臺灣油杉種子的儲藏性質。臺灣林業科學 21(2): 179-189。
- 楊正釗 (2007) 臺灣十九種原生林木種子儲藏行為之比較研究。臺灣大學森林環境暨資源學研究所學位論文。
- 楊正釗 (2017) 8 種臺灣原生具造林潛力殼斗科樹木種子的採集、發

- 芽與儲藏。林業研究專訊 24(5)：38-43。
- 楊淳正 (2013) 復育物種選擇之研究-以蓮華池地區為例。臺灣大學森林環境暨資源學研究所學位論文。
- 楊榮啟、林文亮 (2003) 從保育重於收穫觀點論臺灣的森林經營管理。臺灣林業 29(3)：32-40。
- 楊榮啟、林文亮 (2004) 漫談法正林。臺灣林業 30(3)：70-72。
- 鄭統隆、宋濟民 (1998) 芹菜種子篩選分級之研究。農林學報 47(3)：89-110。
- 臺灣植物紅皮書編輯委員會 (2017) 2017 臺灣維管束植物紅皮書名錄。行政院農業委員會特有生物研究保育中心、行政院農業委員會林務局、臺灣植物分類學會，南投。
- 鍾明哲、楊智凱 (2012) 台灣民族植物圖鑑。臺北市：晨星出版社。
- 簡慶德 (2012a) 18 種重要造林樹種育苗作業規範之制定。行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 tfbc-1010532。
- 簡慶德 (2012b) 優良林木種子的採集處理與保存。林業研究專訊 19(4)：18-20。
- 簡慶德 (2013a) 18 種重要造林樹種育苗作業規範之制定。行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 tfbc-1010532。
- 簡慶德 (2013b) 林木種子與森林環境。臺灣林業 39(1)：68-71。
- 簡慶德 (2018) 林木種子生產與處理。林世宗、郭幸榮(主編)，育苗造林，林務局林業實務專業叢書，65-86 頁。
- 關秉宗、夏禹九、林世宗 (2006) 健全陸域生物多樣性監測系統與評定擬復育劣化環境順序。行政院國家科學委員會專題研究計畫 (NSC93-2621-B-002-025) 研究報告。

## 附錄一、本報告書出現之植物名錄

NO	採用之中文用名	學名	其他中文名稱
1	臺灣冷杉	<i>Abies kawakamii</i> (Hayata) Tak. Itô	
2	樟葉槭	<i>Acer albopurpurascens</i> Hayata	
3	尖葉槭	<i>Acer kawakamii</i> Koidz.	川上氏槭
4	臺灣紅榨槭	<i>Acer morrisonense</i> Hayata	
5	青楓	<i>Acer serrulatum</i> Hayata	
6	臭椿	<i>Ailanthus altissima</i> (Miller) Swingle var. <i>tanakae</i> (Hayata) Sasaki	臺灣樗樹
7	合歡	<i>Albizia julibrissin</i> Durazz.	
8	假赤楊	<i>Alniphyllum pterospermum</i> Matsum.	
9	臺灣赤楊	<i>Alnus formosana</i> (Burkill ex Forbes & Hemsl.) Makino	赤楊
10	普來氏月桃	<i>Alpinia pricei</i> Hayata	
11	裡白椴木	<i>Aralia bipinnata</i> Blanco	
12	領垂豆	<i>Archidendron lucidum</i> (Benth.) I. Nielsen	
13	艾	<i>Artemisia indica</i> Willd.	
14	高山艾	<i>Artemisia oligocarpa</i> Hayata	
15	臺灣蘆竹	<i>Arundo formosana</i> Hack.	
16	瓊楠	<i>Beilschmiedia erythrophloia</i> Hayata	
17	大花咸豐草	<i>Bidens pilosa</i> L. var. <i>radiata</i> Sch. Bip.	
18	芥藍	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i>	
19	大扁雀麥	<i>Bromus catharticus</i> Vahl	
20	構樹	<i>Broussonetia papyrifera</i> (L.) L'Hér. ex Vent.	
21	杜虹花	<i>Callicarpa formosana</i> Rolfe	臺灣紫珠
22	短柱山茶	<i>Camellia brevistyla</i> (Hayata) Cohen- Stuart	
23	日本山茶	<i>Camellia japonica</i> L.	山茶、茶花、鳳凰山茶
24	川上氏鵝耳櫪	<i>Carpinus kawakamii</i> Hayata	阿里山千金榆
25	卡氏槠	<i>Castanopsis cuspidata</i> (Thunb.) Schottky var. <i>carlesii</i> (Hemsl.) Yamaz.	長尾栲、長尾尖葉槠
26	南華南蛇藤	<i>Celastrus hindsii</i> Benth.	
27	朴樹	<i>Celtis sinensis</i> Pers.	
28	臺灣粗榧	<i>Cephalotaxus wilsoniana</i> Hayata	

NO	採用之中文用名	學名	其他中文名稱
29	紅檜	<i>Chamaecyparis formosensis</i> Matsum.	
30	臺灣扁柏	<i>Chamaecyparis obtusa</i> Siebold & Zucc. var. <i>formosana</i> (Hayatya) Rehder	
31	山肉桂	<i>Cinnamomum insulari-montanum</i> Hayata	臺灣肉桂
32	香桂	<i>Cinnamomum subavenium</i> Miq.	
33	加拿大蓬	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	
34	野茼蒿	<i>Conyza sumatrensis</i> (Retz.) Walker	
35	柳杉	<i>Cryptomeria japonica</i> (L. f.) D. Don	
36	香杉	<i>Cunninghamia konishii</i> Hayata	巒大杉
37	杉木	<i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb.) Hook.	
38	筆筒樹	<i>Cyathea lepifera</i> (J. Sm. ex Hook.) Copel.	
39	赤皮	<i>Cyclobalanopsis gilva</i> (Blume) Oerst.	
40	青剛櫟	<i>Cyclobalanopsis glauca</i> (Thunb.) Oerst.	
41	圓果青剛櫟	<i>Cyclobalanopsis globosa</i> W. F. Lin & T. Liu	
42	錐果櫟	<i>Cyclobalanopsis longinux</i> (Hayata) Schottky	
43	森氏櫟	<i>Cyclobalanopsis morii</i> (Hayata) Schottky	赤柯、森氏桐
44	毬子櫟	<i>Cyclobalanopsis sessilifolia</i> (Blume) Schottky	
45	狹葉櫟	<i>Cyclobalanopsis stenophylloides</i> (Hayata) Kudo & Masam. ex Kudo	
46	錐果櫟	<i>Cyclobalanopsis longinux</i> (Hayata) Schott.	桐子、錐果桐
47	奧氏虎皮楠	<i>Daphniphyllum glaucescens</i> Blume subsp. <i>oldhamii</i> (Hemsl.) T. C. Huang var. <i>oldhamii</i> (Hemsl.) T. C. Huang	
48	大葉溲疏	<i>Deutzia pulchra</i> Vidal	
49	山紅柿	<i>Diospyros morrisiana</i>	
50	山柿	<i>Diospyros japonica</i> Siebold & Zucc.	日本柿
51	鄧氏胡頹子	<i>Elaeagnus thunbergii</i>	
52	小葉胡頹子	<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb.	

NO	採用之中文用名	學名	其他中文名稱
53	薯豆	<i>Elaeocarpus japonicus</i> Siebold & Zucc.	
54	杜英	<i>Elaeocarpus sylvestris</i> (Lour.) Poir.	
55	山枇杷	<i>Eriobotrya deflexa</i> (Hemsl.) Nakai	
56	源一木	<i>Euonymus carnosus</i> Hemsl.	厚葉衛矛
57	臺灣澤蘭	<i>Eupatorium formosanum</i> Hayata	
58	假柃木	<i>Eurya crenatifolia</i> (Yamamoto) Kobuski	
59	野鴉椿	<i>Euscaphis japonica</i> (Thunb.) Kanitz	
60	羊茅	<i>Festuca ovina</i> L.	
61	牛奶榕	<i>Ficus erecta</i> Thunb. var. <i>beeheyana</i> (Hook. & Arn.) King	
62	白雞油	<i>Fraxinus griffithii</i> C. B. Clarke	光臘樹
63	臺灣椴	<i>Fraxinus insularis</i> Hemsl.	
64	白珠樹	<i>Gaultheria cumingiana</i> Vidal	冬青油樹
65	苞花蔓	<i>Geophila herbacea</i> (Jacq.) Kuntze	
66	大頭茶	<i>Gordonia axillaris</i> (Roxb.) Dietr.	
67	臺灣青莢葉	<i>Helwingia japonica</i> (Thunb.) Dietr. subsp. <i>formosana</i> (Kaneh. & Sasaki) H. Hara & S. Kuros.	臺灣葉長花
68	山芙蓉	<i>Hibiscus taiwanensis</i> S. Y. Hu	
69	天料木	<i>Homalium cochinchinensis</i> (Lour.) Druce	
70	高山藤繡球	<i>Hydrangea aspera</i> D. Don	
71	華八仙	<i>Hydrangea chinensis</i> Maxim.	
72	山桐子	<i>Idesia polycarpa</i> Maxim.	
73	朱紅水木	<i>Ilex micrococca</i> Maxim.	
74	白花八角	<i>Illicium anisatum</i> L.	
75	臺灣胡桃	<i>Juglans cathayensis</i> Dode	野核桃
76	香青	<i>Juniperus squamata</i> Buch.-Ham. ex Lamb.	玉山圓柏
77	九芎	<i>Lagerstroemia subcostata</i> Koehne	
78	日本女貞	<i>Ligustrum liukuense</i> Koidz.	
79	小實女貞	<i>Ligustrum sinense</i> Lour.	
80	臺灣百合	<i>Lilium formosanum</i> Wallace	
81	楓香	<i>Liquidambar formosana</i> Hance	

NO	採用之中文用名	學名	其他中文名稱
82	杏葉石櫟	<i>Lithocarpus amygdalifolius</i> (Skan) Hayata	
83	長葉木薑子	<i>Litsea acuminata</i> (Blume) Kurata	竹葉楠
84	屏東木薑子	<i>Litsea akoensis</i> Hayata	
85	山胡椒	<i>Litsea cubeba</i> (Lour.) Pers.	馬告
86	霧社木薑子	<i>Litsea elongata</i> (Wall. ex Nees) Benth. & Hook. f. var. <i>mushaensis</i> (Hayata) J. C. Liao	
87	多花黑麥草	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	
88	南燭	<i>Lyonia ovalifolia</i> (Wall.) Drude	
89	日本楨楠	<i>Machilus japonica</i> Siebold & Zucc.	假長葉楠
90	紅楠	<i>Machilus thunbergii</i> Siebold & Zucc.	豬腳楠
91	香楠	<i>Machilus zuihoensis</i> Hayata	
92	十大功勞	<i>Mahonia japonica</i> (Thunb.) DC.	
93	阿里山十大功勞	<i>Mahonia oiwakensis</i> Hayata	
94	臺灣蘋果	<i>Malus doumeri</i> (Bois.) Chev.	
95	湖北海棠	<i>Malus hupehensis</i> (Pamp.) Rehd.	
96	紫珠葉泡花樹	<i>Meliosma callicarpifolia</i> Hayata	
97	烏心石	<i>Michelia compressa</i> (Maxim.) Sargent	
98	五節芒	<i>Miscanthus floridulus</i> (Labill.) Warb. ex Schum. & Laut.	
99	芒	<i>Miscanthus sinensis</i> Anders.	高山芒
100	楊梅	<i>Myrica rubra</i> (Lour.) Siebold & Zucc.	
101	變葉新木薑子	<i>Neolitsea aciculata</i> (Blume) Koidz. var. <i>variabilissima</i> (Hayata) J. C. Liao	
102	高山新木薑子	<i>Neolitsea acuminatissima</i> (Hayata) Kaneh. & Sasaki	
103	腎蕨	<i>Nephrolepis auriculata</i> (L.) Trimen	
104	長梗紫麻	<i>Oreocnide pedunculata</i> (Shirai) Masam.	長梗紫芋麻
105	三斗石櫟	<i>Pasania hancei</i> (Benth.) Schottky var. <i>ternaticupula</i> (Hayata) J. C. Liao	
106	短尾葉石櫟	<i>Pasania harlandii</i> (Hance) Oerst.	短尾柯
107	大葉石櫟	<i>Pasania kawakamii</i> (Hayata) Schottky	
108	臺東石櫟	<i>Pasania taitoensis</i> (Hayata) J. C. Liao	
109	臺灣石楠	<i>Photinia lucida</i> (Decaisne) Schneider	

NO	採用之中文用名	學名	其他中文名稱
110	夏皮楠	<i>Photinia niitakayamensis</i> Hayata	玉山假沙梨
111	石楠	<i>Photinia serratifolia</i> (Desf.) Kalkman	
112	桂竹	<i>Phyllostachys makinoi</i> Hayata	
113	臺灣雲杉	<i>Picea morrisonicola</i> Hayata	雲杉、玉山雲杉、白松柏
114	短角冷水麻	<i>Pilea aquarum</i> Dunn subsp. <i>brevicornuta</i> (Hayata) C. J. Chen	
115	大冷水麻	<i>Pilea melastomoides</i> (Poir.) Wedd.	中華冷水麻、野牡丹 葉冷水麻
116	華山松	<i>Pinus armandii</i> Franch. var. <i>masteriana</i> Hayata	臺灣華山松
117	臺灣二葉松	<i>Pinus taiwanensis</i> Hayata	
118	疏果海桐	<i>Pittosporum illicioides</i> Makino	
119	化香樹	<i>Platycarya strobilacea</i> Siebold & Zucc.	
120	火炭母草	<i>Polygonum chinense</i> L.	
121	臺灣何首烏	<i>Polygonum multiflorum</i> Thunb. var. <i>hypoleucum</i> (Ohwi) T. S. Liu, S. S. Ying & M. J. Lai	
122	戟葉蓼	<i>Polygonum thunbergii</i> Siebold & Zucc.	
123	棒頭草	<i>Polypogon fugax</i> Nees ex Steud.	
124	臺灣老葉兒樹	<i>Pourthiaea beauverdiana</i> (C. K. Schneid.) Hatus. var. <i>notabilis</i> (Rehder & Wilson) Hatus.	
125	桃	<i>Prunus persica</i> Stokes	
126	山櫻花	<i>Prunus campanulata</i> Maxim.	
127	墨點櫻桃	<i>Prunus phaeosticta</i> (Hance) Maxim.	
128	霧社櫻	<i>Prunus taiwaniana</i> Hayata	霧社山櫻花
129	臺灣黃杉	<i>Pseudotsuga wilsoniana</i> Hayata	威氏帝杉
130	巒大蕨	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn subsp. <i>wightianum</i> (Wall.) W. C. Shieh	
131	高山櫟	<i>Quercus spinosa</i> David ex Franch.	
132	塔塔加櫟	<i>Quercus tatakaensis</i> Tomiya	銳葉高山櫟
133	栓皮櫟	<i>Quercus variabilis</i> Blume	
134	桶鈎藤	<i>Rhamnus formosana</i> Matsum.	
135	小葉鼠李	<i>Rhamnus parvifolia</i> Bunge	

NO	採用之中文用名	學名	其他中文名稱
136	厚葉石斑木	<i>Rhaphiolepis indica</i> (L.) Lindl. ex Ker var. <i>umbellata</i> (Thunb.) H. Ohashi	
137	臺灣杜鵑	<i>Rhododendron formosanum</i> Hemsl.	
138	西施花	<i>Rhododendron leptosanctum</i> Hayata	
139	細葉杜鵑	<i>Rhododendron noriakianum</i> T. Suzuki	志佳陽杜鵑
140	金毛杜鵑	<i>Rhododendron oldhamii</i> Maxim.	
141	馬銀花	<i>Rhododendron ovatum</i> Planch.	
142	玉山杜鵑	<i>Rhododendron pseudochrysanthum</i> Hayata	
143	紅毛杜鵑	<i>Rhododendron rubropilosum</i> Hayata	
144	山塩青	<i>Rhus javanica</i> L. var. <i>roxburghiana</i> (DC.) Rehder & E. H. Wils.	羅氏鹽膚木
145	木蠟樹	<i>Rhus succedanea</i> L.	山漆
146	山薔薇	<i>Rosa sambucina</i> Koidz.	
147	小金櫻	<i>Rosa taiwanensis</i> Nakai	
148	小椋葉懸鈎子	<i>Rubus parviaraliifolius</i> Hayata	
149	江某	<i>Schefflera octophylla</i> (Lour.) Harms	
150	木荷	<i>Schima superba</i> Gard. & Champ.	
151	巒大花楸	<i>Sorbus randaiensis</i> (Hayata) Koidz.	
152	笑靨花	<i>Spiraea prunifolia</i> Siebold & Zucc. var. <i>pseudoprunifolia</i> (Hayata) H. L. Li	
153	通條樹	<i>Stachyurus himalaicus</i> Hook. f. & Thomson ex Benth.	通條木
154	椴木	<i>Swida macrophylla</i> (Wall.) Soják	椴木
155	水絲梨	<i>Sycopsis sinensis</i> Oliv.	
156	阿里山灰木	<i>Symplocos arisanensis</i> Hayata	
157	臺灣灰木	<i>Symplocos formosana</i> Brand	
158	小葉赤楠	<i>Syzygium buxifolium</i> Hook. & Arn.	
159	臺灣赤楠	<i>Syzygium formosanum</i> (Hayata) Mori	
160	臺灣杉	<i>Taiwania cryptomerioides</i> Hayata	
161	南洋紅豆杉	<i>Taxus sumatrana</i> (Miq.) de Laub.	臺灣紅豆杉
162	厚皮香	<i>Ternstroemia gymnanthera</i> (Wight & Arn.) Sprague	
163	賊仔樹	<i>Tetradium glabrifolium</i> (Champ. ex Benth.) T. Hartley	臭辣樹

NO	採用之中文用名	學名	其他中文名稱
164	蓮草	<i>Tetrapanax papyriferus</i> (Hook.) K. Koch	通脫木
165	菽草	<i>Trifolium repens</i> L.	白花三葉草
166	臺北附地草	<i>Trigonotis formosana</i> Hayata var. <i>elevatovenosa</i> (Hayata) S. D. Shen & J. C. Wang	
167	昆欄樹	<i>Trochodendron aralioides</i> Siebold & Zucc.	雲葉
168	臺灣鐵杉	<i>Tsuga chinensis</i> (Franch.) Pritz. ex Diels var. <i>formosana</i> (Hayata) H. L. Li & H. Keng	
169	阿里山榆	<i>Ulmus uyematsui</i> Hayata	
170	咬人貓	<i>Urtica thunbergiana</i> Siebold & Zucc.	
171	米飯花	<i>Vaccinium bracteatum</i> Thunb.	
172	珍珠花	<i>Vaccinium dunalianum</i> Wight var. <i>caudatifolium</i> (Hayata) H. L. Li	
173	著生珊瑚樹	<i>Viburnum arboricola</i> Hayata	
174	狹葉莢蒾	<i>Viburnum foetidum</i> Wall. var. <i>rectangulatum</i> (Graebn.) Rehder	
175	紅子莢蒾	<i>Viburnum formosanum</i> Hayata	
176	呂宋莢蒾	<i>Viburnum luzonicum</i> Rolfe	
177	臺東莢蒾	<i>Viburnum taitoense</i> Hayata	
178	臺灣蝴蝶戲珠花	<i>Viburnum plicatum</i> Thunb. var. <i>formosanum</i> Y. C. Liu & C. H. Ou	
179	高山莢蒾	<i>Viburnum propinquum</i> Hemsl.	
180	玉山箭竹	<i>Yushania niitakayamensis</i> (Hayata) Keng f.	
181	食茱萸	<i>Zanthoxylum ailanthoides</i> Siebold & Zucc.	紅刺蔥
182	檫木	<i>Zelkova serrata</i> (Thunb.) Makino	檫、臺灣檫

## 附錄二、武陵地區維管束植物名錄

1. **Lycopodiaceae** 石松科
  1. *Lycopodium complanatum* L. 地刷子
  2. *Lycopodium serratum* Thunb. var. *longipetiolatum* Spring 長柄千層塔
2. **Equisetaceae** 木賊科
  3. *Equisetum ramosissimum* Desf. 木賊
3. **Marattiaceae** 觀音座蓮科
  4. *Angiopteris lygodiiifolia* Rosenst. 觀音座蓮
4. **Schizaeaceae** 海金沙科
  5. *Schizaea digitata* (L.) Sw. 莎草蕨
5. **Hymenophyllaceae** 膜蕨科
  6. *Crepidomanes auriculatum* (Bl.) K. Iwats. 瓶蕨
6. **Plagiogyriaceae** 瘤足蕨科
  7. *Plagiogyria euphlebia* (Kunze) Mett. 華中瘤足蕨
  8. *Plagiogyria formosana* Nakai 臺灣瘤足蕨
7. **Dennstaedtiaceae** 碗蕨科
  9. *Histiopteris incisa* (Thunb.) J. Sm. 栗蕨
  10. *Microlepia hookeriana* (Wall. ex Hook.) Presl 虎克氏鱗蓋蕨
  11. *Microlepia marginata* (Panzer) C. Chr. var. *bipinnata* Makino 臺北鱗蓋蕨
  12. *Microlepia speluncae* (L.) Moore 熱帶鱗蓋蕨
  13. *Microlepia strigosa* (Thunb.) Presl 粗毛鱗蓋蕨
  14. *Microlepia substrigosa* Tagawa 亞粗毛鱗蓋蕨
  15. *Monachosorum henryi* Christ 稀子蕨
  16. *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn subsp. *wightianum* (Wall.) Shieh 巒大蕨
8. **Lindsaeaceae** 陵齒蕨科
  17. *Sphenomeris chusana* (L.) Copel. 烏蕨
9. **Davalliaceae** 骨碎補科
  18. *Araiostegia perdurans* (Christ) Copel. 小膜蓋蕨
  19. *Davallia mariesii* Moore ex Bak. 海州骨碎補
10. **Oleandraceae** 蓀蕨科
  20. *Nephrolepis auriculata* (L.) Trimen 腎蕨
11. **Pteridaceae** 鳳尾蕨科
  21. *Onychium japonicum* (Thunb.) Kunze 日本金粉蕨
  22. *Pteris angustipinna* Tagawa 細葉鳳尾蕨
  23. *Pteris cretica* L. 大葉鳳尾蕨
  24. *Pteris ensiformis* Burm. 箭葉鳳尾蕨
12. **Adiantaceae** 鐵線蕨科

25. *Coniogramme intermedia* Heiron. 華鳳丫蕨

### 13. Vittariaceae 書帶蕨科

26. *Vittaria flexuosa* Fée 書帶蕨

### 14. Blechnaceae 烏毛蕨科

27. *Woodwardia unigemmata* (Makino) Nakai 頂芽狗脊蕨

28. *Woodwardia prolifera* Hook. et Arn. 東方狗脊蕨

### 15. Dryopteridaceae 鱗毛蕨科

29. *Acrophorus stipellatus* T. Moore 魚鱗蕨

30. *Arachniodes aristata* (G. Forst.) Tindle 細葉複葉耳蕨

31. *Arachniodes rhomboides* (Wall. ex Mett.) Ching 斜方複葉耳蕨

32. *Cyrtomium falcatum* (L. f.) C. Presl 全緣貫眾蕨

33. *Cyrtomium hookerianum* (C Presl) C. Chr. 狹葉貫眾蕨

34. *Dryopteris atrata* (Wall. ex Kunze) Ching 杪櫛鱗毛蕨

35. *Dryopteris formosana* (H. Christ) C. Chr. 臺灣鱗毛蕨

36. *Dryopteris hypophlebia* Hayata 深山鱗毛蕨

37. *Dryopteris lepidopoda* Hayata 厚葉鱗毛蕨

38. *Dryopteris polita* Rosenst. 臺東鱗毛蕨

39. *Dryopteris scottii* (Bedd.) Ching 史氏鱗毛蕨

40. *Dryopteris wallichiana* (Spreng.) Alston & Bonner 瓦氏鱗毛蕨

41. *Polystichum hecatopterum* Diels 鋸齒葉耳蕨

42. *Polystichum parvipinnulum* Tagawa 尖葉耳蕨

43. *Polystichum piceopaleaceum* Tagawa 黑鱗耳蕨

44. *Polystichum wilsonii* H. Christ 福山氏耳蕨

45. *Polystichum stenophyllum* Christ 芽孢耳蕨

### 16. Athyriaceae 蹄蓋蕨科

46. *Athyrium arisanense* (Hayata) Tagawa 阿里山蹄蓋蕨

47. *Athyrium erythropodum* Hayata 紅柄蹄蓋蕨

48. *Deparia petersenii* (Kunze) M. Kato 假蹄蓋蕨

49. *Diplazium dilatatum* Blume 廣葉鋸齒雙蓋蕨

50. *Diplazium kawakamii* Hayata 川上氏雙蓋蕨

### 17. Aspleniaceae 鐵角蕨科

51. *Asplenium adiantoides* (L.) C. Chr. 革葉鐵角蕨

52. *Asplenium antiquum* Makino 山蘇花

53. *Asplenium incisum* Thunb. 縮羽鐵角蕨

54. *Asplenium ritoense* Hayata 尖葉鐵角蕨

55. *Asplenium trichomanes* L. 鐵角蕨

### 18. Polypodiaceae 水龍骨科

56. *Colysis hemionitidea* (Wall.) Presl 斷線蕨

57. *Crypsinus hastatus* (Thunb.) Copel. 三葉蕨
58. *Dryotaenium miyoshianum* (Makino) Makino 二條線蕨
59. *Lemmaphyllum microphyllum* Presl 伏石蕨
60. *Lepisorus megasorus* (C. Chr.) Ching 長柄瓦葎
61. *Lepisorus monilisorus* (Hayata) Tagawa 擬荻瓦葎
62. *Lepisorus morrisonensis* (Hayata) H. Ito 玉山瓦葎
63. *Lepisorus obscure-venulosus* (Hayata) Ching 奧瓦葎
64. *Lepisorus pseudo-ussuriensis* Tagawa 擬烏蘇里瓦葎
65. *Lepisorus thunbergianus* (Kaulf.) Ching 瓦葎
66. *Lepisorus tosaensis* (Makino) H. Ito 擬瓦葎
67. *Microsorium buergerianum* (Miq.) Ching 波氏星蕨
68. *Microsorium fortunei* (T. Moore) Ching 大星蕨
69. *Microsorium membranaceum* (D. Don) Ching 膜葉星蕨
70. *Polypodium amoenum* Wall. ex Mett. 阿里山水龍骨
71. *Polypodium formosanum* Baker 臺灣水龍骨
72. *Pyrrosia gralla* (Giesenh.) Ching 中國石葎
73. *Pyrrosia lanceolata* (L.) Farw. 廬山石葎
74. *Pyrrosia linearifolia* (Hook.) Ching 絨毛石葎
75. *Pyrrosia lingua* (Thunb.) Farw. 石葎
76. *Pyrrosia matsudae* (Hayata) Tagawa 松田氏石葎
77. *Pyrrosia polydactyla* (Hance) Ching 槭葉石葎
78. *Pyrrosia sheareri* (Bak.) Ching 廬山石葎

#### 19. Cephalotaxaceae 粗榧科

79. *Cephalotaxus wilsoniana* Hayata 臺灣粗榧

#### 20. Pinaceae 松科

80. *Abies kawakamii* (Hayata) Ito 臺灣冷杉
81. *Picea morrisonicola* Hayata 臺灣雲杉
82. *Pinus armandii* Franchet var. *masteriana* Hayata 臺灣華山松
83. *Pinus morrisonicola* Hayata 臺灣五葉松
84. *Pinus taiwanensis* Hayata 臺灣二葉松
85. *Pseudotsuga wilsoniana* Hayata 臺灣黃杉
86. *Tsuga chinensis* (Franchet) Pritz. ex Diels var. *formosana* (Hayata) Li & Keng

臺灣鐵杉

#### 21. Taxodiaceae 杉科

87. *Cunninghamia konishii* Hayata 香杉
88. *Cunninghamia konishii* Hayata 巒大杉
89. *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. 杉木
90. *Taiwania cryptomerioides* Hayata 臺灣杉

**22. Cupressaceae 柏科**

91. *Chamaecyparis formosensis* Matsum. 紅檜  
 92. *Chamaecyparis obtusa* Sieb. & Zucc. var. *formosana* (Hayata) Rehder 臺灣扁柏  
 93. *Juniperus formosana* Hayata 刺柏

**23. Myriaceae 楊梅科**

94. *Myrica rubra* (Lour.) Sieb. & Zucc. 楊梅

**24. Juglandaceae 胡桃科**

95. *Juglans cathayensis* Dode 臺灣胡桃  
 96. *Platycarya strobilacea* Sieb. & Zucc. 化香樹

**25. Salicaceae 楊柳科**

97. *Salix fulvopubescens* Hayata 褐毛柳

**26. Betulaceae 樺木科**

98. *Alnus formosana* (Burkill ex Forbes & Hemsl.) Makino 臺灣赤楊  
 99. *Carpinus kawakamii* Hayata 阿里山千金榆  
 100. *Carpinus rankanensis* Hayata 蘭邯千金榆  
 101. *Corylus heterophylla* Fisch. ex Bess. 川上氏鵝耳櫪

**27. Fagaceae 殼斗科**

102. *Castanopsis cuspidata* (Thunb. ex Murray) Schottky var. *carlesii* (Hemsl.) Yamaz. 長尾尖葉櫪  
 103. *Castanopsis fabri* Hance 卡氏櫪  
 104. *Castanopsis kawakamii* Hayata 大葉苦儲  
 105. *Cyclobalanopsis glauca* (Thunb. ) Oerst. var. *glauca* 青剛櫪  
 106. *Cyclobalanopsis globosa* Lin & Liu 圓果青剛櫪  
 107. *Cyclobalanopsis longinux* (Hayata) Schottky 錐果櫪  
 108. *Cyclobalanopsis morii* (Hayata) Schottky 赤柯  
 109. *Cyclobalanopsis repandifolia* (Liao) Liao 森氏櫪  
 110. *Cyclobalanopsis sessilifolia* (Bl.) Schottky 毬子櫪  
 111. *Cyclobalanopsis stenophylloides* (Hayata) Kudo & Masam. ex Kudo 狹葉櫪  
 112. *Lithocarpus hancei* (Benth.) Rehd. 三斗石櫪  
 113. *Lithocarpus harlandii* (Hance) Rehd. 短尾葉石櫪  
 114. *Lithocarpus kawakamii* (Hayata) Hayata 大葉石櫪  
 115. *Pasania shinsuiensis* (Hayata & Kanehira) Nakai 川上氏石櫪  
 116. *Quercus gilva* Blume 赤皮  
 117. *Quercus spinosa* A. David ex Fr. 高山櫪  
 118. *Quercus tatakaensis* Tomiya 銳葉高山櫪  
 119. *Quercus variabilis* Bl. 栓皮櫪
- 28. Ulmaceae 榆科**
120. *Celtis formosana* Hayata 石朴

- 121. *Celtis sinensis* Pers. 朴樹
- 122. *Ulmus uyematsui* Hayata 阿里山榆
- 123. *Zelkova serrata* (Thunb.) Makino 欖木

#### 29. Moraceae 桑科

- 124. *Broussonetia papyrifera* (L.) L'Herit. ex Vent. 構樹
- 125. *Ficus erecta* Thunb. var. *beeheyana* (Hook. & Arn.) King 牛奶榕
- 126. *Ficus pumila* L. var. *awkeotsang* (Makino) Corner 愛玉子
- 127. *Ficus sarmentosa* B. Ham. ex J. E. Sm. var. *nipponica* (Fr. & Sav.) Corner 珍珠

蓮

- 128. *Maclura cochinchinensis* (Lour.) Corner 刺楸
- 129. *Morus alba* L. 桑樹
- 130. *Morus australis* Poir. 小桑樹

#### 30. Urticaceae 蕁麻科

- 131. *Debregeasia orientalis* C. J. Chen 水麻
- 132. *Elatostema parvum* (Bl.) Miq. 絨莖樓梯草
- 133. *Elatostema trilobulatum* (Hayata) Yamazaki 裂葉樓梯草
- 134. *Nanocnide japonica* Bl. 花點草
- 135. *Oreocnide pedunculata* (Shirai) Masam. 長梗紫麻
- 136. *Pilea aquarum* Dunn subsp. *brevicornuta* (Hayata) C. J. Chen 短角冷水麻
- 137. *Pilea peploides* (Gaudich.) Hook. & Arn. 松田氏冷水麻
- 138. *Pilea peploides* (Gaudich.) Hook. & Arn. var. *major* Wedd. 野牡丹葉冷水麻
- 139. *Pilea plataniflora* C. H. Wright 西南冷水麻
- 140. *Pilea rotundinucula* Hayata 圓果冷水麻
- 141. *Urtica thunbergiana* Sieb. & Zucc. 咬人貓

#### 31. Proteaceae 山龍眼科

- 142. *Helicia formosana* Hemsl. 山龍眼

#### 32. Polygonaceae 蓼科

- 143. *Polygonum chinense* L. 火炭母草
- 144. *Polygonum hydropiper* L. 水蓼
- 145. *Polygonum multiflorum* Thunb. ex Murray var. *hypoleucum* (Ohwi) Liu, Ying & Lai 臺灣何首烏
- 146. *Polygonum thunbergii* Sieb. & Zucc. 戟葉蓼
- 147. *Polygonum yunnanense* Leveille 虎杖
- 148. *Rumex crispus* L. var. *japonicus* (Houtt.) Makino 羊蹄

#### 33. Phytolaccaceae 商陸科

- 149. *Phytolacca japonica* Makino 日本商陸

#### 34. Caryophyllaceae 石竹科

- 150. *Cucubalus baccifer* L. 狗筋蔓

151. *Stellaria arisanensis* (Hayata) Hayata 阿里山繁縷  
 152. *Stellaria saxatilis* Buch.-Ham. 疏花繁縷
- 35. Chenopodiaceae 藜科**  
 153. *Chenopodium album* L. 灰藿
- 36. Amaranthaceae 莧科**  
 154. *Achyranthes bidentata* Bl. 牛膝  
 155. *Achyranthes bidentata* Bl. var. *japonica* Miq. 日本牛膝
- 37. Magnoliaceae 木蘭科**  
 156. *Michelia compressa* (Maxim.) Sargent 烏心石  
 157. *Michelia compressa* (Maxim.) Sargent var. *formosana* Kaneh. 臺灣烏心石
- 38. Illiciaceae 八角科**  
 158. *Illicium arborescens* Hayata 北五味子
- 39. Lauraceae 樟科**  
 159. *Cinnamomum insulari-montanum* Hayata 臺灣肉桂  
 160. *Cinnamomum macrostemon* Hayata 山肉桂  
 161. *Cinnamomum osmophloeum* Kanehira 土肉桂  
 162. *Lindera erythrocarpa* Makino 鐵釘樹  
 163. *Litsea acuminata* (Bl.) Kurata 長葉木薑子  
 164. *Litsea akoensis* Hayata 屏東木薑子  
 165. *Litsea akoensis* Hayata var. *chitouchiaoensis* Liao 竹葉楠  
 166. *Litsea coreana* Levl. 鹿皮斑木薑子  
 167. *Litsea cubeba* (Lour.) Persoon 山胡椒  
 168. *Litsea elongata* (Wall. ex Nees) Benth. & Hook. f. var. *mushaensis* (Hayata) J. C. Liao 霧社木薑子
169. *Machilus japonica* Sieb. & Zucc. 假長葉楠  
 170. *Machilus japonica* Sieb. & Zucc. var. *kusanoi* (Hayata) Liao 大葉楠  
 171. *Machilus obovatifolia* (Hayata) Kanehira & Sasaki 日本楨楠  
 172. *Machilus thunbergii* Sieb. & Zucc. 豬腳楠  
 173. *Machilus zuihoensis* Hayata 香楠  
 174. *Neolitsea aciculata* (Bl.) Koidz. var. *variabilissima* (Hayata) J. C. Liao 變葉新木薑子
175. *Neolitsea acuminatissima* (Hayata) Kanehira & Sasaki 高山新木薑子  
 176. *Sassafras randaiense* (Hayata) Rehder 臺灣擦樹
- 40. Trochodendraceae 昆欄樹科**  
 177. *Trochodendron aralioides* Sieb. & Zucc. 昆欄樹
- 41. Ranunculaceae 毛茛科**  
 178. *Clematis chinensis* Osbeck 威靈仙

179. *Clematis gouriana* Roxb. ex DC. subsp. *lishanensis* Yang & Huang 梨山小蓑衣藤

180. *Clematis grata* Wall. 串鼻龍

181. *Clematis henryi* Oliv. var. *leptophylla* Hayata 薄單葉鐵線蓮

182. *Clematis henryi* Oliv. var. *morii* (Hayata) Yang & Huang 森氏鐵線蓮

183. *Clematis lasiandra* Maxim. 小木通

184. *Clematis parviloba* Gard. ex Champ. subsp. *bartlettii* (Yamamoto) Yang & Huang 巴氏鐵線蓮

185. *Clematis uncinata* Champ. ex Benth. 柱果鐵線蓮

186. *Thalictrum urbaini* Hayata 傅氏唐松草

#### 42. Berberidaceae 小蘗科

187. *Berberis brevisepala* Hayata 高山小蘗

188. *Berberis morrisonensis* Hayata 玉山小蘗

189. *Berberis tarokoensis* Lu & Yang 川上氏小蘗

190. *Mahonia oiwakensis* Hayata 阿里山十大功勞

#### 43. Lardizabalaceae 木通科

191. *Akebia longeracemosa* Matsum. 臺灣木通

192. *Stauntonia hexaphylla* (Thunb.) Dcne. 六葉野木瓜

193. *Stauntonia obovata* Hemsl. 鈍藥野木瓜

194. *Stauntonia purpurea* Y. C. Liu & F. Y. Lu 紫花野木瓜

#### 44. Menispermaceae 防己科

195. *Cocculus trilobus* (Thunb. ex Murray) DC. 木防己

#### 45. Piperaceae 胡椒科

196. *Peperomia nakaharai* Hayata 山椒草

197. *Peperomia reflexa* (L. f.) A. Dietr. 小椒草

198. *Piper kadsura* (Choisy) Ohwi 風藤

#### 46. Aristolochiaceae 馬兜鈴科

199. *Aristolochia kaempferi* Willd. 大葉馬兜鈴

200. *Aristolochia shimadai* Hayata 臺灣馬兜鈴

201. *Asarum crassusepalum* S. F. Huang, T. H. Hsieh & T. C. Huang 鴛鴦湖細辛

#### 47. Actinidiaceae 獼猴桃科

202. *Actinidia chinensis* Planch. var. *setosa* Li 臺灣羊桃

#### 48. Theaceae 茶科

203. *Adinandra formosana* Hayata 臺灣楊桐

204. *Anneslea lanceolata* (Hayata) Kanehira 細葉茶梨

205. *Cleyera japonica* Thunb. var. *longicarpa* (Yamamoto) Ling & Hsieh 長果紅淡比

206. *Cleyera japonica* Thunb. var. *morii* (Yamamoto) Masam. 森氏紅淡比

207. *Cleyera japonica* Thunb. var. *taipinensis* Keng 太平紅淡比  
 208. *Eurya acuminata* DC. 銳葉柃木  
 209. *Eurya crenatifolia* (Yamamoto) Kobuski 假柃木  
 210. *Eurya glaberrima* Hayata 厚葉柃木  
 211. *Eurya gnaphalocarpa* Hayata 毛果柃木  
 212. *Eurya loquaiana* Dunn 細枝柃木  
 213. *Eurya strigillosa* Hayata 粗毛柃木  
 214. *Gordonia axillaris* (Roxb.) Dietr. 大頭茶  
 215. *Schima superba* Gard. & Champ. 木荷  
 216. *Ternstroemia gymnanthera* (Wight & Arn.) Sprague 厚皮香
- 49. Guttiferae 金絲桃科**  
 217. *Hypericum nagasawai* Hayata 玉山金絲桃
- 50. Cruciferae 十字花科**  
 218. *Arabis lyrata* L. subsp. *kamtschatica* (Fisch. ex DC.) Hulten 玉山筷子芥  
 219. *Cardamine flexuosa* With. 蔞菜  
 220. *Cardamine reniformis* Hayata 腎葉碎米薺
- 51. Hamamelidaceae 金縷梅科**  
 221. *Liquidambar formosana* Hance 楓香
- 52. Crassulaceae 景天科**  
 222. *Sedum actinocarpum* Yamamoto 星果佛甲草
- 53. Saxifragaceae 虎耳草科**  
 223. *Cardiandra alternifolia* Sieb. & Zucc. 大花落新婦  
 224. *Deutzia pulchra* Vidal 大葉溲疏  
 225. *Deutzia taiwanensis* (Maxim.) Schneider 臺灣溲疏  
 226. *Hydrangea angustipetala* Hayata 狹瓣八仙花  
 227. *Hydrangea anomala* D. Don 藤繡球  
 228. *Hydrangea chinensis* Maxim. 華八仙  
 229. *Hydrangea integrifolia* Hayata ex Matsum. & Hayata 大枝掛繡球  
 230. *Itea parviflora* Hemsl. 小花鼠刺  
 231. *Mitella formosana* (Hayata) Masam. 臺灣噴吶草  
 232. *Ribes formosanum* Hayata 臺灣茶藨子  
 233. *Saxifraga stolonifera* Meerb. 阿里山青棉花
- 54. Pittosporaceae 海桐科**  
 234. *Pittosporum daphniphyloides* Hayata 大葉海桐  
 235. *Pittosporum illicioides* Makino 疏果海桐
- 55. Rosaceae 薔薇科**  
 236. *Eriobotrya deflexa* (Hemsl.) Nakai f. *deflexa*. 山枇杷  
 237. *Eriobotrya japonica* Lindl. 枇杷

238. *Malus doumeri* (Bois.) Chev. C. R. Ac. Sc. 臺灣蘋果  
239. *Photinia lucida* (Decaisne) Schneider 臺灣石楠  
240. *Photinia niitakayamensis* Hayata 玉山假沙梨  
241. *Photinia serratifolia* (Desf.) Kalkman 石楠  
242. *Pourthiaea beauverdiana* (Schneider) Hatusima var. *notabilis* (Rehder & Wilson) Hatusima 臺灣老葉兒樹  
243. *Prunus buergeriana* Miq. 布氏稠李  
244. *Prunus campanulata* Maxim. 山櫻花  
245. *Prunus matuurai* Sasaki 太平山櫻花  
246. *Prunus mume* (Sieb.) Sieb & Zucc. 梅  
247. *Prunus obtusata* Koehne 臺灣稠李  
248. *Prunus phaeosticta* (Hance) Maxim. 黑星櫻  
249. *Prunus phaeosticta* (Hance) Maxim. var. *ilicifolia* Yamamoto 冬青葉桃仁  
250. *Prunus salicina* Lindl. 李  
251. *Prunus taiwaniana* Hayata 霧社山櫻花  
252. *Prunus transarisanensis* Hayata 阿里山櫻  
253. *Rosa pricei* Hayata 太魯閣薔薇  
254. *Rosa sambucina* Koidz. 山薔薇  
255. *Rosa taiwanensis* Nakai 小金櫻  
256. *Rubus alnifoliolatus* Levl. 椴葉懸鉤子  
257. *Rubus buergeri* Miq. 寒莓  
258. *Rubus calycinoides* Hayata 玉山懸鉤子  
259. *Rubus corchorifolius* L. f. 變葉懸鉤子  
260. *Rubus dolichocephalus* Hayata 長果懸鉤子  
261. *Rubus formosensis* Ktze. 臺灣懸鉤子  
262. *Rubus kawakamii* Hayata 桑葉懸鉤子  
263. *Rubus lambertianus* Ser. ex DC. 高粱泡  
264. *Rubus mesogaeus* Focke 裏白懸鉤子  
265. *Rubus parviaraliifolius* Hayata 小椴葉懸鉤子  
266. *Rubus parvifolius* L. 紅莓消  
267. *Rubus pectinellus* Maxim. var. *trilobus* Koidz. 刺萼寒莓  
268. *Rubus piptopetalus* Hayata ex Koidz. 薄瓣懸鉤子  
269. *Rubus taitoensis* Hayata var. *aculeatiflorus* (Hayata) H. Ohashi & Hsieh 刺花  
懸鉤子  
270. *Rubus trianthus* Focke 苦懸鉤子  
271. *Rubus parviaraliifolius* Hayata 小蔥葉懸鉤子  
272. *Spiraea hayatana* Li 假繡線菊  
273. *Spiraea prunifolia* Sieb. & Zucc. var. *pseudoprunifolia* (Hayata) Li 笑靨花

**56. Leguminosae 豆科**

274. *Desmodium sequax* Wall. 波葉山螞蝗  
 275. *Dumasia miaoliensis* Liu & Lu 苗栗野豇豆  
 276. *Dumasia villosa* DC. subsp. *bicolor* (Hayata) Ohashi & Tateishi 臺灣山黑扁豆  
 277. *Lespedeza cuneata* (Dumont d. Cours.) G. Don. 鐵掃帚  
 278. *Trifolium repens* L. 白花三葉草

**57. Oxalidaceae 酢漿草科**

279. *Oxalis acetocella* L. ssp. *griffithii* (Edgew. & Hook. f.) Hara 山酢漿草  
 280. *Oxalis flabellifolia* Jacq. 黃花酢漿草

**58. Geraniaceae 牻牛兒苗科**

281. *Erodium cicutarium* (L.) L'Her. ex Aiton 芹葉牻牛兒苗  
 282. *Geranium nepalense* Sweet subsp. *thunbergii* (Sieb. & Zucc.) Hara 香葉草  
 283. *Geranium robertianum* L. 漢紅魚腥草

**59. Daphniphyllaceae 虎皮楠科**

284. *Daphniphyllum himalaense* (Benth.) Muell.-Arg. subsp. *macropodum* (Miq.)  
 Huang 薄葉虎皮楠

**60. Rutaceae 芸香科**

285. *Phellodendron amurense* Rupr. var. *wilsonii* (Hayata & Kanehira) Chang 臺灣黃藥  
 286. *Tetradium glabrifolium* (Champ. ex Benth.) T. Hartley 賊仔樹  
 287. *Toddalia asiatica* (L.) Lam. 飛龍掌血  
 288. *Zanthoxylum ailanthoides* Sieb. & Zucc. 食茱萸  
 289. *Zanthoxylum scandens* Bl. 藤花椒  
 290. *Zanthoxylum wutaiense* Chen 藤崖椒

**61. Simaroubaceae 苦木科**

291. *Ailanthus altissima* (Miller) Swingle var. *tanakai* (Hayata) Sasaki 臭椿

**62. Coriariaceae 馬桑科**

292. *Coriaria japonica* A. Gray subsp. *intermedia* (Matsum.) Huang & Huang 臺灣馬桑

**63. Anacardiaceae 漆樹科**

293. *Rhus javanica* L. var. *roxburghiana* (DC.) Rehd. & Willson 羅氏鹽膚木  
 294. *Rhus succedanea* L. 木蠟樹  
 295. *Rhus toxicodendron* L. 山漆

**64. Aceraceae 槭樹科**

296. *Acer kawakamii* Koidzumi 尖葉槭  
 297. *Acer morrisonense* Hayata 臺灣紅榨槭  
 298. *Acer palmatum* Thunb. var. *pubescens* Li 臺灣掌葉槭  
 299. *Acer serrulatum* Hayata 青楓

**65. Sabiaceae 清風藤科**

300. *Sabia transarisanensis* Hayata 阿里山清風藤

**66. Aquifoliaceae 冬青科**

301. *Ilex formosana* Maxim. 糊樗  
302. *Ilex goshiensis* Hayata 圓葉冬青  
303. *Ilex hayataiana* Loes. 早田氏冬青  
304. *Ilex kusanoi* Hayata 五指山冬青  
305. *Ilex lonicerifolia* Hayata 白狗冬青  
306. *Ilex lonicerifolia* Hayata 忍冬葉冬青  
307. *Ilex pedunculosa* Miq. 刻脈冬青  
308. *Ilex tugitakayamensis* Sasaki 雪山冬青

**67. Celastraceae 衛矛科**

309. *Celastrus kusanoi* Hayata 大葉南蛇藤  
310. *Celastrus punctatus* Thunb. 光果南蛇藤  
311. *Euonymus carnosus* Hemsl. 厚葉衛矛  
312. *Euonymus japonicus* Thunb. 源一木  
313. *Euonymus oxyphyllus* Miq. 垂絲衛矛  
314. *Euonymus spraguei* Hayata 刺果衛矛  
315. *Microtropis fokienensis* Dunn 福建賽衛矛  
316. *Microtropis japonica* (Fr. & Sav.) Hall. f. 刺裸實

**68. Rhamnaceae 鼠李科**

317. *Rhamnus kanagusuki* Makino 變葉鼠李  
318. *Rhamnus parvifolia* Bunge 小葉鼠李  
319. *Rhamnus pilushanensis* Liu & Wang 畢祿山鼠李  
320. *Sageretia thea* (Osbeck) Johnst. 雀梅藤

**69. Vitaceae 葡萄科**

321. *Ampelopsis brevipedunculata* (Maxim.) Traut. var. *hancei* (Planch.) Rehder 漢氏山葡萄  
322. *Cayratia japonica* (Thunb.) Gagnep. 烏斂莓  
323. *Tetrastigma umbellatum* (Hemsl.) Nakai 臺灣崖爬藤

**70. Elaeocarpaceae 杜英科**

324. *Elaeocarpus japonicus* Sieb. & Zucc. 薯豆  
325. *Elaeocarpus sylvestris* (Lour.) Poir. 杜英

**71. Elaeagnaceae 胡頹子科**

326. *Elaeagnus formosana* Nakai 臺灣胡頹子  
327. *Elaeagnus glabra* Thunb. 藤胡頹子  
328. *Elaeagnus oldhamii* Maxim 檀梧  
329. *Elaeagnus thunbergii* Serv. 鄧氏胡頹子

330. *Elaeagnus umbellata* Thunb. 小葉胡頹子

**72. Flacourtiaceae 大風子科**

331. *Idesia polycarpa* Maxim. 山桐子

**73. Violaceae 堇菜科**

332. *Viola adenothrix* Hayata 喜岩堇菜

333. *Viola betonicifolia* J. E. Smith 箭葉堇菜

334. *Viola diffusa* Ging. 茶匙黃

335. *Viola formosana* Hayata var. *stenopetala* (Hayata) Wang, Huang & Hashim. 川上氏堇菜

336. *Viola shinchikuensis* Yamamoto 新竹堇菜

**74. Stachyuraceae 旌節花科**

337. *Stachyurus himalaicus* Hook. f. & Thomson ex Benth. 通條樹

**75. Cucurbitaceae 葫蘆科**

338. *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino 絞股藍

339. *Thladiantha nudiflora* Hemsl. ex Forbes & Hemsl. 青牛膽

340. *Trichosanthes laceribracteata* Hayata 槭葉括樓

341. *Zehneria japonica* (Thunb.) H.-Y. Liu 馬廔兒

**76. Lythraceae 千屈菜科**

342. *Lagerstroemia subcostata* Koehne 九芎

**77. Onagraceae 柳葉菜科**

343. *Circaea cordata* Royle 心葉露珠草

**78. Cornaceae 山茱萸科(四照花科)**

344. *Aucuba chinensis* Benth. 桃葉珊瑚

345. *Cornus macrophylla* Wall. 梣木

346. *Helwingia japonica* (Thunb.) Dietr. subsp. *formosana* (Kanehira & Sasaki) Hara & Kurosawa 臺灣青莢葉

**79. Araliaceae 五加科**

347. *Aralia bipinnata* Blanco 裏白蔥木

348. *Aralia decaisneana* Hance 鵲不踏

349. *Dendropanax dentiger* (Harms ex Diels) Merr. 臺灣樹參

350. *Fatsia polycarpa* Hayata 臺灣八角金盤

351. *Hedera rhombea* (Miq.) Bean var. *formosana* (Nakai) Li 臺灣常春藤

352. *Schefflera taiwaniana* (Nakai) Kanehira 臺灣鵝掌柴

353. *Tetrapanax papyriferus* (Hook.) K. Koch 通脫木

**80. Umbelliferae 繖形科**

354. *Angelica morii* Hayata 森氏當歸

355. *Angelica morrisonicola* Hayata 玉山當歸

356. *Hydrocotyle sibthorpioides* Lam. 天胡荽

357. *Torilis japonica* (Houtt.) DC. 竊衣

**81. Pyrolaceae 鹿蹄草科**

358. *Chimaphila japonica* Miq. 日本愛冬葉

359. *Pyrola decorata* Andres 斑紋鹿蹄草

360. *Pyrola morrisonensis* (Hayata) Hayata 玉山鹿蹄草

**82. Ericaceae 杜鵑花科**

361. *Gaultheria itoana* Hayata 高山白珠樹

362. *Gaultheria leucocarpa* Blume 白珠樹

363. *Lyonia ovalifolia* (Wall.) Drude 南燭

364. *Pieris taiwanensis* Hayata 臺灣馬醉木

365. *Rhododendron formosanum* Hemsl. 臺灣杜鵑

366. *Rhododendron latoucheae* Franch. & Finet 西施花

367. *Rhododendron noriakianum* T. Suzuki 細葉杜鵑

368. *Rhododendron oldhamii* Maxim. 金毛杜鵑

369. *Rhododendron ovatum* Planch. 馬銀花

370. *Rhododendron pseudochrysanthum* Hayata 玉山杜鵑

371. *Rhododendron rubropilosum* Hayata 紅毛杜鵑

372. *Rhododendron rubropilosum* Hayata var. *taiwanalpinum* (Ohwi) S. Y. Lu, Yuen P. Yang & Y. H. Tseng 臺灣高山杜鵑

373. *Vaccinium bracteatum* Thunb. 米飯花

374. *Vaccinium formosanum* Hayata 萊特氏越橘

375. *Vaccinium japonicum* Miq. var. *lasiostemon* Hayata 毛蕊花

376. *Vaccinium wrightii* Gray 大葉越橘

**83. Myrsinaceae 紫金牛科**

377. *Ardisia crenata* Sims 硃砂根

378. *Maesa tenera* Mez 杜莖山

379. *Myrsine africana* L. 小葉鐵仔

380. *Myrsine stolonifera* (Koidz.) Walker 蔓竹杞

**84. Primulaceae 報春花科**

381. *Lysimachia ardisioides* Masam. 臺灣排香

382. *Primula miyabeana* Ito & Kawakami 玉山櫻草

**85. Ebenaceae 柿樹科**

383. *Diospyros morrisoniana* Hance 山紅柿

**86. Styracaceae 安息香科**

384. *Styrax formosana* Matsum. 烏皮九芎

**87. Symplocaceae 灰木科**

385. *Symplocos anomala* Brand 玉山灰木

386. *Symplocos arisanensis* Hayata 阿里山灰木

387. *Symplocos formosana* Brand 臺灣灰木  
 388. *Symplocos formosana* Brand var. *taihezanensis* (Moir) C. C. Wang 小葉臺灣灰木
389. *Symplocos glauca* (Thunb.) Koidz. 山羊耳  
 390. *Symplocos heishanensis* Hayata 平遮那灰木  
 391. *Symplocos lucida* (Thunb.) Sieb. & Zucc. 光葉灰木  
 392. *Symplocos migoi* Nagam. 小葉日本灰木  
 393. *Symplocos setchuensis* Brand 四川灰木  
 394. *Symplocos stellaris* Brand 枇杷葉灰木
- 88. Oleaceae 木犀科**
395. *Ligustrum microcarpum* Kanehira & Sasaki 小實女貞  
 396. *Ligustrum morrisonense* Kanehira & Sasaki 玉山女貞  
 397. *Osmanthus matsumuranus* Hayata 大葉木犀
- 89. Gentianaceae 龍膽科**
398. *Gentiana atkinsonii* Burk. var. *formosana* (Hayata) Yamamoto 臺灣龍膽  
 399. *Tripterospermum lanceolatum* (Hayata) Hara ex Satake 玉山肺形草  
 400. *Tripterospermum taiwanense* (Masam.) Satake 臺灣肺形草
- 90. Apocynaceae 夾竹桃科**
401. *Trachelospermum jasminoides* (Lindl.) Lemaire 絡石
- 91. Asclepiadaceae 蘿藦科**
402. *Cynanchum boudieri* H. Lév. & Vaniot 薄葉牛皮消
- 92. Rubiaceae 茜草科**
403. *Damnacanthus angustifolius* Hayata 無刺伏牛花  
 404. *Damnacanthus indicus* Gaertn. 伏牛花  
 405. *Galium echinocarpum* Hayata 刺果豬殃殃  
 406. *Galium formosense* Ohwi 圓葉豬殃殃  
 407. *Galium spurium* L. var. *echinospermum* (Wall.) Hayek 豬殃殃  
 408. *Nertera nigricarpa* Hayata 黑果深柱夢草  
 409. *Paederia foetida* L. 雞屎藤  
 410. *Rubia lanceolata* Hayata 金劍草
- 93. Boraginaceae 紫草科**
411. *Cynoglossum alpestre* Ohwi 高山倒提壺  
 412. *Symphytum officinale* L. 康復力
- 94. Verbenaceae 馬鞭草科**
413. *Callicarpa formosana* Rolfe 杜虹花  
 414. *Callicarpa randaiensis* Hayata 大葉紫珠  
 415. *Clerodendrum trichotomum* Thunb. 海州常山
- 95. Lamiaceae 唇形科**

- 416. *Bostrychanthera deflexa* Benth. 血見愁
- 417. *Clinopodium umbrosum* (Bieb.) C. Koch 風輪菜
- 418. *Comanthosphace formosana* Ohwi 臺灣白木草
- 419. *Keiskea macrobracteata* Masam. 大苞偏穗花
- 420. *Origanum vulgare* L. var. *formosanum* Hayata 臺灣野薄荷
- 421. *Salvia coccinea* Juss. ex Murr. 紅花鼠尾草
- 422. *Salvia hayatana* Makino ex Hayata 早田氏鼠尾草
- 423. *Scutellaria indica* L. 耳挖草
- 424. *Scutellaria tashiroi* Hayata 田代氏黃芩

#### 96. Solanaceae 茄科

- 425. *Lycianthes biflora* (Lour.) Bitter 雙花龍葵
- 426. *Solanum lyratum* Thunb. 白英
- 427. *Solanum nigrum* L. 龍葵
- 428. *Solanum pseudocapsicum* L. 玉珊瑚

#### 97. Scrophulariaceae 玄參科

- 429. *Ellisiophyllum pinnatum* (Wall. ex Benth.) Makino 海螺菊
- 430. *Euphrasia transmorrisonensis* Hayata 玉山小米草
- 431. *Hemiphragma heterophyllum* Wall. 異葉紅珠
- 432. *Mazus pumilus* (Burm. f.) Steenis 通泉草
- 433. *Veronica persica* Poir. 臺北水苦蕒

#### 98. Acanthaceae 爵床科

- 434. *Goldfussia formosanus* (Moore) Hsieh & Huang 臺灣馬藍
- 435. *Parachampionella flexicaulis* (Hayata) Hsieh & Huang 曲莖蘭嵌馬藍

#### 99. Gesneriaceae 苦苣苔科

- 436. *Rhynchoglossum hologlossum* Hayata 尖舌草

#### 100. Caprifoliaceae 忍冬科

- 437. *Lonicera acuminata* Wall. 阿里山忍冬
- 438. *Lonicera kawakamii* (Hayata) Masam. 川上氏忍冬
- 439. *Sambucus chinensis* Lindl. 有骨消
- 440. *Viburnum aboricolum* Hayata 著生珊瑚樹
- 441. *Viburnum betulifolium* Batal. 樺葉莢蒾
- 442. *Viburnum erosum* Batal. 松田氏莢蒾
- 443. *Viburnum foetidum* Wall. var. *rectangulatum* (Graebner) Rehder 狹葉莢蒾
- 444. *Viburnum luzonicum* Rolfe 呂宋莢蒾
- 445. *Viburnum luzonicum* Rolfe var. *formosanum* (Hance) Rehder 紅子莢蒾
- 446. *Viburnum propinquum* Hemsl. 高山莢蒾
- 447. *Viburnum taitoense* Hayata 臺東莢蒾
- 448. *Viburnum taiwanianum* Hayata 臺灣莢蒾

449. *Viburnum urceolatum* Sieb. et Zucc. 壺花莢蒾

### 101. Campanulaceae 桔梗科

450. *Peracarpa carnosa* (Wall.) Hook. f. & Thomson 山桔梗

### 102. Compositae 菊科

451. *Ainsliaea reflexa* Merr. 臺灣鬼督郵

452. *Ainsliaea reflexa* Merr. var. *nimborum* Hand.-Mazz. 玉山鬼督郵

453. *Artemisia capillaris* Thunb. 茵陳蒿

454. *Artemisia princeps* Pamp. var. *orientalis* (Pamp.) Hara 艾

455. *Aster lasiocladus* Hayata 絨山白蘭

456. *Aster taiwanensis* Kitam. 臺灣馬蘭

457. *Aster tataricus* L. f. var. *hortensis* Nakai 日本紫菀

458. *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch. 咸豐草

459. *Chrysanthemum arisanense* Hayata 阿里山油菊

460. *Cirsium arisanense* Kitam. 阿里山薊

461. *Cirsium lineare* (Thunb.) Sch. Bip. 川上氏薊

462. *Conyza canadensis* (L.) Cronq. 加拿大蓬

463. *Conyza sumatrensis* (Retz.) Walker 野苧蒿

464. *Crassocephalum rubens* (Juss. ex Jacq.) S. Moore 昭和草

465. *Eupatorium formosanum* Hayata 臺灣澤蘭

466. *Farfugium japonicum* (L.) Kitam. 山菊

467. *Gynura japonica* (Thunb.) Juel 黃花三七草

468. *Hieracium morii* Hayata 森氏山柳菊

469. *Ixeris laevigata* (Blume) Schultz-Bip. ex Maxim var. *oldhami* (Maxim.) Kitam.

刀傷草

470. *Lactuca indica* L. 鵝仔草

471. *Petasites formosanus* Kitam. 臺灣款冬

472. *Picris hieracioides* L. subsp. *morrisonensis* (Hayata) Kitam. 玉山毛蓮菜

473. *Prenanthes formosana* Kitam. 臺灣福王草

474. *Pterocypsela indica* (L.) C. Shih 山萵苣

475. *Senecio nemorensis* L. 黃菀

476. *Senecio scandens* Buch.-Ham. ex D. Don 蔓黃菀

477. *Senecio scandens* Buch.-Ham. ex D. Don. var. *incisus* Franch. 裂葉蔓黃菀

478. *Solidago virgaurea* L. var. *leiocarpa* (Benth.) A. Gray 一枝黃花

479. *Sonchus arvensis* L. 苦苣菜

480. *Sonchus oleraceus* L. 苦蕒菜

481. *Syneilesis subglabrata* (Yamamoto & Sasaki) Kitam. 高山破傘菊

### 103. Liliaceae 百合科

482. *Aletris picata* Thunb. 粉條兒菜

483. *Asparagus cochinchinensis* (Lour.) Merr. 天門冬

484. *Disporum kawakamii* Hayata 臺灣寶鐸花

485. *Lilium formosanum* Wallace 臺灣百合

486. *Liriope spicata* (Thunb.) Lour. 麥門冬

487. *Ophiopogon intermedius* D. Don 尖形沿階草

488. *Ophiopogon formosanum* (Ohwi) Ohwi 沿階草

489. *Tricyrtis formosana* Baker 臺灣油點草

490. *Veratrum formosanum* O. Loes. 臺灣藜蘆

#### 104. Dioscoreaceae 薯蕷科

491. *Dioscorea collettii* Hook. f. 華南薯蕷

492. *Dioscorea bulbifera* L. 獨黃

#### 105. Smilacaceae 菝葜科

493. *Heterosmilax seisuiensis* (Hayata) F. T. Wang & T. Tang 假土茯苓

494. *Smilax arisanensis* Hayata 阿里山菝葜

495. *Smilax china* L. 菝葜

496. *Smilax discotis* Warburg 宜蘭菝葜

497. *Smilax elongato-umbellata* Hayata 細葉菝葜

498. *Smilax glabra* Roxb. 光滑菝葜

499. *Smilax lanceifolia* Roxb. 臺灣土茯苓

500. *Smilax menispermoidea* subsp. *randaiensis* (Hayata) T. Koyama 巒大菝葜

501. *Smilax nantoensis* T. Koyama 南投菝葜

502. *Smilax riparia* A. DC. 烏蘇里山馬薯

503. *Smilax sieboldii* Miq. 臺灣山馬薯

504. *Smilax vaginata* Decaisne 薄葉菝葜

#### 106. Juncaceae 燈心草科

505. *Luzula taiwaniana* Satake 臺灣地楊梅

#### 107. Cyperaceae 莎草科

506. *Carex baccans* Nees 紅果薹

#### 108. Poaceae 禾本科

507. *Agropyron formosanum* Honda 臺灣鵝觀草

508. *Agrostis morrisonensis* Hayata 玉山翦股穎

509. *Arundo formosana* Hack. 臺灣蘆竹

510. *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P. Beauv. 基隆短柄草

511. *Bromus catharticus* Vahl 大扁雀麥

512. *Cynodon plectostachyus* (Schum.) Pilger. 星草

513. *Lophatherum gracile* Brongn. 淡竹葉

514. *Miscanthus sinensis* Andersson var. *formosanus* Hack. 臺灣芒

515. *Miscanthus transmorrisonensis* Hayata 高山芒

516. *Oplismenus undulatifolius* (Ard.) Roem. & Schult. 求米草

517. *Poa annua* L. 早熟禾

518. *Yushania niitakayamensis* (Hayata) Keng f. 玉山箭竹

**109. Araceae 天南星科**

519. *Arisaema consanguineum* Schott 長行天南星

520. *Arisaema formosanum* (Hayata) Hayata 臺灣天南星

**110. Orchidaceae 蘭科**

521. *Dendrobium moniliforme* (L.) Sw. 白石槲

522. *Goodyera kwangtungensis* C. L. Tso 花格斑葉蘭

523. *Goodyera schlechtendaliana* Reichb. f. 班葉蘭

524. *Platanthera brevicarata* Hayata 短距粉蝶蘭

## 附錄三、審查會議回覆辦理情形

### 第一次審查會議回覆辦理情形

審查意見	辦理情形
<p><b>賴國祥委員：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫至今已初步試驗出適合栽種之樹種並進行監測，成果值得肯定。</li> <li>2. p.51 大喬木下進行豐增補植的樹種，建議以較耐陰性樹種為佳，陽性樹種為輔。</li> <li>3. p.57 建議提出 PI 值高於多少的樹種才較具有培育出栽之價值，另表 7 及表 8 之監測次序及日期應一致，並應說明：1. 1st-6th 的 GI 值如何算出；2. 枯死苗木是否有列入平均值計算。</li> <li>4. p.80 護理栽植距 1.5 m，其真正遮陰的時間有多長？</li> <li>5. p.39 表 3. 武陵地區完整植物名錄之統計摘要表中，部份數字誤植的部分，請更正。</li> <li>6. p.41 表 4. 武陵廢耕地復育樹種之屬性列表中，有區分出七種屬性，其中珍稀和速生是否有標準？應說明。</li> <li>7. p.45-46 表 5. 採集樹種名錄及其資訊表中，有許多未填列之座標及海拔數值的部分，應加以註</li> </ol>	<p>感謝委員肯定！</p> <p>感謝委員建議！</p> <p>感謝委員指正！在報告書的材料與方法有說明指標的計算方法，表 7、表 8 之呈現已修正並補充計算說明。</p> <p>臺灣赤楊對其下方之卡氏櫨的遮陰時間約估為全日照之 1/3~1/2 左右。</p> <p>感謝委員指正！已遵照修正內文。</p> <p>表 4 目標樹種的屬性，會再給予標準並加以說明，例如：珍稀植物會依照 2017 年的臺灣植物紅皮書標準來訂定。</p> <p>感謝委員指正！部分採種之母樹其 GPS 無法定位，因而未記錄座標，此已於報告書中補充說明。</p>

<p>明。</p> <p>8. p.52 表 6.本計畫歷年培育及出栽之苗木種類與數量，有分為演替前期、中後期，是否可以再區分出中期？</p> <p>9. p.73 圖 20、圖 21，座標圖中、英文建議統一。</p> <p>10.p.78 表 13.苗木出栽之形質調查，建議於表中註明 2019-08-27 播種、2020-04-20~22 出栽，生長期已有 8 個月，以避免讓人誤解種植僅 10 天，苗木就產生蠻大的差異。</p> <p>11.p.85 表 15.山桐子之生長表現，前後兩次監測的差值是如何計算？建議加以說明。</p> <p>12.附錄部分有許多名稱錯誤，請修正。</p>	<p>由演替中後期樹種精確區分出中期、後期有實際的困難，本計畫會參考耐陰性的報告嘗試將之區分。</p> <p>感謝委員指正！已遵照修正內文。</p> <p>感謝委員指正！已遵照修正內文。</p> <p>感謝委員指正！以地徑為例，其計算過程為當次地徑值減去前一次地徑量測值，加總後取其平均值而得地徑生長量，此已於報告書中補充說明。</p> <p>感謝委員指正！已遵照修正內文。</p>
<p><b>林世宗委員：</b></p> <p>1. 參照植群之建構，建議將廢耕地的背景加以說明。</p> <p>2. 種子的性質、儲藏及處理過程，建議將此資料彙整列表。</p> <p>3. 表 6.本計畫歷年培育及出栽之苗木種類與數量，其中有標註*表示包含向林務局索取之苗木，建議應補充說明苗木採種來源。</p>	<p>感謝委員指正！已遵照修正內文。</p> <p>感謝委員指正！已遵照修正內文。</p> <p>感謝委員指正！已遵照修正內文。</p>

<p>4. 表 8.地號 12、55、95、117、137、171 監測區之 2017 年出栽苗木之生長指數、表現指數與存活率，建議補充說明生長指數、表現指數之計算方式。</p>	<p>感謝委員指正！已遵照修正內文。</p>
<p><b>黃奕絲技士：</b></p> <p>1. 武陵廢耕地之長期氣候，每月溫度及降雨量的統計期間為何？另報告書提及圖 8.武陵廢耕地之生態氣候圖，武陵地區全年都在濕潤以上並不缺水，是否可以再詳加解釋？若該地不缺水，是否還需要透過人為方式進行澆灌？</p> <p>2. 建議加強累積武陵廢耕地之重要復育樹種的採種、儲藏、育苗、出栽等工作之照片記錄，以利後續森林復育操作手冊撰寫使用等。</p>	<p>生態氣候圖有助於對環境的瞭解，從分析的數據看，武陵地區大環境整體上不缺水，可印證到周邊都是森林。但該區有表土乾旱之逆境，所以苗木初期比較敏感的階段需要去克服，如果苗木根系的夠深，例如演替早期的樹種過了此階段就沒有問題，因此我們採用很多方式去改善栽植初期之逆境。</p> <p>感謝委員指正！將持續收集復育相關工作之照片。</p>
<p><b>于淑芬課長：</b></p> <p>1. p.59-68 存活率表 8 和表 9 有些種類存活率是 100%，例如山桐子和赤楊。但有些種類存活率 100%，但 GI、PI 是 0；但有些種類 GI、PI 數值很高，但存活率很低，是否是因為個體差異很大，才有此結果，請再加以說明其計算方式。</p>	<p>感謝委員指正！於報告書的材料與方法有說明指標的計算方法。部分苗木存活率 100%，但 GI、PI 是 0 係因其苗木之地徑年 AGR、苗高年 AGR 無生長或負生長，以 0 計算，以致 GI 為 0，進而使 PI 亦為 0；而 GI、PI 數值很高，但存活率很低係因苗木種植至今存活株數少，但其存活苗木之地徑年 AGR、苗高年 AGR 生長幅度明顯增加，使 GI 及</p>

<p>2. 適合在武陵廢耕地種植的種類篩選，是看存活率、PI、GI，還是都需要配合？</p> <p>3. p.84 山桐子凍傷的問題，雖然報告書中有提到將探求改善生育條件，但如何改善？或是否有其他的選擇性？例如：是否可能找到其他的景觀樹種。</p>	<p>PI 數值高。此將於報告書中補充說明。</p> <p>我們會從很多面向來看，所以會嘗試用不同的方法，去提升存活率，也就是說如果可以提升赤楊的存活率，整體造林成效就會提升，例如：今年採用不同盆型做試驗。</p> <p>本計畫過去曾評估過很多的景觀樹種，例如臺灣紅榨槭、尖葉槭，但生長表現都沒有比山桐子好，今年比較特別的是山桐子被凍傷的很厲害，在很多研究報告都有提到只要植株夠強壯，耐凍性也會比較好，例如：思源啞口野生植株的凍傷情況就沒有像廢耕地那麼嚴重，且廢耕地本身養分狀況沒有像天然環境這麼好，也是有差別的。</p>
<p><b>廖林彥主任：</b></p> <p>1. 在劣化的環境下，是否有加強的撫育措施，以獲得更好的成果？</p> <p>2. 年初時，討論籌措國家公園基金，有提出一個企劃案是給企業認養 8.1 公頃廢耕地，雖然因種種原因暫時擱置，但未來有可能會再重啟。請問是否有可以給企業著力的空間，以利籌措到國家公園基金？</p>	<p>撫育措施強化，例如：97、98 地號或山桐子景觀林 99、100 地號可以持續澆水、補充養分、微量元素，會較現況改善很多。</p> <p>企業認養苗木，可以考慮讓他們來種植培育臺灣蘋果等原生植物。</p>

<p><b>陳俊山秘書：</b></p> <p>1. 成果展現較缺乏全景，建議可參考相關案例之拍攝手法、電腦模擬或是採用現今很普遍的空拍機拍攝等，再補充全景照片。</p>	<p>感謝委員建議！後續會再補充空拍照片。</p>
<p><b>楊模麟處長：</b></p> <p>1. 報告書和簡報都是穿插局部之照片，為了解實務狀況，請提供可看出整體狀況之現地照片，以更清楚了解復育現況。</p> <p>2. 棲地復育是增進生物多樣性重要的工作，本案已經過四年的復育，報告內容僅列入本年度及部分過去成果，請完整敘述各階段之復育過程及各階段之具體成果，以使本復育工作成果能充分為各界所了解。</p> <p>3. 雖然高山復育遇到的困難較平地高，但復育的成效是否和撫育的強度較有關係，而研究出來適合的樹種本身是沒有問題，是否加強撫育措施會提高復育成效？例如：在旱季於重點區域加強或增加人力進行澆灌等撫育措施，將有助於提升復育成效。</p>	<p>遵照辦理。後續會再拍攝空拍照片、可看出整體狀況之現地照片。</p> <p>遵照辦理。後續報告會整理各階段之復育過程及具體成果，俾利本復育工作可為各界所瞭解。</p> <p>適合樹種的評估已大致確定，撫育措施強化，例如：97、98 地號或山桐子景觀林 99、100 地號可以持續澆水、補充養分、微量元素，會較現況改善很多。</p>

## 第二次審查會議回覆辦理情形

審查意見	辦理情形
<p>林世宗委員：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 上次審查委員的意見均有具體的回應及本期執行均有如期完成 (p.166)，符合本次進度。</li> <li>2. 對本研究的參照生態系及廢耕生態復育區之背景資訊建議再補充說明。</li> <li>3. 本研究之生態復育目標樹種之結實、果實及種子處理特性。資訊甚難得，建議整理累積資訊，提供後續採種育苗的基本資料，亦可提供生態教育教材。</li> <li>4. 臺灣赤楊苗木培育著重在容器大小，表現造林存活與生長，對陽性樹種的適應力以根系潛力為要，建議加強在土壤介質或共生菌活性的管理。</li> <li>5. 在復育樹種的造林苗木受逆境如春霜、昆蟲危害、缺水等反應及其恢復能力表現，建議加強此方面的調查研究。</li> </ol>	<p>感謝委員肯定！</p> <p>感謝委員指正！本計畫因有先期計畫所以忽略了對於廢耕地的背景說明，後續報告會針對廢耕地的土壤含石率等背景做比較清楚的說明。</p> <p>感謝委員建議！復育的目標樹種之採種、儲藏等相關資料會儘量收集，但因很多目標樹種是過去沒有被人復育過的原生種類，所以只能儘量嘗試培育。</p> <p>感謝委員建議！臺灣赤楊的問題，已經不斷嘗試各種方法，然而臺灣赤楊的共生菌其實不需要特別去接種。地號 152 有發現經過各種撫育措施存活率比較好的臺灣赤楊苗木，但生長不見得會比較好。也就是說經過比較嚴苛的環境存活下來的臺灣赤楊苗木，因已經適應嚴苛環境，後續生長反而比較好，是目前所見之情況。</p> <p>感謝委員建議！有關造林苗木受春霜、昆蟲危害、缺水等逆境及後續恢復之情況會儘可能加以紀錄。</p>

<p>6. 對所提國際之生態復育成效評估 (2019) 確實不易，建議先由初階的屬性來評估，與及本研究所建立的資料來嘗試。</p>	<p>感謝委員建議！後續復育的評估會從組成和結構優先著手。</p>
<p><b>賴國祥委員：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫不僅具實驗性質、亦有實際之造林復育成果，值得肯定。</li> <li>2. 報告書 p.77 2017 與 2018 年出栽苗種，臺灣赤楊 PI 值兩次差異甚大 (89.97v.s.15.18)，建議探討其原因稍做說明。</li> <li>3. 報告書 p.95、99 表 17、19 臺灣蘋果與臭椿的最大苗高與最小苗高差異甚大，其主要原因為何？是否為霜凍之影響？</li> <li>4. 報告書 p.145 依表 21 的數值，除現有 8 種，建議狹葉櫟及青剛櫟應可作為生態造林優先採用種類，以增加形質的標性及中期演替樹種。</li> </ol>	<p>感謝委員肯定！</p> <p>感謝委員指正！<math>PI = GI \times \text{存活率}</math>，因 2017 年出栽苗存活率(58%)高於 2018 年(17%)，且 2017 年 GI (155.94)亦高於 2018 年(91.10)，故 2017 年 PI 高於 2018 年甚多。</p> <p>臺灣蘋果和臭椿監測的樣株本身差異很大，且和本身種植的微環境有關，例如臭椿生長到一定階段後，如果被芒草遮陰，則生長會變衰弱。此會衍生有趣的問題，雜草對幼小苗木是具有保護作用，但隨著苗木的生長，若遮陰太多，反而不利苗木生長，此部分是比較需要斟酌的。</p> <p>感謝委員提醒！後續會考量將演替中後期生長和存活率還不錯的樹種，優先加到目標復育樹種中。目前只有列出 8 種樹種，主要是因為像狹葉櫟雖存活率還不錯但生長速度緩慢，不像赤楊和山柿的生長速度，但仍是一種很不錯的樹種。</p>
<p><b>黃奕絲技士：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 報告書 p.45 表 4.武陵地區完整植物名錄之統計摘要表合計應</li> </ol>	<p>感謝委員指正！已遵照修正內文。</p>

<p>為 110 科，誤植部分請更正。</p> <p>2. 報告書 p.47 本案邀請 7 位對於武陵廢耕地生態造林具有實務經驗之操作者，勾選出其認為適植之樹種，所得表 6 計有 85 種為未來武陵廢耕地生態造林之參照植樹樹種名錄。現今廢耕地種植樹種含括上述哪幾種？後續如何規劃應用？是否能符合復育樹種之屬性？</p> <p>3. 報告書 p.119 監測結果有許多苗木遭受昆蟲啃食，是遭受到哪種昆蟲危害？</p> <p>4. 報告書 p.74 臺灣紅榨槭建議與表 11 名稱統一為“臺“灣紅榨槭。</p> <p>5. 報告書 p.101 地號 97，面積 2,609m<sup>2</sup>，單位面積請上標。</p> <p>6. 根據現地觀察，本年度是否因為苗木出栽方式不同，所以苗木存活率較往年高？此外，現地芒草生長較旺盛、遮蔽性高之地號，似乎苗木存活率較高，但不見得苗木苗高比較高，請針對這些現象進行說明。</p>	<p>建議的參照名錄共計 85 種，目前已種植和未來規劃種植及其復育屬性，後續會將資料整併並做呈現。</p> <p>今年看到很嚴重的昆蟲啃食的情況，不同樹種會有不同昆蟲危害，其中比較嚴重的是赤楊金花蟲，對於剛種的苗木啃食的情況很嚴重。</p> <p>感謝委員指正！已遵照修正內文。</p> <p>感謝委員指正！已遵照修正內文。</p> <p>芒草的存在和苗木的存活和生長，會再做說明，但是平衡點的控制不容易，且現場的實務管理亦不易掌控。</p>
<p><b>于淑芬課長：</b></p> <p>1. 有關今年度出栽的苗木存活率於今年 8 月共計調查 35 種，其中狹葉櫟的存活率偏低為 20%，</p>	<p>有些種類如狹葉櫟有些生長很好，有些生長很差，常常是種植方式及區位所導致，例如：臺灣杉，我們</p>

<p>但在報告書 p.89 的圖片又敘述生長良好的狹葉櫟，是否可以再確認並補充說明。</p> <p>2. 利用植穴坑栽植法，有進行四種出栽方法，報告書的結論中打漿+覆稻殼的存活率最高，但本處理存活率為 69%，而無處理的出栽法存活率為 68%，這 2 者似乎是無差異？請說明。</p>	<p>種植的臺灣杉大多生長不佳，但有幾株生長特別好是因為生長時比較靠近赤楊或芒草，所以當苗木生長到 1 公尺時，再對芒草進行整理修剪，是不錯的做法，但對於大面積之種植執行上是很困難的。</p> <p>打漿+覆稻殼和無處理的出栽法之間差異不大，但打漿對苗木的存活率是有幫助的，後續會再補充說明。</p>
<p><b>林淑芬技士：</b></p> <p>1. 報告提到演替初期樹種存活率高，亦歸納 8 種適合開闢地出栽的樹種，是否表示目前這 8 種樹種是比較適合大量栽植，而現在的環境條件下尚不適合栽植演替中晚期樹種，會比較難有顯著成果。</p> <p>2. 撫育澆水對於苗木存活率之影響，是否有相關評估。</p> <p>3. 現地有保護的狀態下，例如已種植 10 年左右的楓香林其林下之苗木雖然長不大，但存活率卻很高，是否表示需要有前期的樹種生長到一定高度具有保護作用之後，後面新植的樹種會比較容易</p>	<p>8 種適合栽種的樹種後續會大量栽植，但是種植最多仍會是臺灣赤楊，因為臺灣赤楊的存活率雖然不會比其他 7 種好，但生長速度較其他 7 種快，亦有固氮作用及緩慢降低 pH 效果。而目前生長比較不好的中後期樹種仍會嘗試種植。</p> <p>目前對撫育澆水尚無相關評估，但因武陵廢耕地表土較為乾旱，因此可推論澆水會有利於苗木存活與生長。</p> <p>在林下的小苗因有適度的遮光環境對於其存活通常是有所幫助的。例如今年度選用演替後期樹種卡氏楮，進行不同栽植配置對於樹種生長表現的試驗，經過半年時間，存活率已有略微差距，林間栽植</p>

<p>生長？</p>	<p>(73%)、護理栽植(70%)其存活率相對較高，而單株栽植(62%)存活率則最低。</p>
<p><b>楊國華課長：</b></p> <p>1. 簡報結論提及未來氣候極端事件多，4月中旬後造林應配置耐寒樹種(如臺灣蘋果)，有關耐寒樹種除臺灣蘋果，是否能有其他建議樹種，另因應極端氣候，除考量耐寒樹種，建議耐旱樹種仍應考量。</p>	<p>感謝委員建議！極端氣候是很大的議題，單從低溫來看，一般在四月時武陵地區很少會降到0度之情況，但近幾年卻每2年就發生一次，在樹種的選擇上是很困擾，因平均的氣溫是提升的，應挑海拔較低的樹種，但從極端事件常常會有低溫，又應該挑高海拔之樹種。因此樹種選擇的策略上，儘量採集不同的樹種及母樹讓基因多樣化去克服。</p>
<p><b>陳俊山祕書：</b></p> <p>1. 報告書 p.53 表 7 提及復育樹種之屬性為珍稀與固氮的樹種數量似乎比較少，為展現此地方之價值或復育加值效果，是否未來考量多增加珍稀之樹種。</p> <p>2. 有3個委員有勾選臺灣檫樹，且武陵地區本身亦有該樹種，對本處亦是很重要的物種，是否有考量多種植臺灣檫樹，雖然不太容易種植但又是初期樹種，似乎適合於現階段種植，以營造復育環境。</p>	<p>感謝委員建議！珍稀及固氮種類比較少的部分，會再檢視是否有其他種類可以使用。</p> <p>感謝委員建議！臺灣檫樹有育苗但株數不多，還在評估是否明年栽種，但因目前評估環境還不是很好。</p>
<p><b>林文和副處長：</b></p> <p>1. 簡報提及2020年初期苗木出栽存活率90%以上，但2017年、2018年出栽存活率降低，且經過</p>	<p>感謝委員意見！苗木出栽於野地之後，即面臨著乾旱、低溫、動物危害、養分等各式各樣的環境考驗，</p>

<p>幾次調查後，存活率又越來越低，是否與動物危害、土壤退化、缺水、凍害等相關，須如何防範，是否能針對存活率不高的問題進行分析。</p> <p>2. 簡報提及景觀營造是很好的做法，不僅做森林復育亦考量到遊憩，然而選擇地號 98、99、100 地號來種植，是否有考量到遊憩動線？</p>	<p>因此其存活率便越來越低。為解決此等問題，目前已儘可能瞭解及設計解決方案，例如以單株圍網來避免山羌掠食苗木，以篩除石塊及打漿來改善表土乾旱之問題。</p> <p>感謝委員肯定！選擇地號 98、99、100 進行原生樹種景觀林之營造，是因為此 3 塊地號臨近武陵路旁，遊憩動線較易安排。</p>
--	--

### 第三次審查會議回覆辦理情形

審查意見	辦理情形
<p><b>林世宗委員：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>第3次報告之工作項目執行均依進度完成。</li> <li>以成活率、生長指標(GI)及表現指標檢核生態復育造林成效，其中PI為GI與成活率整合表現，成活率是指累積成活率或是定期階段的成活率，請補充說明及此指標的應用性。</li> <li>報告書 p.49 表 6 之參照植群樹種名錄，建議加入樹種為常綠、落葉或半落葉等習性。</li> <li>本計畫已執行多年的復育樹種的採種、育苗及造林等實務工作，建議此等資訊非常難得，且為復育材料之重要基本資訊，應建立樹種的開花結實期、果實類型及處理方法，並提供後續教育及管理參考用。</li> <li>苗木培育是復育造林的材料，復育成效可能因劣化的環境、樹種及造林方法而有所影響，培育苗木應建立基礎資料、名稱、材料來源、培育方法、培育時間及苗木大小等，因常見的大苗，有可能因培育之容器不當，導致根系不佳，因而影響樹種的栽植成效。</li> <li>所進行目標樹種的造林長期監</li> </ol>	<p>感謝委員肯定！</p> <p>存活率的計算可用來累積或階段性的存活株數，後續論及苗木之監測結果會對存活率之個別應用再補充說明。</p> <p>參照植群樹種名錄之樹種習性，後續報告書已加入針葉或闊葉、常綠或落葉等資料。</p> <p>許多原生樹種尚缺乏實際的採種、育苗、造林等實際報告，本案為復育造林雖涉及採種、育苗、造林等相關工作，但仍不完整，未來報告書對目標樹種之開花結實期、果實類型及處理方法等將依實際操作經驗儘可能撰寫。</p> <p>感謝委員意見！苗木培育確實會影響出栽後之造林成效，本案只使用當地原生樹種，且樹種十分多樣，然本案主要目標為生態復育造林，尚非完全著重於育苗研究，因此後續報告將儘可能記錄育苗過程之相關資料。</p> <p>感謝委員建議！目標樹種監測調查</p>

<p>測調查及資料整理，建議適當的調整改善，提供較具體的造林技術參用。</p> <p>7. 部分所進行的造林相關試驗，建議依其試驗設計整理與分析，供未來其他復育參辦。</p> <p>8. 卡氏槲學名請再確認，一般卡氏槲與長尾尖葉槲混用了</p>	<p>及資料整理將酌予調整改善。</p> <p>感謝委員建議！本案造林相關試驗，於每次報告中相關的設計與資料均會依監測進度重新整理分析。</p> <p>感謝委員建議！本報告所提及之卡氏槲是指 <i>carlesii</i> 原生於武陵地區的一群，目前本計畫統一使用卡氏槲之學名為 <i>C. cuspidata</i> var. <i>carlesii</i>。</p>
<p><b>賴國祥委員(書面審查)：</b></p> <p>1. 本計畫本期預定項目皆已完成，並有具體成果，值得肯定。</p> <p>2. 報告書 p.48：文中”刪除高火燒風險之華山松及臺灣五松”，建議仍可栽種，無需刪除。除可增加多樣性外，因其多以單株出現，少有成林狀況。。</p> <p>3. 報告書 p.83 表 14：成活率不高但生長量大者，建議可以量取勝，即增加種植數量，如臭椿。</p> <p>4. 報告書 p.90 表 15(續)：部分樹種如：樟葉槭、山枇杷、朴樹等，第 7 次監測之 GI 值大於第 6 次監測值(即非生長季大於生長季)，其可能原因為何？。</p> <p>5. 目前栽種之針葉樹，如臺灣杉、臺灣雲杉若成活率及生長狀況</p>	<p>感謝委員肯定！</p> <p>感謝委員建議！將視松樹類之育苗狀況酌量補植。</p> <p>感謝委員建議！將會依育苗狀況，適度增加栽植數量。</p> <p>本表為實際監測數據，部分樹種出現非生長季大於生長季的情況，推論係因 2020 年 4 月晚春霜凍導致回枯而後續生長不佳，致使 GI 較低。然 2021 年 4 月監測時並無霜害，且部分苗木已抽高生長，致使 GI 較高。</p> <p>本計畫會酌量補植針葉樹，不過現在決定要種植五葉松、臺灣粗榧及</p>

<p>持續平穩，可多栽種。另若有臺灣粗榧及臺灣黃杉苗木，亦可於林間試種，以形成針闊葉混濇林之結構。</p> <p>6. 報告書 p.111：除所列 7 種樹種外，報告書 p.113 表 22(續)中之山櫻花，於後期生長表現突出，可續繼觀察後列入種植考量。</p>	<p>臺灣黃杉等樹種，需要等秋天採種，再經過兩年的培育，最快要 3 年後才能出栽，因此調整造林速度沒辦法那麼快。且因這些種類並非是一般經濟造林樹種，又必須是當地的種源，這也是為何生態復育需要長期規劃準備的原因之一。</p> <p>感謝委員建議！將會持續觀察山櫻花生長狀況，斟酌列入種植名單。</p>
<p><b>卓孝娟課員：</b></p> <p>1. 丹大造林案早期造林狀況不是很好，但近幾年有明顯改善，經請教改善原因，最主要是設置圍籬，因早期丹大造林受水鹿啃蝕情況嚴重，因此首先用架設圍籬進行改善，後續採用開溝方式（深度 60 公分、寬 30 公分左右），因其部分土地是階梯狀可以避光和保水，但平地部分則採用開溝方式種植苗木，當陽光直射時可以有避光及保水效果，而且因表層土石灰含量高，下挖後土壤狀況也比較好，綜合考量下於開溝處種植耐陰樹種，成效良好(例如：紅檜)，提供貴團隊參考。而本案採用種植許多樹種如報告書 2017 年存活率可高達 80-90%，但現地整體存活率似乎不太高？且考量因素很多包括景</p>	<p>謝謝提供丹大的經驗給我們參考，丹大野生動物啃食的情況是更為嚴重，架設圍籬是浩大的工程需要花費蠻多經費，而開溝處理和我們所採的凹植有異曲同工之效果。本計畫相關試驗的目標之一即是在找出比較容易種植的樹種，後續會再補植演替後期或其他樹種。</p>

<p>觀、民俗植物等，培育苗木上需花費很多心力。然而是否考量先挑選比較容易種植的樹種，讓武陵廢耕地整體情況改善後，後續再補植需要演替或種植其他樹種。</p>	
<p><b>廖林彥主任：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 貴團隊很辛苦，多年來已累積很多成果，然而是否需要檢討目標和策略，當初訂定的目標是複層森林以生態為主，個人看法是比較不在乎存活率，比較在乎哪種樹種生長速度比較快，因為在困難的環境條件下，先種植長得比較快的樹種後，相對會有遮陰的效果，其林下會比較容易有其他樹種。是否考量增加赤楊、山桐子等生長速度快的樹種之種植比例，使水分、陽光等問題也可以獲得解決並且減輕本處經營管理之壓力。</li> <li>2. 建議提高景觀原生樹種之種植面積，因先前也有此建議，故團隊於路旁幾塊地種植山桐子，但可以再增加山桐子的種植面積。因武陵廢耕地位於一般管制區，故在經管管理上需考量景觀效果。</li> <li>3. 霧社櫻是屬於原生樹種，是否有評估其種植成效？如果適合種植，若可於該地有霧社櫻王也是</li> </ol>	<p>雖然認同先大量種植快速成林的樹種，但有些種類若不在現在計畫內經由人為復育，以後也很難自我回復，例如：杏葉石櫟。此外，目標與策略是否要集中精力在生長速度比較好、成林速度比較快的樹種，的確是一種策略，種植的比重部分，後續我們再跟承辦單位討論。</p> <p>目前有 3 個地號有種植，地號 99、99-1 及 100 靠近武陵路旁，預期可以成為景觀林，若採單株種植明年也會考慮多種植一些。</p> <p>目前在武陵廢耕地已栽植部分的霧社櫻，後續會將霧社櫻納入造林目標樹種。</p>

很好。	
<p><b>黃奕絲技士：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 報告書 p.30 五、土壤 土壤分析結果建議資料更新，以利了解現況。</li> <li>2. 報告書 p.55 第二章前人研究中有提武陵廢耕地過去為原住民族之生活場域，因此生態造林之目標數種亦應涵蓋重要的民俗植物，例如山胡椒、土肉桂。然而表 7.武陵廢耕地復育樹種之屬性列表中山胡椒卻尚未出栽，有考慮於明年完成出栽嗎？</li> <li>3. 報告書 p.103 臭椿於生長季(約 4~10 月)時，其平均地徑生長量增加約 0.3~1.5 cm，平均苗高生長量增加 4.3~76.2 cm；在非生長季(約 11~3 月)時，其平均地徑生長量僅增加 0.1~0.5 cm，平均苗高生長量增加-4.9~22.6 cm。請補充說明為何平均苗高生長量增加出現負值？</li> <li>4. 報告書 p.104 臺灣胡桃於生長季時，其平均地徑生長量增加約 0.3~0.7 cm，平均苗高生長量增加 17.0~33.3 cm；在非生長季時，其平均地徑生長量僅增加 0.1~0.2 cm，平均苗高生長量增加-4.1~5.0 cm。請補充說明為何平均苗高生長量增加出現負值？</li> </ol>	<p>土壤資料的分析和更新會於下次報告書中再補充。</p> <p>山胡椒、土肉桂採集到的種子數量不多，且促進種子發芽的措施也較不易成苗，尤其山胡椒在移盆過程中，折損率較高，若有育成之苗木也會適當加入栽植，以涵蓋當地之民俗植物應用範圍。</p> <p>現地觀察到臭椿是易受晚春霜害之樹種。有些苗木的監測有出現負生長的情形，是因為 4 月初的晚春霜凍產生的問題，頂梢受凍而回枯，致使苗木的高生長有所縮減。</p> <p>現地觀察到臺灣胡桃是易受晚春霜害之樹種。苗高生長出現負值，是因 4 月初晚春霜凍影響，部分苗木抽嫩芽後凍傷受損，以致高度有所縮減。</p>

<p>5. 報告書 p.104 圖 28 為 4 種出栽法之苗木存活率比較，苗木存活率依序為 A 無處理(66%) &gt; D 打漿+覆稻殼(63%) &gt; C 打漿(62%) &gt; B 覆稻殼(53%)。請補充說明為何無處理效果反而最好？</p> <p>6. 報告書 p.160 利用植穴坑栽植法之苗木平均存活率達 61%，比較 4 種出栽法之苗木存活率，以 A 無處理(66%)最佳。然而第 2 次報告的結論卻是 D 打漿+覆稻殼存活率(69%)最佳，請補充說明為何有此差異。</p> <p>7. 報告書 p.159 因明年底須完成森林復育操作手冊之文稿，建議可以將累積的歷年資料彙整並開始撰寫，以利於期程內完成。</p>	<p>感謝委員意見！確實監測數據顯示，無處理之存活率高於覆稻殼處理，推測可能部分苗木之稻殼覆蓋過厚，發生霉菌及發酵等問題而致使苗木枯死。</p> <p>本報告推測打漿+覆稻殼可幫助土壤保水及減少蒸發，而提高新植苗木之存活率；然經某一乾早期之後，可能無處理之存活苗木均是往下找水形成深層根系，因而苗木對乾旱之耐性較強，也形成最高的存活率。</p> <p>感謝委員建議！已著手進行森林復育操作手冊的前置作業，包括歷年資料彙整及初步架構討論。</p>
<p><b>于淑芬課長：</b></p> <p>1. 報告書 p.110 圖 28、29 及 p.120~122 圖 31~33，各項處理的圖並無標準差。是否有進行顯著性測試？另外報告書 p.110 四種出栽法之 15 種樹種之苗木存活率是否有顯著性？若加上標準差是不是無顯著性，另外試驗樹種中部分為武陵廢耕地存活率高者，部分為存活率低者，在做試驗時存活率原本就低之樹種是否拉低整體存活率，又或者有處理後原本存活率提高了？建議將原先不用做任何處理就</p>	<p>標準差主要進行衡量數據分散、變異情況與平均值的離散程度，而顯著性來自不同試驗規劃的平均值顯著性檢定，再設定其臨界值以表示樣本間的顯著差異，因此後續若樣本許可再嘗試標示標準差及顯著性測試。目前是以不同出栽法及樹種來分析存活率，後續再視樣本數嘗試進行交叉分析，比如木荷只存活 1 株並無法進一步分析。</p>

<p>生長情況良好之樹種及原先生長狀況不好需經處理才會變好的樹種分開比較。</p> <p>2. 以卡氏櫛為不同植栽配置，發現單株栽植最佳，此為試驗地之狀況，但在其他地號種植之存活率為 73%(報告書 p.79)，是否可以比對試驗地跟其他地號之差異？</p> <p>3. 報告書 p.136 倒數第 6 行開始敘述「推測此現象的原因，為單株栽植的苗木因無其他樹木或苗木所產生的促進效果，導致其死亡率較高，然存活下來的苗木有較佳的競爭力及適應力，反之若使用單株栽植之苗木遭受較嚴重的損害，可能因無法恢復而直接死亡。」語意不清？是何意思？是否有誤植？</p> <p>4. 山胡椒及臺灣檫樹何時出栽？</p>	<p>卡氏櫛存活率 73%為出栽後 3 個月之初期存活率，單株栽植經一年後存活率 28.3%，通常此等演替後期樹種出栽後將因不適應開闊地而逐漸死亡。因二者有不同地號、苗況、監測期等差異，所以尚無法直接比較。</p> <p>簡單來說，卡氏櫛是耐陰性樹種，在開闊地存活率是很差的，但是少數經環境逆境存活下來的植株，對於環境的抵抗力是很強的，其生長表現反而比在林下有庇護的苗木長得更好。本段論述之語意將再修改。</p> <p>臺灣檫樹及山胡椒目前已有少量育苗，若後續苗木生長情況良好，預計明年即可出栽。</p>
<p><b>陳俊山祕書：</b></p> <p>1. 有關前次意見的回覆內容較屬不確定口吻，應是上次開會後送交保育研究課的內容，剛剛也有委員提及回應不充分，因此建議開會前應再次檢視有無新增完成的內容並補充。</p> <p>2. 在賴委員書面意見中有建議針葉樹的增加，其實 2 年前個人即</p>	<p>感謝委員意見！本案有些復育措施深受氣候等不可抗力之情況的影響，如：4 月晚春霜凍事件，所以實際的復育工作會依現況調整，後續會再注意相關工作的補充說明。</p> <p>過去有嘗試栽植針葉樹，但針葉樹普遍存活較差或生長較慢，因此主</p>

<p>有相同的建議，該區以成為針闊葉混交林，較符合當地的原始生態。未能納入的原因或許也是沒有再次檢視各審查意見而針對意見去調整試驗方向。</p> <p>3. 前次意見建議臺灣檫樹的增加，但回應中僅以「目前評估環境還不是很好。」因其應為先期陽性樹種，為何現況環境不適？是那些因素不適？建議說明。</p>	<p>要以闊葉樹做為優先復育對象，然目前已配合各審查意見，已種植臺灣杉、紅檜、雲杉等針葉樹種。</p> <p>臺灣檫樹主要分布於中海拔雲霧帶，其於開闢地之天然更新多來自土壤種子庫。本計畫曾將臺灣檫樹種植於廢耕地，但很快就枯死，推論其原因為表土太過乾旱、微環境水氣不足等因素所致。</p>
<p><b>林文和副處長：</b></p> <p>1. 本案未來有森林復育操作手冊之撰寫及規劃，且為國內較大規模的廢耕地復育成效工作，目前進度及成效良好，文稿只有文字和圖片說明似乎稍嫌不足。建議可以增加動態影片製作(包括本案執行過程、遇到的困難及解決的方式等)，將相關成效於影片中呈現，會使整體宣傳效果較佳。</p> <p>2. 簡報提及聯合國永續發展大會目標為到2020年恢復全球1.5億公頃受干擾和退化土地，每年投資180億美元，每年可為全球經濟回收840億美元。本案與聯合國永續發展大會似可以相呼應，老師是否可以在報告中評估本案之投資效益，可回收多少經濟效益？</p>	<p>感謝委員建議！影片拍攝的部分，與復育操作手冊執行層面較為不同，若有其他案子可以支援，拍攝的效果應會較好。</p> <p>感謝委員建議！評估復育投資可以回收多少經濟效益部分，為一極專門之問題，尚非本計畫目前可勝任。</p>

## 第四次審查會議回覆辦理情形

審查意見	辦理情形
<p><b>林世宗委員：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本次計畫執行工作項目均符進度對第3次委員意見均有適當回應與補充。</li> <li>2. 可執行之復育樹種之採種、育苗及造林已有多年的經驗與成果，誠屬難得，建議就復育目標樹種的選擇、採種及育苗所建立資料可參考育林手冊、育林實務手冊等書籍。</li> <li>3. 所進行樹種的造林試驗應考量樹種及苗木的適應性，以及栽植樹種造林成效是否受苗木品質的影響而誤判。栽植方式與栽植密度或空間位置，應說明清楚。</li> <li>4. 對森林復育操作手冊已有初步的架構擬定，建議須再討論並就現有操作技術做調整。</li> </ol>	<p>感謝委員肯定！</p> <p>感謝委員建議！造林目標樹種的採種、育苗、造林會再參考育林實務手冊，會盡可能再補充。</p> <p>感謝委員建議！本案進行許多不同方法的嘗試，細節會盡量寫清楚，包含造林的株距、方法等。</p> <p>感謝委員建議！森林復育操作手冊的內容會於明年度報告書中提出。</p>
<p><b>賴國祥委員：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫出栽苗木已超過預定目標，各試驗已顯現具體成果，值得肯定。</li> <li>2. p.62 表 9 採種名錄 55 種，然 p.57 表 8 出栽樹種共 72 種，除部分來自東勢處外，其餘苗木來源一併說明。</li> <li>3. p.70-74 圖 19-22 部分苗木未見於採種名錄，宜補上。</li> </ol>	<p>感謝委員肯定！</p> <p>不同表格之間苗木會有差異，會再補充採種及育苗之來源差異，差異的原因會再補充。</p> <p>部分種類種植的株數非常少，例如紅楠在思源埡口的水溝採的小苗，因此在採種資料上沒有呈現，只有</p>

<p>4. p.75 2020-2021 年累計出栽 47 種，然 p.57 表 8 已出栽 72 種，部分應為前期出栽，請於表 8 說明清楚。</p> <p>5. p.113 臭椿的生長描述最近一次 (2021.10.18) (p.115 表 22) 未見於本文，另 p.114 臺灣胡桃亦同，應補充。</p> <p>6. p.153 表 27 缺第 6 與第 7 次調查數據。</p>	<p>照片呈現。</p> <p>感謝委員建議！表 8 所列部分物種屬前一期計畫所栽植，將於報告書內文補充說明。</p> <p>有關臭椿、臺灣胡桃生長描述會再於報告書內文補充說明。</p> <p>表格資料缺失的部分會再補充。</p>
<p><b>黃奕絲技士：</b></p> <p>1. p. 31 表 3 武陵廢耕地土壤 pH 值變化表，除了硫磺處理的效果較為明顯外，無處理效果反而比其他處理好？推測可能的原因為何？</p> <p>2. p. 90 表 16. 6 塊地號監測區之 2017 年出栽苗木生長指數、表現指數與存活率，臺灣胡桃第 2 次監測存活率為 80%，而第 5 次監測卻變成 100%？請說明。</p> <p>3. p. 130 纖細比如何計算，請說明。</p> <p>4. p. 137 第五次監測提及發現從遭蛀食之苗木中發現咖啡木蠹蛾</p>	<p>土壤 pH 值的調查僅是初步測試，包括過去的資料只有硫磺效果會比較明顯，要從種樹或添加有機質改善土壤 pH 值都很有限。但從經驗上，大量施用硫磺並不可行，成本高且對環境也有不少的衝擊，因此最好的方式還是選擇合適的樹種及種植方法。</p> <p>係因有 1 株苗木於第 2 次監測時未能找到，使得存活率為 80%，於第 3 ~ 6 次監測 5 株苗木均有調查(存活率 100%)，而後調查則是另 1 株樣木死亡而使存活率再次下降(存活率 80%)。</p> <p>纖細比是指苗木地徑與高度的比例。因此苗木不能夠太瘦長，太瘦長會對環境逆境抵抗能力較差。</p> <p>咖啡木蠹蛾、山豬及齧齒目啃咬問題都不太可能處理，因屬於自然之</p>

<p>的幼蟲的危害，雖然數量不多(約 3-4 隻)，但該蛾從苗木基部入侵，沿主幹啃食至根部，目前已觀察到遭蛀食之苗木皆死亡，因此可能需研議相關之防護措施。請問針對咖啡木蠹蛾的幼蟲危害有建議的防護措施嗎？</p>	<p>一環。</p>
<p><b>于淑芬課長：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. p.85 表 14. 2020 年與 2021 年造林作業出栽苗木初期出栽存活率，因只有列出物種和存活率，不同地號之間同一種苗木存活率是否有差異？若有差異，可依據該資料將苗木做配置以提高存活率。</li> <li>2. p. 100 表 17 九芎第七次監測存活率為 0%，而第 8 次監測存活率為 100%，是否有誤植，請再確認。</li> </ol>	<p>不同地號同一樹種存活率是否有差異，從監測數據上來看，確實有差異。例如：光臘樹、日本柿在靠山坡或比較有遮蔭的地方生長和存活率會比較好，開闊的環境耐陰樹種存活率會比較差。未來會考慮依存活率差異進行調整。</p> <p>係因九芎莖部受損，生長狀況不佳，第 7 次監測未能調查到苗木，而後第 8 次監測再次發現苗木有萌櫟的狀況發生，因此存活率於 2 次調查間有所變化。</p>

## 第五次審查會議回覆辦理情形

審查意見	辦理情形
<p><b>王志強委員：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫案累積多年的試驗結果，並考慮來自林木土壤、水分逆境、霜凍、動物取食等等原因之發掘和試驗，對於該等廢耕地之森林復育提供重要之參考。目前之計畫進度符合要求。</li> <li>2. 未來可加以關注由鄰近地區自然導入之萌發種類之質量。</li> <li>3. 在樹島栽植及護理樹栽植之過程，成效不佳，可能因為光量對於耐陰性樹種依然過高，未來仍可在其餘樹木較為高大時，再加以進行試驗觀察。</li> <li>4. 此一地區之臺灣黃杉、狹葉櫟為主要樹種之一，因此，可加以進行試驗，也可考慮以較大之苗木出栽，或可獲致較佳之成活。</li> <li>5. 報告書內之部分圖表，建議可註明出處或資料來源。</li> </ol>	<p>感謝委員肯定！</p> <p>感謝委員建議！後續會持續關注天然更新之樹種。</p> <p>感謝委員意見！目前從卡氏楮的試驗來看，樹島和林間是表現的比較好，但仍不盡人意，所以當演替早期的陽性樹種成林，遮陰度更高的時候，有機會還是會嘗試各種演替後期及耐陰性樹種的栽植。</p> <p>感謝委員建議！之前已進行狹葉櫟之出栽，今年已採到臺灣黃杉種子並培育苗木中，將持續嘗試此 2 樹種之造林。</p> <p>感謝委員建議！圖表如有引用，會再補充出處。</p>
<p><b>賴國祥委員：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫經多年之試驗研究，已確定造林之時機及目標樹種並已獲得相當成果，值得肯定。</li> <li>2. 報告書 p.88 表 14：部分樹種：狹葉櫟、樟葉槭、墨點櫻桃初期存活率低，有無特別原因？另狹葉櫟(p.88 20%；p.93 79%)、樟葉</li> </ol>	<p>感謝委員肯定！</p> <p>感謝委員意見！本計畫已配合天候於最佳造林時機進行造林，從實際監測資料可以看出不同年度造林之存活率，由於每年苗木品質及尺寸、</p>

<p>械(p.88 56% ; p.103 100-50%)、          檫木(p.93 44% ; p.103 75%，且生長差異大)、臺灣赤楊(p.93 58% ; p.103 8%)、阿里山榆(p.99 0% ; p.124 92%)於報告書中前後存活率差異甚大，推測可能原因？種植時期或立地環境差異如何？</p> <p>3. 報告書 p.116 臭椿於非生長季(11月-3月)平均苗高 52.5-22.6cm，文中推測原因是 4 月晚春霜凍。然 p.83 (2021 年 10 月-2022 年 4 月)無寒害，或許是 10 月後冬季嚴寒及乾旱導致生長季的生長量受凍頂枯所致，提供參考。</p> <p>4. 報告書 p.176 表 34：建議 1.”口語化”，如表 31 及 32 所述；2. 屬性 3 加入”植物種類豐富度”；3.屬性 5 加入”天然更新狀態”。</p> <p>5. 報告書 p.177-178 操作手冊大綱，建議：1-3 計畫背景、緣由與規劃；6-3 晚春霜凍及冬季乾旱、寒害；第七章增列 7-3 寒害及乾旱之預防；現有之 8-3 移至 7-5；第八章增列 8-1 評估系統。</p> <p>6. 圖表部分有誤，請修正。</p>	<p>各種造林方法的嘗試、造林後是否有足夠雨水、野生動物之危害等各種因素，以致各年度不同樹種間之存活率有差異。不過基本上我們可以確認偏向演替早期的樹種，目前栽種的成效是比較好的。</p> <p>感謝委員提供之看法，部分苗木確實有可能係因冬季嚴寒及乾旱而受損。</p> <p>感謝委員建議！本表部分中文為由原文直譯，會再斟酌較口語之翻譯。“植物種類豐富度”及“天然更新狀態”這 2 項生態指標會再考慮是否加至五星評級系統。</p> <p>感謝委員建議！將列入操作手冊大綱修正之參考。</p> <p>感謝委員指正！表格資料有誤之部分會再修正。</p>
<p><b>于淑芬課長：</b></p> <p>1. 報告書內文和簡報內容有些無法對應，報告書中說明廢耕地目前造林有 46 種植株，可是卻說</p>	<p>感謝委員意見！本案歷年種植之樹種達 70 餘種，於 2020-2022 共種植 55 種，其中植演替中後期樹種有 46</p>

<p>有種植 55 種，簡報有 70 幾種，有點令人混淆，是否可以再補充說明。</p> <p>2. p.62-66 表 9 截止至 2022 年 6 月 30 日採集樹種名錄及其資訊之資料，請說明何時開始的資料？</p> <p>3. p.71-76 圖 19-23 2022 年上半年武陵廢耕地森林復育之苗木培育之照片，總共有 9 種樹種沒有放在表 9 內，是漏掉嗎？</p> <p>4. p.78 表 11 歷年培育出栽之苗木也有一些種類，沒有呈現在表 9 內。是否可以統整歷年採集的種類。</p> <p>5. 表 16-17 有關 2017 年、2018 年苗木生長指數存活率，發現 2017 年只剩下臺灣杉等 10 種，但 2018 年是全軍覆沒，是什麼原因造成。</p>	<p>種。</p> <p>感謝委員意見！已於報告書中敘明，表 9 是由 2019-06 起配合果熟季節，於武陵地區周邊進行採集並紀錄其相關資訊。</p> <p>感謝委員意見！本案部分樹種係向相關單位索取而來，另有部分樹種於前期計畫採種後進行層積儲藏處理，因此未顯示於本期之採集樹種名錄。</p> <p>感謝委員意見！表 9 為 2019-06 迄今之採種名錄，有部分種類之苗木仍小而未出栽；表 11 為 2020-2022 年培育且出栽的樹種及索苗後出栽之樹種；因此二者會略有差異。考量本期採種與出栽有較佳的對應，建議僅列出二者於本期之資料。</p> <p>感謝委員意見！此 2 表為實際監測結果，各樹種於不同年度之存活率確有差異，於 2017-2018 出栽迄今存活率較差的樹種殆為出栽株數 &lt; 10 株之樹種。</p>
<p><b>黃奕絲技士：</b></p> <p>1. 報告書 p.68 表 10.採集樹種物候、種子基本資料表，缺漏山柿開花之物候時期，請補充。另外種子處理方式如低溫層積、風選法等是否可以補充操作方法。</p> <p>2. 本案期末報告需繳交森林復育</p>	<p>感謝委員意見！會再補充山柿開花之物候時期，層積、風選的方法，其實在林務單位的育苗手冊上都有，如果有需要的話，我們再從相關資料做整理。</p> <p>感謝委員提醒！</p>

<p>操作手冊之文稿，目前僅有初步大綱研擬，應注意撰寫期程之掌控。</p>	
---------------------------------------	--

## 期末審查會議回覆辦理情形

審查意見	辦理情形
<p><b>王志強委員：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 計畫成果匯整數年來之研究結果，成果詳實豐碩，對於森林復育之理論及實務，以及管理經營、科學研究及教育宣導有極佳之助益。</li> <li>2. 各項成果內容符合計畫工作項目及需求。</li> <li>3. 報告書內容格式建議事項：               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 摘要內之中長期建議敘及很多關於林務單位或其他公部門在復育上之參考，因此，可將研究成果廣為分享。</li> <li>(2) 圖 16 武陵廢耕地生態復育之森林演替階段及其代表性樹種，雖然有將不同演替階段的樹種放入，但可考慮加入本區重要樹種，例如：臺灣黃杉、化香樹等。</li> <li>(3) 可再增加臺灣黃杉採種、育苗及出栽之現階段狀況。</li> <li>(4) 附錄 3 標題修改為“武陵地區維管束植物名錄”即可。</li> <li>(5) 承上，名錄內之部分物種有同物異名（學名）之狀況，建議再加以檢視。例如：森氏櫟與赤柯、源一木與厚葉衛矛、臺灣灰木與阿里山灰</li> </ol> </li> </ol>	<p>感謝委員肯定！</p> <p>感謝委員肯定！</p> <p>感謝委員意見，配合辦理。</p> <p>感謝委員建議！目前演替階段圖示僅擷取代表樹種，以免樹種太多而顯得比較雜亂，有關各演替階段之詳細樹種已於報告書中顯示。</p> <p>感謝委員建議！配合相關需求辦理。</p> <p>感謝委員建議！已遵照修正內文。</p> <p>感謝委員建議！因在不同研究報告中所採用的分類系統不同，學名會有些差異，因此我們在報告書中將它都列出來。</p>

<p>木。</p> <p>(6) 文內與名錄內之植物中文名建議統一。</p>	<p>感謝委員建議！有關植物學名的問題會再進行核對。</p>
<p><b>賴國祥委員：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫已達預定目標，各試驗之調查亦如期完成，並對栽植樹種及栽植方式獲具體論點，值得肯定。</li> <li>2. 森林復育初期評估指標，簡單實用，易懂好操作。</li> <li>3. 目前已出栽之樹種，針葉樹種偏少，待黃杉苗木長大即可多栽種。另臺灣杉成活率 34%(P101)，若有苗木可增加栽種株數。</li> <li>4. p.68：表 10：採集樹種物候、種子基本資料，僅列出 11 種，若有其他樹種資料，宜增列。(主要目標樹種？)</li> <li>5. “石楠”列為適合武陵廢耕地之造林樹種，然根據調查結果：其 2017、2018 出栽之成活率為 13% 及 41%，不僅差異大且生長狀況不是很好，宜再考量。</li> <li>6. 其他建議修正文字：p.84、85、86、116、135、159、165、185、212、217、221、225、226，詳見報告書。</li> </ol>	<p>感謝委員肯定！</p> <p>感謝委員肯定！</p> <p>感謝委員意見！配合相關需求辦理。</p> <p>感謝委員意見！此表主要呈現是武陵廢耕地比較重要的樹種且非一般林務單位所注重的種類，非一般經濟樹種，才會去做研究紀錄，其他樹種的資料林務單位都可以查詢到。</p> <p>感謝委員意見！各樹種之表現受栽植年度之氣候影響甚大，宜綜合考量採種育苗難易、各年度之存活與生長等表現。</p> <p>感謝委員指正！報告書內文有誤之部分已進行修正。</p>

<p><b>楊國華課長：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 報告書及新聞稿中撰述有關"武陵遊憩區"廢耕地，經查徵收廢耕地係位於一般管制區，建請修正。</li> <li>2. 本(111)年度國家公園系統公共安全及經營管理維護督導考核時藍明鑑委員建議：「徵收七家灣溪旁 8.1 公頃農地進行廢耕地生態造林計畫，.....建議在未成林前即應考量這片土地未來若有林下遊憩用途時的前置規劃，預設步道、區塊配置與相關設施用地。」爰廢耕造林地未來若規劃提供民眾步行遊憩，有關步道路線規劃、區塊配置與相關設施設置，建請委辦單位協助提供意見(非契約要求事項)，以利未來復育成果及生態導覽解說遂行。</li> </ol>	<p>感謝委員指正！廢耕地屬於一般管制區，已修正。</p> <p>感謝委員建議！目前已觀察到有確實有些遊客至廢耕地欣賞山桐子等景觀樹種，因此於廢耕地中規劃一些步道有其必要性。未來如有需要將會配合需求來進行規劃。</p>
<p><b>張美瓊課長：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. p. 25 圖 6.雪霸國家公園分區圖建議使用新版，有史蹟保存區的。</li> </ol>	<p>感謝委員建議！圖 6 會再更新，使用新版的雪霸國家公園分區圖。</p>
<p><b>于淑芬課長：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. p.91 表 14 為造林作業出栽苗木之初期存活率，所謂的初期是指造林完多久？是否可以再敘述於報告中，另每年觀測時間一致嗎？</li> <li>2. p.184~185 有關廢耕地森林復育所採用之 12 項指標與評估標準</li> </ol>	<p>感謝委員意見！出栽苗木初期存活率調查，三年的調查時間點會有些不同，約在 7 月底至 8 月之間，各年調查時間已列於報告書 p.89。</p> <p>感謝委員意見！靠動物傳播的樹種確實分數會比較高，大多數演替初</p>

<p>部分，第 4 項“結實之非先驅樹種比例”部分，也就是說種植演替中後期樹越多，分數就越高？第 5 項林木密度及第 7 項林木平均高度部分，為何不是用廢耕地總面積來計算？第 6 項樹冠覆蓋度部分，如何算出，是否再說明清楚；第 8 項入侵雜草之覆蓋度%，所謂外來入侵雜草，指的是外來種來嗎？第 12 項動物散播之樹種比例部分，是否只要種植動物傳播種子種類則分數就會較高？</p> <p>3. 復育手冊部分，內容寫法有以較小阿拉伯數字顯示文獻編號，是否修改此種方式，另參考文獻應先列中文再放英文文獻。</p> <p>4. p.46 復育樹種屬性列表中，備註有寫“灰底字表非參照植群樹種名錄”此為何意思？是否再加以說明，另有 22 種無出栽。</p> <p>5. p.56 表 7 採集樹種物候種子基本資料表僅列 11 種，但本計畫已採集 80 幾種，其他資料？</p>	<p>期靠風力傳播會比較多，大多數演替後期是屬於動物性傳播。如果結實的種類是非先驅樹種，表示演替已經達到較後階段部分。外來入侵雜草，係指強勢的外來種雜草。此外，林木密度和高度都是用 6 塊監測區來計算。相關說明已於報告書中補充。</p> <p>感謝委員意見！目前復育操作手冊文稿已蒐集大部分的相關資料，內容宜再修飾調整，參考文獻之寫法與格式亦可再調整。</p> <p>感謝委員意見！標示灰底字之樹種為先前已出栽至武陵廢耕地之樹種，但並未列入 87 種參仿植群樹種名錄之中。未出栽之種類為尚未採種育苗或尚未出栽之樹種。</p> <p>採集樹種物候基本資料表，僅列出武陵廢耕地較重要之生態造林樹種，而非一般經濟造林樹種，其他常見之造林樹種的資料可於林務相關單位中查詢。</p>
<p><b>黃奕絲技士：</b></p> <p>1. p. 91~92 表 14. 造林作業出栽苗木之初期存活率，灰字表示苗木出栽數 ≤ 25 株，但黑白印刷，無</p>	<p>感謝委員意見！報告書內文會再調整適宜之表示方式，以利閱讀。</p>

<p>法分辨出灰字，建議更改為其他表示方式，以利閱讀。</p> <p>2. 表 34. 武陵廢耕地森林復育所採用之 12 項生態指標與評估標準，第 8 項入侵雜草之覆蓋度 2022 年約 60~80%，屬 2 星範圍，請問評估的計算方式為何？該地每年執行 3 次人工刈草作業，如果是採用 2022 年 11 月份資料作為評估依據，因 11 月 4 日剛完成整區刈草作業，入侵雜草之覆蓋度應該會更低。</p> <p>3. 本案提供的照片，請加註拍攝內容說明。</p>	<p>感謝委員意見！入侵雜草的覆蓋度是指外來種的部分，估算方式是由 5-6 位調查人員去評估外來草種的覆蓋度，最後再加以平均，跟含石率的評估方式是一樣的。</p> <p>遵照辦理！照片內容會再加註。</p>
--	---